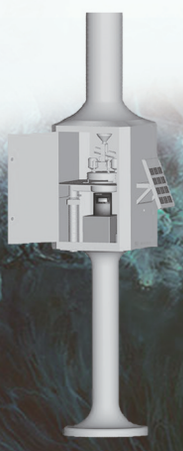
第六届防汛抗旱信息化暨山洪灾害预警新技术应用论坛

论文集

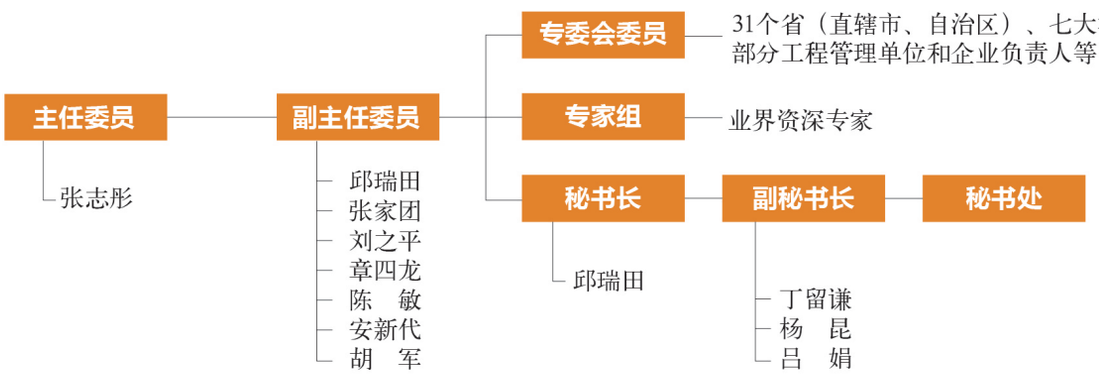
中国水利学会减灾专业委员会　编



2016年4月 · 昆明

中国水利学会减灾专业委员会简介

中国水利学会减灾专业委员会成立于1990年，受国家防汛抗旱总指挥部办公室业务指导，围绕国家防汛抗旱中心任务开展学术交流、知识普及、技术推广、专业培训和《中国防汛抗旱》杂志出版等工作，是我国防汛抗旱减灾领域唯一的全国性专业学术组织。



减灾专业委员会组织架构

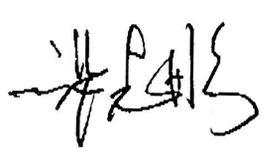
地址：北京市海淀区玉渊潭南路3号
邮编：100038
邮箱：zgfxkhjzw@sina.com
QQ群：513414013
电话：010-68786178
传真：010-68522446

序

中国水利学会减灾专业委员会是中国水利学会的重要分支机构，主要承担防汛抗旱学术交流、知识普及、技术推广、专业培训和杂志出版等职能。近年来，减灾专业委员会围绕防汛抗旱减灾的中心工作，充分发挥专业技术和人才优势，积极拓展业务领域，不断提高服务能力，开展了大量卓有成效的工作，为我国防汛抗旱事业发展做出了积极的贡献。

防汛抗旱信息化论坛是减灾专业委员会2011年创办的大型论坛，今年已是第六届。论坛秉承“信息服务民生，应用创造价值”的理念，以推进全国防汛抗旱信息化建设进程为目标，以论文征集、技术交流、科普宣传和新技术、新设备、新成果的展示为主要工作内容，吸引了全国防汛抗旱减灾工作者、相关科研院所和大专院校专家学者，以及技术研发和生产企业的广泛参与，具备了一定的社会影响力。

本届论坛以“防汛抗旱信息化”“山洪灾害预警新技术”“新技术新产品展示”为主题，涵盖了我国防汛抗旱领域重要工作内容。论坛组织主旨报告和专题报告19个，征集论文69篇，涉及“移动互联网+”、大数据、云计算、物联网、智慧水利、预警新技术、遥感监测等多方面内容。这些报告和论文视野开阔、论述精辟，既有前瞻性和创新性，又有针对性和实用性，对防汛抗旱指挥系统、山洪灾害防治等项目建设具有重要的参考价值，对推动防洪抗旱信息化建设具有重要的现实意义。

中国水利学会减灾专业委员会主任委员 

2016年3月29日

目 录

序

防汛抗旱信息化

2 我国防汛抗旱信息化建设现状与展望 万海斌 吕 行 骆进军

8 信息化在北京防汛工作中的实践和展望 王 毅

13 以信息化为手段落实乡镇(街道)三防责任不断提升基层三防能力 黄志坚

18 黄河水利信息化资源存在主要问题及整合措施 李旭东 张若东

22 “互联网+”创新思维下的多级防汛指挥应用 钱国民 宋锡超 郑晓阳

27 再谈智慧水利 赵然杭 郑灿堂 李洪涛 等

32 3G监控系统与云计算在黄河防汛抗旱中的应用 杨建柱 初 建

37 浅析长垣黄河防汛信息化建设存在的问题及建议 单志娟 林玉香 郭兆娟 等

41 水利信息化管理 李 玲

46 基于B/S架构和面向对象技术的梯级水库群防洪优化调度系统设计与实现 王 森 马志鹏 周 毅

52 信息技术在重庆潼南合川区域防洪管理中的应用 刘 伟 王源楠 张恒飞

60 水文的远程监控系统的应用 刘鹏程 刘 奉

63 盐城市水利信息化建设与保障 陈红卫 梁喜辉 徐小兵 等

67 防汛管理信息化存在的主要问题与应对措施 李力翔

70 山东省防汛抗旱物资信息化管理体系设计初探 徐永兵 孙水英

73 南京高淳区水利信息化建设 史建兵 陈玉明
79 徐州市防汛防旱信息化建设内容及应用研究 罗 毅 刘 奉
83 自动化控制系统在农业节水灌溉工程中的应用 李家振 吴 枫
86 沈阳市水情信息监测系统建设与运行研究 宋佳阳
90 关于辽宁沈阳防汛水情信息传输系统的研究 白天竺
94 基础水信息平台构建研究 姜 于
98 高清视频监控系统在水利可视化中的应用研究 胡宇翔
102 支持流星余迹通信的远程无线网络技术在防汛救灾领域的应用 陈卫东

山洪灾害监测预警

111 基于云架构的山洪灾害监控预警系统设计与实现——以湖南为例
罗毅君 吕石生 刘 雨 等
117 基于服务模式的山洪预警新思维 陈金水
124 山洪灾害防治入户型无线预警广播研发 解家毕 凌永玉 张 宇
130 基于技防和人防互补的新型山洪灾害预警系统及其应用 严建华
136 基于“互联网+”的新型村镇预警系统 肖廷亭
140 全国山洪灾害防治管理平台总体框架设计 孙 涛 郭 良 刘荣华
146 山洪灾害预警系统远程运行维护技术研究 刘 超 虞邦义 刘怀利
150 甘肃省山洪灾害防治户户知工程的建设历程和主要成效 姜付仁 李高平 陈 健
160 一种山洪灾害监测预警设施设备运行维护模式及其技术实现 何秉顺 张琦建
165 广西玉林玉州区山洪灾害分析评价 李昌志 张 淼 张启义 等
174 新型学校预警设施设备在山洪灾害防治项目中的应用 刘 超 马 浩 刘怀利 等
178 县级山洪灾害分析评价基础工作经验浅谈——以湖南省郴州市汝城县为例
张 淼 张启义 李昌志 等
184 大数据在安徽省山洪灾害监测预警管理中的研究与应用 刘怀利 马 浩 虞邦义 等
189 基于三维推演技术的山洪灾害预警指标研究 魏永强 田大作 吕石生

194 山洪灾害防治效益评价初探 涂 勇 何秉顺
198 基于4G网络的山洪灾害雨水情视频监测站点 吕 航
203 微信企业号在山洪灾害防治中的应用探索与研究 谢坤霖
207 山洪灾害调查评价技术要点与成果整理要求 江炎生
215 山洪灾害防治水文基本资料收集处理项目工作浅析 吴 晶 王式成 陈竹青
220 基于山洪灾害调查成果的预警模型及其应用 陶珏辉 王胜凯 石 林
226 山洪沟水面线计算的高适用性数学模型 权 锦 张大伟
230 基于短时临近降雨量预测的“前置化”山洪灾害预警体系 刘晓康 刘荣华
236 山洪灾害监测预警中存在的问题及对策 李盘龙
238 云南省祥云县山洪灾害调查实践 杨立凡 马泽宇 黄海燕 等
245 天地互备北斗应急预警信息传输与发布系统 李春华 蓝 天 李 斌 等
249 如何做好强降水预报和预警的建设思考 关 铖
252 基于北斗卫星的水利监测预报系统 李春华 李 斌 颜美匀 等
259 山洪灾害防治入户型无线预警广播网 张百礼
265 云计算、物联网技术在山洪预警中的应用 陈勇生
271 一种无资料地区山洪灾害临界雨量计算方法研究 姬 晶 刘 攀 江炎生 等
272 河道控制断面选取对山洪成灾流量的不确定性分析 张阳阳

遥感技术应用及其他

274 水利部旱情遥感监测系统建设与展望 辛景峰 黄诗峰 杨永民
282 无人机遥感系统在黄河冰凌监测中的应用 邓 宇 李书霞 赵苏磊
287 黄河遥感影像库建库模式分析与实现 刘道芳 何厚军 李胜阳
291 遥感技术在黄河防汛中的应用 何厚军 马晓兵 刘学工 等
296 遥感技术在宁夏农田旱情监测中的应用 陈 亮 何厚军 陈济民 等
301 无人机技术在防汛抗旱工作中的探索与应用——以湖南省为例 石 林 张志斌 汤喜春 等
306 黄河下游河势遥感监测应用分析 韩 琳

311 黄河凌情遥感监测解综合应用系统设计与开发实践 沈 林 马晓兵 陈济民 等
317 基于应急物流理论的黄河防汛物资储备量分析 岳瑜素 田治宗 顾列亚
321 基于短期降雨预报的大桥水库汛期调度方案研究 李 辉 何晓燕 任明磊 等
329 武汉市水资源可持续利用研究 张洪斌 马建明 喻海军
335 基于二线能坡法自动测流系统设计与应用研究 王德维 周 云 冉四清 等
341 高效节水灌溉技术在山地果园生产中的应用探析 李盘龙
344 人类活动对水文规律的影响分析——以沧州市为例 谢炳勇
349 对应态势法在洪水预报中的应用 陈斯伦

防汛抗旱信息化

我国防汛抗旱信息化建设现状与展望

万海斌　吕行　骆进军

（国家防汛抗旱总指挥部办公室，北京100053）

我国水旱灾害多发、频发，特别是近年来，随着全球气候变暖和极端气候增加，防洪抗旱减灾压力与日俱增。党的“十八大”将“信息化水平大幅提升”确定为全面建成小康社会的目标之一，并提出“信息化和工业化深度融合”、“工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步”的中国特色社会主义现代化建设新要求。这也意味着，在中央提出全面深化改革的新时期，信息化将成为改革的最大助力，同时也是进一步提升防洪抗旱减灾能力的有效抓手。为进一步加强防汛抗旱信息化工作，更好地支撑防汛抗旱科学指挥决策，我们先后分赴浙江、海南、贵州、广东、广西、湖南、湖北等省（自治区）和长委、黄委开展调研，详细了解各地防汛抗旱信息化建设取得成效及存在问题，并结合近些年国家已开展的防汛抗旱信息化建设等有关工作进行梳理和分析，形成了一些新的思考和认识。

1 防汛抗旱信息化建设的现状

党中央、国务院对防洪抗旱减灾工作高度重视。国家先后开展了国家防汛抗旱指挥系统工程、山洪灾害防治和洪水风险图编制等防汛抗旱信息化建设。各省（自治区、直辖市）按照统一部署，采取有力措施，扎实推进建设，建立了大江大河主要河段的洪水预报系统及重点地区重要河段的防洪调度系统，初步建成了覆盖 2058 个县的山洪灾害监测预警系统和群测群防体系，编制了覆盖 42 万平方公里的重点地区洪水风险图，这些信息化项目都发挥了显著的防灾减灾效益。

1.1 防汛抗旱指挥调度科技水平不断提升

2011 年，国家防汛抗旱指挥系统一期工程全面建成，总投入 8.02 亿元，在 5 个流域、19 个省（自治区、直辖市）建设了 125 个水情分中心及 1893 个中央报汛站，全国报汛站点增加到 9.7 万个，站点密度大幅增加，全国重要站点水情信息收集时间缩短到 15 分钟以内；建立了大江大河主要河段洪水预报系统，调度方案生成时间缩短到 20 分钟以内，精准度达 90%以上；初步建立了全国旱情监测系统，建设自动和人工监测站点 1021 个。2014 年，国家防汛抗旱指挥系统二期工程启动实施，总工期 4 年，总投入 12.02 亿元，重点实施水情工情旱情信息采集平台、数据汇集和应用支撑平台、移动应急指挥平台、防汛抗旱综合数据库、计算机网络、业务应用系统、系统集成与应用整合等，建设 189 个水情分中心、380 个工情分中心、覆盖 2250 个县的墒情监测站、216 个重点防洪工程视频监控点、近 10 个业务应用系统等。

在近些年的防汛抗旱工作中，国家防汛抗旱指挥系统工程发挥了巨大的效益，全面提升了防汛抗旱减灾工作能力。连接中央和地方的异地视频会商系统已覆盖 2360 个县级以上节

点，其中广东、福建等省视频已覆盖到乡，组织召开了 300 多次全国防汛抗旱异地视频会商，有效保证了防汛抗旱决策指令迅速传达。七大流域机构相继建立了洪水预报调度系统，有效应对了 2012 年长江上游、2013 年松花江黑龙江、2015 年淮河和太湖等流域大洪水。浙江、江苏依托先进的指挥决策调度系统，及时掌握雨情、水情，科学分析研判，精细调度辖区内骨干水利工程，有效保障了城乡供水安全和区域防洪安全。广西部分贫困县克服财政压力，安排专项资金，采取政府购买服务的方式，建设重点小型水库、水闸等工程视频监控系统，实时掌握工程运行状况。北京、江苏、内蒙古等地还配备了防汛应急指挥车，极大提升了现场应急抢险指挥水平。

1.2 山洪灾害防治体系初步建立

2006 年，国务院批复了《全国山洪灾害防治规划》。2009 年，水利部、财政部组织开展了山洪灾害防治非工程措施试点建设。2010 年，在总结试点经验的基础上，水利部会同财政部等部门启动了全国山洪灾害防治县级非工程措施项目建设，至 2012 年初步建立了覆盖我国山洪灾害防治区 2058 个县、受益人口 1.5 亿人的监测预警系统和群测群防体系。2013 年，水利部、财政部印发了《全国山洪灾害防治项目实施方案(2013—2015 年)》，进一步补充完善山洪灾害防治非工程措施。截至 2015 年底，全国山洪灾害防治项目累计投入 289.4 亿元，其中中央财政补助资金 210.4 亿元，地方建设资金 79 亿元。

项目新建了自动雨量、水位站 6.2 万个、简易监测站 40 万个，基本建成了山洪灾害防治区的监测网络；建成了国家、7 个流域机构、29 个省、305 个地市、2058 个县的山洪灾害监测预警平台，雨水情等基础信息及时入库，共享水文监测和部分气象监测信息，有效提升了山丘区暴雨山洪的监测预警水平，提高了预警信息发布的时效性和准确性，大大减少了人员伤亡。据统计，已建项目累计发布预警短信 5800 多万条，启动预警广播 58 万次，转移人员 2100 万人次，避免人员伤亡数十万人次。“十二五”时期山洪灾害死亡人数比“十一五”时期减少 60%以上，其中 2015 年因灾死亡人数为历史同期最少。甘肃省岷县茶埠镇尹家村 2014 年 6 月 18 日最大 4 小时降雨量 89.4 毫米、最大 1 小时降雨量 79.4 毫米，由于预警预报及时，紧急避险转移 3517 户 12321 人，无一人伤亡。湖南省绥宁县 2015 年 6 月 18 日突降特大暴雨，最大 6 小时降雨量 252 毫米，重现期达 500 年一遇，该县利用山洪灾害监测预警系统发布信息 600 多条次，提前转移群众 3.6 万人，实现人员零伤亡。

1.3 洪水风险管理能力逐步提高

2008 年以来，水利部在长江、黄河等 7 大流域选取 56 个片区组织开展了洪水风险图编制试点，探索我国洪水风险图编制工作。2012 年，国务院批复了《全国中小河流治理和病险水库除险加固、山洪地质灾害防御和综合整治总体规划》，安排重点地区洪水风险图编制任务。随后，水利部编制了《全国重点地区洪水风险图编制项目实施方案（2013-2015 年）》，3 年总投入 13.02 亿元，实施全国重点地区洪水风险图编制工作。“十二五”时期，编制完成了 227 处重点防洪保防区、78 处国家蓄滞洪区、26 处洪泛区、45 座重点和重要防洪城市、198 处重要中小河流重点河段等 42 万平方公里区域的洪水风险图。洪水风险图作为洪水风

险管理的重要手段，将为国土规划、城乡规划等提供基础支撑，避免因盲目建设造成不必要的洪灾损失；为防洪工程规划布局提供科学依据，实现防洪工程效益最大化；增强应急预案的可操作性和针对性，优化防洪调度方案和应急处置措施，并为洪水保险的开展提供基础信息。

1.4 防汛抗旱信息化建设亮点纷呈

各地在抓好防汛抗旱信息化专项建设的同时，因地制宜、突出特色，积极探索实践，大胆开拓创新，利用云计算、物联网、大数据等新技术，开展了大量卓有成效的工作，值得互相学习借鉴。长委研究建立长江上游水库群联合调度平台，全面掌握雨情、水情和上游 21 座重点水库运行情况，科学调度上游水库群，统筹兼顾水库防洪、蓄水、发电和航运等目标，最大程度发挥防洪抗旱减灾效益。海南省瞄准信息化科技前沿，充分利用“互联网+”技术，打造“海南省互联网+防灾减灾综合信息平台”，进一步推动防灾事业信息化建设，为防灾减灾相关部门及社会公众提供防灾减灾精细化服务，全面提升区域防汛抗旱和防台风能力水平。浙江省积极探索防汛抗旱信息化服务领域，面向公众开发了“台风路径实时发布系统”，借助“阿里云”强大的云计算能力，有效应对了高频次、高密度的访问量，高峰期每日访问量达 100 多万人次，是国内首个使用云计算的台风预警发布系统。贵州省积极运用大数据技术，开发了“东方祥云洪水预警系统”，通过对气象、水文、遥感、地理地貌以及水利工程的大数据分析，提前三天预测降雨量和洪水过程，精确度超过 85% ，发挥了重要的防洪减灾作用。湖南省以需求为导向，以应用促发展，启动防汛抗旱云平台项目，在基础设施建设、信息采集、互联互通、计算机网络、数据库和业务应用系统建设等方面取得了较大的进展。湖北省综合运用 GIS、服务融合等技术手段，开发建设水利“一张图”服务共享平台，以“统一数据管理、规范服务接口、高效搭建系统”为目标，实现防汛抗旱等业务数据基于“一张图”的共享、交流和融合。

2 防汛抗旱信息化建设存在的问题

2.1 防汛抗旱信息化顶层设计有待加强

作为全国水利信息化的重要组成，防汛抗旱信息化主要依托国家防汛抗旱指挥系统的建设。但受投资规模限制，国家防汛抗旱指挥系统有其局限性，覆盖范围仅以地市级以上为主，并以专业应用为主，缺乏对社会和公众的服务。尽管各地也根据自身情况开展了防汛抗旱信息化建设，但项目各自为政、重复建设、信息资源分散、开发利用效率低、信息资源整合共享不足等现象普遍存在。因此，迫切需要进行防汛抗旱信息化发展的顶层设计，在国家防汛抗旱指挥系统一、二期工程和山洪灾害防治等项目的基础上，进行全面总结和分析，明确未来防汛抗旱信息化的总体目标、具体任务和实施策略，以适应全面建成小康社会的新要求。

2.2 不能满足经济社会发展对防汛抗旱的要求

目前，防汛抗旱业务支撑能力不足，没有涉及抗旱等重要业务的应用；应对极端性灾害、突发事件的防汛抗旱信息化反应能力和措施考虑不够；利用信息化手段服务经济社会的能力还明显不足；防汛抗旱信息化的覆盖面大多还局限在地市一级，没有全面延伸到县、乡、村，

服务面不广、覆盖面不全；运用新技术的能力相对滞后，没能紧跟科技步伐，刚刚掌握了一种技术，马上就面临更新换代，云计算、物联网、移动互联网等应用才刚刚起步。

2.3 防汛抗旱信息资源整合共享难度大

一些地方还存在各业务系统孤立化、资源碎片化、信息孤岛化等问题。过去防汛抗旱信息化大多依靠国家防汛抗旱指挥系统，但由于指挥系统投资有限，工期又长，难以满足各地的需求。各地结合自身的业务需求和目标，开发建设了不少信息系统，但由于缺少统一规划，低水平重复建设，标准化程度低，信息数据分散在各个地区或不同部门，由部门独立管理，一部分单位不太愿意共享自己掌握的数据，数据利益化现象严重，形成了以地域、部门、专业等为界限的信息孤岛。这些信息和系统如果不整合，将造成极大的资源浪费。

2.4 业务需求分析不足，系统建设的盲目性较大

从这几年防汛抗旱信息化建设的实践看，大部分防汛抗旱信息化项目存在一些通病，为了建设而建设。在系统建设时，往往盲目追求系统硬件的先进和投资的多少，缺少对系统实际需要的深入分析，缺乏对业务流程的统一规范，导致开发出来的系统要不是“杀鸡用牛刀”、搞花架子，就是在低水平上重复开发，软件功能单一、标准化程度不高。业务流程的规范化常常与管理体制有关，有些系统在建设时，回避业务流程与计算机信息处理流程的关系，往往采取过去老一套的做法，使得开发的系统可操作性和实用性不强。

2.5 基层防办技术力量薄弱，运行维护效果不佳

目前，基层防办大多缺少信息化专业方面的人才，特别是县级防办，即使通过培训等方式培养人才，由于缺乏有效的用人机制，也很难留住人，优秀人才流失的现象严重。国家防汛抗旱指挥系统一期工程建成后，虽然各地都明确了运行维护单位，但大多数单位的运行维护还仅停留在采集和网络层面，涉及数据和应用维护的部分多由各级防办自己维护，大多没有专门的维护队伍，加之防办日常工作繁忙，又缺乏相应的管理手段，造成了数据更新和应用效果不理想。

3 防汛抗旱信息化建设的展望

防汛抗旱信息化建设应坚持“问题导向、需求驱动”的原则，按照“整合已建、完善在建、规范新建”的思路，充分利用已形成的信息化资源，针对具备整合和共享条件的资源，借助在建和新建项目进行有效整合。“十三五”期间，我们应大力推进防汛抗旱信息资源整合与共享，依托信息化重点项目，不断提升防洪抗旱减灾能力的数字化、智能化水平，实现防汛抗旱信息高度共享、检测手段丰富多样、网络传输安全高效、指挥决策科学智能，最终实现支撑深度融合、综合管理现代化的“智慧防汛抗旱”体系。

3.1 进一步加强防汛抗旱应用系统平台整合

要处理好指挥系统二期工程与山洪灾害防治、洪水风险图等系统成果的关系，将国家防汛抗旱指挥系统作为防汛抗旱信息化建设的龙头工程，把各专项成果统一到国家防汛抗旱指挥系统平台，制定科学合理的系统集成与应用整合方案，坚持“四个统一”即统一的数据库、统一的底图、统一的信息展示平台和统一的业务应用系统，最大限度地进行整合，将各地指

挥系统建成一个架构合理、功能齐全、运转高效、操作简便的系统。同时，开发建设防汛抗旱移动端应用管理平台，实现业务管理移动化。

3.2 进一步加强防汛抗旱指挥决策支持系统

进一步强化雨、水、旱、险、灾情等信息监测，实现监测信息种类全覆盖；进一步强化工程视频监控、应急移动监控、低空无人机监视等，实现监测手段全覆盖；进一步强化气象预警监控、洪水预测预报、水利工程调度、智能指挥决策、灾情实时评估等应用系统建设，实现指挥决策辅助系统全覆盖。在指挥系统二期工程视频监控平台的基础上，完善视频监控系统建设，已有防汛抗旱工程视频接入视频监控平台率达 90%以上。开展重点防洪工程险情监测预警系统建设试点，为推进防洪工程险情监测预警工作积累经验。开展无人机监测预警中心试点建设，构筑无人机监测预警系统。进一步拓展旱情监测预警系统的覆盖面，基本满足旱情监测预警分析需要。

3.3 进一步加强现代科学技术成果的广泛应用

充分利用云计算、物联网、大数据、移动互联网等“互联网+”信息技术，进一步提升防汛抗旱指挥决策能力和现代化水平。强化信息资源的整合，实现防汛抗旱数据云存储，为科学指挥决策提供基础保障。运用智能物联网技术管理各级防汛抗旱抗旱物资仓库，实现全国防汛抗旱物资动态管理和智能调配。开展大数据在小水库、小流域洪水预报预警、风险分析，旱情监测预警等方面的应用研究。开发面向社会公众的应用系统，提供山洪灾害危险区域、安全区域、转移线路、雨量预警阀值等信息，根据需求向公众推送预警信息，提升防汛抗旱社会化服务水平。

3.4 进一步加大防汛抗旱信息化建设的投入力度

我国山洪灾害防治建设仍处于初步阶段，监测预报预警和群测群防体系还不完善；部分县级防汛抗旱指挥系统尚未建立，基层防汛抗旱指挥决策能力还不足；洪水风险图编制取得了丰硕成果，但实际应用还不充分。建议继续加大对防汛抗旱信息化专项建设的投入力度，稳定投资渠道，确保投资力度不减，尽力满足防汛抗旱信息化建设的需要。各地要积极落实专项配套资金，用足用好财政、金融等一系列政策，提早谋划安排，加强建设和管理，确保及时发挥防洪抗旱减灾效益。

3.5 进一步落实防汛抗旱信息化系统的维护经费

针对信息系统日常维护和管理经费问题，水利部于 2009 年正式颁布了《水利信息系统运行维护定额标准》，用于指导地方水利信息系统运行维护的规范化管理。目前，中央本级承担的防汛抗旱信息化系统运行维护经费已经纳入水利部部门预算。地方各级水利部门要与本级财政部门加强沟通，争取支持，将运行维护费用纳入本级财政预算，确保系统长期发挥效益。特别是中西部贫困地区，可考虑将防汛抗旱信息化系统维护经费纳入公益性水利工程维修养护中央财政补助范围。

3.6 进一步探索信息化建设和运维管理新机制

防汛抗旱信息化建设要严格执行水利工程建设项目管理的有关规定，推行项目法人责任

制、招标投标制和建设监理制，并遵循公开、公平、公正和诚实信用的原则依法依规选择市场主体承担建设任务。由于防汛抗旱信息化的运行和维护管理的专业性较强，可充分发挥市场的作用，采取政府购买服务、委托管理等方式，由专业的技术公司对防汛抗旱信息化系统进行运维管理，提升信息系统的安全性和稳定性。

信息化在北京防汛工作中的实践和展望

王毅

（北京市人民政府防汛抗旱指挥部办公室，北京100038）

摘　要：防汛信息化是系统掌握汛情、发布汛情预警、科学指挥决策的重要辅助手段，本文系统总结回顾了北京防汛信息化建设历程，对建设现状、理念和实践成效、发展方向进行了深入的探讨与分析。针对以往防汛信息化建设中分析决策手段不足、成员单位协同不足、雨水情监测手段单一等问题，北京市整合全市防汛工作已有信息化成果，新建了防汛指挥中心、会商系统及防汛综合指挥平台等信息化项目，融合了电视电话会商、图像视频、防汛业务和公众信息等多源数据，整合了综合监视、会商研判、预报预警、调度抢险等业务支撑，优化了指挥部各成员单位间协同指挥方式，极大提高了市指挥部指挥决策能力和公众服务能力。基于近年来逐渐兴起的大数据、互联网+、云计算等关键技术，从防汛指挥决策、预报预警、社会动员能力等 3 个方面提出了未来互联网+防汛的发展目标与思路，为推动首都防汛的现代化、规范化、精细化、智能化提供重要参考。

关键词：信息化建设　防汛减灾　防汛综合指挥平台

随着科学技术的发展，当今时代步入信息化助力社会各方面发展的重要时期[1]。防汛信息化成为防汛现代化的基础和重要标志，北京市防汛信息化的发展极大提高了地区防汛管理工作效率。北京市防汛办公室从“十五”到“十二五”期间按照“统一规划、分步实施，平台公用、资源共享，应用先导、务求实效”的原则，在整合防汛工作已有信息化成果的基础上，新建了防汛指挥中心、会商系统及防汛综合指挥平台等信息化项目。同时，北京市积极顺应大数据、互联网+、云计算等先进技术迅速发展的潮流，提出了未来互联网+防汛的发展方向，进而推动首都防汛管理工作的科学化、现代化、规范化、精细化和智能化。

1 北京防汛信息化现状

北京市防汛办自 1995 年正式成立至今，经历了由单纯的雨水情观测到综合水情、旱情、灾情等信息的全面监测，由单向业务管理到防汛综合指挥平台建设，由传统的人工管理向自动化管理的逐步转变，总体发展过程可分为三个阶段：

第一阶段：创业起步（1995-2003），这一阶段北京防汛信息化建设初具规模。在此期间，北京市防汛办确立 121 个市级报汛站，建成全市雨量自动遥测系统和官厅水库、密云水库上游雨水情遥测系统；开发了北京市防汛抗旱信息服务系统，整合了气象预报、卫星云图、雷达回波、雨量表和水库水情表等综合信息；实现了与市气象局的异地视频会商，实现了与市交管局道路交通视频共享；建设了密云水库、怀柔水库和向阳闸等水利工程图像监视系统[2]。

第二阶段：探索发展（2004-2012），北京水务局 2004 年正式成立后，建立了大水务体制。北京市防汛办开始统筹城乡防汛工作，城区防汛成为全市防汛重点工作之一。这一阶段防汛信息化建设得到长足发展。北京市防汛抗旱信息服务系统得以完善，增加防汛值班监视系统，建设异地视频会商系统，实现与水管单位、7 个山区县、1 个重点水文站的异地会商；

整合了雷达回波、天气预报、雨量数据、数值预报成果等气象信息，实时准确掌握天气和汛情；实现对 100 处重点立交桥和低洼路段的积水实时监测[2]。

第三阶段：改革创新（2013-），2012 年“7.21”特大自然灾害以后，北京市委市政府提出“生命至上、安全第一”的防汛理念。为最大限度减少人员伤亡和财产损失，确保首都安全度汛，经北京市水务局、经信委、市财政的批准，北京市防汛办于 2014 年对北京市防汛指挥中心会商调度系统及硬件设施进行了改造建设，建成了功能健全、信息丰富的北京市防汛指挥调度中心；新建了防汛综合指挥平台，建成通达市应急办、7 个专项分指、16 个区县应急办防汛办、10 个市属水管单位以及北京卫戍区、武警北京总队的视频会商系统[2]。

2 北京防汛信息化的建设理念和实践成效

2.1 北京防汛信息化建设理念

北京市防汛信息化建设遵循：数据汇集、资源整合，信息共享、科学决策，提升效率、责任明晰等理念，进一步整合了数据资源，提升信息共享能力；提高了业务支撑系统对预警、调度、抢险等指挥决策过程的应用支撑程度；完善了防汛值班工作流程，开发移动办公应用软件。全面完成防汛信息工作的综合化、系统化、规范化、精细化建设。

数据汇集，资源整合：通过数据汇集、关联分析、应用开发等方式，实现北京市各类雨情、水情、工情、灾情等信息整合，提高了信息资源应用的广度和深度。

信息共享，科学决策：促进防汛各部门的信息共享，为各成员单位在防汛预警指挥调度过程中协同联动提供了有力支撑。

提升效率，责任明晰：理顺防汛值班工作流程，明确防汛工作责任，提高防汛值班内部和外部协同效率；研发移动综合指挥平台，方便各类用户通过移动客户端快速获取防汛信息。

2.2 北京防汛综合指挥平台

北京市防汛综合指挥平台于 2014 年 6 月建成，它由安全体系、业务体系、标准体系、运维体系组成，具有多元数据融合、综合会商研判、全面预警管理、协同值班等功能。通过 2014 年、2015 年两个汛期的检验，该系统运行良好，实现了预期的多源数据融合、综合会商研判、全面预警管理与协同值班等功能。该平台优化了指挥部各成员单位间协同指挥方式；提高了市指挥部指挥决策能力和公众服务能力；涵盖了种类齐全、覆盖面较广的自动监测系统；融合了电视电话会商、图像视频、防汛业务和公众信息等多源数据。其中，北京市防汛综合指挥平台结构图如图 1 所示。

多元数据融合：目前北京防汛综合指挥平台已建成涵盖现代化程度较高、覆盖面较广的雨水情自动监测系统，主要包括 121 个市级报汛站、379 个区县雨量站（含山洪）、20 个排水集团管理的城区雨量监测站、188 个气象雨量站、79 个主城区道路积水雨量监测站、17 个大中型水库站和 61 个水文站水情数据、31 个城区重点闸站上下游水位/流量监测点、49 个城区下凹式立交桥，26 个雨水泵站出水口水位/高程监测点、8 个污水处理厂出水口水位、162 处静态图像和动态影像监测点、8 支抢险队伍所属 47 应急抢险单元的 GPS 定位信息等数据；整合了中央气象台、北京、山西、河北、天津等周边 6 处天气雷达，整合了北京市气

象局 1km（1h、3h、6h）格点预报成果，接入气象局 VIPS3.0 产品；保证防汛相关单位全面、及时掌握防汛信息。

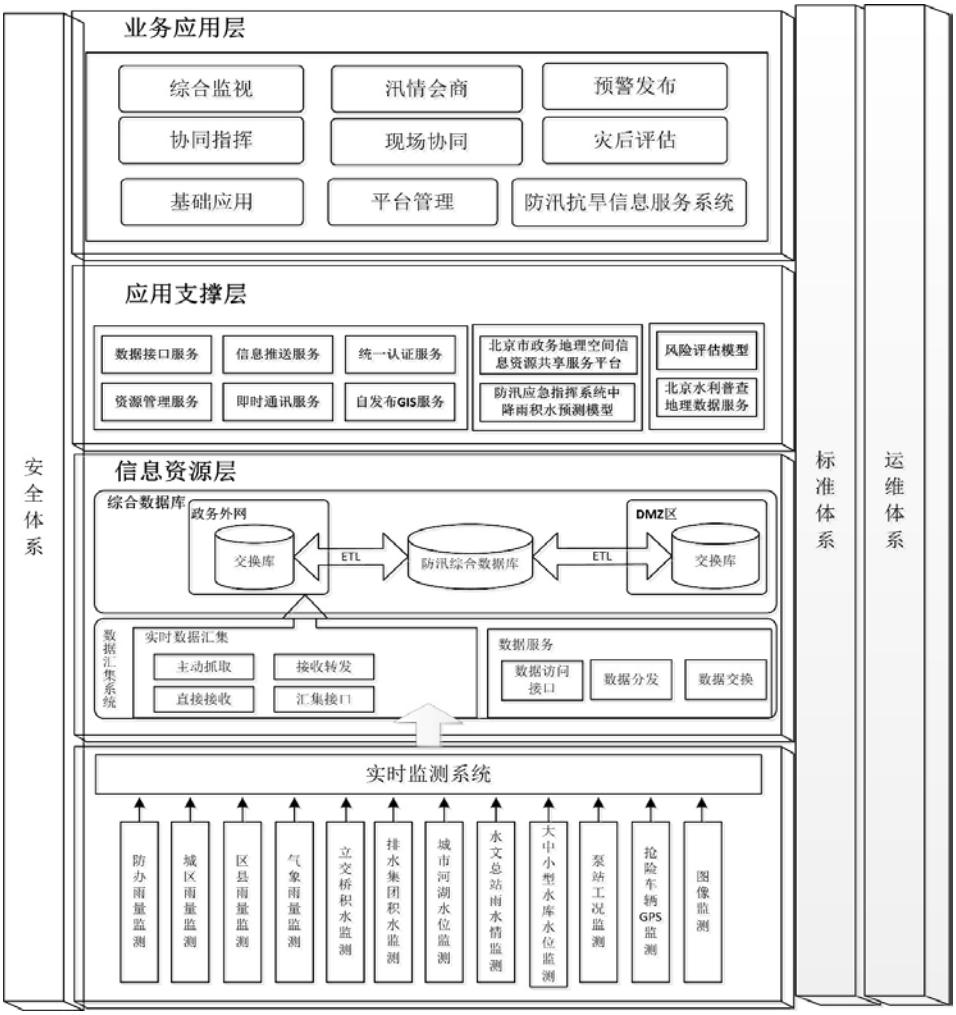


图 1 北京市防汛综合指挥平台结构图

综合会商研判：防汛指挥平台通过对雨情分析、洪涝风险评估、道路积水预测、山洪泥石流险情的综合研判，及时发布预警信息与应急抢险措施，实现了指挥部统一指挥调度，各部门协同工作的防汛工作机制，全面提高了防汛指挥与调度的科学性。

全面预警管理：防汛指挥平台统一了预警发布流程，并通过网络、短信、传真、即时广播、温馨提示、“北京服务您”等多种手段发布预警响应，保证了预警响应及时下达以及指挥部与各单位之间的协同工作，更好地实现了汛情应对与防汛指挥。

协同值班：值班室及时推送实时汛情、预警响应、部署动态、灾情上报等信息至会商室大屏，便于指挥部领导实时掌握防汛动态。汛情向一处汇，汛令由一处发，实现指挥部与成员单位之间、指挥部与险情处置现场之间、成员单位之间有效的互动，信息互通。

2.3 北京市防汛指挥调度中心

防汛指挥调度中心功能分区主要包括指挥决策室（视频会商区）、值班室（综合信息区）、专家会商区、设备间、媒体直播间等五个区域。

指挥决策室（视频会商区）实现大屏幕显示、扩声发言、视频会议、集中控制、电子桌

牌、应用软件和 UPS 供电等功能，提高指挥部运转效率。

值班室（综合信息区）设立了会商调度、信息综合、应急抢险、灾情统计等座席，在近三年的实际应用中，提高了应急值守效率。

媒体直播间可接待媒体记者、发布汛情信息，实现了指挥部部署应对工作可实时接入电台、电视台。

通过改造建设，指挥调度中心能够对显示信号切换、视频会商会议呼叫、音量调整和模式转换、摄像机控制以及会议模式的调用等功能进行集中控制；可以与水利部、海委、市应急办、7 个专项分指挥部、16 个区政府和防办、10 个市属水管单位和重点委办局联通视频会议系统。

自北京市防汛指挥调度平台与指挥调度中心投入使用以来，先后完成了 2014~2015 年汛期汛情监测、预报预警、调度指挥、风险评估等日常工作；保障了市、局级综合会议、防汛指挥调度、日常视频会商等近百次的会议工作。该中心为北京市防汛信息化业务的开展提供了良好的技术支撑，使指挥人员及时掌握调度决策所需的信息并进行分析、判断，做出科学、正确的指挥决策，极大地避免人民群众生命财产的损失。

2.4“北京防汛”微信公众号

及时、准确地向社会公众发布汛情信息是防汛社会化动员的一项重要工作。2015 年北京市建立“北京防汛”微信公众号，向市民提供实时汛情和科普知识的查询，推送防汛工作动态、汛情解读等信息服务，传递指尖正能量。“北京防汛”微信公众号包括防汛气象、汛情在线、防汛科普三类一级菜单及 13 项二级菜单。并实现了网友上报积水等汛情信息在指挥平台的展示和统计。“北京防汛”微信公众号的开通，使用户不仅可以被动接受推送的信息，还能进行感兴趣内容的查询和选择，给予用户自主选择权，充分发挥主观能动性，变“被动”服务为“主动”服务，是社会化防汛过程中政府行政服务理念的创新举措。

3 信息化的发展和展望

经过二十年的防汛信息化建设，北京市在水情测报、防汛预警、指挥决策、水资源及工程管理等多个方面都建立了较完善的信息系统。近几年，又不断整合了气象、海洋、水利、供水、排水、水文等部分的实时信息及市政、公安等部门的视频信息，总体来说，北京市信息化建设技术比较先进、设备完备，在国内处于领先水平[3]。然而，城市汛情监测信息及数据早已经远远超越了目前人力所能处理的范畴，汛情大数据和快数据时代正在来临。经济新常态带来防汛管理新常态，必然对汛情监测工作带来更高的要求，尤其体现在汛情监测整体水平和公共服务能力方面。如何结合新常态新形势发展防汛大数据技术，提高汛情预报预警能力、决策指挥能力和社会动员能力是目前北京市防汛信息化发展的重要方向。

强化北京市防汛系统的决策指挥能力：需要进一步统筹集约和充分利用现有资源和信息。在政务公开、水务便民服务、汛情指标监测数据、汛情发布系统、风险评估、避险保障等各项业务中，需要数据资源的进一步整合、共享，提升对领导指挥决策的辅助支撑能力[4]。

强化北京市防汛系统的预报预警能力：需要进一步加强气象、水文、排水多源数的模型

耦合，推进与交通、市政等专业模型耦合。建立一个全系统（包括排水管网和城市水系）的精细化北京市洪涝模拟模型，完善内涝预警机制，提高防汛系统预报预警能力[5]。

强化北京市防汛系统的社会动员能力：需要进一步加强对社会民众信息的采集整理分析工作，须在综合信息服务系统中考虑面向公众的服务[6]。充分利用手机、平板电脑及相关应用软件等，实现普通群众可随时查询防汛相关信息的功能，通过配置舆情监控（微信、微博）等软件，及时了解掌握广大民众的关注焦点和一些常规渠道难以及时掌握的有效信息，提早采取有效应对措施来回应公众的关注，把握舆论导向，防止舆情发酵，变被动为主动，以满足防汛抗旱、抢险救灾工作的需要。

4 结论

利用近年来逐渐兴起的大数据、互联网+、云计算等关键技术，将涉及面广、跨部门、跨领域分散存储的防汛信息数据有效汇集。发挥这些技术在预测预警、分析研判、辅助决策、应急评估、避险减灾、社会动员等方面的应用，努力提高防汛指挥决策的科学化水平，为推动首都防汛的现代化、规范化、精细化、智能化提供重要参考。

参考文献

[1] 中国世纪议程管理中心国际水资源管理经验及借鉴.社会科学文献出版社,2011.

[2] 王毅.北京市防汛工作 20 年回顾与展望[J].中国防汛抗旱.2015(05).

[3] 王毅.北京城市洪涝灾害的主因和对策建议[J].中国防汛抗旱.2011(06).

[4] 寇怀忠,梁剑辉,朱辰华.数据资源共享与交换的思考与实践—以“数字黄河”工程为例[J].水利信息化.2010(01).

[5] 王毅,刘洪伟,潘兴瑶,邸苏闯.北京城市洪涝模型建设与典型示范[J].中国防汛抗旱.2015(04).

[6] 王毅,刘洪伟,刘舒,张红萍.网格化管理在城市防汛减灾中的应用研究[J].北京水务.2011(03)

以信息化为手段落实乡镇（街道）三防责任 不断提升基层三防能力

黄志坚

（广东省防汛防旱防风总指挥部办公室，广东广州510635）

防御台风暴雨洪涝灾害，乡镇（街道）的组织应对能力是关键。广东省防指一直高度重视乡镇（街道）三防能力建设，大力推进乡镇三防办事机构设立，努力解决基层“有机构办事、有人员干活”问题，但受机构、编制和乡镇体制改革等因素影响，乡镇（街道）三防机构、人员落实不到位情况比较突出，应对台风暴雨洪涝灾害能力较弱。

2014 年以来，广东省防指创新工作思路和手段，以落实责任制为核心，以“互联网+”为抓手，加快推进乡镇（街道）三防信息化建设，建成了乡镇三防信息接收系统（具备视频会议、视频连线、预警信息发布接收功能）、全省责任人管理系统（可收录查询乡镇、街道、村居三防有关责任人姓名、职责、联系方式等信息）、全省预警短信发布平台（乡镇、街道三防部门可免费向相关责任人发布预警和工作部署短信）等信息化系统，利用信息化手段监督乡镇（街道）三防责任落实，完善乡镇（街道）三防办事机构和工作平台建设。目前，全省 1632 个乡镇（街道）均设立了三防办并落实了汛期 24 小时值班人员，用上了先进、易操作的信息化工作平台，乡镇三防能力建设显著加强，灾害应急响应和协调处置能力得到较大提升，为降低水旱风灾害损失发挥了十分重要的作用。我们的做法是：

1 扎实推进乡镇（街道）三防信息化建设

2014 年以来，省防总在乡镇（街道）建成了一系列先进实用的信息化系统，为提升基层三防能力提供了有效的手段。

一是建成了全省三防信息接收应急保障系统建设。系统由统一软件平台和接收设备终端组成，具有视频会议、值班视频督导检查、实时（预报、预警）信息接收和交换等功能。其中，统一软件平台部署在广东电信公司核心骨干网上的云计算机房；每套系统终端由主机、摄像头、显示器、麦克风、鼠标和键盘组成；系统终端通过接入互联网登录平台，实现三防信息接收应急保障系统各项功能。系统建成后，台风暴雨洪涝灾害防御工作会议实现省、市、县、镇同步召开、同步会商，防御工作部署第一时间到达乡镇基层，灾害的预警信息第一时间到达乡镇基层，突发险情处置时第一时间与乡镇基层取得联系。通过系统实时监控各级三防的值班在岗和三防责任人的上岗到位情况，确保值班人员汛期 24 小时在岗到位。通过系统指导基层提前采取应对措施，充分打好防御工作提前量，牢牢把握工作主动权，有效降低灾害损失。

二是建成了三防责任人管理系统。该系统是部署在互联网上具备各级三防责任人录入、查询、统计功能的数据库管理系统，通过省、市、县、镇分别录入的办法全面收录我省各级 52 万多名三防责任人基本信息。在镇、村责任人方面，全面收录了镇（街道）和村（居）

干部、辖区学校负责人、水利工程负责人、辖区工矿企业负责人等三防有关责任人信息，对三防责任人实现分级动态管理，临灾时及时获取相关人员联系方式并通过电话、短信等方式建立联系对接，确保工作对接到位。

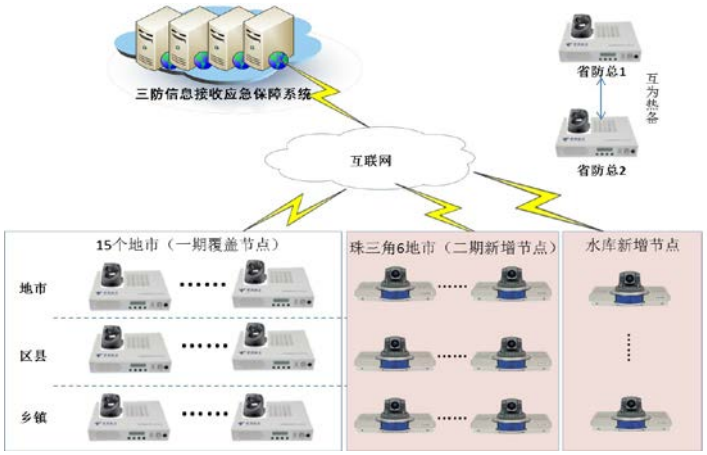


图 1　广东省三防信息接收应急保障系统网络拓扑图

图 2　广东三防责任人和预案管理系统界面图

三是建成了预警短信发布平台。在三防责任人管理系统基础上建成的三防预警发布平台，具备每秒发送 300 条短信的推送能力，省、市、县、镇三防部门均可通过平台向三防责任人发送手机短信，短信费用由省统一解决。乡镇（街道）通过此平台可及时通知辖区村（居）和有关单位的责任人提前做好防御准备，有效解决了预警信息发布“最后一公里”问题。

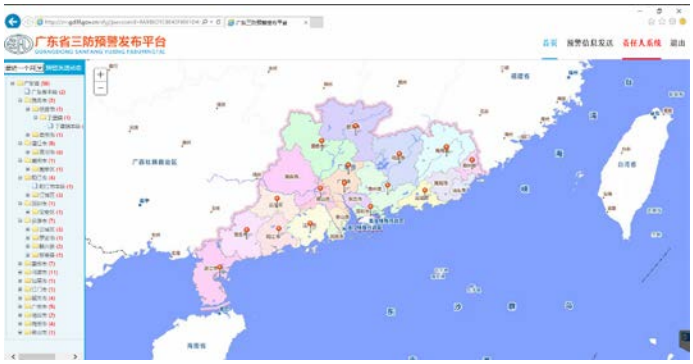


图 3　广东省三防预警发布平台界面图

此外，我们还为山洪灾害防治区乡镇防办开发山洪灾害监测预警系统，配备电脑、显示屏和专用通信网络等信息化设备，帮助乡镇及时掌握有关监测预警信息。

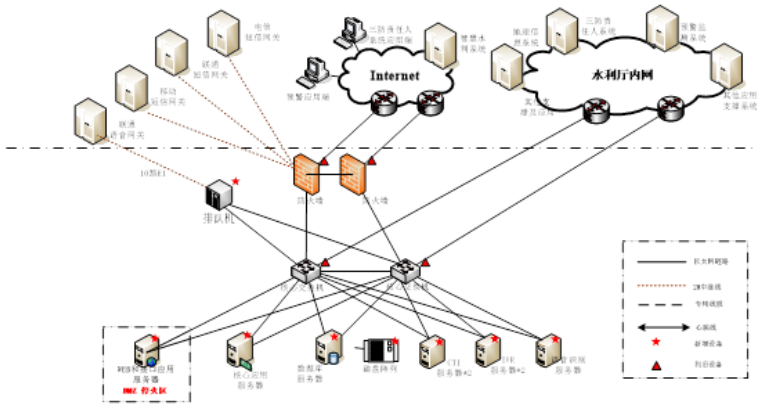


图 4　监测预警系统网络拓扑图

2 统筹推进乡镇（街道）防办标准化建设

在推进三防信息接收应急保障系统建设时，我们把乡镇（街道）三防办事机构的办公场所及设备配备、工作人员和值班人员队伍建设、基层三防工作制度建设等工作紧密结合起来，以县为单位，大力推进乡镇（街道）三防办事机构标准化建设。在安装三防信息接收应急保障系统的同时，着力做好以下工作：一是落实乡镇（街道）三防办事机构。要求各乡镇（街道）均要成立三防指挥机构，一般由乡镇（街道）主要负责人或分管负责人担任指挥，下设办公室，办公室主任一般由乡镇（街道）分管负责人或乡镇（街道）水利服务机构主要负责人担任，并配备专职三防工作人员。二是落实专门工作用房。要求落实各乡镇（街道）三防办的专门工作用房，包括三防值班室和三防办公室。其中，三防值班室专门用于三防值班值守，并安装三防信息接收应急保障系统，面积不宜小于 20 平方米。三防办公室用于三防办人员日常办公；如办公室、值班室合并安排的，不得安排非三防工作人员在内办公。要在值班室门口悬挂乡镇（街道）办的牌子。三是落实汛期在岗带班值班人员。要求各乡镇（街道）三防办汛期实行 24 小时值班制度，由主任或副主任带班，安排 1-3 名熟悉三防业务的工作人员在值班室全天候在岗值班，密切监视辖区雨、水、风情动态，向有关防汛责任人发布预报预警信息，组织落实有关防御部署，报送相关信息，处置突发险情。省防总将在汛期通过三防信息接收应急保障系统抽查各级三防部门带班值班工作情况。四是落实必要的办公设备。要求在乡镇（街道）三防值班室配备电脑、传真机、打印机、扫描仪等基本办公室设备，满足三防工作需要。五是落实挂墙三防工作制度。要求在乡镇（街道）三防值班室悬挂组织机构、工作职责、三防指挥流程、预警及响应流程、当地地图、水利工程基本情况等三防工作制度。六是落实值班工作记录。要用专门的记录本详细记录值班有关工作情况，包括防御工作部署情况、接听（收）电话传真情况、重要事件处置情况等，保证值班情况有案可查。

图 5 全省乡镇（街道）防办标准化建设示例图

图 6　邓海光副省长通过视频抽查乡镇防办值班情况

3 通过信息化手段强化责任制和防御措施落实

2014 年以来，我省建立了责任落实明督暗查机制，通过三防信息系统的有关功能，及时发布预报预警信息，加强各级三防责任人上岗到位情况的检查抽查和通报，点对点指导乡镇基层做好防御工作。在预报预警信息发布方面，省防总和市、县三防部门将最新的预报预警信息和防御部署信息通过三防信息接收系统实时发送到乡镇（街道），乡镇（街道）三防办工作人员接收后信息将在大屏幕上滚动，提醒相关人员贯彻落实。如，2014 年 5 月 24 日，省防总提前 5 个小时将湛江将出现接近历史最高实测水位的预警信息发布到清远市、佛冈县及 6 个乡镇，要求按照 2013 年 5 月中旬洪水影响情况进行布防。佛冈县及沿江各镇及时落实防御措施，实现无人员死亡（而 2013 年佛冈 5 月中旬洪水死亡失踪 16 人），把灾害损失降到了最低。在防御超强台风“威马逊”、强台风“彩虹”等台风时，省防总将台风重大影响区域图发至湛江全市所有乡镇，要求区域内所有人员撤离至钢筋混凝土建筑物内避险，指导基层及时做好人员安全转移工作，把人员死亡人数降至最低。同时，通过预警短信发布平台，将有关预警预报和防御工作部署信息发送到有关责任人手机上，提高了预警和防御组织效能。如梅州市平远县在防御 2015 年“7.21”特大山洪灾害时，县和乡镇三防部门提前 3 天就开始向有关责任人发布预警短信，正是由于及时预警，快速响应，成功防御了该县有历史记录最大的突发山洪灾害，实现人员零伤亡。

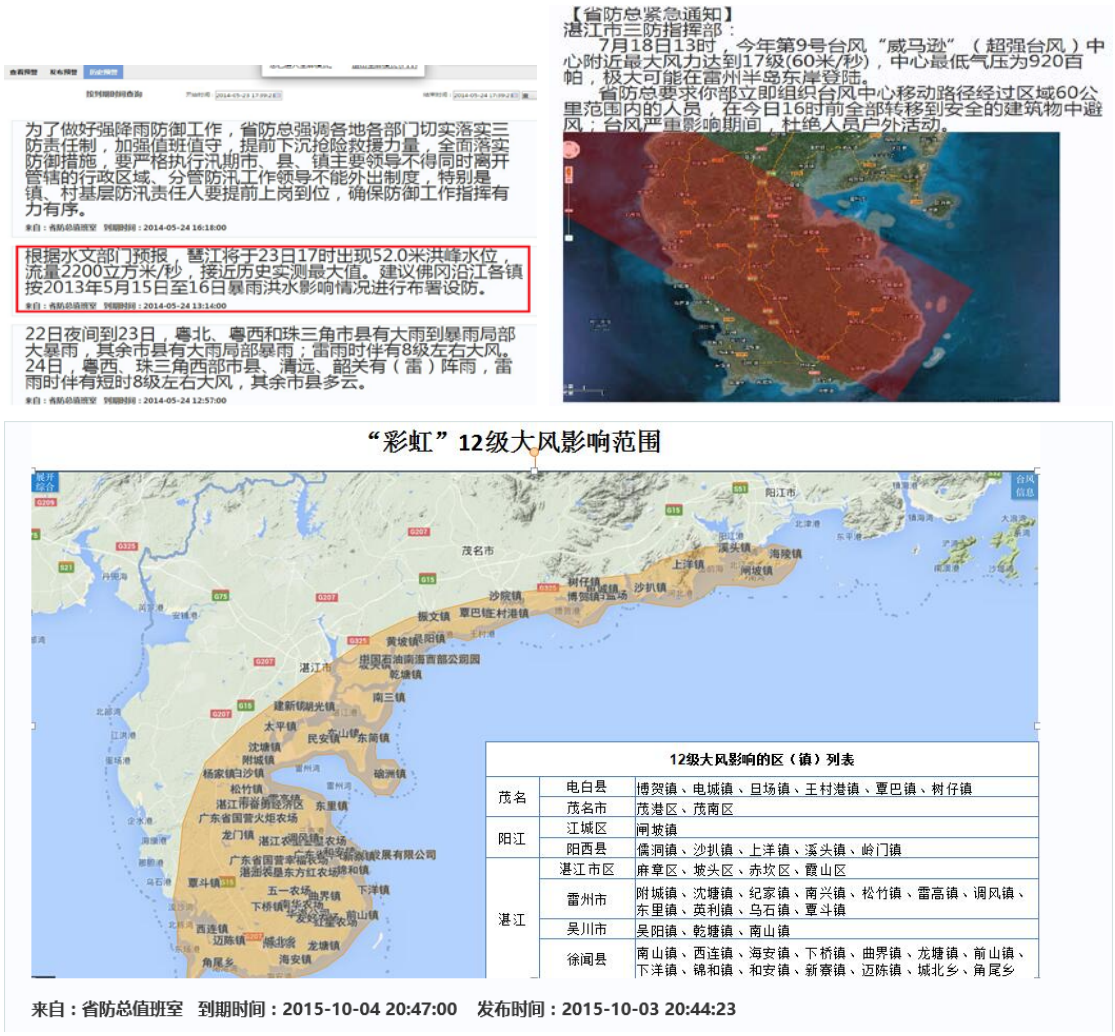


图 7 预报预警信息发布示例图

在责任落实检查方面，省防总和市县三防部门通过视频连线逐级检查乡镇（街道）防办值班人员在岗到位和领导带班情况，对脱岗情况进行通报，有效监督各级三防责任人上岗到位；同时，利用责任人管理系统，及时通过电话抽查相关责任人履职情况。在业务指导方面，系统建成后，乡镇可以同步参加国家防总和省、市、县三防部门的防御部署会议，及时掌握防御要求；台风暴雨防御期间，各级三防部门通过视频连线及时与乡镇防办值班人员进行联系，针对性指导其做好具体防御工作，有效解决了基层三防人员业务不专、能力不强等问题。

今年，我省将继续加快推进乡镇三防信息化建设，现正开展三防信息接收应急保障系统专用通信网络建设，在乡镇三防部门新增 1 条 20M 的电信拨号光纤和 1 台三防专用电话机，为 465 个易受灾乡镇配备了卫星电话，进一步增强基层临灾通信保障能力。今后，我们还将通过运用信息化的新技术、新设备，努力将各级乡镇三防部门打造成“配备精良，运作高效、协调有力”的防灾抗灾坚强堡垒。

黄河水利信息化资源存在主要问题及整合措施

李旭东　张若东

（黄河水利委员会防汛办公室，河南郑州450003）

当前，国家把信息化与新型工业化、城镇化、农业现代化并列为国家发展战略，已经成为全面建成小康社会的主要目标之一，明确提出“没有网络安全就没有国家安全，没有信息化就没有现代化”，要求深化应用、突出成效，加大信息资源开发利用，提高信息化应用效益。水利部印发了《水利信息化资源整合共享顶层设计的通知》，明确了水利信息化资源整合共享的总要求、主要内容、组织实施和保障措施等，黄委制定《黄河水利信息化发展战略》，对治黄信息化作了顶层设计和战略性部署，并要求在资源整合共享上迈出实质性的步伐。借助黄河下游防洪非工程措施、国家防汛抗旱指挥系统、黄河水资源管理与调度系统以及国家水资源监控能力建设等重大项目建设，黄委网络安全和信息化的基础设施、应用资源和信息资源得到进一步丰富和完善，安全体系建设和保障能力明显增强。治黄信息化与治黄各业务持续融合，有效支撑了黄河治理、开发、保护和管理工作，成为推进黄河治理体系和治理能力现代化必不可少的重要手段。

1 信息化资源现状及主要问题

水利信息化资源整合包括应用资源、数据资源、基础设施、安全体系、支撑保障条件五个方面。

1.1 应用资源

目前，黄委各级单位共有在运行各类应用系统一百余套，其中既有国家水资源监控能力建设、防汛抗旱指挥系统等全国性应用系统在黄河流域的部署；又有面向黄河流域的水利业务应用；还有黄委各级各单位自建的面向本单位专门业务的应用系统。

应用系统资源存在的突出问题：一是应用资源存在机关与基层应用脱节、缺乏协同应用能力；二是标准化、可复用、可共享的应用服务较少，且缺乏统一的共享管理，低水平重复开发依然普遍存在；三是缺乏统一的用户管理和身份认证，不能一站式登陆应用；四是存在多套空间地理信息服务系统，且功能都不完善。

1.2 数据资源

黄委水利数据包括基础数据、专业数据和综合数据，以及描述这些数据的元数据。基础数据指两项以上水利业务或政务应用需共用的对象编码、名称、空间以及其他属性；业务数据和政务数据，指主要由某项水利业务或政务使用的数据。

数据资源存在的突出问题：一是由于系统分散建设和管理，存在着数据分散，命名、编码及语义不一致现象；二是缺乏统一的全局视图，不能统一提供数据接口服务、数据字典服务，不能实现透明数据访问；三是数据共享管理、机制不完善，服务能力有待提高。

1.3 基础设施

黄委基础设施资源包括计算资源、存储资源、通信资源、网络资源等。

基础设施资源存在的突出问题：一是服务器及存储设备等计算资源和存储资源，存在重复投资、重复建设的问题；二是资源利用率低，能耗高、管理复杂，运维难度大且运维成本高，资源不能有效调配；三是通信网建设严重滞后，下游沿河基层单位通信资源匮乏，县局以下通信设备老化损坏严重，无线数据通信只能覆盖到涵闸，大部分基层单位语音通话都不能保证，线路租用缺乏统一规划管理；四是计算机网络结构有待优化，省市互联网出口不统一，基层单位的安全防护能力薄弱，网络带宽不足，网络覆盖深度和广度不够等问题。

1.4 安全体系

安全体系涵盖：通信安全、网络安全、数据安全、应用安全、系统安全及物理安全等方面。安全体系还存在的突出问题：一是黄委安全体系整体薄弱，应对大面积计算机网络病毒攻击和黑客入侵的手段和措施还不足；二是关于云安全，还没有建立集中的云安全中心去应对云计算环境下的无边界信息安全问题。

1.5 支撑保障条件

根据水利部部署以及黄委水利信息化发展的实际情况，组织制定并实施了一系列推进黄委水利信息化科学发展的规划和技术标准。先后印发了《黄委信息化建设管理办法》、《黄委网络和信息安全管理办法》、《黄委信息资源共享管理办法》、《基础地理信息数据共享实施细则》、《数据资源目录及元数据标准》等重要文件，《“数字黄河”工程规划》、《黄委水利信息化“十二五”发展规划》等重要规划，以及《黄委“数字黄河”工程标准体系表》，印发了涵盖防汛、水调、水保、工程建设与管理、政务办公等各个方面的信息化标准和相关管理办法。

支撑保障条件还存在的突出问题：一是现行的体制机制并不能有效鼓励各部门和单位积极支持信息资源整合共享工作，体制机制建设有待进一步完善；二是运维管理技术手段落后，运维管理人才及队伍建设不能满足实际运维管理的需要；三是已颁布实施的标准规范，一方面有些落实不够，另一方面有些需进一步修订完善。

2 整合共享总体要求

2.1 指导思想

按照“加强基础、强化应用、持续提升、抓好运维、创新机制”的总体要求，以及治黄信息化发展战略提出的目标任务，以创新为动力，以需求为导向，以整合为手段，以应用为核心，通过机制体制创新和信息技术深入应用，实现水利信息化资源整合共享，促进黄河信息资源共享和应用协同，推动信息化与治黄工作深度融合、同步发展，提升信息化对治黄工作的支撑服务能力，加快推进“智慧黄河”建设进程。

2.2 主要目标

通过信息化资源整合、统筹共建及必要补充，优化治黄信息化资源配置；逐步实现系统软硬件资源和数据资源共享，顶层应用、部门单位应用和基层应用有机协同，设施环境运行维护与系统安全管理统一规范；信息系统逐步由分散部署过渡到上层部署多级服务的模式，逐步完善治黄信息化综合体系，通过对物联网、云计算、大数据、移动互联网、人工智能等技术的应用，提升信息化服务水平。

2.3 工作任务

（1）信息化资源梳理

通过对黄委现有应用系统资源、数据资源、基础设施资源的梳理，了解和评估黄委信息化资源现状，及其间相互支撑与服务的关系，通过科学规划、优化配置、统筹共建以及必要补充，明确实现黄委信息化资源整合共享的途径和方法。

（2）应用资源整合共享

利用已有应用服务平台成果，通过面向服务体系架构，完善应用支撑平台，按照业务和政务应用流程及最小工作环节，将系统分解为可以独立开展应用的服务，并以面向流域的顶层应用为引领，构建形成相应的业务和政务应用体系，实现应用资源的整合与协同。

（3）数据资源整合共享

利用已有的数据交换与共享服务平台，通过水利数据模型对各种水利数据进行整合，赋予各类水利对象统一的“身份标识”，经数据与对象以及对象间的多方关联，形成有机联系的水利数据资源，并实现对其有序管理和灵活应用。

（4）基础设施整合共享

通过“云”技术应用及统筹改造，对基础设施进行整合，充分利用已有、统筹安排在建、适当补充新建必要设备和运行环境，经虚拟化和云计算等技术的应用，形成集约建设的基础设施，并提供可靠的基础设施支撑。

（5）安全体系整合共享

在黄委统一的网络和信息安全框架体系下，对政务内网和业务网进行科学定级，并按照内网分级保护、业务网等级保护的要求，通过系统的整合改造，完善安全策略、安全管理、安全防护等内容，形成有效、可控的安全体系。

（6）支撑保障条件完善

加强对信息化资源整合共享工作的领导，明确责任分工，广开渠道，落实经费，强化信息化专业队伍建设，重点加强资源整合共享有关技术标准和管理办法的制定实施。通过技术标准制定，重点解决整合过程中共享与协同的技术问题；通过管理办法的制定，重点解决信息共享，应用协同过程中的管理问题。

2.4 基本原则

一是围绕中心，服务大局；二是加强领导，统筹规划；三是统一标准，安全优先；四是突出重点，有序推进；五是健全机制，明确责任总体实施方案

3 整合共享总体方案

黄委信息化资源整合共享工作，从应用资源、数据资源、基础设施、安全体系、支撑保障条件等五个方面进行。总体架构图如下图所示。

（1）应用资源方面，通过“统一门户集成”、“统一用户管理”、“统一地图服务”、“统一数据服务”、“统一资源管理”等整合手段，建设实现“顶层应用服务”和“通用资源服务”的共享。

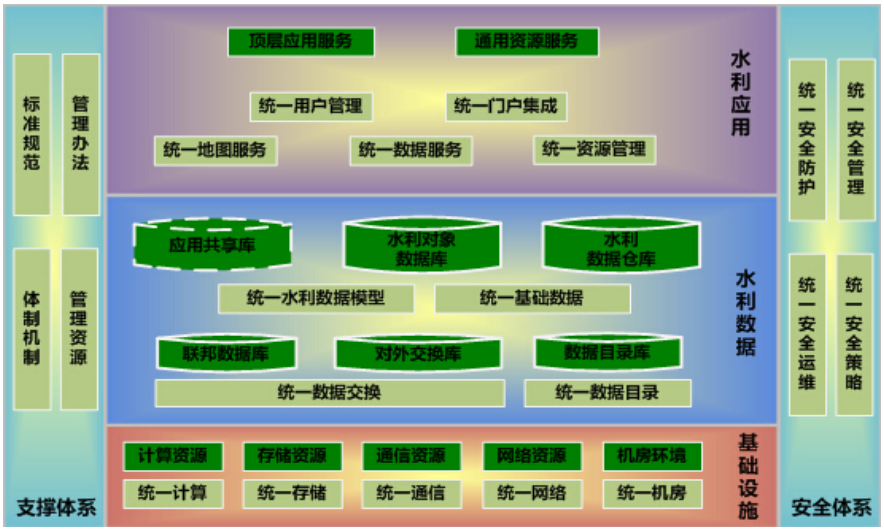


图 1　总体架构图

（2）数据资源方面，“统一数据交换”、建立对外交换数据库，实现对内对外的数据资源共享；“统一水利数据模型”，利用实体对象水利数据模型，对黄委水利数据进行统一建模，实现各类水利数据的一体化管理，将数据集成到“水利数据仓库”中，为应用提供集成化、专业化、可共享的数据服务；“统一基础数据”，借助数据抽取工具，将数据集成到“水利对象数据库”中，提供统一基础数据服务；“统一目录服务”，采用黄委水利数据分类体系，建立统一“数据目录库”，实现共享数据资源的统一管理与发布。

（3）基础设施资源方面，通过建设“黄河云”，“统一计算”、“统一存储”，将分散的计算资源和存储资源进行整合，面向全委提供较为集中统一的计算和存储服务；推进黄河下游沿河光纤通信环网建设，优化计算机网络结构和网络资源，构建全河“综合数据网”、“涉密网”、“引黄监控网”等统一的三张网。

（4）安全体系整合方面，从全河出发，制定统一的安全防范、身份认证机制和安全保障策略，构建统一的网络和信息安全防护体系。加强容灾能力建设，推动黄河数据中心与水利部数据中心互为灾备；加强黄河数据存储备份体系的建设与管理，由黄河数据中心为各数据分中心提供数据备份服务。

（5）支撑保障条件整合方面，加快推进资源整合共享相关标准规范的编制、修编和引用；梳理黄河水利信息化建设管理的体制机制，整合管理资源；统一前期工作、财务资金计划、项目审查验收、项目实施质量的管理；依托黄委信息化专业队伍，构建并开展运维管理的专业化服务。

（6）应用资源整合共享方面，采用面向服务体系架构，构建统一的应用支撑，主要对汛抗旱减灾、水资源管理与调度、水生态环境保护、水土保持和水利工程建设与管理等治黄核心业务，以及电子政务等进行整合，将各种业务和政务应用中通用的应用资源进行复用，形成统一的地图服务、数据服务、资源管理、用户管理，并在此基础上进行封装成可以调用的服务，通过服务的调用和再封装等技术，实现业务应用的协同、顶层应用服务和通用资源服务。

“互联网+”创新思维下的多级防汛指挥应用

钱国民　宋锡超　郑晓阳

（上海市防汛信息中心，上海200050）

摘　要：按照“互联网+”创新思维，我们推出“移动 APP、微信企业号、微信订阅号”的移动应用组合服务套餐，采用紧贴需求、跟踪技术、应用为上、快速迭代的新模式，防汛信息不断跃然指尖，为多级防汛部门和市民提供随时随地防汛信息服务。

关键词：互联网+　移动互联　上海防汛　微信企业号　移动 APP

在去年李克强总理提出制定“互联网+”行动计划，今年 2 月上海市政府在也推出了《推进“互联网+”行动实施意见》，互联网与传统产业正在加速融合，“互联网+”已经成为产业发展新常态。如何适应“互联网+”的新模式，顺利步入创新驱动快车道，使传统的防汛指挥应用系统焕发新的活力，将积累的各类信息迎来新的应用空间，已时不我待。按照“互联网+”新思维，提出“移动 APP+微信企业号+微信订阅号”的移动应用组合服务套餐，采用紧贴需求、跟踪技术、应用为上、快速迭代的新模式，防汛信息不断跃然指尖，为用户提供随时随地防汛公共服务，成为上海防汛工作的新利器。

1 “互联网+”的设计思想

1）移动互联、随时随地的便捷思维：移动互联网应用使人与人的交互更充分，人与事物的联系越来越密切，信息的传递与获取变得越来越简单。在各类智能终端和移动应用蓬勃发展的当下，人们对移动应用的认知已完全颠覆了传统终端的功能和定位，移动智能终端甚至已成为人体的重要“器官”。为此，加快创新转型，抓住发展机遇，将互联网思维引入防汛业务，不断拓展服务防汛渠道，扩大服务受众面，用移动应用深化防汛在公共服务中的能力和水平，是防汛信息化肩负的重要任务。

2）快速迭代、小步快跑的迭代思维：在移动互联时代，“未知与需求转瞬即变、先进与落后尽在一念之间”。移动应用的价值与人们行为习惯和社会发展的变化高度关联，动态运营的能力决定了移动应用的生命力。仅为满足固化的应用习惯、全部想明白再行动的传统工

程思维已不能适应时代发展的需要。迅速感知用户的需求，不断进行版本更新，用迭代开发、小步快跑、滚动发展的新思维，不断为防汛移动应用植入新鲜养料，是上海防汛移动应用开发的重要法则。

3）多目标、跨平台、自适应的平台思维：目前，Android、iOS、Windows Phone、BlackBerry 等移动操作系统呈现出多个共存、互不兼容的局面，智能手机、平板电脑、笔记本电脑、PDA 等移动终端也日趋个性化和多样化，特别是微信推出的企业号平台的移动应用，技术和产品的兼容性给移动应用开发带来了许多困惑。能运行于多种移动操作系统、适应多尺寸移动智能终端、运行于微信平台中、攻克相关技术难点，是上海防汛移动应用开发的一个重要突破方向。应用证明，上海防汛移动应用不仅较好地服务于市、区县和街镇的多级防汛应用，也为水资源管理、水环境整治和政务办公等应用提供统一的支撑平台，新应用和新体验为全市的防汛工作注入了新的活力。

2 “上海防汛”移动 APP

针对 Android、iOS 等多种操作系统互不兼容的情况，提出基于 HTML5 和 jQuery Mobile 的移动应用开发路线，开发了跨平台自适应的防汛 APP。目前，包括市、区县和乡镇街道各级防汛人员中已有 1350 人安装了 APP，也可通过微信企业号入口的防汛指挥大栏使用各项功能。针对区县、街镇防汛人员的工作特点提供个性化服务，如登录界面和区域汛情的自动匹配。

2.1 汛情动态功能

1）综合汛情，将预警情况、气象情况、台风情况、雨量情况、水位情况、闸泵情况及积水情况的概要统计信息显示在一个界面中，全市汛情一目了然。可根据时间查询某一天的综合汛情；雨量情况中分为全市分布、外环线内分布、最大一小时雨强分析等信息。2）风速气温，将风速风向和气温信息实时播报，根据各站点的地理位置在电子地图上标示，通过手指触摸等动作可以查看某一站点的当前风速、风向、气温和站点的基本信息。统计分析以表格形式列出大于 6 级的各站详细信息。折线图分析列出八点到次日八点的风速折线图、气温变化情况，列出当前风速、最大风速。3）云图信息，显示卫星和雷达等四种类型的实时

云图，可进行云图播放、暂停、放大和缩小等功能。4）实时雨情，全市 500 余个雨量测站的实时信息以图表和地图方式在手机端进行查询。根据各站点的地理位置在电子地图上标示。通过手指触摸等动作查看某一站点的当前雨量和站点的基本信息。对所有站点的雨量信息统计分析生成雨量柱状图和对历史雨量进行查询和统计分析。5）实时水情，将涵盖长江、近海和上海水情的 330 余个水位测站的当前、历史相关资料查询，地图分布显示、生成水位曲线图和对历史水位统计。6）实时工情，将全市 100 余个水闸和 180 余个排水泵站的监测信息和不同的统计分析信息推送到手机客户端。7）实时灾情，查询全市 320 余个下立交和道路积水监测点的积水深度，直观显示积水退水过程，智能搜索周边雨量。具有区域查询、灾情类别查询、地图定位、处理过程监控和统计分析等功能。

实时雨量

台风路径

2.2 预测预警功能

1）防汛预警，将发布的防汛预警信号和相关信息及时推送到手机客户端，只要打开移动 APP 即能看到飘动的图标，列出所有发布的防汛预警信号，查看具体预警信号单。2）水情通报，列出所有水情通报的文档，查询详细内容。3）气象预报功能，列出上海中心气象台的当天的和即时的天气预报，链接中国天气网的气象信息。4）潮位预报功能，随时查询吴淞口、黄浦公园等重要站点的预报潮位和相关的天文潮、实测潮，以及警戒潮位和历史最高潮位。5）雨量预报功能，列出 24 小时、48 小时、72 小时等降水量预报图。6）台风路径，一张图显示中国、美国、日本等六家预报台的台风预报路径，能叠加卫星云图和雷达云图，进行七级和十级风圈影响分析和相似路径智能查找；点击每个台风信息在地图上的路径点，列出台风每个时刻的详细信息；能进行历史台风搜索；列表里显示当年度的所有台风；各种预测路线图例说明。

2.3 防汛资料检索功能

1）防汛知识，主要包括防汛条例、公益宣传、防汛常识、水文常识、水利常识、排水常识、预警等级标准、启动条件、行动指南等内容。2）防汛通讯录，将市、区县、街镇的防汛通讯录做进系统，可根据区县、人名、单位等条件进行查询；点手机号直接跳转到手机

拨打界面；对重要人员的信息进行部分屏蔽。

2.4 基础支撑功能

用户访问情况监控，用户名、单位、手机号、更新时间、创建时间等信息；用户是否在线；提问信息管理，针对提出的问题进行回复；模块和菜单的访问量统计。地图功能，充分利用在线百度地图资源，可进行平移、放大、缩小等功能。显示道路实时情况，分拥挤、缓行、畅通三种状态，以红色、黄色和绿色三种颜色显示。搜索路名、交叉路口、地标、地名、地图兴趣点等要素，显示到地图上。在线操作手册功能，提供在线帮助，可以及时查询到功能使用说明。

3 “上海防汛”微信企业号

为满足内部的协同、工作管理的应用需要，我们采用微信企业号为全市防汛内部职工提供移动入口和连接。市、区县和街镇防汛人员可以随时发起会话，指令、汇报或交流随时移动实现；自动推送防汛预警、天气预报、潮位预报、汛情简报等信息；把 APP 的防汛指挥功能全部连接进企业号中。微信企业号集中体现了“互联网+”的思维，将作为未来一段时间主要应用方向，充分发挥微信的力量，实现上海防汛移动应用的创新和飞跃。

3.1 微信平台既有功能

1）分级管理，更便捷的连接，防汛部门有非常多的分层级的组织管理，我们可以分层级，层层授权的管理员，每个管理员管理自己的用户和应用，每个单位都有可以自由进行管理的权限。2）用户分组，灵活的用户分组管理功能，用户的分组和灵活定位，分配每个应用的目标用户，这个是最基本的功能，也是最重要的功能。在企业号里面具有通讯录和标签的功能，一系列的机制确保精确、简单、便捷的组合用户。3）用户体验，企业号里的功能与微信使用习惯一致，开发出不同功能叠加上去，微信的使用和体验永远是那么简单一致。上线发布以后没有任何的影响，培训的成本和便捷性都会非常的低，安装只需关注企业号。4）便捷交互，在不添加对方为好友的情况下，也能发送消息和群聊，使得跨部门的沟通和协调能够很方便进行。5）更安全连接，安全是一个单位设计应用系统的核心要素之一，微信本身具有安全专业的保障团队，建立全天候的业务监控体系，有一系列的黑客攻防，反垃圾、反病毒等等安全措施，有漏洞检测和恢复的机制。

3.2 定制开发功能

1）防汛指挥应用，实现从“上海防汛”APP 业务应用与企业号之间的无缝衔接，已有的信息系统都能顺利接入到企业号里，防汛指挥大栏包括综合汛情模块、预报预警模块、新闻动态模块、云图信息模块、台风路径模块、实时雨量模块、实时水位模块等，在原有“上海防汛”移动 APP 中的功能，都能在企业号中方便使用。2）小助手汛情推送，定时和实时推送天气预报、潮位预报和预警信号等信息，在速度、准点和体验上都远远超过短信，满足防汛业务需求。3）配置微信第三方应用功能，有非常丰富的第三方应用可以选择，尝试了会议管理和新闻公告等功能，大大提升了功能拓展。4）专题应用栏目，可以非常快速的新增加菜单栏目和构建 H5 的应用，配置应用加密链接，有效支撑防汛工作的快速需要。

4 “上海防汛”微信订阅号

面向社会公众主动推送防汛新闻动态和防汛预警信息，也可双向交互获取最新卫星云图、雷达云图、潮位预报等信息。提供了防汛预警、气象预报、台风路径、实时雨量、实时水位、风速风向、新闻动态、水情通报、防汛常识和公益宣传等栏目。该微信号粉丝逾 5000 人，2015 年主动推送 500 余条图文信息。成功举办防汛条例、有奖竞答、我为防汛献一计等活动。台风路径、实时雨量、潮位预报等栏目为“上海应急”、“上海预警发布”等沪上多家微信号提供应用接口。

1）日常群发功能：每天一次新闻的群发，编辑文字、语音、图片、视频、录音等内容后，选择群发对象、群发地区进行群发。

2）菜单功能：在订阅号里创建 3 个一级菜单，一级菜单名称不多于 4 个汉字或 8 个字母，分别为预报预警、防汛动态和防汛知识。预报预警下有 5 个子菜单，包括防汛预警、气象预报、潮位预报、台风路径和卫星雷达五大功能模块；防汛动态下也有 5 个子菜单，包括实时雨量、实时水位、风速风向、新闻动态和水情通报五大功能模块；防汛知识下有 4 个子菜单，包括防汛常识、应急预案、公益宣传和预报比武等功能模块。

3）关键字回复功能：用户在微信端输入不同的指令，返回对应的内容。如指令 1 是气象预报，指令 2 是潮位预报，指令 3 是卫星云图，指令 4 是雷达云图华东，指令 5 是雷达云图浦东。

5 结语

本文按照“互联网+”的新思维，在“移动 APP、微信企业号、微信订阅号”的组合应用方面进行了实践。在抗御 2015 年汛期 “灿鸿”与“杜鹃”2 次台风、18 次局部特大暴雨、大暴雨、暴雨和 9 次天文大潮汛中，平台经受住了实战考验。“互联网+”的新思维让我们体会到移动应用是未来防汛的重要手段，智能手机加移动应用是成为智能防汛的新舞台，积累的信息价值也将迎来新的应用空间。（本研究得到上海市水务局（海洋局）科研项目支持，编号为沪海科 2015-08）

再谈智慧水利

赵然杭[1] 郑灿堂[2] 李洪涛[3] 杜文贞[4] 樊冰[4]

（1.山东大学，山东济南250061；2.山东省水利勘测设计院，山东济南250013；3.山东省防办，山东济南250013；4.山东省水科院，山东济南250013）

摘　要：“智慧地球”概念的提出，为信息技术发展指出了新的方向。在已有智慧系统研究基础上，本文就“智慧”概念在水利领域的体现，也就是“智慧水利”进行了探索性思考。首先拓展了“智慧水利”的含义和目标，然后分析了其主要特征和技术构成，最后就其发展阶段进行了展望。

关键词：智慧水利　含义　特征　技术构成

1 前言

水是生命之源、生态之基、生产之要，兴水利、除水害，事关人类生存、经济发展、社会进步。自 20 世纪 90 年代以来，水利行业一改传统工程水利建设模式，融合利用现代信息技术，加快了水利现代化建设步伐。经过近二十年的投入建设，水利信息化事业已经实现了从无到有、从点到面、从硬件购置到系统集成、由单一业务向综合服务、从低水平到高水平的发展跨越。随着新一代信息技术革命的兴起， 水利信息化事业也需要再次扬帆，由数字而智慧，实现新跨越。

2 智慧水利的含义

智慧，《辞海》的解释是指人辨析判断和发明创造的能力。在信息化领域，智慧与智能相对应，是技术应用的更高级发展阶段。自 2009 年智慧地球概念提出以来，智慧科技已渐入人心，智慧城市、智慧交通、智慧公安等领域也开始蓬勃发展。

参考水利及其他行业所提出的智慧定义和概念，本文认为智慧水利是建立在大量信息化基础设施建设积累之上的，综合以物联网、大数据、云计算、人工智能、虚拟现实、智慧模型等为代表的新信息技术，融合数据采集、分析、决策、控制、反馈等信息流程为一体，实现自主生存、自主思考、自主应对、自主学习的面向水利应用的规模信息生态系统。

3 智慧水利的目标和意义

智慧科技源于生活而超脱于生活，体现为一种自由的状态。它的出发点是寻求对人的完美复制，目标是实现人的解放。落在具体领域，它既体现了人的主观愿望，自身也是创造的极境。简单讲，智慧水利的目的是通过对智慧技术实现人的能力的扩展进而实现兴利除害的目标，包括资源、效能、成本、效益等具体要求。

3.1 资源集约

资源体现了生存的需要。在人类发展史上，资源自始至终都是激励和制约人类发展的关键因素。为了克服种种生存危机，人类创造工具，拓展领地，不断发现和使用更多新的资源。进入现代社会，科学技术构成新的生产力要素，数据和信息也相应成为新的资源财富。资源

优化建立在准确发现、定义和应用资源基础之上。面对海量数据资源，需要及时去芜存菁，发掘其中的资源富矿。一是及时发现有价值的数据。二是准确分析数据之间的关系。三是充分实现数据的整合利用。水利领域数据资源的利用，也需要扩展数据来源和维度，并对数据结构进行再造，进而促进现有资源的集约利用。

3.2 效能提升

效能意味着产品的高效产出。新技术的应用，尤其新社会资源的引入，最直接的效应就是生产效率的提升。智慧科技的应用，主要集中于应用系统的优化，通过对内部信息数据的高速处理和高效应用，从而节省时间和资源，提高生产效率和效果。智慧水利建设，将优化水资源的调配和应用，加强水旱灾害的防御能力，提升社会服务水平。

3.3 成本降低

从经济学角度来讲，成本是以社会资源的总投入考量的。一方面体现在以富裕资源替代稀缺资源，另一方面体现在总社会资源的节约。智慧科技的应用，在部分领域具有明显的资源替代效应，在其他领域主要体现在资源节约，包括方案优化、损耗降低、时间节约、人力减少等等。智慧水利建设，将有效实现水资源的优化配置，降低单位水耗，节约宝贵的水资源，减轻水环境压力。

3.4 效益显著

效益既包括经济效益，也包括社会效益，主要体现为社会福利的增加。就水利行业而言，效益可以简单地理解为社会效益的增加和水旱灾害损失的减少。智慧水利建设，能够提升水资源利用效率，促进生态环境修复，减轻水旱灾害损失，造福社会群众。

4 智慧水利的主要特征

智慧水利基于数字水利建设成果，既集成发扬了过去十余年建设的优势，也具有明显的时代特征。与数字水利相比，智慧水利具有以下几个明显的特征：

4.1 自主生存

智慧水利的首要特征是实现数据资源的主动获取，并不断拓展其获取范围和边界。数据是信息系统存在的基础，只有源源不断的有效数据进入信息系统，才会有后续的成果产出和系统的不断升级完善。在智慧时代，数据信息的采集也呈现新的特点。其一是数据种类更为繁杂，非结构性数据更多，以及现实世界中更多的要素数据化。其二是采集方式更先进，像水质、水压、工程位移等要素均实现了高标准采集捕捉。其三是随着 NGN、宽带无线通信等基础通信设施的发展，数据传输效率更高，数据在信道中的传输时间可以忽略不计。

4.2 自主思考

智慧水利的第二个特征是自主实现对数据的分析应用，自动识别输入条件，选择不同的模型进行逻辑判断，并按照风险偏好提出较优解决方案。假如，系统的每个模型都相当于人脑的一个神经元，仅处理相对单一的问题和判断，但随着模型的积累达到百万甚至千万量级以上，在思维判断方面具有更为明显的优势。1997 年，国际象棋大师与超级计算机深蓝进行了世纪对弈，最终深蓝在胜负方面取得了较大优势。而当今在航空航天、天气预报、基因

工程等方面的超算应用，已经远远超越上世纪末的层次。尤其云计算、虚拟化以及 VR、人机交互等技术的进一步发展，将使计算节点得以无限扩张，人员能够通过网络随时随地参与运算，逻辑性能也将呈几何倍数提升。

4.3 自主应对

智慧水利的第三个特征是行动的自主实施。过去的数字系统主要作为决策辅助，仅仅延伸了人的手脚，扩展了人的知觉，但各个组成部分还处于一种离散、脱节状态，尤其控制反馈功能较弱，就像“思维的巨人、行动的侏儒”。而智慧系统能够在没有人为干预的状态下，自主落实优选方案，实现从识别、判断到控制、反馈的完整环节。

4.4 自主学习

智慧水利的第四个特征是自主学习能力，也就是系统能够自我完善、自我革新、自我提高。在每处理完成一项任务之后，系统能够总结学习，进行模型优化。首先是对于数据不足情况的补充，其次是对于逻辑判断的分支细化，其三是对优选方案的筛选规则细化，最后是对于执行力度的评价。

4.5 人水和谐

智慧水利的第五个特征，也是区别于其他智慧系统的根本特征，是人水和谐。与其他智慧系统相比较，智慧水利系统面对的特殊情况较为复杂，风险因素较多，解决的是有限的水资源供给与不断发展的社会需求之间的矛盾。而且，由于过去传统方式还占据相当体量，对于水资源的调配管理能力还有待加强。

5 智慧水利的技术构成

智慧水利既具有与其他智慧系统类似的技术要素和技术框架，也有自身的特殊性。虽然技术框架已初步确立，但一些关键技术尚未获得突破。

5.1 信息网络

信息网络是智慧水利的神经和血脉。离开信息网络的广泛触角和传输信道，数据的时效性、数据与应用结合都无法实现。正是有了光纤通信、NGN、宽带无线通信等通信技术发展创新，信息高速公路得以迅速延伸，奠定了 21 世纪社会发展的脉络。经过十几年建设，全国水利信息网络也已经覆盖到县，部分省份已经延伸到了乡镇。通过光纤入户或者无线宽带技术，解决了最后一 km 的通信问题。这种专网与公网建设相结合的方式，为智慧水利奠定了良好基础。如果下一步量子通信技术投入使用，将突破现有通信方式的带宽和速率制约，真正实现实时信息交互。

5.2 智慧终端

终端包括信息采集终端与控制终端。“通信最后一 km”问题的解决，使智能终端的通信和运行成本大大降低，数据采集种类和数据量指数增长。过去水利行业的信息采集主要集中于水雨情，现在从降水、取水、用水等全领域都实现了信息的自动采集。而在控制领域，包括发电、调蓄、灌溉等关键领域也部署了智能化终端，并在进一步提升和扩展。近几年，智能终端已显现出向智慧终端发展的趋势，由单一功能扩展为综合功能，由离散个体转为网络

节点，由后台控制转为自主控制。下一步随着机器人技术和产品的广泛应用，采集终端与控制终端将实现紧密结合，智能终端将被智慧终端取代。

5.3 海量数据

数据是系统生存的营养和血液，主要包括基础数据和实时数据。一方面，通过越来越先进的测绘统计手段，将现实数据化，并在智慧系统中完整复制出来。近几年随着 3S 技术、三维激光测绘等技术应用，已经实现了部分原始水利工程的数据获取和建模，而大规模的水雨墒情实时数据遥测系统也实现了大范围高密度部署。另一方面，通过实时数据采集，实现对状态演进的跟踪观测，复制并预测现实的变化和趋势。例如视频采集技术，过去帧速率和像素都比较低，效果不是很好。而现在采用高清技术，不仅每分钟帧速率大幅提升，包含的元素也更为丰富，甚至直接实现 3D 摄录。不过需注意的是，应及时将分散在个体成员手中的数据整合为系统的资源，避免资源内耗。

5.4 虚拟平台

平台是运行关键业务系统的核心，是智慧系统的心脏和大脑。过去系统运行能力的提升主要依靠 cpu、存储等硬件的提升，成本投入很大，并且还依赖于核心计算处理技术的升级。而在云计算及虚拟化技术应用提出以后，计算节点由质的提升扩展为量的膨胀，同样的任务可以分散到更多相对较弱的计算节点，摆脱对于硬件设施的约束，实现计算能力和计算应用的紧密结合。同时，随着虚拟现实及人工智能技术的进步，人员也能够成为网络中的独立计算节点，实现人-机一体混合计算模式，提高模型计算的灵活性。

5.5 功能模型

智慧系统最重要的体现，是模拟和超脱于人类的思维判断能力。模型的开发与应用，是对现实中规则、原理、方法的理解和体现。 信息化建设的过程，也是将历史积累的知识财富转换为数字形式的社会财富的过程。相对于基因、航天等高新科技领域，水利领域模型开发比较薄弱。现主要集中于工程应用方面，包括洪水预测、淹没分析、水量调配等。不仅成熟的模型相对较少，功能较为单一，而且资源共享程度较低。下一步智慧水利建设的重点和难点就在于各种功能模型的开发和积累。

5.6 柔性体制

智慧系统的生命力源于内生的自我完善机制。大物无形，大音希声。计算机系统诞生伊始就朝着兼容、开放和扩展方向发展，就像具有超级进化本能的软体动物。一旦信息技术在某个行业领域取得突破，其他领域也将迅速跟进；在面临负面影响的时候，收缩反应也非常迅速。正由于这种特性，信息技术在短短几十年就跨过其他技术应用上百年的发展阶段。智慧水利的创建过程也是水资源和水灾害管理机制的再造，通过不断提升系统的内聚力和自主创新能力，实现技术和应用的不断融合。

6 展望

虽然智慧水利建设已经启动，但具体各项指标的落实无法一蹴而就。如果将智慧水利建设划分为初、中、高三个阶段，当前还仅处于初级阶段。不仅一些关键性技术还待研发，人

与系统的结合还需不断调整，并且对原有系统的整合升级还没有完成。今后一个时期，智慧系统和非智慧系统还将并存。参考计算机 CPU 发展的摩尔定律，相信在 21 世纪能够看到智慧水利乃至智慧社会的全面实现。

参考文献

[1] 李德仁，龚健雅，邵振峰. 从数字地球到智慧地球(J).武汉大学学报(信息科学版)，2010 年 02 期.

[2] 蒋云钟,冶运涛,王浩. 智慧流域及其应用前景(J).系统工程理论与实践, 2011 年 06 期.

[3] 郑灿堂,王庆华,张洪芳. 浅谈“智慧水利”(J).山东水利,2012 年 07 期.

[4] 曹宏文.数字水利到智慧水利的构想(J).测绘标准化,2013 年第 04 期.

[5] 温金锋. 智慧水利浅谈(J).矽谷,2014 年第 02 期.

[6] 董宏伟,寇永霞. 智慧城市的批判与实践—国外文献综述 (J).City Planning Review,2014 年第 11 期.

[7] 张振刚,张小娟. 智慧城市的五维度模型研究(J).中国科技论坛，2014 年 11 期.

3G 监控系统与云计算在黄河防汛抗旱中的应用

杨建柱　初 建

（山东黄河河务局黄河河口管理局，山东东营257091）

摘　要：本文旨在对 3G 无线网络视频监控系统和云计算特点进行分析，并结合黄河防汛抗旱信息化建设具体需求的基础上，对新技术在防汛抗旱中的应用进行了研究和分析，对黄河防汛抗旱工作的发展未来提供了必要的技术支撑。

关键词：黄河　防汛抗旱　云计算　3G 无线网络　监控系统

1　基本情况

黄河下游是闻名世界的“地上悬河”，据资料显示，目前河床普遍高于两岸地面 4～6m，其中高于新乡市地面 20m，高于开封市地面 13m，高于济南市地面 5m。防洪保护区内 9000 多万人生活在黄河河床高程以下，一旦大堤决口，后果不堪设想。历史上，黄河洪水决口泛滥频繁。据统计，从先秦时期到民国年间的 2540 年中，黄河共决溢 1590 次，改道 26 次，平均三年两决口，百年一改道，决溢范围北至天津，南达江淮，纵横 25 万平方 km，每次决口泛滥，都给人民带来深重的灾难。历史上黄河也因此被称为“中华之忧患”。新中国成立以来，党和政府为减轻黄河水旱灾害做出了巨大努力，面对新情况、新问题，黄委也以科学发展观为指导，积极践行可持续发展治水思路和民生水利新要求，在深入总结前人治黄经验教训的基础上，立足黄河自身特性和流域经济社会发展需求，提出了维持黄河健康生命的治河理念，进行了一系列重大治黄探索与实践，使防御洪水的能力有了很大提高。随着科学技术的发展，研究 3G 无线监控系统与云计算等新技术应用为黄河防汛抗旱，适应现代高速发展的电子办公自动化、信息化新要求，是当前提高防汛抗旱时效性之所需。

2　3G 无线网络视频监控系统在黄河防汛抗旱中的应用

2.1 系统结构

该系统主要由五部分组成，即前端视频采集部分、承载网络、中心平台、监控中心、访问客户端。

前端视频采集部分：由高倍变焦摄像机、室外云台、控制解码器、3G 无线网络视频服务器构成。

承载网络：中国电信的 CDMA2000 网络（中国移动 TD-SCDMA 网络，中国联通 WCDMA 网络），根据本地网络覆盖情况，择优选择一家电信运营商的 3G 网络。

中心平台：中国电信“全球眼”监控平台、中国移动。“守望者”监控平台或中国联通“宽世界-神眼”监控平台。

监控中心：只要是一台具有公网 IP 或者域名的服务器即可。启动服务后，就等待各个监控终端的连接；对于始终在线的终端，可以按照需要查询当前的图像情况，也可以自动不

停地记录监控点的图像变化。

访问客户端：用户可通过移动智能终端、网络终端等登录移动监控平台来查看相应监控画面，实现对监控现场的远程视频浏览、云镜控制、录像、视频截图等。实现远程视频查看、远程应急指挥功能。

2.2 系统组成

根据以往黄河工程和河流特点，对于河道、水库等重要设施的监控项目，往往涉及的地理范围比较广，监控点比较多。需要监控的人员相对分散，而且大规模的监控项目对于系统稳定性要求非常高，需要尽量减少日后的设备维护工作。

2.2.1 前端视频采集部分

前端视频采集部分主要由 3G 视频服务器、摄像机、声音输入输出等外围设备组成。

摄像机是整个系统的核心之一，包括镜头、CCD、云台、解码器、防护罩及支架等。根据被摄物体及摄像地点的不同，摄像装置的具体配置也各不相同。现在室外一般采用一体化球形摄像机，自身带云台、解码器、一体化变倍镜头和一体化球形防护罩，可靠性较高，效果好。根据具体环境需求．可以配置一些辅助设备，比如在闸门附近安装大功率的探照灯及红外线灯；系统可远程控制灯光电源开关，保证远程人员清楚地监控到闸门的开合状态。

3G 视频服务器是实现网络化、数字化处理的重要设备，其内置 3G 无线 modem，内部存放有 3G 的网络连接端口协议，并嵌入式地实现了 TCP/IP 协议、POP3/SMTP 协议，同时支持动态 IP。完成与 3G 基站的无线连接与数据交换。它完成模拟视频监视信号的数字采集、影像压缩、监控数据处理、报警信号的采集、网络的 Web 发布等功能。它可将前端的模拟信号同时处理成高清晰的实时数字图像发布到网络中。保证监控中心和本地涵闸都能实时监控到现场情况。

声音输入输出设备，实现现场声音实时监听、点对点语音对讲、点对多点语音广播、监控中心指令下达、实时现场指挥等功能。

2.2.2 承载网络与中心平台

根据本地的 3G 网络覆盖情况，优先选择一家电信运营商的 3G 网络系统作为承载网络（如中国电信的 CDMA2000 网络及其“全球眼”平台）。

3G 能提供多种类型高质量的多媒体业务，能实现全球无缝覆盖．具有全球漫游能力，在准静止条件下能够达到 2MbPS 的速率。即使在高速行驶的列车上，传输速率也可以达到 144kbps，能够支持音频或低速率视频等多媒体业务。3G 网络的发展，使得远程视频的无线传输已变成现实。可实现前端监控点与监控用户之间的无缝链接。

2.2.3 监控中心控制部分

水利视频监控系统采用 Brower/Sever 结构，用户在黄委（局）局域网设立一台网关服务器通过 Internet 链接电信运营商的“视频监控平台”平台，并设置系统存储服务器。该系统配合数据库，主要完成现场图像接收，用户登录管理，优先权的分配，控制信号的协调，图像的实时监控，录像的存储、检索、回放、备份、恢复等。

同时我们根据流域视频监控管理的特点，将系统分为两级进行视频监控管理，即：监控中心、各级流域机构。每一级都有相应的权限，并有其独立的工作环境。监控中心拥有最高的优先权。所有下级用户对监控的操作都需要向上级申请，只有被授权的用户才能在权限内实施操作；本地河务部门也是监控的直接控制端，根据分级控制的要求，在无高权限人员控制时，可执行控制操作，以确保高级管理层的优先权，规范监控的管理制度。

监控中心可以根据具体情况考虑安装多画面大屏幕显示设备，配置相应数字视频矩阵，任意切换图像显示。

2.3 在黄河防汛抗旱中的应用

2.3.1 功能

水位监控：通过视频监控系统可监测河道水位和水流情况，监测险工、控导的周边环境。

河道监控：通过一套视频监控系统，及时了解上下游河流的水文情况，监测水面清洁度，监控河道沿线重要地段的情况。

防汛应急移动监控：通过车载、便携式 3G 视频监控系统，第一时间将工程现场情况、汛情突发情况传送到指挥中心，监控指挥中心根据现场情况进行远程监控管理与指挥。

防汛通信、水雨情采集传输设备监控：远程监控防汛通信设备和水文监测仪运行状态，保障水利信息传输平台的稳定运行。

特殊情况报警：当监控点发生异常情况时，及时把监控图像传到指挥中心，并以手机短信的形式向相关权限人员发短信报警。同时具备现场喊话及光电警示、告诫功能。

现场指挥：远端控制中心与水库现场具备语音通讯功能，遇到情况时能够做到远距离指挥。

2.3.2 监控系统应用

3G 无线网络视频监控系统是最新基于 3G 通信网络的多媒体视频监控系统。它把经过视频压缩编码模块压缩的摄像机图像，通过智能无线通信终端发射到 3G 网络，实现视频数据的交互、发送/接收、加解密、加解码、链路的控制维护等功能，根据应用把实时动态图像传到距离用户最近的中国电信（中国移动、中国联通）通信网络（根据当地 3G 网络发展情况进行选择）。用户可以方便地通过 Internet 或手机从系统总监控中心得到实时图像信息。该系统整合 3G 网络和 Internet 网络的优势，无论您身在何处、在何时间，都可以迅速接入系统，随时随地进行远程监控管理。

3 云计算在黄河防汛抗旱中的应用

3.1 云计算的定义

云计算的产生来源于计算和数据业务的快速增长。随着信息技术的发展和普及，信息化已经成为社会的必然，而信息化的一个结果就是信息存储和信息处理等需要的数据存储和计算能力急剧的增加。面对大规模的数据处理和计算需求，分布式处理、并行处理和网格计算等基于网络的计算和存储技术被提出作为应对方法。这些技术的提出对充分利用计算能力，提高存储容量和存储可靠性等方面起到了十分重要的作用。随着对计算能力和存储能力需求

的进一步增长，需要新的技术来满足这些需要。云计算正是对分布式处理、并行处理和网格计算的进一步发展。

3.2 云计算的特点

云计算是基于其高速的互联网络和丰富的硬件资源，从而云计算能够满足用户的服务要求。从云计算的定义中可以看出，云计算是基于网络的、资源分布的计算模型，对用户提供的服务时，底层资源的调度管理等是对用户透明的；这种透明是通过虚拟化技术来实现的。从云计算的定义出发，基于对已有的云计算平台和对云计算模型的研究的分析，可以总结出云计算的主要特点如下。

（1）云计算的基础硬件设施建设成本较低。

（2）云计算具有更大的规模。

（3）云计算通过虚拟化提供服务。

（4）云计算具有较高的可靠性。

3.3 云基础层

云基础层是面向黄河防汛抗旱的云计算平台的基础，它向上为用户提供基本的计算服务。该层的构建是通过高速网络，将已有的各种为黄河防汛抗旱服务的计算资源连接起来，并对这些资源进行统一的管理和资源使用的分配。按照地理位置来区分，每个处于云计算平台中的节点，都可以归属到原来的某个服务中心。在面向黄河防汛抗旱的云计算平台中，所包括的资源非常丰富。原来的各个节点所能够使用的资源，原理上都可以提供给“云”的用户来使用，从而实现更大范围内的黄河防汛抗旱资源共享，提高资源的利用效率和防汛抗旱信息的及时获取，为上层的应用服务打好基础。由于防汛抗旱工作设计的范围大、资源多，并且可能不断有新的计算资源加入到“云”中，因此，随着面向黄河防汛抗旱的云计算平台的构建，云基础层的规模可以变的非常巨大。形成数据物理存储和计算需求在整个“云”中进行，提高工作的效率。

3.4 云服务层

云服务层是位于云基础层和云应用层中间的层次，该层向下获取实际的“云”基础设施中的硬件资源和计算能力，向上为用户的定制提供服务。云服务层起到了在实际资源和最终用户之间的中间桥梁作用。面向防汛抗旱的云计算平台为用户提供的服务，在云服务层进行计算等资源的实际分配。这种分配方式是通过虚拟化来完成的。虚拟化技术是对硬件资源的一种逻辑上的抽象机制。在使用了虚拟化技术后，能够在逻辑上形成可独立运行、具备资源完整性的计算机，由用户进行使用。用户能够使用的资源也仅限于由虚拟机制提供的虚拟计算机，对资源的使用无法扩展到其他的未授权部分。

3.5 云应用层

相对于云基础层和云服务层，云应用层是离用户最近的层次。面向黄河防汛抗旱的云计算平台的最终目标是为用户提供服务，通过其计算能力、存储能力、通信能力来为黄河防汛抗旱提供技术支撑。因此，在该云计算平台中，云应用层是面向用户及用户所需要的定制服

务而设计的，在云基础层和云服务层的基础上，为用户提供服务。云应用层主要提供的服务是面向用户定制的应用服务。在该层，用户可以根据需要进行服务的定制。在防汛抗旱工作中需要的即时数据传输、音视频会商、数据处理和分析等服务，均可以在云应用层根据需要进行定制。定制范围包括了硬件资源、系统服务和软件服务等多种服务类型。随着防汛抗旱工作的进一步开展，也可以在该层提供新的服务定制功能。

3.6 面向黄河防汛抗旱的云计算及应用

根据黄河防汛抗旱对信息存储处理和分析的要求，以云计算的基本要求为基础，提出面向黄河防汛抗旱的云计算的定义为：面向防汛抗旱工作，以防汛抗旱的信息网络为根本，以防汛抗旱各点的计算和存储能力为基础，以防汛抗旱工作目标为出发点，由云基础层、云服务层和云应用层三层构成的信息服务平台。从该定义可知，面向黄河防汛抗旱的云计算，将云计算的功能和性能与黄河防汛抗旱的具体需要进行了结合。在这三层中，云基础层是云计算平台架构的最底层。该层的基本设施是由多个节点（节点中包含了各种资源，如网络设备、服务器、数据存储设备等）通过高速网络连接而成。设备由专门的系统软件进行管理，向上提供资源。云服务层中是对实际的资源进行虚拟化，形成可使用的资源与服务池。最上层是云应用层，这一层用户对应用进行定制，并向“云”发出资源和应用的使用请求。

4 结论

黄河防汛抗旱工作是我国水利工作的重点。充分利用 3G 无线网络视频监控系统和云计算的发展来提供必要的技术支撑对黄河防汛抗旱工作的顺利进行具有非常重要的作用。在已有的防汛抗旱信息化研究的基础上，以防汛抗旱工作的实际需要为出发点，对 3G 无线网络视频监控系统和云计算在黄河防汛抗旱工作中的应用开展了研究。 “云”的操作对用户是透明的，各种资源通过虚拟化形成虚拟化资源再提供给用户使用。而用户只要能够接入到“云”，则可以从“云”获得丰富的服务和充分的资源。云计算的基础硬件设施建设成本较低，具有更大的规模，通过虚拟化提供服务，具有较高的可靠性。根据黄河防汛抗旱对信息存储处理和分析的要求，以云计算的基本要求为基础，提出面向黄河防汛抗旱的云计算的定义为：面向黄河防汛抗旱工作，以防汛抗旱的信息网络为根本，以防汛抗旱各点的计算和存储能力为基础，以防汛抗旱工作目标为出发点，由云基础层、云服务层和云应用层三层构成的信息服务平台。3G 网络具有传输距离远、带宽高、速度快、抗干扰能力强、建设费用低等诸多优势。因此 3G 无线网络视频监控系统将是未来黄河防汛抗旱视频监控发展的主流。通过这些新技术可以实现防汛抗旱资源的高效利用，降低防汛抗旱信息化成本，提供良好的信息服务，从而推动防汛抗旱工作的进一步发展。

参考文献

[1] 周显政，3G 无线网络视频监控系统在防汛抗旱应急通信中的应用探讨，移动通信，2009 年 10 月（下）。

[2] 宋亮，云计算在防汛抗旱中的应用研究，城市防洪 2010 年学术年会论文集。

浅析长垣黄河防汛信息化建设存在的问题及建议

单志娟[1] 林玉香[2] 郭兆娟[1] 张红霞[1]

（1.长垣河务局，河南长垣453400；2.新乡黄河维修养护公司第三分公司，河南长垣453400）

摘 要：信息是防洪决策的基础，是正确分析和判断防汛形势，科学制定防汛调度方案的依据。采用信息技术建设现代化的防汛抗旱指挥系统，强化信息采集、传输、处理的及时性、准确性，提高决策的科学性、主动性，是防汛抗旱的需要，是减灾防灾的重要非工程措施。

关键词：防汛 信息化 建设

0 引言

“数字黄河”工程是实现黄河治理开发与管理现代化的关键措施和必由之路，在黄河防汛中广泛运用数字化、网络化技术，提高计算机和网络的普及应用程度，加强信息资源的开发和利用，加快信息化步伐，提高防汛决策水平，是管理黄河治理黄河的重要基础。从防汛的实践来看，信息对防汛指挥具有十分重要的作用。

笔者结合长垣县黄河河务局局信息化建设的实践，对防洪工程中信息化建设进行探讨。

1 长垣局信息化建设发展状况

当今社会，科技进步日新月异，特别是信息技术的发展突飞猛进，各种新理念、新技术、新平台、新产品层出不穷，只有利用这些科技发展的优异成果，并将之应用于防汛工作上，才能改变传统防汛手段，提高防汛信息化的水平，实现科学防汛，最大限度地减少台风、洪涝、干旱等自然灾害所带来损失。

目前长垣县局计算机网络信息化建设初具规模，县局各部门之间实施了综合布线，配备了网络交换机和网络服务器，建成了基于 Internet 技术构筑而成的办公内部网，不仅能通过专线上联省局防汛抗旱指挥中心内网，而且能通过租用中国移动光纤出口接入互联网。信息化建设初见成效，建成防汛大屏幕投影会商室、电子水情显示屏。功能完善的黄河工情险情会商系统、黄河水情实时查询系统、电子政务系统、查险报险系统、黄河防洪预案系统等都在防汛工作中发挥了重要作用。

1.1 控导工程水位实现了自计系统

2004 年周营上延、大留寺控导工程自计水尺的建成，可以方便、准确地遥测水位，自计水尺得到了较好的应用，防办人员坐在办公室就可以得到水位读数，提高了水位数据的及时性、准确性和科学性。

1.2 涵闸远程监控系统

杨小寨、石头庄闸安装了远程监控系统。远程监控系统的实现，使引黄涵闸放水流量得到有效控制。利用它可以对引黄涵闸进行实时监控，从而为黄河防汛提供了技术保障，为黄河不断流奠定坚实的基础，有效地控制水资源的合理分配应用。

1.3　水情查询、工情、险情会商系统

使用了黄河全流域实施的“实时水情查询系统”，“黄河下游工情、险情会商系统”软件，极大地缩短水情信息的获取时间，提供良好的决策环境，为防汛减灾赢得了时间，提高了快速反应的能力，为防汛争取了主动。

1.4　网络电视会议系统

网络电视会议系统的开通，实现了上下指挥部之间的异地电视会商；通过该系统，形成会商网络，实现了面对面的沟通。使防汛指挥人员和专家及时直观地了解基层情况，对出现的问题进行分析，讨论制定方案，保证防洪工程安全。

1.5 防汛信息采集传输能力跃上了新的平台

配置的信息采集车和水利数码通，把工情、险情、河势等转化为清晰的视频画面、图片、电子文档并传输到河南河务局防洪厅防汛指挥中心，实现了指挥中心与抢险现场异地会商图像、图片、语音和多媒体信息的实时互动，传说中的顺风耳和千里眼变成了现实，防汛指挥决策在“面对面”、“键对键”中，可以及时、快速、准确、轻松地完成。

1.6 办公自动化提高了管理水平

黄河防汛办公室是同级防指的参谋部，是黄河防汛的具体办事机构，必须具备全面掌握汛情，快速处理信息和随机应变的能力。黄河防汛系统内部网络逐级互通，外线网络的互通也正在逐步实现。防汛办公室配备了先进的设备，智能化水平不断提高，充分利用计算机网络系统和办公自动化技术，大大提供了管理工作水平。网络和办公自动化的实现，提高防汛管理人员的业务素质和办事效率，加快了汛情传递的速度，为搞好黄河防汛提供了有力保障。

1.7 防洪工程查险管理系统

在大留寺控导工程应用了防洪工程查险管理系统，彻底改变了传统人工巡查、手工记录、电话报告的查险方式，规范了防洪工程查险管理工作，大大缩短了险情信息的传递时间，提高了查险工作效率，及时准确地获取了防洪工程存在的隐患信息，为管理决策人员提供了第一时间信息资料，实现了防洪工程查险的数字化、信息化管理。

相信，这些先进科技与设施的应用将极大地推进长垣防汛工作的信息化、智能化与科技化的水平，并逐渐实现由传统防汛向科学防汛的转变。

1.8 网络传真管理系统

开通了网络传真管理系统，能使每份传真都有一个清晰的结果 ，方便管理，提高了工作效率，可通过普通浏览器来收发送传真，再也不用打印。结合了 CTI（计算机电话集成）技术、合理使用了互联网资源，省去了打印的过程，节省了纸张、墨粉和宝贵的时间，使传真发送费用只有传统方式的二分之一左右，综合成本下降六成以上。

2　长垣防汛信息化建设中存在的问题

2.1　对防汛信息化认识不到位

黄河防汛面临着信息化的问题，“数字黄河”的提出是一个十分重要和紧迫的问题，但是一些同志认为，这么多年来,都是用传统的方法工作，习惯了，因而他们不愿意接受这种新

的方式。近年来，虽然大家对信息化的重要性有了一定的认识，但还缺乏紧迫感，没有形成统一指挥的建设机制，没有统一的规划和明确的发展目标，缺乏全局建设的有序性。

2.2 资金投入严重不足

现代信息化涉及面广，投资大。长期以来，防汛指挥信息化建设没有正规的、稳定的资金渠道；有钱就建一部分，没有钱就停建。由于缺少运行维护经费，有些系统已不能正常的运行，不能适应和满足现阶段防汛指挥的要求。由于投入不足，使得信息基础设施十分薄弱，信息采集和传输手段普遍落后，至今尚未形成覆盖全局的信息网络。

2.3 信息化管理人才匮乏

随着计算机技术的迅猛发展，黄河防汛实现现代化管理的要求也逐步提高，但由于知识技能培训不同步，使得许多从事防汛管理的工作人员，特别是一些基层单位的管理人员的计算机应用水平及相关技能亟待提高。主要表现在：工作人员的计算机应用意识不强，操作技能掌握得不熟练，仍停留在打印报表、统计数据、储存信息等简单的程序应用上，计算机的功能远远没有得到充分地开发利用。专业人员业务水平不高，制约着防汛信息化的发展。

由于早期对信息技术的忽视，导致了长期以来专业人员水平参差不齐，人才结构不合理，专业人员比重小，知识老化，既无数量，又无质量，严重影响自身业务的开展。难以适应现代防汛指挥信息化建设发展的需要。因此，要改变防汛指挥信息网建设的落后局面，提高专业人员的素质已迫在眉睫。

2.4 信息化设备陈旧

水文测报、通信联络相对薄弱 。基层水位观测仍然采用人工进行，自动水位观测还有两处控导工程没有安装；查险报险有三处控导工程还靠人工每天巡查。

信息设备陈旧，功能落后，运行速度慢；通信设施落后，四处控导工程上报各种数据全部靠一部电话机，如果停电就无法使用，严重影响防汛信息的有效传递。

2.5 信息开发利用缺乏统一协调和规划

实行防汛信息化管理后，尤其是随着“数字黄河”的提出，各单位对防汛信息化、电子化建设的力度有所加大，但缺乏统一的协调和规划。防汛部门和信息管理部门的职能还不十分协调，使得防汛管理软件的开发不系统、不规范，仅局限于处理自身的局部业务，而很难满足整体、特殊和长期的需求，存在与实际工作脱节，甚至碰撞，导致系统无法正常使用的情况，从而不可避免地造成人、财、物的浪费，限制了电子化优越性的充分发挥，也很难达到信息共享的目的。

3 对信息化建设的建议

3.1 提高认识，转变思路

要让有关人员认识到：信息化建设旨在运用先进的水利和信息技术，对传统的黄河治理开发与管理手段进行升级改造，实现“信息技术标准化，信息采集自动化，信息传输网络化，信息管理集成化，业务处理智能化，政务办公电子化”，提升防汛业务的科技含量和管理水平，推动黄河防汛现代化。通过对信息化的大力建设，黄河的防汛工作必将实现管理与决策

的信息广泛性、时效性、科学性，政务工作的高效、公开与群众参与以及信息共享。

3.2 加大资金投入

由于战线长、信息量大，相当多的信息源分布在黄河岸边的控导工程和黄河大堤上的涵闸，信息的采集有相当难度，因而信息资源的开发，要求有足够的资金投入。进一步完善信息化投入机制，充分利用“工程措施与非工程措施相结合”、“防洪保安建设”等途径，加强信息化建设，逐年投入，逐步积累。

3.3 加强领导 落实责任

统一规划、强化管理，通过检查督促，加强领导，落实责任。各级领导应提高认识，从以往众多历史教训中得到启示，以对人民、对社会、对党的事业高度负责的态度对待防汛指挥系统中的信息化建设。

3.4 狠抓规划和管理

规划工作是现代信息化工作的基础，极其重要。

要按照上级的统一要求，结合本地实际情况，加强深层次的调查分析研究，综合考虑，长远规划，科学地编制好信息化规划，杜绝低水平开发和重复建设。

3.5 加强技术培训，提高专业水平

人才是信息化工作的关键。要采取多种形式提高信息化队伍的综合素质，加快系统内部专业技术人员的选拔培养，如组织熟悉计算机应用的水利技术人员进行传感微电子技术、3Ｓ技术、通信网络技术、数字模拟技术、数据库技术、系统集成技术等方面的培训和进修深造。加强培训，提高现有专业人员的技术水平。培养一大批能够跟踪系统内先进水平、掌握信息系统应用开发技术、精通信息系统管理、熟悉水利专业知识的高素质人才，必须建立一支高素质、复合型、实用型的专业人才队伍。满足防汛信息化和管理的需要。

3.6 确保重点，逐步到位

防汛信息化工程是个庞大、复杂的系统工程，因而当前实施防汛信息化建设只能从实际出发，按照先急后缓、因地制宜的原则，采取“确保重点，逐步到位”的思路，集中力量紧密围绕“防汛”这个重点领域，率先实现信息化，以进一步提高防汛能力。应重点建设以防汛办公室为中心的防汛指挥系统。该系统包括信息采集子系统、通信子系统、计算机网络子系统和优化决策子系统。防汛指挥系统的建立，可以大大提高雨情、水情、工情、旱情和灾情信息监测和传输的及时性和准确性，有利于对洪涝干旱灾害的发展趋势做出及时、准确的预测和预报。为迅速制定和量化防洪方案、指挥防洪抢险救灾提供依据，为减轻洪水灾害损失，保障人民生命财产安全发挥巨大作用。

参考文献

[1] 李国英 建设数字黄河工程[A].郑州:黄河水利出版社,2002.

[2] 王志坚 关于数字黄河的思考[A].郑州:黄河水利出版社,2002

水利信息化管理

李玲

（无锡市水利局城市防洪工程管理处，江苏无锡214000）

摘　要：在我国社会经济飞速发展今天，国家社会各方面的建设发展日新月异，而水利工程建设发展又是我国基础工程建设中的重点所在，积极推动水利工程发展信息化建设是加快我国基础工程建设的有力保障，因此，本文重点介绍了地理信息系统（GIS）在水利行业的应用和发展,信息化技术的普遍应用才能加快水利行业数字化的进程。

关键词：互联网　水利信息化　防汛抗旱

1　水利信息化建设的作用及主要工作内容

1.1 水利信息化建设的作用

在推动我国水利工程建设稳步发展的过程中，单纯依靠工程技术，不能完全解决我国现阶段复杂多变的水利建设问题。在网络技术飞速发展的过程中，充分发挥信息技术的优势作用，不断拓宽我国水利建设发展空间的过程中，通过多种措施和手段，加快我国水利工程建设，实现水利发展现代化的稳步发展。通过信息化为媒介，逐步增加水利工程开发技术含量，提升水利工程发展的社会经济效益，已是新世纪发展阶段对水利工程持续发展的根本所在。

推动信息化的稳步发展，是不断增强我国水利工程建设对自然灾害的抵御能力，提升水资源综合开发水平的客观需求。逐步实现增强信息化发展的过程中，水利工程开发能够不断完善对我国自然灾害中水情、旱情等动态化采集，以此不断增强对自然灾害的研究依据，进而不断提升水利工程的预防和保障作用，通过先进的技术保障，及时应对负责多变的自然灾情，在不断提升决策效率的过程中，发挥水利工程应有的保障功能。

水利信息化工程是提升治理防洪问题策略，实现现代化管理的关键步骤，在基层管理当中，主要强调其信息技术多元化，利用计算机对信息进行多元处理，在具体的领域进行数字化信息的高度综合运用，对于全面提升信息现代化具有非常重要的意义。在“管水治水”当中，核心在于信息资源的充分利用，以达到防洪决策的精准性，在充分分清信息的来源，数据的动态变化时是科学决策防汛调度的主要基础。在强调信息的采集运用，充分确保其数据的真实有效性，这是防洪决策有力展开并取得成效的重要依据。防汛指挥员在平时或者是作战当中更加要加强对数据掌握的真实性原则，提升自身分析数据的能力。

在加快我国应对自然灾害能力和水利工程建设管理有序化的过程中，必须充分重视水利发展信息化的重要作用。

正确的决策往往依赖于对信息的全面分析与掌握，需要做到及时、果决地对信息高效处理。所以说，对于信息的辨别性的掌握，是需要有条理，有依据的，它是防汛指挥员的作战的基本要素。

1.2 水利信息化建设的主要工作内容

水利信息化指通过现代化的先进科技，将水利相关信息的收集、输送、存放以及统计处

理及利用，大大的拓展水利信息资源的功能共享，促进水利建设与水事工程迈向高效化。水利信息化的运行是必需的,主要是因为：1）有利于抗洪设施的运行效率。特别是非工程措施建设严重滞后，信息不灵，人员素质不高等；2）解决水资源短缺问题的有效途径；3）减少水土流失；4）控制水污染的加剧。

水利工程信息化建设包括两个方面：计算机网络建设、软件系统的开发。1)、计算机网络建设分为：外围设备逻辑位置设计、满足远程访问功能、文件管理、Internet 访问。2)、需求分析及主要功能：水利电子政务与信息发布功能、数据远程申报与统计汇总、地理信息网上查询、水利资料库管理。

水利信息化的主要工作具体体现在以下几个方面：1）及时做好规划，确保水利信息化日常工作的具体展开，满足水利整体发展规划。2）加强对数据信息库的建设。掌握对各类数据库的分析，才是做好一名合格的防汛指挥官的关键。在对数据库的掌握上，需要对实时水雨情库存的了解，工程数据库的分析，把握社会经济数据库的走向，了解工程图形库的数据动态，在动态影像库以及历史特大洪水数据库上进行综合分析，在对水分数据库的动态数据的研究上下功夫，其中涉及水资源数据库、水质数据库等。3）重视人才培养，造就一批水利信息化技术人才和综合管理人才的培养。需要逐步建立最为全面的信息管理体制，将各类法律与技术标准全面结合起来，强效保证安全指标的达标，形成一个综合性的有效框架。

2 水利信息化应用现状

我国地处于东亚季风气候区，暴雨发生的频率高，同时地形地貌复杂，第一阶梯至第三阶梯海拔差距悬殊，山高坡陡，山区降水汇流速度快，导致山区小流域范围内河道水位陡涨且水流湍急。同时山区易发生局地暴雨，由于其降水范围小、雨强大，导致山区洪水的频繁发生。深圳市特力康科技有限公司的山洪灾害监测预警系统是基于环境信息收集系统，采用集水雨情监测、预警、应急响应、预报等功能于一体，实现了数据远程传输及预警分析。

山洪灾害监测预警系统是由现场前端数据采集设备、供电设备、传输设备以及监控中心组成，前端数据采集设备是负责在水库/水电站做数据采集，然后将采集到的视频图像、水位、降雨量、水温、气压等数据通过 GPRS 或 3G 等无线传送方式将数据传送到监控中心，监控中心可以通过该数据做好相应的准备。

2.1 GIS 之于抗洪抗灾

中国是地理大国，其地貌形态非常多样化，而洪涝也时常爆发，给社会带来了极其庞大的危害。而如今科技的进步以及经济的繁荣，使得抗洪从传统的将洪涝当作敌人的原则转变到如今结合水资源特性防洪的原则上，构建了一个功能完整的全国水利信息系统，其中就包括作为核心系统之一的抗洪体系。

如今 GIS 系统中抗洪系统基本分为 4 种：

1）防汛决策支持系统或信息管理系统平台：在此平台里一般有几个作用，一是信息处理、检索、更新以及信息维护；二是通过其统计分析功能以及可视化模拟显示来辅助进行决策判断；三是向其他应用模型给予信息支持；四是维护更新模型参数设定；五是预估汛情还

有可视化表达决策。

2）灾情评估：此平台下，GIS 一般是作为基础，进行查询分析和可视化模拟的功能的，这种功能其他的系统是没有的。其主要作用就是：一是管理含有自然、地质地理、社会经济在内的背景信息数据库；二是支持空间以及属性信息的查询、分析统计与表达；三是采集输送汛情并分析；四是可视化模拟与表达汛情；五是辅助抗洪决策。如今这种灾情评估系统已经被水利部遥感技术应用中心所采纳并使用。

3）洪涝灾害风险分析与区划：这个方面的分析指的是各强度汛情出现概率的分析以及损失预测。一般功能有汛情危险程度评估以及承灾体易损程度评估与可能的损失评估。通过 GIS 系统，能够把这 3 项功能需要的诸如地理、社会、经济因素转化成一定的权重空间叠加，从而成为目前分析与区划洪涝灾害风险的关键手段之一。在这个方面里 GIS 的功能有：一是支持来源不同、各种尺度与海量信息处理；二是能够实数据空间的多维度表达的综合能力；三是需要将各类图形进行专业化处理的能力。

4）城市防洪：因为其经济、社会方面的因素影响，城市抗洪更受重视。并且有些城市因为靠水而建且不透水的面积很广，产流量不小等等原因，开展抗洪工程相较农村要更为不易，因此 GIS 系统在城市抗洪工作中不光有普通的抗洪决策辅助体系，也能通过它特定的城市时空特点分析以及高清信息处理能力发挥出更大的作用。如今在这个方面它的作用一般有：一是将街道、街区作为统计、空间单元的社会经济信息空间分布显示；二是暴雨时空特征分析（4DGIS）；三是管理像排水管网、泵站等的排水设施相关信息数据；四是支持暴雨分布和积水街道分布的可视化显示；五是支持高清、多层次且来源广泛实时动态采集的信息管理；六是预估城市积水、退水；七是能够规划排水设施的建设。也正是因为城市抗洪工作的这种复杂性，很多功能还有待继续研发优化，但是 GIS 系统在这项工作的开展里是有巨大的作用的。

2.2 GIS 系统之于水资源管理

水资源管理涉及了像是水文气象、地质地理、水质水利、水事处理还有社会工业级居民用水以及诸多信息。且这些信息不但要包含以往的历史的，还要有现在的实时的，这也从根本上将水资源管理定性为来源广泛、多时相且种类动态多元化的几个特点。水资源信息管理系统能够将水资源信息的时、空结合经可视化模拟的手段展示其状况，能够让研究者以及决策者实时掌握水资源动态，辅助决策。这个系统还可以进行数据的统计和分析，支持一般的基础管理信息和技术，构建起一个实时更新、科学管理的水资源信息系统，全面提高信息资源的应用程度。

在此系统里 GIS 的基本功能为：一是通过多元化的角度直接可视化模拟各种信息的时空位置以及变化规律；二是支持数据的空间及属性双向检索及统计分析；三是能够全面管理历史信息并收集存储实时动态信息；四是能够实现区域水资源管理模式区划（地下水禁采与限采与水环境等）；五是能够实现时空统计；六是能够全面支持区域范围内水资源的空间分析等。

2.3 GIS 之于水环境及水土保持

因为如今科技的进步带动经济繁荣同时，也使得这种过多的人类活动严重影响到自然环境的可持续发展，水系的污染也是相当严重。目前我国的水系污染形势严峻，我国国土有五分之一都已成为被侵蚀的土壤，而这种土壤的存在也是水系之所以污染的一个主要根源。我国的相关水利机构已经建成了总数超过 170 的监测站集成的国家级水环境信息管理系统，以确保能够实时掌握水环境及水土保持的状况。这个系统为空间决策系统的基础或一部分，GIS 为其技术支撑，并支持其以信息数据及显示功能。

而基于 GIS 系统的信息系统以及空间决策系统的作用有：一是能够收集并合理管理自然、地理、社会经济等背景信息、水事建设、监测站、水资源的历史及现在的信息、水环境评价、水质标准和相关法律支持信息、决策项目以及边界条件信息、水系污染预估信息等。二是支持各类信息的可视化的模拟、显示及应用。三是支持排污的有效管理。四是建立数据空间，数据以及属性的特征拓扑结构，实现信息的双向检索。五是能够选择最优化的取水口以及各类突发事件的应急方案。六是能够根据区域上下游的水质空间分析出水质不符合标准的污染源所在。七是支持水质水量的模拟及评估。

GIS 系统就水土保持来说是一个全过程的，在这个领域扮演着很重要的角色。从土壤侵蚀程度的评估，再到侵蚀过程的模拟及预测，始终离不开 GIS 这个系统基础。因此相较别的方面，水土保持里的应用系统功能的使用与 GIS 直接相关，换句话说即为将 GIS 作为其建模平台以及辅助决策的依据，这个特性十分突出且具有很大的应用前景。

2.4 GIS 之于水利水电工程建设

水利工程的建设讲究安全，而管理则讲究其运营的效果，所以在对地址的选择，设计的专业度，建设的高标准性以及施工管理的严苛性需要建立一整套的科学安全标准体系，比如移民安置环境容量调查，防洪工程建设，蓄洪区工程规划，调水工程选线规划，水利水电物科储运管理的大规模建设等需要进行更为严格严苛的安全保障设计。所以从这样的层面上来说，GIS 在空间维度分析更为便捷，功能模拟层面更为高效。

GIS 的作用体现在以下的三个地方：根据三维模拟达确定最佳飞行路线；二是对于空间信息的搜索、辨别，确保决策做到最优提供一定的帮助；三是支持仿真模拟淹没信息分析；四是利用 GIS 平台实现交互式的工程布置方案优化。

GIS 和计算机硬件及操作系统、遥感技术、网络技术以及数据库管理、数字摄影及自动化成象元数据库的建设、数据挖掘以及很多手段直接关联的技术领域，而这些技术手段不断地进步，将会使得 GIS 系统的功能及应用很不一样，因此 GIS 系统的水利行业的应用，靠的不只是 GIS 技术的更新，更加需要水利智能信息处理水平的提升。值得一提的是，我国水利部信息化水准的提升需要宏观政策的调度之下，GIS 在这个领域的发展将会越来越广，且定能够很快成为管理决策的基础系统。

3 我国水利信息化发展思路

做好防汛工作是逐步建立信息化标准的关键，同时这个也是全新的课题。在此之前，防

汛基础工作较为简单，电话电报传真是进行信息传输的主要媒介，错字漏字比较多，直接影响到了后期的工作效率。整个防汛系统建设完毕之后，将雨水监测、图文结合、表格等记录雨水的变化情况，为后期处理防洪救灾抢险等工作提供了切实有效的保障。所以防汛工作是一项全新的难度较大的工作，更加需要防汛指挥员提升综合能力。

水利信息技术在信息化建设当中需要升级改版，提升传统防洪的能力，将信息技术提升到一个全新的标准，达到数据自动采集，传输加密，管理高效率，业务处理模块化，政务工作高效全面电子化的全新局面。达到这样的标准，需要基层防洪指挥员切实提升综合能力，加强信息建设步伐，将基层信息与决策信息进行有效的分拣、辨别、处理，做到整个防洪工作的实效性，讲究科学的处理成效，将整个的防汛工作目标与实际的工作对接起来，做到哪里有问题，就在哪里解决的决策原则，这些都需要民众的高度参与，政府合理公开的处理，确保防洪工作的全面展开。

做好防洪救灾工作的基本立足点在于掌握人才优势。由于整个的防洪系统涉及面极为广泛，其工作内容科技含量较高，其具体的工作环节涉及前期的建设，后期的投入以及维修保护等，所以更加需要掌握高科技信息化水准的技能人员。首先在全面提升人才队伍素质上，要从内部骨干人员提拔层面上展开。做到有目的的培训，有计划的考核。防洪信息技术需要长时间的接触，不断地运用，跟上社会发展的步伐，掌握最前沿、最科学实效的防汛指挥水平。其次在专业以外找补充对口的高水准人才，不断充实其队伍，对于防洪信息化的管理具有非常重要的意义。所以在人才的培养上，要达到技术的专业化，信息能力的综合化运用能力的复合实用型人才，从而更好地满足水利领域人才发展的需要。

传统的防汛工作已经无法跟上时下的发展需求，因为防汛信息是一个更大的信息系统，信息更为复杂，所以在防汛信息处理上要遵循从实际出发的原则，采取先急后缓的治理原则，具体问题具体考虑，将重点排查，逐步改善的思路贯穿到防洪的工作当中，将防洪工作可能出发的危害性与灾难性降到最低，从而确保广大人民群众的切身利益。所以防汛系统的落地使用，是减少灾情，提升工作效率的关键，同时在数据传输的真实有效性基础上，为后期工作的展开提供一定的帮助。而在定制防汛方案的速度山，抢险救灾的安全保障性基础上，为防洪救灾者提供了切实有效的安全保障性措施。

参考文献

[1] 许航. 关于我国水利信息化建设现状及发展趋势的思考[J].内蒙古科技与经济.2008[13]101-102.

[2] 左其亭.水科学的学科体系及研究框架探讨[J].南水北调与水利科技.2011,9(1):113-117.

[3] 李芳．水利信息化的主要内容和技术发展［J］．广东水利水电，2002，(4)： 15～16；19.

[4] 鄂竞平.加快水利信息化建设推动水利事业发展[J].中国水利,2003,11 (B 刊):14-16.

[5] 张曼志，王茜，葛召华.山东省水利信息化进程的主要影响因素[J]. 水利信息化, 2013(2).

基于 B/S 架构和面向对象技术的梯级水库群防洪优化调度系统设计与实现[1]

王森[1,2]　马志鹏[1,2]　周毅[3]

（1.珠江水利科学研究院，广东广州510611；2.水利部珠江河口动力学及伴生过程调控重点实验室，广东广州510611；3. 华能澜沧江水电股份有限公司集控中心，云南昆明650214）

摘　要：梯级滚动开发是我国大流域水能资源规划的主要模式，对系统设计的可扩展性提出了更高的要求。为了构建科学、高效且适应库群滚动开发特点的防洪优化调度系统，采用面向对象技术将单个水库抽象成可即时添加的独立插件，通过 Java 平台，结合 Applet、Html、Jsp 等多种技术，开发了基于 B/S 架构和面向对象技术的梯级水库群防洪优化调度系统。该系统界面友好，具有良好的可扩展性、可维护性、人机交互性，为库群防洪决策提供了强有力的技术支撑。

关键词：B/S 架构　面向对象　防洪优化调度系统　梯级水库群　Java

1 引言

近年来，我国水利事业发展非常迅速，在西南地区大江流域上，大批梯级水利枢纽相继竣工并投产运行[1]。这类梯级水利枢纽集中程度高且水力联系紧密，其精细化调度运行管理是急需突破的关键科学问题[2]。目前，开发库群优化调度系统是显著提高梯级水库群精细化调度水平的有效非工程措施[3]，也是适应当前水利信息化建设的必然要求[4]。以往应用较广泛的库群调度系统多以 C/S（Client/Server）模式进行开发，这种开发模式存在可移植性差、扩展性不强、维护成本及难度大、信息难以共享等缺点[5]，影响用户工作效率。随着 Internet 通信网络技术的普及和迅猛发展，B/S（Browser/Server）架构的兴起有效克服了 C/S 的缺点[6]，其基本原理是在客户端与数据库服务器之间增加了 Web 服务器，将 C/S 结构扩展成三层体系。该模式下 WEB 浏览器是客户端最主要的应用软件，并统一了客户端，将系统功能实现的核心部分集中配置在性能更高的应用服务器端，简化了系统的开发、维护和使用，已成为目前复杂应用系统设计和开发采用的主流技术。

澜沧江是我国十三大水电基地之一，自上而下共规划 15 座梯级水库。由于流域采用滚动开发模式，且不同水利枢纽建设工期长短不同，库群动态投产特点显著。为此，为了构建科学、高效且适应库群滚动开发特点的防洪优化调度系统，采用面向对象技术将单个水库抽象成可即时添加的独立插件，通过 Java 平台，结合 Applet、Html、Jsp 等多种技术，开发了基于 B/S 架构和面向对象技术的梯级水库群防洪优化调度系统。目前，该系统已成功应用于华能澜沧江集控中心，有效指导调度人员在汛期编制水库群防洪调度方案，显著提高了梯级水库群智能化调度水平。

基金项目：水利部公益性行业科研专项经费（201401013）。

2 系统设计

2.1 总体架构

梯级水库群防洪优化调度系统采用纵向分层、横向分区的结构设计理念进行部署。纵向结构逻辑层自下而上依次为数据库层、应用支撑层、控制层以及页面表示层。数据层采用具有系统可移植性好、使用方便、功能强等特点的 Oracle9i 作为数据存储仓库，利于系统数据的安全性、稳定性及可扩展性，便于通过 API 编程接口与水调平台及第三方系统数据的接入与无缝衔接；应用支撑层主要由不同功能需求、相互独立的组件或插件构成，这些组件或插件采用面向对象技术进行抽象和封装，便于灵活应用，可有效减少系统开发工作量；控制层采用 Servlet、数据缓存器等技术，对用户请求及指令进行解析，控制用户界面和程序数据之间的同步，在根据界面的操作完成对程序数据的更新，将程序数据的改变及时反应到用户界面；表现层充当系统的界面呈现以及 UI（用户界面）逻辑的角色，本系统主要采用了 APPLET+JSP/HTML 模式进行设计，适应用户对人机交互快速响应的调度需求。系统总体构架设计见图 1。

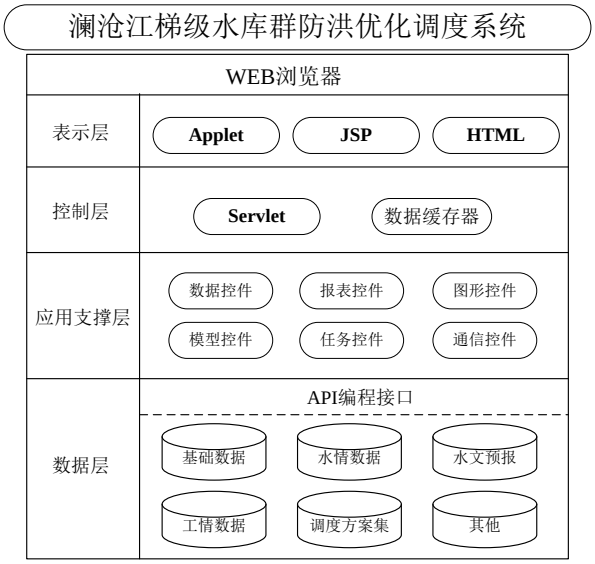


图 1 系统总体构架设计示意图

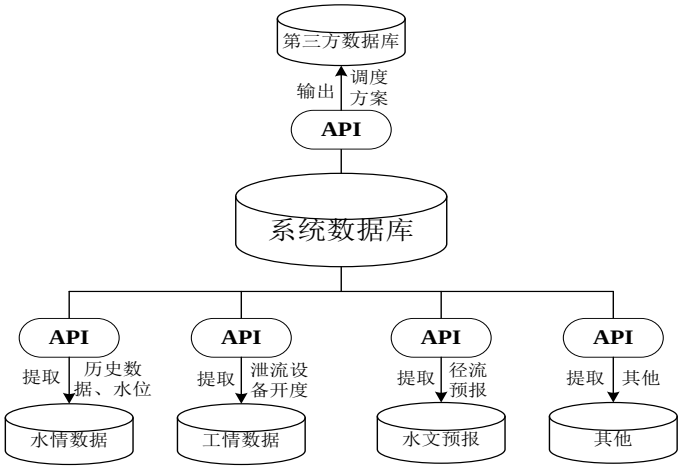


图 2 系统数据接口及联系示意图

2.2 数据接口及联系

编制科学、合理、符合实际调度需求的梯级水库群防洪优化调度方案，需充分利用水库群历史场次洪水、实时水、工情数据、水文预报等信息。本系统从水调平台提取历史场次洪水及水文数据；从实时数据库提取各水库实时水位、泄流设备开启状态、下泄流量；从预报数据库提取水库群预报入库径流。库群防洪优化调度方案计算结果则储存在自身数据库中，并设计了输出接口供第三方提取和调用。本系统数据接口及联系见图 2。

2.3 功能模块

本系统功能模块主要包括防洪优化调度方案编制模块以及基础数据库管理模块。基础数据库管理模块主要是对电站的基础信息、特征参数、关系曲线等基础数据集中管理。防洪优化调度方案编制模块功能主要分为方案管理、电站选择、条件及约束、调节计算和成果管理。

（1）方案管理。用户对已制作的调度方案集中管理，可执行查询、删除、修改等操作，同时，也可根据调度需要新建调度方案。

（2）电站选择。选择参与调度的水库，并通过面向对象思想以及有向图技术描述库群上下游梯级水库的拓扑结构及水力联系。对于资料不完整的水库则默认无法参与计算，并重新匹配库群梯级上下游空间关系。

（3）条件及约束。设置防洪优化调度计算需要的输入条件，包括水库起调水位、入库流量、前期出库流量、末水位控制以及调洪规则。

（4）调节计算。提供了常规调度和优化调度两类模型可供用户选择。常规模型主要是水库群防洪调度规则，优化模型则包括最大削峰、末水位控制以及动用防洪库容最小模型。同时，由于优化计算耗时较长，在模型优化计算过程中，利用 Java 多线程机制实现界面与数据的定时刷新，避免系统界面处于长时间“卡机”状态而导致用户产生不良体验。另外，提供了便利的人机交互功能，用户可根据调度经验对优化结果中的水位或泄量进行调整，使调度方案更加符合实际。

（5）成果管理。采用模糊优选方法，通过梯级弃水最少、动用防洪库容最小、梯级发电量最大三个指标评价不同方案优劣，筛选出最优防洪调度方案供用户参考。

3 技术特色

3.1 面向对象的标准化组件设计

“面向对象”是专指在程序设计中采用封装、继承、多态等设计方法。它将对象作为程序的基本单元，将程序和数据封装其中，以提高软件的重用性、灵活性和扩展性。本系统在设计标准化组件时，通过组件“共性”分析，将具有一致的数据结构（属性）和行为（操作）的对象抽象成基础类，通过继承和扩展基础类组建不同“个性”的控件，从而简化了对象、类的创建工作量，增加了代码的可重用性，提高了设计人员的软件开发效率。

3.2 向导式新增电站设计

澜沧江梯级水库群的滚动开发特点决定了该系统须具备扩展新增调度水库的功能。通过面向对象技术将单个水库设计为标准化组建，同时考虑到新增水库需添加大量水情、工情数

据以及参与调度计算必备的特征参数、关系曲线等，系统采用了向导式数据接入模式，引导用户逐步添加水库信息，保证了数据接入的连贯性和完整性，避免因相关数据、参数的缺漏或不完备导致新增水库无法参与计算。向导式数据接入流程图见图 3。

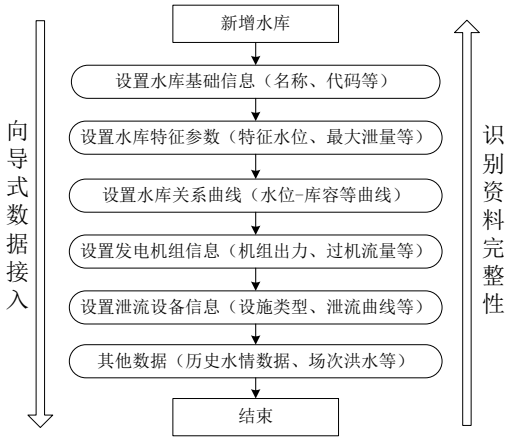


图 3 新增水库向导式数据接入流程图

3.3 MVC 图表联动设计

MVC 模式是系统设计中经常用到的模式，它包括三层结构：模型层（Model），控制层（Controller）及视图层（View）。视图层表示用户能够看到并与之交互的界面。模型层是企业数据、业务流程、业务状态的处理以及业务规则的制定。控制层可以理解为从用户接收请求, 将模型与视图匹配在一起，共同完成用户的请求。为了实现图、表数据关联及一致性，通过 MVC 模式设计，共用一个相同的模型层，当表格中的数据发生变化，只需修改数据模型层的数据，同时提示图形控件进行刷新，同样图形中的数据发生变化，也只需修改数据模型层的数据，同时提示表格进行刷新，实现图表联动。图表联动设计示意图见图 4。

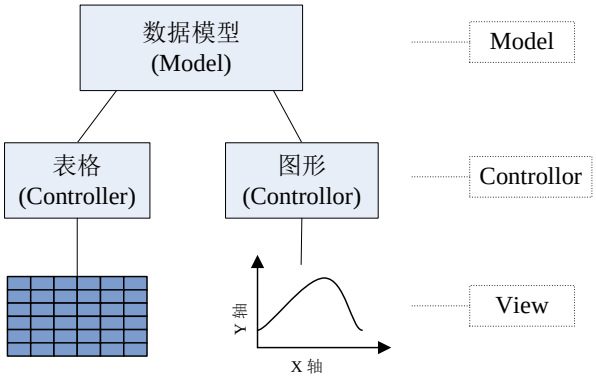


图 4 MVC 图表联动设计示意图

3.4 灵活的报表管理

根据防洪优化调度系统的功能设计，结合实际调度需求，用户可选择需要输出的水库及其相应调度指标（水位、入库、泄量等等）自定义报表的输出项，并设计开发一套实用、高效、智能、标准的数据输出平台。调度成果输出均提供图形与表格输出功能，并且支持显示器分屏显示和打印机打印输出。调度结果表格输出支持 Microsoft Excel 格式，能够方便地转化为 Excel 报表。所生成的图形与报表均满足防洪调度的专业要求，图形标注、报表样式符

合日常习惯。

3.5 智能记忆脚本配置

由于系统规模大，计算条件及约束设置过程复杂，为了避免用户在每个方案的制作过程中进行繁琐的约束设置，系统采用了智能记忆脚本控制技术，能够根据不同的调度方式和调度时间自动识别、区分及记忆各种约束条件并在新建方案过程中进行自动设置，保证了系统的灵活应用，尽量减少人为依次设置造成的繁琐工作，又减少了由人工大量输入及设置可能带来的错误。

4 系统应用

目前，随着澜沧江下游规划梯级功果桥、小湾、漫湾、大朝山、糯扎渡、景洪等水库的相继竣工投产，各水库均已添加入系统，并参与防洪优化调度方案的编制。图 5 为梯级水库群防洪优化调度计算界面。该界面提供了强大的人机交互功能，在优化计算结束后，用户可通过两种方式对调度方案进行人工干预或修改。一是通过直接拖拽计算时段的下泄流量；二是在表格中直接修改泄量值或设置闸门开启方式查泄流曲线输出下泄流量。该界面计算结果显示采用了 MVC 图表联动技术，当人工干预调度结果时，图表中的数据始终保持同步刷新，并同时在后台执行上下游水力计算，更新水位、弃水等指标，便于调度人员直观地观察修改过程中水库水位等指标的变化过程。图 6 为梯级水库群调度结果展示界面，显示了梯级水库群的调度结果，便于调度人员判断整体调度方案的合理性和可靠性。

图 5 梯级水库群防洪优化调度计算界面

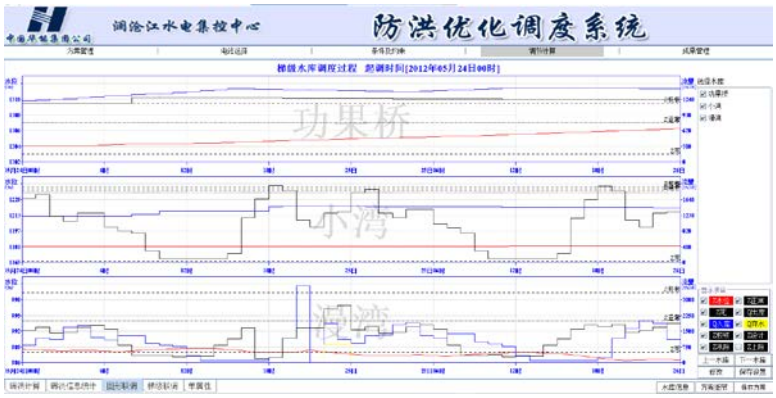


图 6 梯级水库群调度结果展示界面

5 结语

梯级水库群防洪调度决策支持系统是指导水库群科学调度的重要非工程措施，已成为当前流域机构、防汛部门、集控中心等调度部门编制调度方案必不可少的信息化工具。本文针对澜沧江梯级水库群滚动开发、动态投产的特点，采用 B/S 架构和面向对象技术，开发了调度水库可扩展的梯级水库群防洪优化调度系统。该系统运行稳定，具有良好的可扩展性、可维护性、人机交互性，为库群防洪决策提供了强有力的技术支撑。

参考文献

[1] 韩冬,方红卫,严秉忠,等. 2013 年中国水电发展现状[J]. 水力发电学报, 2014, 33(5):1-5.

[2] 李甘. 流域梯级水库群联合调度研究进展[J]. 人民黄河, 2015, 37(3):21-24.

[3] 李宁宁,唐国磊,盛雯雯,等. 开源框架在水库防洪调度系统中的应用研究[J]. 中国农村水利水电, 2010, (1):56-58.

[4] 喻杉,罗斌,张恒飞. 长江流域防洪调度决策支持系统设计初探[J]. 人民长江, 2015, 46(21):5-7.

[5] 胡康,谈德才,范瑞琪,陈华. 梯级水库调度 B/S 模式系统的设计与应用[J]. 水资源研究, 2015, 4(5):416-423.

[6] 李根,姜卉芳,穆振侠. 基于 Web 的水库洪水调度系统[J]. 新疆农业大学学报, 2006, 29(1):79-82.

信息技术在重庆潼南合川区域防洪管理中的应用

刘伟　王源楠　张恒飞

（长江信达软件技术(武汉)有限责任公司，湖北武汉邮编 430014）

防洪管理在现代水利管理中的重要性不言而喻。对重庆而言，由于其降雨充沛、地形地质条件复杂、中小河流众多，因此，由降雨引发的山洪灾害问题突出，而且时空分布非常不均匀，破坏力和危害性极大。特别是暴雨洪水诱发的泥石流、滑坡等灾害年年发生，造成大量人员伤亡，大面积土地、农田、林木被毁。如果能够预先获知山洪的淹没范围和水深的分布情况，模拟洪水演进行为，对挽救人民生命财产和减少洪涝灾害损失都具有十分重要的价值。因此，加强山洪预报预测能力建设非常迫切和需要。

在十二五期间重庆市的防汛工作取得了较大的进步，其中较为突出的是信息化的使用更为广泛。在重庆市的防汛工作中，借助信息化系统，对雨情、水情，工情、旱情和灾情信息准确采集及时传输，提高了预测和预报的及时性和准确性，为制定防洪抗旱调度方案、提高决策水平提供了科学依据，也为相关决策支持系统的建设提供了数据基础，从而提高了防治洪涝灾害和水资源管理的水平。

嘉陵江流域作为重庆市内的主要流域，是重庆防洪管理关注的重要对象。本文将主要介绍嘉陵江上两个重点场镇区域——潼南合川区域洪水推演信息系统的建设情况。

1 潼南合川区域防汛工作的现状

随着近年来社会经济的高速发展，潼南县和合川区的资源消耗日益增长，人与自然矛盾不断加剧，水土保持环境压力持续增加，因此，降雨诱发山洪灾害的概率大大增加，山洪灾害的防治工作十分繁重，任务异常艰巨。当前存在的问题主要有以下几点：山洪灾害面广，防治难度大；已有预报预警软件缺乏风险分析；缺少灾害综合评价系统；缺少快速直观的展示方式。

近年来重庆市水文事业得到长足发展，水文服务、水文科研、水文管理、基础设施和队伍建设等方面取得显著成绩，初步形成以防洪减灾为中心、水资源水环境监测为重点、水文信息采集为基础的水文服务体系，为各地区以及全市水利和经济社会发展提供了有力的水文科技支撑。但是，在水文事业的前进过程中，仍存在着预报预测单一；水文预警预报分析研究不够；风险分析、灾害评估欠缺；水文新技术、新方法、新仪器应用推广不够；应急调度模拟决策支持不足等突出问题。

潼南合川洪水推演系统正是为了解决以上问题进行的试点应用，在已有的水文服务体系基础上更好地利用信息技术做好决策支持工作。

2 潼南合川洪水推演系统介绍

根据全国山洪灾害防治非工程措施项目建设的总体部署，为了更好地展示重庆市山洪重点防治区的数据监测、预报、洪水演进过程成果，更快更准的实现山洪的预警与响应，推进

山洪灾害预警系统向防汛指挥对接，给防洪减灾提供决策支持，在市级山洪灾害预警洪水推演系统开发工作的基础上，逐步开展重庆市山洪灾害预警洪水推演系统的开发工作。根据2014 年重庆市的灾害易发与项目资金等实际情况，以潼南、合川的山洪重点防区为试点和标杆，开展重庆市潼南、合川山洪灾害预警及洪水推演系统的开发工作，并为后继的扩展提供基础平台。下文主要介绍系统建设的范围、推演模型建设、风险评估模型建设、应急标绘以及系统三维仿真模块的具体情况。

2.1 系统建设范围

系统以收集地理、水文及洪水、建筑物及工程调度、社会经济及洪涝灾害等基础资料，外业实地测量获取大断面数据为基础，构建潼南、合川境内琼江（四川安居至河口段）、涪江（四川射洪至河口段）、渠江（罗渡溪至河口河段）、嘉陵江（武胜至草街电站大坝）4 段重点河段的河网建模（图 1 所示），搭建一维、二维河道，溃坝等模型，对洪水演进的过程进行假定和模拟运算，再通过构建三维平台进行仿真演示洪水推演和淹没。依托防汛抗旱指挥系统采集和传输的水雨情、工情、旱情和灾情等信息，对洪水的发展趋势做出预测和预报，经过分析制定出防汛抗旱调度方案，指挥抢险救灾，着力于提高全市的防汛抗旱能力、增强防灾减灾水平，努力缩小灾害范围，最大限度地降低灾害损失。

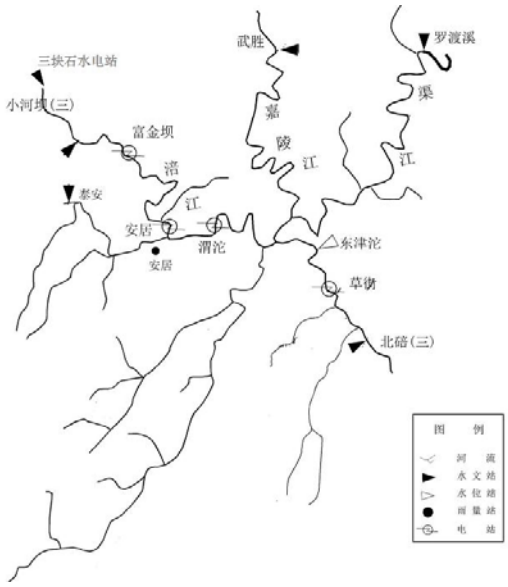


图 1 研究区域水系图

2.2 洪水推演模型建设

系统中主要利用了马斯京根模型、基于 MIKE 的一二维水力学模型、溃坝模型以及回水模型。

（1）马斯京根模型

马斯京根洪水演进建模对象为研究范围内划分的重要河段，上边界为实测水情数据或者为入流、产流模型结果，以及水利工程的调节与预报结果，下边界为计算河段下游结点，根据嘉陵江流域山区河道的特点和河道内防洪对象的分布，以及支流汇入和不同河段河道地形差异对模型参数的影响，需要将河道划分为若干断面分段进行洪水演进，根据实际洪水观测

资料分析演进参数进行模拟计算。

（2）1D 洪水演算模型

建模对象：研究区域内琼江（柏梓至河口段）、涪江（米心至河口段）、渠江（罗渡溪站至河口河段）、嘉陵江（武胜站至北碚水文站）4 段重点河段中除掉有水利工程、桥或建筑物外的河段。

建模特点：一维河道水动力模型；上边界为实测数据（山洪系统和实时水雨情系统中的实时监测数据）或者为入流、产流模型结果（该部分直接利用重庆中小河流预警预报系统的相关模型计算结果），以及水利工程的调节与预报结果，下边界为计算河段下游结点。

系统建设过程中，通过对主要控制性的水文（水位）站点、区间水文（水位）站资料、实测大断面资料的收集、整理和分析，对模型进行了搭建、率定、验证工作。

从图中可以看出，北碚水文站计算与实测流量整体过程线吻合较好。从整个汛期的洪量来看，2012 年计算比实测偏小 4.04%，基本与未控区间占北碚水文站的比例相当，2013 年未控区间来量较大，计算比实测偏小 9.2%，但是总体上水量基本平衡。从洪峰比较来看，2012 年北碚全年实测最大洪峰 24800 m^3/s，由于渠江或渠江以下嘉陵江干流发生漫滩，使洪峰坦化，但计算时由于实测断面两岸高程不够，洪水不能满溢，导致计算洪峰偏高 40%，除最大洪峰以外其余洪峰值相差很小，洪峰偏差 5%左右。2013 年北碚全年实测最大洪峰 24400 m^3/s，计算洪峰最大值为 23400 m^3/s，洪峰相对误差仅为 4.08%，除最大洪峰以外，其余洪峰偏小相对误差均在 5%以内。假定 10000 m^3/s 以上定义为洪水， 2012 年、2013 年最大洪峰一次过程的平均相对误差分别为 13.4%、13.3%，流量计算合格率在 85%以上，综上可见模型基本达到洪水预测计算的要求，可用于洪水过程模拟。

（3）2D 洪水演算模型

合川位于嘉陵江和涪江汇合处，受洪水威胁严重。为细化模拟超标准洪水对合川市区的影响，建立合川二维水力学模型。模型范围包括合川市区和嘉陵江、涪江合川市区段，共 16.7km^2。模型的边界分别与合川以上的嘉陵江、涪江和合川以下的嘉陵江的河道垂直。模型采用三角形网格，单个网格最大面积 400m^2，共约 5.2 万个网格，见图 3.2-2。

由于缺乏该段河道的水下地形图，在地形处理时根据河道的平面形态，参考上下游河道大断面经过人工处理生成水下地形。模型上游为流量边界，输入嘉陵江、涪江入流过程；下游为水位边界，输入嘉陵江的水位过程。输入的水位、流量过程均来自大模型（一维长程模型）的计算结果。该模型能够模拟洪水淹没合川城区和退出城区的过程。

（4）溃坝模型

系统以三块石大坝为溃坝模拟对象。三块石大坝（现状见图 2）为溢流坝，在软基段下游侧因长期冲刷而形成冲刷坑，若处理不及时，可能会导致局部坝体失稳形成溃坝。系统拟定在地震等外力作用下，三块石大坝软基段全溃方案进行计算。溃决时间按 10 分钟考虑。溃决河道来水过程采用 2013 年 7 月份洪水，当涪江来流最大时（2013 年 7 月 1 日 16:00）大坝溃决。

模型计算基于 1D 洪水演进模型，所用糙率参数均与 1D 模型一致。对溃坝计算的水量平衡进行了检验，该溃坝模型基本实现水量平衡。根据相关条件计算溃坝处流量过程见图 3。计算表明溃坝处最大溃坝流量为 23400 m^3/s，比实际调度大坝最大下泄流量 11150 m^3/s 增加一倍多。由于该库为河道型，且库容不大，溃坝后约 4 个小时后，水库泄空。由于下游河道较宽，洪水波很快坦化，在三块石下游约 10km 处，溃坝洪峰减少到 13900 m^3/s。三块石大坝下游 6km 处最高水位比溃坝前提高约 0.57m，在坝下 15km 的潼南区下断面最高水位比溃坝前提高约 0.22m。

图 2 三块石水电站大坝现状图

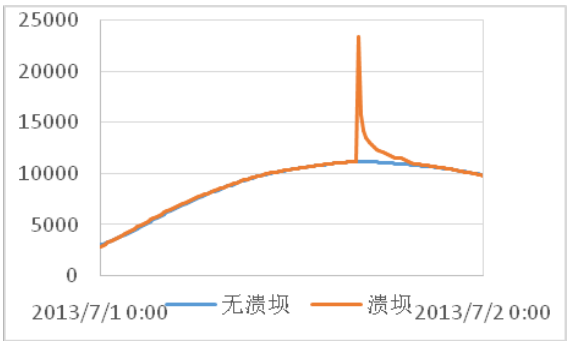


图 3 三块石溃坝处流量过程对比图

（5）水位相关模型

草街航电枢纽工程位于嘉陵江上，是以航运为主，兼顾灌溉、防洪、养殖等综合利用航电枢纽工程。正常蓄水位 203m，汛期限制水位 200m。项目建成后，将渠化航道 180km，消除 80 个急流险滩，改善航道条件，提高抗洪能力。

对于合川县城由于处于草街水库中，其控制断面水位受草街坝前水位的影响，而不同的草街坝前水位对于上游水库的调度需求也不同，应建立与草街运行水位相关的水位和流量关系模型，为调度决策和上游调度方案拟定提供快速分析工具。通过历史数据分析不同入库量级下的草街坝前水位和合川控制断面水位的水位相关曲线建立模型，实现各因素影响下对合川防洪控制点水位的快速计算。以草街入库流量和坝前水位作为输入条件传入，输出合川防洪控制点的水位。

2.3 实时动态风险评估

（1）洪水淹没分析

根据二维水动力学模型计算结果，提取最大淹没范围，以及单元格的最大水深、最大流速、洪水到达时间等淹没特征值。将二维水动力学模型计算采用的计算网格转换为 GIS 格网模型，生成洪水淹没特征值等值线（面）。模块的输出结果用于进行洪灾损失评估和洪水风险图绘制。

（2）洪灾损失评估

由于洪水的淹没范围一般是不规则的，与行政界线是不重合的，洪水可能只淹没某行政单元的一部分，社会经济数据是按行政单元统计的，在行政单元内社会经济信息也是不均匀

的。为了解决受淹区社会经济指标分布和洪水淹没特性分布的一致问题，建立 GIS 空间信息单元格模型。首先对洪水淹没范围作离散化处理，得到洪水特性网格，在一个洪水特性网格单元内，近似认为水深是相等的。对于行政单元内社会经济信息不均匀的问题，可以利用社会经济空间展布方法，解决社会经济统计数据在空间上分布的合理性问题，得到社会经济数据空间展布信息。将洪水特性单元与社会经济单元叠加得到可以进行洪涝灾害损失计算的单元格，即为洪水损失计算 GIS 空间信息单元格。这个过程如图 4 所示。

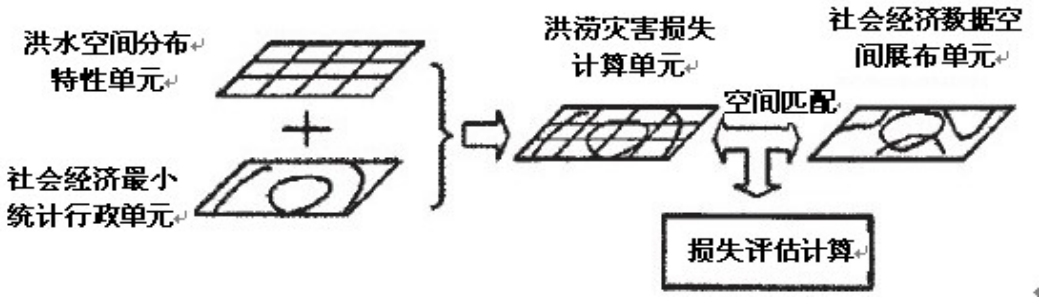


图 4　基于空间展布技术的洪水灾害损失计算

洪灾损失计算的 GIS 空间信息格网模型是进行洪灾损失计算的基础，通过该格网模型可以获得受淹区内相对准确的社会经济信息、土地利用信息、地形信息（高程）、洪水淹没特征（水深、流速等）。这些信息的粗细取决于洪灾损失评估的要求，通过空间展布式社会经济数据库和洪灾水体空间分布信息获取方法来实现。在洪灾损失计算的 GIS 空间信息单元格网模型中，受淹区内的任意的一个单元，具有如行政单元、土地利用、高程、淹没水位、淹没历时等方面的一些信息。通过行政单元和土地利用可以关联得到社会经济信息。洪水特征信息可以直接从网格单元上获取。

用于洪涝灾害损失评估的 GIS 空间信息格网模型不同于一般意义上的格网，它基于 GIS 的格网具有空间拓扑关系和属性信息，集合了社会经济和洪水特性信息，带有高程属性，可以由三角形、规则四边形和不规则四边形，甚至任意多边形组成。

为了节约存储空间和便于维护和管理，用于洪涝灾害损失评估的 GIS 空间信息单元格模型是在已建成的 GIS 图层上，存储字段的内容主要是单元的土地类型、单元所在行政单元的代码、单元所在洪水特性网格单元代码、高程信息、单元面积等。

通过单元土地类型代码，判断所具有的社会经济指标种类，通过行政单元代码与空间展布式社会经济数据库关联，获得社会经济指标的密度信息，再通过单元面积计算得到单元上各社会经济指标的具体数值。洪水特征信息，通过洪水单元代码与洪水空间分布特性单元关联，获得单元的水深、单元的受淹历时等信息。通过获得单元的社会经济指标信息和洪水特征信息，再利用洪灾损失率数据库获得对应的资产或农业损失率，从而计算出单元的损失值。计算过程如图 5 所示。

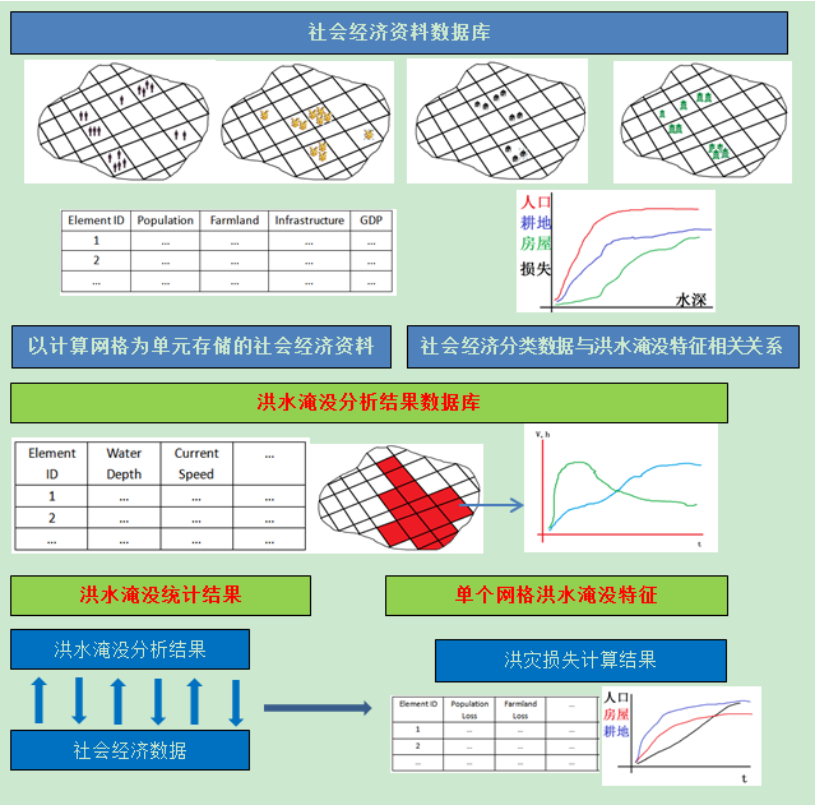


图 5 框架架构图

洪灾损失计算首先将社会经济数据通过空间关系展布在基础地理图层上，建立以计算网格为单元的社会经济数据库；通过实地调查或同类地区类比，建立各类财产损失与洪水淹没特征的相关关系；基于 GIS 数据开发，通过空间关系将社会经济资料和洪水淹没特征相叠加（如图 6 所示），计算单个单元的洪灾损失并统计区域内各类财产损失。

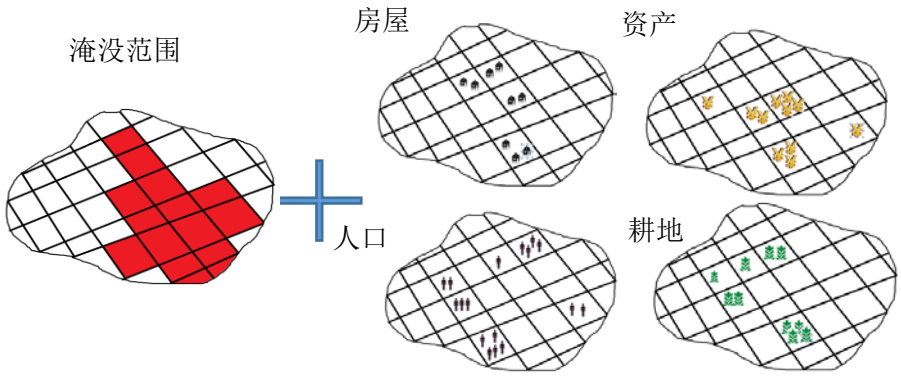


图 6 叠加示意图

洪水风险评估模型结果以动态演示与统计表的形式向用户展示。虚拟现实场景中的洪水风险动态演示可以形象直观的描述方案中洪水的演进情况，为决策提供重要技术支持。动态演示内容包括洪水淹没水深图、洪水流速图以及风险损失图（见图 7）。

（3）应急标绘

根据对《重庆市嘉陵江防洪应急预案》、《合川区防汛抗旱应急预案》、《重庆市合川区城

区防汛抢险预案》等文件的分析和识别，防汛抢险应急预案数据分为预案文本、防汛组织指挥机构、POI 点、抢险及人员物资转移地点及路线、危险区、安全区。

系统结合重庆市防洪调度的实际情况，综合考虑合川区的地理条件、防洪现状、社会经济情况，集成和利用现有数据、信息，综合各类外界辅助信息，强应急响应方案标绘于地图之上，提供汛期紧急情况下人员撤离和抢险救灾的应急方案，合理地安排灾民紧急撤退和避难。同时试验开发了在移动通信以及定位技术支持下，跟踪和反馈应急方案的执行情况，为救灾决策和快速反应措施的制定提供技术支持，从而提高防洪应急响应能力和决策的有效性和科学性。应急响应标绘如图 3.4-1 所示。

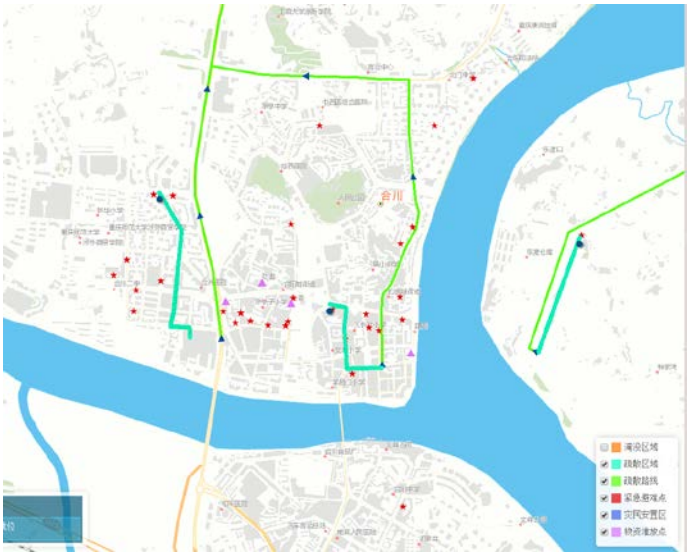


图 7　应急响应标绘

2.4 三维仿真

（1）三维建模

系统中三维建模的主要内容包含：

1）重点水利工程建筑物建模：目前完成 17 个重点水利工程建筑物三维模型的建立。

2）防洪重点场镇建筑物建模：对淹没区域内重点场镇的建筑物、道路交通、水利设施、重点专题要素等进行建模。重点场镇建模以合川、潼南主城区为主。

3）三维地形建模：分幅影像数据在数据采集时的因时间不同，天气不同，甚至采集的探测器与分辨率也不同，往往会存在一定的色差，因此在进行地形模型建模前，需要对各幅影像的颜色进行调节，以达到各幅影像叠加在一起时之间的色差最小化。另外，还需要对各幅影像画出其边界，以便在生成地形模型时，对各幅影像进行边界模糊处理，以达到消除边界色差。

4）DEM 数据处理：系统主要用到 1：10000 及 1：2000 两种比例尺的数字高程模型数据。1：10000 DEM 生产是在已有大比例尺基础地形图上，提取等高线，采用空间内插生成。它一方面可以节省大量的成本，达到精度要求；另一方面等高线生成 DEM 可以与基础地形图上的水利要素完美地叠合，有利于洪水演进与洪水淹没的水力学计算。1：2000 DEM 生

产是在已有大比例尺基础地形图上，通过提取等高线、高程点数据，进行数据格式转换，创建 TIN 后转为 GRID 等流程处理后生成。

（2）三维仿真场景建立

系统利用数字高程模型（DEM）及数字正射影像（DOM）生成重庆市三维地形场景，导入水利工程三维模型，建立真实重庆水利三维场景。在此基础上叠加专题地理数据（监测站点数据、重点水利工程等），建立重庆水利三维场景。图 8 展示了经过风险评估模块计算后的洪水风险。

图 8　洪水风险图

3 总结与展望

系统作为基于顶层设计整体框架考虑下的重庆水利信息化发展的试点工程，为嘉陵江实时防洪管理提供了从信息查询、调度方案比选到应急响应等全业务流程的功能，结合 3D 仿真模拟应用提供了直观可视的场景，为实时防汛管理提供了预报调度一体化、快速直观的技术支撑。在系统建设过程中也存在较多不足，具体体现在空间数据精度低、基础数据不完整、与其他政府部门的信息共享不够、与其他信息系统的集成与整合不足。在下一阶段的建设中需要针对上述问题重点解决。

随着基础支撑的建设和信息技术的发展，防洪管理相关的决策支持系统一定会越来越完善，有力促进防汛管理相关工作的效能。

水文的远程监控系统的应用

刘鹏程[1] 刘奉[2]

（1.徐州水利局黄河北闸管理处，江苏睢宁2210002；徐州市水利学会，江苏徐州221018）

摘　要：水文是水资源开发利用管理与保护、防治水害以及工程建设规划、设计、施工、管理、调度的依据。在分析水文远程监控系统的组成及功能的基础上，利用现代信息化技术，提出了远程监控系统的设计原则，设计出具有数据采集、数据显示、安全监控及报警处理等综合功能的水文远程控制系统整体方案，实现科学配水管理及实时监控，可以保证工程安全可靠运行。

关键词：闸门　远程监控　水利工程

水文是水资源开发利用管理与保护、防治水害以及工程建设规划、设计、施工、管理、调度的依据。在大力加强节水、保护水质，实现水资源的可持续利用的前提下，如何提高现有水资源的管理水平就显得尤为重要。长期以来，水文工作者都是靠手测、目测收集水文信息，直接影响到测报的精度和成果质量[1]。

随着现代科技的飞速发展，计算机与网络技术的广泛应用，为了提高水文监测预报的实时性、可靠性，采用先进科技手段对现有水文监测管理进行系统改造已势在必行[2]。用数字监控系统采集数据、图像、声音、视频等基础信息，不但可提高精确度，还可以使水文工作者告别传统的工作方式[3]。水文远程监控系统通过监测水文参数及预测预报水文流量等，达到合理利用水资源的目的，另外通过预测模型及实时远程视频监控，实现动态的监控以达到及时的补救，减少灾害或使损失减小到最低[4]。本文详细介绍水文远程监控系统的组成及功能，结合目前先进的水文远程监控系统的设计原则，提出了一套先进的水文远程监控系统设计方案，为远程监控系统的设计提供理论指导。

1 水文远程监控系统的组成及功能

1.1 远程监控系统的组成

1.1.1 视频采集设备

这部分设备主要用于被监控区域图像光信号的采集，并将其转化成数字信号，也称为摄像装置。它是整个视频采集系统的重要部件，是收集一手信息的关键设备。

1.1.2 数据通信设备

现代的水利工程所采用的数据通信设备种类较多，应该较为频繁的是 DST.323MCS 所组成的网络监控系统，它采用 TCP/IP 标准协议，可以直接与局域网或者互联网进行连接。它支持不同的网络接入方式，适应于水利工程采集点距离较远的特点。

1.1.3 控制中心设备

控制中心设备的良好运行是保证水利工作人员进行正确决策的关键，所以控制中心设备十分重要。控制中心主要由计算机设备、数据交换设备、图像显示设备以及终端摄像设备组

成。它是实现水利工程远程监控技术的核心所在，也是进行决策和操作的终端设备。控制中心能够实现多画面的影像显示和多路输出控制，以保证水利工程整个远程监控系统的实时性和有效性。

1.2 远程监控系统的功能

1.2.1 监测功能

远程监控系统可以实现各级用户对工程的监测数据共享功能，并对流域内的业务数据进行流程分析，它主要包括与工程运行相关数据的全方位采集、传输、存储、计算、查询和显示等主要功能。

1.2.2 监控功能

监控功能是远程监控的最主要功能，它主要用于水利工程的远程启动和关闭操作，从而实现远程的实时控制，以提高流域内水利工程的自动化程度，提高水利工程管理工作的高效率。同时，也为水权分配机构提供有效的监控手段，来完成流域水量调度的科学监督。监控功能在实现水利工程的远程自动化控制时，还可实现自身安全系统的自动保护。

1.2.3 运行维护管理功能

远程监控技术还可实现对监控设备运行的全面维护和检测，及时地发现系统中存在的故障隐患，并进行调整，从而实现远程的系统运行、维护管理。

2 水文远程监控系统设计原则

水文远程监控系统的技术实现方案时必须遵循以下原则：

1）可靠性

首先系统必须有稳定、可靠的运行系统。设计时要充分考虑后备以及灾难恢复系统，使整个系统在出现故障时仍然能够提供客户服务，并能很快的排除故障正常运行。

2）扩展性、开放性

设计时应按最经济的原则，设计一个扩展性很强且在扩容升级时浪费最少的系统。该系统设计遵循开放性原则，能够支持多种硬件设备和网络，系统的软、硬件支持二次开发。网络系统、数据库系统和通信枢纽采用标准数据接口，具有与其他信息系统进行数据交换和数据共享的能力，计算机网络系统适应将来的广域扩展。

3）安全性、可维护性

系统对数据的安全性必须予以高度重视，要采取防范措施防止黑客入侵，另外，对内部员工以及调度客户也要加强权限控制，避免用户能够操作到超越权限的数据，提供自动故障报警检测以及一定程度的自动恢复。

4）实时性、并行性

考虑到水文远程监控点的数量，系统应采用传输速度快的网络设计，保证水文信息数据的及时有效；同时系统应当避免采用轮询的方式进行点点操作，系统应当具备自动并行数据上传和对多个远程监控点并行控制的功能。

3 水文远程监控系统整体方案

为满足系统的功能要求，将系统设计成由监控终端!数据传输网络和监控中心组成。其基本工作流程是：先由水位仪、流量计等数据采集仪器采集数据，通过监控终端做 A/D 转换、编码等操作，由 GPRS 模块传送到监控中心，监控中心读取这些数据后，对数据进行不同分析后做出正确的处理。这样形成了一个现场(监控终端)、监控中心的安全监控平台。实时监控水位、流量等，分析其变化规律，防患于未然。GPRS 采用与 GSM 相同的频段、频带宽度、突发结构、无线调制标准、调频规则以及相同的 TDMA 帧结构[5][6]。GPRS 能够使得用户在端到端分组传送模式下发送和接收数据，由于无线资源采用动态分配方式，一个用户可分配多个时隙，一个时隙也可以由多个 MS 共享，用户虽然与网络一直连接，但仅当有数据传送时才占用无线信道资源[7]。主传输线路为 GPRS + Internet 的传输方案，但是如果链路不正常的话，就会采用短消息的方式向监控中心报警，此时，数据传输暂时采用短消息的方式，系统的数据传输和处理流程如图 1 所示。

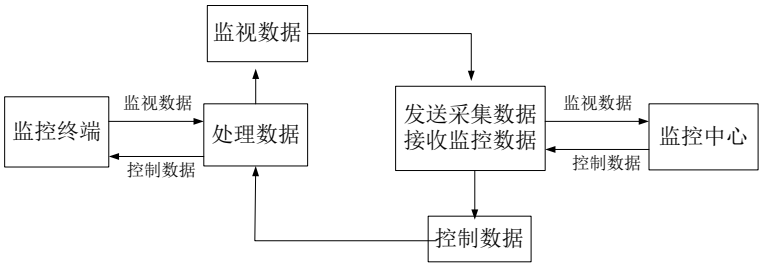


图 1 系统数据流程图

4 结论

闸门水文远程监控系统的实现使闸门准确、安全、经济、可靠地运行操作，减少运行管理人员，有利于提高人员的科技素质，实现少人值守，实现集约化、专业化管理，提高设备运行效率，减少运行经费；有利于水资源的统一调配，实现干、支、斗渠科学配水管理及实时监控，有效地利用水资源，起到节约用水，达到优化调度的目的，获得可观的经济效益。

参考文献

[1] 陈防震.3G 技术在水产视频监控中的应用[J]. 科技资讯,2011 (21) : 50.

[2] 廉娟.以水利信息化带动水利现代化[J] . 中国本部科技,2011 (15) : 70.

[3] 李娟.浅谈远程监控技术在水利工程运行管理中的应用[J]. 科技资讯,2010 (32) : 46.

[4] 王建新，杨世凤，史永江等. 远程监控技术的发展现状和趋势[J].国外电子量技术,2005(4):9-12

[5] 钟章队，蒋文怡，李红君等. GPRS 通用无线分组业务[M].北京:人民邮电出版社,2001.

[6] 季昱，林俊超，宋飞. ARM 嵌入式应用系统开发典型实例[M].北京:中国电力出版社,2005.

[7] 张树京，齐立心. 时间序列分析简明教程[M].北京:清华大学出版社,2003.

盐城市水利信息化建设与保障

陈红卫[1,2]　梁喜辉[1,2]　徐小兵[1,2]　陈佳慧[3]

（1.江苏省盐城市水利局，江苏盐城224002；2.河海大学继续教育学院，江苏南京210098；3.武昌工学院信息工程学院，湖北武汉430065）

摘　要：水利信息化是衡量区域信息化水平乃至业务管理的重要标志。盐城市紧抓中央、江苏省加快水利建设的机遇，将水利信息化同步规划设计、同步建设管理、同步达产增效，但也存在一些不足。结合实际，分析水利信息化建设需求，探讨建设架构，夯实建设保障，为加快传统水利向信息化水利、现代化水利转变提供借鉴。

关键词：水利信息化　建设　保障　江苏省盐城市

1 “十二五”水利信息化建设成效及差距

“十二五”期间，江苏省盐城市依据中发〔2011〕1 号、苏发〔2011〕1 号文件和水利发展规划，紧紧围绕水理论研究、水安全保证、水资源保障、水环境整治、水生态保持、水文化传承等六大体系[1]，进一步巩固农村水利、夯实沿海水利、拓展城市水利，不断健全制度、扩大覆盖、丰富数据和深化应用，扎实推进水利信息化建设和安全运行保障，完善了水情雨情信息自动采集与查询系统、防汛 PDA 综合应用系统、市县视频会商系统和市区防洪工程信息系统等，进一步提高“四防”（即防汛防旱防台防污）的科学决策水平；实施了取用水远程监测监控系统，实时监控大户的取用水量，规范取用水行为；建成了盐城水利局门户网站、市防汛防旱防台网和水利数据库等，提高了水利工作的透明度、资源共享的便捷度和基层群众的满意度。

当然，与水利现代化发展要求相比，水利信息化建设尚存在较大差距。一是发展认识不到位，缺乏全局建设的有序性。二是投入严重不足，缺乏财政专项投资渠道，资金筹措较为困难。三是建管水平相对滞后，缺乏规范化和标准化内容。四是体制机制不顺，项目建设与运行管理比较分散，升级改造难度较大。五是面上发展不均衡，影响整体效益的发挥。

2 “十三五”水利信息化需求分析

“十三五”时期是盐城市全面建成更高水平小康社会、向基本现代化迈进的关键时期，也是全面深化水利改革、着力强化生态文明发展、持续推进水利现代化建设的重要时期，必须乘势而上，进一步提高防洪减灾、水资源供给和保护的能力，为全市经济社会科学、可持续发展，在苏北率先建成更高水平小康社会、早日实现现代化，提供强有力的水利支撑和保障。

2.1 国家水利发展的客观要求

今后五年是盐城水利站在新的历史起点上迎来大有可为的黄金期。习近平总书记提出的“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”治水新思路，对水利工作赋予了新内涵、新任

务、新要求。李克强总理主持国务院常务会议专题研究部署加快节水供水重大水利工程建设，对“十三五”水利工作提出明确要求。水利部陈雷部长在全国水利厅局长会议上的讲话，对水利改革发展工作做出全面部署。水利信息化建设是支撑和保障全面、持续水利发展的基础，必须顺应新常态、谋求新作为。

2.2 盐城“两个率先”的时代要求

市委、市政府提出了“十三五”时期基本实现水利现代化的指导思想，盐城水利只有与势同步，加快水利信息化建设，推进物联网、云计算、大数据等新技术应用，才能增强全市防洪除涝减灾、水资源可持续利用、城乡居民饮水安全保障等能力，以水利信息化引领和带动水利现代化[2]，推进全国水生态文明城市建设试点，改善城乡居民生活环境。

2.3 信息技术发展的必然要求

近几年，信息技术发展发生了质的飞跃，新的理念不断出现（如数字中国、智慧水利、诚信盐城等），新的技术层出不穷（如物联网、云计算、移动互联网、大数据、三维可视化等），有力地推动了水利信息化建设进程，倒逼水利信息化建管水平不断推升到更高层次。盐城水利只有凝聚合力、持续发力，拓宽和畅通公众服务渠道，才能提升水利信息资源集成、共享、利用的社会效益、经济效益和生态效益。

3 加快水利信息化建设架构

3.1 建成比较完善的信息采集系统

依据应用需求，提高认识、调整布局、扩展能力、系统集成、推进共享，进一步完善水利信息综合采集体系，实现雨情、水情、工情信息实时采集，力争全市雨量站和水位站自动测报率达到 95%以上，具备条件的流量站自动测报率达到 60%以上。全面实施水资源管理信息系统二期工程，提档升级各县（市、区）分中心，健全资源整合与共享体系，实现系统自动监控、信息采集和通信设施共享。完善市、县、镇三级水利专网，与全省水利信息专网互联，实现日常工作信息网络处理。按照市政府政务内网的实施部署，建成全市水利政务内网，实行公文网上流转，各类水利信息在同一层级共享[2]。

3.2 建成比较完善的水利数据中心

坚持机遇意识，加大投入，建成全省水利数据中心盐城节点和市政府电子政务水利领域节点，存储可共享的数据，实现水利重要信息资源的统一管理与共享应用。制定技术规范实施细则和管理办法，健全数据中心管理与维护机制，完成信息接收处理，实施信息资源收集与整合，计算机处理规划设计、基本建设、防汛抗旱、水资源管理、工程管理、水土保持、农村水利、移民安置和水利统计等主要业务，与县（市、区）互连互通，建立应急备份传输通道。建成盐城市水利数据库和水利地理空间数据库，完成信息共享与交换、信息服务与发布、基本运行环境保障、安全备份等系统建设。

3.3 建成比较完善的监测监控系统

坚持市县联动，统筹兼顾，巩固水资源管理信息系统一期工程建设成果[3]，率先实施二期工程，建成全覆盖的市、县（市、区）水资源管理信息系统，自动监测、远程监控与在线

传输水利工程、雨量、河湖（地下）水位、水质、河湖库取水量、地下水开采量等管理数据，保障最严格水资源管理制度的深入实施。开展骨干河道、湖泊和水库等重点水利工程视频监视系统建设，构建骨干河道、重点水利工程防汛防旱防台通信预警和工程视频监视平台，提高骨干河道、重点水利工程和沿海挡潮屏障的信息化管理水平。

3.4 建成比较完善的业务应用系统

坚持部门联合，平衡发展，建立水利办公自动化系统为重点的电子政务、公众服务体系，完善电子政务标准规范体系和防汛综合数据库、水利专业数字图书馆等[4]，实施信息研判、洪水预报、在线调度、预警指挥、应急管理和公众服务，改造防汛防旱指挥中心，提高防汛防旱防台决策水平；建设农田水利管理信息系统、大型灌区自动测报和优化配水系统，提升农村水利管理水平；建设水土保持监测与管理信息系统，推进沿海地区水土保持工作；完善水文信息服务系统，提高水文服务能力与水平；完善水利地理信息系统的采集与整合，构建面向现代化水利和社会公众的 GIS 服务平台。

3.5 建成比较完善的保障环境体系

坚持规范协调，借势发展，完善水利信息化总体设计，梳理技术标准体系，完成相关标准的新编与修订工作。加强重要水利信息系统安全等级保护，建立可靠的安全保障体系、高效的运行维护体系和专业的人才队伍，提高信息安全保障能力。建立客观公正评价水利工程效益的信息化系统后评估标准、方法与管理制度，科学评估水利信息化发展水平。健全信息新技术应用于水利工作的激励机制，为水利信息化科学、可持续发展提供动力源泉和技术保障。

4 夯实水利信息化建设保障

4.1 组织保障

市、县（市、区）水行政主管部门高度重视，把水利信息化建设放到突出位置，主要领导亲自抓，分管领导具体抓，职能处室、科室共同抓，并明确相关业务单位在水利信息化建设中的具体工作。加强年度目标任务分解和完成情况的督查考核工作，拟定督查工作制度和工作规定，确保水利信息化建设加快实施。

4.2 资金保障

进一步完善以政府公共财政为主导的投入机制，保障水利信息化建设工作的资金需求。在项目立项、资金投入方面向水利信息化倾斜，积极争取国家和省级资金的投入，用足用好国家、省、市支持政策，整合地方资金用于水利信息化建设，并每年固定从基建、水资源费、水利工程水费和其他各项水利资金中落实专门资金支撑水利信息化工作；鼓励申请水利信息化科研课题和建设项目，积极引进社会资金，扩大各级各类建设经费的支持[6]。

4.3 技术保障

跟踪国内外信息技术发展新动态，借助“外脑”智力，鼓励和推动产学研相结合，加快信息技术成果转化、信息产品研发及推广应用，提升水利信息化技术水平。强化水利信息化队伍建设，形成分级明确、分类清楚、相对集中的专业管理团队、技术团队、服务团队，提

高水利信息化建设管理水平，为水利信息化提供充足的人才资源保障。

4.4 机制保障

发挥人大、政府、上级主管部门、新闻媒体、社会公众、专家学者以及第三方评估机构在水利信息化建设监督和考核中的不同作用，广泛接受公众监督，主动接受人大和政协代表的监督。完善监管体系，开展定期考核和定量评价相结合，奖优罚劣，并将建设任务完成情况作为各责任单位和领导考核的重要依据。创新服务运营方式、应急处理措施和长效管理机制，提高水利信息化建设效率和效益。

5 结语

“十三五”时期是盐城水利信息化、现代化发展的重要阶段。只有尽早谋划水利信息系统建设和升级方案，推广成熟应用软件，缩小地区之间的差距，提高水利信息化支撑服务水平，才能促进水利信息化集约化发展，保证水利信息化与社会信息化、水利现代化同步。

参考文献

[1] 陈红卫.盐城市水生态文明建设的探索与实践[C].中国水利学会.科技创新与水利改革——中国水利学会2014 学术年会论文集（上册）.南京:河海大学出版社,2014:381-385.

[2] 陈红卫.盐城加快水利改革发展的思路与措施[J].城镇供水,2012(3):66-70.

[3] 郑军田,陈红卫.盐城市严格水资源管理的实践与探索[J].治淮,2012(10):49-51.

[4] 陈红卫,陈蓉.策应生态文明建设的盐城水利发展对策[J].人民长江,2013,44(增刊Ⅰ):197-200.

[5] 盐城市水利局,盐城市水利勘测设计研究院.盐城市水利现代化规划(2011-2020)[R].2013.

[6] 蔡阳.关于水利信息化资源整合共享的思考[J].水利信息化,2014(6):1-6.

防汛管理信息化存在的主要问题与应对措施

李力翔

（水利部小浪底水利枢纽管理中心，河南郑州450000）

我国山峦众多，水网密布，河道比降大，地形错综复杂，江河湖泊纵横交错，洪水灾害的分布范围很广，除荒无人烟的高寒山地和隔壁沙漠之外，从西部的崇山峻岭到东部滨海平原都存在着不同程度的洪水隐患。一旦遭遇暴雨、山洪等灾害特别容易引起江河洪水猛涨猛落，导致局部突发性山地滑坡和各类洪涝灾害。七大流域中的大江大河多为跨越多省（直辖市）的河流，部分河流甚至还跨越国境线，大大增加了洪水发生概率的预测难度，无形中提升了各省各地区的防洪风险，从而对我国的防汛工作提出了更高的要求。加强防汛管理信息化建设，提高防汛信息的及时性、准确性和协作性，对于保护广大人民群众生命和财产安全具有十分重要的意义。

1 防汛信息化存在的主要问题

近年来我国高度重视防汛减灾工作，持续加大重点河流和重要流域防汛管理信息化建设的投入力度，防汛信息化的基础软硬件及网络建设初具规模，在防汛抢险工作中扮演着越来越重要的角色。但防汛信息资源碎片化、孤岛化现象时常出现，极大地制约着防汛工作的准确研判和决策。

一是存在防汛信息覆盖盲点和死角，防汛数据库基础建设不完善，资料和数据更新较慢。据调查，全国已建的水文观测站、山洪地质灾害监测点、水利枢纽监测体系仍然存在部分重点防洪段、防洪对象的监测数据缺失，水利工程监控尚未实现安全扫描及全方位覆盖，部分较早建立的监测设备由于自动化程度不高，老化问题严重。另外防汛数据的丰富程度不能满足决策要求，不利于系统全数据内外共享和专业化程度较高的决策支持的计算推演需要。部分地区由于防汛信息化程度较低，防汛调度尚处于“电话联系”、“车轮战”、“远途奔袭”等传统模式，战线拖得较长，信息反馈缓慢，甚至需要决策指挥者实地现场查勘，无形中耗费了极大的精力和时间，严重制约了防汛调度的时效性。

二是业务系统功能单一、数据分散，无法实现协同作战。现有防汛相关业务系统（包括防汛抗旱指挥、水雨情监测系统等）条块分割、各自为阵，大多服务于单一业务。水文站、雨量站和气象观测站虽然充分发挥了“哨兵”作用，但与各业务板块之间尚未实现数据交换，无法为业务系统提供数据支撑。水利与气象、交通等部门之间存在信息壁垒。现有数据采集和水文情势分析，对发生在本地区域内洪水有一定预见性，但由于缺乏长距离洪水推演、过程分析和上下游水库联合调度模拟，难以共享上下游汛情和实现流域化联合调度，无法满足防汛管理实时调度、协同作战的需要。

三是缺乏标准化、通用化业务平台，信息难以得到有效整合。全面搜集、整合和共享汛情，不仅是辖区内统筹管理、科学防汛的迫切需要，也是在更大范围整合资源、实现流域化联合调度的迫切需要。但是从目前全国水利信息化建设来看仍然存在缺乏统筹规划的情况。

目前国内信息高速公路建设已初具规模，但“有路无车、有车无货、有货无规范”的问题突出，部分防汛管理单位只重硬件设备配置，却轻视推广应用，远远没有发挥出计算机及其网络的强大信息采集、处理和分析能力。“有网无数据库，有数据库无内容”的现象严重。轻视基础文献信息的采集、加工、分类、研究等信息工作的重要环节，造成网络建设遍地开花，没有采取规范化、标准化的开发模式，已建或在建的各数据库建设零散，模式多样，导致各业务系统无法集成，数据难以交换和共享。现有系统偏重于数据采集管理和水文情势基础分析，对于各省（直辖市）区域内发生的洪水具有短时预见性，但对过境洪水的预见性较差。同时，缺乏水库调度、洪水风险评估等专业系统，防汛决策支持能力不足。

四是人员的素质参差不齐，数据处理水平无法满足实际需要。随着计算机技术的迅猛发展，实现防汛现代化管理的要求也逐步提高，但由于知识技能培训不同步，操作技能掌握得不熟练，仍停留在打印报表、统计数据、储存信息等程序应用的阶段，忽视业务能力的继续培训教育，许多从事防汛管理的基层工作人员的计算机应用水平及相关技能亟待提高，网络信息化功能远未得到合理的开发利用。

五是电子信息有待系统化，统一开发和规划缺位。防汛信息化管理是一个完整的系统，各个环节密切相关、密不可分。各单位对防汛信息化、电子化建设的力度有所加大，但信息开发利用缺乏统一协调和规划。在软件开发阶段对系统运行水平、运行规律和功能实现没有统筹把握，甚至软件开发人员不熟悉防汛抗旱业务，仅局限于处理自身的局部业务，而很难满足整体、特殊和长期的需求，存在与实际工作脱节，甚至碰撞，导致系统无法正常使用的情况。各个单位开发的防汛信息管理系统五花八门，种类繁多，各自都有专属数据库，例如水情系统、工程管理系统、防汛管理系统、建设管理系统等。这些系统之间缺乏信息交换，形成许多“信息孤岛”，从而不可避免地造成人、财、物的浪费，限制了电子化优越性的充分发挥，很难达到信息共享的目的，同时造成了严重的重复建设工程。

2 防汛信息化问题的应对措施

以科技防汛为指导，提高防汛管理现代化的应用水平，加强职工业务培训，尤其是专业技能业务培训，鼓励职工结合本专业进修深造，帮助其全面掌握网络信息管理的技术理论和实际操作技能，制定和完善防汛信息采集的有关标准，以保证防汛部门获得真实可靠的数据资料。建立起一套既符合各单位工作实际，又能指导实施、行之有效的一套制度和规范，逐步实现防汛现代化管理。

增强网络的安全防范意识，健全安全机制和管理制度，努力实现信息资源共享的优化配置。通过先进的网络技术手段防止非法用户越权使用和操作，以达到保护数据资料安全的目的。防汛管理的信息化、电子化并不意味着仅仅依靠防汛管理部门内部网络，而应顺势而为，发扬万物为我所用的理念，“借水行舟”，在安全可靠的前提下，充分利用公共网络反应迅速、运行稳定的优势，提高防汛信息的社会化程度，并增强网络运行和信息传递的可靠性。鼓励民间力量和社会资本积极参与信息化建设，在了解全国防洪形势、统筹协调大江大河上下游协调开发的前提下，鼓励社会专业技术团队参与防汛信息化平台的建设、运行和维护管理，

充分挖掘和扩大防汛信息资源的应用开发潜力。

统筹协调各部门、行业，加快防汛信息化建设。健全水利信息资源整合与协调机制，打破部门、行业和行政区划藩篱，转变各自为阵、条块分隔、信息孤岛的建管模式，强化各类业务应用系统和水利数据的统筹整合，实现水利信息在更大范围内的共享。探索信息化建设新机制，整合不同系统、行业、流域之间的数据和业务，深化大数据和多系统之间的融合，建设集信息采集、实时传输、互联共享、数据演算、模拟调度、趋势分析等于一体的信息化系统，实现省、市、县等不同层级和不同部门间的协同联动，快速、准确的响应洪水发生事件。

山东省防汛抗旱物资信息化管理体系设计初探

徐永兵　孙水英

（山东省水利勘测设计院，山东济南250013）

摘　要：山东省受地理纬度、水文气象、地形地貌等因素影响，水旱灾害频繁发生。防汛抗旱物资作为抗洪抢险和抗旱救灾的必备物质条件，对减轻水旱灾害、保障经济社会健康发展具有至关重要的作用。当前，在物资调拨和使用过程中，防汛抗旱物资仍采用传统方式进行管理，显现出现代化的抗洪抢险和抗旱救灾需要不相适应。为此，建设防汛抗旱物资储备信息化系统就显得尤为迫切和必要。本文从山东省防汛抗旱物资储备体系现状和存在的问题进行了分析，初步提出了山东省防汛抗旱物资信息化管理系统建设方案，也为其他省份的类似系统建设提供了借鉴和参考。

关键词：防汛抗旱　物资调度　信息化管理　GPS　应急响应

1 引言

山东省受地理纬度、水文气象、地形地貌等因素影响，水旱灾害频繁发生。水旱灾害是各种自然灾害之中对经济与社会造成威胁最大、损失最重的自然灾害，做好抗洪抢险和抗旱救灾工作是减轻水旱灾害的根本途径，而防汛抗旱物资作为抗洪抢险和抗旱救灾的必备物质条件，对减轻水旱灾害、保障经济社会健康发展具有至关重要的作用。但是，在物资调拨和使用过程中，也显现出目前山东省防汛抗旱物资储备体制、机制与今后的抗洪抢险和抗旱救灾需求还不相适应，防汛抗旱物资管理管理方式相对落后的问题。这些问题的存在将直接影响山东省经济社会的可持续发展。为此，建设适合山东省情的防汛抗旱物资信息化管理体系就显得尤为迫切和必要。

2　山东省防汛抗旱物资管理系统现状和存在的问题

当前，山东省防汛抗旱物资储备管理体系建设尚不够完善。主要问题体现在以下几个方面的问题：

（1）物资管理信息化程度低，未能实现资源优化配置

物资储备管理工作服务于防汛抗旱指挥调度全局，要求能够及时提供物资储备信息。特别当遇到突发事件时，需要第一时间掌握物资情况，为实时调度决策提供依据。目前，山东省尚未建立统一的防汛物资储备与调度管理信息系统，仍采用传统模式进行物资管理，未能实现资源优化配置，不能满足今后的抗洪抢险和抗旱救灾需要。

（2）物资应急调度效率低，未能实现资源科学调度

当遇到突发事件时，需要指挥调度人员通过分析各物资储备库存及地理位置人工制定物资调配方案，同时从物资储备仓库到抢险现场的路径也往往是工作人员根据经验确定，往往不是最优路径，这些因素都影响到物资紧急调配的效率。

（3）物资更新不及时、经费投入不足，尚未实现减灾能力最大化

防汛抗旱物资专项经费包括物资购置、补充、更新和储备管理费。当前山东省物资储备经费投入不足，不能及时购置、补充、更新物资储备，也难以进行有效的储备管理，严重制约了防汛抗旱能力的发挥。需要相关部门参考物资管理信息化系统提供的分析数据，及时更新防汛抗旱物资，及时划拨防汛抗旱物资储备经费。

（4）信息管理系统保障支持体系不完善，尚未实现信息系统规范运行

目前，山东省尚未建立起防汛抗旱物资信息化管理系统建设运行管理体系、标准规范体系及信息安全体系，不能保证信息化管理系统安全、可靠、规范的运行。

3 设计思路

通过对山东省防汛抗旱物资管理系统现状及存在的问题展开分析。需采用应用遥感(RS)、数据收集系统 (DCS)、全球定位系统 (GPS)、地理信息系统 (GIS)、网络和多媒体技术、现代通信等高科技手段，建设防汛抗旱物资储备管理系统[1]、建设防汛抗旱物资应急调度系统、建设完善的信息化系统保障支持环境，最终建成完善的防汛抗旱物资储备信息化管理体系[2]。

4 建设防汛抗旱物资储备管理系统

为加强储备物资数据的动态管理，建立以省级防汛物资库为基础、防汛储备物资为内容、计算机联网为平台的防汛抗旱物资管理系统。该管理系统是由防汛物资与经费管理子系统、防汛物资调度管理子系统、安防和环境监测子系统构成。

防汛物资与经费管理子系统是基于防汛骨干网的信息管理系统[3]，通过本系统可以实现省直属仓库、市级水利局对防汛物资与经费进行管理，为本单位和上级单位提供实时的数据。系统应用人员广泛，包含指挥调度人员和操作维护人员。本单位和上级单位参考物资管理信息化系统提供的分析数据，及时更新防汛抗旱物资[4]，及时划拨防汛抗旱物资储备经费，实现防汛抗旱减灾能力的最大化。

防汛物资调度管理子系统以物资的调度管理为核心，通过实时采集各类物资的基本信息、运输车辆信息、交通道路信息，及时对这些数据信息进行综合处理分析，自动生成相应的调度信息，得到调度指挥人员的确定后将调度指令及时发送到各级管理和操作人员，真正起到防汛抗旱指挥决策支持功能[5]。

安防和环境监测子系统主要以防汛抗旱物资仓库作为监测和管理对象。系统主要要入侵报警、视频监控、火灾报警、温湿度监测等几个部分组成，能及时发现防汛抗旱物资仓库的各种安全隐患，确保防汛抗旱物资安全。

5 建设防汛抗旱物资应急调度系统

随着经济的发展，社会对防汛抗旱应急反应处置能力要求越来越高，为了提升防汛抗旱应急反应处置能力、实战演练水平以及全面物资供应能力，建立防汛抗旱物资应急响应系统是必要的技术支撑手段。通过应急响应统一门户平台，使防汛抗旱物资日常管理工作电子化，帮助防汛抗旱人员实现应急反应处置案例数据规范管理、应急反应预案智能生成、应急物资动态调度和应急反应现场数据全方位采集和即时传输，辅助应急反应指挥人员针对现场形势

变化迅速做出各类决策；使防汛抗旱应急反应训练、管理、实战从原来分散、独立、被动的管理模式转向信息高效沟通和立体式协同作战的统一管理模式。

防汛抗旱指挥部门针对发生有可能发生的各种水、旱灾害需做好应急调度预案并将应急调度预案存于相应的预案库，对预案库中各类信息及时更新，当突发事件发生时，应急调度系统将根据应急预案，自动生成和下发相关调度指令[6]。

6 建设完善的信息化系统保障支持环境

（1）安全体系建设

在系统建设的同时，从物理安全、网络安全、应用安全等几方面同步保证防汛抗旱物资储备信息化系统的安全。建立安全组织，完善安全制度，落实安全责任。

（2）运维体系建设

包括智防汛抗旱物资储备信息化系统的建设管理、运行管理、维护管理等。专业技术人才是建设运行维护的关键,探索专业人员培养机制，根据信息化工作的性质，将岗位细分，做到人岗相配，并适时组织各类培训或拓展活动，造就“技术强、业务精”新型队伍。

（3）标准体系建设

按照国家信息化标准化体系建设的要求，标准体系由标准规范、管理体制和运行机制三部分组成。系统标准体系建设的内容分为两部分：一是明确可以遵循执行的国家、和行业标准规范；二是制订或完善仅在本系统中应用的标准规范。

7 结语

防汛抗旱物资信息化管理体系是一项涉及面广、技术复杂、建设周期长的系统性工程 ，它的建设将推动防汛抗旱物资储备管理从“传统模式”向“智慧模式”转变，促进防汛抗旱减灾工作快速发展，为防汛抗旱调度指挥提供有力的技术支撑。防汛抗旱物资信息化管理体系设是防汛抗旱指挥系统建设的重要组成部分,该体系的建设要与已经开展和正在开展的信息化建设紧密配合，实现资源的充分利用，避免重复建设。今后的防汛抗旱信息化业务也势必要采用“云、物、移、大、智”等新兴信息技术，促进管理和调度模式的根本性改变，推动整个防汛抗旱指挥业务向“智慧化”决策方向发展。

参考文献

[1] 谢尚文. 防汛物资储备仓库管理现代化探析[J].黑龙江水利科技，2011（1）：189-190.

[2] 康雄，王奇，李荣利. 广东省省级三防物资储备管理体系建设实践[J].中国防汛抗旱，2013（3）：46-48.

[3] 李德俊. 江苏省防汛物资储备网络与信息化管理模式初探[J].江苏水利， 2014（4）：45-46.

[4] 肖广学，崔庆瑞. 黄河防汛物资储备对策探讨[J].水利技术监督，2012（5）：27-28.

[5] 耿高峰，张晓杰. 海河流域防汛物资信息管理系统的开发与应用[J].海河水利，2009（6）：94-97.

[6] 张葆蔚，万金红. 中央防汛抗旱物资储备管理工作经验简谈[J]. 中国防汛抗旱，2012（4）：13-15.

南京高淳区水利信息化建设

史建兵　陈玉明

（南京市高淳区水务局，江苏南京211300）

1 引言

1.1 区域水情状况

高淳位于江苏省西南端，是省会城市南京的南大门。高淳区西南面与安徽省当涂、宣州、郎溪三县（市）交界，东北两面与我省溧阳市、溧水区接壤。全区总面积 802 平方 km，辖 1 个省级经济开发区、8 个镇、134 个行政村，总人口 42.5 万。

高淳分属太湖、水阳江水系，封口坝（茅东闸）为二水系分水岭。东部丘陵山区地面高程一般在 20-30 米。西部圩区属水阳江水系、地面高程一般在 6.5 米,圩区河沟交错,水网密布。

全区拥有“两湖一江”，即固城湖、石臼湖、水阳江，水阳江干流在高淳境内长 20.4km。联圩并圩后，一线堤防长 227km,堤防串堤涵闸 152 座。山丘区中小型水库 16 座,其中,中型水库 1 座(龙墩河水库)；有中型水闸 2 座(茅东闸、杨家湾节制闸),中型抽水站 1 座（蛇山站），大型灌区 1 处（淳东灌区），骨干河流 7 条（水阳江、运粮河、水碧桥河、官溪河、胥河、石固河、漆桥河）。

高淳地处长江支流青弋江、水阳江下游腹地，既是上游皖南山洪下泄走廊，又是下游太湖地区挡洪屏障，独特的地理区位决定了我区防汛抗洪的特殊重要性和兴修水利任务的艰巨性。新中国成立后，历届领导始终把兴修水利、兴区安民摆在突出位置，不断增强防御自然灾害的能力，全区初步建成了防洪、除涝、抗旱、降渍四大工程体系。

1.1 信息化现状

近年来，随着我区水务建设事业蓬勃发展，在防汛抗旱、水资源、洪水预报、洪水风险管理、水利工程、农田水利等方面的信息化管理存在明显缺陷。目前南京市高淳区水务信息化系统主要问题体现在以下方面：

（1）防汛抗旱、水资源、水环境、水利工程、农田水利等数据缺少统计分析工具和系统化的管理工具，无法动态获取，实时更新、快速反应业务变化信息。

（2）全区已经开展了水利普查工作，积累了大量的业务信息，但是缺少信息系统来灵活运用水利普查的成果，从而辅助业务决策。

（3）本辖区内缺少信息化设施，来共享对接市水利局在辖区内及上下游相邻区县已建的自动监测站数据，尤其在汛期，无法在室内快速、准确获悉辖区内自动监测的雨量，水位等重要信息，不利于防汛应急响应工作的开展。

（4）缺少 GIS、RS（遥感）等手段来及时获取防汛抗旱、水资源水环境，水土保持等空间数据，无法直观查看业务空间分布状态和空间变化信息。

为此，运用先进的现代化技术手段，开展水务信息化的建设和管理，科学的收集、分析

各类雨情、水情、工情、水质信息，全面提高水务的指挥调度决策水平，保障防汛抗旱工程安全可靠运作、是高淳水务信息化系统建设的当务之急。

2 水务信息化指导原则和建设目标

2.1 指导原则

2011 年 1 月 29 日《中共中央、国务院关于加快水利改革发展的决定》的正式公布，是新世纪以来的 8 个中央一号文件，也是新中国成立 62 年来中共中央首次系统部署水利改革发展全面工作的决定，文件出台了一系列正对性强、覆盖面广、含金量高的新政策、新举措，一号文件明确提出了全面加快水利基础设施建设、“推进水务信息化系统建设，全面实施‘金水工程’，加快建设水利指挥系统和水资源管理信息化系统，提高水资源调控、水利管理和工程运行的信息化水平，以水务信息化带动水利现代化”的具体要求。根据水利部、财政部编制的《全国山洪灾害防治项目实施方案》（2013-2015 年），要加快实施山洪灾害防治规划，加强监测预警系统建设，建立基层防御组织体系，提高山洪灾害防御能力，为构建和谐社会，促进社会经济环境协调发展提供安全保障。省水利厅《关于加强水利信息化工作的意见》(苏水科〔2013〕11 号) 要求充分认识水利信息化工作的重要意义，积极推进水利信息化工作，以水利信息化引领和促进水利现代化。

2.2 建设目标

在智慧城市信息化背景下，通过建设高淳区级水务平台，构建统一的水务数据资源环境和应用服务平台，建成先进实用、安全可靠，集基础性、全局性的水务信息化资源存储管理、共享交换、应用服务等功能于一体，汇集内容丰富的水务数据资源并形成可靠、完整的数据更新维护机制，遵照严格的数据标准体系和完善的管理体系，逐步形成标准、开放的水务信息资源的服务窗口。建设智慧高淳水务综合管理平台，实现防汛抗旱辅助决策、水资源辅助决策、洪水风险图信息管理、水利工程建设与管理等业务应用，形成各级单位协同运转、高效管理和科学决策的县级水务平台，为深度开发信息资源，加速信息流通，实现信息资源共享和提高信息利用能力提供有效手段。促进高淳水务及其上下级单位的管理和决策方式的改进和优化，提高高淳水务的整体管理能力、经济效益、社会效益。

具体建设以下几点：

1）建立防汛抗旱指挥调度中心，搭建会商系统，提供辖区视频监视信号接口。

2）建立防汛管理系统、旱情信息查询服务系统，加强防汛与抗旱工作信息化，提升与上级单位、兄弟单位的联动协同能力，提升管理效率。

3）建立视频监视系统、雨水情遥测系统，提升信息采集的自动化、智能化及时效性，服务业务管理。

4）建立数据资源库，通过建立数据采集、数据管理、数据维护等一体化机制，确保数据资源的鲜活性，支持业务的良性运转，并提供可靠、准确的综合信息服务。

5）建立数据交换系统、地理信息系统，支持多源异构数据、关系数据与空间数据、非结构化数据的汇聚整合，与业务系统一起管理维护数据资源库。

6）建立移动图像应用平台，形成固定与移动办公的协同交互体系，增强业务工作的机动性，提升高淳水务的应急联动能力。

7）建立灾情统计系统、数据分析系统，深度挖掘数据资源中蕴含信息，提升数据资源在管理决策中的价值。

8）建立水利工程管理系统、水资源管理子系统、洪水风险图信息管理系统等业务应用系统，全面服务水务工作，同时通过良好的架构设计与安全设计，确保信息的安全。

3 水务信息化系统布局

3.1 总体框架

智慧高淳水务综合平台建设任务包括“一个中心，九个系统”的完整综合管理信息系统。一个中心：智能化防汛抗旱指挥中心。九个系统：防汛管理系统、旱情管理系统、洪水风险图管理与应用系统、视频监视系统、灾情统计系统、水利工程管理系统、水资源管理系统、移动巡查管理系统、地理信息系统。

3.2 重点建设内容

（1）防汛抗旱信息指挥中心

防汛抗旱指挥中心将为多部门、多级别会商研讨应急事件处置与决策提供场地环境和设施及信息化支持。水务局工作人员可凭借指挥场所的大屏显示、声光电设备、计算机网络、通讯及计算机网络系统、视频系统及时了解现场的情况，获得相关单位的汇报，听取相关专家意见，研讨预案的适合性，最终形成应急事件处置决策意见。智能化防汛抗旱指挥中心建设内容涵盖两个方面：高淳区水务局防汛抗旱指挥中心建设、平台的网络与信息安全系统建设，将建成视频监控子系统，大屏幕显示子系统，会商子系统，集中控制子系统等，主要实现下面两个目标：

1）水务局能够通过数字图像与模拟图像两种方式实时监视管辖范围内的全部图像。

2）专家会商室将作为高淳区水务局指挥中心的重要组成部分，在数据的实时查询及图像可视的基础上，实现会商人员可视化的指挥调度，与现场人员进行信息交互，指挥人员和专家可以及时准确掌握水情、灾情发生的技术数据和现场情况，适时做出决策下达指挥命令。

（2）九个信息管理系统

1）防汛管理系统

防汛管理系统已实现与江苏省小型水库防汛通信预警系统的对接，集成了水雨情、雷达、卫星等相关外部数据与信息，与高淳区气象局、南京市水文局等部门实现信息互通，可面向防汛管理工作，科学、高效管理汛期的各类汛情。并通过移动视频的接入，承担汛期的移动视频会商功能，可有效支持高淳区防汛指挥调度与应急处险工作。

2）旱情管理系统

旱情管理系统定期收集外部墒情、农业气象预报、干旱气象预报等外部数据，结合部分人工监测数据，并基于地理信息系统，直观展示、适时预警，为高淳区旱情应急处理提供翔实的支撑数据和操作依据。

3）水利工程管理系统

水利工程管理系统主要除了对高淳区辖区内水库、闸坝的工程信息和堤防、圩区、灌区、险工险段、泵站等水利工程的基础信息进行管理之外，还可对相关水利工程设施（包括农水设施）的工情信息进行实时监测与展示，从而实现水利工程设施的自动化远程集中监测，并为自动化远程控制预留了接口，可在将来全面实现无人值守。

4）水资源管理系统

水资源系统与江苏省水资源管理信息系统实现对接，获取了相关企业用水量、地下水水位监测等数据，与高淳区环保局等部门实现信息的共享，接入了高淳区饮用水水源地水质监测实时数据。主要实现对高淳区辖区内供水、排水、农水、节水、水务工程、水资源、水资源保护进行管理，并展示高淳各大水功能区分布与水资源利用的示范工程。全方位、多角度地展示了高淳区水资源利用的相关信息与数据。

5）洪水风险图管理与应用系统

洪水风险图是融合地理信息、防洪工程及非工程信息、洪水特征及其风险分布信息，而以地图形式表征的具有一定规范化程度，直观反映洪泛区防洪态势，用以分析、传递、汇总、处置洪水风险信息的专题地图和图表。

通过建立高淳区内重点水利工程的洪水风险图信息管理系统，将风险图的相关数据与资料、风险图成果图进行整理、汇总、入库与集成；将高淳风险图节点纳入全国洪水风险图条件平台，在全国洪水风险图管理系统端进行统一管理、应用与发布。

6）灾害统计与数据分析系统

该系统可与江苏省水旱灾害统计信息系统无缝对接，完美集成并接入相关信息，支持导入导出功能，在灾情数据库的基础上，可对灾情数据进行维护、查询和统计操作，实现高淳水务局灾情统计信息共享与归档的双赢。

7）视频监视系统

实现高淳区水务局对重要水利工程现场情况进行实时视频图像监视，在重要水利工程现场设置视频监视系统是非常必要的。市水利部门可以对高淳区城市区域内主要河流、湖泊沿线的水利工程实现远程视频监视，核实现场情况，并能够及时了解现场的异常情况，从防汛、水利工程安全、水资源管理、用水安全等方面都有重要意义。

系统同时还接入了固城湖沿岸、官溪河沿岸、包含龙墩河水库、茅东闸等重要水利工程视频监控资料，并保存在视频服务器上，供日后对监控范围内饮用水源地的各类非法排污行为进行分析和处理。

8）移动巡查管理系统

系统根据水文监测、洪水预报和预警数据，借助多种移动终端，实时将信息向相关领导与巡查人员移动设备进行推送，实现智慧高淳水务信息多部门多途径实时共享，提高水务公共服务的质量。精确记录巡查人员的行动轨迹与巡查内的各种媒体信息，为高淳区水务执法提供客观依据。

9）地理信息系统

地理信息系统构建了高淳区全境卫星影像图、矢量图、地形图和流域图，接入了江苏省水利“一张图”和高淳区“天地图”，同时根据不同的业务需求，系统中加入了包括路网、桥梁、水系、水利工程、农水工程等三十多个业务图层，各类底图与图层已实现了无缝对接，可根据不同业务需求进行切换。地理信息系统也为相应前端系统提供精确化的地图保障，为整个软件平台提供高效及多样化的展示支撑。

4 平台特色与作用

4.1 平台特色

（1）理念创新：“一个中心、九个系统”的设计思路，统一技术架构、标准技术规范，实现水利业务整合。

（2）先进实用：先进性、实用性、易用性、安全性，实时化、可视化、网络化、移动化“四性四化”的使用理念，实现全业务数据的及时上报与展现，随时查询与处理；注重网络安全管理，建设水利专网保证数据传输的安全与稳定。

（3）业务全面：系统建设基于统一技术架构和标准规范，整合现有数据资源和应用系统，建立了以水利水务应用为基础、综合信息管理为纽带的智慧水务新平台。

（4）智能决策：精确模拟计算、高效预警分析，实现防汛业务的网络化、自动化、智能化管理。

（5）数据共享：开创并实现与省、市水利部门及环保、气象等相关部门的跨部门、跨系统的数据交换共享，全向互联、全域协同，减少了投资的重复性，提高了数据的利用性。

（6）效率提升：达到了信息获取的便捷性、实时性和有效性，摆脱了依赖人工监测、管理的诸多弊端，降低了人力成本、运行成本和管理成本，提升了水利工程运行的安全性、科学性和规范性。

4.2 平台作用

局领导通过平台可以第一时间掌握全区防汛防旱、水资源、水利工程、水环境等最新状况，对各项业务工作给予积极决策和指导；也能够通过系统，将重大紧急预警事件上报到市级或相关的水文、气象、国土部门，实现信息共享、应急处置联动。

各业务科室领导能够掌握所管业务的信息上报情况、平台运行情况，可对信息进行审核和批准，确保所报信息属实。

各科室业务人员能够对全区范围内的水雨情、水量、圩区、灌区、泵站、水库、闸坝信息进行查询统计，能够监视系统运行中的信息状态，对信息进行维护。

“智慧高淳水务综合管理平台”的投入使用，不仅服务了水务主管部门，同时也创造了极大的经济效益和社会效益。

5 经济效益和社会效益

5.1 经济效益

（1）减少水旱灾害造成的社会经济损失

本项目建成后，能大幅度提高高淳水务局对重大水旱灾害的灾前预警与预评估的准确性；在灾害发展过程中为制定灾害应急救助方案提供决策支持；灾害形势稳定后为全面制定灾害救助方案提供科学依据。通过跟踪灾害的全过程，对灾害连续监测与评估，为防灾、备灾、救灾提供一系列决策支持，都将有助于减轻或避免灾害的发生，最大限度地减少水旱灾害造成的社会经济损失。

（2）优化救灾投入，提高救灾效益

本项目建成运行后，利用遥感等技术可以大范围、快速及时、客观地得到各地水旱灾害的灾情情况。现阶段，由于存在各种客观和主观的原因，传统的地面调查和灾情统计上报存在一些误报、漏报以及多报等情况；通过系统统计所得的灾情结果，避免了人为上报的主观性问题，灾情评估误差可控制在 30％以内，从而更为公正和可信。救灾部门可以结合灾情统计上报数据和遥感评估结果，总体把握灾害动态，得到相对准确的灾情情况。以相对准确的灾情为基础，国家相关救灾部门可以对救灾物资和救灾资金进行宏观调配，救灾经费的使用效率将提高 20％以上。

5.2 社会效益

（1）推动当地经济和社会的发展

水利作为经济和社会的重要基础设施，其现代化进程对社会经济的现代化有着重要的影响。水利信息化的发展对水利现代化有着极大的推动作用，真正实现信息和知识的共享，同时创造新的生产方法、管理制度、管理方式、管理理念，提高包括信息资源在内的各种资源利用的效率。本项目的建设，将使水利工程可以更有效地利用各类信息，有助于水利工程现代化，从而推动高淳区经济和社会的发展。

（2）改善水利条件，提升人民生产生活水平

水利的发展可以使广大人民群众的居住环境得到优化、获得更加优质的饮用水，水利信息化的发展可以提高水利工程的水平。本项目的建设，将提高水利工程的效率，改善水利条件，提升人民生产生活的水平。

（3）提高水利管理水平

随着社会的发展，水利不仅需要工程建设中的先进技术，同时对于工程管理也提出了更高的要求。本项目的建设，将众多水利的基础信息进行了整合，为管理部门提供了更为翔实的数据资料，方便快捷，以利应用。同时，众多管理部门也可以更好地互通信息，更为有效地分享数据，提高需要相互协作工作的效率，提高整体的管理水平。

6 结语

建设智慧高淳水务信息化建设，对接省、市水利局的各项业务应用，整合社会有效资源，消除孤立系统和应用，实现水利业务一体化集成和协同管理全面运行。

系统建成后，不仅提高了水务工作的效率，也促进了水利事业的长足发展，提高了水利管理水平。对于改善水利条件、提升人民群众生产生活水平起到了至关重要的作用。

徐州市防汛防旱信息化建设内容及应用研究

罗毅[1]　　刘奉[2]

(1.徐州市防汛防旱指挥部办公室，江苏徐州221018；　2.徐州市水利学会，江苏徐州，221018)

摘　要：本文根据徐州水利（务）的实际情况，针对徐州市防汛防旱信息化建设建设现状与实施过程中的具体问题等进行了相关介绍和分析，并就徐州市防汛防旱信息化建设的综合发展展开了创新思考。

关键词：防汛防旱　信息　建设　研究

1 概述

徐州市位于江苏省最北部，处于淮河南、北气候过渡，东、西，海洋气候与大陆气候过渡带，降雨时空分布不均，冬春少雨干旱，夏季暴雨成灾，旱涝急转，洪、涝、旱、渍灾害频繁，洪涝并发，涝渍同现。从有灾害记载的1766年中，出现水旱灾害的年份为339年，平均每4年就出现一次特大的洪涝灾害。

徐州市地处沂沭泗流域中下游，承泄上游鲁西南及鲁南沂蒙山区5万km^2的洪水，特别是鲁南沂蒙山区的洪水，山高路近、源短流急、峰高量大，加之下游新沂河等排洪河道出路不畅，洪水来骤去缓，因此，徐州市洪涝灾害频繁，素有“洪水走廊”之称。

徐州市洪涝灾害的形成：一是本地区降大雨形成雨涝灾害；二是本地区无雨或降小雨，受上游客水突拥而至，形成洪涝灾害；三是本地区降大雨，更兼上游诸水洪峰来袭，形成上压下顶、内外同时遭遇的局面，便出现大面积的、长时间的洪涝灾害。1997年7月17日，徐州市区遭受特大暴雨袭击。为500年一遇，这次暴雨造成市区大面积积水，部分地区水深1.5m，最深的2.8m，局部供电、通讯、交通中断，直接经济损失达11亿元之多。

旱灾频发也是徐州市最显著的气候特征之一，旱灾发生的频率约合三年两遇，其中，特大干旱约合10年一遇，重旱以上约合3年一遇。尤其是20世纪90年代以来，几乎年年发生干旱，呈现越来越频繁发生的趋势。随着经济社会的发展，所造成的损失越来越严重，影响也越来越深远。特别是随着工业化、城镇化的快速推进，以及全球气候变化影响加大，旱涝频发、旱涝交替、旱涝急转等极端气候现象的增多，徐州市防汛防旱工作面临的形势更趋严峻。因此，构建一个高效、实用的防汛防旱信息系统势在必行。

为进一步提高我市防汛防旱的能力，着力于采取工程措施，以提高其防洪标准和防旱能力，这不仅难度大、周期长，而且也有一定的限度。现实可行的途径是在努力提高河湖防洪、引水防旱能力的同时，加强防灾减灾的非工程措施，重点是建立一个高效、可靠的减灾指挥系统。一旦出现城区内涝、区域洪水或严重干旱，各级防汛防旱指挥部门就能迅速搜集到各类信息，综合掌握水情、工情和旱情、灾情实况，对其发展趋势作出预报和预测，制定防洪、防旱或排水应急调度方案，发布水雨情预警，及时指挥抢险救灾，高效合理运用防洪工程和水利工程体系，努力缩小水旱灾害范围，最大限度地减小灾害损失。要建设现代化的防汛防

旱设施体系，除了继续加强工程建设和配套措施，还需紧紧围绕国家防汛指挥系统建设和徐州市信息化工作，以开阔的思路、先进的技术来规划、设计、建设徐州市的减灾指挥系统。

防汛防旱信息系统建设目标是应用现代科学技术，围绕防汛防旱工作需求，以雨、水、工、旱、灾情、城排信息采集为基础、通信网络系统为保障、决策支持系统为核心，建设实用先进、高效可靠的防汛防旱指挥系统，为各级政府和防汛防旱指挥部的科学决策指挥提供有力的技术支撑。

2 防汛防旱信息化建设现状

徐州市防汛防旱信息化建设经历多年的发展，现有水雨情自动测报、小水库通讯预警等方面取得了一定的成绩，对于提高防汛防旱调度与指挥水平发挥了巨大的作用。信息采集和监控系统建设初具规模，通信与计算机网络基本建成，数据资源积累得到加强，信息化保障环境相应加强。特别是通过徐州市水雨情遥测系统、江苏省小水库通信预警系统、江苏省中小河流水文系统、徐州市防汛视频会商系统、徐州市防汛防旱数据 PDA 应用系统等建设，有力提升了防汛防旱整体水平和实际效能。

随着信息化过程的不断深入，我们遇到一些新的问题，突出表现在各个业务系统相对对立，有各自的技术体系和管理体系，相互之间缺少一个统一的系统集成，不能形成一个有机的整体，没有形成一个适合防汛防旱信息化建设系统建设的基础支撑平台。主要问题有：

2.1 数据挖掘能力不足

现阶段，随着信息采集、数据传输、大数据等高新科技的发展和应用，数据已经不是制约信息化技术发展的主要原因，如何把基础数据与水利（务）各专业进行有效的关联和高效的利用，根据各行业的需求对基础数据进行挖掘和应用，成为我们现在的主要任务。

2.2 主体认识不全

信息化建设是一项基础工程，周期长、耗资大、见效慢，很多信息化工程都是以硬件采购为主、软件做成显示数据的平台。如何才能将信息化工程不做成面子工程，将信息化工程真正做到为基层提供即时有效的基础数据，灵活高效的预警、预报、分析等功能；为决策者提供全面、真实、可行、多元的数据和方案。这需要领导者的重视、实施者的辛劳，要求开发者对基层业务的熟悉、对上层需求的了解，真正做到“接地气”。

因此我们需要在已经取得成绩的基础上，围绕水利信息化建设、应用集成、资源整合、提升效能的深入要求，搭建一个功能完善、安全可靠、标准统一的防汛防旱信息化平台，既能满足日常工作需求，又能为领导决策提供专业、准确、实时的数据，并为今后扩展的应用功能提供核心支撑，能够方便和快速部署新的应用功能，又能够充分整合已有的防汛相关应用系统，实现不同系统的集成，形成统一的集成界面。

3 防汛防旱信息化建设内容及应用分析

防汛防旱是以提高防汛防旱应急能力为目标，利用监测数据，准确分析评估汛情、旱情、灾情和工情，实现实时监测、趋势预测、会商决策支持，并采取相应的调度措施，确保区域水安全。

防汛防旱在水利工作中具有十分重要的地位，事关防洪安全、饮水安全、粮食安全、生态安全和广大人民群众的生命财产安全，它是一项社会性的系统工程，涉及社会、经济、环境等各个方面，其中包涵着各种错综复杂的关系，正确处理这些关系是做好防汛抗旱工作的前提和保证。

防汛防旱工作需要及时、准确了解所辖区域的雨情、水情、工情、旱情、灾情，对防汛防旱形式作出正确分析，对其发展趋势作出调度决策，下达调度和指挥抢险的命令，并监督命令的执行情况、效果。

运用先进科学技术建设防汛防旱信息化建设是水利顺应时代发展的必然结果，是水利现代化的重要内容之一。是从传统水利向现代水利、可持续发展水利转变的重要特征。

防汛防旱信息化建设就是利用最新的信息化技术，通过应用系统平台中的防汛防旱各功能模块，将历史与实时数据等信息资料整合在一起，进行查询、统计、分析，形成一个有效的成果资料，为领导的决策和水源的调度提供基础数据支撑。

水利信息化建设遵循一套标准、一张图、二个平台的建设要求，防汛防旱信息系统同样适用。

防汛防旱信息系统建设内容包括：信息采集、分析统计、实时预警、应急调度等；

在系统建设前期，标准的建立是必须的，标准化是信息工程建设的核心和指导，电子地图的建立，数据的采集、分析、统计、实时预警和功能的应用等信息化相关建设内容都需要一个统一的标准。建设前期应该对防汛防旱信息化建设相关的内容进行标准化资料的收集和整理，严格使用国家、省级、市级已经公开发布的相关标准，对于没有发布而又必须使用的情况，要组织相关专业的专家进行充分论证、在已经公开发布的相关标准基础上进行延伸和拓展，要有依据、有规范的建立私有标准。

3.1 雨情分析

大气降雨受各种因素的影响，而各种影响因素不能定量地表达，而降雨的数据可以确切地观测，因此具有大量的样本，利用其观测数据按照数理统计的方法，再依据行业规范进行相应的统计，也是探讨其内在规律的一个有效的手段。通过统计数据反映降雨对于灾害形成的定量描述。

3.2 水情分析

在利用数据库管理系统统一管理基础数据和空间数据的基础上，需对数据进行分析操作，从已有数据中挖掘各项管理所需的信息。

3.3 剖面分析

利用剖面分析判断区域的地势、地质和水文特征，包括区域内的地貌形态、轮廓形状、绝对与相对高度、地质构造、斜坡特征、地表切割强度和侵蚀因素等等。在电子地图中叠加自然变量，如区域实时降水量、不同频率的雨情分布，甚至社会经济等，可以研究沿剖面线的变量分布规律，内插变量值。

3.4 淹没分析

（1）建立的水位等高面模型可以与电子地图、地形图、卫星图、专题图任意叠加，在不同的地图背景下分析淹没范围与识别地形、地物，对淹没范围的各类情况能够从不同的地图条件下获取；（2）以不同的社会经济指标与模型的结合，进行淹没区的不同损失的分析、查询、统计、汇总；（3）同一经济指标在不同水位下的淹没分析，便于建立最小损失下的最佳方案；（4）任意点水深查询、任意淹没水深范围下的任意经济指标的分析；（5）给定洪水位，分析不同的社会经济指标的损失结果；（6）在某一洪水水位条件下，它最终会造成多大的淹没范围和怎样的水深分布。

3.5 智能预警与应急调度

预警是指在灾害或灾难以及其他需要提防的危险发生之前，根据以往的总结的规律或观测得到的可能性前兆，向相关部门发出紧急信号，报告危险情况，以避免危害在不知情或准备不足情况下发生，从而最大程度的减低危害所造成的损失的行为。

应急是应付紧急情况，需要立即采取某些超出正常工作程序的行动，以避免事故发生或减轻事故后果的状态，有时也称为紧急状态；同时也泛指立即采取超出正常工作程序的行动。

在水利中，预警能够最大限度地减少社会损失，包括：雨情预警、河道水情预警、水库水情预警、湖泊水情预警、滞洪区滞洪预警、水质污染预警、区域旱情预警、山洪灾害预警、地质灾害预警、城区防洪排涝预警等。

无论是何种预警，都是在智能感知、智慧分析中基础上，得出需要预警的结论，然后调度预警机制，实施预警。

基于地理信息系统、综合数据库、人-机交互式调度平台，完成系统的实时预报调度。主要包括：来水预报、需水预报、实时水量调配模拟、在线水流仿真等。将年优化调度策略与湖泊及水库来水预报、受水区需水预测、调度水情仿真及决策后果预估等，集总成为一个支持系统，在面临各种水雨、工情和用水需求的情况下，从实现最佳联合调度效果的角度出发，制定合理而有效的调度方案。下达、实施决策产生的湖泊、水库调度、泵站运行、闸门启闭、人力及物资调度、城区防洪排涝等方案。根据调度决策的具体实施效果，反馈给实时调度分析以及系统决策，以助于通过会商，进行方案调整、实施及修正，并可基于供水区社会经济等信息，评估实时调度运行的效果。

4 结束语

防汛防旱信息化建设可以提高信息采集、传输的时效性和自动化水平，是水利（务）现代化的基础和重要标志。将防汛防旱信息化建设的平台框架搭建好，完善一套标准、一张图、二个平台的建设，实现对现有系统的整合，对未建系统的标准制定，搭建一个科学、先进、可持续发展的现代化基础平台。

自动化控制系统在农业节水灌溉工程中的应用

李家振[1]　吴枫[2]

（徐州市山区节水灌溉示范基地管理处，江苏徐州221000）

摘　要：文章介绍了以组态软件为开发平台，利用继电器输出模块，数字量输入模块和模拟量输入模块等设备与计算机控制中心组成一体化的自动化控制系统，并通过对土壤湿度、空气温、湿度等环境因子进行实时采集、监控等信息，结合灌区灌溉计划，实现灌区灌溉自动化控制。该系统已在徐州农科院节水灌溉工程实际中得到了成功应用。

关键词：节水灌溉　自动化　控制系统

1 引 言

我国是一个水资源匮乏和水旱灾害频繁的国家，农业灌溉是用水大户，其用水量占全国总水量的 70%。由于大部分农田长期采用沟渠漫灌，输水渠道大部分是土渠，加上工程老化、失修、配套不全，不能及时灌水、过量灌水或灌水不足，以及灌水过程中的渗漏、蒸发等原因，导致农业灌溉用水利用率较低和水资源浪费严重。据资料显示，我国农业灌溉用水的综合利用率为 40%，仅为发达国家的一半左右，因此，国家一直大力提倡节水灌溉。目前，管道输水、喷灌、微灌等灌溉技术是当今世界上节水效果比较显著的技术，其灌溉水利用效率可达 70～80%，而采用计算机自动化控制的农田节水灌溉系统，是农业大力发展高效节水灌溉的重要方向。

本文通过徐州农科院节水灌溉工程自动化控制灌溉系统的应用实践，着力阐述了基于 PLC 操作面的灌溉自动控制系统的系统结构和系统软件应用等问题。

2 自动化控制系统结构

2.1 自动化控制系统总体结构

徐州市农科院节水灌溉工程总灌溉面积 50 亩，灌区由 12 座大型连拱式大棚组成，设计采用微喷灌溉模式。整个灌区采用自动控制系统，设计每座棚内均设置支管，在分干管、支管间利用等径支管短管连接，电磁阀和信号收发设备布设在短管上，通过电缆传输到泵房内的计算机控制中心，控制中心依据需水的孔口数量确定打开电磁阀的个数，自动或手动开机灌溉。主干管自泵站出水口沿灌溉区南侧布设，分干管垂直主干管程单“非”形布设至大棚外端，分干管上共设有 12 个给水口，由电磁阀控制后连接支管，每个给水口处设置大棚给水信号开关一只，当该棚需要供水时，只需启动信号开关，控制中心会有相应的声光报警提示，控制中心即可远程控制水泵和该棚的电磁阀，实施供水。当环境因子传感器上传灌水强度（土壤湿润度）已达到设定的灌溉水量时，控制中心会自动停泵或关闭电磁阀。控制系统主要是利用 PC 机远程控制水泵及 12 个电磁阀来实现大棚灌溉。整个控制系统由 2 个现场控制单元，每个现场控制单元由继电器输出模块、数字量输入模块、开关电源和控制电源等组成，

根据系统需求，本系统采用每 16 个控制量由一个现场控制单元控制。节水灌溉自动化控制系统的总体结构如图 1 所示。

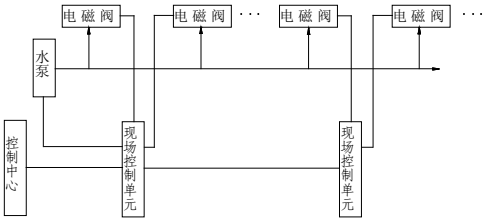


图 1 自动化控制系统总体结构

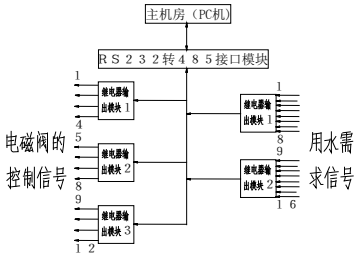


图 2 自动化控制系统图

2.2 自动化控制系统结构

整个自动化控制系统的结构采用总线型结构，所有节点共享一个公共物理通道（总线），该结构的特点是网络不封闭，容易实现加扩新的节点，节点之间通过总线直接通信，速度较快；当某个节点出现故障时不会影响其他节点工作，不会导致整个系统瘫痪。但总线式结构对硬件的实现要求相对较高，因为总线式网络的各个节点都是挂在一条总线上的，总线的负载很重。考虑到本系统传输的数据量相对较小，且系统结构具有可扩容性，故选用了总线式结构。一条 485 总线上挂接了 5 个模块，控制一台水泵和 12 个电磁阀等设备。由于每个继电器输出模块可输出 4 路信号，且每个数字量输入模块可接收 8 路信号，故本系统中，共采用了 3 个继电器输出模块和 2 个数字量输入模块。系统由数字量输入模块采集输入数字量信号以获得供水需求信息；电磁阀由继电器输出模块输出开关控制信号控制，水泵由继电器输出模块输出开关控制信号并通过控制中间继电器和交接触器来进行控制，电磁阀、水泵均可手动控制。自动化控制系统如图 2 所示。

3 通信介质的选择

双绞线（TP）是计算机网络系统中最常用的一种传输介质，其特点是连接简单，走线方便，价格便宜。双绞线分为非屏蔽双绞线（UTP）和屏蔽双绞线（STP）两种。根据本系统计算机通讯的特点，设计采用有线传输介质。由于本系统的数据流量相对较少，从经济性考虑，系统选用了屏蔽双绞线作为通信介质。

鉴于信号在传输线上传送，在遇到阻抗不连续情况时，会出现反射现象使信号扭曲，从而影响信号远距离传送。为此本系统在传输线末端并接了 120Ω 的电阻，采用了电阻匹配的方法消除反射，大大提高了系统的可靠性。

4 自动化控制系统的软件控制

本系统软件采用了多线程、COM 组件等技术，可以实现实时多任务处理。整个系统的可以在手动和自动两种方式下完成。

手动方式处理：系统前台控制软件有三个组成部分：动画显示控制界面、报警显示界面和按键互锁。整个控制画面采用动画设计，用动画方式显示整个系统的流程，操作方便，点

动需水棚电磁阀和水泵可独立进行启动和停止。启动时，先开启电磁阀，然后启动水泵；停止时，先停水泵，再关闭电磁阀。根据灌区可供水源情况，设计每次最多同时开启 2 个电磁阀，以保证需水大棚能够获得足够的灌溉水压。

报警情况处理：报警显示界面上标有 12 个电磁阀及水泵，如有报警信号（供水需求信号）产生，则会产生相应报警，提醒操作员。

系统全自动运行模式时，系统会根据事先设定好的编组形式实现微喷灌自动作业，系统会自动发出控制信号打开相应的设备，开始（停止）灌溉，同时把设备打开（关闭）信息自动记入数据库。本系统采用微软的 ACCESS 数据库，使用微软的 ODBC 数据库引擎，所有对设备的操作都自动记入数据库，并自动形成灌溉报表。

数据库会自动记录下每个电磁阀的状态改变时间、日期，操作员姓名以及电磁阀的序号，为以后科学分析、科学灌溉提供依据

软件部分同时设计了整个系统的逻辑关系，按键互锁。如果要打开某个电磁阀，则系统水泵会自动打开。反之，如果系统编组电磁阀已全部关闭，则该系统水泵也将自动关闭。

轮灌区的作业编组：整个灌区分为 6 个轮灌区，在程序设计时考虑到水泵与轮灌区的组合作业，其组合方式、喷灌顺序、喷灌时间、启停控制均可在控制中心设置，极大地方便了用户使用。

5 结束语

徐州农科院节水灌溉自动控制系统具有结构简单、性能稳定、便于维护、控制准确等特点。该院高科技农业科研作物温室大棚，在采用自动控制节水灌溉系统后，不仅有效提高了灌溉水利用效率，使基地灌溉水利用系数由原来的 0.4～0.5 提高到 0.7～0.8；同时，大幅提高了科研基地的灌水保证率和灌水均匀度，大大减轻了基地田间灌溉的管理成本，为实现该院高科技灌溉条件下的农业科学研究提供了坚实的基础保障。

参考文献

[1] 赵爱国，荔克让，唐孝思.沙地节水灌溉自动控制系统的研究[J] .中国沙漠，1999，19（2）：65-68.

[2] 张金波，胡钢，张学武， 李致金， 柯小干.自动化控制系统在节水灌溉中的应用[J].测控自动化，2005，5：29-31.

沈阳市水情信息监测系统建设与运行研究

宋佳阳

（辽宁省鞍山水文局，辽宁鞍山114039）

摘　要：水情信息监测是应用各种监测设备完成站点的降水、流量、水位等水情数据的采集和自动遥测。市水情中心实时接收、处理报汛站的水情信息，储存在相应的实时水情数据库中，满足对水情信息的检索和查询。同时将这些信息传递给国家防总和有关省（市）防汛指挥部门。沈阳水情信息监测系统本着实用性、先进性、科学性相统一的原则，根据不同地区的自然条件和经济条件，在充分利用现有设备基础上，不断引进和开发先进的监测设备，科学合理地调整监测站网，增加监测手段，提高监测能力，确保全市水情信息的准确获取：。

关键词：降雨；流量；水位；视频；水情

1 系统建设

沈阳市水情信息自动化测报系统始建于 2006 年，至 2012 年末已完成了三期建设任务，包括在此期间的水文基础设施改造工程项目，总投资额度达到叁佰余万元。

2006 年“辽宁省水情自动测报系统建设”工程项目在沈阳地区首次设立了雨量自动遥测站 29 处；2009 年“辽宁省水库水情监测及预报预警系统”工程项目建设了雨量自动遥测站 23 处，水位自动遥测站 2 处； 2012 年“中小河流水文监测系统”工程新建雨量自动遥测站 67 处，水位自动遥测站 10 处。目前，沈阳市雨量自动遥测站数量达 119 处，水位自动遥测站达到 12 处。雨量自动监测站点密度达到 109 km^2/站。

2 雨量监测

2.1 站网布设

沈阳市现有水文管理的雨量遥测站 119 处，其中建设了 13 座中型水库、11 座小（Ⅰ）型水库以及 72 处中小流域的雨量遥测站，这些站都处于无资料地区，填补了全市中、小（Ⅰ）型水库及部分中小流域没有雨量报汛站的空白。同时改建和整合了一些雨量报汛站，使沈阳市雨量监测站网布局更加合理。

2.2 遥测系统组成

沈阳市安装的雨量遥测系统是目前国内技术先进、功能齐全的自动化设备，主要由数据遥测终端（RTU）、雨量传感器、GPRS/GSM 通信终端、太阳能板、蓄电池、置数键盘及信号避雷设备等组成。太阳能板吸收太阳能转换成电能储蓄电池中，供给遥测终端电能，不需要电网供电，可安排在任何环境和无人值守的条件下运行。数据遥测终端可以以任意小时或分钟为节点，进行信息采集，对高强度暴雨可以以分钟为单位进行数据采集。遥测站通过编程实现雨量自动采集、现场存储、自动发送。数据采集具有定时采样和指令查询等两种启动工作方式，数据采集后经过处理，按一定的存贮格式存入现场固态存贮器，固态存储器的数

据可在现场和远程进行检索与批量下载。采样周期（定时间隔）的确定，数据传输信道和传输路径的选择，均可通过现场或远程编程实现。其结构框图如图 1 所示。

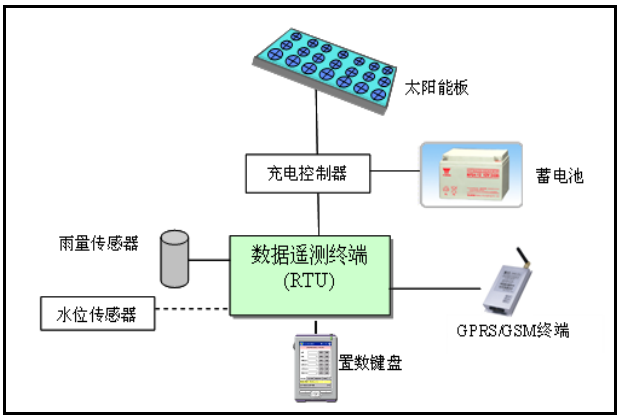


图 1　遥测站设备组成结构示意图

全市大部分水文站雨量观测场都建设规范，降水量观测仪器安装在有栅栏的雨量场内，选择地面开阔的空间，要求距障碍物的水平距离需大于障碍物与雨量器口高差的二倍，仪器距围栅边 1.5m。场地规格视条件而定，有 4×4m，4×6m 和 6×8m 等等。场内都安装了自记雨量计，实现雨量信息的自动采集及传递。

2. 3　雨量传感器

雨量传感器是雨量遥测站承接自然降雨的外部设备。目前，采用较多的是单翻斗式雨量传感器，亦可直称为单翻斗式雨量计。雨量计承雨口直径 200mm，雨量采集精度为 0.5mm（对应水量为 15.7mL）。

雨量传感器的基本工作原理是：降雨由承雨口进入雨量计，通过进水漏斗流入翻斗的一侧斗内。当流入雨水量达到计量设定值时，水的重量以及其重心位置改变使得整个翻斗失去原有的平衡状态，向另一侧翻转，计量装置计数一次。翻斗翻转后，被调节螺钉挡住，一侧斗内雨水倒出翻斗。此时，另一侧空斗处于进水漏斗下方，继续承接雨水，当这一空斗中流入雨水量达到计量设定值时，翻斗再次翻转，计数装置又计数一次。如此反复，完成对整个降雨过程的雨量计量。

雨量计信号产生方式是利用干簧管和磁钢配合的方式，亦称磁敏开关。一般在翻斗上安装一永磁磁钢，在固定支架上安装一高灵敏度的干簧管，在翻斗翻转过程中，此磁钢随之运动，接近支架上的干簧管后随即又离开，使干簧管内的触点产生一次接触断开过程，达到一次翻转产生一个信号的目的。此种信号计量装置的优点是节点密封，不易氧化，没有磨损，接触可靠，信号波形光滑等。

通过测试，降雨强度在 4mm/min 以内时，单翻斗式雨量传感器的计量误差在±2.5%左右的范围内变化，完全符合国家相关规范要求（≤±4%）。

3 流量监测

沈阳市流量监测主要采用水文缆道、桥测、巡测车等设备，间测等巡测技术日臻完善，

尤其是利用桥测设备开展区域巡测，已成为沈阳市解决传统水文测验作业方式之不足，增强水文站网功能的重要手段之一。

测验仪器主要有转子式流速仪与非转子式流速仪。转子式流速仪主要包括旋桨式流速仪和旋杯式流速仪等；非转子式流速仪主要包括电波流速仪、声学多普勒流速剖面仪等。

4 水位监测

水位监测沈阳市采用人工观测和自动采集两种方式。人工观测就是依靠人工观读水尺取得数据。自动采集包括浮子式水位计、压阻式压力水位计、气泡式水位计、雷达式水位计。

5 视频监测

全球步入信息化时代，人们了解事物、获得信息的需求已经从文字、数据方式发展到媒体方式。在需求推动下，多媒体计算机技术和通信技术迅猛发展，相互结合，逐渐发展为一种新兴技术——多媒体通信技术。

有关研究表明，有效的信息交流 55%～60%依赖于画面的视觉效果，33%～38%依赖于说话者的语音，而只有 7%依赖于数据内容。因此，视频监测功能在防汛指挥、抢险救灾中发挥重要的作用。它是利用网络视频传输手段，对各水文站断面、水位站水尺实时画面进行浏览监视。视频通过网络把多个站点的水雨情信息传送过来，使决策者在第一时间掌握实时信息。

市水情中心接收显示系统主要是用于使现场实时图像、数据同时进行显示。从而使各类汛情信息的综合查看与会商更具直观性和便捷性，有助于提高防汛指挥决策的准确性与科学性。

6 站网布设合理性分析

流域水系站网建设：系统建设中布设雨量遥测站数量是 1949 年以来规模最大的，共布设了 119 处雨量遥测站，新建了 13 座中型水库、11 座小（Ⅰ）型水库以及 72 处中小河流区域的雨量遥测站，填补了沈阳市小（Ⅰ）型水库、以及大部分中小河流区域没有雨量报汛站的空白。新建 11 座小（Ⅰ）型水库及大部分中小河流区域雨量遥测站均处于无雨量资料地区，这些雨量遥测报汛站的建立为今后这些地区雨水情分析及水资源综合利用提供了坚实的技术保障。

城市站网建设：在站网布设过程中，我们创新地着重从城市防洪除涝方面入手，对沈阳市下辖的九区一市三县，进行水文监测站网全面规划。近年来，城市化促使自然环境发生较大变化。城市下垫面与天然状况的滞水性、渗透性、热力状况均发生明显的变化，这些因素使城市的年降水量明显增加，短历时局部强降雨发生的频次显著增加，在城市大面积不透水化的条件下，必然引起降雨期间流域下渗量减少，地面径流量增加，产流时间缩短，汇流时间加快。每年 6 ～ 9 月。沈阳地区最易因遭受雷电暴雨等强对流天气影响而引起部分路段、片区出现暂时性积水。为了及时掌握城市的降雨量与时空分布，适时调整站网，利用遥感、遥测、计算机网络等新技术建立城市雨水情监测站网，使监测城市暴雨能力明显提高。按行政区和地理区周密合理布设,截止 2013 年末，实现沈阳市区雨量自动遥测报汛的站点 30 处，

康平县 17 处，法库县 15 处，辽中县 12 处，新民市 18 处。填补了城市水文站网的空白。提高了城市水文监测的时效性，更好地为城市建设和发展提供高效的信息服务。

7 存在的问题与建议

7.1 存在的问题

需要尽快建立高效水情信息监测系统以适应沈阳市发展的要求，随着沈阳市城市化进程加快，城市规模急速扩大，因此，在流域、区域防洪标准提高到一定程度后,重点转移到加强城市防洪工作，把城市防洪排涝能力提高到与城市政治、经济、文化、人口发展相适应的程度至关重要。特别是近些年,沈阳经济的快速发展，使城区人口密集,财富集中，一旦遇到洪涝灾害,损失将十分巨大。

为消除人类活动对天然河道传统水文预报方法的影响，如修建水库、河堤、城市段橡胶坝等，应采用多种水文模型进行降雨产汇流计算，考虑不同的下垫面条件，根据山区和平原区不同的产汇流规律分别建立水文模型，并且根据预报经验以及实测洪水与预报成果的对比。

在监测手段上创新不够，应大量引进先进的雨量、流量、水位等先进的监测设备，如遥测翻斗式雨量计、电波流速仪、测量剖面流速分布的声学多普勒剖面流速仪（ADCP）、气泡式水位计、雷达式水位计、视频监测系统等等。

适时调整站网，大量采用雨水情监测新技术、新设备。

7.2 建议

所以尽快完善防汛水情信息监测系统、建立防汛抗旱水情系统，不断提高河、库洪水风险预报预警手段的科技水平，已成为我市防汛抗旱工作科学化、规范化、现代化发展的首要任务。

参考文献

[1] 巩向伟,侯丰奎,张卫东,徐永兵.水库大坝安全监测系统及自动化[J]. 水利规划与设计. 2007(02).

[2] 侯丰奎,巩向伟,耿福强,刘峰.宽带接入网及接入方式的选择[J]. 水利规划与设计. 2007(03).

[3] 朱星明,耿庆斋,王冠华,徐海卿.数据元技术在水利信息资源管理中的应用初探[J]. 水利技术监督. 2007(05).

[4] 朱星明,阎继军,陈煜.水利信息化建设中的专业支撑软件研发进展[J]. 水利规划与设计. 2004(01).

[5] 张建国.浑河闸水情自动化遥测系统技术研究[J]. 水利规划与设计. 2015(08).

关于辽宁沈阳防汛水情信息传输系统的研究

白天竺

（辽宁省铁岭水文局，辽宁铁岭112000）

摘　要：水情信息传输是把雨水情监测站通过人工或自动监测设备监测到的雨情、水情等信息通过特定的方式传输到上级水情部门，这些信息经过水情部门的分析和整理，以文字、报表等形式呈送给相关领导，以便各级领导及时了解雨情、水情的变化，为防汛决策提供科学依据。

关键词：水情信息　防汛　传输系统　水情监测　沈阳

1 概述

沈阳市河流众多，水系发达，水资源蕴藏量丰富。降雨在年际之间变化较大，在季节间变化更大，以每年夏季 6～9 月降雨为最多，由暴雨引发的洪水灾害发生频次较高。洪水灾害是影响经济社会可持续发展的主要自然灾害之一，是自然灾害中人类遭遇最频繁的一种。随着人类活动对自然界水生态的影响，由自然因素形成的洪水灾害逐步成为受自然因素与人类活动因素双重影响的一种灾害，而随着经济社会发展成果的逐步累积，同等条件下的洪水灾害造成的各种损失则会越来越大。沈阳市特殊的自然地理条件和气候特征，决定了沈阳市是一个水旱灾害频发的地区，历史上因水旱灾害而造成的损失十分巨大。因此，加强防汛工作中防灾减灾体系的现代化建设，提高防御洪水灾害的能力，是一项刻不容缓的社会任务。所以尽快完善防汛水情信息监测系统、建立防汛抗旱水情系统，不断提高河、库洪水风险预报预警手段的科技水平，已成为我市防汛抗旱工作科学化、规范化、现代化发展的首要任务。

2 防汛水情信息传输系统构成及功能

2.1 信息传输系统构成

信息传输是从一端将命令或状态信息经信道传送到另一端，并被对方所接收。传输介质分有线和无线两种，有线为电话线或专用电缆；无线是利用电台、微波及卫星技术等。信息传输过程中不能改变信息，信息本身也并不能被传送或接收。必须有载体，如数据、语言、信号等方式，且传送方面和接收方面对载体有共同解析。信息传输包括时间上和空间上的传输。时间上的传输也可以理解为信息的存储；空间上的传输，即我们通常所说的信息传输。

2.2 信息传输系统功能

水情信息传输遵循水情监测站→市水情分中心→市防汛抗旱系统及省水情中心的传输模式。测站采集信息传输到市水情分中心，然后转发到省水情中心或相关水情分中心，再由省水情中心转发到部、委和其他水情中心。水情信息传输处理流程如图 1 所示。

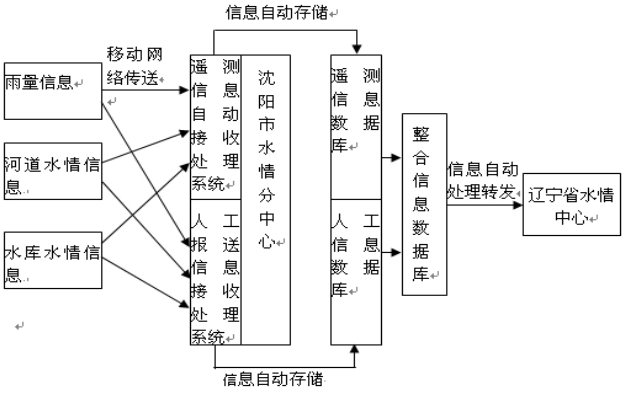


图 1　水情信息传输处理流程框图

3 水情信息传输运行情况

3.1 水情监测站至市水情中心

水情监测站分为自动测报站和人工测报站，自动测报站配备有雨量（水位）传感器、RTU、通信终端、太阳能电池板等设备，水情信息自动采集、存储并按照设置自动发送至分中心；人工测报站配备水文信息智能传输机，水情监测人员把监测到的水情信息编成水情报文，按照水情站的拍报任务与规定，通过水文信息智能传输机发送至分中心。

水情监测站所监测到的水情信息将分别通过移动网络、程控电话网及超短波通讯网三种方式发送到市水情中心。

3.1.1 信息传输方式

水情自动遥测站信息通过移动网络（GPRS 或 GSM）自动发送至市水情中心遥测信息接收处理系统，市水情中心与移动通信的内部网络建立光纤专线连接，实现 GPRS 通信传输；GSM 通信为无线传输方式，当 GPRS 通信故障时，自动启动 GSM 通信信道传输数据。特殊情况下亦可直接发送至省水情中心遥测信息接收处理系统。

利用已有的信息传输网络，通过自动采集、存储后，按定时/事件自报方式自动报送到市水情中心进行有效的处理。市水情中心根据需要，可对报汛站进行远程查询、召测水情信息，对系统内所辖水情报汛站的运行状态进行远程监测和控制。遥测站至市水情中心按照中国移动通信的 GPRS 传输网络作为遥测通信组网方式，采用固定 IP 两路接入主备方式，主 IP 设在分中心，辅 IP 设在省中心。为防止 IP 业务在通信过程中出现故障，遥测站同时具有以短信息作为备用的传输方式向市水情中心进行数据传输。

水情分中心通过水情数据接收处理系统接收和处理遥测站自动采集或人工置入的通过 GPRS、GSM、卫星等通信信道定时、随机发送的实时水文数据，并把这些数据存储在遥测信息数据库中。分中心水情数据接收处理系统如图 3-3 所示。

人工监测信息的传输主要是利用智能语音传输机通过程控电话网传送至市水情中心人工信息接收处理系统，其中部分水情信息（水库水情信息、河道站水位、流量信息等）也可以利用触摸式人工置数装置通过遥测站中央处理器（RTU）的 RS-232 串行接口接入并经由

移动网络（GPRS 或 GSM）发送至市水情中心遥测信息接收处理系统。特殊情况下，各水库（中、小型）报汛站，还可利用超短波通信设备进行汛情报送。

3.1.2 水文信息智能传输机

水文信息智能传输机基于智能化、可维护、易于使用的理念而设计，适应于广大基层报汛站的水情报汛，高时效性、高准确性、低费用是其突出特点。使用本机将大大缩短报汛时间，提高报汛精度，从而降低报汛费用，减轻报汛人员工作量。

水文信息智能传输机主要有以下功能和特点：话机在离线状态下，全屏幕输入、编辑水情电报，实现报文发送前在屏幕上校核，确保发送报文无误，并最大限度地减少话机的占线时间，减少报汛费用；配置 256KB 大容量存储芯片，可存储一份 359 个字符的水情报文，供以后编辑时调用，以便快速输入要发送的报文；可以方便地对报汛中心电话号码以及发码速率等操作码进行设置，只用一个键即可完成水情电报的发送，而无须人工干预；。从接通电话到报文发送完毕只需十几秒的时间，大大提高报汛速度；可以设置两个报汛中心电话号码，以实现 1 报多发；具有占线自动重拨以及双向校验自动重发功能，发送报文时，如果接收端电话占线，传输机会等待 10 秒后自动重新拨号，无须人工干预即可完成报文的发送。报文发送完毕，屏幕上显示报文发送已完成，说明报文发送成功，否则屏幕将显示报文发送失败。

在智能传输机出现问题的情况下，监测站还可以通过手机短信或程控电话方式把水情信息及时报送传输至市水情中心。以保证在遭遇极端状况的情况下，水情信息能够及时、准确地传输至市水情中心。

3.2 市水情中心至省水情中心信息传输方式

市水情中心至省水情中心及各市地市水情中心之间的信息传输主要以网络作为信道，同时配备 PSTN 作为备用信道。正常情况下，水情信息由市水情中心发送至省水情中心是通过全省水利系统专用骨干网络完成的。当水利骨干网出现问题时，分中心机房的路由器自动判断水利骨干网出现故障，在网络不通的情况下，配备 3G 无线上网卡和拨号上网等备用手段。

分中心至省中心信息传输方式正常情况下是通过基本信息、实时信息、预报信息、统计信息四类数据的实时交换，把信息交换到省中心；如果出现突发事件，比如网络中断，就需要通过其他手段把报文发送至省中心。

上述两种情况分别通过水情信息交换系统和网络（3G 无线上网和拨号上网等手段）来实现。

4 水情信息传输存在的问题

信息传输主要以网络作为信道，同时配备 PSTN 作为备用信道。正常情况下，水情信息由市水情中心发送至省水情中心是通过全省水利系统专用骨干网络完成的。当水利骨干网出现问题时，分中心机房的路由器自动判断水利骨干网出现故障，在网络不通的情况下，配备 3G 无线上网卡和拨号上网等备用手段。分中心至省中心信息传输方式正常情况下是通过基本信息、实时信息、预报信息、统计信息四类数据的实时交换，把信息交换到省中心；如果

出现突发事件，比如网络中断，就需要通过其他手段把报文发送至省中心。

5 结语

（1）建设完成了沈阳市水情自动传输系统，系统解决了报送人员投入大，占用时间多等问题。基层水情站全部安装了技术先进的 YAC9900 设备，其水位或雨量传感器完成了水位、雨量信息的自动监测功能，其通讯模块则负责完成信息的自动报送功能。该模块以移动 GPRS 网络为主信道，GSM 网络为备用信道，可以实现信息的实时、不间断发送，大大提高了水情信息传输的时效性，信息监测与传输由原来人工时代的 30～60 分钟缩短为 5 分钟左右。

（2）自主研发水情信息传输硬件设备。通过使用自主研发的水文智能传输机，为人工监测信息的报送提供了保障，大大缩短了人工报汛时间，提高了报汛精度，从而减轻了报汛人员工作量并一定程度上降低了报汛费用。

（3）在水利骨干网出现故障等突发情况下，分中心信息传输配备有：1）3G 无线网卡上网通过邮件发送报文，2）异地拨号发送报文，3）传真、手机短信等备用手段。

（4）经过多年的建设运行，沈阳市水情信息报汛系统形成了较为成熟的以遥测报汛系统为主，人工报汛系统为辅，卫星电话报汛为应急报汛的报汛体系，保证了全市的水情信息及时、准确地报送到省。其中：降雨主要以遥测报汛为主，人工报汛为辅；水位、墒情以人工报汛为主，遥测报汛为辅；其他项目基本都为人工报汛。

（5）自主研发水情信息传输硬件设备。通过使用自主研发的水文智能传输机，为人工监测信息的报送提供了保障，大大缩短了人工报汛时间，提高了报汛精度，从而减轻了报汛人员工作量并一定程度上降低了报汛费用。

（6）系统建设运行，使我市水情信息全面实现了自动采集和传输，改变了多年来人工观测报汛的工作体制，实现水文信息的采集、传输的现代化。能够为防汛工作人员提供准确、形象的水情信息，使防旱抗旱工作更具有超前性。另外，系统整合和完善了用户管理、角色分配管理、便于设置不同用户的访问权限，实现了防汛指挥决策过程中满足领导决策层、业务处理层、技术维护层等不同用户群体的多种信息需求和分析功能的信息集成体系。

参考文献

[1] 张军保,钟诚.吉林省水情信息传输系统现状及发展展望[J].吉林水利.2009(08).

[2] 孙文伟.营口市水情自动测报系统研发建设[J].河南水利与南水北调.2014(19).

[3] 马秀梅.浅析葫芦岛地区防汛抗旱系统水情数据传输模式[J].地下水.2014(06).

[4] 吴宝峰,徐学莉.水情信息自动采集传输系统的管理和维护[J].黑龙江水利科技.2013(10).

[5] 赵忠飞,王曙光,王占明.辽宁市级水情分中心信息传输体系现状及对策[J].现代农业科技.2014(06).

基础水信息平台构建研究

姜于

（辽宁江河水利水电新技术设计研究院，辽宁沈阳110003）

摘　要：利用计算机技术以及 3S 技术将水利普查成果应用于省、市、县三级水利工作者日常工作当中去，进一步促进第一次全国水利普查成果的应用。同时，通过管理员审核进一步更新完善水利普查数据，延长数据的生命周期。为各项水利工作提供及时、准确、全面的数据支撑。

关键字：水利普查成果　信息系统平台　3S 技术

1 引言

2010 年至 2013 年历经三年的第一次全国水利普查取得了丰富的数据成果资料，如何整合、管理、使用这些成果是水利普查后续工作的主要内容。基层水利信息平台是一款面向广大水利工作者的实用便捷型应用软件，该平台充分利用本地资源和网络资源，采用数据库技术、openlayer 技术和 WebGIS 等技术，实现空间数据与属性数据的交互管理[1]。基础水信息平台实现的功能有地图操作、数据的查询浏览和数据的更新维护等。该平台的建设开发，将水利普查相关的各种空间、非空间数据成果整理、融合形成一个统一的有机整体，使各种信息资源逻辑上聚集在一起，为水利信息化建设提供统一的基础地理信息，进而实现水利普查成果按照地理空间位置的整合和共享，充分展示水利普查成果。借助平台系统强大的查询功能和数据联通功能，实现了省、市、县三级数据的一致性，做到各类信息查询便捷，真正做到大众化、实用化、简单化、网络化，并实现与广大基层水利工作者进行互动，共享水利普查成果。

2 建设内容

平台的建设目标是利用计算机网络技术以 3S 技术为载体，以水利普查成果数据为核心，集地图功能、数据查询、数据编辑、数据审核、专题图等功能为一体。以上所有功能的实现都是基于水利普查所包含的河流湖泊基本情况普查、水利工程基本情况普查、经济社会用水情况调查、河湖开发治理保护情况普查、水土保持情况普查、水利行业能力建设情况普查、地下水取水井情况普查和灌区专项普查八个专项而展开的，平台将这八个专项的所有属性数据导入数据库，并将所有空间数据在地图上进行了标绘。

2.1 数据库建设

数据库建设是基础水信息平台建设的根本，如何设置数据库表结构、数据表格字段以及字段类型是数据库建设的重中之重。平台数据库建设分为基础信息表和平台数据表。基础信息表包括行政区划信息表、流域水系信息表、工程经纬度信息表。平台数据表包括河流基本情况表、湖泊基本情况表、水利工程表、水电站工程表、水闸工程表、泵站工程表、引调水工程表、堤防工程表、200 m^3 以上且 2000 人以上农村供水工程表、20 m^3 以下且 200 人以

下及分散式供水工程表、200 m^3 以下且 2000 人以下农村供水工程表、塘坝及窖池工程表、塘坝工程表、窖池工程表、典型城镇居民家庭用水表、典型农村居民家庭用水表、灌区用水调查表、规模化畜禽养殖场用水调查表、公共供水企业用水调查表、工业企业用水调查表、建筑业与第三产业用水调查表、河道外生态环境用水调查表、主要经济社会指标统计表等，共计 48 张数据表。这 48 张表涵盖了水利普查成果所有字段，满足基础水信息平台调取水利普查所有数据。

2.2 平台建设

平台建设满足省、市、县三级用户通过不同的账户登录，县级用户可以对本县的数据进行操作，市级用户可以对本市的数据进行操作，省级用户可以对全省的数据进行操作。对数据的操作主要表现在两个方面，一是用户通过平台对普查数据的查询以及查询对象的空间显示；二是用户通过平台对数据的更新，包括对属性数据的更改、添加、删除，以及对空间数据的更改、标绘、删除。同时，平台要满足对特殊数据的处理，包括对跨县、跨市数据的处理、关联数据的处理。比如，新建一堤防工程跨 A、B 两县，需要两县管理员分别对本县堤防工程的属性数据填报和空间数据的标绘后上报市级管理员，市级管理员核实确认后上报省级管理员，最后省级管理员通过后台操作对数据的累加和融合，形成完整的一条堤防工程数据。跨市工程同理，由市级管理员上报，省级管理员确认以及在后台对数据处理。关联数据的处理指的是对水利普查中有依附关系的对象数据进行关联。比如，水库所属水闸、取水口等，可以根据水闸、取水口数据表中的“所在水库编码”字段相关联。使用户在查询或者在地图浏览中了解此类对象之间的关系。

3 功能介绍

基础信息平台采用的是 B/S 结构开发，各级水利工作者可以通过不同权限的用户名和密码，使用 IE 浏览器直接登录。

3.1 地图功能

地图功能是系统中一切与地图相关的工具的集合，包括地图标尺、地图切换、地图标签和地图全屏。

在地图界面可对地图进行上下左右的调整。通过调节地图游标即可对地图进行缩小和放大[2]。

地图切换即是影像地图和天地图的切换。进入系统时是天地图，通过点击卫星影像按钮，即可进行天地图和影像地图的切换，以满足用户对读取地图信息的不同需求。

在地图界面选择任意行政区，地图界面即切换到对应行政区。能够显示的最小行政单元为乡镇，选择其中任意一个地区后，地图界面同时会定位到所选区域并显示行政区划边界，向用户提供了明确的界限概念，对某些跨界工程有一个比较清晰的了解。

当界面不能够满足用户对地图数据等读取的需求时即可使地图全屏，这样地图的展现效果更佳完美。当地图浏览结束，也可回到初始化地图界面。

测距工具可以在地图上对直线和曲线等所有线段进行距离的测量，方便用户能够更加快

捷的掌握空间距离。当在地图上的目标位置进行绘制时，在地图上会显示实时的测量结果，双击鼠标完成绘制后，会在地图上显示最终的测量结果。

测面工具可以在地图对任何形状的图形进行面积测量，使用户能够更加简单的获得目标地域的面积大小的数据。同测距一样，在测量的过程中会在地图上显示实时的测量结果，双击鼠标完成测量后，会在地图上显示最终的测量结果。

清除工具是在测距和测面结果没有被删除时对其操作痕迹进行的清除，以保持界面清晰，使接下来的操作不会受到任何干扰。

3.2 查询功能

查询功能主要包括五类，分别为单项查询、关联查询、分类查询、周边查询、高级查询。

单项查询是对单个水利对象的基本信息进行查询，在搜索条中输入目标工程的名称或关键字，相关搜索结果会在左侧列出，点击后即在地图上以热点的形式显示该工程的空间位置，如果再点击热点，即弹出工程的属性表，可以对工程的基本信息进行读取。

关联查询包括“属性关联查询”和“在附近找”两种形式，属性关联查询是指查找与当前水利对象属性信息相关联的某些水利对象。例如，通过属性关联查询可以查询到与某水库有关联的水电站、水闸、灌区等工程信息。

“在附近找”是以某个水利对象空间位置为中心，以用户设定的距离为半径，建立一个圆形区域，从而查找出此区域内的所有水利对象信息。例如，可以在某取水口 15000 米范围没查找其他水利工程。在地图上会以热点的形式向用户展现该范围内的工程分布情况，点击其中任意一个工程，同样会弹出属性表，并且可以再次进行关联查询。

分类查询：水利普查将水利对象分成八大专项，每一专项内又分不同的类型，以水利工程为例，在水闸中，又按照水闸类型进行了进一步的分类。查询结果会以三种形式向用户展现，第一，是以热点的形式向用户展示该工程的空间位置；第二，以属性表的形式向用户展示工程的基本信息；第三，是以结果列表向用户展示所有查询结果的详细信息。

周边查询是选择查询图层后，通过设定一定查询半径，以点、线及不规则图形为中心来进行查询的方法。

高级查询是一个非常全面的查询方式，能够满足用户进行多条件的组合查询。输入所要满足的条件，用户可以自定义查询条件框的多少[3]。按照输入的条件进行查询。

3.3 编辑功能

编辑功能是编辑用户所独有的权限，以编辑用户的身份登录系统，即可进行编辑操作，编辑功能共包括新增、修改和删除。

用户选择所要增加工程的类别后，在地图上工程所在位置标绘，最后编辑的工程属性表，即完成了工程的新增。新增完成后工程进入审核状态。

修改是编辑用户对已有的工程进行基本信息的修改，即可以修改工程属性表，也可以修改工程的空间位置。修改完成后，即进入了审核状态。

删除是编辑用户对已报废工程删除其工程属性表，同时删除工程的空间位置。保存完成

后，即进入了审核状态。

3.4 数据审核

数据审核是在编辑用户对系统数据等进行编辑后，审核用户需要对编辑用户的操作进行审查的工具。审核通过，编辑用户的编辑生效，审核未通过，编辑无效。以审核用户登录系统后，用户可以清晰地看到个专项下分别有多少待审核消息。审核通过后，新增或修改的工程数据将存储到主数据库中，供其他用户使用。

3.5 专题图

专题图是为各专项下不同类型的工程做专题统计服务的，统计结果包括统计图和统计表两部分，用户可以自定义选择统计的专题及统计字段。

4 结语

目前，辽宁省和黑龙江省已经完成基础水信息平台的建设，随着平台系统的访问量加大，水利普查成果越来越广泛的应用于各项水利工作，比如为月报、年报、山洪灾害调查、防汛抗旱等工作提供基础数据。其方便、快捷、准确的特性得到各级水利工作者的好评。

为满足水利工作对数据更高的要求，为水利各项决策提供更坚实的数据，基础水信息平台还需要在以下两个方面开展工作：一是增加数据的多样性，添加除水利普查八个专项以外的数据，如节水增粮工程数据、水利划界确权等方面的数据，以及自动监测站、水库报汛[4]等实时数据；二是制定相关政策、规范对新建工程数据以及原有工程数据变更强制上报，使信息平台数据实时更新。

参考文献

[1] 蒋旻. 基于空间数据库的数据挖掘技术[J].武汉科技大学学报(自然科学版),2002(2):183-186.

[2] 姚保华,陶夏新,谢礼立. 基于 WebGIS 的城市数字地图快速更新方法[J].世界地震工程.2003(1).

[3] 泮海敏,陈奇. 一个基于模式的快速查询构建系统[J].计算机工程与设计.2005(1):174-176.

[4] 任聃，董婷婷，庞毅.辽宁省小型水库报汛系统构建分析探讨[J].中国防汛抗旱.2015(1):85-87.

高清视频监控系统在水利可视化中的应用研究

胡宇翔

（杭州海康威视数字技术股份有限公司，浙江杭州310051）

摘　要：高清视频监控系统为全面、迅速、及时、准确地掌握流域、水利工程等实时状况提供方便。系统建成后既可独立运行，辅助防办人员实现可视化管理，又可融合至智慧水利大平台中，与其他业务平台实现联动，用数字化的高科技手段共同分析、研究和管理各类防汛决策工作。

关键词：高清　可视化　视频监控

随着国民经济的迅猛发展，水利工作也受到政府的高度重视。2015 年，在党中央、国务院的高度重视和正确领导下，全国各级水利部门奋发有为、扎实工作，在防汛抗旱防台风、完成年度水利投资、重大水利建设、民生水利发展、水生态文明建设、水利改革创新、全面从严治党等方面取得明显成效，为“十二五”水利改革发展画上了圆满句号。

“十三五”时期，将是强化水利重点薄弱环节建设、加快民生水利发展、推进传统水利向现代水利和可持续发展水利转变的重要时期，也是实现水利创新发展、协调发展、绿色发展、开放发展、共享发展的关键时期。

水利视频监控系统的建设是现代水利实现可持续发展的一种必然趋势，水利视频监控系统的建设，能使水利管理部门的防洪减灾、水资源调度管理、水污染事件处理、航运管理等重要领域更及时、更客观地获得数据和信息，更准确、高效的预测、预报和预警等，更好地做出可持续发展的科学决策。通过视频监控系统，同时也可改善水利工程的运行维护工作人员的工作环境，提高工作效率，节约水利工程的运行成本，做到无人值守、少人值班。

1 水利可视化需求分析

随着水利工程的逐年递增及防汛监测要求的提升，高清视频监控系统可以有效解决当前现状较为直观、有效的手段之一。水利可视化的需求主要体现在：

一些小型水利设施如水库等，安全监管不到位。大多数小型水库无任何大坝安全监测设施，多数中型水库安全监测仍采用人工观测，已建成的监测设施中，存在设备过时，精度差，可靠性低等问题，如监控摄像头仍采用低分辨率的模拟摄像机，对现场情况采集不够精确。

对于重要的水域缺乏统一的管理监控，尤其是一些跨区域河流，监控系统各自独立，达不到有效监控的目的。

一些水利设施的闸门、泄洪道、泄洪洞等，常年处于无人值守状态，需要设置监控点，保证其安全。

部署的水文监测设施，仅仅只能提供数据信息，发生情况时，缺乏对现场直观的了解。

部分水利设施地处偏僻，在白天无人和夜晚的时候，需要对其周边进行监控，防止人为的破坏。

综合上述情况，水利管理部门要求智慧水利视频监管系统能够整合各方面资源，能够快速、高效、便捷地实现水利部门省、市、县多级联网视频资源统一管理。为各级机构提供视频资源调用展示的平台化基础设施。同时提供标准化接口与其他系统的资源共享，互连互通。

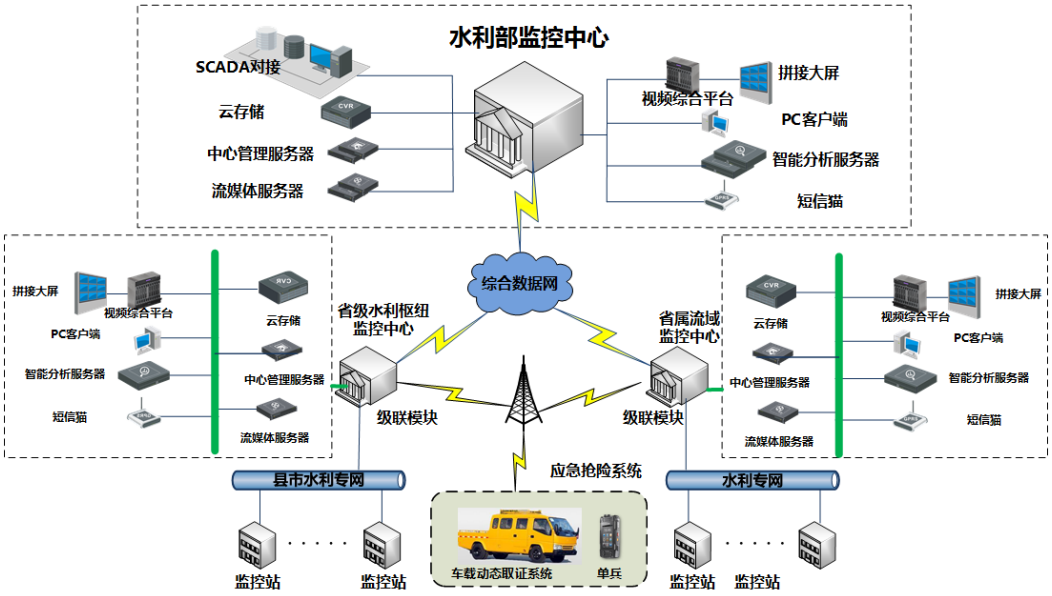
2 水利可视化应用

2.1 流域联网监控

系统总体目标是实现水利行业所有图像资源的联网，构建水利行业视频监控资源树，统一管理各单位视频监控资源，划分视频资源为不同的业务展示域（如流域、省份等），为防汛抗旱部门服务。

系统由各级监控中心和前端监控站组成。在水利部视频监控中心下，省级、市级、县（市、区）级水利主管部门和防汛指挥中心，以及省属流域管理部门、省级水利枢纽分别设置监控中心，在前端水域和水利工程管理等单位设置视频接入中心（重点防洪工程建设管理单位）。监控中心和监控站通过传输网络连接，构成一个多级联网的视频监控系统。

目前水利部二期防汛视频监控平台已经搭建完成，各流域管理机构及省防汛视频监控平台在陆续搭建中，采用 GB/T28181-2011 标准与水利部平台做对接。经过笔者与各水利用户部门及设计院单位沟通了解到，用户对视频监控平台的智能化应用有迫切需求，未来在视频监控平台中加入水利业务相关的应用需求，才能真正实现智能化管理。



2.2 前端设备应用

2.2.1 低功耗设备的应用

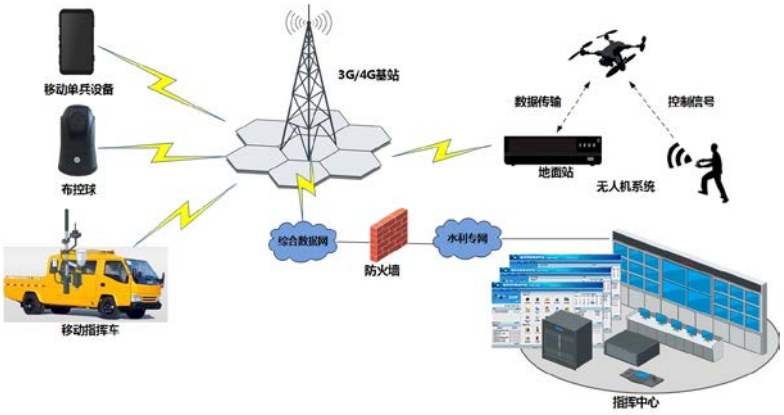
由于偏远区域水文监测站点、水库大坝等水利监控点分布比较广阔，与监控中心的距离较远，利用传统的有线连接方式，线路铺设成本高昂，且施工周期长，有时因为河流山脉等障碍难以架设线缆，这些问题均可采用无线方式进行解决；偏远区域点位一般采用风光发电设备进行供电，因此对设备的功耗提出了比较高的要求。

利用低功耗抓图摄像机可以解决传输和供电的双重需求，通过与 RTU 的对接可以实现

平时查看图片、汛时查看视频的功能，从而降低设备供电的要求。RTU 通过无线传输模块可以将水雨情数据、图片或视频等数据传输到中心平台，实现无人值守监测。

2.2.2 移动设备的应用

尽管在容易发生险情的地方都已经安装了监控设备，但是监控布置主要满足的是重点区域监控的需求，不可能完全做到“监控无死角”，有时候防办人员也要去现场视察，移动视频监控系统将作为重要的辅助监察手段，另外针对险情突发性、不确定性，万一出现网络中断情况，不能简单依靠视频探头的安装密度的方法来解决。为此，作为有限视频监控的延伸或重要补充，移动设备提供了一种行业特殊场景的应用，使用方便、配置灵活，安全可靠的临时视频监控系统，这是十分必要的。



利用移动单兵设备、布控球设备以及移动车载设备等可以接入运营商网络，并且可以接入水利内网，可机动性部署，或用于抗洪救灾时前线观测，将一线情况实时传输到指挥中心。

把无人机系统纳入水利可视化系统建设中，将大大提高雨情、水情、旱情和灾情信息采集的准确性及传输的时效性，对其发展趋势做出及时、准确的预测和预报，这对制定防汛抗旱调度方案，为决策部门准确决策提供科学依据。

2.2.3 热成像设备的应用

客观来讲，在安全防范领域热成像称不上什么新技术。然而，自 2010 年的热成像网络摄像机问世后，安防界再度掀起“热成像”的飓风，并将之传到了水利应用领域。热成像技术一般用于夜间监控，在无光环境下实现对有热辐射物体的图像监控，在水利信息化应用中，不论是河道非法采砂的监测需求，还是防汛救灾的安防需求，夜间监控是必须考虑的，因为水利监控的环境大多在野外，夜间基本没有环境光，可以利用热成像摄像机可以通过被动式接收物体的热辐射来形成图像，观测距离可以达到数 km，作为低照度摄像机无法满足需求时的补充手段。

2.3 多网络适应性

系统中心支持不同运营商的接入，实现多网域的融合。实现用户与用户，用户与设备，设备与中心平台的互联互通。

系统支持内外网部署，为了保证内网用户访问外网用户，系统支持了内外网穿透功能，实现网络视频的畅通传输。

2.4 智能分析技术的应用

现有的视频监控系统中，对突发事件和关注点主要依靠时候人工的检查和分析，容易出现漏判和误判，同时随着视频监控系统的发展，系统规模越来越大，视频系统存储和包含的数据量往往以 TB 作为单位，形成了真正的海量数据，使水利部门工作人员的分析和处理工作量大大增加，从而影响了系统的应用效率。

智能视频检测分析技术近几年逐渐从理论阶段走向实际应用阶段并成为未来视频监控系统的核心技术，在水利行业可以利用智能视频检测分析技术对人员翻越堤坝、进入警戒水域、水尺刻度分析、闸门启闭分析等场景进行监测分析，提高用户工作效率，真正做到智能化监控。

3 结束语

随着系统应用的逐渐深化和扩展，水利行业视频监控系统逐渐朝数字化、网络化和智能化方向发展，应用面越来越广，大规模联网的流域监控成为发展趋势，利用移动监控技术扩展监控范围，利用智能视频监测技术提高视频监控系统的自动化程度，将成为未来水利视频监控系统的重要特征。针对水利行业的业务需求应用相关设备，和水利管理部门一起不断推进视频监控系统在水利信息化中的应用和发展，从而不断提升水利管理部门的综合管理水平，快速决策与应急指挥能力。

参考文献

[1] 俞杰，浅析视频监控在水利信息化的应用应用和发展趋势，大科技，2013.12.

[2] 汤法利，胡建跃，水利信息化建设新技术研究，中国水运，2009.7.

支持流星余迹通信的远程无线网络技术在防汛救灾领域的应用

陈卫东

(北京四达瑞康科技有限公司总经理，北京100000)

人类社会所遭遇的一次又一次灾难事件告诉我们，与重大灾难事件相伴而生的往往是常规通信系统在灾难中遭受破坏，严重自然灾害往往造成光缆线路和供电线路长期中断、反复中断，灾区通信和供电难以保障，严重次生地质灾害阻绝区域交通，造成灾情上报不及时，救灾指挥信息传达不畅。以汶川和雅安为例，与成都的直线距离均不足 150km，但在汶川地震和雅安地震中，都出现了长时间灾后通信无法建立的情况。越是在大灾、战争、暴力突发事件来临之际，应急通信保障愈加弥足珍贵，因而很多发达国家和政府都十分重视应急通信系统的建立。

在经历了 2003 年 SARS、2007 年的雪灾、2008 年“5.12”汶川大地震、2013 年雅安大地震等一系列严重自然灾害后，政府和社会各界对建立社会公共安全体系的重视程度大大提高。现有的应急管理通信系统都是基于卫星、基站、光缆等传统介质，容易遭到自然灾害损坏或人为损坏，尤其是在大型汛情来临时,会受到雨衰、暴风、泥石流、滑坡、太阳黑子等自然条件的影响，无法保障灾情的大范围、全天候监控及抢险救灾应急指挥调度的需要。

为有效预防、及时控制和减低自然灾害的危害，保障公众生命与财产安全，维护正常的社会秩序，促进社会和谐发展有关活动，我们提出了支持流星余迹的远程无线网络系统建设，该系统基于独特的链路层与网络层协议，具有通信距离远、复杂地域绕射能力好、全天候独立组网工作的特点，从站可无人值守或携行,且耗电极低，是一种可适应恶劣环境，实现远距离广域信息接入的理想无线网络通信手段。

采用该技术手段建设覆盖广阔的远程无线通信网络，作为全天候的独立信息基础设施，将有效提高防汛减灾系统综合信息化保障水平，对提高社会应急的响应速度和决策指挥能力，有效预防、及时控制和消除自然灾害的危害，保障公众生命与财产安全，维护正常的社会秩序，促进社会和谐发展具有重要意义。

1 原理和特点

本系统可利用地波超视距通信和远程天波通信实现全天候、大覆盖、高可靠的无线网络信息传输。在 100-200 km 以内，可利用无线电地波传输，实现复杂地域的超视距（ELOS）网络通信；远距离天波通信采用流星余迹通信（MBC），这是一种利用流星高速（宇宙尘埃）进入大气层，与空气分子剧烈摩擦产生电离气体柱来反射或散射电波而达成的无线电数据通信方式，单跳通信距离可达 1500 km。

在本通信网络里，这两种通信方式是无缝自动链接的。

1.1 通信原理

（1）地波通信

本通信技术工作频段采用 35-65Mhz，该频段干扰少，波长有利于山地、楼群的绕射通信；加之采用高灵敏收信技术（灵敏度可达-123dbm）及离散、高衰落无线信道链路处理技术和基于此的独特无线网络通信技术，因而具有优越的复杂地域地波通信能力。

（2）天波通信

远距离天波通信采用流星余迹通信（MBC），可实现低成本远程无线网络化接入。流星（宇宙尘埃）进入大气层，在距地面约 100 km 的高度产生电离余迹。流星余迹随机突发，持续时间从几毫秒到几秒。可根据特殊的通信协议，利用这些短暂的电离尾迹作为通信媒体，反射或散射原本会穿出大气层的电波，从而达成无线电通信，如图 1 所示。

受流星余迹生成高度和地球曲率的影响，流余通信单跳最远可达约 2000km，可靠实用的通信距离在 1500km 以内。流余通信主要用于远距离、小容量专向或网络数据通信。但在 200km 范围内，可利用流余设备灵敏度极高、通信协议强壮、通信频段绕射能力强的特点，进行实时或准实时超视距通信，业务种类包括数据、声码话和网络数字话音。

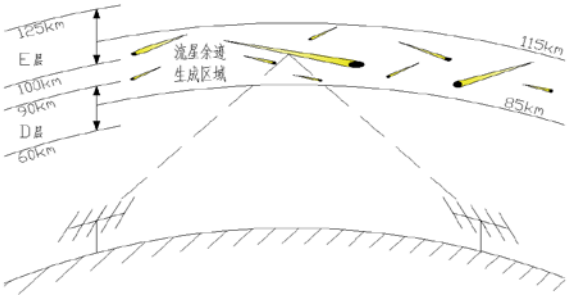


图 1 流余通信的建立

该通信系统包括至少 1 个主站和若干从站，主站和从站组成星状网，如图 2。主站不断发射探测信号，当该信号通过流星余迹反射到从站时，从站向主站发送报文段（报文段内容可为信号、指令、短信、语音、图像等）。如果主站收到了这段报文，校验正确后，就向从站发送确认信息，并根据需要接着向从站发送报文。主、从站之间持续发送报文，直到报文发送完毕或链路中断为止。因为主、从站之间通信时间很短，且流余信号地面投影范围不大(宽度约 20 km)，主站可用同一对频点与分布在广大地域内的多个从站通信，构成一种“天然的空分复用系统”，极为节省频率资源并具有较强的抗远程干扰能力。从站平时保持静默，因而非常省电。

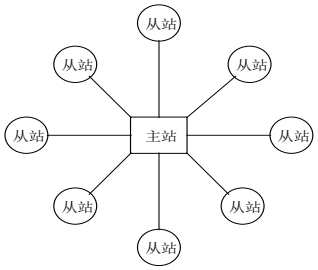


图 2　主、从站星状组网

1.2 通信特点

（1）是无线电通信手段中唯一真正意义上的全天候通信手段。电波传输不受雨衰、天线积雪等恶劣气候因素的影响；基本不受电离层骚动的影响，优于短波等通信手段；不受太阳黑子活动影响，尤其是在短波通信经常被太阳黑子活动干扰的高纬度地区，可以完全正常工作。

（2）通信距离较远，天波最佳通信距离可达 1500 km，还可自动组网中转。

（3）通信的保密性和隐蔽性较好，瞬间突发、随机断续，被反射的无线电信号局限于狭小地域。

（4）能够在单频点上网络化组网工作，无线电资源占用少。

（5）工作在短波与常规超短波频段之间，具有优越的复杂地域绕射能力；其高增益天线尺寸仅为短波天线的几分之一，携行开设更加方便。

（6）业务种类丰富，覆盖广阔。与短波电台、北斗短信传输等现有无线通信手段相比，业务种类更为丰富，包括了数据、话音、图片、文件传输等。

（7）强大的无线网络功能和网络抗毁能力。与常用的短波、超短波电台相比，该系统每台主、从设备均为网络节点设备，无须第三方组网设备，可自动星状、链状、栅格状组网，全网动态拓扑，从站自由漫游，不会因个别节点的异常或损毁导致局部或全面的网络瘫痪，网络抗毁能力强大。

（8）建设和运维成本低廉。相比传统的卫星、蜂窝和光通信系统，由于该技术所具有的广域覆盖、独立网络化组网特性，系统的一次性投入较低，后续运维无须缴纳第三方信道使用费，长期看运维成本十分低廉。

与现行常用无线通信手段的性能对比见表 1。

表 1　常用无线通信手段性能对比

	蜂窝网络	短波无线	卫星通信	北斗短消息	本通信系统
覆盖范围	很小，不适合大面积监控覆盖	大	大	大	大
支持业务种类	语音/数据/图像	语音/数据	语音/数据/图像	仅短信息,平均时延长	数据/超视距语音，实时性较好
组网能力	自组网。网络强壮性较好	一般为点对点通信	有中心自组网，网络强壮性一般	有中心星状网，大业务量易拥塞，用户无网管权限	无中心栅格网，网络强壮性好，用户拥有网管
环境适应性	严重依赖光通信及其他传输网络，容灾能力差	受太阳黑子和磁暴影响严重	存在雨衰及日凌中断	一般，不适合大量目标实时监控信息传输	全天候工作，不受太阳黑子和磁暴影响，适合广域无线监控信息传输
操作样式	支持无人操作自动传输	不支持无人操作自动传输	一般不支持无人操作自动传输	支持无人操作自动传输	支持无人操作自动传输
建设成本	高	一般	高	一般	较低
运维成本	高	低	高	低	极低

由以上对比可见，本通信技术在应急通信及恶劣环境下远程无线监控领域应用方面具有独特的优势。以本技术为主体，建设覆盖广大地域的远程无线通信网络，作为全天候的信息基础设施，将有效提高防汛减灾综合管理与公共服务活动的信息化水平。

2 性能指标和组网方式

2.1 性能指标及应用

主要技术性能指标见表 2。

表 2　主要技术性能指标

性能指标	主站	基站	从站
发射功率	200 W（连续）	200 W（连续）	100 W（猝发）
工作频段	35 – 65 MHz(频段内 2M 带宽可调)	35 – 65 MHz(频段内 2M 带宽可调)	35 – 65 MHz(频段内 2M 带宽可调)
调制方式	BPSK	BPSK	BPSK
通信速率	4.8/9.6 kbps	4.8/9.6 kbps	4.8/9.6 kbps
数据终端接口	RS232/USB2.0/WIFI	RS232/USB2.0/WIFI	RS232/485/WIFI
供电	220 VAC/24VDC	220 VAC/24VDC	12 VDC
支持业务种类	数据、话音、图片	数据、话音、图片	数据、话音、图片
天线种类	5 单元八木天线	5 单元八木天线/偶极子天线/鞭天线	5 单元八木天线/偶极子天线/鞭天线

基于独特的链路层与网络层协议，该通信是一种可适应恶劣环境，实现远距离广域信息接入的理想无线网络通信手段。该通信手段可独立组网，与国家既设有、无线信息传输基础设施具有良好的互补性。通过合理网络规划，并与传感器技术、GIS 技术及其他信息处理技术相结合，特别适合搭建适应恶劣环境的、具有信息自动接入、交换与传输能力、覆盖面积广阔的无线监控网络。

其主站、基站、从站既可固定建设使用，从而构成无线接入的热区，为大量传感器提供信息接入服务；也可单机机动使用，满足复杂地域的超视距动中通。

2.2 组网方式

主站为网络的核心，主站之间自动发现，自动建链，组成自组织栅格网；各主站与所属从站组成星状网，从站通过特定主站（或基站）建链。主站自动建立和维护与其下属从站及其他主站的连接，从而提供各种数据链路，如从站–主站、主站–主站以及从站–基站–主站–从站等。

距离较远（200km 以上）时，网络节点之间均通过流星余迹信道（天波）进行通信，节点之间通信距离可达 1500km，构成独立的广域通信基础设施。

当主、从站间距离不大于 200km 时，亦可通过地波构成超视距通信网络。天波和地波两种通信样式可互为补充，信息无缝融合。固定建设主站开设在能够接入有线公网的地区，通过专线传输线路或 TCP/IP 网络接入数据中心和指挥调度中心。移动从站可在超视距通信网内漫游，自动接入合适的主站或基站。

网络结构分为 3 层。最上层由主站组成，是 ad hoc 网，即自组织栅格网；中间层由基站组成；最下层由与主站或基站相连的从站组成。主站与所属基站和直接相连的从站组成星状网，基站与所属从站组成星状网。

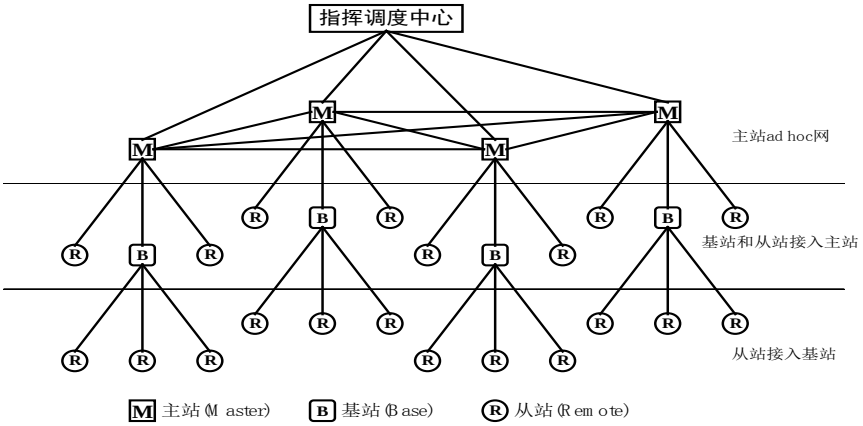


图 3　系统网络拓扑图

从站优先选择满足建链条件的基站入网，向其发出应答信号。在没有可入网基站的情况下，也可选择满足建链条件的主站入网，向其发出应答信号。基站收到从站的应答信号后，将其加入从站清单。主站收到从站的应答信号后，将其加入下级站清单。

该传输系统不依赖其他电信基础设施独立成网，不受雨衰与太阳黑子影响，可全天候工作。主站与远端从站设备间实现远程星形组网，信息直传，无须中继；主站间栅格状组网，自动完成路由选择。避免了因个别台站被毁导致的系统性瘫痪，确保了灾害发生时传输系统的高度可靠性。

3 国外技术运用现状

该技术在北美得到十分广泛的运用。美国本土，特别是中西部和西海岸地区及阿拉斯加等地区广泛使用了流星余迹通信技术，主要用于气象信息实时监控、水文观测、渔船监控等数据传输以及减灾部门应急通信。

美国自然资源保护署和国家水文气象中心利用 5 个流余主站和 800 多个流余从站组成 SNOTEL 系统，用于实时、准实时收集美国西部高山地区和阿拉斯加的气象水文数据。

图 4 远端监控站点开设样式

同时，该技术还应用于北美铁路列车实时信息传输及近海渔船及其他船舶监控、救援等广泛领域。

在加拿大哥伦比亚省，由于地形复杂，森林辽阔，将流余通信作为森林火情的早期监控和灭火救灾指挥调度手段。该系统利用天波通信网和地波通信网两个网络来监控车辆、飞机、人员等灭火力量的准确位置以及指挥部和灭火现场的信息传送。

4 汛情监控与救灾应急通信网基本设想

大型水系分布广阔，许多河段，尤其是上游，往往分布于野外或人烟稀少地区，信息基础设施缺乏，无法有效开展覆盖全流域的水文信息实时传递。

我国国土幅员辽阔，地理环境复杂。尤其是偏远山区、戈壁，人迹罕至，交通和电信基础设施薄弱，灾害发生时，依靠现有的人力和信息基础设施，无法实现广大地域的减灾救援行动中的全程指挥调度。

采用支持流星余迹通信的远程无线网络设备，利用其独特的组网和超视距通信能力，可以较低的成本建设一个覆盖大型水系全流域的水文信息实时自动收集系统，为相关部门提供全天候、全流域的实时水文信息支持，从而实现洪灾的早期预警和实时监控，为减灾行动提供足够预警时间，大幅降低灾害损失。同时，在灾害发生，常规信息基础设施遭受水毁或因雨衰、地理环境限制而无法正常工作情况下，该网络还可为救灾管理部门提供全天候、全地理环境的实时、准实时指挥调度，实现文电、图片、导航信息的一体化传输，实现该网络的一网多用。

4.1 系统组成

系统主要由三部分组成：主站及基站栅格网络、从站系统、指挥监控中心。

（1）主站及基站栅格网络

为确保信息传输的实时与可靠性，建议以 100-200km 间距（可按实际需求酌情删减或调整），栅格化建设组网，实现全国土范围内的广域覆盖无线骨干网络。也可以以上间隔沿大型水系流域部署，从而实现大型水系的汛情全天候实时监控及流域的救灾指挥调度。

以覆盖全国的骨干栅格网络为例，在最恶劣的情况下，即使只有少数主站（7-8 个）正常工作，仍能保证在全国范围内的最低限度灾害信息收集及应急通信保障，确保网络具有极高的容灾能力。

（2）从站系统

设备分为两类：一类安装于无人水文监测站，太阳能供电，无人值守，自动将水文信息传送至主站（或基站），由其收集后转至监控中心；另一类作为救灾应急指挥调度使用，内嵌导航和 WIFI 模块，可单人背负或车载、船载使用，每部设备可支持多达 32 个用户无线接入，提供文电、话音、图片传输服务。

（3）监控中心

由区域监控中心和总监控中心组成，主站网络信息通过地面互联网系统或无线链路传输至区域及总监控中心。监控中心设立监控服务器并安装相应监控软件，按权限完成区域或总体监控和指挥调度。

4.2 网络结构

网络结构分为 3 层。最上层由各区域主站组成，是 ad hoc 网，即自组织栅格网；中间层由与主站直接相连的基站组成；最下层由与主站或基站相连的从站组成。主站与所属基站和直接相连的从站组成星状网，基站与所属从站组成星状网，从站可自动漫游。

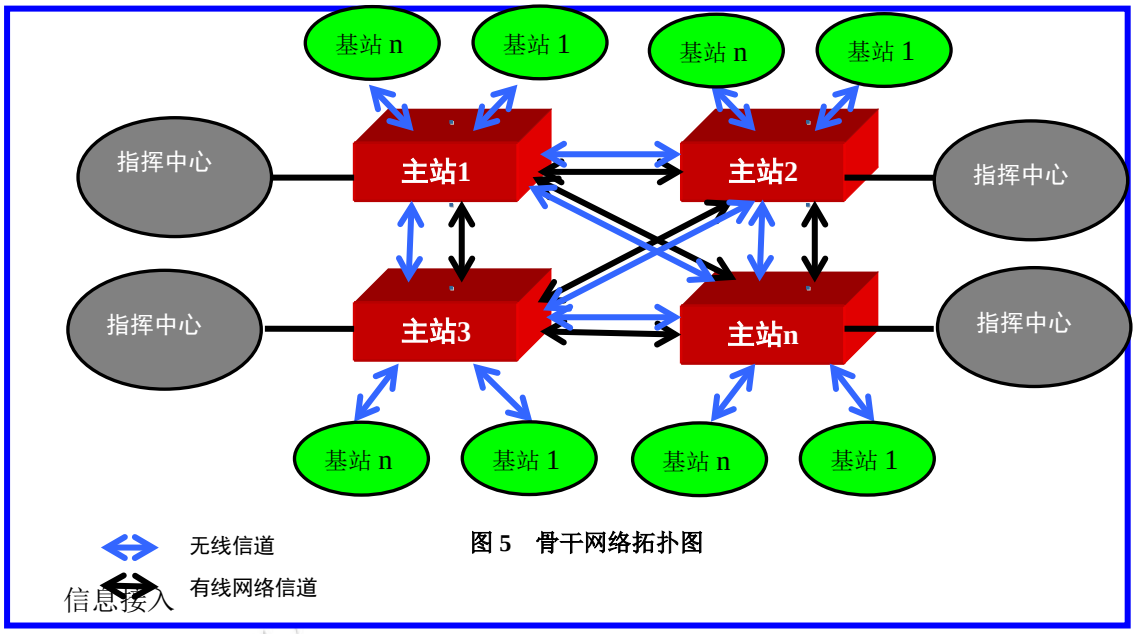


图 5　骨干网络拓扑图

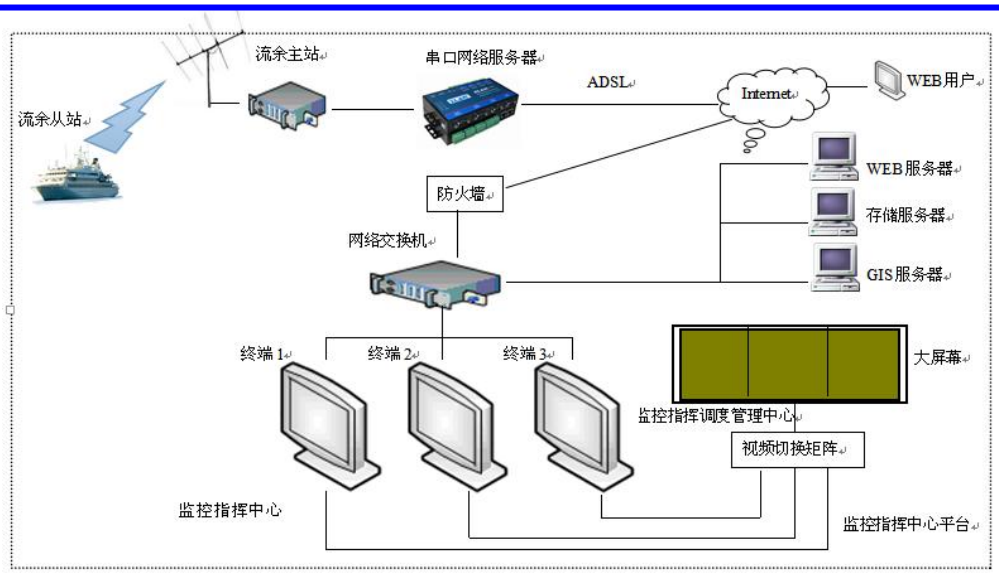


图 6　信息接入方式

本网络所传输信息可经公网传输系统引接至各级指挥监控中心，并可与现指挥监控信息系统实现信息融合。

4.3 传输信息类型

天波通信：天波通信可提供远距离的双向数据通信，完成文字报的双向传输及监控、定位信息的上送。

地波超视距通信：可提供最远 100-200km 以内的超视距双向实时数据通信,完成文字报的实时双向传输及定位、监控信息的实时上传；必要时可提供应急话音及灾害毁伤图片的传输，实现复杂地域的超视距动中通。

系统传输信息类型如下：城市及山区复杂地域的指挥调度话音；救灾分队实时位置及行进路线的实时自动传输；文电及其他监控信息传输；图片传输。

4.4 承载业务领域

由于蜂窝移动、光通信等传统通信系统覆盖地域主要集中于人口稠密区且容灾性较差，而北斗卫星的信息传输功能很弱，仅支持短信息传输，功能单一且系统容量有限，大量用户使用时因系统拥塞严重而使信息传输时延巨大。目前仅仅依靠以上手段无法实现广大地域、大量用户的多业务实时监控信息传输与全程指挥调度需求。

该远程无线骨干网建成后，可承载以下几个领域的业务：广域汛情、山洪自动监控与早期预警系统、平时及救灾行动中的指挥调度系统、广域救灾物资运输监控及指挥调度系统。

4.5 设备安装样式及配套

主站设备安装和架设方式：固定式安装：主站、基站设备安装在室内，天线安装在屋顶或天线支杆之上，见图 7。

图 7 主站、基站固定式安装示例

机动式安装：主站设备安装在通信车内，天线安装在可升降式的天线杆上，可根据需要随机开设。从站可安装于无人水文监测站，用于河流汛情自动监控或山洪、泥石流等灾害的早期预警；也可单人背负、车载或船载，可同时支持 32 个各类终端（包括智能手机）设备的无线接入，安装相应通信和导航软件，兼做通信与导航终端。

各类站型均可接入计算机终端、智能平板、手机、导航和电源模块。

5 结论

支持流星余迹通信的远程无线网络技术，具有卓越的超视距通信及灵活组网能力，可实现覆盖广阔的实时、准实时信息化监控与指挥调度通信，弥补现有其他通信手段覆盖、传输能力、容灾抗毁能力的不足；不依赖其他电信基础设施独立成网；不受气象条件与太阳黑子影响，可全天候工作；具有极高的网络强壮性。主站与远端从站设备间实现远程星形组网，信息直传，无须中继；主站间栅格状组网，自动完成路由选择，避免了因个别台站被毁导致的系统性瘫痪，确保了平时及灾害发生时传输系统的高度可靠性。

该技术的推广和应用，将为我国防汛减灾和灾害救援提供一种崭新的信息传输手段，对提高国家灾害防控能力具有十分重要的意义。

山洪灾害监测预警

基于云架构的山洪灾害监控预警系统设计与实现
——以湖南为例

罗毅君[1] 吕石生[1] 刘雨[2] 易子越[2]

（1. 湖南省防汛抗旱指挥部办公室，湖南长沙410007；
2.浪潮软件集团有限公司，山东济南250101；）

摘 要：基于云计算、移动互联网、大数据等先进技术，利用湖南省水利骨干专网，采用分级权限管理和独立展现，初步实现省、市、县、乡、村、组六级信息互通、资源共享、业务联动、决策协同。以“云平台+微应用”为建设思路，搭建湖南省防汛业务“云化”新模式。

关键词：云计算 大数据 微应用 防汛 山洪灾害 湖南省

1 引言

山洪灾害防御是我国防洪减灾工作的难点和薄弱环节，关系人民生命、财产安全。开展山洪灾害防治是党中央、国务院做出的重要决策部署。要确保山洪安全，就要准确快速地对监测信息收集、传递和处理。

湖南省东、西、南三面山地环绕，逐渐向中部及东北部倾斜，形成向东北开口不对称的马蹄形，山地和丘陵地貌合占全省总面积的 66.62%。湖南为大陆性亚热带季风湿润气候雨量充沛，为我国雨水较多的省区之一。独特的地形地貌、气候条件导致湖南省山洪灾害易发、多发，造成的人员伤亡占整个洪涝灾害人员伤亡的比例高，一直是湖南防汛抗灾的重点、难点。近几年，针对山洪特点，湖南坚持“以防为主、以避为上、以人为本”，极大减少人员伤亡。据湖南省防指对洪涝灾害死亡失踪人员的统计，湖南 2000 年至 2010 年年均死亡失踪 113 人，而 2011 年至 2014 年大减至 35 人。湖南省防汛抗旱指挥部办公室（以下简称湖南防办）根据信息技术发展、山洪灾害防止工作需要，借助云计算、云计算、移动互联网、大数据等先进技术，搭建水利内部云架构的“湖南省防灾减灾防御云平台”。

2 系统的基本特点

采用“云平台+微应用”的设计思路，建立防汛抗旱大数据平台，实现“一库、一图、一平台”的总体模式。实现大流量、高并发、高响应、高实时需求所带来的计算、存储、扩容、负载均衡、高安全、高可用等问题。“微应用”将当前先进的系统架构理念和大数据平台相结合，在防汛抗旱微应用中心、用户中心等框架下，突破传统大而全的业务开发模式、大胆创新在满足各种防汛抗旱应用功能对接的同时，还可快速搭建各类核心小系统，开发出个性化的微应用，满足防汛及时反应、快速决策和移动防汛的新诉求。其特点主要包括：①海量数据存储与检索：基于云平台，构建全省防汛综合数据库；②跨平台、标准化数据服务：提供统一标准、统一接口、统一交换；③多层次业务联动应急：六级应用（省、市、县、乡、村、组）④嵌入式、模块化功能管理：采用微应用商城模式，功能图标化；⑤丰富的交流渠道及沟通体系：建立全省防汛虚拟云空间；⑥全方位服务社会公众：全面对外开放数据查询，以

形象化方式展示呈现。

3 系统分析与设计

3.1 设计原则及目标

利用云计算、移动互联网、大数据等先进技术。将目前全省所有项目县县级山洪预警平台统一整合至省级中心集中部署，形成基于全省水利骨干专网，采用分级权限管理和独立展现、搭建水利内部云架构的“湖南省防灾减灾防御云平台”。平台在充分保持各项目县目前已有的功能模块、布局格式、使用习惯基础上，除了新增集成山洪调查评价成果和小流域洪水预报分析功能，初步实现“信息互通、资源共享、业务联动、决策协同”的目标，并尽可能集成更多已有省级水利业务数据库的各种数据，为湖南防汛抗夯实基础。全面实现以“云平台+微应用”为建设思路的防汛业务“云化”新模式。

为在防汛云总体架构基础上，围绕防汛云基础资源构建形成防汛云生态体系，即防汛云开放云服务体系和防汛云应用生态体系。根据建设需求，采用云化的思维将多种基础资源中间件形成云开放服务对外提供，同时建立可控的防汛云应用开发体系，为各种规模和各种类型的云应用，包括防汛应用、协作应用以及防汛民生应用，提供统一的开发、运行和管理服务。

3.2 系统总体架构

总体架构为“四横两纵”结构，其中四横为基础设施服务、平台服务、数据服务和软件服务四层服务（DaaS 可视为独立一层）架构，两纵为云管理和云安全两大体系。

图 1　系统总体架构图

第一部分：云基础设施（IaaS）建设，利用云计算池化技术，建设计算资源池、存储资源池、网络资源池、灾备资源池，根据应用情况随需拓展，实现动态拓展、按需分配，资源共享。

第二部分：云平台服务（PaaS）建设，利用云平台技术，建设开放式数据中间件、处理中间件、服务中间件、开发工具包等服务模型，为云应用开发提供标准统一、开放共享的云服务平台。

第三部分：云数据服务（DaaS）建设，利用云计算大数据处理技术，汇集各类水利和社会数据，形成海量的数据中心。

第四部分：云应用(SaaS)建设，包括云通用服务和专题应用。打造防灾减灾防控一体化等应用，建设移动云终端，建设社会服务、个性化开发服务、防汛人员自助开发服务的云应用，集成云平台和有关业务系统，形成更具广度、深度的合成应用。

第五部分：云平台管理运维建设，主要包括云标准、云运维等内容。云标准：采用国际、国家和水利部已发布的标准，申报制定新标准。云运维：不断强化云基础、云平台、云数据、云应用等运维工作。

第六部分：云安全运维体系：通过完善安全技术设施，健全安全规章制度，提升安全监管能力。进一步完善建设、采集、应用、共享、培训、考核和监督等工作规范。

其中基础服务、云平台管理运维和安全体系相关研究相对完整，本次不做深入介绍。

4 主要系统设计

4.1 DAAS 层设计

整个 DAAS 层组成部分有数据存储、数据组织、数据处理、资源管理、数据服务支撑几个完整的部分实行省、市、县、乡、村防汛数据逻辑上统一存储和使用，做到全省一库（逻辑上形成全省五级统一标准的数据库）的建设。通过统一标准的数据库建设，一是解决现在数据标准不统一，不能全局使用的问题；二是根本上解决数据共享的问题；三是通过分布式存储，实现省、市、县互为备份，可以很好的解决省、县数据双向同步的问题。省级用户可以实时了解县级监测预警的情况，一旦发生事故，省防办可以全面掌控全省情况，从而制定更加合理的应急方案。

图 2　DAAS 层技术架构图

4.1.1 分布式存储设计

在汛期各类防汛信息除了雨量、水位还有大量的视频监控信息，而现有的我省防汛骨干网省市之间只有 10M（在该网上同时办理水资源管理系统、水文水情上报系统、中小河流管理系统等），汛期如果这些数据都集中到省中心节点，对机房环境要求高，要求机房空间大，承重、空调等，带宽也无法支持视频的集中存储到省中心的要求。因此考虑到投资和现有技术条件，采用对骨干网带宽要求低，多套低端的小容量的存储设备分布部署，设备价格和维护成本较低，对机房环境要求低的分布式存储技术。

针对山洪灾害防治业务系统海量结构化、半结构化和非结构化数据的存储和计算需求，在每个市局、县区局(不含市辖的区局)构建基于无共享集群架构的分布式文件系统和分布式数据库系统(Hadoop 集群)。通过省级山洪灾害监测预警信息共享系统提供的分布式数据融合服务，将各地市存储的视频图像数据、防汛信息等加载到 Hadoop 集群中。对导入 Hadoop 集群中的数据进行标准化，统一数据格式等。数据加载到 Hadoop 集群中，数据是被集群中的 pcserver 群分布式并行计算的，因此能够实现计算的快速化。Hadoop 集群的应用可以保证存储容量和计算能力的同步线性扩展，不会因为数据量的增大而导致计算性能的下降。同时，hadoop 集群通过多副本实现数据的容错，可以保障业务连续性。

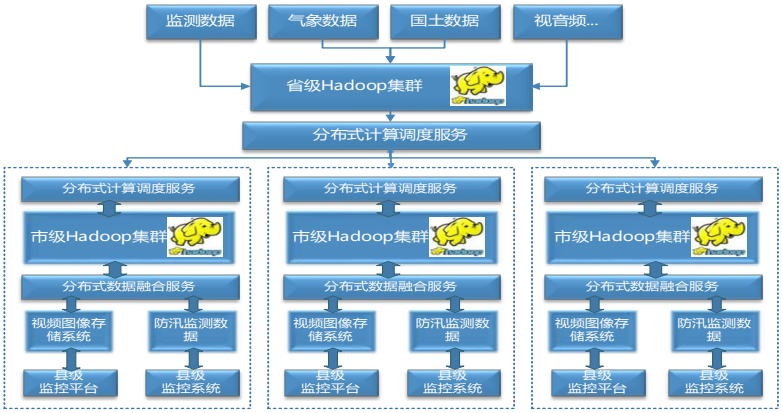


图 3　分布式存储技术架构图

Hadoop 的框架最核心的设计就是：HDFS 和 MapReduce。HDFS 为海量的数据提供了存储，则 MapReduce 为海量的数据提供了计算。

4.1.2 海量结构化数据库设计

使用 HBase 数据库搭建一个高可靠性、高性能、面向列、可伸缩的分布式存储系统，HBase 技术可在廉价 PC Server 上搭建起大规模结构化存储集群。这样可以很好的利用各项目县已有的 PC Server，无须花费巨额资金采购高端设，且可以充分利用已有设备，就可以满足系统需求。

4.2　PAAS 层设计

PAAS 层实现把 HDFS 分布式文件系统、分布式资源调度、列式数据库、分布式协作服务、流式计算框架、内存计算框架、实时计算框架、分布式计算框架、数据挖掘、搜索引擎等资源和能力以云服务的形式提供给用户，支持基于大数据的高可用、高并发、可伸缩的计算环境，实现多种弹性云服务的统一部署、配置和集中管控等。实现成全省一图一平台的新应用模式。

通过一张图（全省统一的防汛抗旱地理信息系统）的建设，一是解决地理信息更新的问题，尤其是现在建设速度快，当发生山洪灾害时，可以更准确的了解信息。二是减少重复投资，实现软件复用，同理数据库、报表工具等都可以全省只购买一套，减少重复投资，更加关注业务应用建设。三是通过防汛一张图的建设，使防汛更加直观，为省级领导或非水利专业人员在应急会商时能更快速、更专业、更准确地制定应急方案。

建设全省统一的大数据云平台。按照“云平台+微应用”的建设思路。一是解决数据安全且高效使用的问题，随着水利普查和山洪调查的开展，省水利厅积累了海量数据，传统的信息化建设模式不管从性能上还是安全上，都无法满足需求，通过大数据平台的建设可以很好地解决这方面的问题；二是解决传统信息化建设中的“信息孤岛”“信息烟筒”的问题，通过统一的平台建设，可以从根本上解决这些问题；三通过大数据建设产生的“化学效应”，更好的服务防汛抗旱，促进服务型政府的转型。

图 4　PAAS 层技术架构图

4.2.1 千万级高性能高可用性系统设计

采用成熟的 Nginx+Tomcat+Memcached 负载均衡集群服务搭建，Nginx 负责负载均衡，Tomcat 负责实际服务，Memcached 负责同步 Tomcat 的 Session，达到 Session 共享的目的。高并发量的数据访问采用数据库读写分离的方式来实现。这种架构稳定可靠并且提供了很好的水平扩展能力。架构图如下：

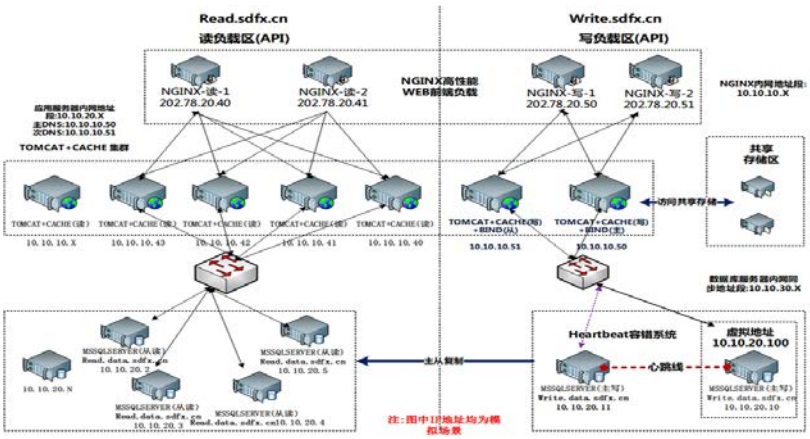


图 5　千万级高性能高可用性系统网络架构

4.2.2 分布式计算设计

分布式计算是面向大数据进行数据处理或者挖掘分析时，通过提供非常大的计算能力来解决，通过将一个大的任务划分成多个部分，然后把这些部分交给多个计算机进行处理，最后把这些计算结果综合起来得到最终的结果的计算技术。

服务引擎使用 Hadoop map/reduce 等分布式计算技术，用于日志分析统计、商业智能分析、客户营销、大规模索引、海量数据排序和词频统计等不是实时性要求高的业务。

服务引擎 memcached、redis 等缓存技术，将变化较少但需要频繁读取的数据资源在数据库与应用之间增加高速缓存，可以有效降低数据库压力，极大提升系统性能。

为了保证缓存系统的高可用性，增加缓存容量，平台会构建分布式缓存集群。数据读写时，根据 key 值路由到不同的缓存节点，并在多个缓存节点镜像备份。

4.2.3 流式计算设计

有些计算不是离线的，需要实时返回结果，比如一些实时监测预警，需要实时的将一些结果计算出来，为管理员实时提供一些有参考价值的信息。Storm 是一个分布式的、容错的流式计算系统，遵循 Eclipse Public License 1.0,Storm 可以方便地在一个计算机集群中编写与扩展复杂的实时计算，Storm 之于实时处理，就好比 Hadoop 之于批处理。Storm 保证每个消息都会得到处理，而且它很快——在一个小集群中，每秒可以处理数以百万计的消息。可以使用任意编程语言来做开发。

4.2.4 云服务总线

云服务总线是平台核心组成，是信息资源共享交互的传输通道，实现服务资源统一访问调度的支撑系统。云数据服务总线通过挂接本地服务接口、外部应用提供服务接口以及共享服务接口，为本省及其他防汛机关应用提供丰富的服务资源。云数据服务总线主要功能包括服务接入适配、服务路由调度和服务日志审计。

4.3 SAAS 层设计

采用“云平台+微应用”的模式，将当前先进的系统架构理念和大数据平台相结合，在防汛抗旱微应用中心、用户中心等框架下，突破传统大而全的业务开发模式、大胆创新在满足各种防汛抗旱应用功能对接的同时，还可快速搭建各类核心小系统，开发出个性化的微应用，满足防汛及时反应、快速决策和移动防汛的新诉求。为开发者集中提供应用开发、接入、管理、推广、统计分析等全生命周期服务，帮助开发者高效构建和推广应用，为应用使用者提供应用检索、安装、使用的统一渠道和入口，联合应用开发者和使用者一道建立真正开放、稳定，良性的应用生态系统。除了可以支持传统的山洪灾害预警系统、防汛抗旱指挥系统、APP 应用等，还进行创新应用如：大数据比对碰撞、大数据研判预警、防汛 DNA 检索等。

5 结语

本文以湖南省为研究对象，对于山洪灾害监控预警系统提出了一种新的建设思路，具有很好的借鉴意义，且效果明显。通过系统建设，为县级山洪预警提供可靠稳定异地备用平台；跨部门的资源共享与应用整合变得更加容易；全省防汛用户在同一的平台上进行工作，真正实现协同防汛；改变工作模式“由人找信息、变为信息找人”；按行政级别进行层次化管理，为每个实体用户提供独立的应用环境，兼顾流域上下游资源共享需求和实体用户自治灵活性的需求；监测数据实现从监测到值班人员桌面，一分钟内到达，实时调取现场视频了解现场真实情况；提前 72 小时预知洪灾。

参考文献

[1]刘荣华. 全国山洪灾害防治大数据平台

[2]莫荣强，艾萍，吴礼福，岳兆新，冯鹏.一种支持大数据的水利数据中心基础框架. 水利信息化, 2013(3)

基于服务模式的山洪预警新思维

陈金水

（河海大学，江苏南京）

摘　要：我国幅员辽阔，地形地质条件复杂，暴雨多发，山洪灾害对人民生命财产危害极大，必须预先报警，及时转移人员，减少伤亡。本文首先介绍我国自 2010 年以来启动的山洪灾害防治非工程措施项目建设现状，然后对山洪灾害防治系统的组成进行了介绍，接下来分析了我国山洪防治系统运行中存在的问题。在此基础上提出了基于服务模式的山洪预警新思维，即采用 PPP 模式，引入行业公司对系统和设备进行整体运维，为政府和民众提供专业服务。

关键词　山洪灾害防治　预警系统　服务模式　PPP

1 引言

山洪灾害是指山丘区由于降雨引发的山洪和由山洪引发的泥石流、滑坡等对人民生命和财产造成损失的自然灾害。据统计，我国每年因山洪灾害对国家和人民生命财产造成的损失约占自然灾害造成的总损失的 40%左右。为了保障山丘区人民生命财产安全，实现我国经济社会的全面发展，2006 年 10 月国务院以国函[2006]116 号文正式批复了《全国山洪灾害防治规划》，批复意见要求“要以近期规划项目为重点，以人员能及时转移、减少伤亡为目标，抓紧在山洪灾害重点防治区进行试点，实施雨量监测、预警系统建设、预案编制等见效快的非工程措施和必要的工程措施。要加强宣传和管理，加强群众防灾减灾意识，提高自防、自救和互救能力，构建群测群防体系。”

近年来，我国已完成大量山洪灾害防治系统非工程措施建设，部分项目已经进入三年质保后的运维期，本文针对山洪灾害防治预警系统运维中的问题提出基于服务模式的山洪预警新思维。

2 山洪灾害防治现状

我国幅员辽阔，地形地质条件复杂，暴雨多发的气候特征、密集的人口分布和剧烈的人类活动影响等决定了山洪灾害防治的任务十分繁重。山洪灾害防治非工程措施项目建设自 2010 年启动以来，中央财政累计安排补助资金 100 余亿元，初步建设了 2000 多个县的山洪灾害监测预警系统，新建自动雨量、水位监测站 5 万多个，水位站 3 万多个，简易雨量站 18 万多个，预警广播系统 16 万多套，构建了监测预警体系和群测群防体系。当前仍在进一步开展山洪灾害防治非工程措施体系补充完善、系统延伸到乡镇、山洪灾害调查评价、重点山洪沟（山区河道）防洪治理和洪水风险图编制等工作，以进一步提高我国山洪灾害综合防御能力和洪水风险管理能力。

3 山洪灾害防治预警系统介绍

3.1　系统框架

山洪灾害防治预警系统整体框图如图 1 所示。系统通过人工观测和自动测报获取与山洪

灾害防治相关的基础数据，而后进行数据分析，在此基础上做出预警评估。根据评估的结果，如果存在警报，则通过系统进行预警发布；根据职能部门对预警的响应和反馈信息，系统进一步地进行数据分析和预警评估。

3.2 模块划分

山洪灾害防治预警系统模块划分如图 2 所示。计算机网络系统为系统数据接收、处理、加工与信息查询、预报决策、预警与信息发布、信息交换等服务提供硬件、软件平台。数据库主要为系统维护管理、信息查询与服务、预报决策与预警提供数据信息。除此之外主要模块还有：1）基础数据监测子系统，主要完成现场的原始数据采集和传输；2）信息汇集子系统，主要完成与现场的数据通信，信息接收，数据预处理，数据库处理等；3）数据平台，主要完成数据分析和评估，并提供信息查询；4）预警平台，预警信息发布，跟踪，响应，以及对预案实施的监视。

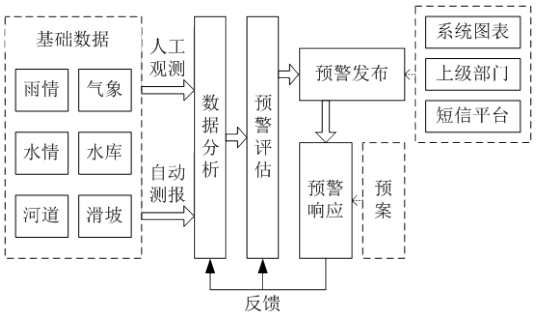


图 1　预警系统总体框图

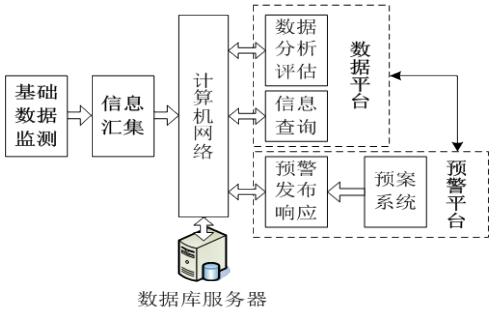


图 2　预警系统模块划分

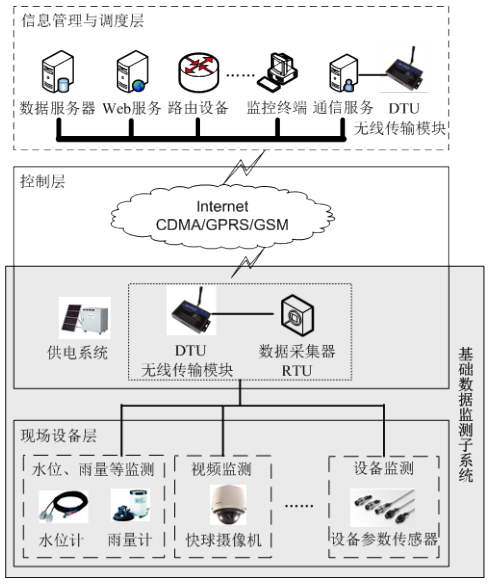


图 3　基础数据监测层次图

3.3 山洪灾害防治预警系统实现

3.3.1 基础数据监测子系统

要进行山洪灾害预警，首先要获取预警所需的相关基础数据，包括：雨情、水情、河道状况、天气情况、水库、滑坡等。特别是雨情和水情的实时数据，对于山洪灾害预警是至关重要的。如图 3 所示，基础数据监测子系统的建设属于现地系统，主要包括传感监测仪表、

控制执行设备、人机接口、监视摄像机等。现场设备通过总线方式与控制调度层相连，将监测信号向上层传输，并按照控制调度层下发的控制命令直接对生产设备相联系，此外还负责现场指示、显示与操作。控制层由远程终端 RTU 组成，负责调度与控制指令的实施。控制层有多个控制站，控制站之间联成网络可以实现数据交换。远程终端 RTU 通过 Internet 或者 CDMA/GPRS/GSM 网络与数据中心服务器进行通讯，实现数据远程采集。

3.3.2 信息汇集子系统

信息汇集子系统的任务主要是将各种原始数据存储到数据库系统。由于原始数据的种类繁多，且来源于不同的途径，其信息汇集路径如图 4 所示。自动监测站可对现场水情、雨情等数据进行招测或定时上报，通过信息管理与调度层的计算机接收与数据分析处理，为上层应用系统提供原始数据集；此外还提供语音电话报汛、人工报汛、人工数据录入等多种途径汇集信息。由于信息汇集路径不同，数据类型及格式都存在差异，所以在将原始数据存储到数据库系统之前需要进行统一的数据格式规范。

3.3.3 数据平台

数据平台在基础数据监测子系统的基础之上进行数据的分析评估，并为用户提供数据查询服务，其功能流程以及同基础数据监测子系统和预警平台的关系如图 5 所示。

（1）数据分析

数据分析的任务是对基础数据进行再加工。由于系统的不稳定性，原始数据通常会存在异常值，因此数据分析的第一步就是剔除异常值或采用插值法补全丢失的数据；而后进行数据统计，比如计算数据的极大极小值，均值、方差等，并对比历史数据得出系统所关心的数据；基于水利模型进行更高层次的分析计算，如淹没分析等，从而为预警评估提供参考。

（2）预警评估

在分析数据基础之上，根据预警模型及预案，对当前山洪灾害等级进行评估。如果存在可能的危害，则将警报级别及相关数据发布到预警平台，等待响应。

（3）数据查询

无论数据分析结果还是预警评估结果都通过 WebGIS 平台提供图形和表格界面查询。

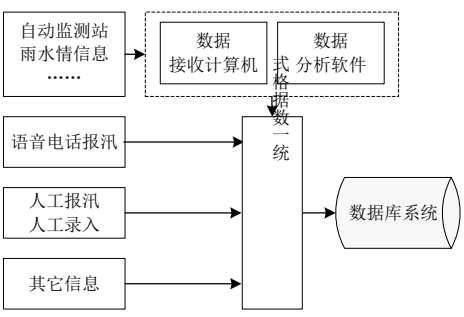


图 4　信息汇集路径图

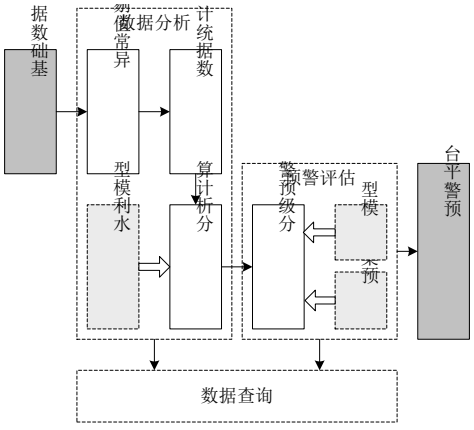


图 5　数据平台关系图

3.3.4 预警平台

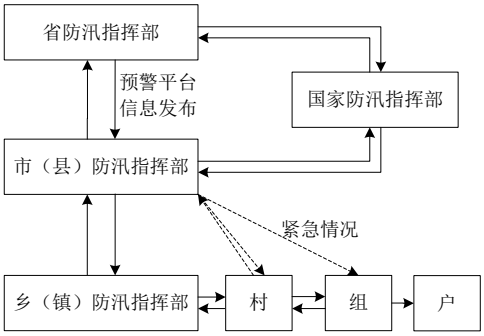


图 6　预警流程及层次图

预警平台的任务主要是发布预警、响应及跟踪。数据平台经过数据分析及预警评估，如果发现威胁则将预警信息发布到预警平台，由预警平台按照事先规划好的流程进行预警发布及预警响应等，如图 6 所示。

4 山洪防治系统运行中存在的问题

4.1 存在的主要问题

（1）基础资料收集的完整性与准确性

根据山洪灾害防御工作需要，山洪灾害监测预警系统有关表格数十种，涉及小流域、历史洪水、监测站点信息及关联乡镇、村组防汛人员等等，要确保数据的完整性及准确性，难度很大，特别是一些人员信息经常变动，有些基础数据要反复修改多次，工作量极大。

（2） 临界雨量难以准确界定

因影响临界雨量的因素多，且地质地形、前期降雨、山洪灾害种类（山溪洪水、滑坡）等各种因素的定量关系难以区分开，各次激发灾害发生的雨量均不完全相同，因此区域内各站的临界雨量也不尽相同。当前主要在分析总结当地历史山洪灾害发生时降雨情况的基础上，确定临界值，没有很全面的理论根据，需要在今后的运行实践中，进行补充修正。

（3）小流域洪水预报还需深入研究

小流域面积相对较小，河道比降大，洪水汇流速度非常快，洪水陡涨陡落，各小流域之间又相互关联，加上山区小河流水文资料缺乏，目前预报方法不多。

（4） 响应措施计算机化水平有待提高和完善

山洪灾害防御预案中确定的四级响应具体措施，在实际操作中，因面临的实际情况不同，难于做到按部就班，需要灵活应对，同时，将人的行动措施纳入计算机化也有一定难度，还需要在今后的工作中，予以规范和强化。

（5）系统建设本身存在缺陷

由于山洪预警非工措施项目建设比较仓促，建设周期长，建设单位多，造成目前已建项目质量参差不齐。比如建设标准不统一，短距离通讯简易水位站不能适应复杂的现场环境等。

（6）运行维护管理难度较大

山洪灾害监测预警系统雨量站、水位站、广播站等设备均露天外置，特别是水位站大多布设在偏僻的野外，无人管理，极易发生设备被盗或人为破坏等情况。另一方面，系统维护

技术要求高、涉及知识面广，而县级防办人员偏少，往往是身兼数职，无专人管理，技术力量也比较薄弱，疲于应付，工作效率和效果往往也不理想。县级山洪灾害监测预警系统年运行费一般在 20～30 万元之间，由于没有专门的资金投入，也往往使维护管理工作陷于被动。

（7）保障体系建设还有很多工作没有真正到位

山区群众受教育程度相对较低，对灾害认识不足，防灾意识淡薄，自救互救能力低。此外，虽然各乡镇（场）和山洪地质易发区都编制了防御预案，但还有一部分预案编制不详细，缺乏操作性，还有一部分乡镇和村预案编制只是为了完成任务，编制上报就完事，未向群众宣传，群众不知晓，明白卡发放还不能做到真正到位。

4.2 存在的核心问题

针对发现的问题，其核心是运维的专业性和运维的资金如何保障。传统的应对措施，诸如加强临界雨量界定、小流域洪水预报、分布式水文模型等课题的研究；规范技术要求，加大建设力度；进一步完善预警系统管理体系，加强管理和维护；进一步理顺相关部门之间的关系；进一步加强和落实保障体系建设。这些措施都无法从根本上解决好运维。

5 基于服务模式的山洪预警新思维

针对山洪预警系统中的核心问题，本文提出采用 PPP 模式，引入行业公司（社会资本）对系统和设备进行整体运维，为政府和民众提供专业服务。

5.1 什么是 PPP 模式

PPP 模式是 Public-Private-Partnership 的字母缩写，即公私合营模式，是指政府与私人组织之间，为了合作建设城市基础设施项目，或是为了提供某种公共物品和服务，以特许权协议为基础，彼此之间形成一种伙伴式的合作关系，并通过签署合同来明确双方的权利和义务，以确保合作的顺利完成，最终使合作各方达到比预期单独行动更为有利的结果。PPP 模式将部分政府责任以特许经营权方式转移给社会主体（企业），政府与社会主体建立起“利益共享、风险共担、全程合作”的共同体关系，政府的财政负担减轻，社会主体的投资风险减小。

图 7　发改委对 PPP 模式的定义

5.2 PPP 模式的分类

PPP 模式一般分为三类，如图 8 所示。

（1）外包类：PPP 项目一般是由政府投资，私人部门承包整个项目中的一项或几项职能，例如只负责工程建设，或者受政府之托代为管理维护设施或提供部分公共服务，并通过政府付费实现收益。在外包类 PPP 项目中，私人部门承担的风险相对较小。

（2）特许经营类：项目需要私人参与部分或全部投资，并通过一定的合作机制与公共部门分担项目风险、共享项目收益。根据项目的实际收益情况，公共部门可能会向特许经营

公司收取一定的特许经营费或给予一定的补偿，这就需要公共部门协调好私人部门的利润和项目的公益性两者之间的平衡关系，因而特许经营类项目能否成功在很大程度上取决于政府相关部门的管理水平。通过建立有效的监管机制，特许经营类项目能充分发挥双方各自的优势，节约整个项目的建设和经营成本，同时还能提高公共服务的质量。项目的资产最终归公共部门保留，因此一般存在使用权和所有权的移交过程，即合同结束后要求私人部门将项目的使用权或所有权移交给公共部门。

（3）私有化类：PPP 项目则需要私人部门负责项目的全部投资，在政府的监管下，通过向用户收费收回投资实现利润。由于私有化类 PPP 项目的所有权永久归私人拥有，并且不具备有限追索的特性，因此私人部门在这类 PPP 项目中承担的风险最大。

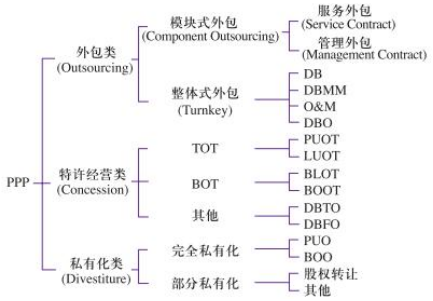


图 8　PPP 模式分类图

5.3 山洪预警 PPP 模式建议

PPP 模式是为了解决政府融资困难而提出的。起初，公共设施建设全部由政府负责，即政府负责出资、建造和运营。然而，由于政府并非经营主体，也不具有建造和运营的能力，因此，政府将建设职能交给专业的社会机构来实施，就形成了 BT 模式（从建设方的角度看就是 EPC 模式）。这就形成了广义 PPP 模式的雏形。在这种模式中，政府承担了全部的资金压力，自有资金不足，政府就需要向金融机构融资，形成了政府负债。随着公共设施建设的规模越来越大，政府的负债率也越来越高。

政府的负债率受到监管，必须要寻找新的融资模式，就出现了 BOT 模式。由于向私人机构融资必须保证项目具有明确的收益机制和较高的收益率，因此，一些质量较好的公共设施建设项目如高速公路、收费大桥等首先被拿出来。政府通过授予私人机构特许经营权，由私人机构自筹资金进行建设和运营，并对收益和风险负责。在环保治理领域，这一模式也广泛开展，如城市污水处理、危险废物处置、烟气治理等。BOT 模式是 PPP 模式的主要组成部分，采用 BOT 模式的项目由于收益机制明确，责任划分清晰，实际操作简便，受到私人机构的普遍欢迎。

在山洪灾害预警服务方面，PPP 模式可以发挥更大的作用。目前我国的山洪灾害预警系统属于公益性项目，暂不可以运营的，主要是为了保证广大人民群众的生命财产安全，维护社会和平稳定。目前所有建设费用由政府出资，维护需要政府专项资金，同时需要较为专业化的人员。然而由于地方政府即缺资金又缺人员，因此项目在建设和运维中有大量的历史遗留问题，难以真正发挥系统的作用。在这种背景下，山洪预警就适合采用 PPP 模式。

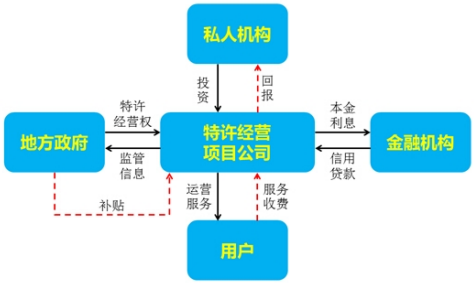


图 9　PPP 模式结构

山洪预警 PPP 模式如图 10 所示。对于适合 PPP 模式的项目，地方政府给予补贴是核心要素。补贴不仅决定了项目是否能够顺利运作，也是提升项目公司资信、帮助项目公司成功获取外部融资的重要前提。因此，在推行采用 PPP 模式进行山洪预警服务的时候，务必要与项目所在地的地方政府进行深入洽谈，要求地方政府明确保证项目补贴能够及时到位。同时，地方政府赋予私人机构特许经营权，由私人机构对山洪预警服务项目进行运营，从而获取一定的收益。私人机构从外部金融机构如商业银行、商业基金等进行融资，在获取收益以后还本付息。于是，一个完整的 PPP 模式下的山洪预警服务商业模式就形成了。

然而，在实际情况中，许多地方政府由于财政紧张，缺乏对山洪预警设施项目的补贴资金。在这种情况下，可以与地方政府进行洽谈，由地方政府无偿将山洪相关数据等资源划拨给私人机构，特许项目公司向山洪相关企业收费，由私人机构通过运营获取收益，该部分收益用作补充财政补贴不足的部分。而从监管的角度来说，由于政府对私人机构进行了补贴，必须要对私人机构的运营状况进行监管，以确保其没有虚报和滥用政府补贴。然而，由于对企业内部运营状况的监管成本很高，政府可以采取投资项目公司的方式成为股东，从而降低监管成本，避免虚假信息。

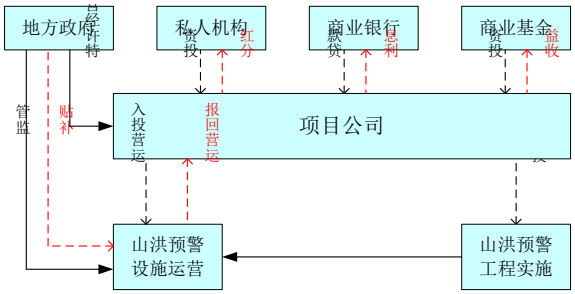


图 10　山洪预警 PPP 模式

6 结论

针对山洪防治系统运行中存在的问题，文本提出采用 PPP 模式，引入行业公司（社会资本）对系统和设备进行整体运维，为政府和民众提供专业服务。

山洪灾害防治入户型无线预警广播研发

解家毕[1,2]　凌永玉[1,2]　张宇[3]

（1.中国水利水电科学研究院，北京100038；2.水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心，北京100038；3.丹东新北方通讯电器有限公司，辽宁丹东118002）

摘　要：针对山洪灾害防治现实需求，提出无线预警广播提质升级的技术思路。在此基础上，继承已建无线预警广播系统的工作模式与特点，研发入户型山洪灾害防治无线预警广播终端，使居民户可接收各级发来的预警信息。系统由预警广播发射端和预警广播终端组成，发射端接收县乡村各级监测预警平台和群测群防设施设备的预警信息，并将预警信息发送到居民户使用的预警广播终端，启动预警信息的播报，增强预警时效。

关键词：山洪灾害　防治　无线预警广播　预警终端

1 引言

广播具有传播迅速、覆盖广泛、接收便利、不受电力制约等特点，利用广播传播应急信息是世界各国的普遍做法。在我国2008年雨雪冰冻灾害和汶川地震、2010年玉树地震和舟曲泥石流灾害中，广播发挥了不可替代的巨大作用。在2010-2015年全国山洪灾害防治项目建设中，我国广大山丘区沿河村落普遍配置了无线预警广播、简易雨量报警器、简易水位站、手摇警报器、锣鼓、高频口哨等预警设施设备，在汛期发挥了很好的防洪减灾作用。但随着山丘区山洪灾害防御态势的变化，预警设施设备标准偏低、组件损毁老化、人口密集区域预警能力不足等问题凸显，亟须对预警设施设备进行补充升级改造，继续强化基层山洪灾害预警能力建设，在重点区域沿河村落配置入户型预警设施设备。为满足未来一个时期山洪灾害防治监测预警设施设备建设和运行维护需求，在水利部科技推广计划项目的支持下，联合专业单位，研发了入户型山洪灾害防治无线预警广播产品，先后在北京、辽宁、河南、贵州、内蒙古等省（自治区、直辖市）示范应用，取得了良好的应用效果，增强了预警信息播报的可靠性，预警时效显著提高。

2 山洪灾害防治无线预警广播提质升级需求

全国山洪灾害防治的前期项目建设中，无线预警广播设备主要有两种类型。

（1）山洪灾害防治无线预警广播（Ⅰ型）。接收GSM/GPRS公网信号、有线电话和本地音频信号，并具有控制、播出和音频功率放大功能的预警终端设备。

（2）山洪灾害防治无线预警广播（Ⅱ型）。包括两部分：调频发射端和调频接收端。调频发射端（预警发射机）接收GSM/GPRS公网信号、有线电话和本地音频信号，具有控制、播出和调频发射功能。调频接收端接收预警发射机发来的调频预警信号并具有控制、播出和音频功率放大功能。部分此类型产品的调频接收端也具有接收GSM/GPRS公网信号、有线电话和本地音频信号的功能。

从近几年在山洪灾害防御工作中的使用情况看，可从以下几个方面予以提质升级。

（1）采用适宜的技术手段，将山洪灾害防治无线预警广播信号直接送达风险区人群。

目前广播大喇叭或号角的有效传播距离一般在 200m 左右，不能实现山洪灾害危险区沿河村落范围的全覆盖，距离广播较远的居民户听不到广播声音，特别是在降雨和风力较强的天气条件下，此类问题更为突出。解决此类问题，可以有两个途径，一是采用有线广播方式，在每个居民户安装一个小喇叭，将广播信号延伸到每家每户；二是采用山洪灾害防治无线预警广播（Ⅱ型）类似工作模式，但将调频接收端简化升级为可供个人携带或可配置在居民户家中的预警广播终端（类似收音机），将广播信号延伸到每家每户或携带此终端的人。此类技术将预警信息直接传播到所有的居民户或户主，熔断预警中间环节，提高预警时效和可靠性，使居民把握最佳逃生时机。

(2)升级无线预警广播组网模式，提高预警信息覆盖面，增强可靠性。目前的无线预警广播（I 型）一般配置在行政村或较大的自然村，无线预警广播（II 型）的调频发射端配置在行政村，在部分自然村配置相应的调频接收端。此类组网方式未与广播电视部门的广播网建立信息共享传播通道，自成体系，各自为战。目前，国家应急广播中心已经正式成立，综合应急广播系统将逐步投入运行。该系统中调频广播作为预警广播主要手段。山洪灾害防治项目建设的无线预警广播（I 型和 II 型）需要升级，与国家应急广播中心的应急广播系统联网运行，提高使用效率，扩展应用范围，例如地质灾害、气象灾害、地震灾害的预警和救援等。

（3）无线预警广播共享水位报警器、雨量报警器等信息源的预警信息。升级无线预警广播信号输入模块，接收简易雨量报警器、简易水位报警器的预警信号，并进行控制和播出，将更进一步发挥无线预警广播的作用，提高预警时效，扩大各类预警信息直接覆盖范围。

（4）在不显著增加成本的情况下，进行调频接收端小型化升级，集成其他功能模块，提高使用效率。将传统的调频接收端进行小型化，便于携带，同时集成调频广播、夜间照明、对手机充电等功能，从而可以避免闲置，确保关键时刻发挥预警作用。

3 入户型无线预警广播功能设计

针对山洪灾害防治现实需求，继承已建无线预警广播系统的工作模式与特点，研发入户型山洪灾害防治无线预警广播终端，使居民户可直接接收相关预警信息。系统由预警广播发射端和预警广播终端组成，发射端接收县乡村各级监测预警平台和群测群防设施设备的预警信息，并将预警信息发送到居民户使用的预警广播终端，启动预警信息的播报，增强预警时效。研发中主要考虑了以下因素。

（1）继承性：继承已有的山洪灾害防治无线预警广播系统（II 型）的工作模式与特点。通过软件和部分硬件升级，做到与原有设备共存、互补，可接收县级监测预警平台信息。已建的无线预警广播（II 型）设备，经过软件更新，可以直接联网使用。

（2）扩展性：无线预警广播终端配置到危险区范围每个居民户或个人，从而将预警信号延伸到每家每户或携带此终端的个人，扩展了无线预警广播网覆盖范围。山丘区预警广播发射端工作半径一般可达 3~5km，可以覆盖一个完整的行政村域。

（3）可靠性：无线预警终端机具有专用的预警信道和数字编码，并且可以现场设定，

确保反插播，保证安全性。可以 24h 静音预警值班，只要有预警信号，即使终端机电源开关处于关闭状态，也可自动启动预警专用信道，并发出报警音和播报预警信息，保证可靠性。

（4）多用途：预警终端机还增加了一些自救功能，如调频（FM）收音、发光二极管（LED）照明、声光报警、对手机充电等。为灾情发生后及时逃生或求援救生提供帮助。

（5）便携性：终端机体积小，便于随身携带。

（6）可多信号源输入：预警广播发射端具有多种无线和有线接口，不仅可接收县级监测预警平台、预警信息，而且可集成简易雨量报警器、简易水位报警器的预警信息。通过软件实现，可直接接收广电部门无线广播电台的预警信息，并即时播报。

4 入户型无线预警广播系统产品开发

入户型无线预警广播系统由预警广播发射机和预警广播终端组成。发射机接收县级监测预警平台、手机短信和电话预警信息，也可接收简易雨量报警器、简易水位报警器的无线预警信息，并将预警信息发送到配置在居民户的预警广播终端，应急播报预警信息。入户型无线预警广播继承了传统的山洪灾害防治无线预警广播（II 型）的工作模式与特点，增加了入户终端产品，实现预警信息到户到人。

（1）预警广播发射端（TTF-9620NS)。预警广播发射机频率 70～108MHz 之间可调，具有可靠的数字编码方案，可抗电磁干扰，防止未授权外来信号的插播；具备远程、本地配置设备参数、管理白名单和设置 SIM 卡的功能；具有固定电话、手机接入，短信转语音功能；具有网络信号、功率指示等基本功能；当收到手机、固定电话等信号后，发射机可自动广播发射；可以设定移动网络通信和本级扩音的使用优先级别。

（2）无线预警广播终端。针对不同用户需求，研发了两个型号的无线预警广播终端产品，即 RJ-3000 和 RJ3000A。各型功能如下所述。

4.1 终端设备 RJ-3000

终端设备 RJ-3000 具有四个主要功能模块（见图 1），分述如下。

4.1.1 预警专用信道和调频广播双信道接收

（1）可接收公共调频（FM）广播，频率范围 70～108MHz。

（2）设有预警接收专用频道，预警接收频率和编码可现场设置锁定，频段 70～108MHz。当正在接收公共广播信号时，若检测有预警信号发来，机内微控制单元（MCU）可以强制将公共信号暂时关闭，改播预警信号。当预警信号结束广播，终端机又自动返回公共广播信道，继续收听广播。

（3）预警信道具有自动复位功能。预警终端机开机，或接收调频广播结束后重新启动，都自动回到预警专用信道。

（4）液晶数字化显示。音量变化、频道存储、调出，收音机接收、扫描，频道切换等都可数字化显示。

（5）高分贝报警音。收到报警信号，推上终端机警报开关，终端机可以连续不断发出高分贝报警声音。

4.1.2　LED 照明与激光求援

（1)预警终端机顶部安装有高亮度 LED 灯，光照度为：45000mcd。在警报和灾情发生时，LED 强光可作为手电筒和应急灯使用。

（2）收到报警信号后，除发出声音报警外，LED 灯还可以灯光报警，夜间照明距离达百米。

（3）激光救援灯。在顶部 LED 灯中间安装一只激光发射管，激光可以产生红色激光束，射程达 300m，以备救援时使用。

4.1.3 手摇发电和锂电池充电

（1）装有手摇发电机，输出功率为 1.5～2.3W。连续手摇发电 3min（120rad/min），前置 LED 灯可使用 60min，或者调频（FM）收音机可连续使用 60min。

（2）机内装有 820mA 聚合物锂蓄电池。配置有 USB 通用接口，在紧急转态下可以为手机或数码产品充电，以便与外界保持联系和求援。

4.1.4 数字可寻址功能

（1）RJ-3000 装有数字可寻址解码芯片。每台设备都有自己的 IP 地址编码。只有在解码器解压后，预警终端机才可以开通，可保证终端机不受外界干扰和夜间静噪值班。

（2）预警终端机双音多频（DTMF）编解码数量：999×999。

（3）根据需要，发射机可以实现预警网调度和指挥，可单独呼叫、群呼叫或全呼叫。

4.2 终端设备 RJ-3000A

RJ-3000A 是在 RJ-3000 预警终端机基础上开发的系列预警终端机产品之一，主要技术指标与 RJ-3000 相当，同时具有以下特点。

（1）调频预警双信道接收，预警信道优先。

（2）关机状态下当有预警信息来时可以自动接收预警信息。

（3）接收预警信号的同时，可以将预警声音自动录音（20s）并存储。

（4）开机液晶屏显示有录音播放功能，可重放存储的预警信息录音。

（5）无手摇发电。机内使用大容量 2600mA 锂电池，待机时间达 72～84h。

（6）具有声音预警、LED 照明、数字可寻址功能。

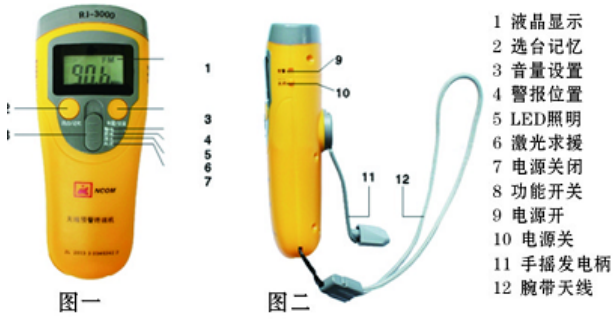


图 1 终端设备 RJ-3000A 实物图

4.3 入户型无线预警网工作原理及过程

（1）根据突发灾情，管理人员利用安装在村委会的预警广播发射机的麦克风、音频输

入口、USB 和 SD 卡，及时广播和转发各种灾情预警信息。

（2）预警广播发射机通过 GPRS、GSM 公网接收转播县、乡级预警广播平台发来的灾情预警信息，也可通过有线或高频无线电波（UHF）频段接收村里安装的水位计、雨量计发来的水雨情预警信息并播报。

（3）村委会安装的高音喇叭直接播放预警信息；其他地点安装的预警广播接收端接收到发射端发出的预警信息后，启动预警并通过高音喇叭广播预警信息。

（4）村里较偏远区域和危险地点的居民配置 RJ-3000（A）预警终端机，也可同时收到村级预警广播发射机播出的预警信息。村防汛责任人收到预警信号，使用终端机声光电功能和已有群测群防设备，共同组织全村有计划转移。

（5）预警广播发射机发射功率 20～50W，覆盖范围 2～5km，一般行政村、自然村基本都能实现全覆盖，实现预警信息到户。

（6）无线预警终端机 RJ-3000 可根据实际需求配备，可配置到防汛责任人、群防员、危险与偏远地点的居民等，实现预警“户户通”。

5 推广应用

具体应用中，入户型无线预警广播可根据防治区地形地貌、村落居民分布采取两种组网方案。

（1）方案 1：在高山区沿河村落（行政村），配置一台预警广播发射机(可以利用已建的无线预警广播（II 型）发射机)，在危险区每个居民户配置一部预警广播终端，实现预警信息全覆盖。

（2）方案 2：在一般山区或丘陵地带，可使用专业预警信息推送和插播软件，实现县级监测预警平台与县（市）级广电部门调频广播平台的预警信息共享，利用广电部门大功率发射台定向发布预警信息，在危险区居民户配置预警广播终端进行预警信息接收与播报。

图 2 应用方案 1（小功率发射机）

研发的入户型无线预警广播自 2015 年初开始先后在北京怀柔区，辽宁振安区、西丰县，河南栾川、卢氏县，贵州开阳县，内蒙古呼和浩特、乌兰察布等地示范推广应用，共安装村级预警发射机 27 台，预警终端机 2100 台左右。在辽宁东港市使用市调频广播电台播放预警节目，共发放预警终端机 200 台，取得良好应用效果。

图 3 应用方案 2（县广播发射台）

6 结语

随着当代信息技术的发展，通过与广电部门、电信部门进行信息共享，利用广播、电视、手机等进行山洪灾害预警信息的播报和群测群防知识普及，将是今后不断深化山洪灾害防治工作的一个重要途径，现阶段需要积极组织新产品研发和示范应用，不断提高我国山洪灾害防御水平。

参考文献

[1] 《山洪灾害防治县级监测预警系统建设技术要求》国家防汛抗旱总指挥部办公室，2010.8

[2] 《广播收音机，广播电视接收机，磁带录音机，声频功率放大器环境要求及试验方法》GB/T 9384-1997

基于技防和人防互补的新型山洪灾害预警系统及其应用

严建华

（北京国信华源科技有限公司，北京100053)

摘　要：本文针对我国山洪灾害防治各个环节出现的问题进行了初步总结，提出了新一代预警设备产品研发功能需求和系统架构，对山洪灾害预警设备进行了改进，开发的新一代山洪预警设备全面解决了山洪灾害防御的“最后一 km”问题：一是预警信息直接入户到人，为组织转移增加有效预警时间 30 分钟以上；二是以小流域为单元进行防御，不依赖于外部电力和通信条件；三是入户报警设备与居民家用日常用品相结合，确保了群测群防设备留得住、存得下、关键时候用得上；四是设备具备系统自动报警、人工按键报警、接受县级平台信息并自动转发报警、人工喊话报警四种功能，“技防”和“人防”互补，大大提高了预警信息发布保障率。新一代预警设备在预警信息传递速度、发布保障率、发送范围精准化、设备保管体制等方面都有质的飞跃，完美体现“专”和“群”结合的山洪灾害防御思路，堪称山洪灾害预警设备的革命性进步，在滑坡、泥石流等灾害防御中也有较大的应用价值。

关键词：山洪　预警设备　监测　进步

0 前言

2010 年以来，我国在全国范围内开展了山洪灾害防治非工程措施项目建设，初步建成了由县、乡、村、组构成的多级防御体系。我国的山洪灾害防治采用“专群结合”方式，“专”即专业的监测预警系统，包括自动雨水情监测系统、县级山洪灾害监测预警平台和专业的预警发布系统；“群”即群测群防，包括建立健全责任制体系、编制县乡村级山洪灾害防御预案、简易监测预警、宣传、培训、演练等。无论是专业监测预警系统，还是群测群防，核心都是准确监测降雨和洪水、及时发布预警并传递预警、组织受威胁群众转移。从近年来山洪灾害防御实际来看，随着山洪灾害防治项目建设，监测信息来源的问题已经得到初步解决，问题主要出在预警发布、预警传递等环节，也就是常说的“最后一公里”。在调研和总结山洪灾害防治实际需求的基础上，提出了新一代预警设备产品研发功能需求和系统架构。

1 山洪灾害防御中的薄弱环节

2013 年 7 月 25 日，甘肃省天水市武山县发生山洪灾害。7 月 24 日 21 时 45 分，杨河乡杨楼村党支部书记杨建国接到预警信息召集全村党员干部 10 余人采用预警广播发布预警通知和挨家挨户敲门通知，至 25 日凌晨 10 分转共转移全村 172 户 806 人，凌晨 30 分山洪暴发该案例中传递预警信息用时接近 80 分钟，转移群众用时约 60 分钟。若采用小流域预警系统发布预警，预警信息由人工传递（人防）到自然村（组），再群体发布到户，预警信息传递时间可以缩短 50%以上，整个预警转移过程费时将小于 100 分钟，增加有效预警时间至少增加 30 分钟以上。

据资料显示，2012 年有人员死亡的山洪灾害事件发生 178 起，2013 年发生 181 起。通过对 2013 年 7 月 25 日甘肃天水山洪、2013 年 8 月 16 日辽宁清原特大型山洪灾害及 2013 年 7 月 10 日四川都江堰特大型高位山体滑坡事件等实际案例的分析，可以查找出山洪灾

害防御的薄弱环节，有针对性的改进或研制新型预警设备。

近几年来，部分山洪灾害事件暴露出来的薄弱环节体现在以下几个方面：

1.1 监测环节

山洪灾害具有突发性强、降雨强度大的特点，灾害发生时远远超过发生区域的电力、通信等设施的防洪标准。自动监测站点在超标准暴雨洪水发生时显得十分脆弱，往往会由于电力和通讯中断，导致自动雨量、水位站无法及时报汛。

1.2 指挥决策环节

个别县级平台运行管理人员操作不熟悉，操作规程不具体，导致紧急情况下县级平台无法有效发出预警；

由于依赖于通讯和电力设施，在极端情况下县级监测预警平台无法有效监测降雨和发出预警。

1.3 预警发布和传递环节

（1）预警信息传递难度大。分析原因一是预警响应时间过短，山洪陡涨陡落，来势猛，猝不及防。二是预警信息传递条件困难，山洪发生在山丘区，路线艰险，缺乏有效工具能迅速入户到人。三是防汛责任人压力大，依靠挨家挨户敲门等手段在短时间内通知群众转移，体力消耗和心理压力大。

（2）一些乡镇、村组的山洪防御责任落实有死角，防汛责任人不能及时传递预警信息，预警覆盖范围内漏人、漏户，预警信息不能及时传递到受威胁的每个人。

（3）前期配置的简易监测预警站点只能向邻近防御对象发布信息，不具备直接将信息传递至关联的上、下游防御对象的条件。

1.4 设备自身环节

（1）前期配置的简易监测预警设备存在损毁现象，或者成为摆设。对于一个地区来说，山洪灾害为稀遇事件，很多简易设备不经常应用，再加上缺乏有效保管，易损毁或丢失。

（2）预警广播传播距离受限，有被外部信息侵入风险，而且管理难度大。

3 解决方案

3.1 需求分析

除加强山洪灾害防御专用设备的运行管理之外，为了弥补上述薄弱环节，新一代预警设备应具备以下条件：

具备监测和预警发布、传递功能。形成监测和预警的封闭系统，最大限度减少中间环节，避免了因中间环节失效而不能及时发布预警的情况发生。

预警信息直接入户到人。山洪危险区内每户布设室内报警设备，保障防洪现状能力低的居民户都能够实时收到预警信息。

监测与报警设备分离。按照流域的实际情况布设监测设备，使监测信息自动传送至关联的上、下游防御对象。

室内报警设备与常规日用品相结合，“平战结合”，实现“日常家用，临灾报警”，让专有

设备能够在群众家中留得住，关键时刻用得上。

具有组网通信能力，在灾害来临时，不依赖于外部电力和通信条件。

具备自动报警和人工报警两种功能，一般情况下，系统根据预设的阈值自动报警。防汛责任人研判灾情发生程度也可手动发出预警。

3.2 新型山洪预警系统

3.2.1 系统架构

新型山洪预警系统紧密结合山洪灾害调查评价成果，以小流域为单元布设，包括简易雨量站、入户型简易水位站、入户报警器、防汛呼叫器、无线中继站等。新型山洪预警系统拓扑图见图 1。

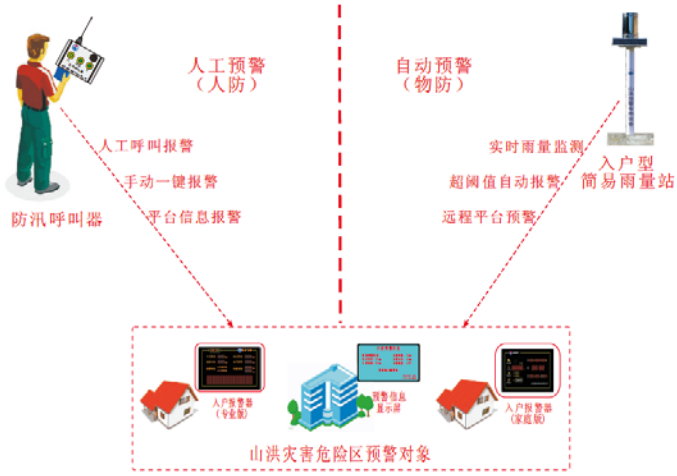


图1　新型山洪预警系统拓扑图

（1）简易雨量站。简易雨量站可实时监测降雨，雨量监测值超预警阈值后，可自动向入户报警器传送预警信息。

（2）入户报警器。入户报警器具有接收从简易雨量站传来的实时雨量、其他预警信息显示和播报功能，当雨量超过预设阈值时可以通过声、光、数据显示三重报警形式及时向屋内居民发出预警。入户报警器采用家庭日用品与报警器结合的亲民形态，入户报警器配置直流备用电源，供交流停电时使用。入户报警器还兼具“明白卡”的功能，以不干胶贴纸张贴转移路线及临时安置地点、转移注意事项等，可确保以家庭为单位分散转移时按指定路线转移不慌阵脚，也在日常生活中潜移默化起到了山洪灾害防御常识宣传教育作用。

（3）防汛呼叫器。一般情况下，简易雨量站和入户报警器直接组网，系统自动传送雨量监测信息和预警信息入户到人。同时，系统还考虑了人工干预的环节，开发了专用的防汛呼叫器，用以应对系统自设预警指标过高而人工观测灾情已经出现的情况。防汛呼叫器一键发射预警信息、接收县级平台预警信息并转发入户、向入户报警器单向喊话三种报警方式。一键发射方式充分利用了防汛责任人的经验，可解决预警指标不准而误发预警的情况，单向喊话的方式增加了群众的踏实感，也可成为通知开会的好工具。通过防汛呼叫器的三种报警方式再加上系统内置预警指标自动报警的方式，形成了预警信息发送的“四保险”，解决了以往的预警信息发送保障率低的问题。

（4）预警信息屏。可接收短信、简易雨量站、入户型简易水位站数据，当雨量/水位监测站发送预警信息时，预警信息屏中断常规文字播放内容转而播放预警文字信息。户外预警信息屏宜安装在居民集中处和学校、厂矿等单位。

（5）无线中继站。主要适用于简易雨量站与流域内关联居民区距离较远的应用环境。

3.2.2 系统布设原则

新型山洪预警系统以流域为单元布设，直接将简易雨量站布设在流域中心，降雨监测值和预警信息传送至位于山洪灾害危险区的居民户内。结合山洪灾害调查评价成果，提出的系统各设备布设原则如下（布设示例见图 2）。

（1）简易雨量站及对应的入户报警器原则上按照小流域布设，原则上流域面积 10-30 km^2 建设一套。

（2）简易雨量站应尽量安装在流域中心或者暴雨中心等代表性地段，同时考虑地形抬升等因素影响。

（3）入户报警器依据山洪灾害调查评价成果，原则上防洪现状低于百年一遇以下的居民户全部安装。针对一般村民采用入户报警器（家庭版），机关、企业、厂矿可采用入户报警器（专业版）。

（4）在集中居民点防汛责任人值班地点安装入户报警控制器。

（5）无线中继站应安装在雨量站与入户报警器集中安装区域的中间地点（选点应地势较高且相对空旷），发射天线应朝向入户报警器集中区。

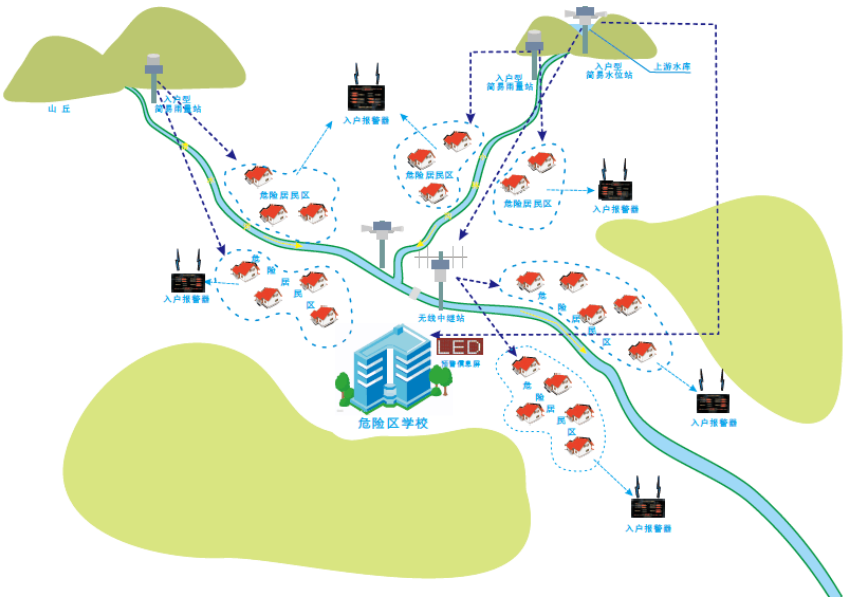


图2 新型山洪预警系统布设示意图

3.2.3 系统特点

（1）同时具有监测和预警功能，监测预警信息直接进入入户报警器，省去信息传递的中间环节；

（2）预警终端入户，与日常用品相结合，使用者有积极性；

（3）系统具有预设的预警指标判定自动预警和人工发出预警两种方式。

（4）自组网，不依赖通讯公网传递预警信号，无通信费用，不依赖外部电力；

（5）结合山洪灾害调查评价成果，提出了设备布设原则，形成了完整的应用方案。

3.3 应用实例

为验证新型山洪预警设备使用效果，结合山洪灾害防治非工程措施示范区建设，在典型流域进行了实地布设。该流域 82.47 km^2，涉及 3 个乡镇，9 个行政村，21 个沿河村落，有企事业单位 6 个，小学 1 座。

根据以上系统布设原则，将该流域再划分为 5 个小流域，以小流域为单元布设简易雨量站，流域中心点建设简易雨量站 5 个；流域有 2 个小型水库，采用开敞式溢洪道泄洪，在水库溢洪道下游设置 2 个入户型简易水位站，在 2 条河道汇合口也设置 1 个水位站；流域内受威胁居民户 572 个和受威胁企业 6 个建设入户型报警器家庭版 578 个。考虑到防汛责任人要到行政村一级，故涉及的 9 个行政村村长家将安装防汛呼叫器 9 套，根据通信范围和距离加装无线中继站 6 套，具体设备布设情况见图 3。

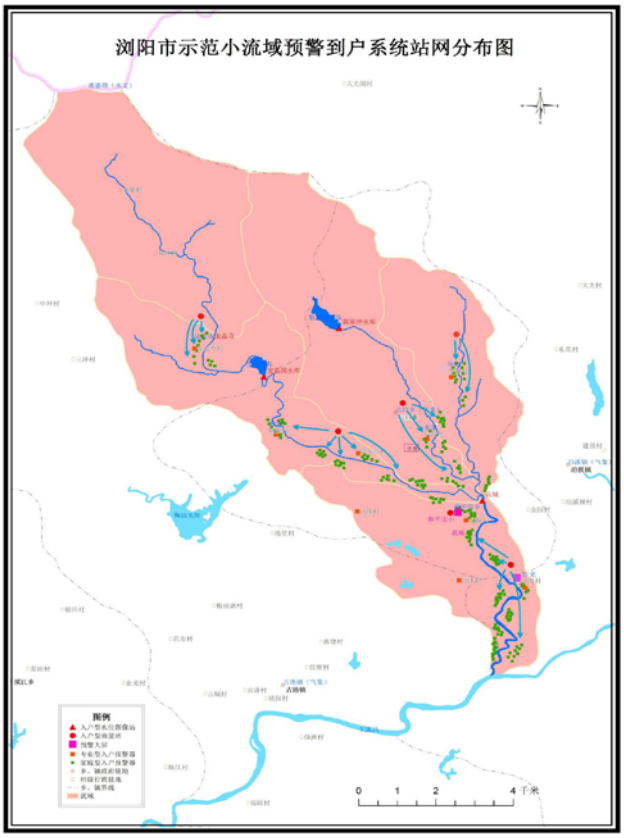


图 3 入户预警系统站网布置图

该流域入户报警系统应用有以下几个特点：一是突破原有的信息传递体制，从图 2 可见，流域横跨 3 个乡镇，新型的监测预警系统没有按照乡镇行政区分布，而是按照流域布设监测和预警设备，更加符合物理逻辑。二是结合山洪灾害调查评价成果，按照流域中心布设监测站点，入户预警设备将防洪现状在百年一遇以下的居民户全部覆盖，确保了雨量监测和预警信息传送范围准确。三是在水库溢洪道和河流交汇口布设水位监测设备，预警终端位于河道下游居民户内，将河道洪峰演进时间转化为预警时间，增加了群众响应和转移应对时间。

4 新一代山洪灾害预警设备

山洪来势猛、流速快、破坏力大，最为关键的就是利用有限时间传递预警信息至每一个受威胁的人员并组织转移，也就是“最后一 km”，相对于传统的山洪灾害自动监测预警系统和简易监测预警体系，研制的新型山洪灾害预警设备成功地解决了困扰已久的最后一 km 问题。

表 1 自动和简易监测预警系统存在的问题及新型预警设备应对解决方案

项目	存在问题	新型预警设备应对	问题是否解决
自动系统和简易系统共有	响应时间过短	预警信息直接入户到人，省去了挨家挨户通知传递的预警信息环节	增加有效预警时间
	防汛责任人压力过大	具备无人值守时自动监测预警并传递信息的功能	解决
	防汛责任人传递预警信息工作强度大	直接入户到人，省去了挨家挨户通知传递预警信息的环节	解决
	预警信息发布“漏人”“漏户“	结合调查评价成果，原则上防洪现状在百年一遇以下的居民户全部安装入户报警器	解决
	预警信息不能完成保障发出	设备具有预警信息发布“四保险”机制	解决
自动系统	极端条件下通讯、电力中断，系统失效	自组网，不依赖外部电力和通讯	解决
	监测、预警发布、传递环节多，整体系统较为脆弱	形成自封闭系统，无中间环节	解决
	存在一定的通讯和运行费用	自组网，无通信费用	解决
简易系统	不具备直接将信息传递至关联的下游防御对象的条件	以小流域为单元布设	解决
	设备保管看护难度大	和群众日常用品结合，群众欢迎	解决
	内置预警指标不准	人工观测灾情，通过一键发射预警信息或人工喊话通知	解决
	设备内置预警指标无人调整	“物防”和“人防”互相反馈，初步建立预警指标修正调整机制	部分解决

5 结语

综上所述，新型山洪预警设备在预警信息传递速度、发布保障率、发送范围精准化、设备保管体制、预警指标修改反馈机制上都有质的飞跃，而且有效解决了“专”和“群”两种体系的固有不足。另外，人工干预报警和系统自动报警两种方式互补、预警终端入户到人并与日常用品相结合等思路在滑坡、泥石流等地质灾害防御中也有较大的应用价值。

参考文献

[1] 涂勇 何秉顺 褚明华 李青 常清睿，2013 年全国山洪灾害特征分析[J].中国水利, 2014(18):

[2] 马美红 何秉顺 郭良 涂勇,2012 年我国山洪灾害特点及问题[J].中国防汛抗旱,2014（S1）

[3] 国家防总办公室.全国山洪灾害防治县级非工程措施项目建设管理总结报告[R],2014

[4] 国家防汛抗旱总指挥部办公室.山洪灾害防治非工程措施技术要求[R].2013.9

[5] 何秉顺,郭良,左吉昌.甘肃岷县“5.10”特大山洪灾害调研[J].中国水利.2012(15):23-25

[6] 邱瑞田,黄先龙,张大伟,左吉昌.我国山洪灾害防治非工程措施建设实践[J].中国防汛抗旱.2012,22(1):31-33

[7] 姚国章.日本自然灾害预警系统建设报告[J].电子政务.2007.11

[8] 南维强.基于无线传输的山洪灾害监测预警系统构建[J].兰州大学.2014.9

[9] 尚兴宏.无线传感器网络若干关键技术的研究[J].南京理工大学.2012.9

[10] One-Minute World News..More than 200 people rescued in floods in Cumbria town [OL] [2009-11-20]News.bbc.co.uk/2/hi/ uk_news/8366360.stm

基于“互联网+”的新型村镇预警系统

肖廷亭

（成都万江港利科技股份有限公司，四川成都610000）

1 村镇预警建设情况

2010 年汛末，国家防总启动了全国 2058 个县级非工措施体系项目建设工作。其中在群策群防体系建设中累计建设各类无线预警广播、简易雨量报警器、简易水位报警器设备 50 余万套广泛部署在各类山洪危险区内。对山洪预警响应和发布起到了重要作用。

由于前期项目设计与建设过程中技术限制大部分村镇预警设备都处于独立运行的状态，各级防汛工作人员都无法有效地掌握设备的工况运行状态，所以如何保障村镇预警系统有效运行将是下一步防汛工作的重点。

2 现有村镇预警系统存在的问题思考

早期在村镇预警系统建设在我国防汛工作应用属于新领域新产品，其技术准备和管理经验相对不足，从而导致后续运维和管理存在着大量的隐患和问题。目前根据各地方使用情况统计其系统完整运行的不足 30%，但是大部分都只是由于缺乏必要的运维管理手段所导致。下面我们对目前常见的村镇预警系统目前运维出现的问题进行总结。

（1）无线预警广播

无线预警广播在前期设计过程中大多采用短信或者本地话筒喊话功能实现，该工作模式通常导致设备是独立工作，在后续状态维护过程中较为麻烦，无法实时掌握其工作状态，其主要问题如下：

图1 无线预警错误安装示意

在预警消息发布过程中需要人工干预进行预警发布，其次对于预警后的状态也无反馈和记录，从而导致无法对最终预警效果进行追踪和记录。

预警设备均没有考虑低功耗以及备用电源情况所以设备在运行过程中由于功耗等问题容易被人为关闭，导致关键时候预警出现问题。

预警广播采用的无线预警配置的喇叭通常为 100 瓦，但是在实际运行过程中，受到距离和遮挡的多方面限制无法完成对一个片区的完整覆盖。

无线预警系统是属于群体广播功能，其播放内容是权威性预警其内容需要进行严格管控，但传统短信方式和本地语音喊话缺乏内容的实时的监管和结果追溯。

（2）简易水位雨量报警器

简易雨量报警器目前大部分采用有线模式，部分产品采用 zigbee 等近距离通讯模式，在使用上采用本地独立预警模式进行。其在使用过程中主要问题如下：

近距离通信讯号穿透问题导致雨量筒和报警器必须可视通讯从而限制了雨量计合理部署。

设备供电采用一次性碱性电池设计，在汛期中如果出现一次预警后容易导致电池耗尽情况。

现有安装容易导致雨量筒堵塞，同时由于设备处于本地运行无法有效判断其故障状态。

通常雨量报警器所发信息都是单一信息源，告警信息采用本地预警方式限制了预警信息的发布。

图 2

图 3

（3）简易水位报警器

简易水位报警器属于河道紧急预警的重要设备，它承担了河道瞬时山洪监测的重要的信息通讯来源，但是由于目前都采用 zigbee、433 等近距离通信技术，从而导致设备无法安装到灾害区上游，减少了洪灾来临的预警时间。

采用近距离通信技术，设备必须配套接收端极大限制了设备的有效应用范围。

设备无运行状态上报机制在野外运行中无法对其运行状态进行管理。

采用普通电池供电容易损坏（普通碱性电池无法适用于野外温度变化较大的场景）。

3 基于物联网的新型村镇预警系统

新型村镇无线预警广播系统充分吸取现有村镇系统使用中的问题，采用全新理念设计应用物联网以及云服务技术，从而实现了设备之间无缝数据共享功能，改变了原有的一对一模式，扩展了数据的有效性和使用范围。

新型村镇预警系统以应用为核心采用软硬结合方式设计，打破原有的数据壁垒实现 PC 端，手机端，设备端数据实时交互，把原有封闭的本地预警改变为数据实时可分享的数据交换网络。

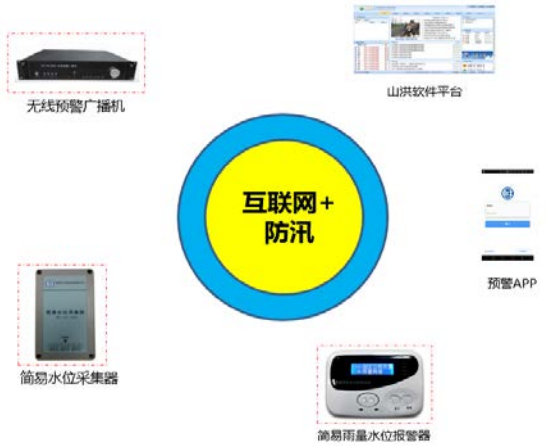


图 4

系统特点：

采用与运营商合作的嵌入式通讯卡设计有效杜绝通讯卡被非法用作其他途径。

直接和运营商合作采用集中服务模式在整个设备使用过程中不产生任何通信费用，有效避免使用过程中由于费用等问题导致设备无法使用和管理。

支持设备定位服务，可对设备安装位置进行精确定位跟踪。

超低功耗在线工作，内部电池在无供电情况下可持续长时工作。

可通过统一集中管理平台实现设备远程管理维护。

可通过 PC 端、手机端对设备进行跟踪管理配置工作。

全系列设备之间可自由通讯。

3.1 新型无线预警广播

新型村镇预警广播系统改变了传统无线预警广播的功能特点，采用物联网技术实现设备之间相互通讯杜绝了原有的距离等限制，扩展了现有系统的灵活扩展。特别是对设备维护以及在灾后事故追踪等方面有着极大的改进。设备具有以下特点。

实时设备关注：实时实现对其他预警设备任意级联工作，可任意关注任何简水、简雨等报警器的预警等预警信息，实现设备联动预警。

喇叭故障检测：支持对预警喇叭状态进行实时监测，对出现故障的喇叭及时告警，实现远程故障诊断。

集中管理：设备实时在线管理可以随时查看设备状态以及当前播报信息，实现了设备运

行状态的维护管理。

播报录音管理：设备在播报过程中将实时采集录音存储，实现远程录音管理等功能。

防盗报警：设备接入防盗报警装置，进行远程报警通知。

播报历史查询：中心管理系统将实时记录无线预警广播播报信息，实现播报历史查询和追溯。

状态管理：系统能实时定位无线预警广播位置以及检查其工况信息。同时对于异常状态通过手机 APP 推送预警以及发送短信方式通知整改。

3.2 新型简易雨量报警器

图 5

新型简易雨量报警器区别于原有报警系统，系统采用 GPRS 通讯为主 433 近距离通讯为辅的通讯模式。在保证本地通讯的情况下，可通过 GPRS 网络和现有县级平台进行结合实现远程对雨量报警器状况进行跟踪，同时可直接发送预警消息到无线预警广播等设备上实现设备之间的无缝报警，该系统解决了原有简易雨量报警装置存在的管理和维护上存在的问题，实现了设备远程可管可控。

联动功能：可实现与手机 APP、无线预警广播等设备进行联动告警。

精确天气：可通过精确定位服务，实现设备安装位置的精确天气预警预报服务。

无线预警功能：可实现与无线预警广播等同样功能实现语音播报功能。

远程管理：可实现实时远程管理功能。

3.3 新型简易水位报警器

新型简易水位报警器突出了原有水位报警系统的缺陷，采用触发式工作模式，确保了设备可以在电池供电情况下连续工作 3 年，在期间设备将定时上报工作状况等信息。同时由于采用 gprs 双通讯模式，不受地域限制可大幅度提升河道预警范围。

高可靠性：采用嵌入式通讯卡设计，杜绝野外设备震动等情况导致的设备故障问题。

精确坐标：基于安装位置的精确定位服务。

4 应用前景

新型预警系统采用物联网新技术的方式改进现有系统的缺陷，扩展了预警系统应用范围，对后续重点村镇预警以及人口密集区的预警有着重大的意义，特别是采用手机 APP 相结合的预警方式对于预警效果的扩展和反馈是目前国内领先的解决方案，该系统将成为未来村镇预警系统的重要组成部分。

全国山洪灾害防治管理平台总体框架设计

孙涛[1]　郭良[2]　刘荣华[3]

(水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心，北京100038)

摘　要：近年来，为了进一步减轻山洪灾害造成的损失，根据水利部和财政部联合下发的《全国山洪灾害防治项目实施方案（2013－2015 年）》，水利部门开展了全国性的山洪灾害调查评价、山洪灾害防治非工程措施完善及重点山洪沟治理工作，同时在中央层级建立国家级的山洪灾害防治管理平台。平台建成后将汇集各地调查基础信息、分析评价成果及监测预警信息，通过开发专业模型进行灾害风险评估及趋势分析，从而提供灾害预警和信息发布服务。针对以上应用需求，考虑计算机软硬件现状及发展趋势，本文从整体设计思路、计算机网络、硬件设施、数据资源、应用支撑及业务应用、主要用户、拓扑结构、数据结构、技术框架、运行维护等方面对平台整体设计进行了介绍。

关键词：山洪灾害防治　管理平台　框架设计

1 背景情况

2013 年 5 月，水利部和财政部联合下发了《全国山洪灾害防治项目实施方案（2013－2015 年）》，其中《全国山洪灾害防治项目建设与管理》（中央本级）2014 年建设任务中包括建设全国山洪灾害防治管理平台，配置管理系统环境及设备，添置必要的计算设备和系统软件，汇集全国各省区山洪灾害调查评价成果，建立国家级山洪灾害调查评价数据审核汇集系统和调查评价数据库，建立山洪灾害监测预警信息管理及服务系统，建立与水文、气象、国土部门信息共享的管道，管理全国山洪灾害监测预警信息，进行山洪灾害风险评估、趋势分析与预报，提供山洪灾害预警信息宏观服务，为国家防总和其他政府部门防灾决策提供技术支撑，为社会公众提供山洪灾害防御信息服务[1,2]。

2 框架设计

2.1 设计思路

全国山洪灾害防治管理平台总体框架设计在数据库建设、应用系统、安全保障、标准规范等方面充分考虑系统建设的开发性、可靠性，要体现前瞻性和可扩展性，总体上具有实用性和可行性、先进性和成熟性、开放性与标准化、可靠性和稳定性、可扩展性及易升级性、安全性和保密性、可管理性和可维护性。

2.2 总体框架

国家山洪灾害防治管理平台由分层支持体系、两大保障体系共同构成，其中分层支持体系包括计算机网络、硬件设施、数据资源、应用支撑、业务应用和用户接入层；两个保障体系包括信息安全体系和标准规范体系[3]。系统框架结构如图 1 所示。

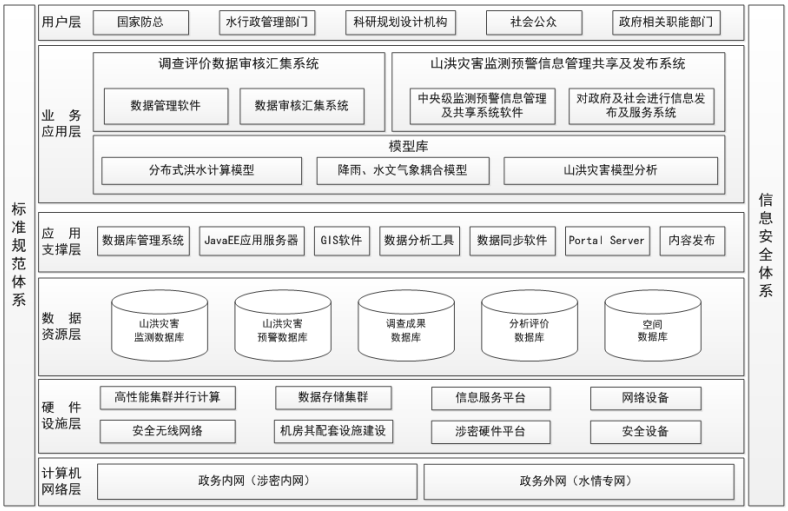


图 1 平台总体框架图

2.2.1 计算机网络层

计算机网络系统是各种业务运行的基础平台，为山洪灾害防治管理平台水利部、流域、之间数据、图像等各种信息提供高速可靠的传输通道。考虑到山洪灾害防治管理的信息流程和行政管理体制，结合网络管理的需要，计算机网络主要将依托已有水利政务外网。

2.2.2 硬件设施层

硬件设施为国家山洪灾害防治管理平台提供基础的硬件支撑环境，包括支撑各类应用运行和各类数据存储的并行计算设备、存储、服务器、安全设施等。硬件设施的设计和建设，将根据业务应用的需求进行建设或在已有硬件设施之上进行扩充。

2.2.3 数据资源层

山洪灾害防治管理平台数据资源主要包括山洪灾害监测数据库（实时雨水情数据库、实时气象数据库）、山洪灾害预警数据库、调查成果数据库、分析评价数据库、空间库等 5 个数据库。

2.2.4 应用支撑层

根据山洪灾害防治管理的业务系统需要，相应的支撑软件包括：数据库管理系统、JavaEE 应用服务器、GIS 软件、数据分析工具、数据同步软件、Portal Server、内容发布软件等。

2.2.5 业务应用层

业务应用层是在应用支撑层之上，提供山洪灾害防治管理的核心业务应用，主要包括山洪灾害调查评价数据审核汇集系统、山洪灾害监测预警信息管理及共享系统、山洪预警模型库。

（1）山洪灾害调查评价数据审核汇集系统

为保证山洪灾害调查评价成果的质量，做好数据的系统管理和有效利用，建立国家级山洪灾害调查评价数据审核汇集系统。在中央层级，建设国家级数据中心，进行 29 个省（自治区、直辖市）和新疆生产建设兵团的调查评价资料的加工、提取、分析、整合、加密存储管理和使用管理，管理全国的山洪灾害调查评价数据库并提供数据共享服务。包括数据管理

系统和数据审核汇总系统。

1）数据管理系统

按照全国山洪灾害调查评价的分项工作内容、数据类别和数据应用要求，开发国家级山洪灾害调查成果审核汇集数据管理系统的数据管理软件；按照应用需求及长远发展需求设计山洪灾害防治的数据模型；对数据进行基础的数据维护管理；面向不同来源和用户，进行分项数据的调用和分发；按照不同专业和不同用户的应用要求，进行数据的定向存储；按照专业类别，进行数据整编；基于基础数据，进行汇总分析，进行综合成果数据的管理；开发数据脱密模块，实现对公众应用的数据发布。

2）数据审核汇总软件

中央级山洪灾害调查评价数据审核汇集系统软件，为国家级山洪灾害调查评价数据的加工编辑、提取、检查分析、整合汇总、加密存储管理、使用管理以及数据库建设和信息发布等提供平台，满足调查数据审核汇集工作方式、软件应用模式、软件功能及性能需求，确保山洪灾害调查评价工作的顺畅开展。

（2）国家级山洪灾害监测预警信息管理共享及发布系统

建立国家级山洪灾害监测预警信息管理共享系统，管理全国山洪灾害监测预警信息，对山洪灾害防治信息进行实时监视管理和服务；建立对政府及社会进行信息发布及服务系统。

通过国家级山洪灾害监测预警信息管理及共享系统，管理和共享全国山洪灾害监测预警信息。主要包括监测预警信息汇集、水文信息共享、气象、国土信息共享、全国山洪灾害监测预警信息管理系统、全国山洪灾害监测预警信息实时监视查询系统等。

国家级山洪灾害预警信息发布及服务系统在山洪灾害调查评价成果与各地监测预警信息的基础上，建立与水文、气象、国土部门信息共享的管道，利用多源数据，开发信息服务及发布系统，包括灾害风险系统、灾害模拟分析系统、实时发布系统和数据库系统，进行山洪灾害风险评估、趋势分析与预报，提供山洪灾害预警信息宏观服务。提供面向政府部门和社会公众的山洪灾害防治信息的发布及相关服务，为国家防总和其他政府部门（铁路、交通、旅游等）防灾决策提供技术支撑，为社会公众提供山洪灾害防御信息服务。

（3）山洪预警模型库

山洪灾害预警模型库基于山洪灾害监测数据和调查评价资料，利用流域山洪预报模型，在山洪发生之前协助判断山洪的可能危险性及发生的时间和地点，以便通知受保护地区的人员及时转移避险，最大保护人民群众的生命安全。主要研制分布式洪水计算模型、降雨水文气象耦合模型、灾害模拟分析模型等[4]。

2.2.6 用户层

主要用户包括国家防办、各级水行政主管部门（省地级防办、水务厅局等）、水利科研规划机构、政府相关职能部门及社会公众。系统充分考虑了共享，和气象、国土等部门都将建立数据交换和成果沟通管道，保证原始数据和主要成果的共享。

2.3 拓扑结构

国家级山洪灾害防治管理平台硬件基础设施建设主要包括高性能科学计算集群建设、高可靠性数据存储集群建设、山洪灾害防治信息服务系统建设、高速光纤信息交换网络系统建设、安全无线网络接入系统建设、实时监视系统硬件建设、计算机机房改造及其配套设施完善、保密环境建设等内容。为山洪灾害防治项目提供可靠安全的硬件环境。拓扑结构如图 2 所示：

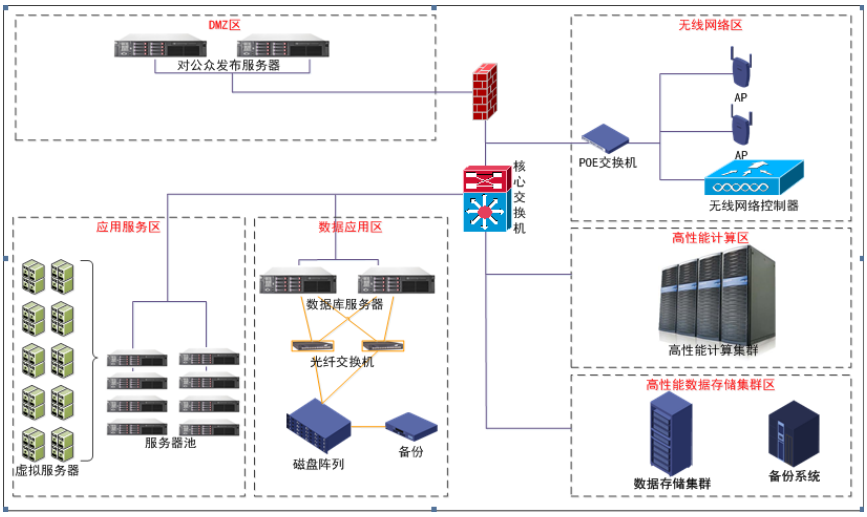


图 2　平台拓扑结构图

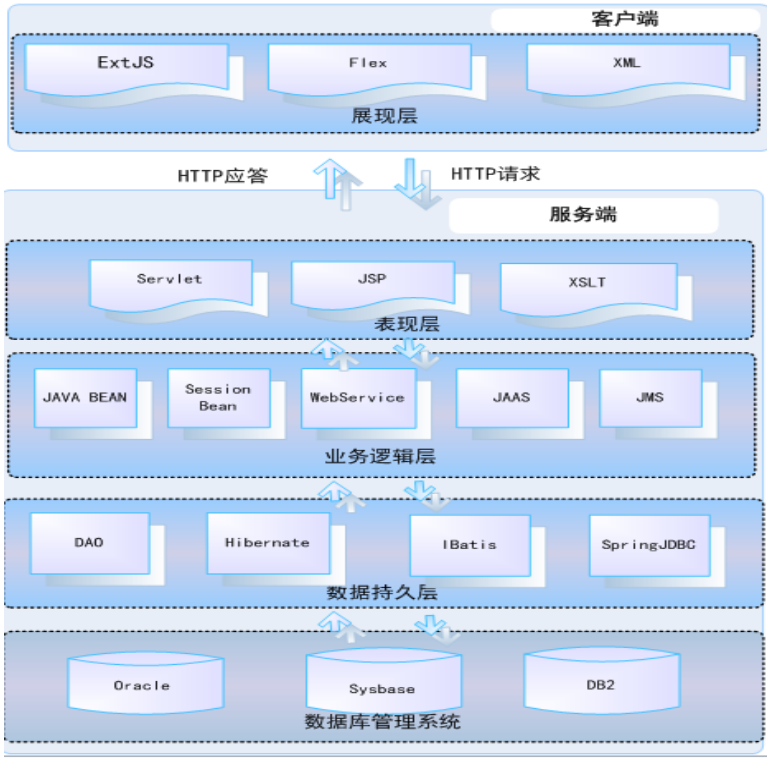


图 3　平台数据架构图

2.4 数据架构

国家山洪灾害防治管理平台数据架构是横向交换，纵向汇集的架构。 国家山洪灾害防

治管理平台数据源横向来源于现有的国家防总、水文局等业务数据库，包括水文局的实时水雨情数据、实时工情、实时墒情、实时气象资料等，国家防总的国家山洪灾害监测预警信息库，以及现有国家防汛指挥系统，水利普查系统和国家水资源管理系统的业务数据。数据源纵向来源于省、流域等单位的山洪灾害调查成果数据库，通过国家级山洪灾害调查评价数据审核汇集系统将调查成果数据，包括水文气象基本资料、山洪灾害防治区小流域基本信息、各自然村落、集镇、城镇和企事业单位的社会经济数据、历史山洪灾害数据、水利普查成果数据、涉水工程数据、已建山洪灾害防治非工程措施的监测预警设施基本情况数据，工程治理的山洪沟基本情况数据，重点调查区域（重要沿河村落、重要集镇和重要城镇）的大断面测量数据和重要城镇及部分重要集镇地形测量以及社会经济详查数据等。

2.5 技术框架

设计采用符合 SOA 体系架构的设计思想及当前业界主流的 J2EE 技术路线，可以满足跨硬件平台、跨操作系统的要求。涉及的关键技术包括数据库同步技术、面向服务的体系架构（SOA）、Web Service 方式系统接口设计、UI 技术——RIA 技术、GIS 技术等等。采用 WebService、AJAX、Hibenate、EXTJS、FLEX 及持久层框架等核心技术，在保证技术先进性的同时兼顾了技术的实用性。同时，采用组件式开发技术，使彼此独立的业务组件通过 Webservice、XML、JSON 等松耦合的通讯方式组织在一起形成完整的业务系统。采用数据访问对象(Data Access Object)来实现对数据库的存取，采用异步任务来处理长时间请求，采用 O.R MAPPING 技术保证公共数据库的可扩展性，采用 JSON、XML、Webservice 作为数据发布标准，采用元数据、数据映像、XML 数据库等技术实现数据处理[5,6]。技术架构如图 4 所示。

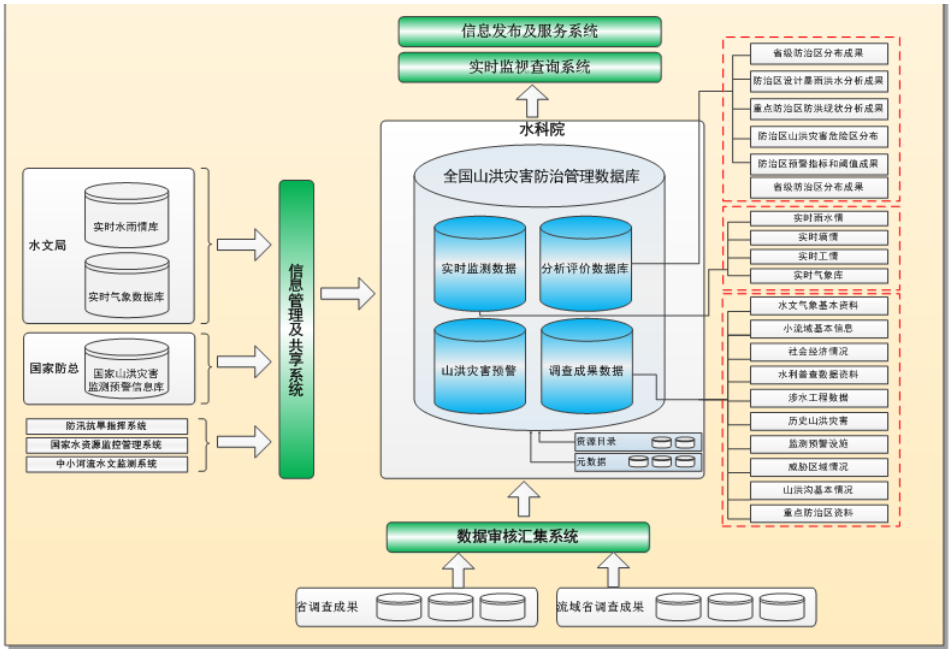


图 4　平台技术架构图

2.6 运行维护

管理平台运行保障工作涉及面广，既包括物理环境、计算机网络、主机系统、存储备份系统、数据库系统、中间件系统等基础设施的运行管理，又涉及业务应用系统的运行维护，管理内容繁杂，运行管理工具众多。通过运行维护工作的管理，将有效降低运行保障复杂度，保障信息系统基础设施、业务应用的持续、稳定和安全运行。

国家山洪灾害防治监测预警平台主要包括硬件环境和应用系统。其中硬件环境主要包括高性能科学计算集群、高可靠数据存储集群、山洪灾害防治信息服务系统、高速光纤信息交换网络系统、安全无线网络接入系统、实时监视系统硬件、计算机机房改造及其配套设施完善、信息安全保障体系等，为山洪灾害防治项目提供可靠安全的硬件环境。运行维护包括通过购置必要的系统运行材料购置、购置软硬件设备的维修维护服务，保证山洪灾害防治监测预警信息系统基础设施及相关应用的正常运转，保障山洪灾害防治监测预警平台的安全、稳定、高效运行，保障山洪灾害防治管理业务工作的高效开展[7]。

拟采用混合维护方式对管理平台进行维护。基础设施运行维护服务负责平台硬件系统及网络环境管理，安排专人负责包括中心机房、保密机房、通信设备、网络布线、配线及配电室(柜)等的管理，提供硬件运行保障；业务应用部分运行维护包括配置专人负责，保证应用系统业务运行畅通。运行维护服务级别将依据《水利信息系统运行维护规范》采用“二级”服务要求[8]。从系统可用率、服务受理时间、服务响应时间、故障恢复时间四方面保证控制指针（系统可用率≥99.5%；服务受理时间 7×24 小时；服务响应时间：常驻，实时回应；故障恢复时间：一般故障≤2 小时）。

3 结论

目前整个平台正在按照设计实施，总体进展顺利，平台整体性能优越，计算速度行业领先；总体设计实用、可行，体现了先进性和成熟性、开放性、安全性和标准化，该设计能够保证后续运行的可靠性和稳定性，同时系统可扩展、易升级，维护方便。该平台将为全国山洪灾害防治决策提供可靠的技术支撑。

参考文献

[1] 全国山洪灾害防治项目组，《全国山洪灾害防治项目实施方案（2013～2015 年）》，2013 年。

[2] 全国山洪灾害防治项目组，全国山洪灾害防治项目建设与管理(中央本级) 2015 年度项目实施方案，2015 年。

[3] 徐仲伟,服务型政府背景下的电子政务构建问题研究[D]，硕士论文，2009。

[4] 郭良,唐学哲,孔凡哲,基于分布式水文模型的山洪灾害预警预报系统研究及应用[J], 中国水利, 2007 年第 14 期:38-41。

[5] 任全景，基于 J2EE 的政务资源整合与共享平台的设计与实现[D]，硕士论文，2014。

[6] 尹炜靖, 万定生,关兴中,基于云计算的水文数据共享平台的应用研究[J],信息技术，2013 年第 8 期：68-72。

[7] 罗志东,曹文华,赵院等，水土保持信息系统运行维护管理探讨[J],中国水土保持, 2015 年第 3 期:37-39。

[8] 魏延玲,水利信息系统运行维护定额标准编制研究与思考[J], 水利信息化, 2012 年第 5 期:9-11。

山洪灾害预警系统远程运行维护技术研究

刘超[1] 虞邦义[1] 刘怀利[1] 杨玉喜[2]

（1.安徽省（水利部淮河水利委员会）水利科学研究院，安徽合肥233088；

2.徽省防汛抗旱指挥部办公室，安徽合肥230022）

摘 要：目前全国县级山洪灾害防治非工程措施项目已全部完成，补充完善项目（2013-2015）正在全面实施，如何做好已建系统和补充完善系统后期运行维护工作，已成为各级水行政主管部门亟待研究解决的一项重要工作。本文从项目建设特点出发，提出了采用远程监测的方式实现山洪灾害防治非工程措施项目的运行维护思路，希望通过信息化的手段做到山洪灾害防治的省级统一维护、统一管理，使整个系统能够正常运行，发挥应有的作用。

关键词： 山洪灾害 程措施 监测 维护

1 引言

山洪灾害防治非工程措施项目是国家为切实提高防灾减灾能力，有效防御山洪灾害，确保人民群众生命财产安全而启动的重点项目，国家重视程度之高，中央财政支持力度之大，前所未有。而且“三分在建，七分在管”，运行维护工作的好坏将直接影响到整个系统的运行以及作用的发挥。特别在实际工作中，由于系统主要在汛期进行使用，在非汛期，由于自动监测站点和监测平台未能进行有效及时的维护（部分自动监测站点存在被盗、失修、损坏等问题），常常造成在汛期到来时，系统由于出现故障而不能满足系统应有的作用。因此加强对县级山洪灾害预警监测系统的运行维护工作尤为重要，本文结合山洪灾害防治非工程措施项目实际，采用远程监测的方式，将县级监测预警平台远程托管到省级中心，进行统一管理，统一维护，为今后县级山洪灾害防治非工程措施的长效良性运行机制及全面提升管理与应用水平提供有效的保证。

2 非工程措施项目运行维护存在的问题

山洪灾害非工程措施项目相对于水利等其他工程建设来说，有其自身特点。

（1）数量多，维检难。截至 2015 年 12 月底，山洪灾害非工程措施项目已覆盖全国 29 个省（直辖市），2 058 个项目县，共建设自动监测站点 6.48 万个、简易站点 43.02 万个、无线预警广播 25.48 万套、简易报警设备 116.37 万台（套）。同时，根据国家防办《关于报送山洪灾害防治项目 2016-2020 年建设任务的通知》，十三五期间，还将进一步开展监测预警站点的建设。如此大规模的建设和大范围的分布，为维护和检修带来了不小的困难。

（2）环节多，风险大。监测预警系统是整个山洪灾害防治给工程措施项目中建设和运行管理的核心。该系统是由监测站点、通信设施、监测预警平台软件、预警设备组成的有机组合体，任何一个环节出现问题将影响整个系统的运行，甚至造成系统瘫痪，丧失山洪灾害的预警预报能力。

（3）时效强，要求严。汛期必须保证设备时刻处于正常运行状态，出现故障后立即处置，要求设备维护必须及时。

（4）专业强，技术高。虽在项目建设过程中对各级操作人员进行了培训，但在设备出现故障时仍需专业人员对其维护、维修。

（5）维护高，资金缺。非工程措施项目建设都是自动测报设备、设施，后期需要投入大量的资金用于运行管理和维护。由于各级政府财力不同，仍有部分县（区）无法落实运行维护资金。

基于以上存在问题，本文通过远程监测、异地托管的方式探索山洪灾害预警系统运行维护新技术，希望通过信息化的手段做到山洪灾害防治的全省统一维护、统一管理。

3 远程运行维护技术研究思路

以云技术、远程控制、信息化手段为依托，将县级山洪灾害预警系统采用虚拟方式远程托管到省中心平台，对各防治县已建各项山洪灾害防治非工程措施的运行情况进行实时监控，包括自动监测站点、预警广播站点、机房硬件设备、机房环境、平台应用系统等相关参数。并安排专业维护工程师，通过建成的远程维护平台，定期对各县级山洪灾害预警系统软硬件运行情况进行巡查监测，定期发布《运行情况简报》。改变传统信息自动化系统“反应式被动维护”为“主动式管理”。

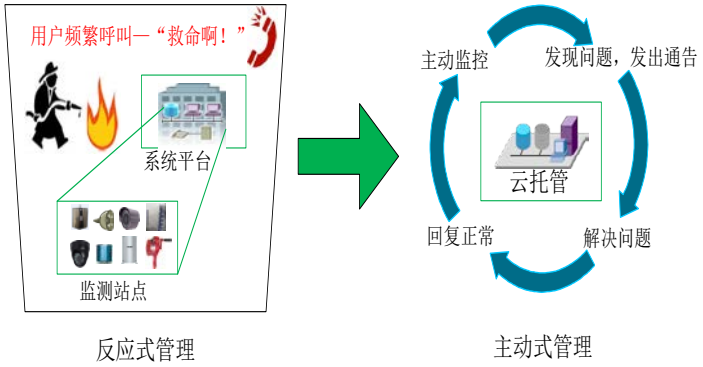


图 1 传统运行维护方式的改变

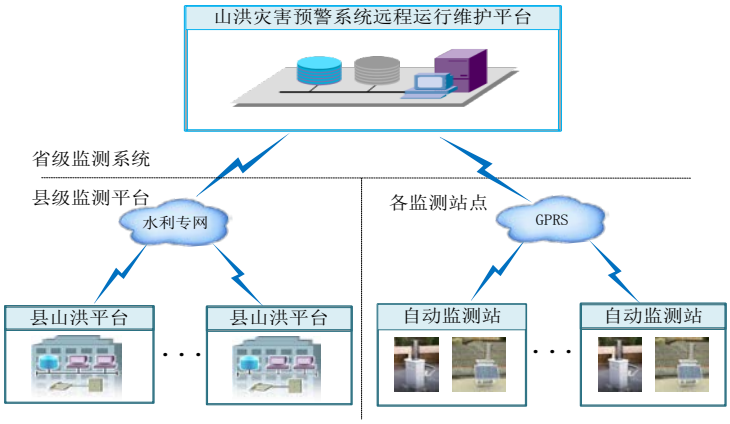


图 2 全省云托管模式网络拓扑结构图

4 主要研究内容

4.1 远程托管平台技术

远程监测系统以业务管理需求为基础，针对山洪灾害站点运行维护、平台运行状态监测、

数据的安全备份、预警平台的托管等系统维护管理的需求，根据山洪监测系统运维的业务管理的流程，合理设置软件的应用模块，使得系统建成之后，不仅可用作运行维护管理，也可实现山洪灾害预警平台的异地容灾中心，当县山洪灾害预警平台发生故障灾难后，可以实现系统自动切换，云托管中心自动完成业务接管，使县防办人员的客户端访问实现平滑过渡，没有任何影响。平台部署架构图参照下图所示。

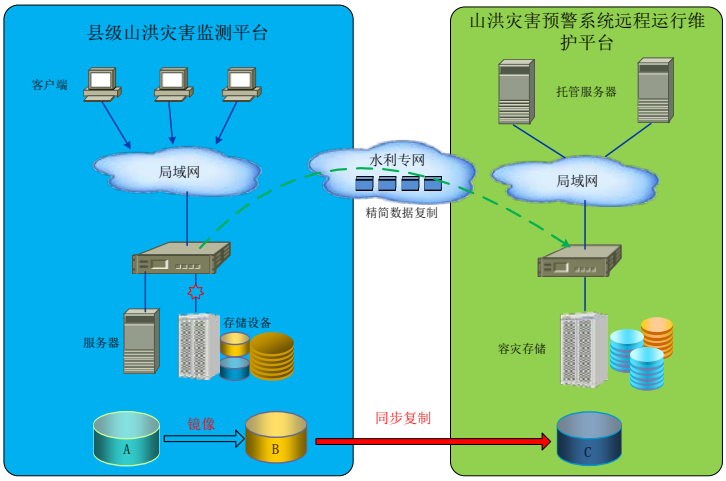


图 3 山洪灾害远程托管平台部署架构图

4.2 县级监测平台运行状态获取

（1）平台运行环境监测

通过山洪灾害防治非工程措施项目的建设，各防治县通过配置相应传感器实现了对县级监测预警信息平台机房的温湿度、烟雾、漏水、UPS 供配电、空调等平台运行环境参数的数字化监控。远程监测系统的建设通过县级山洪灾害监测预警的接口调用县级平台运行环境监测数据，实现对县级平台环境的实时运行情况监控。

（2）平台运行设备

调用 IT 网络管理软件接口，对山洪灾害监测与预警系统所布设的服务器主机、路由器、交换机、防火墙等硬件设备状态进行监控，监控内容主要包括设备基本信息、设备开关状态、IP 地址、服务进程、CPU、内存、磁盘、网络接口、网络流量、连接数、日志等。设定异常阈值，一旦超过阈值后自动告警。监测采集的技术方案是 SNMP+Telnet/SSH 的采集模式，以优先采用 SNMP 采集模式，辅助以 Telnet/SSH 采集模式。

（3）应用系统运行监控

应用系统相关参数的运行监控主要包括以下几个方面：

1）数据库性能监控

对于使用了数据库的业务系统，可以对数据库的交互过程进行性能分析。平台通过数据库进程和端口抓取数据库运行状态，获取数据库的使用信息，包括数据库运行状况、数据连接状态、内存使用情况、表空间使用情况、日志空间等。

2）中间件性能监控

对于使用了中间件的业务系统，可以对的交易过程进行性能分析 。平台通过获取中间件运行进程和日志抓取中间件的运行状态信息，包括运行状态、内存占用情况、CPU 占用

情况、访问流量等。

3）监测预警平台服务状态监控：

山洪灾害监测预警软件定期对监测预警相关服务的运行状态进行监控，监控内容主要包括：红外云图服务、全国雷达回波图服务、气象云图服务、水汽云图服务、传真接收服务、传真发送服务、雨情统计预警服务、短信接收服务、短信发送服务、系统服务、自动预警服务等。

4）数据共享状态监控：

实现县级山洪数据对国家、省、市县不同级别和水文等不同部门的数据共享、上报状态监视功能，主要监控共享类别包括：雨水情共享状态、预警信息上报状态；监控内容包括：是否成功、共享上报时间、共享上报数据基本信息等。并对共享中的异常情况通过提示信息的方式进行提醒。

4.3 自动监测站点运行状态获取

通过技术手段对分布在各地山洪灾害自动监测站点、预警广播站点的运行状态进行实时监测，及时发现故障，及时分析故障原因，为及时解决故障提供支持和保障。主要功能包括：

（1）山洪设备管理。实现山洪设备的在线管理，状态查询。可以对设备的基本属性进行维护，通过增删改查形成设备档案。

（2）自动监测站点运行状态监测。分析自动监测站点数据采集的情况，对处于中断状态的站点进行招测，分析招测数据得到故障原因；对于能够正常进行数据采集的站点分析数据的合理性，分析数据不合理的因素，及时提供给技术人员进行进一步的解决。

（3）无线预警广播站点。通过在现场增加运行状态数据采集装置，对无线预警广播站点运行状态监控参数进行获取，实现无线预警广播的远程监控。

（4）电信运营数据对接。通过和电信运营商的数据对接，获取所有站点的通信运营数据，包括 SIM 卡号、运营商名称、SIM 类别、流量使用情况、资费情况、有效期等。

（5）设备运行状态报表。根据长期的数据及设备的监测形成设备运行状态报表。统计设备的运行使用的情况，累计的运行时间、故障次数、累计故障时间等。

5 总结

山洪灾害预警系统远程维护技术的研究，可以有效消除在汛期由于对平台和监测站点维护不及时所造成的安全隐患。实现山洪灾害县级平台的集中实时管理、远程专人维护，给县级预警系统的正常高效运行提供高规格保障。此外，实现远程托管可以节约人力成本、运营成本，对资源节约有很大帮助。

参考文献

[1] 水利部，财政部.全国山洪灾害防治项目实施方案（2013-2015）[R].2013

[2] 段军棋,蒋丹 远程视频监控系统的设计与实现[J]电子科技大学学报,2002(5)：523—528

甘肃省山洪灾害防治户户知工程的建设历程和主要成效

姜付仁[1] 李高平[2] 陈健[2] 田顺真[2]

(1.中国水利水电科学研究院，北京100038;

2.甘肃省抗旱防汛指挥部办公室，甘肃兰州743000)

甘肃省是我国山洪灾害受灾最重、发生最为频繁的省份之一。甘肃省地处黄土高原、内蒙古高原和青藏高原三大高原带交会地带，地形复杂多样，以山地和高原为主。陇南甘南山大沟深、锋锐坡陡，陇中陇东沟壑纵横、冲刷切割剧烈，河西走廊南部西部高山丘陵连片、中央北部多沙漠戈壁间有绿洲。一旦发生大到暴雨，极易发生山洪泥石流灾害。自从大禹在甘肃导水以来，山水暴涨、山崩地陷史不绝书。新中国成立以来甘肃省发生死亡/失踪 50 人以上的山洪泥石流灾害也不下 10 余次，如 1965 年天水罗玉沟、1973 年庄浪文家沟和史家沟、1976 年宕昌化马沟道群、1985 年天局桦林沟、2010 年舟曲三眼峪等。因此如何防治甘肃省的山洪灾害，减轻山洪灾害对甘肃省社会经济发展的影响，一直是国家和甘肃省各级政府的工作重点。

1 甘肃省山洪灾害特点

1.1 山洪灾害发生频繁

由于甘肃省洪水灾害损失主要以山洪灾害为主，因此甘肃省历年的洪水灾害损失可以作为分析山洪灾害的主要参考。甘肃省 1950-2015 年 66 年间历年洪水灾害损失情况见表 1。从表 1 可以看出，随着国民经济的快速发展和人口数量的增长，受灾人口和因灾死亡人数呈下降趋势，但直接经济损失却呈波动上升趋势。1952-2015 年间年均洪灾损失占全省 GDP 的比例为 1.21%，略低于全国平均值；其中 1952-1959 年间年均洪灾经济损失占全省 GDP 的 0.23%，1960-1969 年间年均洪灾损失占全省 GDP 的 1.47%，1970-1979 年间为 0.97%，1981-1989 年年为 1.45%，1990-1999 年间为 0.86%，2000-2009 年间为 0.55%。而 2005-2014 年间（不含 2010 年舟曲山洪泥石流特大灾害）洪灾损失占全省 GDP 的比例为 1.18%。

表 1 甘肃省历年洪灾统计表

年份	受灾（千公顷）	成灾（千公顷）	受灾人口（万人）	死亡人口（人）	倒塌房屋（万间）	直接经济总损失（亿元）	经济损失占全省 GDP 比例(%)
1950	18	14	10.13				
1951	2.7	2	1.5	50	0.9	0.02	
1952	18	4.7	17.46		0.2	0.01	0.08
1953	7.33	6	4.13		0		0
1954	8	6	20	143	1.54	0.05	0.31
1955	4	3.3	2.25				0
1956	2.7	2	2	111	0.27	0.01	0.05
1957	9.33	1.3	5.25	100		0.01	0.05
1958	13.33	3.3	7.5	84	0.1	0.01	0.04
1959	73.33	58.4	100	470	0.68	0.32	1.35

1960	5.3	4	2.25		0.1	0.04	0.22
1961	66	51.33	60				0
1962	47.73	39.33	53.74				0
1963	66	51.33	70.01	137	0.71	0.21	1.29
1964	186	144.67	110.16	540	7	2.2	11.19
1965	14.73	11.33	14.23	200	0.39	0.15	0.6
1966	0.7	0.3	0.7	134	0.08	0.1	0.41
1967	200	156	118.88	251	1.7	0.22	0.95
1968							0
1969	0.1	0.1	0.1	5			0
1970	134.63	20.31	246.33	246	0.07	0.28	0.81
1971	48.5	214.66	211.42	66	0.11	0.28	0.74
1972	66.66	31.88	238.78	32	0.04	0.29	0.70
1973	223.2	191.18	467.56	1053	2.31	0.48	1.10
1974	19.74	9.61	186.47	25	0.45	0.27	0.54
1975	31.31	11.22	223.87	85	0.46	0.32	0.56
1976	58.28	16.29	563.27	159	3.64	0.61	1.08
1977	197.89	48.57	736.36	373	1.6	0.72	1.23
1978	96.42	25.39	286.57	214	0.83	0.88	1.36
1979	154.66	35.84	518.34	225	5.02	1.04	1.54
1980	206.52	134.79	548.54	142	0.56	1.24	1.68
1981	221	127.74	788.47	367	3.18	4.05	5.71
1982	151.65	92.54	268.28	154	0.27	0.91	1.18
1983	58.94	29.32	197.86	376	0.1	0.49	0.54
1984	1050.67	786	488.76	452	10.01	1.45	1.41
1985	160.25	116.9	197.87	81	0.36	1.31	1.06
1986	223.84	152.75	617.11	125	0.86	0.79	0.56
1987	248	170	247.56	106	3.5	1.3	0.82
1988	440.38	250.78	496.74	226	1.87	2.46	1.28
1989	145.77	89.63	447.26	70	0.22	0.49	0.23
1990	350.94	220.35	489.76	178	1.29	2.37	0.98
1991	392.32	276.64	848.88	104	1.13	1.96	0.72
1992	373.09	181.47	1024	119	1.14	2.45	0.77
1993	287.56	186.09	912.36	30	0.39	3.69	0.99
1994	277.6	199.58	748.47	44	0.4	3.73	0.82
1995	138.14	97.13	113.24	74	0.42	3.07	0.55
1996	398.89	303.25	374.62	120	0.86	15.7	2.17
1997	98.56	77.66	124.36	53	0.41	3.03	0.38
1998	159	111.05	180.59	105	0.76	5.51	0.62
1999	178.33	193.73	171.68	63	0.01	5.51	0.58
2000	177.71	131	197.82	86	0.98	8.1	0.77
2001	163.2	118.2	170.3	82	0.22	5.31	0.47

2002	157.5	115.36	136.72	45	0.26	3.93	0.32
2003	210.42	153.74	303.93	108	2.3	8.02	0.57
2004	89.56	64.86	83.39	28	0.28	3.93	0.23
2005	342.47	233.1	323.95	17	1.08	12.12	0.63
2006	198.36	144.26	242.69	51	1.43	14.37	0.63
2007	195.01	151.61	202.72	24	0.85	15.02	0.56
2008	165.31	113.74	140.7	11	0.75	9.61	0.30
2009	109.93	60.25	143.48	22	1.9	36.68	1.06
2010	252.3	155.72	359.33	76	4.7	106.93	2.59
2011	101.97	74.01	152.65	11	0.29	21.18	0.42
2012	241.09	182.97	239.89	76	3.08	125.3	2.21
2013	284.17	196.85	366.18	23	5.92	199.67	3.15
2014	43.28	25.22	37.02	2		5.21	0.01
2015			33.64	2	0.043	9.35	0.14

1.2 因灾死亡人口多

甘肃省洪水灾害因灾死亡人数和全国因灾死亡人数见表 2。从表 2 中可以看出，甘肃省 1949-2015 年间平均每年因水灾死亡 127 人（未计舟曲特大灾害），占全国年均死亡人数 4327 人的 3%。其中有 11 年因水灾死亡人数占全国水灾死亡总人数的比重超过 10%，分别为 1959、1964、1965、1967、1970、1973、1977、1978、1984、2010 和 2012 年，说明甘肃省是我国因山洪灾害死亡人数较重的省份之一，必须持续提高甘肃省防御山洪灾害的能力。

表 2　甘肃省历年水灾死亡人数与全国水灾死亡情况

年份	甘肃省水灾受灾		全国水灾死亡人口	甘肃省水灾死亡人数占全国比例
	受灾人口	死亡人口		
1959	100	470	4540	10.4
1964	110.16	540	4288	12.6
1965	14.23	200	1906	10.5
1967	118.88	251	1095	22.9
1970	246.33	246	2444	10.1
1973	467.56	1053	3413	30.9
1977	736.36	373	3163	11.8
1978	286.57	214	1796	11.9
1984	488.76	452	3941	11.5
2010 舟曲特大灾害		1493		
2012	239.89	76	673	11.3
多年平均		127	4327	3

2010 年 8 月甘南藏族自治州舟曲县城东北部山区突降特大暴雨，引发的泥石流涌进舟曲县城并冲入白龙江，堵塞白龙江形成堰塞湖，给群众的生命财产和生产生活造成了巨大损失和重大困难，引起全国和全世界的高度关注。这次灾害的主要特点是：一是暴雨极为集中，8 日凌晨 40 多分钟内降雨量高达 97mm。二是泥石流范围宽，体积大，县城东北部的三眼

峪、罗家峪等四条深沟发生特大山洪滑坡泥石流灾害，流经区域被夷为平地，形成的泥石流带长约 5 千米，平均宽度 300 米，平均厚度 5 米，总体积约 200 余万立方米。三是灾害影响范围广，灾害涉及城关、江盘两个乡镇的 2 个社区、15 个行政村，其中重灾 2 个社区、8 个村。四是人员伤亡大，据不完全统计，截止到 2010 年 9 月 19 日 18 时，受灾人口达 9412 户、4.7 万人，其中重灾 6025 户、22647 人，死亡 1493 人，失踪 272 人：重伤住院 72 人，其中转院治疗 59 人，门诊治疗 2315 人；紧急转移安置人口 21509 人。五是灾害损失大，共损毁城乡住房 6025 户、63615 间、127.23 万平方米，其中倒塌 1775 户 18493 间 37 万平方米，严重受损 3302 户 34416 间 68.8 万平方米，一般损坏 948 户 10706 间 21.4 万平方米；机关单位办公楼损毁 21 栋 9.66 平方米，其中倒塌房屋 29254 平方米，严重受损 45128 平方米，一般损坏房屋 22197 平方米；损坏车辆 127 台；水毁农田 1417 亩；交通、市政、水利等基础设施，教育、卫生、气象等公共服务设施，土地、生态环境等资源遭受严重损失。据初步核算，此次灾害造成直接经济损失高达 129.06 亿元。

1.3 重灾区较为集中

综合甘肃省志（水利志）、甘肃水旱灾害、中国气象灾害大典（甘肃卷）等灾害资料，得到 1949-2015 年期间甘肃省发生的较大水灾害（包括山洪、泥石流、洪水、滑坡、暴雨冰雹等），甘肃省近 66 年间发生较大水灾害 415 次，年均 6.3 次。分市州情况看，灾害最重的市州为陇南市，共发生了 115 次，占全省的 27.9%；次之为庆阳市，发生了 55 次，占全省的 13.3%；再次之为甘南州，发生了 52 次，占全省的 12.6%。这三个州发生的洪灾占全省的 53.5%，是全省发生灾害的一半以上，因此应该是山洪灾害的重点防治区。

分县（市、区）情况看，有 11 个县（市、区）发生的水灾害次数超过 10 次，分别为武都、宕昌、礼县、文县、舟曲、永昌、西和、岷县、玉门、卓尼和环县，其中主要分布在陇东和陇南，其中只有玉门位于河西走廊地区，这些县（市、区）应该是山洪灾害防治的重点区域。陇南市的武都、宕昌、礼县、文县和西和县，甘南市的舟曲和卓尼以及定西市的岷县等 9 个相邻的县发生山洪灾害合计高达 137 次，占全省总数的 33%，是甘肃省山洪灾害最重发生最频繁的县区。历史上的特大山洪灾害主要发生在这些县区，是著名的“灾三角”。如 1959 年的礼县泥石流造成 244 人死亡，1963 年泥石流造成礼县和文县数十人死亡，1976 年宕昌县化马村等地造成 61 人死亡，1982 年文县和宕昌县因灾死亡 44 人，1984 年武都、西和、礼县、宕昌等地因灾死亡 174 人。

2 山洪灾害防治非工程措施建设历程

鉴于甘肃省是我国山洪灾害损失最为严重的省份之一，甘肃省委、省政府高度重视山洪灾害防治非工程措施建设，为此将甘肃省山洪灾害防治非工程措施建设专门命名为便于广大群众周知的山洪预警“户户知”工程，并树立了“以防为主，防抗救相结合”的方针，采取各种措施加强山洪预警户户知工程建设，大力提高甘肃省的山洪灾害防治水平，支撑甘肃省社会经济的可持续发展。

2.1 2010-2012 年建设情况

在国家防办和甘肃省委省政府的关心和支持下，甘肃省 83 个具有山洪防治任务的县（区）开展了山洪灾害防治县级非工程措施项目建设。甘肃省完成投资 46930.79 万元，涉及 2511 个小流域，防治区面积 12.63 万 km^2，人口 1540.24 万；项目共建设监测预警与会商决策平台 83 个，自动雨量监测站 3977 个，自动水位监测站 145 个，接入由气象部门建设的站点 306 个，无线预警广播 6515 处；新建简易雨量站 6332 个，购置和发放了手摇报警器 8443 个，铜锣 9267 个；编制完成 83 个县 1214 个乡 5827 个行政村的山洪灾害防御预案，开展了大量宣传、培训、演练工作。

经过三年的建设，甘肃省基本建成了覆盖全省山洪灾害防治区的监测预警系统，使预警信息至少可以发送到行政村一级；通过山洪灾害普查基本摸清了甘肃省的防治区面积、区内人口、小流域数量以及危险区范围和受山洪灾害威胁的乡镇、行政村、人口的数量；组织防治区内各县、乡、村编制山洪灾害防御预案，并开展了大量的宣传、培训、演练工作，使防治区群众普遍提高了防灾意识。在近年发生的山洪灾害中发挥了重要作用，大大减少了人员伤亡。

2.2　2013-2015 年山洪灾害防治非工程措施建设情况

2013-2015 年间在已经实施的 83 个县级非工程措施建设的基础上，调整补充监测站点，完善监测站网，提高通讯保障能力，实现监测信息实时共享；扩大预警系统覆盖面，补充预警报警设施设备；进一步完善县级监测预警平台，增加小流域暴雨洪水分析功能，提高预警信息质量，增强预警信息发布能力；建设省级山洪灾害监测预警信息管理系统，实现省、地市（州）、县（区）、乡监测预警系统互联互通；继续进行群测群防体系建设，完善防御预案，持续进行宣传、培训和演练，实现山洪灾害防御工作“纵向到底、横向到边”。

为加快甘肃省山洪灾害防治非工程措施建设力度和进度，2013 年 5 月 14 日，甘肃省抗旱防汛指挥部通过甘肃日报向全省各县区市主要领导发出公开信，要求汲取“5•10”岷县特大冰雹山洪泥石流灾害的惨痛教训，高度重视，切实落实责任，全力做好山洪灾害防御工作。信中说，甘肃是山洪泥石流灾害易发多发地区，目前全省已经进入汛期，暴雨山洪随时可能发生，直接威胁到人民群众的生命安全。及时预警山洪、迅速传递汛情、组织群众避险是山洪防御的有效措施。希望各县区市主要领导要对山洪预警“户户知”（山洪灾害非工程措施）工程运行情况给予关注、关心和重视。一是协调解决好管理机构、人员和维护经费等问题，切实做到管理有机构，运行有人员，维护有经费。二是组织开展专项检查，抓好工程运行管理，保障设备正常运行，确保暴雨信息测得到，预警信息发得出，险区群众收得到，避险撤离快。三是落实山洪防御责任，进一步完善应急预案，做好宣传和避险演练，细化避险方案和转移路线，确保及时预警到位，最大限度减少人员伤亡。信中强调，山洪预警“户户知”工程为山洪防御创造了有利条件，也赋予我们更加重大的工作责任。因责任不落实、措施不得力、预警不到位造成人员伤亡的，将会按照有关规定追究相关人员责任。

截至 2015 年底，甘肃省的 83 个山洪灾害防治县（市、区）项目已全部建成并投入试运行，共建成县级监测预警平台 83 个，初步建成覆盖 12.84 万平方公里山洪灾害防治区、2511

个小流域、83 个县（市、区）179 个乡镇 5929 个村 1526 万人的山洪灾害防治非工程措施体系。初步建立了适合甘肃省特点的山洪灾害监测预警系统和群测群防体系，在山洪灾害防御实践中发挥了显著的防灾减灾效益。

3 山洪灾害防治户户知工程的主要成效

经过六年多的建设，甘肃省山洪灾害防治项目初步建成了覆盖甘肃省山区的山洪灾害监测预警系统及群测群防体系，监测及时，预警到位，山区群众防灾避险意识明显提高，在日常山区防汛及山洪灾害防治工作中成效显著。甘肃省山洪灾害防治非工程措施建成以后，对全省的防灾减灾起了重要作用，山洪灾害防御由被动变主动，使甘肃省的防灾减灾上了一个新台阶，山洪灾害防治非工程措施监测预警平台成了保护全省山区人民生命财产的“千里眼、顺风耳”，其社会经济效益十分显著。

3.1 建立了运作顺畅的山洪灾害运行机制

甘肃省水利厅明确了“严格招标程序、严肃评标纪律、加强信息交流、切实优中选优、加强建设管理、确保运行安全、落实管护责任、长久发挥效益”八项标准，精心组织实施。省、市（自治州）、县（市、区）三级形成合力，多措并举，全面推进项目建设。甘肃省山洪预警“户户知”工程建设从无到有、从点到面，逐步扩大。经过各级政府和广大人民群众的艰苦努力，全省初步形成了“纵向到底、横向到边”的防范决策指挥合力，切实贯穿了防汛工作“防、抢、撤、救”全过程，防汛、水利部门建立了自上而下、自下而上的省、市（自治州）、县（市、区）、乡（镇）、村、组等“六级”预警信息反馈机制，保证处于山洪灾害发生区域的群众及时获取预警信息。甘肃省各市（自治州）、县（市、区）主要领导亲自抓山洪灾害预警防范工作，及时安排部署，多部门协同会商分析研判。同时各县（区）、乡（镇）认真落实基层防汛工作责任制，实行县级领导包乡、乡镇干部包村，充分发挥了群测群防体系作用，转移避险到位。至此，甘肃省山洪灾害预警预报有了“千里眼”和“顺风耳”。如武都区积极开展与相关部门的信息共享工作。2011 年 7 月，按照陇南市市委、市政府的安排，由陇南市气象局牵头，对水务、气象、国土、水文等部门分头建设的监测预警站点，进行了整合，实现了资源共享，从而使监测预警设施在防灾减灾中发挥了最大效益，进一步提升了防灾减灾能力。另外积极与省市级平台进行对接，2013 年 1 月 31 日就通过了雨水情及预警信息共享测试。

3.2 建立了责任明确、分工合理的管理体制

为进一步加强山洪预警“户户知”工程运行管理，83 个县（市、区）基本建成了分级管理的体制，并明确了各级管理机构的责任。如张掖市临泽县按照分级负责、分级管理的原则，建立了县、乡（镇)、村三级责任体系。①县级：由临泽县防汛抗旱指挥部办公室，负责对县级预警平台及设备进行维护，并对全县建成的山洪灾害非工程措施设备进行统一管理，主要进行山洪灾害设备运行情况巡查、故障排除，设备维护人员的培训、组织开展宣传、演练等。②乡镇级：各乡镇按照“属地管理、分级负责”的原则，分别由各乡镇人民政府负责，各乡镇水管单位具体实施对辖区内“户户知”工程进行管护，主要进行辖区内自动站的管护，并

进行简单的故障排除，督促指导村级负责人对设备进行管护，组织开展宣传、培训、演练。③村级：各村对辖区内的简易预警广播、雨量站进行管护，同时落实防汛责任人、设备管护人、监测员、预警员。为靠实责任，临泽县防办在每年汛前分别对全县 1 个自动水位站、30 个雨量站、53 个简易雨量站，逐一落实乡镇及村社负责人、预警人员，并同乡镇人民政府及各村社签订管护责任书。

3.3 建立了覆盖全面的各种规章制度

为使山洪灾害防治非工程措施充分发挥作用，覆盖全面的各种规章制度必不可少。甘肃省已经建立了省、市（州）、县（市、区）各级管理机构责任清晰、操作性强的各种管理规章制度。如临泽县实际情况，制订了《临泽县山洪灾害防治县级非工程措施项目设备运行管理制度》、《临泽县防汛预警预报工作制度》、《自动雨量站、自动水位站、简易雨量站运行管理及维护规程》，各项制度中进一步明确了设备巡查时间、次数，设备日常的运行维护操作方法及规范，为设备的正常运行奠定了坚实的基础。为做到有计划、有准备地防御山洪灾害，减轻山洪灾害损失，临泽县编制完善了 1 个县级、6 个乡镇级、53 个村级山洪灾害防御预案。预案进一步划分了各威胁区村社的安全区、威胁区范围，明确了威胁区群众转移路线，落实了各乡镇山洪灾害指挥组织机构和各村社预警、转移安置责任人职责。预案经县防汛办审查批复后，由各乡镇人民政府向各威胁区村社印发执行。

3.4 多措并举加强日常管护检修

日常管护和定期检修是山洪灾害防治非工程措施是山洪灾害时能够及时发挥作用的重要保障。为加强山洪灾害防治非工程措施的日常管理，甘肃省各县（市、区）采取多种措施，有效确保水雨情数据及时上传和设备的正常运行。如天祝县针对地理环境和气候等因素，按照监测预警站点规格定制了防护套，冬季将各类站点用防护套保护起来，并指定专人对全县各类监测预警站点的运行进行巡回维护，出现故障第一时间解决。汛期每周定期检查一次，并及时清理承雨口杂物和漏斗口淤泥。确保预警广播电网供电及 24 小时开机，不得随意将音量调低或关闭。若站点发生异常能够第一时间通知所属乡镇、水管单位和县防汛办，并进行检查维修，确保站点正常运行和采集数据的准确传输。遇有降雨过程，信息员随时向乡镇值班人员报告本村降雨情况并做好汛期降雨记录，乡镇统计汇总后随时报县防汛办，确保雨情信息第一时间传达到位。

3.5 初步建成专群结合的非工程防御体系

近几年来，山洪灾害防御工作已经成为甘肃省防汛工作的重要内容之一，各级防汛部门高度重视山洪灾害防御工作，从山洪灾害监测系统、监测预警平台、基层监测预警系统、群测群防体系、创新建设管理模式、探索新的防御方式和方法、培养技能人才、营造宣传舆论氛围环境等方面着手，大力推进项目建设，成效显著，基本实现了监测到位、预警及时、反应迅速、转移快捷、避险有效，全面提高甘肃省山洪灾害防御能力。

（1）高标准化建设山洪灾害监测网络

在山洪灾害防治区，基本建成了山洪灾害防治区的监测网络，实现了对暴雨、山洪的及

时准确监测，有效增加了山洪灾害防治区站网密度，初步解决了甘肃省山洪灾害防御缺乏监测手段和设施的问题。

（2）统一建设市、区县级监测预警平台

同步统一建设了 14 个市（自治州）和 83 个县（市、区）的两级山洪灾害监测预警平台，在完善市、区县两级防汛计算机网络和建立山洪灾害数据库的基础上，实现了雨水情等基础信息及时入库、汇集，共享水文监测站点和部分气象监测站点信息，实现了自动监测、实时监视、动态分析、统计查询、在线预警等功能，有效提高了区县级防汛部门对暴雨山洪的监测预警水平，提高了预警信息发布的时效性、针对性、准确性，大大减少了人员转移的难度和成本，有利于危险地区人员提前转移。

（3）持续建设群测群防体系

通过 2010-2015 年山洪灾害县级非工程措施项目建设，已安装简易手摇报警器 5532 个、铜锣 5918 面、简易雨量站 12021 个，简易水位站 1856 个，无线预警广播 10989 个，结合传统的电话、短信等方法，初步形成乡村末端预警系统。积极开展编制或修订完善的乡镇、村山洪灾害防御预案分别为 1079 件和 5929 件，落实了区县、乡镇、村、组、户五级山洪灾害防御责任。持续开展宣传、培训和演练工作，制作了 7413 块警示牌、6748 个宣传栏，发放了 169.78 万张明白卡，印发宣传材料 180.49 万册。组织了 32802 人次培训、演练，增强了基层干部群众的防灾减灾意识，提高了自防自救和互救能力。

（4）积极增强技术力量补充

针对基层防办工作人员技术力量整体相对薄弱，尤其是计算机网络方面知识较缺乏，难以满足日益发展的技术工作要求。大力推动基层防办工作人员能力建设，各市（州）防办每年组织开展山洪灾害相关培训，面向县（市、区）防办技术人员针对山洪灾害预警系统组成及工作流程、山洪灾害防御预案编制、水雨情自动监测系统工作原理、工作机制及简单维护、计算机操作系统基础、网络基础及网络安全知识、预警平台信息服务系统应用操作、数据维护及管理、无线预警广播系统工作原理、系统组成及简单维护、监控中心大屏日常使用和简单维护、传真系统的使用和简单维护等方面做重点培训。除了各地市级统一组织开展的培训外，各县（市、区）也同时根据各自发展现状和业务需求分别开展辖区内山洪灾害有关培训。

（5）社会宣传力度大效果好

山洪灾害点多面广，防御难度大，甘肃省拥有若干名胜古迹，游客众多，除了针对本地居民外还需要加强对游客的宣传。为了增强广大群众自我防灾避灾意识，甘肃省各地市努力营造山洪灾害防治的社会舆论氛围。在汛期通过在合适的时段登发电视公益广告，专家电台在线解答等方式，尽可能多地使广大居民了解山洪灾害。各地在地质灾害点、山洪灾害易发区设立了警示牌，在交通要道、集镇和乡镇设立了山洪灾害宣传栏，同时向群众发放山洪灾害防御宣传手册、宣传光盘、挂图及明白卡，与新闻媒体、广播电视台广泛合作，在电视、广播、报纸、新媒体各方面大力宣传山洪灾害危害性及防治知识，大大增强了群众的自我防范意识。每年汛前或汛中各县（市、区）结合本地特点开展了多次演练，所组织的较大规模

的山洪灾害避险转移演习主要由县（市、区）防汛指挥部成员参与、各县（市、区）水务部门和所在乡镇政府组成，各县（市、区）和各地市电视台等多家媒体对演习进行了宣传，通过宣传培训演练等活动，大大提高了全民的山洪避险意识。

3.6 全省各级防汛指挥决策水平大大提高

山洪灾害防治区县级非工程措施项目充分利用现代信息技术，初步构建了覆盖 83 个区县的区县级防汛指挥平台，实现了防汛指挥系统向县级延伸。另外，甘肃省还初步建设了省级和市级山洪灾害监测预警信息管理系统，集成和共享了各县（市、区）山洪灾害防治基础信息和实时监测预警信息，使各级防汛抗旱指挥部门能够及时掌握基层山洪灾害防御动态，加强对山洪灾害防御工作的监督和管理。通过山洪灾害防治县级非工程措施项目建设，不仅增强了基层山洪灾害防御能力，同时延伸和扩展了省级和市级防汛抗旱指挥系统，有效提升了基层防汛信息化水平，提高了基层防汛指挥决策水平。

3.7 防洪减灾效益显著

从近年山洪灾害防御工作实际来看，通过项目建设的山洪灾害监测预警系统和群测群防体系，基本实现“预警及时、反应迅速、转移快捷、避险有效”的目标，发挥了很好的防灾减灾效益。据初步统计，近年来，已建系统向十余万名责任人累计发布预警短信上亿条，启动预警广播上千次，转移危险区群众约数百万人次，大大减低了灾害损失，确保了广大山丘区群众的生命安全，保障了社会稳定和经济发展。如 2013 年 6-7 月天水市先后发生四次暴雨洪灾，项目建设成果经受住了洪水考验，山洪灾害未造成一人伤亡。山丘区群众赞誉其为“生命安全的保护伞”和“费省效宏、惠泽民生的德政工程”。再如定西市山洪预警“户户知”工程累计发布山洪灾害预警 834 次，发布预警短信 24.63 万条，涉及相关防汛责任人 16808 人次，启动预警广播站 1111 次，转移人员 15.78 万人次，有效避免了人员伤亡，发挥了显著社会效益。如 2013 年 7 月 21 日 22:05:39 秦州区中梁、玉泉、藉口、牡丹、秦岭、皂郊、华岐、太京、杨家寺等乡镇出现雨量预警，其中：秦岭乡白集寨雨量 80.8mm，牡丹镇谢家岭雨量 80.8mm，中梁乡何家湾 78.2mm，玉泉镇水家沟 75.6mm，藉口镇郑集寨 75.6mm，中梁草胡 73.2mm，牡丹梁家门 68.8mm，都超过设定的预警级别。由于及时预警，提前将人员安全转移，没有造成人员伤亡。

2011 年以来甘肃省历年洪涝灾害基本情况统计数据（见表 3），其主要特点是：一是山洪灾害损失依然较重，2011-2015 年间平均年均洪涝灾害损失 72 亿元，年均受灾县（市、区）60 个，年均受灾乡镇 581 个，年均受灾人口 165.3 万人，年均倒塌房屋 1.88 万间，年均死亡 23 人，年均失踪 6 人。二是因灾死亡人数大幅减少，除酒泉市和白银市外，其他各市（州）均有人员死亡和/或失踪人员，全省五年间死亡/失踪人数达 144 人；其中庆阳最重，死亡和失踪人数为 92 人。近五年与 2006-2010 年（未计舟曲死亡失踪人数）相比减少 38%，与 1949-2015 年（未计舟曲死亡人数）多年平均相比，减少幅度 88%，仅为新中国成立以来多年平均的五分之一。三是受灾人口大幅减少，近五年与 2006-2010 年间相比受灾人口减少了 25%，与 1949-2015 年多年平均相比减少了 35%。说明甘肃省山洪灾害防治成效极为显著。

表 3　甘肃省 2011-2015 年间洪涝灾害统计表

地区	受灾范围		受灾人口	倒塌房屋	死亡人口	失踪人口	转移人口	直接经济总损失
	县（市、区）	乡（镇）						
	（个）	（个）	（万人）	（万间）	（人）	（人）	（万人）	（亿元）
合计	298	2906	826.4879	9.3908	114	30	30.6841	360.5351
兰州市	6	25	2.8474	0.0052	4	1	0.0000	0.2158
酒泉市	11	46	3.8707	0.0156			0.0064	1.3661
嘉峪关市	10	61	14.7766	0.0080	1	2	0.0652	5.9339
金昌市	16	108	31.5411	0.0945	5	3	0.0596	3.0805
张掖市	28	216	46.6666	0.0760	2		0.1389	4.6707
武威市	8	117	26.8632	0.1355	3		0.8408	4.0868
白银市	26	93	15.3734	0.0194			0.0000	2.3668
定西市	21	176	66.3099	0.3541	8		6.3602	30.8712
天水市	26	335	110.8615	3.4506	2	1	9.1057	91.4437
平凉市	25	185	74.3493	0.4805	1		0.3697	7.0747
庆阳市	35	394	120.1561	3.5082	69	23	5.8127	118.8675
陇南市	35	779	248.0068	1.0107	9		7.6069	78.6905
临夏州	20	209	46.9939	0.1730	1		0.1500	3.9484
甘南州	31	162	17.8714	0.0595	9		0.1680	7.9184
2011-2015 五年平均	60	581	165.30	1.88	23	6	6.14	72.11
2006-2010 五年平均			217.78	1.93	37			36.5
1949-2015 多年平均			252.98	1.21	127			947

一种山洪灾害监测预警设施设备运行维护模式及其技术实现

何秉顺[1,2]　张琦建[3]

（1.中国水利水电科学研究院，北京100038；2.全国山洪灾害防治项目组，北京100038；3.国家防总办公室，北京100053）

摘　要：近年来，我国通过山洪灾害防治非工程措施项目已建设了大量监测预警设施设备，这些非工程措施在历年来的山洪灾害防御中发挥了显著的作用。但随着建设高峰期的结束，监测预警设施设备运行维护管理问题也逐渐凸显。本文探讨了向社会购买服务在山洪灾监测预警设施设备运行维护相结合的可能性，并提出了基于物联网和云平台的技术实现方式。基于物联网的设备运行监控技术可有效监控各监测预警设施设备运行状态，实现远程诊断、远程维护，减少日常巡检工作量；基于云平台的山洪灾害监测预警系统平台可减少县级物理服务器购置，大幅度减少县级运行维护工作。

关键词：山洪灾害　监测预警　运行维护　政府购买服务　云平台

1 前言

我国洪涝灾害严重，而突发局地极端强降雨引发的山洪灾害频繁，导致大量人员伤亡。面对严峻的山洪灾害防御形势，我国各级政府及时行动。国务院 2006 年批复了《全国山洪灾害防治规划》；2010-2012 年，水利部、财政部等四部局联合开展了涉及全国山洪灾害防治区 2058 个县的山洪灾害防治县级非工程措施建设工作。2013-2015 年，水利部、财政部联合开展了全国山洪灾害防治项目建设。通过 2010-2015 年山洪灾害防治项目实施，我国基本建设完成全国 2058 个县的山洪灾害监测预警平台、29 个省、新疆生产建设兵团和 305 个地市的山洪灾害监测预警信息管理系统,建设了自动雨量站 4.5 万个，自动水位站 1.7 万个、简易雨量报警器 31 万个，简易水位监测站 7.8 万个，无线预警广播 23 万多个，手摇警报器 41 万多个，铜锣、号和口哨等简易报警设备 92.7 万台套，制作警示牌、宣传栏 100 万块，发放明白卡 7686 万张，为我国广大山丘区山洪灾害监测预警提供了坚实的物质基础,强化了基层防汛指挥手段，有效提高了基层防汛指挥决策水平。

但随着建设高峰期的结束，监测预警设施设备运行维护管理问题也逐渐凸显，如何有效解决山洪灾害监测预警设施设备运行维护管理问题，保证系统高效运行,确保各类设施设备长效发挥作用，成为迫在眉睫亟须解决的问题。本文探讨了利用政府向社会购买服务方式解决山洪灾害监测预警运行维护管理的可能性，并提出了依托政府向社会购买运行维护服务，构建不断升级完善的基于物联网和云服务平台的山洪灾害监测预警系统技术路线。

2 山洪灾害监测预警系统运行维护特点

山洪灾害监测预警系统对于其他水利工程来说，设施设备运行维护管理有其自身特点：

（1）数量多、点分散。通过山洪灾害防治非工程措施项目建设的 4.5 万个自动雨量站、1.7 万个自动水位站、31 万个简易雨量报警器、7.8 万个简易水位监测站、23 万多个无线预

警广播、41 万多个手摇警报器分布在全国山洪灾害防治区 2058 个县、约 487 万平方公里范围内，如此规模的数量和大范围分布，为运行维护带来了极大的困难。

（2）环节多、风险大。山洪监测预警系统是整个山洪灾害防治非工程措施项目建设和运行管理的核心，部署在省、市、县三级防汛指挥部门，是由监测站点、通信设施、监测预警平台软件、预警设备组成的有机组合体，任何一个环节出现问题将影响整个系统的运行，甚至造成系统瘫痪，丧失山洪灾害的预警预报能力。

（3）时效强、要求严。山洪灾害由突发局地极端强降雨引发，汛期必须保证设施设备时刻处于正常运行的状态，出现故障后立即处置，设备维护必须及时。

（4）专业强，技术高。山洪灾害监测预警平台软件、监测站点、通信设施、预警设备涉及软件开发部署、信息传输、通信电子、决策支持等专业技术，对支撑人员要求较高，需要专业团队承担系统维护工作。

（5）基层自身技术力量弱，运行维护经费落实困难。

3 政府购买服务模式

本文所提出的向社会购买服务的运行维护模式主要是充分考虑了基层技术力量薄弱，运行维护经费落实困难，提出多个县打包购买服务，将山洪灾害雨水情监测站点、县级平台、无线预警广播、视频会商设备等运行维护工作由一家单位负责运行维护。为了节约人力，降低成本，由运行维护单位对监测预警设施设备进行升级改造，采用物联网技术有效监控各监测预警设施设备运行状态，实现远程诊断、远程维护，减少日常巡检工作量；同时将县级山洪灾害监测预警系统平台向云技术方向进行升级完善，在坚持以县为单元开展山洪灾害防御责任主体不变的基础上，减少县级运行维护工作压力。

3.1 政策依据

《国务院办公厅关于政府向社会力量购买服务的指导意见》（国办发〔2013〕96 号)、财政部《政府购买服务管理办法（暂行）》（财综〔2014〕96 号）明确提出把政府直接提供的一部分公共服务事项以及政府履职所需服务事项，按照一定的方式和程序，交由具备条件的社会力量和事业单位承担，并由政府根据合同约定向其支付费用。办法中对政府向社会购买服务中购买主体和承接主体、购买内容及指导目录、购买方式及程序、预算及财务管理、绩效和监督管理进行了详细的规定。结合山洪灾害监测预警系统特点，服务指导性目录中基本公共安全服务项的气象灾害预警信息传播服务、气象灾害监测及设备保障、其他政府委托的基本公共安全服务和信息化服务项的信息化硬件维护服务、信息化软件维护服务、信息化网络维护服务可作为各地购买服务、预算申报的实施依据。各地也可以申请山洪灾害监测预警专项服务列入政府购买指导性目录。

3.2 服务模式

政府向社会力量购买山洪灾害监测预警服务的标的就目前发展水平而言，可分为山洪灾害雨水情监测站点、监测预警平台、预警设备等专项运行维护，由多家专业单位负责实施；也可按照一个行政区域单元（县级），由一家单位整体承担系统运行维护事项。考虑到单县

落实的运行维护经费较少，而山洪灾害监测预警设备运行维护服务量大，技术难度高，故提出多个县打包购买服务，将山洪灾害雨水情监测站点、县级平台、无线预警广播、视频会商设备等运行维护工作由一家单位负责运行维护的模式。

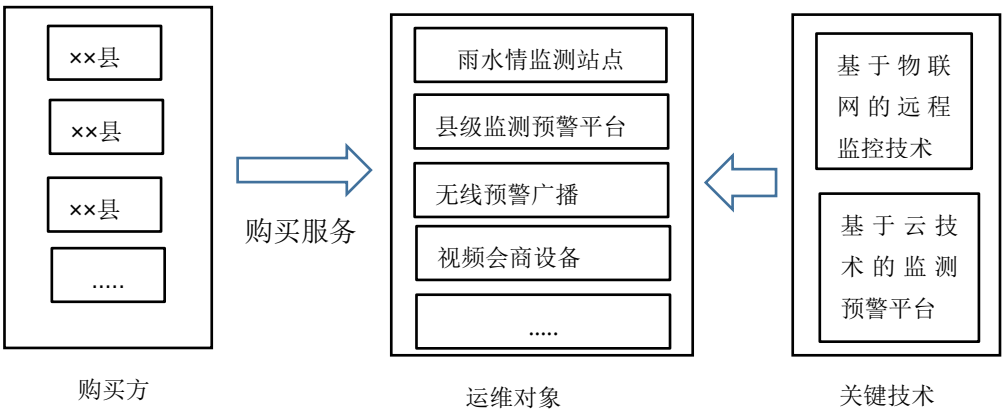


图 1 山洪灾害监测预警服务模式及关键技术图示

3.3 发展趋势

政府向社会力量购买服务的核心思想是减少政府对具体公共服务的直接投资建设，采用向社会购买优质服务，山洪灾害监测预警的核心工作是雨水情监测及设备保障、预警分析及信息传播，随着已建系统运行维护服务的深入，专业单位可能会自建监测设施、平台软件、预警设施来为政府部门提供更好的服务。这个阶段，防汛指挥部门才能从具体的事务中解放出来，从管建设转变为买服务。政府购买服务的标的也会从初级的已建设施的运行维护服务演变为监测服务、决策服务和预警服务。

4 运行维护模式关键技术

4.1 基于物联网的设备运行监控技术

为了节约人力，降低成本，可将监测预警设施设备进行少量改造，采用物联网技术有效监控各监测预警设施设备运行状态，实现远程诊断、远程维护，减少日常巡检工作量。物联网是继计算机、互联网之后第三次信息浪潮，是新一代信息技术的重要组成部分。物联网监控主要由前端采集设备、传输网络、监控管理平台组成。通过雨水情信息监测设备，按约定的协议，与互联网相连接，进行信息交换和通信，从以实现对监测设备的智能化识别、定位、监控和管理。需要在设备状态监测规约、设备智能化、设备状态监控软件等方面开展工作。

为规范山洪灾害监测预警平台的运行维护管理工作，首先需制定监测预警设备运行状态监测规约制定，提出山洪灾害监测预警平台所涉及网络、服务器、监测设备、预警设备及业务系统运行状态可监测指标，将设备进行升级改造，使设备在上传监测数据的同时，实时向管理中心上报运行状态。

设备状态监控软件实现对省、市、县三级山洪灾害监测预警系统的网络、服务器、监测设备、预警设备、业务系统、数据库系统的有效监管，从根本上提高山洪灾害监测预警系统运维管理水平，改善维护工作的质量，进而保证各系统维护水平的可持续性提升。软件包括设备运行状态监视、故障处理管理、信息资产管理、运维知识库等功能模块，分为管理人员、

运维人员等角色，各级人员进入系统，分别行使不同职责，各司其职，共同完成山洪灾害系统的运维工作。管理进入系统能实时了解：辖区内所有设备的运维整体情况及故障处理情况，便于故障跟踪；查看服务商处理故障的及时率和维修人员的在线情况。运维人员进入系统能实时了解：辖区内所有故障设备的分布情况；查看设备的具体故障信息；生成故障单，并及时做出响应等。

图 2 山洪灾害监测预警设备远程监控系统

同时还开发了运行维护管理 APP 软件，提供查看设备运行状态情况、设备故障信息、通知运维人员、查看故障处理结果、运维知识、设置等功能；为运维用户提供设备运行状态情况、设备故障信息、填写故障处理反馈、运维知识、设置等功能。

图 3 山洪灾害监测预警设备运行维护 APP 功能图

基于物联网的设备运行监控技术的应用可大大提高系统整体运行稳定性，做到设备故障

早发现、早处理，减少现场巡检盲目性，减轻现场检修工作量。根据山洪灾害防御的特点，还可以结合气象预报，及早做好设备运行管理的应对工作。

4.2 基于云技术的监测预警平台

云技术是指在广域网或局域网内将硬件、软件、网络等系列资源统一起来，实现数据的计算、储存、处理和共享的一种托管技术。鉴于监测预警平台运行维护工作中信息化人才匮乏与运行维护保障不足的现实问题，基于云服务技术，在坚持以县为单元开展山洪灾害防御责任主体不变的基础上，可将监测预警平台向云端迁移，优化配置网络、存储、计算资源。

采用云服务技术，实施统一机房、统一计算、统一存储、统一网络的基础设施共享架构，实现网络互联互通、机房安全统一、计算弹性服务、存储按需分配，为系统提供建设集约、性能优良的基础支撑。可大大减少市、县级物理服务器和存储设备购置，大幅度减少县级运行维护工作量，降低基层系统维护难度。

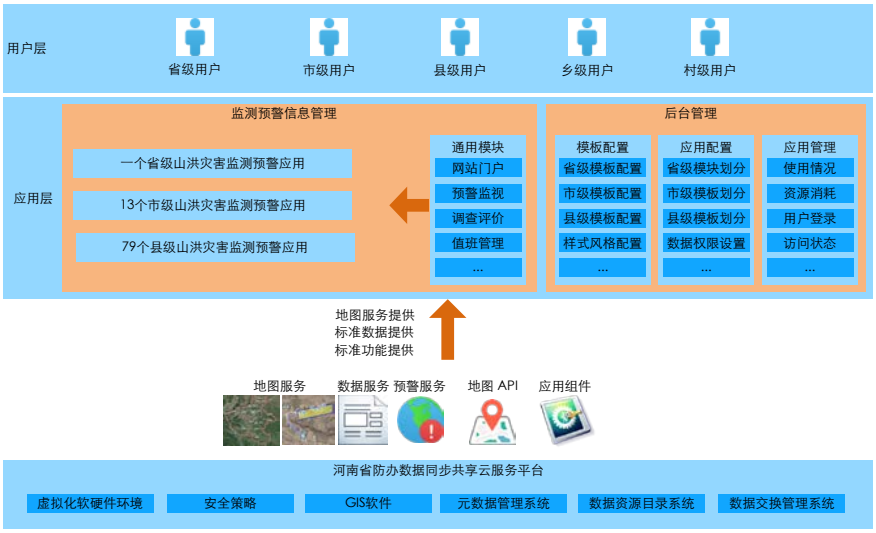


图 4 河南省山洪灾害监测预警云服务总体设计

5 结语

（1）山洪灾害监测预警设施设备数量多、点分散、专业性较强等。此外，基层技术力量薄弱，运维经费落实难度大。为了解决山洪灾害监测预警设施设备运行维护困难的问题，本文提出了多个县打包联合向社会购买运行维护服务的模式，将山洪灾害雨水情监测站点、县级平台、无线预警广播、视频会商设备等运行维护工作由一家单位负责运行维护。

（2）为了节约人力，降低成本，可将监测预警设施设备进行少量改造，采用物联网技术有效监控各监测预警设施设备运行状态，实现远程诊断、远程维护，减少日常巡检工作量。

（3）采用云服务技术，在坚持以县为单元开展山洪灾害防御责任主体不变的基础上，实施统一机房、统一计算、统一存储、统一网络的基础设施共享架构，可大大减少市、县级物理服务器和存储设备购置，大幅度减少县级运行维护工作量和难度。

参考文献

[1] 水利部，财政部. 全国山洪灾害防治项目实施方案 [R].2013

[2] 水利部，国土资源部，中国气象局，建设部，国家环保总局. 全国山洪灾害防治规划[R].2006

[3] 全国山洪灾害防治项目组.山洪灾害防治非工程措施技术要求[R].2013.9

广西玉林玉州区山洪灾害分析评价

李昌志[1]　张淼[1]　张启义[1]　翁家超[2]　黄炫霖[3]

（1. 中国水利水电科学研究院，北京100038；2.玉林市玉州区防汛抗旱指挥部办公室，广西玉林537000；3.广西业恒勘测设计有限公司，广西玉林537000）

摘　要：基于工作底图、小流域基础属性数据山洪灾害调查成果，本文介绍了在广西壮族自治区玉林市玉州区开展山洪灾害分析评价的工作情况和取得的成果，主要包括分析评价基础工作、小流域暴雨洪水特性分析、沿河村落防洪现状评价、预警指标分析，以及针对玉州区山洪灾害防治情况提出的意见和建议等。

关键词：玉州区　山洪灾害分析评价　建议

玉州区隶属于广西壮族自治区玉林市，地处广西壮族自治区东南部南流江上游山丘区，是广西暴雨中心区之一，汛期洪水暴涨暴落，频繁造成洪涝灾害。基于国家和广西壮族自治区山洪灾害防治工作总体部署与安排，玉州区被列入了广西 2014 年度山洪灾害调查与分析评价区县；根据《全国山洪灾害防治实施方案（2013-2015）》、《山洪灾害分析评价技术要求》、《山洪灾害分析评价方法指南》等“全国山洪灾害防治项目”的总体要求，本文介绍在玉州区开展山洪灾害分析评价的工作情况和取得的成果，与进行此项工作的同仁分享与交流，以期抛砖引玉。

1 玉州区基本情况

土地面积 464.3km^2，辖 5 个街道办事处、4 个乡镇，共 107 个村（社区），2012 年年末总人口 63 万人，乡村人口 36 万人；人均 GDP 约 3.22 万元，在区域内属于偏上水平。根据山洪灾害调查情况，全区均为山洪灾害防治区，9 个乡镇（街道）均不同程度受山洪威胁，直接受山洪灾害威胁人口约 3.508 万人，占全区总人口的 5.6%[1]。

地势西高东低，由西部向东南倾斜，北部接近大容山山脉，东部、中部为开阔肥沃的玉林盆地，地势平坦，有少量的低矮山丘。辖区内有清湾江、南流江 2 大河流，均属南流江水系，其中，清湾江流域面积达 263km^2，主河道长 14.3km，南流江流域面积达 201km^2，主河道长 28.0km（见图 1）。

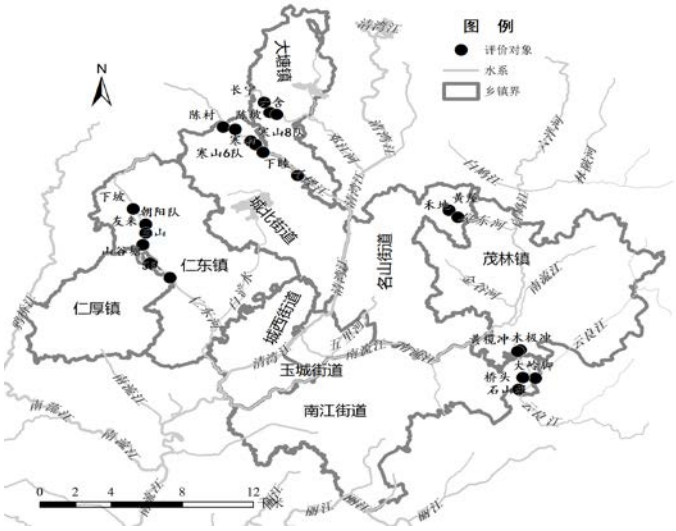


图 1 玉州区基本情况

玉州区地处北回归线附近的低纬度地带，属典型的热带季风气候，雨量充沛，年均降雨量 1640mm，降雨集中在 4～9 月，约占全年降雨量的 75～82%，

容易形成短历时强降雨，非常有利于暴雨山洪形成。主要为小流域频繁下降暴雨引发山洪，因河道两岸基本无护坡护岸措施，河道较窄，洪水暴起暴落，来势凶猛，破坏力大；每当在3～4 小时内出现 100mm 以上暴雨时，洪水传播时间在 1～2 小时内迅速汇集成洪峰，往往造成山洪灾害；建国 60 多年来，发生严重山洪灾害共 16 次，平均约每 4 年左右发生 1 次[1]；玉林城区及周边很多乡镇都受山洪严重威胁，社会经济发展受到山洪威胁和影响巨大。

近年来，在制度建设、报汛指挥制度建设、监测预警制度建设方面，玉州区都做了大量工作，山洪灾害防御能力有了显著提高。到 2015 年 5 月，玉州区共建设有自动监测站 59 套，简易雨量站报警器 98 套，无线预警广播站 48 套，预警监测系统分布于各防治区内，可随时提供各种水雨情信息和及时发布预警信息，但仍存在基础信息缺乏、交通建设和经济发展造成山洪隐患、村落现状防洪能力低、群众防洪减灾意识有待继续增强等问题，需要进一步评估。

2 分析评价基础工作

（1）全面了解和熟悉玉州区山洪灾害防治工作基本情况，并对基础资料进行评估。基于玉州区工作底图、基础数据以及山洪灾害调查三大资料开展工作。玉州区基本情况见第 1 节；此外，工作底图、基础数据基本满足要求；山洪灾害调查资料中，《广西壮族自治区暴雨径流查算图表》[2]（下称《查算图表》）、《广西暴雨统计参数等值线图研究》[3]（下称《等值线图》）等气象水文资料基本满足玉州区山洪灾害分析评价对短历时、强降雨暴雨资料的需求；植被及土壤资料可以提供必要的建模参数；河道纵断面、横断面测量资料以及成灾水位、人口-高程分布信息等资料，基本满足分析评价要求，个别测量成果需改进。

（2）分析评价对象名录制定。基于山洪灾害调查成果，充分考虑山洪灾害发生频繁程度、损失严重程度、当地防洪减灾轻重缓急情况，以及土地利用规划、旅游业发展、城镇化建设以及企事业单位建设等地区发展规划等需求，拟定了 22 个山丘区沿河村落作为分析评价对象，分布于南江街道、城北街道、大塘镇、茂林镇、仁东镇共 5 个乡镇（街道），共有 1927 人，253 户（见图 1）。可见，分析评价的村落密度为 4.7 个/100km^2，占全区总人口的 0.3%，占全区受山洪威胁人口的 5.5%。据此，编制了分析评价名录，并将每一个沿河村落与对应的河道纵横断面和照片资料进行对照分析。

（3）典型流域和村落选择及试算。根据沿河村落分布情况，划分了 5 个分析评价小流域计算单元，在南流江和清湾江各选择了 1 个小流域及流域中的山谷塘、木极冲两个沿河村落作为典型，介绍玉州区山洪灾害分析评价的方法与流程；采用推理公式法、纳希瞬时单位线法、地貌单位线法和 SCS 单位线法等方法，对典型小流域及沿河村落建模，并对流域汇流时间（τ）、设计暴雨、设计洪水等进行试算。四种方法的计算结果表明，推理公式法及瞬时单位线法居中，地貌单位线法相对较小，SCS 单位线相对较大。作为传统采用的方法，推理公式法及瞬时单位线法应用较多，也较为成熟，但对降雨过程进行了一定程度的均化，推理公式对整个净雨过程进行均化，瞬时单位线对转化为时段单位线后的时段过程进行了均化；现有地貌单位线因流速因子 K 考虑因素较为粗略，影响成果精度；SCS 单位线对净雨

过程进行的均化程度较弱，故峰值较为突出，参数也能与流域土地利用方式相结合。由于我国很多地方在采用推理公式进行工程设计计算时，已经适当放大，故最后确定设计洪水部分采用推理公式法进行，预警指标分析采用 SCS 单位线进行分析。

3 小流域暴雨洪水特性分析

3.1 设计暴雨参数计算方法

设计暴雨参数计算涉及不同时段、不同频率暴雨变差系数 C_v、偏态系数 C_s 与变差系数 C_v 比值（C_s/C_v）、点面折减系数、时段雨量折减系数 n2、n3 的确定。分析中，基于《查算图表》和《等值线图》等基础资料，获得玉州区不同时段、不同频率暴雨变差系数、偏态系数与变差系数比值，并进一步查找相关图件获得有关参数。22 个沿河村落分布于 5 个小流域，这一工作针对每个小流域进行。

3.2 设计暴雨量计算步骤

第 1 步，查《等值线图》“第四部分附图”中“图二十五广西壮族自治区年最大 24 小时点雨量均值等值线图”、“图二十六广西壮族自治区年最大 24 小时点雨量变差系数等值线图”，得到各个小流域的二十四小时的和；并据值和相应频率，查《查算图表》“第三部分附录”中“表 4 皮尔逊 III 型曲线模比系数 K_p 值表”，查值并计算该频率下 24 小时的点雨量；

第 2 步，查《等值线图》“第四部分附图”中“图二十二广西壮族自治区年最大 6 小时降雨量均值等值线图”、“图二十三广西壮族自治区年最大 6 小时降雨量变差系数等值线图”，得到各个小流域的六小时的和；并据值和相应频率，查《查算图表》“第三部分附录”中“表 4 皮尔逊 III 型曲线模比系数 K_p 值表”，查值并计算该频率下 6 小时的点雨量；

第 3 步，查《等值线图》“第四部分附图”中“图十九广西壮族自治区年最大 60 分钟降雨量均值等值线图”、“图二十广西壮族自治区年最大 60 分钟降雨量变差系数等值线图”，得到各个小流域的 60 分钟的和；并据值和相应频率查《查算图表》“第三部分附录”中“表 4 皮尔逊 III 型曲线模比系数 K_p 值表”，查值并计算该频率下 60 分钟点雨量；

第 4 步，查《查算图表》“第三部分附录”中“表 1 广西设计暴雨分区综合 $T\sim F\sim\alpha$ 关系表”，得各计算单元 1、6、24 小时以及流域汇流时间（τ）的点面雨量转换系数，据此进行点面雨量转换计算。

3.3 设计暴雨时程分配计算

进行暴雨时程分配时，以暴雨历时大致与小流域汇流时间相等的时间为标准，然后基于 24 小时设计暴雨时程分配比例，确定各时段的雨量。具体工作中，参照《查算图表》“第四部分附图”中“图三十三广西雨型分区图”和“第三部分附录”中“表 2 广西分区综合 24 小时雨型表”，根据雨峰所在时段为起始时段，分别向左向右增加时段，直至累计时段数与小流域汇流时间大致相等时为止，各时段雨量按该表比例设置，即得到暴雨时程分配成果。

3.4 净雨分析

在设计暴雨洪水计算中，净雨分析应考虑初损和稳渗两部分，且时间长度一般为 24 小时，其中，初损主要考虑植被截留和洼蓄两部分，后损主要考虑稳渗。考虑到玉州区土壤以

沙壤土和粘壤土为主，含有少量壤黏土，损失率范围在 1.27~7.62mm/h 之间[4]，按照土壤含水已经较为饱和的假定，按范围下限扣除。根据《查算图表》“第一部分编制说明”中“表（八）、综合表”，采用推理公式法时，对于一般山丘区，稳定入渗率为 2~4mm/h；对于原始森林区，稳定入渗率为 5~8mm/h。采用瞬时单位线法时，对于一般山丘区，产流期平均入渗率为 6~10mm/h；对于原始森林区，平均入渗率为 10~14mm/h[2]。针对玉州区的具体情况，城区周边主要为山丘区，稳定入渗率采用 2~4mm/h。

3.5 典型频率设计洪水计算

根据《山洪灾害分析评价技术要求》，假定暴雨与洪水同频率，设计洪水频率确定为 5 年一遇、10 年一遇、20 年一遇、50 年一遇、100 年一遇 5 种。为给防灾对象现状防洪能力评价和危险区等级划分提供较为全面的支撑，根据玉州区山丘区特点，分析了山洪洪峰流量、洪量、上涨历时、洪水历时 4 个洪水要素。

在山洪灾害分析评价中，设计洪水计算是为了获取沿河村落控制断面处的水位-流量关系和水位-人口关系。工作中基于不同频率设计洪水洪峰流量，采用曼宁公式进行水位-流量关系转换，将防灾对象河道控制断面设计洪水洪峰流量转换为对应的水位，绘制水位流量关系曲线；在获取水位人口关系曲线时，主要根据山洪灾害现场调查汇总成果进行，即分析居民住房位置及高程测量成果中控制断面的水位-人口对应情况，获取相应的水位-人口关系曲线。在进行水位人口关系分析时，由于沿河村落中住户较分散，且离控制断面不远，在将居民住房位置及高程测量成果转化为控制断面的水位-人口关系时，将控制断面附近居民住房高程近似作为投影在控制断面上的高程。

3.6 成果合理性分析

由于条件限制，设计洪水成果合理性分析采用了两种方式：（1）与区域洪峰模数、洪水流速比较；（2）同一条河流上下游不同地点成果比较。以所选择典型村落所在流域为例，两个典型小流域 100 年一遇洪水洪峰模数在 12~15 之间，50 年一遇洪水洪峰模数在 10~15 之间；山谷塘和木极冲平均流速分别在 1.2m/s 和 1.9m/s 左右。此外，从上游至下游，位于仁东河的下坡、朝阳队、友来 3 村落，以及位于云良江的桥头、石山根 2 村，设计洪水洪峰流量上小下大，趋势上是合理的。

3.7 主要结论

统计并分析以上成果，发现玉州区短历时的强降雨及所引发洪水具有以下统计特点：（1）同一降雨历时内，频率越稀遇，雨量范围相差越大；不同降雨历时内，随着频率变得越稀遇，雨量范围相差也越大，时段雨强也相应增大。历时为 1 小时的 5 种典型频率的雨量：5 年一遇为 63~72mm；10 年一遇为 74~84mm；20 年一遇为 84~95mm；50 年一遇为 96~109mm；100 年一遇为 106~120mm。历时为 6 小时的 5 种典型频率的雨量：5 年一遇为 118~126mm 之间；10 年一遇为 144~154mm；20 年一遇为 169~181mm；50 年一遇为 202~217mm；100 年一遇为 227~243mm；相应地，5 种频率 6 小时的雨强变化范围分别为 19.7~21.0mm/h，24~25.7mm/h，28.2~30.2mm/h，33.7~36.2mm/h，以及 37.8~40.5mm/h。（2）提供了以汇流时

间为降雨历时的暴雨强度，据此由推理公式可以方便地大致估算各个地点某频率设计洪水的洪峰大小。以 2 个典型计算单元为例，常规频率（P=20%，10%）下暴雨平均强度主要在 23.6~37.3mm/h，中等频率（P=5%）下暴雨平均强度主要在 33.6~43.3mm/h，稀遇频率（P=2%，1%）下暴雨平均强度主要在 40.0~56.7mm/h。(3) 小流域山洪洪峰模数较大。22 个沿河村落设计洪水计算中，100 年一遇洪水的洪峰模数大多在 10.9~16.8$m^3/(s•km^2)$之间，50 年一遇洪水的洪峰模数在 9.4~14.6$m^3/(s•km^2)$之间，极个别面积太小的流域，洪峰模数甚至可达 20 $m^3/(s•km^2)$。这一点与集雨面积较大的流域和较平地区洪水的洪峰模数有较大差别。

4 沿河村落防洪现状评价

4.1 沿河村落危险区等级划分

对玉州区 22 个沿河村落的危险区等级划分时，主要根据洪水发生频率并参照防治对象及其控制断面水位流量关系类型，将分析计算获得的危险区划分为极高危险、高危险、危险 3 个等级的区域，并统计相应范围内的人口和房屋分布信息，分析、校核或修正转移路线和临时安置地点的信息。本项工作中，根据分析结果对初步成果进一步评价和修订，具体为：在危险区等级划分的基础上，结合防灾对象的地形地貌、交通条件等信息，对现场调查的转移路线和安置地点进行评价和修订，以确定最佳的转移路线和临时安置地点。

4.2 沿河村落现状防洪能力评价

分析玉州区 22 个沿河村落的现状防洪能力分析时，主要基于各个防灾对象控制断面处的水位流量关系曲线以及水位人口高程曲线等关键信息进行，具体分析了防灾对象成灾水位对应洪峰流量的频率，并根据需要辅助分析沿河道路、桥涵、沿河房屋地基等特征水位对应洪峰流量的频率，统计确定成灾水位（其他特征水位）、各频率设计洪水位下的累计人口和房屋数，综合评价现状防洪能力。

表 1 给出了玉州区沿河村落防洪现状评估成果。由表可见，22 个沿河村落中，有 1 个现状防洪能力达到了 100 年一遇以上，受溪河洪水类型山洪影响的概率较小；现状防洪能力在 5 年一遇以下的有 11 个，在 5-20 年一遇之间的有 2 个，在 20-100 年一遇之间的有 2 个，位于水库下游受水库泄流影响的有 5 个，非河道直接影响村落 1 个。22 个沿河村落各级危险区人口数量及分布情况为：极高危险区 743 人，高危险区人口 236 人，危险区 215 人，分别占总人口的 38%、12%和 11%。

参考以上样本大致估计，玉州区内周边山丘区中，沿河村落现状防洪能力分布范围大致情况为 5 年一遇以下占 50%，5-20 年一遇约占 9%，20 年一遇以上约为 14%，其余为 27%为水库下游、坡面流、干流壅水导致顶托等特殊情况。但应注意，此次评估仅从溪河洪水上涨导致山洪的角度进行。实际上，玉州区地处北回归线附近，属热带季风气候，降雨集中在 4～9 月，内分配不均，年际变化大；同时受地形地貌等因素的影响，极易形成局地强暴雨，如大容山高垌雨量站 1971 年 5 月 31 日实测最大日降雨量 463.3mm，1971 年 6 月 1 日，南江站最大日降雨量 364.2mm，苏烟站 516.9mm。强暴雨极易导致溪河洪水泛滥，诱发滑坡、泥石流、坡面流等山洪灾害，乃至堤防、塘坝溃决，桥梁涵洞堵塞等情形，山洪灾害种类非

常多。这些因素在此次分析评价中都未考虑，故上成果仅具有参考意义。

表 1 玉州区 22 个沿河村落评估成果表

序号	所属乡镇	所属村	村落名称	洪峰模数评估		现状防洪能力评估			危险区等级评估			备注	
				$M_{2\%}$	$M_{1\%}$	≤20%	5~20%	≥5%	极高危	高危	危险	现状防洪能力	涉水工程
1	南江街道	云良村	大岭脚	14.0	16.0	☐	☐	☑	0	0	0	>100 年	下游桥梁
2			石山根	14.6	16.6	☑	☐	☐	124	138	92	2	
3			桥头	14.5	16.4	☑	☐	☐	30	9	0	4	/
4	城北街道	陈旺村	陈村	10.6	12.1	☑	☐	☐	43	0	0	2	/
5			东冲 2 队	10.8	12.4	☐	☑	☐	0	19	20	6	上游水闸
6		寒山村	寒山	/	/	/	/	/	/	/	/	/	道路阻水产生内涝
7			寒山 6 队	10.3	12.0	☑	☐	☐	59	0	0	2	/
8			寒山 8 队	10.1	11.6	☑	☐	☐	33	0	0	2	上游有坝
9		睦马村	下睦	9.4	10.9	☑	☐	☐	50	0	0	2	/
10	大塘镇	三和村	陈坡	17.5	19.8	/	/	/	0	10	36	/	三和水库下游
11			六含	10.9	12.5	/	/	/	0	0	35	/	
12			长宁	14.2	16.2	/	/	/	59	18	0	/	
13	茂林镇	车垌村	木极冲	13.6	15.5	☑	☐	☐	61	10	0	2	/
14			黄榄冲	13.6	15.5	☑	☐	☐	36	23	0	2	/
15		榕楼村	黄屋	29.2	32.3	/	/	/	48	0	0	/	石基水库下游
16			禾地	20.1	23.0	/	/	/	54	0	0	/	
17	仁东镇	鹤林村	5 队	11.0	12.6	☑	☐	☐	36	0	0	2	/
18		石地村	三山	14.6	16.8	☑	☐	☐	87	0	0	2	下游有桥梁和坝
19			朝阳队	11.7	13.4	☐	☑	☐	0	9	6	9	/
20			友来	12.2	14.0	☑	☐	☐	23	0	0	3	/
21		周村	下坡	12.4	14.1	☐	☐	☑	0	0	22	52	/
22		上罗村	山谷塘	10.8	12.4	☐	☑	☐	0	0	4	25	/
合计				/	/	11	3	2	743	236	215	/	

5 沿河村落预警指标分析

5.1 预警时段确定

在玉州区分析评价中，预警时段确定原则和方法如下：（1）最长时段确定：集水区域汇流时间作为每个沿河村落预警指标的最长时段。（2）典型时段确定：针对每个沿河村落，对于小于最长时段典型时段的确定，根据防灾对象所在地区暴雨特性、流域面积大小、平均比降、形状系数、下垫面情况等因素，确定比汇流时间小的短历时预警时段，60 分钟、180 分钟等，一般选取 2~3 个典型预警时段。由于位于典型的南方湿润地区，最小预警时段选为 60 分钟。（3）综合确定：充分参考前期基础工作成果的流域单位线信息，结合流域暴雨、下垫面特性以及历史山洪情况，综合分析防灾对象所处河段的河谷形态、洪水上涨速率、转移时间及其影响人口等因素后，确定各防灾对象的各个典型预警时段，从最小预警时段直至流域汇流时间。

5.2 流域土壤含水量的考虑

（1）流域土壤含水量情型概化：根据玉州区属于典型南方湿润地区的情况，采用、两个临界值对前期降雨很少、中等、很多 3 种情况的前期降雨进行界定，代表流域土壤含水量较干（0.2Im）、一般（0.5Im）以及较湿（0.8Im）3 种典型情况。

（2）基于流域土壤含水量因素的雨量扣损考虑：玉州区处于产流分区图 6 区，根据《查算图表》“第四部分附图”中“图三十一广西壮族自治区产流分区图”、“第一部分编制说明”中“表（九）降雨径流相关特征参数综合表”，流域平均最大蓄水量（W_m）取 140mm，因而流域土壤含水量较干、一般以及较湿 3 种典型情况下的缺水量分别为 112 mm、70 mm、28mm。分析采用了初损后损法，具体参数取值时考虑了植被类型与覆盖度、土壤类型与分布等因素。

关于初损的处理，主要有植被截留和洼地截留。较差植被的截流量仅在 0.25~1.25mm 之间，在山洪净雨分析中通常可以忽略；但对森林覆盖较大的小流域而言，林冠层截留降雨作用与郁闭度、树种、林型以及地面枯枝落叶层等因素有关，低雨量时波动较大，高雨量时达到定值，一般截流量可达 13~17mm，在预警指标分析中参考了这些资料[5]。根据《查算图表》“第一部分编制说明”中“表（八）、综合表”，采用推理公式法时，对于一般山丘区，稳定入渗率为 2~4mm/h 等信息，针对玉州区城区周边主要为山丘区的植被和土壤类型等具体情况，稳定入渗率主要采用 2~4mm/h。

5.3 临界流量计算

针对每一个预警对象，采用曼宁公式，计算成灾水位对应临界流量。

5.4 模型构建

建模时根据地形地貌、河网特征、土地利用、土壤类型等流域特征，考虑了降雨、产流、汇流以及演进四个环节。降雨考虑雨量和雨型，根据设计暴雨方法进行，具体操作时，根据《查算图表》的规定进行；产流主要依据流域土壤含水量的考虑所述，然后以净雨代入汇流环节进行计算；汇流采用地貌单位线法及 SCS 模型法；演进采用运动波。

各个环节计算模型选择及其参数设置，应当根据资料评估情况，合理地进行设置。模型构建时应特别注意以下 3 点：（1）充分参考防灾对象以及工矿企业和基础设施等预警地点地理位置，适当划分子流域，确定子流域、河段、源点、汇点、合流、分汊等计算对象和单元；（2）结合计算对象和单元的地形地貌特征、植被覆盖情况、土地利用类型、土壤类型、河道特征，输入各计算单元的基本信息和相应的参数；（3）采用流域典型降雨-流量资料配套事件的资料，进行参数率定和模型验证；如果不具备这样的资料条件，特别注意了各计算单元在降雨、产流、汇流、演进环节相应计算模型参数的合理设置。

5.5 指标计算

指标计算中主要开展了以下几项工作：（1）确定沿河村落成灾水位下对应的临界流量；（2）根据汇流时间确定 2-3 个预警时段；（3）根据设置好的土壤含水量较干、一般以及较湿 3 种典型情景，合理扣损，计算各计算时段的净雨序列；（4）采用试算法计算临界雨量，先假定一个初始雨量，并按雨量及雨型分析得到相应的降雨过程系列作为最初的输入，计算预警地点的洪水过程；比较计算所得的洪峰流量与预警地点的预警流量，如果二者接近，该雨量即为该时段的临界雨量，如果差异较大，需重新设定初始雨量，反复进行试算，直至计算所得的洪峰流量与防灾对象的预警流量差值小于预定的允许值为止。分析中，按照以上方法对 22 个沿河村落逐个进行计算，最后得到所有村落的临界雨量。

综合考虑沿河村落所处河段河谷形态、洪水上涨速率、预警响应时间和站点位置等因素，在临界雨量的基础上综合确定准备转移和立即转移的预警指标；利用该预警指标进行暴雨洪水复核校正，以避免与成灾水位及相应的暴雨洪水频率差异过大。通常情况下，由于临界雨量由成灾水位对应流量的洪水推算得到，故在数值上认为临界雨量即立即转移指标；对于准备转移指标，是在临界雨量基础上进行折减处理。

5.6 指标成果

分析了 22 个沿河村落预警指标的分布情况，并取得了相应成果，具体包括流域土壤较湿、一般、较干等典型情况下，不同时段内的预警指标。为了方便玉州区进行山洪灾害预警，对各个乡镇的预警指标值进行了概化，方法如下：以各乡镇所管辖参与分析评价的沿河村落计算值为样本，统计不同土壤含水量情形下不同时段临界雨量的最大值、最小值、平均值、众值等特征值，并参照各区段样本数量，最终确定乡镇预警指标概化值；如果某个乡镇没有样本，则参考附近乡镇成果。表 2 给出了玉州区雨量预警指标推荐成果。

表 2　玉州区乡镇级预警指标推荐成果

编号	乡镇	较湿	一般	较干	参考雨量站	备注
1	玉城街道	1h:±85;3h:±125 6h:±175	1h:±90;3h:±130 6h:±180	1h:±95;3h:±135 6h:±185	玉州防办（水文）站	1、阈值范围为±10mm,下限为准备转移指标，上限为立即转移指标; 2、对于6 小时、12 小时和 24 小时，可以考虑采用以该时段为降雨历时的 20 年一遇及 50 年一遇的降雨为准备转移和立即转移的指标
2	大塘镇	1h:±80;3h:±120 6h:±170	1h:±85;3h:±125 6h:±175	1h:±90;3h:±130; 6h:±180	大双村站、大塘镇（气象）站	
3	南江街道	1h:±85;3h:±125 6h:±175	1h:±90;3h:±130 6h:±180	1h:±95;3h:±135 6h:±185	龙蚌塘水库站、分界村、广恩村站	
4	城西街道	1h:±85;3h:±125 6h:±175	1h:±90;3h:±130 6h:±180	1h:±95;3h:±135 6h:±185	新定村站	
5	城北街道	1h:±80;3h:±120 6h:±170	1h:±85;3h:±125 6h:±175	1h:±90;3h:±130 6h:±180	东冲坝站、寒山水库站、城北镇（气象）站	
6	名山街道	1h:±85;3h:±125 6h:±175	1h:±90;3h:±130 6h:±180	1h:±95;3h:±135 6h:±185	大塘（水文）站、长望村站	
7	茂林镇	1h:±90;3h:±130 6h:±180	1h:±95;3h:±135 6h:±185	1h:±100;3h:±140 6h:±190	茂林镇（气象）站、新寨村站	
8	仁东镇	1h:±80;3h:±120 6h:±170	1h:±85;3h:±125 6h:±175	1h:±90;3h:±130 6h:±180	石地村站、仁东镇站	
9	仁厚镇	1h:±80;3h:±120 6h:±170	1h:±85;3h:±125 6h:±175	1h:±90;3h:±130 6h:±180	荔枝村站	

6 结论与建议

根据山洪灾害调查评价情况，总体而言，玉州区洪水威胁主要以玉林盆地所在的玉林市城区为主，影响面极大，损失也非常严重，随着社会经济进一步发展，玉林市城周边山丘区受山洪灾害影响日渐突出。不过，由于本次分析评价对象样本有限，针对类型也仅局限于因暴雨产生的溪河山洪，且未对受山洪威胁的重要集镇、需防洪治理山洪沟、涉水工程及特殊工况等情型进行分析，因此，尚需要深入工作，才能从全区角度系统评价玉州区山洪灾害。基于本次调查评价成果，针对玉州区实际情况，提出以下意见和建议：（1）加强调查评价成果整编、信息挖掘与信息平台建设：山洪灾害内外业调查成果包括了山洪灾害防治区、沿河村落、典型企事业单位、受山洪威胁的重要城集镇、需防洪治理的山洪沟、与山洪相关的涉水工程、交通干线、主要耕地、以及自动监测站、简易雨量站、简易水位站、预警广播等已有非工程措施等，并对沿河村落河道进行了大量测量工作，调查了一定历史洪水资料，并且也对重要村落开展了大量测量工作，并取得了测量成果，具有非常丰富的信息。分析评价工作对玉州区的小流域设计暴雨洪水特性、22 个沿河村落现状防洪能力、危险区等级划分以及预警指标分析等方面，都取得了一定成果，也有着非常丰富的信息。今后工作中，需加强基础数据制作、分析评价、调查等各环节的沟通，提升基础资料的可用性和实用性，加强调

查评价成果整编与信息挖掘与信息平台建设。（2）补充完善山洪灾害监测预警网络：截至2013年，玉州区自动监测站59个，密度为12.7个/100 km^2，按报汛等级划分，省级重点报汛站22个，省级一般报汛站10个，山洪报汛站24个，其他报讯站1个；按监测站类型分，雨量站34个，水库水文站10个，河道水位站4个，气象站5个。无线预警广播站48个，密度为10.3个/100 km^2，全部为I型；简易雨量站报警器98个，密度为21个/100 km^2，大部分能良好发挥作用；全区现在无简易水位站，仍有待进一步完善和提高。主要问题表现为接近源头地区的沿河村落仍然缺少监测站点，具体建议如表3。

表3 玉州区现有山洪防御设施基本情况及其完善建议

编号	乡镇	现有分布				具体建议
		A	B	C	D	
1	玉城街道	3	0	0	0	/
2	大塘镇	3	6	6	0	/
3	南江街道	8	11	17	0	/
4	城西街道	4	0	6	0	/
5	城北街道	8	5	15	0	陈村、寒山6队、寒山8队、下睦均无任何监测仪器，需要补建无线预警广播或简易雨量报警器
6	名山街道	6	2	11	0	/
7	茂林镇	8	10	18	0	木极冲、黄榄冲及南江街道3个评价对象大岭脚、石山根、桥头仅有1个有1座无线预警广播，下游2个评价对象完全处于无防护状态，建议补建无线预警广播和简易雨量报警器
8	仁东镇	7	7	14	0	周村下坡、石地村朝阳队、友来、三山、鹤林村5队附近有雨量站建议设立无线预警广播；上罗村山谷塘建议补建简易雨量报警器
9	仁厚镇	6	11	11	0	/

（A、自动监测站；B、无线预警广播站；C、简易雨量报警器；D、简易水位站）

监测预警网络，特别建议每个乡镇级区域至少应在其行政区域内主要保护对象所在小流域中，设置2~3个监测上游雨量观测和下游流量观测匹配的站点，加强观测，并用新的观测资料不断复核和校正现有预警指标等成果，以便于预警指标系统的改进和提高。

（3）辨识潜在的山洪灾害防御重点类型与地区：结合调查成果，分析评价成果信息进一步反映了玉州区山洪灾害防治的薄弱地区，如现状防洪能力低下的沿河村落、需工程治理的山洪沟以及沿河村落/城集镇上下游有桥梁、涵洞、塘坝可能发生特殊工况的地方等，都是玉州区今后山洪防治工作的重点类型与地区。具体而言，玉州区大塘镇三和村的陈坡、六含、长宁3个村落，以及茂林镇榕楼村黄屋、禾地2个村落，分别可能受到三和水库和石基水库影响的情况，以及城北街道办事处寒山村的寒山村落等评价对象在山洪事件中可能受到道路/沟桥梁影响的信息。

参考文献

[1] 广西业恒勘测设计有限公司. 广西壮族自治区玉林市玉州区山洪灾害调查报告[R]. 2016年2月.

[2] 广西水文总局. 广西壮族自治区暴雨径流查算图表[M]. 1984年.

[3] 广西壮族自治区水文水资源局. 广西暴雨统计参数等值线图研究[R]. 2010年3月.

[4] 美国水土保持局. HMS用户手册.1986.

[5] 国家防汛抗旱总指挥部办公室、中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所[M]. 山洪泥石流滑坡灾害及防治[M]. 科学出版社, 1994.

新型学校预警设施设备在山洪灾害防治项目中的应用

刘超[1] 马浩[1] 刘怀利[1] 周密[2]

（1.安徽省（水利部淮河水利委员会）水利科学研究院，安徽合肥233088；
2.河海大学，江苏南京210046）

摘　要：我国山洪预报预警系统的技术研究工作开展较晚，当下山洪、泥石流、滑坡等山地灾害频发，对人民群众的安全和经济的发展都产生了极大的影响。本文在这样的背景之下，探讨了学校山洪预警系统的技术应用问题，分别从系统构成、技术要求和实现功能等方面加以论述，为学校山洪预警系统的建设提供了很好的指导。该系统具有自动接收、发布、传递水文气象和地质灾害信息，提供各学校节点实时水文气象数据、山洪预警信息、灾害应急预案、校内在册师生人员资料登记以及通知公告等数据信息的发布等功能。在实际使用中，性价比高，实用性强，具有较大的社会效益和经济效益。

关键词：山洪灾害　学校预警　应急预案　SRCU

1 引言

山洪是指山区溪流中因暴雨引发的暴涨洪水。它具有流速大、冲刷力大、破坏力大、暴涨暴落、历时短暂等特点[1]，常造成局部洪灾，给人民生命财产带来重大损失。我国自2009年以来，开始实行以自动监测、通信预警、防灾减灾预案为主的非工程措施建设[2]，经过多年的建设，我国的山洪灾害监测预警系统已经初具规模，且在实际应用中发挥了巨大的作用。但是，在已建的山洪灾害监测预警系统中，对山洪易发地区中、小学校等人口聚集区，尚未建设专用的预警设施设备。因此，在2015年10月30日，水利部办公厅在《关于下达2016年度山洪灾害防治项目建设任务的通知》中明确提出“在中小学校、旅游景区等人口密集的重点地区配备监测预警设施设备，并开展宣传、培训和演练等”。

对于中、小学校这种以学生群体为主要预警对象的区域，通过传统的预警设施设备很难做到及时有效的预警与转移。本文提出了一种新型的学校预警专用设施设备，在山洪易发的高风险山岳地区中、小学校公共环境，建立学校山洪预警信息终端站系统，自动接收、发布、传递水文气象和地质灾害信息，提供实时水文气象数据、山洪预警信息、灾害应急预案、校内在册师生人员资料登记以及通知公告等数据信息的发布，并驱动控制声光及各型室外LED大显示屏运行工作。

2 学校预警系统总体结构

本文提出的学校预警系统主要由中心管理平台、学校终端用户和学校山洪预警信息终端站三层结构组成。三层结构站点之间的信息联网主要基于InterNet互联网平台，中心管理平台与学校山洪预警信息终端站之间主要采用宽带光纤、ADSL、内网专线等有线方式联网，学校终端用户与终端站之间采用GPRS等无线方式联网。GSM-SMS短信方式作为备用和辅助通讯信道。通讯组网拓扑结构参见下图1所示。

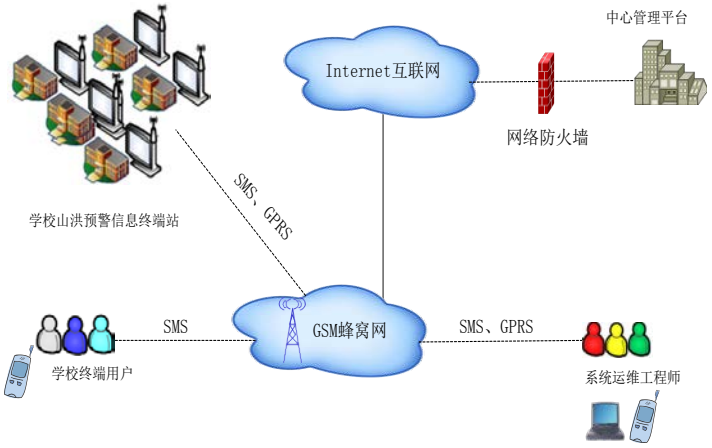


图 1　学校预警系统通讯组网拓扑结构图

3 学校预警系统功能

3.1 中心管理平台

中心管理平台利用各县前期已建县级山洪灾害监测预警平台相关硬件设备，开发相应软件实现，主要设计功能包括：

（1）具有为学校山洪预警信息终端站提供管理和信息服务的固定 IP 地址。

（2）与省级山洪中心平台数据库联网，获得水文气象实时和预报信息，建立本系统的专业数据库。

（3）运行学校山洪灾害预警信息系统服务器应用软件，自动进行数据分析计算、通过 GPRS 网为已注册和在线的终端站提供本地区的雨量、水位气象实时数据、预报信息、山洪告警状态信息查询服务。

（4）通过实时在线的 GPRS 网络或 GSM-SMS 方式，手动操作向全省内的任意区域站点集合或独立站点发送山洪灾害警报文字，以及远程控制启闭警报状态。

（5）管理辖区内的终端站 GPRS 网在线状态和遥测设备运行状态，做最新 180 天的终端站设备状态和告警发布事件日志记录，用于设备故障和山洪灾害过程事件追忆分析。

3.2 学校终端用户

考虑到建成后系统的运行维护及学校通知公告等数据信息的发布，为每个学校配置学校终端用户，学校终端用户通过手机等移动设备控制学校山洪预警信息终端站部分功能的实现，主要设计功能有：

（1）通过中心管理平台授权的手机向终端站发送短信更新终端站显示信息的功能。

（2）通过与终端站以太网或 WiFi 联网的本地计算机及控制软件，或者终端站的便携式键鼠和监视器操作界面，对终端站设备进行参数配置操作。

（3）通过与终端站以太网或 WiFi 联网的本地计算机及控制软件，或者终端站的便携式键鼠和监视器操作界面，编辑和发送信息文本，更新终端站显示信息的功能。

（4）通过与终端站以太网或 WiFi 联网的本地计算机及控制软件，或者终端站的便携式键鼠和监视器操作界面，在终端站中录入和维护学校基本属性数据库数据，建立领导、教师、

班级、学生、家长、联系方式、联系地址、学校 GPS 坐标、额定人数统计、出勤人数统计等信息，便于应急管理。

（5）通过与终端站以太网或 WiFi 联网的本地计算机及控制软件，或者终端站的便携式键鼠和监视器操作界面，支持终端站应急告警信息定向和短信群发功能。

3.3 学校预警终端站功能

学校预警终端站由远程中控单元（SRCU）、声光告警器（警笛）、太阳能浮充蓄电池或 UPS 和直流稳压电源系统、户外 LED 信息屏构成，SRCU、电源等设备一体化集成在不锈钢材质的密封式终端站机柜中，LED 信息屏则根据不同的尺寸和安装位置与终端站机柜分体式布置。主要设计功能包括：（1）终端站按照设定的信息刷新周期，通过 GPRS 信道自动向中心站服务器请求和接收最新的今日雨量、实时水位、特征水位、预报水位和山洪告警等级指令，在 LED 信息屏上实时刷新显示。（2）终端站根据信息条件智能判断，如果接收到的山洪告警等级达到或超过告警门限，则启动声光警笛告警器发出告警。警笛告警按照设定的间歇周期自动鸣响和停止，直到收到告警等级门限以下的指令或人工关闭告警器，解除声光告警。（3）通过实时在线的 GPRS 网络方式，支持中心站、分中心站计算机对终端站设备进行远程参数配置操作。（4）通过 GSM-SMS，支持运维管理人员使用手机对任意终端站设备进行远程参数配置操作。（5）水文信息监测功能：可以接入 1 路翻斗式雨量传感器、2 路（格雷码、模拟量或 RS-485）接口的水位传感器。（6）远程故障诊断功能：终端站自动诊断运行状态，可以监测站点供电电压、设备运行电压、远程通信状态、LED 信息屏工作状态等信息，将终端站的工作状态定时上传中心平台。支持上一级预警平台自动巡检。（7）软件远程升级功能：在上一级预警中心可以通过 GPRS 无线方式远程升级终端站的应用软件，升级后终端站能自启动恢复运行。（8）学校信息管理功能：支持学生班级、学生数量、姓名以及家长联系方式等信息数据库功能。每年汛期前，由学校将有关信息编辑更新终端站数据库，或按指定格式存储进 U 盘导入终端站数据库，并上传中心平台。（9）学校山洪应急预案上报功能：汛期前学校负责人按指定文件格式通过 U 盘将本校应急预案上报上一级预警平台。（10）卫星定位功能：支持人工测试、录入经纬度，将本校位置通过 GPRS 自动发送到上一级平预警台，在 GIS 上准确标识学校位置。（11）终端站支持应急告警信息短信定向发送和群发功能。

4 远程中控单元 SRCU

本文设计的山洪预警信息终端站远程中控单元 SRCU 共分为三种类型的工作流程：

（1）实时监听接收数据

终端站实时监听接收来自中心站、分中心站的 GPRS、SMS 远程终端用户以及现场 RS-232、以太网、WiFi 等本地终端用户多种通讯信道源的数据，成功解析后，自动识别数据操作指令种类并予以响应，完成相应的数据操作指令后对通讯信道发送源头做出应答回复。

（2）定时请求刷新数据

终端站定时向中心站服务器发出数据请求，获取并动态显示刷新终端站所属地区的实时水文气象数据、预报信息、山洪预警等级状态信息内容，根据山洪预警等级高低，自动启／闭声光告警器。

（3）定时采集自报数据

终端站定时采集现场 RCU 的供电电压、运行温度、通信网络信号强度及工作状态等自检信息，并以自报方式向中心站服务器发送信息。具体工作流程框图如下图 2 所示。

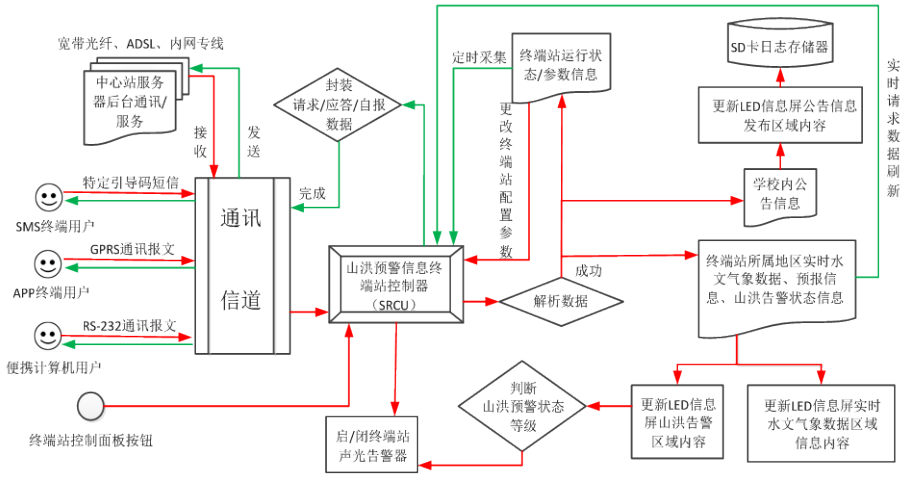


图 2 学校预警系统远程中控单元 SRCU 工作流程设计图

5 山洪预警信息终端站外观

学校山洪预警终端站外观通过定制 LED 显示屏实现水文气象、地质灾害、山洪灾害宣传等信息的发布，主要由远程中控单元 SRCU 提供驱动接口和软件进行实现。支持学校自行选配的任意显示类型、屏幕尺寸和安装方式的 LED 信息屏，使得学校可以同时获得山洪预警和学校信息发布的差异性专属应用功能，参见下图 3 所示。

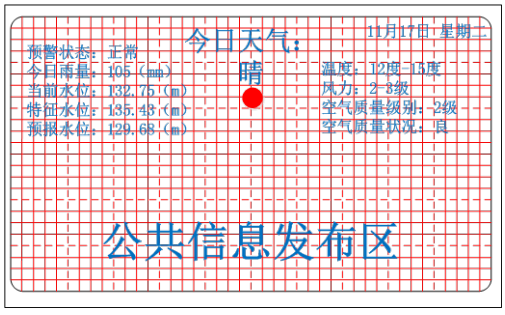


图 3 山洪学校预警信息终端站外观设计示意图

6 结束语

目前，市场上尚无山洪灾害学校预警方面的专用产品，本文提出的山洪灾害防治学校预警系统作为一种新型的山洪灾害预警手段，既能实现在线预警，又能通过管理平台做到群测群防。对山洪灾害防治在学校领域提供快速、全面、准确的预报预警以及指挥调度起到比较重要的作用，社会需求量大，社会和经济效益显著。

参考文献

[1] 邱瑞田，黄先龙，张大伟，等。我国山洪灾害防治非工程措施建设实践[J].中国防汛抗旱，2012,22（1）:31-33

[2] 王文川，和吉，邱林　我国山洪灾害防治技术研究综述[J].中国水利,2011,13(56)：35—37

县级山洪灾害分析评价基础工作经验浅谈
——以湖南省郴州市汝城县为例

张淼[1] 张启义[1] 李昌志[1] 秦成[2] 朱春秀[3]

（1.中国水利水电科学研究院，北京100038；2.湖南省水利水电科学研究所，湖南长沙410007；3.汝城县水利局，湖南郴州424100）

摘　要：以湖南省郴州市汝城县为例，本文介绍了山洪灾害分析评价基础工作的方法与经验，内容包括县域概况分析、工作底图信息挖掘、评价对象名录确定、调查数据审核、数据规范化整理等，最后给出了分析评价基础工作的建议，为其他省市开展山洪灾害分析评价工作提供参考。

关键词：山洪灾害防治　分析评价　基础工作　汝城县

1 概述

受复杂地质地形条件、独有的地貌特征、多样的气候因素、密集的人口分布和人类活动等多种因素共同影响，我国洪涝灾害非常严重，突发局地强降雨引发的山洪灾害频繁，导致大量人员伤亡和经济损失。随着对山洪灾害认识逐渐加深，我国山洪灾害防治项目的投入逐渐加大。在 2013 年下发的《全国山洪灾害防治项目实施方案（2013-2015）》中，明确规定了在全国 2058 个具有山洪灾害防治任务的县开展山洪灾害调查与分析评价工作。

调查评价工作以县为基本单元开展，具有涉及专业面广、业务环节多、工作量大等特点。山洪灾害分析评价是接在山洪灾害调查之后，以工作底图、小流域基础属性数据和调查成果数据为基础，分析山丘区小流域暴雨洪水特征、评价山丘区沿河村落现状防洪能力、危险区等级划分以及分析计算预警指标等工作，以便为县级、乡镇级以及村级的山洪灾害预警、预案编制、转移转移、临时安置、防灾意识普及、群测群防等工作进一步提供科学、全面、详细的信息支撑。分析评价作为较为靠后和非常关键的一个环节，为保证分析评价成果质量，其基础工作显得非常重要。

由于工作底图、小流域基础属性数据和调查成果包含信息条目多、数据量大，必须经由一定的审查和加工后，才能提取出所需的且能用于分析评价的数据，这即是分析评价的基础工作，主要包括县域概况分析、工作底图信息挖掘、评价对象名录确定、调查数据质量审核、数据规范化整理等具体工作；此外，分析评价人员还应与调查单位和项目县一线人员的交流和沟通，也是评价中非常重要的基础工作。汝城县是列入湖南省 2013 年度山洪灾害调查与分析评价项目县之一，本文以该县为例，探讨山洪灾害分析评价基础工作，与进行此项工作的同仁分享与交流，以期达到抛砖引玉的作用。

2 县域概况分析

在分析评价前，首先要对项目县山洪灾害的基本情况进行较为深入和全面的了解，具体包括自然地理情况、气象水文条件、社会经济情况、历史山洪灾害情况和山洪灾害防御现状

等。这项工作可以通过工作底图、调查成果以及与调查单位和项目县负责人员的交流，再辅以 GoogleEarth、地区地图册等手段开展。

在汝城县的工作中，通过下发的汝城县工作底图、山洪灾害调查成果以及与调查单位和项目县水利局负责人员的交流，并辅以 GoogleEarth、湖南省地图册等资料，得到了汝城县的概况：地处湖南省东南部，土地面积 2400.71 km^2；位于亚热带季风气候区，年降雨分配不均，暴雨多集中在 6-8 月；总人口 39.9 万人，19 个乡镇（街道），336 个行政村；全县均为山洪灾害防治区，受山洪灾害威胁人口 21 万人，受山洪灾害威胁行政村（社区）165 个，集镇 9 个，企事业单位 123 个[1]。

3 工作底图信息挖掘

工作底图中含有 1 张遥感地图影像和 23 张 shp 格式的图层文件，包含了各项地理的数据和信息。工作底图首先要核查图件范围是否覆盖全县，行政区域划分是否正确，如果区县进行过合乡并镇，行政区划有所调整，底图信息与现行区域不符，需要及时上报，重新获取反映现状的工作底图。

通过工作底图，可以直接观察到山丘区、河流、村落、集镇、交通道路以及土地利用方式等各个要素的分布情况，对全县情况有直观了解，还可以通过软件定向提取出所需数据，分析评价中应重点关注以下图层信息：土壤类型 USLU、土地利用 SLTA、流域单元 WATA、河段 RIVL、最长汇流路径 MXRV 等。此外工作底图中附带的两个说明文件——《431026 汝城县》和《基础数据处理及工作底图制作》中也含有部分县级统计数据，可以供分析评价使用。在汝城的工作底图信息挖掘中，充分提取和采集了这些信息，为后续评价提供支撑。

4 评价对象名录确定

对县级整体情况充分了解掌握之后，接下来便是对调查数据开展具体审核工作。审核工作的首要工作是确定进行分析评价沿河村落的名录。本次分析评价对象级别是自然村，名录中的信息除了自然村名，还应该包含上级行政关系——乡/镇/街道名、行政村的名称，行政区划编码以及现场详查的户数、人数。名录中的评价对象要在“采集终端”A03 行政区划基本情况表中标注为“重点防治区”。名录要经过县级负责人员和调查单位确认，因为分析评价对象通常是县级负责人员凭借历史情况经验划定大范围，再由调查单位经现场详查确定的，为了避免漏评、错评、返工的状况发生，这是相当重要的一项工作。

作为评价单位，在确定名录时还应注意两点：（1）评价对象在该县的空间分布情况，具体体现为在该各个乡镇和各个流域片区的分布情况；（2）河道测量资料与名录对应与配套。

通过大量工作，确定了汝城县本次分析评价的沿河村落名录，共 85 个自然村（评价对象），涉及了全县全部 19 个乡镇（街道），共调查了 3320 人，687 户；村落密度为 3.5 个/100 km^2，人口占威胁区人口的 1.6%，全县总人口 0.83%。汝城县的调查工作共测量了 291 个沟道横断面、 97 个沟道纵断面，针对重点防治区 97 个调查对象进行，包括沿河村落 85 个，受山洪灾害严重威胁的城集镇 12 个，故河道测量资料与名录能够对应与配套[1]。

5 调查数据质量审核

具体到每个评价对象，作为分析评价而言，关键是测量数据中断面数据、居民户高程、周边环境和设施的审核。

按照相关技术要求[2-4]，每个评价对象应该有 1 条纵断面、2~3 条横断面和村落中各居民户屋基高程，其中横断面中有一条为控制断面，控制断面要标注成灾水位高程。这些数据的行政区划代码必须按照对应的评价对象的代码填写，不得错填、空白。断面照片应齐全、清晰、角度适宜，能正确反映断面形态。

纵断面的走向应于河道走向相同，自上游向下游测量，测点密度应足够多，以表现河道变化。长度应包住全部居民户，并能正常表现评价对象处及附近河道比降变化趋势。河底高程与水面高程测点趋势正常。图 1 给出了在纵断面质量审核中常见的典型问题示例。

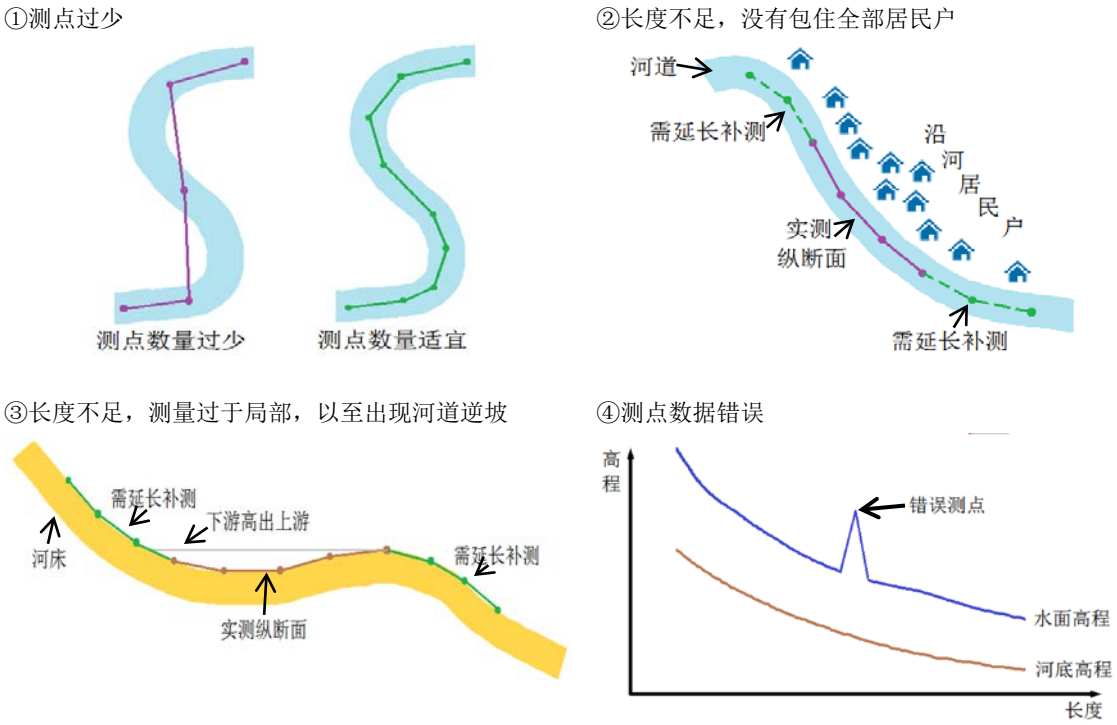


图 1 纵断面常见问题

横断面形态要成一条直线，并与纵断面垂直相交；控制断面两侧需测到足够高度处，高度要高于成灾水位以及估算的百年洪水位处，乃至更高一些；断面测点数量适宜，能反映河床形状。图 2 给出了横断面数据审核中发现的常见问题。

数据审核不能仅仅关注评价对象本身，其周边环境也要进行评估，根据环境情况不同，之后选择不同的方法进行分析评价。

水利工程（如水库、水闸等）如果位于评价对象上游，评价对象处河道流量受其下泄量控制，评价时通常不采用雨量预警法，而采用水位预警法。评价对象周围如有涉水工程（如桥梁、路涵等），需要根据它们的位置、结构、过水能力，判断是否按特殊工况处理。评价对象附近的监测站点，包括自动监测站（雨量站、河道水位站、水库水位站、气象站等）、自动雨量报警站、自动水位站、无线预警广播，也需要记录分析，为分析评价之后预警指标的实施方法提供依据。

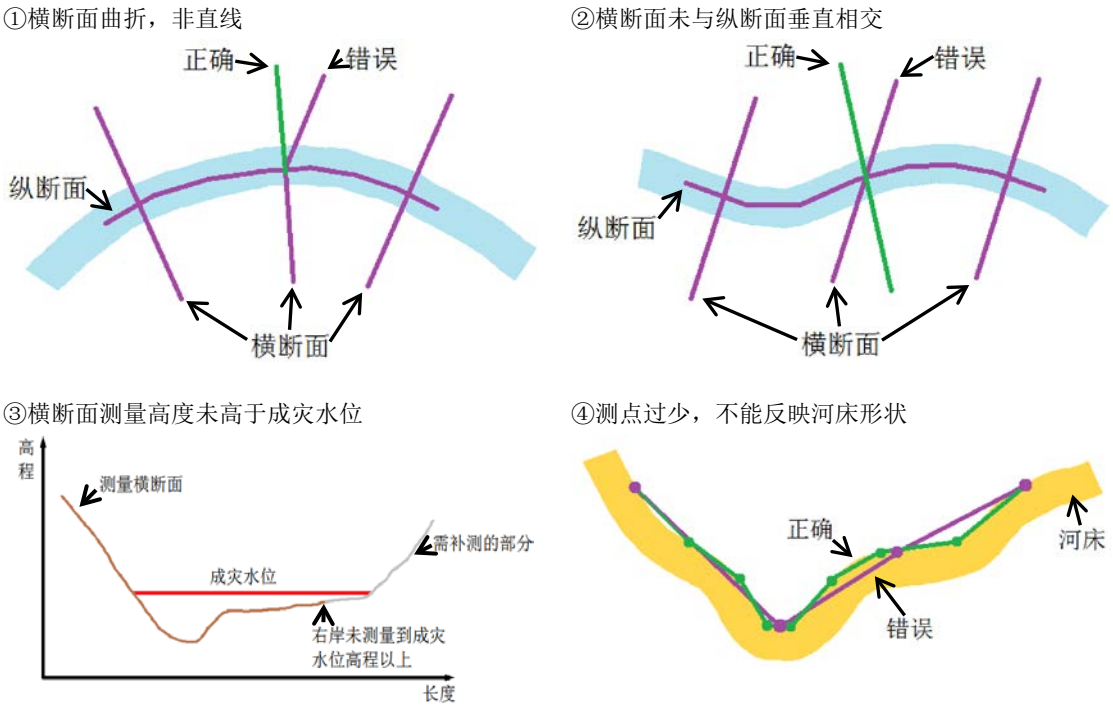


图 2　横断面常见问题

集水面积、最长汇流路径长度和最长汇流路径比降是分析评价计算中必需的信息。工作底图中流域单元 WATA、河段 RIVL、最长汇流路径 MXRV 等图层已经包含了这些信息，但是只是适用于位于小流域进出口处的评价对象，位于小流域中部评价对象采用小流域整体的数据会有较大的误差。由于工作底图没有 DEM 数据，现有公开的 DEM 数据精度最大的仅有 30m，直接采用 30 m DEM 提取评价对象上游信息可能误差较大，因此采用工作底图图层与 DEM 相结合的方法获取数据。这种方式即可在一定程度上保证了数据的精度，又可以直接利用划分好的小流域信息，用于分布式水文计算，免除二次划分的工作量。根据评价对象位置不同，有以下 3 种处理方法（参见图 3）。

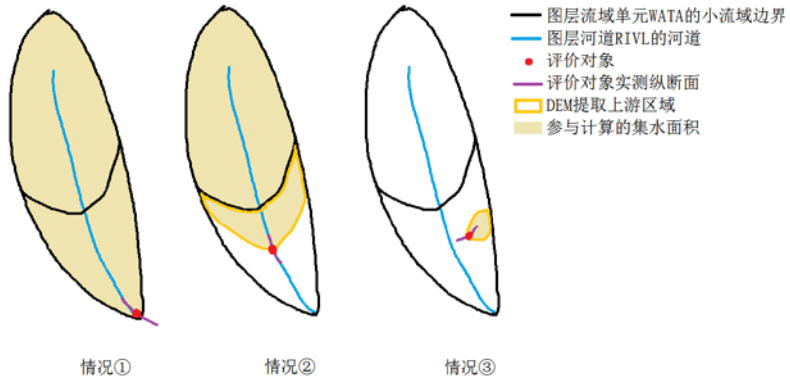


图 3　评价对象上游区域划分方法

①评价对象位于小流域进出口处，直接采用上游小流域的信息。

②评价对象位于小流域中部，且受小流域主河道洪水影响，所处小流域使用 DEM 提取信息后，与上游小流域合并使用。

③评价对象位于小流域中部，且受小流域非主河道洪水影响，所处小流域使用 DEM 提取信息，并注意提取时避开主河道汇水区域。

调查成果中应该含有水文数据的收集，包括水文手册、历年水文站流量及其统计参数资料、场次暴雨洪水资料等各种类型的资料，可用于小流域暴雨洪水计算方法选择与验证、合理性分析、参数选取等工作。在汝城县收集到了《湖南省暴雨洪水查算手册》（湖南省水利厅，2015 年版）、《湖南省洪水调查资料（总册汇编成果综述）》（湖南省水利厅，1989 年）、《湖南省水文特征资料第三集（下）降水量蒸发量》（湖南省水文总站，1991 年）以及《湖南省河渠糙率》（湖南省水文总站，1990 年）等资料，为分析评价工作提供了大量的参考信息。

在汝城县的调查数据审核中，对测量的 291 个沟道横断面、 97 个沟道纵断面进行了以上内容的质量审核；此外，还参照《湖南省山洪灾害防治项目实施方案（2013-2015）》的信息，对汝城县一般防治区、重点防治区、危险区等的人口、企事业单位、监测预警设施、涉水工程、需防洪治理山洪沟、重要城集镇、历史山洪信息等资料进行了质量审核。

6 数据规范化整理

经过对调查数据的审核，评价人员应该积累了一定的数据资料，由于评价对象数量众多且需进行后续分析计算以及报告编制和制图等工作，若不按照一定要求整理数据，难免会出现混淆、返工状况，因此规范化数据整理是必需的。对于每个评价对象列表统计以下各项信息：名称、行政区划代码、经纬度坐标、现场详查的户数和人数、集水面积、最长汇流路径长度、最长汇流路径比降、上游植被和土壤情况、所属暴雨分区和水文分区、成灾水位、纵断面比降、横断面糙率值、汇流时间、设计暴雨计算方法、设计洪水计算方法、预警指标计算方法等。对于修改过的数据，还应记录修改原因，修改时间和修改内容。在汝城的数据整理中，以评价对象名录为纲，按照以上内容，逐一对数据进行了规范化整理，有效地提高了分析评价工作的效率。

7 建议

本文介绍了汝城县山洪灾害分析评价基础工作的方法与经验，包括县域概况分析、工作底图信息挖掘、评价对象名录确定、调查数据质量审核、数据规范化整理等。通过此项工作，提供以下建议供参考：

（1）每个县分析评价时采用固定人员，全程负责。人数以 1-2 人为宜；由于各个县特点不同，分析评价时涉及信息又很多，且需要将信息统计分析，过多人员同时参与反而会增加交流成本，降低工作效率。如果人数较多，采用流水线式，每人只负责其中一个环节，会使分析评价工作浮于表面，难以深入挖掘成果信息，也容易忽视掉特殊情况，但特殊情况恰恰是山洪灾害评价中应当非常注意的。

（2）手算电算相结合，以电算为主，手算为辅，不能过度依赖电算。分析评价中有相当部分是重复计算、重复制图工作，采用电算的方式可以有效地提高效率，但是这样很容易忽视评价对象中的具有特殊性的部分，所以使用电算时一是要做好参数的选取，其次就是发

现不适宜电算的对象一定要回归手动分析计算。

（3）充分利用好时间，合理安排分配工作。分析评价中的一些步骤，有的可以同步完成，有的相对独立，还有的要求先后顺序，加上可能会出现需要调查单位返工、补充数据的情况，因此要充分安排好时间，合理分配工作。

（4）分析评价人员要积极与调查单位、县级工作人员沟通。通过图纸、表格、照片不能获取的信息，可以与调查单位参与现场详查的人员直接沟通，了解现场情况。直接与县级工作人员联系，可以了解到历史上山洪灾害的规模、重点灾害地区、经验预警指标等信息，以这些信息为参考，可以避免分析评价成果出现较大的偏差。

参考文献

[1] 中国水利水电科学研究院. 湖南省郴州市汝城县山洪灾害调查报告[R]. 2015 年 10 月.

[2] 全国山洪灾害防治项目组. 山洪灾害调查技术要求[R]. 2014 年 8 月.

[3] 全国山洪灾害防治项目组. 山洪灾害分析评价技术要求[R]. 2014 年 8 月.

[4] 全国山洪灾害防治项目组. 山洪灾害分析评价方法指南[R]. 2015 年 1 月.

大数据在安徽省山洪灾害监测预警管理中的研究与应用

刘怀利　马浩　虞邦义　刘超

（安徽省（水利部淮河水利委员会）水利科学研究院，安徽合肥233088）

摘　要： 分析了大数据时代山洪灾害监测预警管理数据需求及来源，探讨了安徽省防汛抗旱大数据信息平台的建设思路及构架，介绍了山洪灾害数据采集共享系统的设计方案，并结合山洪灾害监测预警多级通用系统开发，探讨了大数据在山洪灾害监测预警管理中的应用。

关键词：山洪灾害　大数据　监测预警　研究应用

1 引言

当前，随着各种通信和计算机技术深度融合，移动互联网、智能传感网、物联网和云计算等新技术发展日新月异，渗透并改变着人类社会的各个方面，数据信息和知识呈爆炸式增长，大数据时代已悄然走来。相比较而言，大数据应用已在商业和金融领域开展较为广泛，但在防汛抗旱及其相关领域还正在起步，迫切需要采用大数据等新技术来创新山洪监测预警管理。

目前，大数据的概念尚没有非常统一的定义和表述方式，但其核心和实质内容是基本一致的，即：数据容量大，数据形式多样化、非结构化特征明显，数据存储、处理和挖掘异常困难，其中蕴含着巨大的应用价值。进入大数据时代，人们在研究与分析某个现象时，将会更多地依赖和使用全部数据而非抽样数据；不需要一味地追求数据的精确性，而要适应数据的多样性、丰富性；应用大数据关键是有可能从支离破碎的、看似冗余和无序的、毫不相干的海量数据中抽炼出真知烁见，找到解决问题的新途径和新方法。大数据的这种特性必然也适合在山洪灾害监测预警管理的应用，山洪在时空上变化大、周期短、影响因子复杂。在山洪预警管理方面，关联领域多，涉及面广泛，信息资源庞大，预警、管理、调度和决策难度大，但通过大数据应用技术可获得各种相关信息，找出问题产生的主要影响因子能够更加精准预测和预警山洪暴发，为山洪灾害防治提供技术支撑。

安徽省山洪灾害监测预警管理将利用大数据、云服务、移动互联网等新技术，贯彻“互联网+大数据”的思想，进行相关业务数据整合工作，开展“山洪灾害大数据共享信息平台”防汛信息化新模式建设，将县级山洪灾害监测预警平台统一至省级部署，统一数据管理和资源分配，实现“信息互通、资源共享、业务联动、决策协同”。运用大数据技术打通预警信息的“最后一公里”，在提高山洪灾害防治科学决策和综合应用水平的同时，为后期大数据在防汛抗旱工作的全面应用在夯实基础。

2 山洪大数据需求分析

山洪灾害防御数据涵盖实时雨水情、实时监测信息、山洪灾害调查、山洪灾害分析评价、水利工程、预警(预报)模型、历史雨水情、文档资料、舆情信息等多种数据，以上数据可通过监测预警平台和数据平台整合共享获取。

其中，省级山洪监测预警平台的数据包括水雨情监测数据和山洪预警数据。

（1）水雨情监测数据生产。水雨情监测数据的生产主要通过县级山洪监测预警平台建设的水雨情测站和水文分中心建设的水雨情监测数据实时测站交换统一至县级平台，县级平台将统一整合的水雨情数据上报至省级山洪监测预警平台统一汇集后获得。

（2）山洪预警数据生产。县级防办通过预警信息发布平台产生内部预警、发布预警信息，各乡（镇）政府接收县级防汛部门下发的预警信息，传输给村、组、户响应启动。紧急情况下县级防汛部门直接对村、组发布预警信息响应启动。信息接收人并及时反馈给县级防汛指挥部门响应。整个预警流程数据通过交换统一汇集至省级山洪监测预警平台。

（3）调查评价数据生产。山洪灾害调查评价工作由省水文局统一组织实施，目前数据集中在安徽省水文局水情中心机房。

为实现全省防汛及相关业务部门用户（包括省防办、省防指成员单位、各级防办、水文部门）基础信息及实时信息的汇集、管理及共享，开发全省预警预报信息共享，根据省防办、省防指成员单位、及各级防办、水文部门需求定制业务应用。数据共享是开展全省防汛业务的关键基础。（1）整合县（区）山洪灾害监测预警数据。将各县积累的遥测雨水情信息、乡镇山洪防御预案、防御流程图(表)、山洪受灾图片、村镇房屋人口、转移路线等各类防御山洪的相关信息整编录入到省中心平台数据资源中心。（2）整合水利普查数据。按照统一格式标准要求，将安徽省水利普查数据全部整编采集汇总到省防办数据中心。（3）整合其他数据。整合省防办目前正在使用系统中的其他数据，如文件交换系统、防汛抗旱指挥系统、水资源监控能力建设系统等，为大数据做好准备。

3 山洪大数据平台构建

采用“互联网+大数据”的总体建设思路，在防汛抗旱大数据平台的技术框架下，按照前期兼容、后期统一、分步实施的策略，保证现有所有业务系统不变的前提下，将全省 36 个山洪灾害防治县级平台逐步过渡到集中接收的安徽省山洪灾害大数据新平台。通过统一平台搭建，将各县已有平台实现高效、稳定的无缝链接，消除信息孤岛，并进行全方位的实时、历史、基础数据共享，解决现有省级山洪灾害平台数据单一（仅有实时雨水情、部分预警信息）的问题，同时加强省防办对各县平台应用情况监管、运行状况的管理水平。

安徽省山洪灾害数据共享及信息管理系统基于安徽省防汛抗旱大数据平台进行建设。安徽省防汛抗旱大数据平台根据水利部颁发的《水利数据中心建设基本技术要求》的规定，主要由六个层面、两大保障体系构成。其中六个层面包括采集传输层、基础支撑层、数据资源层、应用支撑层、业务应用层、应用交互层；两大保障体系包括标准规范体系、安全保障体系（图 1）。

根据安徽省防汛抗旱大数据平台系统架构和这些信息数据的业务本质以及它们之间的业务相关性，涉水数据分类为：一是在大数据中心集中建设基础性、全局性的水文数据库、水利空间数据库、水利工程数据库以及行政管理基本信息库；二是在推进应用系统建设中，同步建设相关的新建业务系统数据库，例如：山洪灾害数据库、水资源数据库、水质数据库、

水利数字图书馆等，为了减少建设、运行、管理的成本，大部分新建业务系统数据库连同其应用系统可托管在大数据中心内。对少数确需分散存储的数据库，则应以大数据中心为枢纽建立水利信息共享体制。

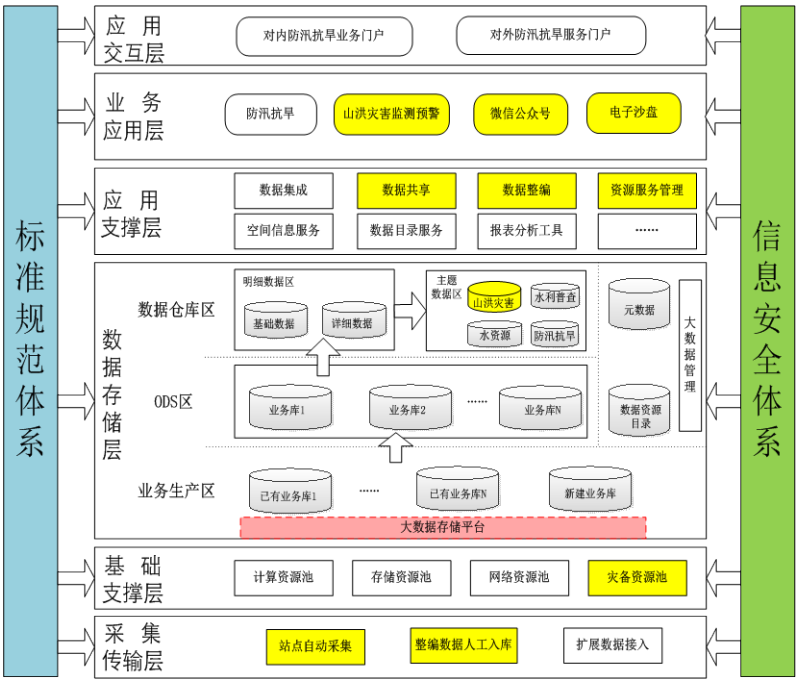


图 1　安徽省防汛抗旱大数据平台系统构架

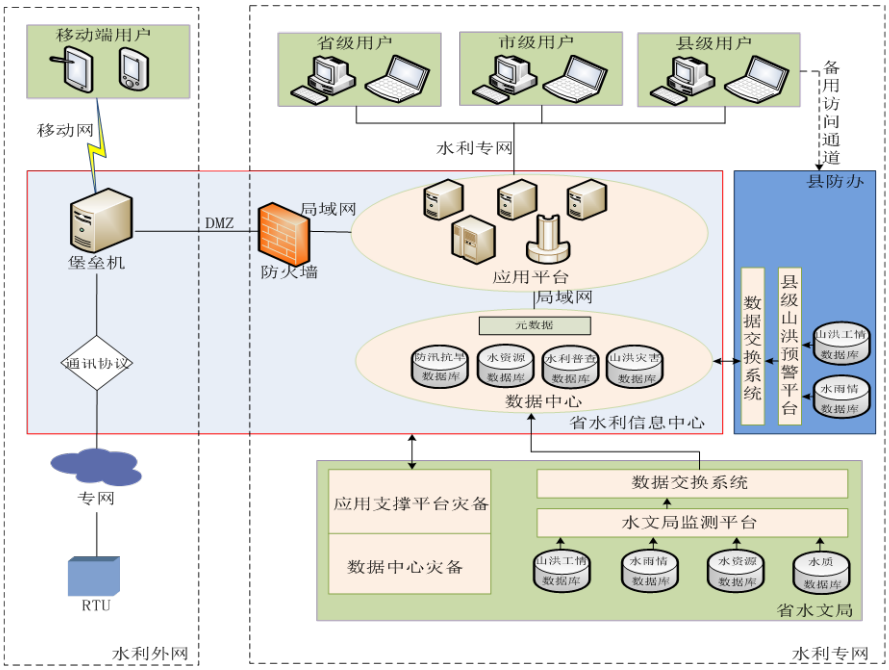


图 2　安徽省防汛抗旱大数据平台系统部署

4 山洪大数据业务应用

4.1　数据采集与共享

安徽省山洪灾害数据采集共享建设主要是为了实现山洪灾害自动监测站点数据的省级统一汇集，为全省统一平台建设提供基础支撑，实现各级山洪监测预警数据的共享和各业务

系统的业务整合，包括各级山洪系统，外围管理系统等，发布遵循标准接口的业务数据、地图数据共享服务等，并对服务提供管理功能。建设内容主要包括数据统一采集建设、山洪灾害专题数据库建设、数据共享子系统建设、异地灾备建设、资源服务管理系统建设五部分内容。

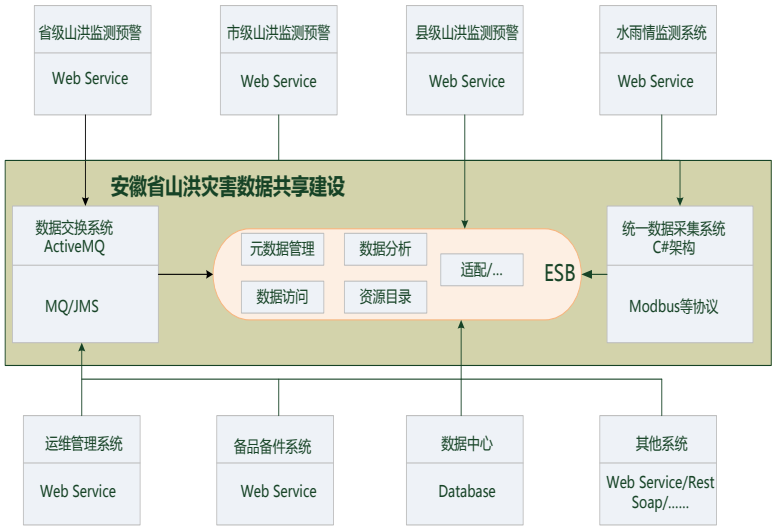


图 3 安徽省山洪灾害数据共享建设逻辑关系

（1）数据统一采集系统实现安徽省山洪灾害自动监测站点监测数据的集总接收，统一管理。采集平台采用.NET 平台技术进行建设，实现对标准传输协议数据的解析分析入库，支撑的 Modbus 标准协议解析包括 RS235、RS232、HART 等。

（2）基于大数据中心理念建设安徽省山洪灾害专题数据库，主要建设任务包括：相关技术标准制定、按照制定标准对数据进行整编、入库。

（3）开发山洪灾害数据共享子系统，实现各级系统总体依靠数据交换和业务支撑系统实现数据交换和业务贯通。数据交换系统采用 JMS 标准，使用 ActiveMQ 需求定制开发实现。

（4）异地灾备建设实现安徽省山洪灾害省级监测中心平台的异地灾备。

（5）资源服务管理系统主要实现 ESB（企业服务总线），ESB 采用 JAVA 平台实现，实现的协议包括 soap、rest、smtp、ftp 和 socket 等，需要具备服务的创建和管理、服务调解、消息路由、数据转换等功能。

4.2　大数据业务应用

开发安徽省山洪灾害监测预警多级通用系统实现对山洪灾害大数据的分析、应用和决策。通过整合和分析现有的众多水文水资源等山洪相关数据，包括降水量预测、水位和水质监测、堤防传感器、雷达数据、模型预测值、水库河道现场视频图像，以及当前和历史的维护数据等等，从而进行预测、防汛和预警。

在暴雨、山洪等紧急情况出现伊始，系统能综合分析水文、气象、地质等数据信息，模拟计算出发展趋势，判断该区域是否启动山洪灾害应急预案。预案启动后，系统会快速处理实时数据并进行模型推演，进一步预判灾害发展趋势，做出应急决策。系统能够对监测站点的历史维修记录数据进行统计，分析设备故障原因，以提前生成运行维护方案和计划。系统

能够实时采集各监测站点设备的运行状态数据，对故障站点信息进行统计和分析故障原因，并自动生成故障通知短信或微信发给维护人员，以便及时维护，保障监测站点可靠顺畅运行。此外，系统还能综合分析水情、雨情和地理信息等数据，提前规划出最优撤离路径，自动将撤离路线图以彩信、微信等形式发送给灾区乡村负责人，保证村民安全有序撤离。

系统基于安徽省防汛抗旱大数据平台进行开发，具有数据基础信息查询、雨水情查询、国土气象信息查询、山洪预警发布、调查评价成果集成以及微信公众号应用等功能，可实现省级、市级、县（区）级、乡镇级等多级用户的定制使用。多级通用系统不同行政级功能定位参见下图所示。

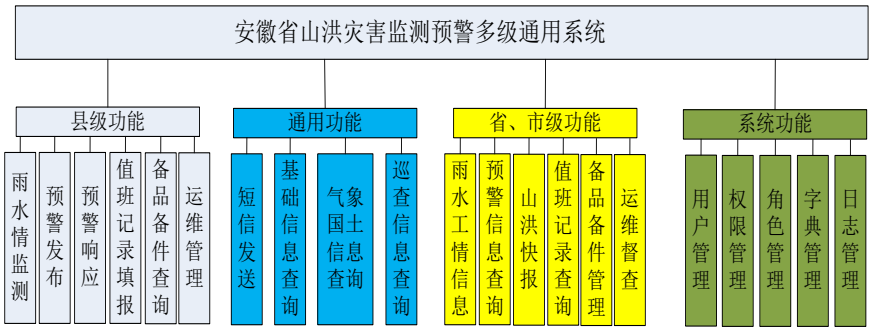


图 4　安徽省山洪灾害监测预警多级通用系统业务模块

5 结束语

开展山洪灾害防治大数据研究与信息平台建设，能够使得山洪灾害相关数据的集中存储、集中管理，促进了水文系统的数据交换流程优化升级，充分发挥新技术的应用结合水文业务需要。建立符合现代云计算和大数据中心理念的大数据应用平台，能够进一步促进了山洪灾害数据的开发、挖掘、整合，方便政府部门决策，科研单位科学研究，并增加社会公众对于水利状况的了解，在浩如烟海的水利历史资料中，查询所需要的有用信息，方便用户使用水利数据资源信息，极大的提升工作效率，也必将提高水利资源数据信息共享的水平与能力。

参考文献

[1]　刘予伟,刘东润，陈献耘. 大数据在水资源管理中的应用展望[J.水资源研究,2015,4(5)：470—476.

[2]　莫荣强,艾萍等. 一种支持大数据的水利数据中心基础框架[J.水利信息化,2013,(3)：16—20.

[3]　安徽省山洪灾害防治数据共享级监测预警信息系统实施方案 [R].2015

基于三维推演技术的山洪灾害预警指标研究

魏永强[1]　田大作[1]　吕石生[2]

(1.湖南省水利水电科学研究所 湖南长沙410007；2.湖南省防汛办应急处 湖南长沙410007)

摘　要：针对当前山洪灾害频发且危害越来越严重的态势，本文提出了基于三维推演技术的山洪灾害预警指标研究。该研究是在“互联网+”的基础上，综合应用无线传感网络技术、嵌入式计算机技术、射频识别技术、数据通信技术、电子与信息技术、水工技术、数据处理技术及低空航空摄影技术构建一个三维洪水过程实时推演系统，以此通过反复校验，最终确定合适的预警指标。首先，利用无人机航测系统获取山洪灾害易发区的影像图；接着通过专业软件进行数据拼接、点云数据提取、正射影像及三维模型制作；最后，结合山洪灾害调查评价成果通过三维推演技术反复试验、不断校核，得出合理的预警指标。

关键词：山洪灾害　三维推演　互联网+　预警指标

1 引言

山洪灾害是指因降雨在山丘区引发的洪水及由洪水诱发的泥石流、山体滑坡等对国民经济和人民生命财产造成损失的灾害。近年来，受特殊的自然地理环境、极端灾害性天气以及经济社会活动等多种因素的共同影响，各地山丘区洪水、泥石流、滑坡灾害频发，造成的人员伤亡、财产损失和基础设施损毁、生态环境破坏十分严重。我国是一个多山的国家，山丘区面积约占国土面积的三分之二，且广大山区山高沟深，河谷纵横，地势起伏大，谷坡稳定性差，地表风化物和松散堆积物厚；同时，山丘区人多地少，生产生活空间狭小，不少城镇或居民点坐落在泥石流沟口、河谷沿岸甚至滑坡体上，加之炸山开矿、削坡修路等活动对山体稳定带来的影响，使得我国山洪灾害多发、易发、频发和重发。湖南省多属丘陵地带，是山洪灾害易发区。据统计，整个 20 世纪由山洪引起的灾害就有 42 年，且造成的损害逐年增大：年均受灾面积从 20 世纪 50 年代的 11.8 万 km^2 上升到 90 年代的 61.6 万 km^2,而且在洪涝灾害总损失中的比值也由 20 世纪 50 年代的 44.4%上升到了 90 年代的 63.1%。山洪灾害已成湖南省自然灾害中的主要灾种和防洪减灾工作中的重点与难点。

本文提出了基于三维推演技术的山洪灾害预警指标研究。该研究主要是以航测的三维地形图、实测水文资料及河道断面为基础建立边界条件及特征值，以此来推演洪水在真实河道内的淹没范围及淹没程度，进而确定合理的预警指标、安全转移路线及临时安置点等。

2 基于三维推演技术的山洪灾害预警指标研究

基于三维推演技术的山洪灾害预警指标研究是在“互联网+”的基础上，综合应用无线传感网络技术、嵌入式计算机技术、射频识别技术、数据通信技术、电子与信息技术、水工技术、数据处理技术及低空航空摄影技术构建一个三维洪水过程实时推演系统，以此通过反复校验，最终确定合适的预警指标。首先，利用无人机机动性强，移动性好，飞得稳，会拍照，能录像等特点，对山洪灾害易发区进行航测并制成 720 度全景动态视频，为山洪灾害重点防治区制作档案资料；接着结合当前先进的三维仿真技术对无人机拍摄的照片通过专业软件的

合成、处理，生成三维模型，立体、直观地展现地形、环境，为山洪灾害综合治理提供科学依据和基础资料；最后，利用山洪灾害调查评价成果通过三维推演技术反复试验、不断校核，以此得出合理的预警指标。其技术研究线路图如图 1 所示：

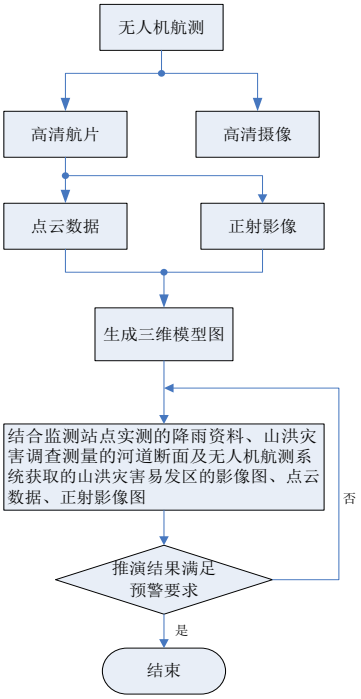


图 1 技术研究线路图

2.1 无人机航测系统

无人驾驶飞机简称“无人机”，是利用无线电遥控设备和自备的程序控制装置操纵的不载人飞机。机上无驾驶舱，但安装有自动驾驶仪、程序控制装置等设备，对其进行跟踪、定位、遥控、遥测和数据传输。本项目采用的是固定翼无人机航测系统。此系统除无人机机身外，还集成有 GPS、气压高度计、惯导、地面控制系统、航拍摄像机和数码相机及无人机航测规划软件、数据处理软件等，如图 2 所示。

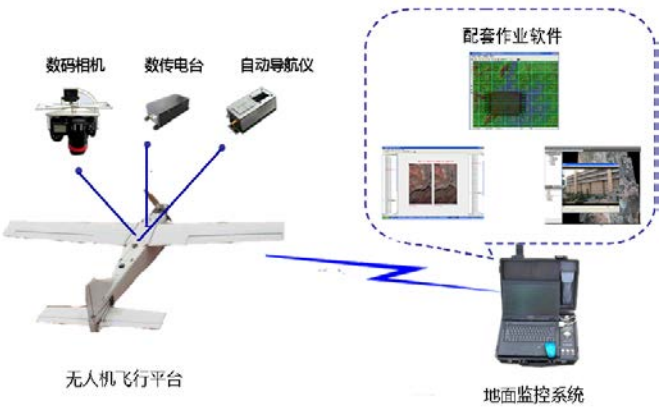


图 2 无人机航测系统

2.2 数据拼接及点云数据提取

将无人机搭载的照相机镜头参数、航迹参数、拍照中心坐标、地面控制点坐标以及航片特征点等参数信息导入软件，采用重叠区域关键点法对航片进行纠正和数据拼接工作。以此，

利用校准后航片数据、航片方位数据、重叠度信息和控制点数据的无人机影像快速自动匹配、校正得到实验区的拼接航片和三维点云数据。本文采用基于网格分块和移动最小二乘方法对点云进行分类[1]，得到地面点云数据[2]。利用地面点云数据制作 DEM 数据和地形等高线数据。图 3 为采用本方法拼接的航片效果图。

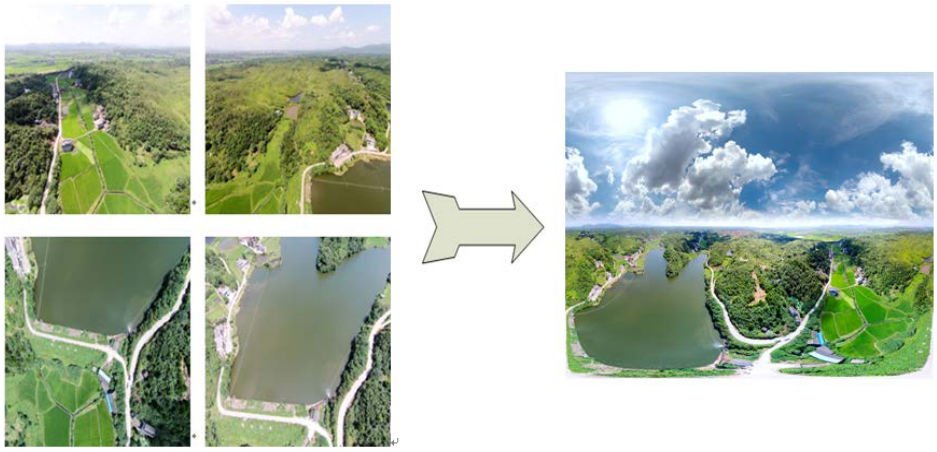


图 3 航片拼接效果图

2.3 正射影像和三维模型数据

根据拼接好的航片数据和 DEM 数据，制作实验区域的正射影像图，如图 4 所示；叠加 DEM 后显示效果如图 5。接着利用生成的正射影像和提取的点云数据建立实验区域的三维模型数据和沿高程展布。

图 4 正射影像图

图 5 正射影像图和 DEM 叠加效果图

2.4 洪水三维推演

洪水是指江河流量迅猛增加及水位急剧上涨的自然现象。当降雨时间集中，降雨强度大时，雨水降落到下垫面，大量汇集到河流，使得河道的流量迅猛增加，水位急剧上涨，流量超过了河道的泄流能力，由此引起的漫堤，决口等现象，形成洪水。影响洪水演进状态的因素主要是地理高差和地表形态，地理高差就是根据物理规律地势高的地区安全系数高，流域内高差大的地段洪水的流速快；地表形态主要指洪水流经的区域是否有阻水的障碍物或阻水的地形等。洪水演进[3]过程主要是模拟洪水在河道中的推进和淹没行为的时空状态，以反映洪水演进在空间上随流域地形和河道的瞬时变化。

本次洪水演进分析主要是根据得到的高精度 DEM 数据及三维模型数据，采用二维小流域洪水计算方法[4]，并根据监测站点实测的降雨资料、山洪灾害调查测量的河道断面及利用高清晰航片和点云数据获取的小流域下垫面植被、土地利用类型和小流域下垫面坡面糙率参数等数据，模拟该区域 5 年、10 年、20 年、50 年及 100 年一遇洪水动态演进和淹没范围。其主要计算过程如图 6 所示：

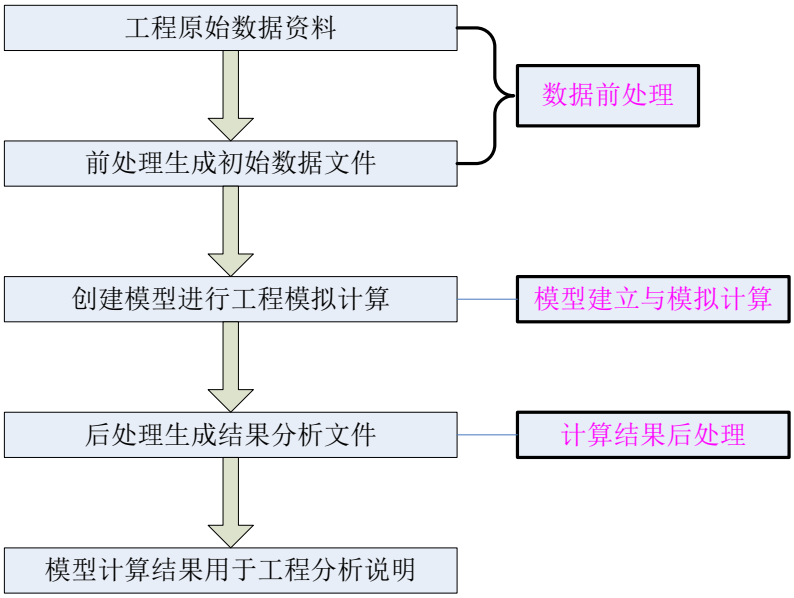


图 6 洪水推演计算过程框图

将模型建立所需要的各种工程数据资料按照软件要求进行预处理，用作计算模型的输入条件。模型的主要输入数据有：地形、边界条件、风场、大气压力图、底部 Manning、涡粘系数、波浪辐射应力、源和汇、初始条件、其他参数等。洪水演进图（三维可视化[5]）如图 7 所示：

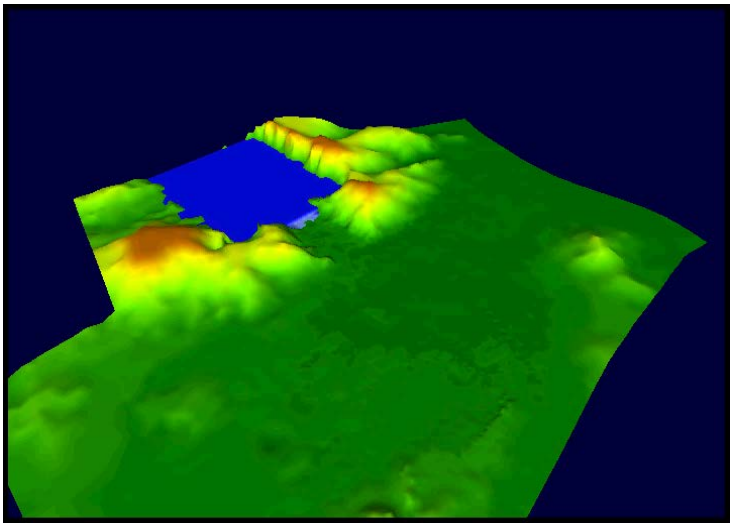


图 7 洪水演进的三维可视化图

洪水演进模拟是一个基于时间栈的动态演示过程，洪水演进的全过程被分为多个时段(时段设定的多少是根据地域大小来确定的)进行模拟，每个时段程序的绘图函数都会重绘显

示窗口，同时利用 OpenGL 提供的双缓存技术来实现连续的动画效果。

3 结论

本文以监测站点实测的降雨资料、山洪灾害调查测量的河道断面及无人机航测系统获取的山洪灾害易发区的影像图、点云数据、正射影像图及三维模型为基础，以 MIKE 21 软件为平台[6]，进行了洪水动态演进模拟的三维可视化研究，建立了洪水演进模拟系统，可以通过调整参数观察洪水在真实的三维地形上的推进过程和淹没情况，让用户犹如身临其境观察洪水的演进过程，并通过本系统的分析功能对洪水动力学性能进行分析，最终为各级防洪部门进行防洪减灾提供技术支撑。

参考文献

[1] 刘昌军，郭良，岳 冲等.无人机航测技术在山洪灾害调查评价中的应用 [J].中国防汛抗旱，2014，24（3）：3-7.

[2] 刘昌军，黄乾，唐瑜，等. 基于 FCM 的机载 LIDAR 数据的建筑物和植被分类方法[J].中国水利水电科学院院报，2013，11（3）：81-84.

[3] 董文锋,袁艳斌,杜迎泽,刘吉平，等.流域三维地形仿真及洪水演进动态模拟[J].水电能源科学，2001，19（3）：37-39.

[4] 张广涛，白燕英，等.二维洪水演进数值模拟研究[J].沈阳农业大学学报，2004，35（3）：264-267.

[5] 韩敏，陈明，等. 洪水演进模拟的三维可视化研究 [J].计算机应用，2005，25（8）：1906-1907.

[6] 郭凤清，屈寒飞，曾辉，丛沛桐，耿欣，等.基于 MIKE21 FM 模型的蓄洪区洪水演进数值模拟[J].水电能源科学，2013，31（5）：34-37.

山洪灾害防治效益评价初探

涂勇[1,2]　何秉顺[1,2]

（1.中国水利水电科学研究院 北京100038；2.全国山洪灾害防治项目组 北京100038）

摘　要：本文提出了山洪灾害防治效益评价理论框架，以全国山洪灾害防治项目产生的效益作为研究对象，重点研究非工程措施产生的效益。评价的主要步骤包括数据搜集与整理、指标体系确定和评价结果分析三个阶段。本文在借鉴相关研究报告和文献的基础上，从社会效益、经济效益、环境效益三个维度提出了山洪灾害防治效益评价指标体系，并对指标体系的内容进行了说明。

关键词：山洪灾害　效益评价

1 前言

我国山洪灾害防御面临的形势十分严峻，山洪灾害防治效益评价与防御模式一直是各省市在项目建设过程中突出关注的问题之一。有效防御山洪灾害，开展已建成山洪灾害防治项目的效益评价，研究建立一套有效的山洪灾害防御模式不仅十分必要，而且迫在眉睫。

开展山洪灾害防治效益评价是进行山洪灾害防治项目的必要环节，是进行后续山洪灾害防治项目评价的重要依据之一，将有助于今后山洪灾害防御工作的开展。全国山洪灾害防治项目经过三轮的投资，共投入资金400亿元，急需开展山洪灾害防治项目效益评价，需要深入分析项目建设后产生的效益情况以及提升基层山洪灾害防御能力提升等方面，全面系统的掌握全国山洪灾害防治项目所产生的社会效益、经济效益和环境效益。

目前我国尚未对山洪灾害防治效益进行系统、全面的分析，结合当前开展的全国山洪灾害防治项目，建立一套科学、有效的山洪灾害防治效益评价理论框架与方法体系，合理地计算山洪灾害造成的经济损失、人员伤亡情况，分析其对经济、社会和环境可持续发展造成的影响，对于正确评价山洪灾害防治项目的作用和成效，为国家实施防灾减灾措施和制定减灾对策提供科学依据，具有十分重要的现实意义。

2 山洪灾害防治效益的特点

2.1 防治项目本身并不直接创造社会财富

山洪灾害防治措施本身并不直接创造社会财富，而是主要通过工程、非工程及其他综合措施，尽可能地避免或减小因山洪暴发而导致的人员伤亡和财产损失，最大限度的保障受灾区内人民生命和财产安全。虽然某些防治措施也直接产生一定的经济效益，但总体上其防治效益集中体现在减少受灾机会、减免人员伤亡和财产损失上。

2.2 防治效益年际变化很大，具有统计概率的随机性

由于受到山洪灾害发生的不确定因素的影响，相应防治效益也具有不确定性。遇到一般小型山洪，防治效益小；遇到较大山洪时，防治效益大，尤其是遇到特大山洪时，防治效益更大。因此，防治效益需要计算具有代表性的某一时期的多年平均效益，以合理反映某一时期内防治措施实施的效果。如果所选取的时段内多年不出现较大山洪时，计算出的多年平均

效益可能偏低，还需要分析计算某一时期外发生的某些较大山洪（如历史最大山洪）的效益，以便能正确反映防治措施在防御某些特大山洪中的作用。

2.3 社会效益和环境效益大，经济效益相对较小

山洪灾害防治的社会和环境效益较大，但很难用货币的形式来表示，如减少人口伤亡、稳定社会、减轻精神创伤等；还有一部分效益仅用货币难以确切表示，如灾后第二年甚至以后多年对工、农业生产的影响，对区外的波及影响等。因此，除应分析计算山洪防治经济效益以外，对那些无法或难以准确用货币表示的社会、环境效益，还应采用实物指标来表示或者用文字加以定性描述。

同时，山洪灾害防治项目是属于社会公益性项目，由国家财政出资，作为工程的管理单位一般没有直接财务收入，为了使工程在财务上能够自我维持，还应研究制定山洪防治项目年运行费补贴办法或经济优惠措施，供国家和主管部门决策参考。

2.4 防治效益随着经济的发展和社会财富的日益积累而增长

受灾害区多为交通不太便利、经济相对落后的山区，随着经济社会的不断发展，山区内的社会经济状况和人民生活将发生巨大变化，山洪防治效益的大小也将随之变化。同时，对于同一频率的山洪，不同地区的防治效益不同；即便是同一地区，同一频率，由于出现的时间不同，其造成的损失也不同。防治效益是随着区内的经济社会发展和时间推移而不断增长的。在实际工作中，一般是以分析预测的受灾区内的经济损失增长率，来反映防治效益随经济社会发展而增长的特性。

2.5 山洪灾害防治可能存在负效益

山洪灾害防治项目特别是工程措施有可能带来一定的负效益，如有些工程建设永久性占用耕地，使得城乡人口迁移和农业粮食损失，以及带来的生态环境影响等，这些在防治效益中都应客观反映。

3 山洪灾害防治效益评价

3.1 评价主要内容及步骤

山洪灾害不仅造成大量人员伤亡和经济损失 ,而且对自然生态环境造成严重破坏。山洪灾害防治的目的是最大限度地减少人员伤亡和经济损失，改善和保护生态环境。因此，山洪灾害防治的效益主要包括社会、经济和环境效益，并以社会效益为主。

社会效益主要体现在避免或减少人员伤亡，减轻人们精神负担和心理创伤，稳定社会，保证社会正常的生产和人民生活，避免交通中断对经济发展的影响，保障山丘区经济社会可持续发展等方面的作用。

经济效益主要体现在减免直接经济损失(包括农、林、牧、渔业损失、基础设施损失，城乡居民财产损失，城乡企、事业财产及停产停业损失、骨干运输线中断的营运损失和其他损失等)和减免间接经济损失方面的效益。

生态环境效益主要体现在保护山丘区的土地资源，减少水土流失，保护森林植被，保护水质和自然景观，改善人居环境等方面的作用。

山洪灾害防治效益评价的主要步骤包括:

（1）数据收集与整理阶段：开展山洪灾害防治效益评价相关数据的收集与整理工作，包括统计资料和洪涝灾情统计信息等，并结合现场调研和访谈等形式，并对收集的数据进行整理、归类。

（2）指标体系确定阶段：开展相关文献调研，整理山洪灾害防治效益评价各项指标，根据指标体系设置的原则，综合考虑数据的可获取性和可行性，最终确定山洪灾害防治效益评价的各项指标。

（3）评价结果分析阶段：对评价结果进行分析，尤其是定性分析的结果要进行详细说明。

3.2 指标体系

依据上述防治效益评价指标体系设置的原则与内容，初步选出能全面、客观反映和评价山洪灾害防治效益的 14 个指标。评价指标体系的结构见图 1 所示。

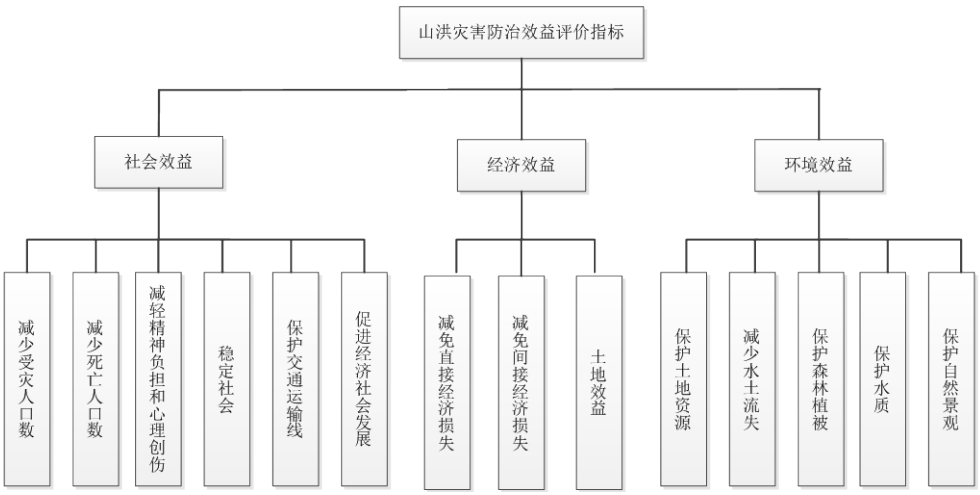


图1　山洪灾害防治效益评价指标体系

各指标的含义和确定方法见表 1 所示。

表 1　山洪灾害防治效益评价指标体系说明

z 评价指标		指标含义
社会效益	减少受灾人口数	反映对生命的保护，或在受灾当年需要救济人数的减少
	减少死亡人口数	反映对人口数量影响和对生命的保护
	减轻精神负担和心理创伤	反映提高人们的生活质量
	稳定社会	反映保证社会正常的生产和生活活动，为经济社会发展提供良好的环境
	保护交通运输线	反映保护交通对经济发展的影响
	促进经济社会发展	反映对山丘区经济社会可持续发展的全面影响
经济效益	减免直接经济效益（万元）	指减免的由山洪灾害造成的各类承灾体（财产）的经济损失
	减免间接经济效益（万元）	指减免的因山洪造成直接损失而给受灾区内、外带来影响而间接造成的经济损失
	土地效益	指减免的城镇用地和农业用地损失的效益
环境效益	保护土地资源	指减免的城镇用地和农业用地损失的效益
	减少水土流失	反映对生态功能和环境的保护效益
	保护森林植被	反映对生态功能和环境的保护效益
	保护水质	反映改善和保护农村饮用水源，保障农村居民饮用水安全
	保护自然景观	指对自然景观、名胜古迹等的保护，反映对社会文化、美学价值的保护效益

4 结语

山洪灾害防治效益评价是目前山洪灾害防治项目中突出问题之一，本文从山洪灾害主要特点出发，初步构建了山洪灾害防治效益评价指标体系，将在全国山洪灾害防治项目总结评价工作中得到具体应用。

参考文献

[1] 水利部, 财政部. 全国山洪灾害防治项目实施方案 [R].2013

[2] 水利部, 国土资源部, 中国气象局, 建设部, 国家环保总局. 全国山洪灾害防治规划[R].2006

[3] 国家发展与改革委员会. 全国中小河流治理和病险水库除险加固、山洪地质灾害防御和综合治理总体规划[R].2011.4

[4] 国家防汛抗旱总指挥部办公室.山洪灾害防治非工程措施技术要求[R].2013.9

基于 4G 网络的山洪灾害雨水情视频监测站点

吕航

（湖南省水利水电勘测设计研究总院测控与计算机中心，湖南长沙410007）

摘　要：为了满足山洪灾害防治中雨水情数据采集的实时性、准确性与直观性，设计了基于 4G 网络的山洪灾害雨水情视频监测站点，并进行了测试。该站点主要由四部分组成，以 STM32F207ZGT6 为核心控制器，通过采集单元，站点将雨水情数据与视频数据进行采集，利用 LM9105 4G 模块将采集到的数据发送至山洪预警系统。经实验可知，该站点精度高、稳定性强、传输速率高、通信可靠，可满足山洪灾害防治的需求，具有很强的使用价值。

关键词：山洪灾害　4G 技术　视频监测

1 引言

山洪是指由于暴雨、拦洪设施溃决等原因，在山区沿河流及溪沟形成的暴涨暴落的洪水及伴随发生的滑坡、崩塌、泥石流的总称。山洪灾害则是由山洪暴发而给人们带来的危害，每一次的山洪灾害发生都会给人们的生命财产带来巨大的损失[1,2]。因此，山洪灾害的防治刻不容缓，而山洪灾害的防治的关键之一就是对其产生条件进行监测，即对山洪易发区域的雨水情进行监测以达到预防山洪灾害发生的目的。

传统的雨水情监测只是简单的采集雨量、水位等基础物理量，简单的数值不能直观地反应监测对象的具体情况，且利用的无线传输手段速率较慢，在实时性和快速性上无优势[3,4]。针对上述问题，本文设计出基于 4G 网络山洪监测站点设计，在传统的监测站点的基础上，增加了视频监控功能，可将被监测对象的影像传送至山洪预警系统。同时，升级站点通信方式为 4G 通信方式，为视频以及水雨情数据传输提供高速、可靠的无线传输手段[5]。该站点可为山洪灾害防治提供有效、实时、准确的防汛数据，并可让值守人员直观地了解现场情况以便做出决策，具有较高的实际应用价值[6]。

2 站点硬件设计

本文所设计的监测站点能够实现雨水情数据的自动、实时、准确采集，同时可以采集现场视频信息，并通过 4G 网络发送至山洪预警系统。该站点由采集单元、微处理器以及 4G 模块三部分组成，站点结构图如图 1 所示。采集单元包括雨量采集模块、水位采集模块与视频采集模块。雨量采集模块负责采集雨量筒传输的雨量信息，水位采集模块负责采集水位计传输的水位数据，而视频采集模块负责采集高清球机的视频信息。微处理器选择意法半导体集团生产的基于 ARM 公司的 CORTEX-M3 内核 32 位 RISC 处理芯片 STM32F207ZGT6，该芯片内含 18 通道的 12 位 AD 转换器及 USART、IIC、SPI、USB2.0、MII／RMII 等丰富外围设备，为较复杂的控制类应用提供了低成本、小体积的高性能解决方案[7]，该处理器负责接收采集单元采集的数据，并将其发送给 4G 模块。4G 模块负责站点与山洪预警系统的通信，将站点采集的数据发送至山洪预警系统，接收预警系统的指令。电源系统为整个站点供电。

本文采用 STM32F207ZGT6 芯片作为核心处理器，LM9105 4G 模块作为通信模块，实现了可实时、稳定、准确采集并传输水雨情与视频信息的山洪监测站点。

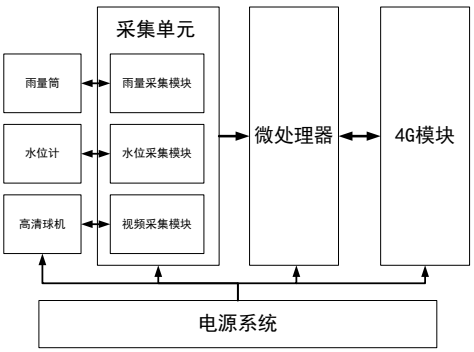


图 1 站点结构图

2.1 雨水情数据采集电路

本文监测站点应用的传感器是翻斗式雨量筒以及格雷码式水位计。因此，雨量筒与水位计输出数据为开关量信号。针对此类信号，在采集电路中利用光电耦合器对其信号输入进行电-光-电隔离。通过次措施，可以保证采集单元较强的抗干扰性，并与输入隔离，确保采集模块工作稳定。将隔离后的信号分别与 STM32F207ZGT6 芯片上的 IO 口相连，利用芯片采集其开断状态，转化为 0、1 数字信号。

2.2 视频采集电路

本文中进行视频采集的设备为高清球机，其通信方式为以太网通信方式，而 STM32F207ZGT6 的以太网接口实质是内部的 MAC 单元控制 PHY 的过程，两者通过 MII／RMII 接口传送数据，利用 DM9161A 芯片组合，可实现以太网通信。

MAC(Media Access Control)即媒体访问控制子层协议。该协议位于 OSI 七层协议中数据链路层的下半部分，主要负责控制与连接物理层的物理介质。

PHY(Physical Layer)是物理接口收发器，它实现物理层的数据编码与解码，直接提供可使用的数据流到 MAC 层。

MII(Media Independent Interface，媒体独立接口)是指在不对 MAC 硬件重新设计或替换的情况下，任何类型的 PHY 设备都可以正常工作；RMII(Reduced Media Independent Interface，简化媒体独立接口)，是标准的以太网 PHY 接口之一。

MII 数据接口总共需要 16 个信号，由于其信号线较多，在实际中应用较繁琐。而 RMII 只需要 7 根信号线，大大减少了实际的物理连线，有效地降低了硬件的复杂度及成本。因此，此次实现采用 RMII 物理层接口。STM32F207ZGT6 提供标准的 RMII 硬件接口，只需要按照数据手册的标识进行对应连接即可。DM9161A 的 RMII_REF_CLK 信号由 STM32F207ZGT6 的内部 MCO 提供，在简化了硬件设计的同时也可以减少硬件成本。HR911105A 是电路的网络接口[8]。

1.3 4G 模块通信电路

4G 模块采用 LM9105 4G 模块，该模块支持 TD-LTE、FDD LTE、TD-SCDMA、GPRS

等，即支持全网段通信功能，同时支持电话、短信功能。LM9105 4G 模块的外部接口自带 USB 功能，而 STM32F207ZGT6 具有 USB2.0 外部设备，因此只需要按照数据手册的标识进行对应连接即可。利用 USB2.0 协议即可进行通信，进行数据传输。

3 站点软件设计

站点的软件部分是在 MDK-ARM5.0 环境下，基于 C 语言设计的，设计任务按照功能分为：雨水情数据采集程序设计、视频采集程序设计以及 4G 通信程序设计。

3.1 雨水情数据采集程序设计

雨水情数据的采集是通过 STM32F207ZGT6 的 IO 口进行的。雨量数据的采集以中断方式触发，若产生中断，则表示 IO 口有数据传输至芯片，对其进行延时消抖处理，处理过后判断采集的数据是否正确。若正确，则将雨量变量加 1，同时将雨量变量值存入 FLASH 中并通过 4G 模块发送至山洪监测系统，若不正确，丢弃，重新等待中断触发。水位数据的采集则是采用定时采集的方式，每隔 5 分钟对水位计进行数据采集，利用 STM32F207ZGT6 与水位计连接的 10 个 IO 口进行开关量采集，并将采集到的格雷码型数据转换为十进制数值。对该数值进行格式与内容判断，若不正确，重新进行采集。若正确，则将其与前一次采集的数值进行比较，其绝对值是否大于 1cm。若大于 1cm，则将该数据存入 FLASH 中，作为下次比较值，并将该数据通过 4G 模块发送至山洪监测系统。若为 0，表示水位无变化，则不进行发送，返回等待下一次采集。雨水情数据采集流程如图 2 所示。

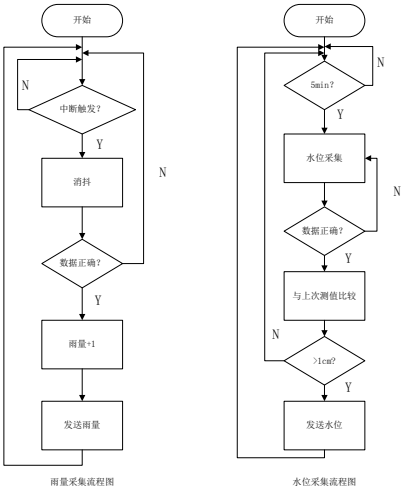


图 2 雨水情数据采集流程图

2.2 视频采集程序设计

由于部分站点位于山区或偏远地带，并没有 220V 交流电可用，同时球机的功率较大，为合理利用电源系统，本文中设计视频采集为命令触发式。视频采集时长分为十分钟、半小时、一小时与常开四种。STM32F207ZGT6 等待山洪监测系统发送来的视频采集命令，若接收到采集命令，则打开球机进行视频采集。当球机数据传输至 STM32F207ZGT6 时，利用 H.264 Main Profile 对视频流进行压缩，同时将压缩后的数据通过 4G 模块发送至山洪监测系统。其流程如图 3 所示。

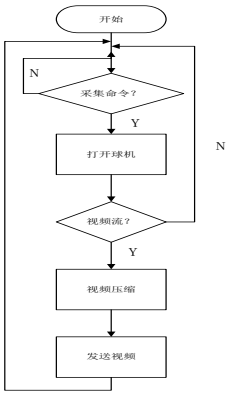


图 3 视频采集流程图

2.3 4G 模块通信程序设计

4G 模块通信程序分为发送与接收程序两部分，流程图如图 5 所示。STM32F207ZGT6 在发送数据时，先检测 4G 模块是否工作正常，工作正常后则将需要发送的数据进行打包，编入发送站点编码，设置接收端站点 IP 地址，然后进行数据发送。数据发送后，等待山洪预警系统的接收回应，若接收到 ACK，则表示数据发送成功且数据准确传输。若未接收到 ACK，表示数据发送不成功，则需要进行重发。当 4G 模块接收到数据时，会将数据通过 USB 接口发送至 STM32F207ZGT6，由其对数据进行分析是何种指令，如视频采集指令、雨水情采集指令、工况查询指令等。识别出指令后，处理器则进一步进行该指令内容。

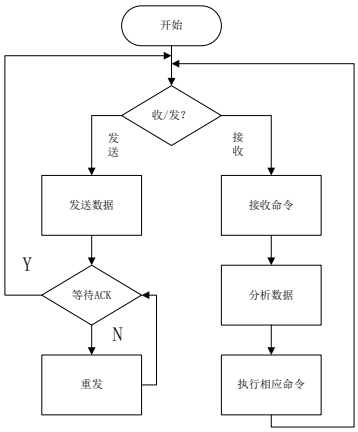


图 5 4G 模块通信流程图

3 实验和结果分析

本站点进行了雨量、水位、视频采集实验。对雨量采集进行了滴水实验，并与计数器计数进行比较，如表 1 所示。于水文站内进行了水位采集实验，并与水文站数据进行比较，如表 2 所示。

表 1 雨量测值比对

序号	雨量测值/mm	计数器测值/mm	误差值/mm
1	100	100	0
2	100	100	0
3	100	100	0
4	100	100	0
5	100	100	0

表 2　　水位测值比对

序号	水位测值/cm	水文站测值/cm	误差值/cm
1	1315	1315	0
2	1317	1317	0
3	1317	1317	0
4	1320	1320	0
5	1324	1324	0

通过表 1，表 2 可知，本文所设计站点的雨量、水位数据采集误差为 0，完全可以满足山洪灾害防治的需求。同时，对视频采集功能进行了测试，视频传输速率快，平台播放无卡顿、丢帧，为值守人员提供了较为直观、快捷、方便的观察现场的手段。

4 结论

本文以 STM32F207ZGT6 与 LM9105 4G 模块作为硬件基础，配合相应的雨水情与视频采集、4G 通信程序，开发了一套山洪监测雨水情视频监测站点。该站点采用无线 4G 数据传输方式，使得站点传输速率高、误码率小，同时加入视频监控功能，为山洪灾害防治提供了更为有效直观的管护方式。经实验可知，该站点精度高、稳定性强、传输速率高、通信可靠，可满足山洪灾害防治的需求，具有很强的使用价值。

参考文献

[1] 赵士鹏. 中国山洪灾害系统的整体特征及其危险度区划的初步研究[J]. 自然灾害学报, 1996(3):93-99.

[2] 任洪玉, 邹翔, 张平仓. 我国山洪灾害成因分析[J]. 中国水利, 2007(14):18-20.

[3] 张玉龙, 李志峰, 赵勋. 对 4G 移动通信技术应用与发展的展望[J]. 信息通信, 2013(01):226-226.

[4] 王建峰, 黄国策, 康巧燕. 4G 移动通信系统及其与 3G 系统的比较研究[J]. 西安邮电大学学报, 2006, 11(5):13-17.

[5] 李明锋. 4G 移动通信技术的特点及应用探讨[J]. 河南科技, 2013(7X):16-16.

[6] 马华东, 陶丹. 多媒体传感器网络及其研究进展[J]. 软件学报, 2006, 17(9):2013-2028.

[7] 张旭, 亓学广, 李世光,等. 基于 STM32 电力数据采集系统的设计[J]. 电子测量技术, 2010, 33(11):90-93.

[8] 王永虹, 徐炜, 郝立平. STM32 系列 ARM Cortex-M3 微控制器原理与实践(内附光盘 1 张)[M]. 北京航空航天大学出版社, 2008.

微信企业号在山洪灾害防治中的应用探索与研究

谢坤霖

（湖南省水利水电勘测设计研究总院，湖南长沙410007）

摘　要：近年来随着移动互联网技术的发展，“互联网+”的概念已经深入人心。如何在山洪灾害的防治中，引入“互联网+”这个概念越来越成为大家探讨的热点。本文先从“互联网+”的六大基本特点，跨界融合、创新驱动、重塑结构、尊重人性、开放生态、连接一切来阐述为什么微信企业号是一款成熟的山洪灾害防御的“互联网+”产品；再从山洪灾害防御的特点阐述为什么微信企业号是一款合适的山洪灾害防御的互联网+产品。让读者对山洪灾害防御有一个新的认识，在选择互联网+产品的时候有更多的方向。

关键词：“互联网+”产品　山洪灾害防治项目　微信企业号

1 “互联网+”产品在山洪灾害防治项目中的应用历程

1.1 新型山洪灾害防御手段正在探索

《全国山洪灾害防治规划》自 2006 年 10 月颁布至今已经有将近 10 个年头，山洪灾害防治已由最初的摸着石头过河的探索型防治转变为现如今的定量预警指标，定位危险区，保护受威胁群众的针对性防治。虽然防治手段依旧采用“专群结合”，但不同的是“防御为主，治理结合”的防治理念已经深入人心，“群防群测”的防治手段已经逐渐普及，各种新型的防御手段也正在不断地投入试验，如开发手机 APP、入户预警、三维防御技术引入等。

1.2 传统的移动 APP 产品在山洪灾害防治项目应用中出现了严重的“水土不服”

在 2013-2015 年的山洪灾害防治项目中，出现了一项新型的防御手段，山洪移动巡查系统或者说是山洪监测预警平台的移动版 APP。该手段出发点是好的，希望把山洪监测预警系统搬到移动设备上面来。引入互联网+的理念，希望实现系统使用者之间的连接和系统使用者与山洪数据库乃至更多的系统接口间的连接，让系统使用者能 24 小时的连接互联网上，对山洪系统、气象系统、国土系统等所提供的监测、预警数据能实时掌握；引入“移动巡查”的理念，希望通过一个手机就能实现实时现场采集图像、视频、音频、经纬度等有效的山洪灾害防御所需的信息并与山洪灾害监测预警系统互动。

但是在实际应用过程中，该手段并没有发挥其应有的作用。抛去由于不同的公司开发实力的原因导致的问题，其表现有以下三点，第一点为特定用户设计难以定制，在不同的地方山洪灾害防治的内容或有不同，针对点也有不同，在不同的人群使用时，使用侧重点也有不同，一般的人没有经过专业培训很可能不会使用；第二点，为特定功能设计难以扩展。移动 APP 都是应用程序，一个应用程序如果要增加一个功能，就必须更新版本，更新版本对于一个移动 APP 来说是一个大动作，如果不同的地区所需要更新的内容还不一样的话，最终很可能是无法更新；第三点，为特定时代设计难以升级。移动 APP 是对应手机操作系统的应用程序，手机的操作系统当前主流的有两种安卓系统和 IOS 系统，在当今市场上五花八门的手机中对应的操作系统版本各不相同，一款 APP 很难同时适应当前已有的全部操作系统，在操作系统升级后，就必须对应更新 APP，而同时新版本的 APP 却又不一定能在老版

本的系统中运行，所以在设计的时候就只能指定设备型号、操作系统版本等，这样就无法做到普及，这样移动 APP 只能停留在一个时代，停留在一个只有部分人能使用的时代。

1.3 “互联网+”的大环境下，重新定位移动 APP 的应用方向

出于前期移动 APP 应用失败的考虑，适合山洪灾害防治项目所使用的移动 APP 应当具备以下特点：易用性、交互性、可连接性。

易用性又包括以下三点：①易使用性，操作简便，适用人群广，便于个性定制；②易维护性，不需要频繁的更新版本，用户只需要使用；③易兼容性，开发模式能兼容市面上大部分的手机。

交互性，根据山洪灾害防治特点，最终还是落实到“情况汇报与命令下达”，所以该产品还应该是一款交互型应用产品，是用户与用户或者用户与系统间的交互产品。

可连接性，由于必须具备易用性的三点要求，开发上应该考虑进行二次开发，在一款成熟的产品媒介下进行二次开发，并且具备连接山洪灾害防治各种相关接口的功能。

“微信”是一款满足上述条件的通用互联网软件。微信下属有一款应用叫做“微信公众号”，在 2014 年下半年微信公众号又推出了微信企业号这一种类，这是一种企业级的互联网连接器。

微信是一款社交软件，开发方为深圳腾讯公司，根据国内知名第三方移动数据服务平台 TalkingData2015 年在“T11 全球移动大数据峰会”上发布的《2015 中国移动互联网发展指数数据报告》中指出，社交软件类微信已经占据了 70%的市场份额。也就是说基本上人人都会用微信，基本上每台智能手机上都安装有微信。微信企业号是微信公众号中的一种，是一种去业务化的移动应用接口，是连接用户与用户、用户与系统的桥梁。

2 微信企业号在山洪灾害防治项目中如充当互联网连接器

2.1 微信企业号开发的平台如何落地到山洪灾害防治项目中

通俗来说，“互联网+”在这里就是“互联网+山洪灾害防治”，但这并不是简单的两者相加，而是利用信息通信技术以及互联网平台，让互联网与山洪灾害防治进行深度融合，创造新的发展生态。如何判断两者是否融合，就要从“互联网+”的六大特点进行分析。

①跨界融合，微信已经不仅仅是一个聊天工具了，已经实现了人与人之间的连接，把每个人、每一个用户几乎 24 小时的连接在互联网上面，而微信已经成为每个用户的移动 ID，而微信企业号更是可以把每个人与山洪数据库（云平台）连接在一起。只要是需要的监测、预警数据只需要动动手指就能及时取得，山洪系统产生的预警信息也可以实时的发送到相关用户手中。

②创新驱动，微信企业号独创的去业务化模式，使得移动开发变得简便，前面所提到的移动 APP 问题，在这里都迎刃而解，针对特定用户定制难问题，这里可以通过企业号里面的不同应用来解决；针对功能难以扩展问题，这里的开发方式是采用插件模式，需要什么插件就加入，不需要随时可以去掉，最重要的是只要你安装了微信客户端，然后关注企业号就可以通过权限获得企业号下应用所有的使用功能，更新版本再也不是用户的事，这些都交给

了开发商，用户只是使用；针对 APP 版本升级难问题、硬件设备难匹配问题以及接口少问题这里统统交给腾讯公司，微信提供了良好的兼容性和开放性。

③重塑结构，在微信企业号即移动应用推广普及后，山洪灾害防御方式会发生很大的转变。首先是接收预警的方式，微信企业号的交互方式是消息模式，简单来说就是山洪系统在与你进行聊天。当系统后台插件检测到当前监测数据超过预警指标，就会通过微信往用户手机上发送信息，可以是一条也可以是多条（这里是系统主动发送信息，只有微信企业号不限制系统主动给用户发送信息的条数），在接收到预警信息后，可以马上点击企业号提供的雨水情信息、图像、视频站信息、气象、国土接口信息等查询功能初步掌握防汛态势，也可以马上电话联系防汛责任人要求马上传送受灾现场的图像、音频、视频等数据到企业号，企业号后台通过处理后就能在山洪灾害监测预警平台中查看，方便及时会商决策。然后改变的是监测模式，试想每个人的手机都是一个图像站、一个录音站、一个视频站，哪个地方的站点出现问题，马上就可以通知相关责任人前去查看并拍回设备及现场的图片、视频等；哪个地方遭灾，灾民怎么转移的，转移路线如何等都可以直接通过微信企业号传回来；同时，山洪调查评价人员甚至可以直接通过企业号进行定位图像、视频采集，大大地减少了工作量。最后改变的是防汛巡检模式，利用微信企业号可以建立一套完整的值班巡检体系，如安排相关责任人巡检的，必须指定时间到达指定位置拍照并上传至微信企业号，通过平台可以进行检查巡查情况。

④尊重人性，一个程序好不好用，最终落实到有没有人用，程序开发的好，不会用甚至没人用都是没有市场的。“互联网+”最大的特点就是必须尊重人性，这一点上，前面“T11 全球移动大数据峰会”统计的大数据应该很有说服力，如果危险区责任人或者村民会使用手机应该会使用微信，如果不会使用微信那其他 APP 就更加不会用了，不论是软件的上手难易度还是安装难易度微信都是相对简单的。

⑤开放生态，前面就阐述了微信是一个互联网的连接器，只要你能提供接口你的东西就能接过来。简单来说就是提供什么就能展示什么，没有门槛，没有障碍。微信是一个有高度兼容性的应用 APP，现如今已经支持市面上几乎所有的移动平台操作系统。

⑥连接一切，作为一个连接器，微信企业号，真正做到了去业务化的容器的功能。举个例子，比如说国家气象网提供了实时天气预报的查询功能接口，微信企业号就能通过他提供的接口把相关的数据接入过来；又比如说原有的山洪监测预警平台中提供了一个统计图表的接口，微信可以直接把你统计完的数据通过接口接过来显示图表等。连接一切，可以是数据库、可以是 WEB 页面、可以是数据接口等等。

2.2 如何利用微信企业号建设满足山洪灾害防治特点的平台

山洪灾害防御的特点，是“专群结合”的特点，所以开发的总体思路要围绕它进行。

首先，“专”，那就是监测站采集回来的数据。要通过查询功能把它查出来，暂时归纳为七大类信息。①查询雨情信息，雨情信息可根据需求定制查询，例如查询当日当前降雨总量、某段时间内的降雨总量以及是否超过预警值等汛期急需关心的雨情信息。②查询水情信息，

水情信息主要是查询当前河道监测站或者水库监测站测得的实时水位，以及是否超过预警值等量化的水情信息。③查询图像视频信息，该功能主要是用于查询图像站回传的最新监测图片或者接入视频站接口查询视频站当前拍摄的视频信息。④查询工况信息，该功能主要用于查询当前设备最新工况，包括电压、通讯状况等信息。⑤查询今日汛情，通过总结今日汛情，把雨情、水情、工况信息、预警等情况以文本形式发出来。⑥查询水文、气象、国土等其他部门提供的天气预报、卫星云图、地质灾害隐患、水文预报等防汛需要的相关信息。⑦查询县级平台提供的预案信息等文本信息。

然后是“群”，群分为信息发布、信息接收和移动巡查，信息发布和移动巡查主要是提供给防汛责任人平时使用，信息接收主要是用于接收预警信息和转移指令等。①信息发布，为了提供给基层防汛人员应急指挥的能力，基层人员可以启动山洪预警。分两种（1）可以通过微信企业号直接控制预警广播，考虑到预警广播发送权限复杂可考虑通过提供 WEB 页面接口进行发送预警信息，提高预警广播发送的及时性与简便性（2）防汛责任人可通过固定命令+文本（或者企业号自带管理员助手）的方式群发预警信息到关注了企业号的其他成员微信上。②信息接收，主要接收包括山洪灾害预警信息，山洪灾害宣传知识信息，山洪灾害指挥调度指令信息，山洪灾害转移路线信息。消息的内容可以是文字、图片等。指挥部可以及时的把最新的指示和预警信息发送到关注成员的微信上。③移动巡查，可实现与县级山洪灾害监测预警平台的互动，通过发送图片、视频、语音到微信企业号，实现现场灾情人员转移情况的实时视频汇报，实现在实地现场用手机采集灾情图片、视频、语音等，也可用于平时的巡检记录等。极大地提高了防灾救灾的机动性和灵活性。

2.3 微信企业号在山洪灾害防治中如何做到人工智能

所谓之智能预警就是当监测数据超过预警指标时自动向防汛责任人发布预警信息，由于无法辨别是设备故障还是真是发生灾害常常要对预警量进行修正，有了企业号后，可将预警范围缩小至危险区，利用企业号里面的群组关系建立危险区范围群组实现危险区范围预警，如实在产生了误报，相关责任人可在核实后，通过人工群发微信消息的模式给相关用户发送更正消息。

3 微信企业号是山洪灾害防治应用中的多面手

在新形势下的，山洪灾害防治仍然是以防为主，在通信没有被切断的前提下，通过微信企业号一个 APP，让智能手机成为一个监测站，让智能手机成为一个预警广播，可以做到监测到点，预警到户。在山洪灾害防御的“互联网+”产品选择中微信企业号不乏为一个正确的选择。在不断变化的山洪灾害防治方法中，微信企业号只是一个容器，可以应用在里面的东西还很多，文中只是提到了其中比较重要的一些，剩下的还需要大家继续探索。

山洪灾害调查评价技术要点与成果整理要求

江炎生

（湖北省防汛抗旱指挥部办公室，湖北武汉430071）

山洪灾害调查评价工作是2013—2015年期间山洪灾害防治项目的重要建设内容，是今后进行山洪灾害防御的最重要基础性工作，也是技术难度较大的部分。当前，这项工作已经进入收尾阶段，但是，从湖北的情况看，后期修改完善和继续深化的工作量还很大，成果整理也还需要进一步提炼，成果表达方式还需进一步完善和多样化。

1 山洪灾害调查

山洪灾害调查总体上是要完成A类表格15张，B类表格9张，最后由调查评价终端软件生成C类表格29张。调查范围涉及防治区、重点防治区、危险区和沿河村落，内容包括居民宅基高程、位置和河道控制断面测量、家庭房屋结构和财产、企事业单位、涉水工程、历史山洪等等。

1.1 重要概念和术语

1.1.1 防治区与重点防治区

按照《山洪灾害调查技术要求》，所谓防治区是指全国2058个县中有山洪防治任务的山丘区，而重点防治区是指防治区中山洪灾害频发或灾害损失严重的区域。从字面上是界定清楚了。问题是“有防治任务”和“灾害频发或损失严重”，如何操作？

湖北的实际做法是，防治区按照原《山洪灾害防治规划》中确定的乡镇及行政村来掌握，但是，重点防治区在原《规划》中没有，所以，我们暂按新中国成立以来发生过人员伤亡的村落所在的乡镇来掌握。这需要全国进一步统一确定可操作的标准。

1.1.2 危险区和沿河村落

按照《山洪灾害调查技术要求》，所谓危险区是指可能受山洪灾害威胁的城（集）镇、行政村（居民委员会）、自然村等居民区范围。而沿河村落是指防治区内山洪灾害频发或灾害损失严重的沿河居民居住区。“可能受山洪灾害威胁”怎么定？“灾害频发或损失严重”怎么掌握？

从防治区、重点防治区、危险区和沿河村落四个概念来看，一个可以把防治区中的居民居住区都划作危险区，因为有防治任务的山丘区才能划作防治区，那有防治任务当然就是有可能受山洪灾害威胁的区域；一个是通过推求可能最大降雨和可能最大洪水（PMF），可能最大洪水淹没的居住区就是危险区。但是，对小流域作可能最大洪水难度是很大的，因此，现阶段把防治区中的自然村划作危险区是相对具有操作性的方法。而沿河村落则是百年一遇洪水淹没的自然村。

1.1.3 成灾水位

按照《山洪灾害调查技术要求》，指居民居住区内发生山洪灾害的最低水位（以河道控制断面处的水位表示），当实际水位超过此水位时就会成灾。实际上，可以理解为：防灾对

象所在河沟发生某种量级的洪水时，如果有居民家中进水，对应控制断面的水位就是成灾水位。

因此，讲到成灾水位一定要对应控制断面。因为一场洪水流过河沟，从上游到下游各处的水位是不一样的，有时住在上游的某个居民的房屋宅基高程可能比住在下游的居民宅基高程高，但是由于水面比降的存在，上游居民家中可能进水而下游居民却没有进水，这时要把上游居民住宅所在断面的水位换算到控制断面，得到控制断面水位就是成灾水位。

在实际操作中，一般是把沿河村落居民宅基高程考虑水面比降（或河床比降）后统一换算到控制断面，最低高程就是成灾水位高程。

1.1.4 历史山洪灾害调查、历史洪水调查与洪痕测量

这三项工作似同非同，很容易混淆。历史山洪灾害调查是要求不遗漏新中国成立以来发生过人员伤亡的山洪灾害“事件”，工作方法应该是先查阅地方志、水利志、水利年鉴、工作总结等档案资料，获得灾害线索，然后查阅相关区域的雨量站的降雨资料，整理出降雨过程与灾害发生的对应关系。

历史洪水调查是要求调查不少于三场有区域代表性的典型洪水，参照《水文调查规范》进行历史洪水调查，摘录降雨信息，并进行野外洪痕调查和断面测量，推算暴雨频率和洪水频率，建立降雨与河道洪水的关系。

洪痕调查的目的是为了建立控制断面水位流量关系时，提供洪水水面比降。因此，《山洪灾害调查技术要求》强调唯准不唯大。它是结合沿河村落现场详查而进行的一项工作。

1.2 调查表格的填写要求

一是规范性要求。表名、表头、表的序号等都要按统一的表格制作，不能自己添加、删除或修改。调查人、审查人、审定人等签名，并注记调查、审查、审核日期。要按技术要求中的字段说明规范填写各字段内容，且要前后一致，比如行政区划名称应填写成**镇**村**组（居民委员会），而很多单位随意填写，有的填到镇，有的直接填**组，有的前后不一。

二是完整性要求。很多单位在得不到数据的情况下，随意填“0”，比如水位站的“基面高程”、“基面修正值”；历史山洪灾害调查表格中的“死亡人数”，等等。

三是口径统一要求。历史山洪灾害调查要求不遗漏新中国成立以来发生过人员伤亡的灾害事件，很多单位仅调查了几个大水年的资料，明显有遗漏，而且在“死亡人数”、“失踪人数”中都为“0”，调查深度不够。在需要治理的山洪沟调查中，应该按流域面积 20—200 km^2 控制。企事业单位调查，应不遗漏幼儿园、敬老院、医院、学校等防灾重点对象。

四是数据准确性要求。要用概念性分析、逻辑关系分析等方法审查数据的准确性和可信性。比如一般户均人口 4 人左右，要是某个政区户均人口数明显多于或少于 4 人，就要进行仔细核对；比如耕地面积、房屋座数（间数），等等，都与人数（户数）有一定的关系，可以通过概念性数据分析成果的合理性。

1.3 河道控制断面测量

河道控制断面测量要注意的第一个问题是断面布设。测量控制断面的目的是为了建立控

制断面的水位流量关系时提供断面特征参数，如湿周、水力半径、过水断面面积等，方法一般是曼宁公式。但是，曼宁公式是有严格的适用条件的，那就是恒定均匀流。要满足均匀流的条件，控制断面所在河段必须是顺直的、断面尺寸基本没有变化。因此，在布设控制断面时，要尽量选择顺直和断面变化不大的河段作为控制断面。同时，布设的控制断面还应该与洪水水流方向垂直。而纵断面则应该沿着深泓线布置。

当控制断面不满足均匀流的条件时，则应该用非均匀流公式或能量公式。

技术要求上要求每一个防灾对象应该测上、中、下三个断面，目的是根据断面测量成果判断河势条件，是否满足顺直和断面尺寸变化不大的条件，如果满足则可用曼宁公式，如果不满足则应该用非均匀流公式或能量公式。但是用能量公式，也有个起算水位的问题。

控制断面测量时，要注意的另一个问题是，断面要测得足够大。技术要求上说，要测到历史最高洪水位或百年一遇洪水位以上 0.5m—1.0m。问题是历史最高洪水位在哪？它的重现期是多少？一般现场询问得到的所谓“洪痕”，根本不能确定它是否就是历史最高洪水，如果只是近几十年或近几年发生的较大洪水，那它的重现期就可能不满足百年一遇的要求。同时，百年一遇的洪水位在哪？现场也不可能知道。因此，相对比较保险的做法是把所有的住户的宅基高程都进行测量，那些明显不可能淹到的地方除外。

经常看到的问题是，很多单位测量的横断面成果，一边测的很高，而另一边测得比较低，不能形成封闭的断面。

1.4 调查成果对分析评价工作的支撑

调查成果一是作为基础资料支撑后期项目建设任务、内容安排的依据；二是用于指导抗灾救灾；三是认识项目区暴雨、洪水特性，支持分析评价成果的合理性分析。

历史山洪灾害“事件”调查，要支持分析评价中临界雨量（水位）分析计算成果的合理性分析。因此，要对成灾暴雨进行降雨过程分析，得到不同时段的最大降雨量（比如 3 小时、6 小时、12 小时），时段选择应与临界雨量的时段相协调（一致），灾害地点要细致到自然村，调查哪些村发生了房屋进水、死人或失踪等情况。

历史洪水调查，一是用于分析和认识项目区暴雨、洪水特性，二是支持设计暴雨、设计洪水分析计算成果的合理性分析。因此，要收集过程降雨资料，进行洪痕调查和河道断面测量，分析不同河沟的暴雨和洪水重现期、雨峰和洪峰的时差，等等。

洪痕调查成果主要是提供洪水水面比降，支持建立控制断面的水位流量关系，因此，最好是得到上下游成对的洪痕成果。当然孤立的洪痕，如果知道降雨和洪水的重现期，也可以对分析水位流量关系提供一定的支持。

总之，调查工作的深度和成果整理，要紧扣分析评价的需求来进行。

2 山洪灾害分析评价

山洪灾害分析评价，实际上是两类水文问题，一是设计洪水层面的问题；一是洪水预报层面的问题。设计暴雨、设计洪水、现状防洪能力评价和危险区的划分，都是设计洪水层面的问题，而临界雨量分析计算和预警指标的综合确定则是洪水预报层面的问题。

计算设计洪水时，是求“安（安全）”，把洪水算大了一点是偏于安全的，因此，暴雨历时要足够长—大于汇流时间，前期土壤要足够湿润—达到流域最大蓄水量的 70%以上，雨型不利—主雨峰偏后。在这种情形下，可假定暴雨与洪水同频率。

但是，临界雨量分析时，则是求“准（准确）”，算大了造成不必要的转移，算小了不安全。而且暴雨历时、土壤含水量、雨型都是随机的。现阶段是作概化处理，暴雨历时概化为3—4 种标准历时（以汇流时间为最长历时），土壤含水量概化为 0.2Wm、0.5Wm 和 0.8Wm，雨型则还是用设计暴雨的概化雨型。在非设计工况下，不宜假定暴雨与洪水同频率。

2.1 设计暴雨和设计洪水

2.1.1 设计暴雨

小流域设计暴雨计算一般是采用图表法，即查图表得到不同历时暴雨的统计特征参数（均值、C_v、C_s/C_v）和不同频率的 K_p，然后用均值乘 K_p，得到不同历时、不同频率的暴雨总量。再根据概化雨型，按长包短进行分配。

本次分析评价要求，一是按防灾对象（沿河村落）计算 10 分钟、1h、6h、24h 和汇流时间等五种（或四种）历时，5 年一遇、10 年一遇、20 年一遇、50 年一遇、100 年一遇等 5 种频率的设计暴雨。二是小流域汇流时间设计暴雨时程分配（过程线）。因此，要计算流域的汇流时间。当流域的汇流时间恰好是 1h、6h、24h 时，只需在对应的标准历时后面加“（τ）”，当流域的汇流时间不是这 3 种标准历时时，则在 24h 后面还要加以 τ 为历时的不同频率的设计暴雨。

流域汇流时间一般是用推理公式法试算，即假定一组 τ，用推理公式算出一组 Q_m·20%值，再假定一组 Q_m·20%，用推理公式算出一组 τ。把二组 τ—Q_m·20%和 Q_m·20%—τ 点绘在一张方格纸上，两组曲线的交点处对应的 τ，即为所求。Q_m·20%是对应重现期为 5 年一遇的洪水的洪峰流量。洪水越大，汇流时间越短，因此，用 5 年一遇的洪水对应的汇流时间，就可以包住 10 年、20 年、50 年和 100 年一遇洪水的汇流时间。

2.1.2 设计洪水

小流域设计洪水由于缺乏实测水文资料，现阶段一般是用瞬时单位线法、推理公式法和地方经验公式法，从暴雨途径进行计算。

在湖北 1000km^2 以下的流域可以用《湖北省暴雨径流查算图表》的方法计算，超过 1000 km^2，则不能用。对于汇流面积 20km^2 以上的流域的 F、L、J 可以用 5 万分之一的地图量算，汇流面积小于 20km^2 的，则要用更大比例尺的地图量算。

暴雨途径计算设计洪水时，要合理确定暴雨历时和单位线的计算时段。暴雨历时应大于或等于流域汇流时间，所以当计算的流域汇流时间为 1—3 小时，暴雨历时用 3h；汇流时间为 3—6h，暴雨历时用 6h；汇流时间为 6—12h，暴雨历时用 12h；汇流时间 12—24h，暴雨历时用 24h。“就近上靠”标准历时，因为 1h、3h、6h、12h、24h 等标准历时才有概化雨型，用非标准历时虽然可用暴雨公式得到雨量，但雨型没有。另外，暴雨历时尽量接近汇流时间比较好，一是暴雨历时越长，同频率暴雨的雨强越小，计算的洪峰可能偏小；二是暴雨历时

越长，单位线的计算时段也越长，小流域用的计算时段过长可能出现漏峰的情况。

设计情况下的扣损（净雨分析），当汇流时间大于 18h 时，顺序扣 22.5mm，当汇流时间小于 18h 时，不扣初损，只扣稳损。

用推理公式计算设计洪水时，在湖北需要区分汇流时间大于 6h 还是小于 6h，确定暴雨面递减指数 n。根据 n，可计算推理公式法的洪峰流量公式中的 K_1、K_2、K_3、K_4。

2.2 现状防洪能力评价

现状防洪能力评价主要是两项任务，一是计算出对应于成灾水位的洪水的重现期，即是某个防灾对象的现状防洪能力；二是进行危险区的等级划分，即算出 5 年一遇、20 年一遇和百年一遇洪水淹没居民户数、人数等。其中 5 年一遇淹没线下的为极危险区，5—20 年一遇淹没区域为较危险区，20—100 年一遇淹没区域为危险区。

首先需要将居民宅基高程换算成控制断面的高程。换算时主要是考虑水面比降或河床比降，对控制断面以上或以下的居民宅基高程减去或加上水面降落差。在控制断面上高程最低的就是成灾水位。

其次建立控制断面水位—人口关系曲线和水位—流量关系。当把居民宅基高程都换算到控制断面之后，建立水位—人口关系就比较容易了。但是，建立水位—流量关系有几个难点，一是比降，二是糙率，三是公式选择。比降最好是洪水水面比降，或水面比降，用河床比降误差是很大的，但是可能很多时候，由于没有找到成对的洪痕而无法得到洪水水面比降，同时，由于测量时河道是干涸的，水面比降也得不到，因此，大部分是用河床比降。糙率的确定，人为因素也很大。而公式选择，大部分都是用曼宁公式，其实是不合适的。总之，在水位—流量关系建立后，应该结合分析评价成果的合理性分析，对比降、糙率等参数作适当调整，直至成果比较合理为止。

第三是根据成灾水位查水位流量关系曲线，得到成灾水位对应的流量，可称之为成灾流量。再用试算的方法，计算形成成灾流量的暴雨及其对应的重现期，并根据暴雨与洪水同频率的假定，得到成灾流量对应的洪水频率，即为该防灾对象的现状防洪能力。

第四是用暴雨途径计算控制断面 20 年一遇和 100 年一遇洪水的洪峰水位。根据洪峰水位查水位—人口关系曲线，得到 20 年一遇和 100 年一遇以下的居民户数、人数，即可进行危险区等级划分。

2.3 临界雨量的分析计算和预警指标的综合确定

2.3.1 临界雨量的分析计算

（1）预警时间

所谓临界雨量是指时段降雨所产生的洪水，会导致防灾对象发生山洪灾害危险所对应的雨量。因此，计算临界雨量时，首先要拟定预警时间。根据《山洪灾害分析评价技术要求》，一般是把防灾对象所在河道断面发生 5 年一遇洪水时的流域汇流时间作为最长预警时段，而在其下选择 2—3 个标准历时作为较短历时的预警时段。比如，某个防灾对象所在河道断面 5 年一遇洪水的汇流时间为 5h，则“就近上靠”把 6h 作为最长预警时段，再把 1h 和 3h 作

为较短历时的预警时段。同样，某个防灾对象的汇流时间是 11h，则“就近上靠”把 12h 作为最长预警时段，而把 3h 和 6h 作为较短历时的预警时段。

（2）前期土壤含水量

降雨产生的洪水与雨量大小、时空分布、流域前期土壤含水量和下垫面条件等有关。在做临界雨量的分析计算时，时段雨量是要求的未知量，降雨的时空分布（雨型）是用概化雨型，而下垫面条件对汇流的影响则是用瞬时单位线进行概化，剩下的还需要对前期土壤含水量进行概化处理。在本次山洪灾害调查评价中，一般是把前期土壤含水量按流域最大蓄水量概化为 $0.2W_m$、$0.5\ W_m$、$0.8\ W_m$，分别对应前期干旱、一般和较湿润等三种情形。

（3）净雨分析

在做临界雨量分析计算时，本次分析评价要求，要做 2—3 种历时、3 种土壤含水量，组合成 9 种情形的临界雨量分析。预警时段为 τ（汇流时间）、土壤含水量为 $0.8\ W_m$ 所对应的情形可以视为设计洪水计算工况，其他 8 种组合都不属设计工况。

在设计工况条件下，可以按小流域设计洪水计算方法进行净雨分析。在湖北，当流域汇流时间大于 18h 时，一般是把设计暴雨过程从第一时段开始顺序扣除 22.5mm，得到净雨过程线。当流域汇流时间小于 18h，则不扣初损。

但是，对于其他 8 种组合，即非设计工况条件下，则不能用上述方法扣损。在湖北，一般是三种方法：一是用相邻水文站提供的降雨径流关系曲线，通过毛雨量和前期土壤含水量查净雨（径流）；二是用新安江模型进行产流分析，涉及 W_{mm} ´ 和 B 两个参数；三是利用《山洪灾害分析评价技术指南》6.2.2 节中提出的初损后损法和综合因子确定法。

（4）临界雨量分析计算

汇流计算方法一般是在前面设计洪水分析计算时通过分析对比瞬时单位线法、推理公式法和地方经验公式，选择一个合适的方法，在临界雨量分析计算时直接采用，不再进行方法选择。

在得到净雨过程线之后，就可以通过试算确定临界雨量。比如，要计算某个防灾对象 3h、$0.2W_m$ 情形下的临界雨量。第一步，先假定一个值（比如 80mm），然后查暴雨频率曲线，得到 3h、80mm 对应的频率 P。第二步，求频率 P 所对应的 1h 暴雨值（这一步很关键）。第三步，根据长包短（有了同频率 3h 和 1h 的暴雨量，就可以用长包短进行雨量分配），得到 3h、80mm 的暴雨过程线。第四步，按前述方法扣损，并进行汇流计算，得到防灾对象所在河道断面的洪峰流量。第五步，由洪峰流量，查水位流量关系曲线，得到洪水位。

如果洪水位刚好等于成灾水位，则为所求的 3h、$0.2\ W_m$ 情形下的临界雨量。如果水位高于或低于成灾水位，则用小于或大于 80mm 的某个雨量进行试算。直至计算出的洪水位与成灾水位的误差在允许范围之内，则假定的雨量值即为所求。

2.3.2 预警指标的综合确定

预警指标一般分为准备转移和立即转移两级。某种情形下的临界雨量即为立即转移指标。比如，某个防治对象在 3h、$0.2\ W_m$ 情形下的临界雨量是 90mm，则这种情形下的立即

转移指标即为 90mm。

在确定准备转移指标时，主要应该根据流域汇流时间τ、防灾对象所在河道断面形态（U 型还是 V 型，决定洪水位涨落速率），并预留 30 分钟的预警响应时间来综合确定。《山洪灾害分析评价方法指南》的方法是，根据洪水过程线，查出在洪峰流量出现前 30 分钟所对应的流量，然后通过试算求出产生该流量的时段暴雨量，即为准备转移预警指标。方法有点复杂，而且准备转移的预警时段跟立即转移的预警时段相同。比如，如果 3h、0.2 Wm 情形下的临界雨量是 90mm，同时按《方法指南》的要求算出的准备转移的雨量为 70mm，则准备转移的预警指标定为 70mm/3h。这里准备转移的预警时段定为 3h 是不合适的，因为如果 3h 的降雨量只有 70mm，就没必要转移。而所谓准备转移是指随着降雨的进行，在 3h 内可能达到 90mm，就要进行立即转移，在立即转移之前留出 0.5h 的响应时间作准备，因此，准备转移的预警指标应定为 70mm/2.5h（不是 3h）。

按照上述逻辑，确定准备转移的预警指标的方法可以简化处理，即如果算出 3h 的临界雨量为 90mm（立即转移指标），则可按平均雨强 15mm/0.5h，确定准备转移指标为 75mm/2.5h，即 2.5h 降雨达到了 75mm，按这种降雨强度再降 0.5h 的雨，3h 累积降雨可能会达到 90mm，所以要作转移准备。

2.4 成果的合理性分析

成果合理性分析是调查评价工作的一大难点，也是至关重要的工作。要逐一分析每个防灾对象的预警指标成果的合理性。但是，由于缺乏实测资料，设计洪水的分析计算、水位流量关系的建立、临界雨量分析计算等，在方法选择、参数取值等方面有很大的人为因素，因此，成果的合理性存疑，需要结合多方面的分析进行参数调整。

现阶段成果的合理性分析，可从以下方面进行：

（1）与历史山洪灾害调查成果对比。设计洪水成果与历史典型洪水水文调查成果进行对比分析，也可以与本次山洪灾害调查中水文气象资料收集整理中的暴雨洪水成果进行对比分析。临界预警指标可结合历史山洪灾害“事件”调查成果进行对比分析。

（2）与已有成果对比。设计洪水成果还可以与经过批复的其他水利工程（水库、河道治理）设计洪水成果进行对比分析。

（3）类似成果之间的横向对比。一是本次分析评价中现状防洪能力分析中的成灾水位对应的时段（ τ ）暴雨，应该与临界雨量计算中的 0.8 W_m、 τ 为历时的临界雨量值一致。二是汇流时间与涨洪历时应该基本一致，不同频率的洪水的汇流时间应该是频率值越小汇流时间越小。三是同一河沟不同防灾对象之间，可结合宅基与河沟位置、高程关系、河沟断面形态等进行对比分析。四是相邻、相似河沟洪峰模数对比分析。

3 成果整理与提交要求

3.1 成果整理

要着眼于成果的应用、着眼于形成概念性认识进行成果整理、概括提炼。

《分析报告》的前言、成果整理、结论与建议等部分要对防治区基本情况、设计暴雨和

设计洪水、现状防洪能力（洪水重现期、危险区划分）、临界雨量与预警指标等进行概括提炼，以便形成概念性认识。

成果的表达方式包括文字报告、表格、曲线图、柱状图、散点图、斑块图、饼状图等。不论何种表达，一定要让读者能清晰地明白所表达的内容。

3.2 成果提交要求

湖北要求以县为单位提交的成果包括：

1、一个综合报告：**县山洪灾害分析评价报告（附 2 张表格、5 幅图）。

2、四个专题报告：

（1）**县山洪灾害调查报告（包括 A 类表格 15 张、B 类表格 9 张、C 类表格 29 张）；

（2）**县历史山洪灾害调查报告（包括山洪灾害事件调查和典型洪水水文调查）；

（3）**县水文气象基础资料收集与整理报告；

（4）**县沟道断面测量与居民宅基高程测量技术总结报告（附相关表格和测量成果质量评估报告）。

3、附表附图：按防灾对象提供分析评价名录、小流域设计暴雨雨量成果表、小流域汇流时间设计暴雨时程分配表、控制断面设计洪水成果表、控制断面水位流量人口关系表、防洪现状评价表、雨量预警指标成果表等 8 张附表；防洪现状评价图、危险区图和预警雨量临界线图等三类附图。

山洪灾害防治水文基本资料收集处理项目工作浅析

吴晶[1,2]　王式成[1,3]　陈竹青[1,3]

（1.安徽淮河水资源科技有限公司，安徽蚌埠233000；2.河海大学水文水资源学院，江苏南京 210098；3.淮河水利委员会水文局，安徽蚌埠233000）

摘　要：山洪灾害是我国洪涝灾害中致人伤亡的主要灾种，已成为我国防洪减灾工作的重点和难点。我国本着“以人为本，科学防御”的原则进行山洪灾害防治。2013 年水利部、财政部联合启动山洪灾害防治县级项目建设。水文基本资料收集是山洪灾害防治的最基本最重要的前期工作，资料的准确性决定着山洪灾害防治调查评价的合理性。本文简要介绍山洪灾害防治水文基本资料收集处理项目的内容，基本流程，并以河南省山洪灾害防治水文基本资料收集处理项目为例对出现的问题进行探讨，为以后类似项目开展提供参考。

关键词：山洪灾害防治　水文资料收集　基本流程

1 引言

山洪灾害是指因降雨在山丘区引发的洪水及由山洪诱发的泥石流、滑坡等对国民经济和人民生命财产造成损失的灾害。近年来，受特殊的自然地理环境、极端灾害性天气以及经济社会活动等多种因素的共同影响，各地山丘区洪水、泥石流、滑坡灾害频发，造成的人员伤亡、财产损失和基础设施损毁、生态环境破坏十分严重。山洪灾害是我国自然灾害造成人员伤亡的主要灾种，已成为我国防洪减灾工作的重点和难点。2013 年 5 月 30 日，水利部、财政部联合印发了《全国山洪灾害防治项目实施方案（2013~2015 年）》的通知，联合启动山洪灾害防治县级项目建设。水文基本资料收集处理是山洪灾害防治调查评价项目的最为重要的前期工作，为山洪灾害防治提供基础数据支撑。

2 水文资料收集处理内容及流程

2.1 主要内容

山洪灾害防治水文基本资料收集处理的主要内容包括以省级行政区划为单位，水文分区或县级行政区划为单元，收集整理省内县（市、区）的主要水文气象资料，包括暴雨参数、径流参数、水文测站信息、洪水要素、历史最大流量、蒸发量等。通过资料收集、处理摸清省内山洪灾害防治区县（市、区）水文站网的分布情况，掌握防治县（市、区）的暴雨参数、径流参数、水文测站信息、洪水要素、蒸发量等基础信息，为省际山洪灾害分析评价和防治提供基础数据。

2.2 主要工作流程

为高效组织开展此项工作各省需根据实际情况制定具体工作方案和技术路线细化每个环节，工作流程主要包括前期准备工作、资料收集、审查与整理。

2.2.1 前期准备工作

省级组织协调工作、明确各级建设任务。对技术人员选聘与培训、明确项目的任务，确定技术路线。根据山洪灾害调查技术要求，以县级行政区为基本单位，以基层行政区划或小

流域为基本工作单元，参照相应技术标准规范，主要通过内业的工作方式，全面查清试点县区的站网分布情况，有效获取山洪灾害防治区的基础水文气象信息，整理出满足要求的成果 。河南省山洪灾害防治水文基本资料收集项目技术路线见图 2.1。

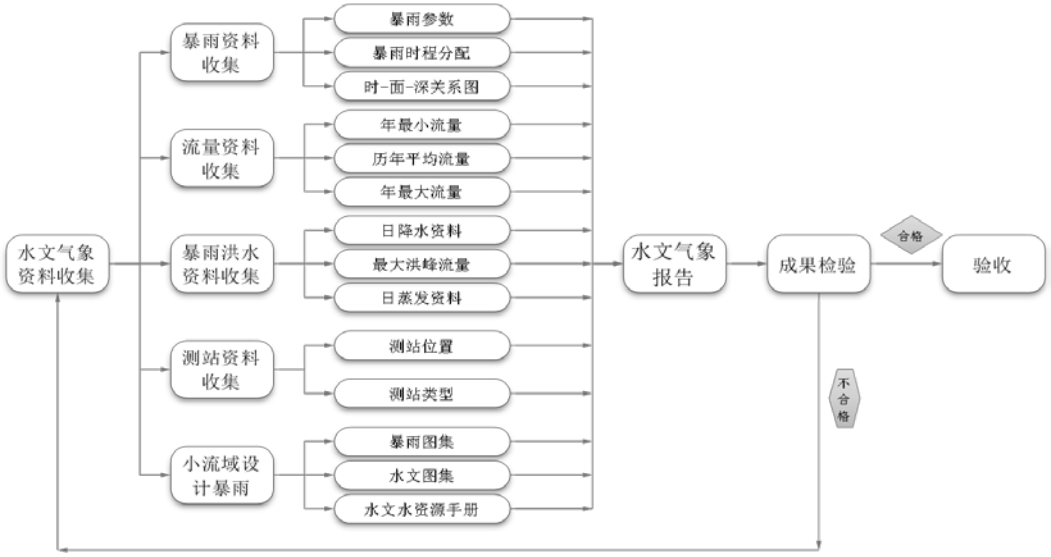


图 2.1 河南省山洪灾害防治水文基本资料收集项目技术路线图

2.2.2 资料收集

分析省内的实际情况及规范要求，根据水文调查，收集省内各主要县（市、区）境内水文资料，并根据原则合理选取雨量站，水文站，蒸发站，收集以上站点的水文资料。根据水文流域划分情况，明确研究区域涉及流域。再根据各雨量站、水文站及蒸发站所属流域管理机构，将所需收集站点资料进行分类统计，后经联系各流域管理机构相关资料管理部门进行对所需资料的收集。按照要求收集的主要资料如下：

（1）暴雨参数资料收集

以县级行政区划为单元，收集试点县（市、区） 雨量站不同时段的暴雨参数，主要包括均值 $\overline{x}$、变差系数 C_v、C_s/C_v；以长短历时雨量同频率相包的形式分配时程雨量，以水文分区或全省为单元开展 24h 设计暴雨时程分配计算；收集省各水文分区对应的短历时暴雨时面深关系图。

（2）历年水文站最大流量及其统计参数资料收集

以县级行政区划为单元，收集县市区水文站历年平均流量、最大流量、最小流量及其对应日期等参数。

（3）暴雨洪水资料收集

收集试点县（市、区）水文站洪水要素摘录资料及其上游雨量站相应降雨摘录资料；收集县（市、区）所设定收集时间段的蒸发站逐日蒸发量资料。

（4）测站基本信息收集开展县市区水文站测站基本信息的收集。

（5）小流域设计暴雨洪水的相应参数取值收集

收集各地暴雨图集、中小流域水文图集、水文水资源手册（涵盖小流域设计暴雨洪水的

计算方法、图表及参数等）等资料； 收集各地水文分区资料及对应的产流参数。

2.2.3 资料审查

资料审查是本次工作的重点，确保数据的真实性与准确性具有重大的意义。为保证数据的合理性及准确性，对所收集的资料进行初步的审查。包括对各雨量站、水文站及蒸发站的站码进行核对，以保证收集资料是否为所调查区域内的对应的站点资料，对降水量资料、流量资料等进行细致审查，数据库与水文年鉴比对。其次对所调查的站点的资料进行整合查缺补漏，以保证所有调查的站点收集到时间较为完整的资料，如有缺漏进行补全。在收集的整理资料的过程中，可能会发现资料中会出现一些异常值（比如负值或者极端特大值等）、异常符号（比如数值前面有小数点，数值后面有字母 U 等）。遇到这种情况，需查阅水文年鉴，核实数据的准确性。最后对收集到的所有资料的数据准确性进行核实，审阅收集的资料中是否存在录入性的简单错误，或者存在不符合实际情况的数据，将错误的数据通过进一步核实后进行修改。

2.2.4 资料整理

(1)暴雨统计参数等资料整理

不同时段测站暴雨统计参数，不同时段年最大点雨量统计参数，主要根据省内暴雨图集进行查阅。

24h 设计暴雨时程分配根据省暴雨图集中提供的暴雨参数及方法进行计算，根据流域特性和工程要求，选择所需要的时段长度进行设计暴雨计算，包括设计时段点雨量、面雨量、暴雨递减指数和 24h 雨型。

(2)历年水文站流量及其参数统计按《基础水文数据库表结构及标识符标准》（SL 324-2005）年流量（HY_STSC_A）的格式，分县（市、区）填写各水文站年流量表

(3)暴雨洪水资料整理按照《基础水文数据库表结构及标识符标准》（SL 324-2005）洪水水文要素摘录表（HY_FDHEEX_B）、降水量摘录表（HY_PREX_B）、日水面蒸发量摘录表（HY_DWE_C）的格式要求进行填报。

(4)测站基本信息处理：收集各测站的资料，按照基础水文数据库表结构及标识符标准》(（SL 324-2005）)中测站一览表（HY_STSC_A）的格式，填写测站的索引和最新的基本情况，

3 实例相关问题探讨

本文以河南省山洪灾害防治水文基本资料收集处理项目为例，对其进行工作是所遇到的问题进行简要说明。

3.1 资料收集问题探讨

该项目按照河南省山洪灾害防治水文基本资料收集处理项目的实施方案进行，应收集河南省山洪灾害防治区 33 个试点县（市、区）的水文站网的分布情况， 1980 年至 2012 年的逐日降雨资料、径流资料、蒸发资料。

所要收集资料量巨大，根据水文调查，需收集河南省 33 个县市区共计雨量站 200 个，

水文站 21 个，蒸发站 12 个的 1980-2012 年的数据；资料涉及的范围较广，涉及不同流域：淮河流域，长江流域，黄河流域，海河流域以及其他小流域。综上，资料收集的难度大，有些地区由于历史原因等，某些站点存在缺测、漏测的情况，一些站也没有数据资料。

解决方案:积极调动一切可以调动的资源，与技术支持单位、联合单位相配合尽全力联系相关水文部门，获得相应水文资料，认真查阅数据库、水文年鉴、暴雨图集等，查找所需资料；对于某些站的资料存在不全或没有的问题，搜集邻近区域站点资料，对某些站的资料缺失的年份，可以根据本站的有的资料进行插补延长。对于无资料地区的降水量、径流量等根据具有较好可靠性、一致性、代表性的邻近地区进行插补延长。

3.2 资料审查与整理问题探讨

对所收集的资料进行详细的审查，包括对降水量资料审查、年流量、洪水要素、逐日蒸发资料审查、站码核对等。在审查中，进行数据库与水文年鉴比对、对特大值进行审查出现不少意想不到的错误，遇到情况，通过多方面资料进行核对，进行一一修正，确保资料的质量和准确性。

将已收集的资料按照行政区划，年份进行归类再整理，整理包括历年日降水量整理，暴雨参数，历年日径流量整理，历年洪水要素资料整理，历年日蒸发量整理。在历年日降水量整理过程汇中需绘制各县市区的每一个雨量站每年的逐日降雨量柱状图，并且根据所绘制的逐日降雨量柱状图选定每年最大的一场降雨，记录好最大降雨的起止时间。这种工作量巨大，且耗时长。

解决方案：使用 Excel 的宏，根据画图要求编制相应的宏（VB 程序），并在 Excel 中加载，且需要注意更改 VB 程序中的工作区间，避免出现错误。使用函数 Max（）函数求最大降雨。

4 结论与建议

4.1 小结

山洪灾害防治水文基本资料收集处理是山洪灾害防治项目开展的最基本最重要的前期工作，对地区山洪灾害防治分析评价工作具有重要意义。开展该任务可以摸清省级山洪灾害防治区试点县（市、区）水文站网的分布情况，掌握试点县（市、区）的暴雨参数、径流参数、水文测站信息、洪水要素、蒸发量等基础信息，为省山洪灾害分析评价和防治提供基础数据。其中所收集处理的资料的准确性真实性决定山洪灾害防治调查评价成果的可靠性和合理性。

4.2 建议

本次结合河南省山洪灾害防治水文基本资料收集处理项目所做的工作，对以后类似项目开展提出几点建议：

（1）收集资料时，行政区划名称和代码，水系（流域）代码和拓扑关系，以及行政区划名称和代码，水系（流域）代码的空间关联关系是收集与调查数据库各类表的逻辑基础，应确保其完整和正确。

（2）加大基础资料共享平台建设，保证项目基础数据的质量和一致性， 最大限度实现资源共享、降低资料收集工作的总成本，进一步实现水文数据现代化建设。

（3）进一步加强对水文资料收集处理工作人员的培训工作，重点培养工作人员认真的工作态度，和责任感，增强对数据收集处理的敏锐性，以及整理数据的准确性，避免明显错误出现，提高基础资料的可信度。

（4）规范山洪灾害防治水文基本资料收集处理的各项程序，数据整理完成后要及时校核，且应该严格按照规范要求进行自检、初审等。

（5）山洪灾害水文基础资料涉及范围广，收集与处理的难度和工作量大，为提高工作效率，要积极推广和应用软件，根据某些具体处理步骤编制程序，缩短含有大量重复工作的处理时间，加快项目建设进度。

参考文献

[1] 黄先龙，褚明华，石劲松。我国山洪灾害调查评价工作浅析[J].中国水利·防汛与抗旱 2015.9,17-18,29

[2] 山洪灾害影响评价外业调查核心技术问答。山洪灾害防治 2015.25.2,26-33

[3] 马建明，刘昌东，程先云等。山洪灾害监测预警系统标准化综述[J].中国防汛抗旱,2014.24（6）9-11

基于山洪灾害调查成果的预警模型及其应用

陶珏辉[1]　王胜凯[1]　石 林[2]　胡明东[1]

（1.南京南瑞集团公司水利水电技术分公司，江苏南京211106；

2.湖南省水利水电科学研究所，湖南长沙410007）

摘　要：本文介绍一种基于山洪灾害调查成果的小流域洪水模型，该预报模型以雨量预警指标模型为核心，由成灾水位反推流量，由流量反推得出时段雨量预警指标成果。随后介绍一种将泰森多边形与小流域单元叠置的面雨量计算方法，依据此雨量预警模型和面雨量计算方法，我们能够比较准确有效地对山洪小流域进行洪水预报，并及时生成山洪防治区预警信息，对外预警发布。

关键词：山洪灾害调查评价　小流域洪水预报　雨量预警指标模型　泰森多边形　面雨量　山洪预警

小流域洪水预警分析是山洪灾害防治非工程措施建设的重要组成部分，山洪灾害成灾快，雨量、水位预警提前量不足，如何准确地对小流域进行洪水预警预报，一直是水文水利行业一个急需解决的问题[1-3]。

本文介绍的是一种基于山洪灾害调查成果的小流域洪水预报模型，并由此预报模型得到小流域的时段雨量预警指标；同时介绍一种泰森多边形与小流域单元叠置的面雨量计算方法，由此预报模型和面雨量方法能够比较准确地进行小流域洪水分析应用[4][5]，有效地预报出山洪灾害的产生，并对相应山洪防治区及时发布预警信息，为灾情响应提供充足的救灾时间。

1 基于山洪灾害调查成果的小流域预警模型

1.1 山洪灾害调查数据

我们的小流域洪水预报数据来源依赖于山洪灾害调查成果，山洪灾害调查成果的数据类型众多，包括防治区相关数据、小流域相关数据、水文气象成果类数据和断面测量成果数据等。数据格式包括调查成果关系型数据、调查成果多媒体数据、调查成果地理空间 GIS 数据和调查评价基础工作底图 GIS 数据。

其中山洪灾害调查成果中用于小流域洪水预报的数据主要是小流域地理空间数据和相关信息、水文气象成果和断面测量成果。小流域地理空间数据主要包括小流域水系面、最长汇流路径、汇流时间和出口节点等；小流域相关信息包括历史山洪灾害现场调查数据、监测站信息、防治区涉水建筑物信息、土壤植被、地形地貌、小流域相关防治区社会经济概况等；预报断面成果包括沟道历史洪痕测量、沟道纵断面成果、沟道横断面成果等；预报断面成果包括洪水水文要素摘要、日降水量、日水面蒸发量、暴雨统计参数、洪峰流量统计参数等。

1.2 小流域洪水预报模型

按照国家山洪灾害防治项目组发布的《山洪灾害分析评价技术要求》、《山洪灾害分析评价方法指南》中的指导意见，我们遵循雨量预警指标按照模型分析等方法[6]进行分析确定。基本方法是根据成灾水位反推流量，由流量反推降雨。重点通过分析成灾水位、预警时段、

土壤含水量等，计算得到防灾对象的临界雨量，根据临界雨量和预警响应时间综合确定雨量预警指标，并分析成果的合理性。水位预警指标则采用上下游相应水位法或由成灾水位直接分析确定。我们的小流域洪水预报模型如下：

1.2.1 雨量预警指标模型

根据河道的警戒水位，依据水位流量关系曲线推算相应流量作为警戒流量，对应于该流量的降雨量为临界雨量。同时，采用频率分析方法，根据当地规定的防洪标准确定警戒流量，对应的降雨量即为警戒雨量。然后，综合分析得出不同控制点相应的上游流域警戒雨量。对于没有水位流量关系的测站，可根据河道断面、河道纵坡和河床糙率，依据曼宁公式推算得出水文站的水位流量关系。

通过对灾害场次的调查，分析山洪灾害发生的频率，如某区域自 1950 年以来共发生了 14 次山洪灾害，那么山洪灾害发生的频率 P=14/（2003-1950+1）=25.9%。分析计算与灾害相同频率的降雨量，全国各地都有不同时段（10 分钟、1 小时、6 小时、24 小时）的年最大雨量等值线图，变差系数等值线图（C_s/C_v一般各地都已固定），而且系列已进行了延长（20 世纪 90 年代末或 21 世纪初），山洪灾害区域的各频率设计雨量可以计算出来，取与山洪灾害发生频率相同的降雨量设计值即为临界雨量初值，这里假定灾害与降雨同频率，如根据资料分析认为两者不同频率，做出相应的折算后，确定与灾害频率相应的降雨频率，求出降雨设计值作为临界雨量初值。通过与周边邻近地区的临界雨量进行综合对比分析，最后合理确定临界雨量值。在计算面雨量时，如区域较小可以看作一个点（区域中心），区域较大应考虑点面换算关系。

洪峰大小除了与降雨强度有关之外，还和土壤含水量（即前期影响雨量）密切相关。当土壤含水量较低，降水渗入地下的水量很多，产生径流则小；反之，如果土壤含水量较高，降水渗入地下的水量少，形成径流的水量多。因此在建立警戒雨量时，还要考虑土壤含水量的情况，给出不同初始土壤含水量条件下的警戒雨量。

土壤含水量指标可以采用土壤饱和度或前期影响雨量 P_a 表示，土壤饱和度可以作为分布式水文模型的模拟结果输出，因此可以将分布式水文模型应用于山洪的警戒雨量计算。随着流域土壤饱和度的变化，预警临界警戒雨量值也会随之发生变化。

1.2.2 水位预警指标模型

预警水位应依据防洪对象的洪水承受能力确定，需综合考虑历史洪涝灾害情况和断面两岸的地面高程、附近居民生活生产环境等要素。在确定重点防洪对象的基础上，对水文站计算其设计洪水，计算出某频率下的水位作为该站的预报预警水位指标，根据水位流量关系曲线预警水位对应的流量即为预警流量；常用的河道洪水预警指标为警戒水位、保证水位、历史最高水位。

1.3 小流域洪水预报流程

小流域洪水预报系统根据山洪灾害调查中的小流域地理空间数据、小流域信息、水文气象成果和断面测量成果数据，生成小流域的数字流域，进行小流域分区、分单元、水系生成

等，建立小流域拓扑结果，并建立小流域产汇流模型和径流演进模型。依据上节描述的雨量预警指标模型和水位预警指标模型分析方法，结合水文历史资料进行参数率定，确定模型的参数，提供小流域重点断面的预报成果。小流域洪水预报具体做法如下：

（1）在预报范围内根据山洪灾害调查成果中的小流域水系分布、防洪涉水建筑物分布、监测站分布等情况，将小流域预报区域划分为几块，每块的出口即为预报断面，块内考虑降雨分布的不均匀，再划分为若干个单元进行预报。

（2）为考虑因地形、地质和下垫面等不同特性，模型参数也应该不同，因此结合预报流域主要水文站及涉水建筑物分布，将预报区域分成几块。

（3）对于每一块小流域区域采用 ArcGIS 地理数据管理软件进行流域信息提取和单元划分，以考虑降雨分布不均匀的影响及上下不同单元洪水向下游传播在汇流时间和洪水削减方面的不同影响；各块采用这种单元划分方法，避免了单元跨越分水岭的弊端，减少了面雨量计算的误差。

（4）对于每一单元，用降雨径流模型做产流计算，并用马斯京根模型做汇流计算。依据上节描述的雨量预警指标模型分析方法，根据成灾水位反推流量，再由流量反推降雨量，通过分析山洪灾害调查提供的成灾水位、预警时段、土壤含水量等，计算得到防治区的临界雨量，并根据临界雨量和预警响应时间确定雨量预警指标。

（5）采用山洪灾害调查数据中多年历史水文资料，对于每一块小流域预报区域采用我们的雨量预警指标来推求其有关参数，在调试达到一组最佳参数的条件下，可获得历年汛期连续洪水或多场洪水实测与计算的拟合成果。

1.4 小流域洪水预报预警指标成果

我们通过山洪灾害调查成果数据中小流域地理空间数据、小流域信息、水文气象成果和断面测量成果数据，利用我们的小流域雨量预警预报模型，预报反推出该防治区的成灾临界降雨量，并同时确定了临界降雨量的历时时间和预警等级。我们获得的小流域预警指标时段雨量成果数据如下图所示：

结果 消息

	行政区	预警等级	历时	雨量阈值	分析方法
1	渡头	准备转移	60	21	模型分析法
2	渡头	准备转移	120	23	模型分析法
3	渡头	准备转移	180	24	模型分析法
4	渡头	立即转移	60	23	模型分析法
5	渡头	立即转移	120	25	模型分析法
6	渡头	立即转移	180	27	模型分析法
7	枫树咀	准备转移	60	31	模型分析法
8	枫树咀	准备转移	120	47	模型分析法
9	枫树咀	准备转移	180	67	模型分析法
10	枫树咀	立即转移	60	42	模型分析法
11	枫树咀	立即转移	120	65	模型分析法
12	枫树咀	立即转移	180	93	模型分析法
13	都嘉山	准备转移	60	26	模型分析法

查询已成功执行。

图 1 预警指标时段雨量成果

如上图所示，我们通过山洪灾害调查数据和我们的雨量预警指标模型获得了小流域预警

指标时段雨量成果数据，数据明确了各小流域及防治区在不同降雨历时时间段下的临界雨量预警阈值，并明确了相对应的预警等级。

通过山洪灾害调查数据和雨量预警指标模型获得的小流域时段雨量预警指标成果数据，将在我们的山洪灾害监测预警系统中的预警分析生成中发挥出核心作用。

2 调查评价预警指标在洪灾害预警中的应用

依据山洪灾害调查调查中小流域调查成果，水文气象成果以及断面测量成果，采用我们的雨量预警指标模型分析法计算出小流域临界雨量预警指标。下面介绍如何利用小流域预警指标时段雨量成果进行防治区山洪灾害预警分析。

2.1 泰森多边形与小流域单元叠置的面雨量计算

由于小流域预警指标雨量成果中的雨量值是面雨量，所以我们这里先介绍小流域的面雨量计算。区域内单位面积上的降水量就是面雨量，在水文学上面雨量表示为：

$$\overline{p}=\frac{1}{A}\int_{A} p dA$$

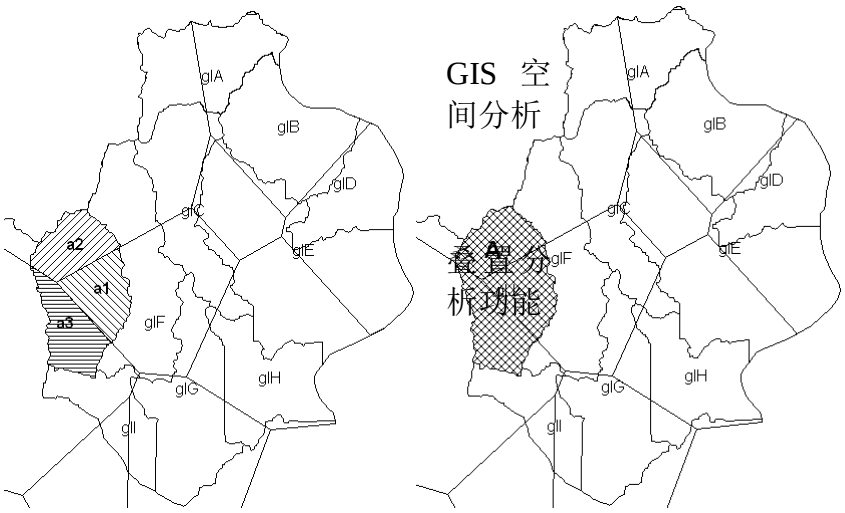
式中 $\overline{p}$ 为面雨量，A 为特定区域的面积，p 为有限元 dA 上的雨量。

我们在这里采用基于泰森多边形与小流域单元叠置的面雨量计算方法。泰森多边形(TP)法，又称垂直平分法。方法原理是在图上将相邻雨量站用直线连结而成若干个凸三角形，而后对各连线作垂直平分线，连接这些垂线的交点，得若干个多边形，各个多边形内各有一个雨量站，即以该多边形面积(f_i)作为该雨量站所控制的面积。则面雨量按面积加权法求得：

$$\overline{P}=\frac{\sum_{i=1}^{n} f_i P_i}{\sum_{i=1}^{n} f_i}$$

式中：f_i 为多边形面积，P_i 为该多边形内雨量站的降雨量，n 为多边形个数或雨量站个数。泰森多边形法假定小流域上各点的雨量是用离该点最近雨量站的降雨量代表，一般来说，其计算结果比单纯算术平均法更为精确。如果当权重比较大的站点资料缺测时，就会带来很大的计算误差。

如果我们将小流域仅仅按照流域单元面积划分，则仅考虑到流域下垫面的空间差异；若仅采用泰森多边形分块法进行划分，则仅考虑到降雨空间分布不均。在这里我们先根据小流域地理空间中的各雨量监测站分布将小流域按照泰森多边形划分为多个多边形区域，然后采用 GIS 地理空间分析中的叠置分析功能，将小流域划分的单元与泰森多边形区域进行叠置；这样的算法即考虑到了流域下垫面的空间差异，同时又考虑到了降雨空间分布不均。其示例如下图所示:



(a)叠置分析前的小流域子单元　　(b)叠置分析后的小流域子单元

图 2 泰森多边形与小流域单元叠置分析图

图 2(a)中的“灰色”子单元，被三个泰森多边形面单元覆盖，那么认为此小流域子单元的面平均雨量受到与其邻近的三个泰森多边形面中的雨量站雨量共同影响。这时进行该小流域面雨量计算时，需要将由三个泰森多边形面单元在该小流域子单元的面积权重进行雨量加权计算。即假设 f_i 为多边形面积，P_i 为该多边形内雨量站的降雨量，a_i 为各多边形面在该小流域子单元的中的面积，那么该小流域面雨量按面积加权法计算公式为：

$$\overline{P}=\frac{\sum_{i=1}^{n} a_i P_i}{\sum_{i=1}^{n} a_i}$$

通过我们上述基于泰森多边形与小流域单元叠置分析的面雨量计算，我们可以更加精确地计算出各个小流域的面雨量。

2.2 运用预警指标进行山洪预警

由上节所描述的小流域面雨量计算方法，我们可以比较精确地获得该小流域的面雨量，然后我们根据雨量预警指标模型分析法计算出小流域临界雨量预警指标进行。我们根据小流域预警指标时段雨量成果中不同降雨历时时间段下的雨量预警临界阈值，与计算所得的小流域的面雨量进行比较判断，当小流域面雨量超过时段的雨量预警阈值时，则立刻生成该小流域的预警信息，并确定预警等级达到准备转移还是立即转移预警级别。

接下来我们要根据山洪灾害调查成果中，获得该报警的小流域所影响的各个乡村数据，将小流域预警转化为相关联的防治区预警信息，并生成相应的防治区预警信息，然后进行预警发布。

下面是我们山洪灾害监测系统中基于山洪灾害调查成果的预警模型得出预警临界雨量，并计算出各小流域面雨量，由此判断生成小流域相关联防治区的预警信息，并进行预警发布的展示界面，以及预警临界雨量指标展示界面。

图 3 防治区预警信息展示

图 4 调查评价雨量预警指标

图 3 所示红色区域表示该防治区正处于山洪报警状态。点击该报警区域可查看该防治区的预警信息。图 4 所示图表中展示的是调查评价的重要成果--时段雨量预警指标成果信息。

3 结论

本文所介绍的基于山洪灾害调查评价成果的预警模型，能够准确生成山洪小流域的时段雨量预警指标；同时本文提出的基于泰森多边形与小流域单元叠置分析的面雨量计算方法，可以更加精确地计算出各个小流域的面雨量。从而能够准确、有效地进行小流域山洪灾害预警预报，并及时发布相关防治区的山洪预警信息。

参考文献

[1] 刘志雨，杨达文，胡建伟．基于动态临界雨量的中小河流山洪预警方法及其应用[J]．北京师范大学学报：自然科学版，2010,46(3): 317-322.

[2] 赵然杭，王敏，陆小蕾．山洪灾害雨量预警指标确定方法研究[J].水电能源科学, 2011(9):49-53

[3] 陈桂亚，袁雅鸣．山洪灾害临界雨量分析计算方法研究[J] .人民长江, 2005, 36(12):36-38

[4] 郭良，唐学哲，孔凡哲．基于分布式水文模型的山洪灾害预警预报系统研究及应用[J]．中国水利, 2007(14):38-41

[5] 刘志雨．山洪预警预报技术研究与应用[J] .中国防汛抗旱, 2012, 22(2):41-45

[6] 李昌志，孙东亚．山洪灾害预警指标确定方法[J] .中国水利, 2012(9):54-56

山洪沟水面线计算的高适用性数学模型

权锦[1]　张大伟[1,2]

(1.中国水利水电科学研究院，北京100038;

2.水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心，北京100038)

摘　要：在进行山洪沟水面线计算时，会遇到流态过渡和水面线间断的计算难题。为解决该问题，将具有良好激波捕捉能力的Godunov格式离散圣维南方程组建立的一维非恒定流模型用于山洪沟水面线的分析计算。该非恒定流模型用于刘家舍窠山洪沟、梁家岔山洪沟和红花坪山洪沟的水面线计算，分析认为计算结果合理，模型较好地模拟了陡坡和断面变化剧烈情况下出现的急流和流态过渡等问题。该模型在山洪沟水面线的分析计算领域具有良好的工程应用前景。

关键词：非恒定流模型　Godunov格式　山洪沟　水面线

1 引言

在推求山洪沟水面线时常存在着三种做法：（1）利用曼宁公式将流量换算成水位[1]；（2）采用恒定非均匀流模型计算[2]；（3）采用一维非恒定流模型计算[3]。曼宁公式的适用条件是恒定均匀流情况，因此，用于山洪沟水位推求在学界尚存疑义；方法（2）选取能量守恒方程为控制方程，理论上在断面选取时不能将断面布置在急变流处，断面选取不合适会出现下游断面的水头大于上游断面的情况[4,5]；方法（3）中，以圣维南方程组作为控制方程，常规的没有激波捕捉能力的数值格式很难适用于山洪过程的模拟[6]。

目前，在洪水水面线的计算方面已取得了很多成果[1-4,6-9]，但总起来说这些研究多是采用的恒定流模型，针对的河道坡度变化通常较小，断面形状变化大时需要对动能修正系数进行专门处理，对于坡度异常陡峭的山区河道的洪水水面线计算依然存在较大的研究空间。为此，本研究将具有良好激波捕捉能力的 Godunov 格式开发的一维非恒定流模型应用到山洪水面线计算中，对其适用性能进行了详细的论证分析。

2 数学模型

描述天然河道洪水运动的圣维南方程组的向量形式如下：

$$\boldsymbol{D}\frac{\partial \boldsymbol{U}}{\partial t}+\frac{\partial \boldsymbol{F}}{\partial x}=\boldsymbol{S} \tag{1}$$

其中 $\boldsymbol{D}=\begin{bmatrix} B & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$，$\boldsymbol{U}=\begin{bmatrix} Z \\ Q \end{bmatrix}$，$\boldsymbol{F(U)}=\begin{bmatrix} f_1 \\ f_2 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} Q \\ \dfrac{\alpha Q^2}{A} \end{bmatrix}$，$\boldsymbol{S}=\begin{bmatrix} 0 \\ -gA\dfrac{\partial Z}{\partial x}-gAJ \end{bmatrix}$

式中 B 为水面宽度，Q 为断面流量，Z 为水位，A 为过水断面面积，α 为动量修正系数，一般默认为 1.0，f_1 和 f_2 分别代表向量 $\boldsymbol{F}$（$\boldsymbol{U}$）的两个分量，g 为重力加速度，t 为时间变量，

J 为沿程阻力损失，其表达式为 $J=(n^2Q|Q|)/(A^2R^{4/3})$，R 为水力半径，n 为 Manning 糙率系数。

采用中心格式的有限体积法，将控制方程在控制体 i 上进行积分离散后得：

$$\boldsymbol{U}_i^{n+1}=\boldsymbol{U}_i^n-\frac{\Delta t}{\Delta x_i}\boldsymbol{D}_i^{-1}(\boldsymbol{F}_{i+1/2}^*-\boldsymbol{F}_{i-1/2}^*)+\Delta t\boldsymbol{D}_i^{-1}\boldsymbol{S}_i \tag{2}$$

式中 U_i 为第 i 个单元变量的平均值；$\boldsymbol{F}_{i-1/2}^*$，$\boldsymbol{F}_{i+1/2}^*$ 分别为单元 i 左右两侧界面的通量值，Δx_i 为第 i 个单元的边长；S_i 为第 i 个单元源项的平均值。

对界面通量计算采用 HLL（Harten，Lax，van Leer）格式，为获得二阶数值精度，采用 TVD-MUSCL 格式和 Hancock 格式对水力变量进行二阶数值重构,详细的数值离散过程可参见文献[10]。

3 山洪沟水面线计算实例

所选的三条山洪沟刘家舍窠、梁家岔和红花坪位于山西省吕梁市，为枣林沟干流上游的支流，相关属性及计算参数如表 1 所示。为了对刘家舍窠村、梁家岔村和红花坪村附近的山洪沟道进行水面分析计算，对沟道断面进行了现场测绘，平均断面间距为 50m，刘家舍窠村和梁家岔村附近各测量了 9 个断面，红花坪村附近测了 6 个断面，为论述方便，顺河流方向的断面编号分别定义为断面 1 到断面 N，N 为断面总个数。刘家舍窠村附近山洪沟的平均坡降为 3.92%，梁家岔段山洪沟的平均坡降为 4.97%，刘家舍窠段局部最大坡降为 13.3%，梁家岔村附近山洪沟的局部最大坡降为 13.9%，坡度异常陡峭。红花坪村附近山洪沟的平均坡度和最大坡度相比其他两个山洪沟要稍平缓些，分别为 2.33%和 3.71%。

表 1 山洪沟属性及计算参数

序号	名称	断面个数	平均坡降	最大坡降	洪峰值(m^3/s)	糙率
1	刘家舍窠	9	3.92%	13.30%	84.4	0.026
2	梁家岔	9	4.97%	13.90%	117	0.027
3	红花坪	6	2.33%	3.71%	176	0.027

图 1 为梁家岔断面 1 和断面 9 的分布图，虽然山洪沟的计算长度较短，但是断面形状变化却非常大，由图 1 可以看出断面 1 为梯形断面，而断面 9 则演变为 V 形断面。陡峭的坡度和短距离内断面形态的较大变化都给水面线的分析计算带来了困难，本研究将采用基于 Godunov 格式的一维非恒定流模型对三条山洪沟的洪水水面线进行分析计算。三条山洪沟计算的上边界给定恒定的流量值，具体取值和糙率取值如表 1 所示。考虑山洪沟的坡度较陡峭，水流以急流流态为主，因此出流边界给定自由出流边界，不考虑回水效应。

模型成功地完成了对三条山洪沟的分析计算，从水量守恒角度看，模型保证了很好的守恒性，在三条山洪沟的算例中，最大的质量守恒误差为 0.05%，出现在刘家舍窠山洪沟算例中，该误差在数值离散误差范围内。水面线的计算结果和 Froude 数的计算结果如图 2-4 所示。由该结果可以看出，由于刘家舍窠和梁家岔陡峭的地形，水流在全程都呈现了急流流态，而红花坪山洪沟的地形相对较缓，特别是在起始断面处，地形坡度比较缓和，因此水流呈现

缓流状态，随着地形坡度变陡，水流出现了流态的过渡，由缓流状态过渡到了急流状态。

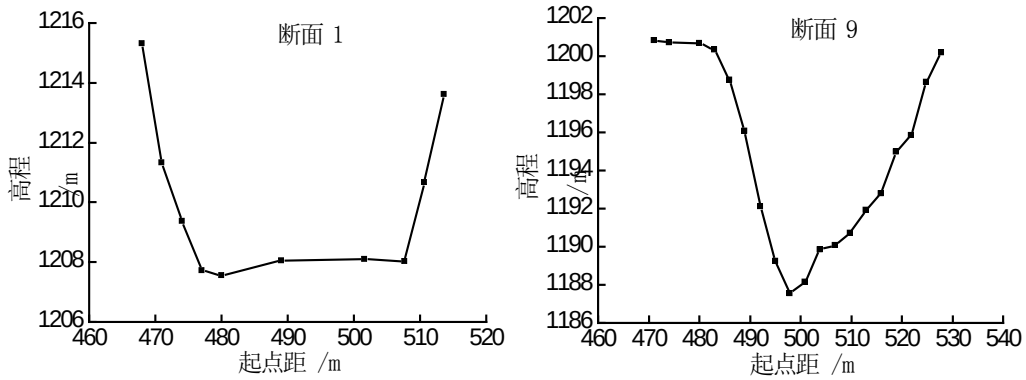


图 1　梁家岔山洪沟代表断面

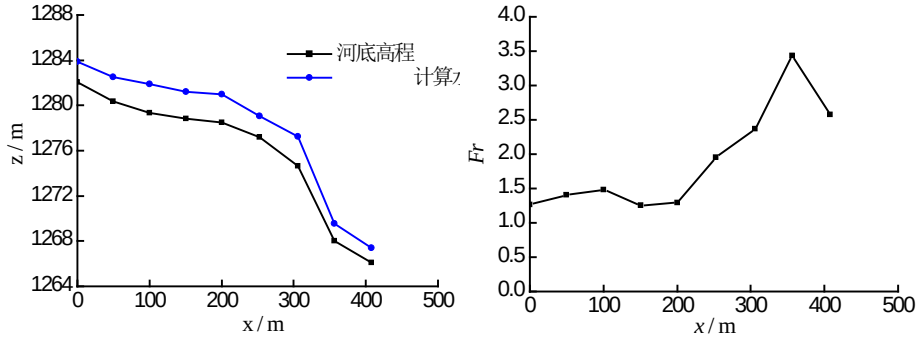


图 2　刘家舍窠山洪沟计算结果（左）水面线　（右）Froude 数

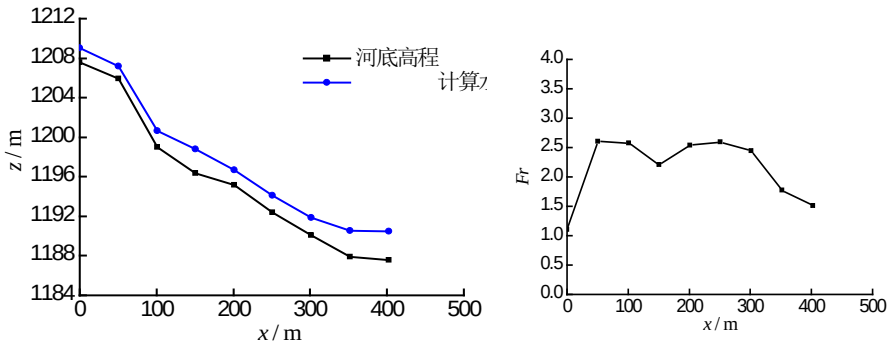


图 3　梁家岔山洪沟计算结果　（左）水面线　（右）Froude 数

从流态角度分析来看，在 3 条山洪沟内，流态非常复杂，以急流流态为主，同时伴随着流态的变化。从计算水面线的结果可以看出，由于山洪沟地形非常陡峭，整体来讲水面线的梯度非常大，如刘家舍窠的第 7 和第 8 两个断面处，两个断面相距仅 50m，地形高差却有 6.65m，计算水面线很好地适应了这种陡峭地形的变化。虽然无法通过实测的数据对模型结果进行验证，但从对结果的分析来看，计算结果符合山洪运动的基本物理规律，模型很好地处理了流态过渡和大梯度水面计算的问题，计算结果是合理、可靠的。

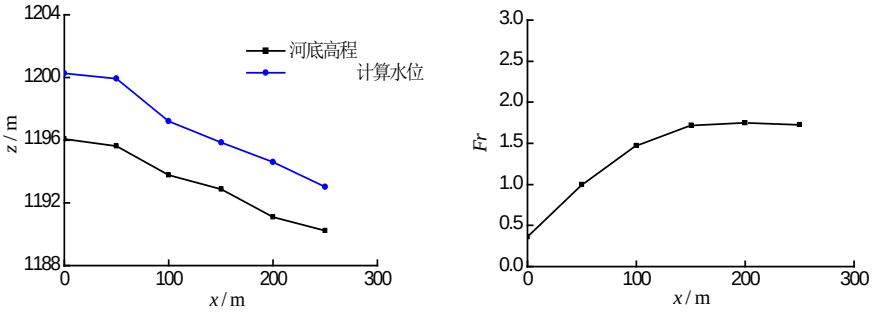


图 4　红花坪山洪沟计算结果　（左）水面线　（右）Froude 数

5 结语

由于山洪沟地形陡峭，断面形状变化剧烈，因此水流的流态比较复杂，水面梯度较大，甚至存在间断，常规的数值算法会遇到困难。基于此，本文采用具有良好激波捕捉能力的 Godunov 格式开发的一维非恒定流模型用于山西省吕梁市三条陡峭山洪沟道水面线的模拟计算，得到了较满意的计算结果，本文模型在山洪沟道水面线计算领域具有推广应用价值。另一方面应该注意到，由于山洪沟道洪水的异常复杂性，在有些情况下，圣维南方程组中的动量修正系数α默认为 1.0 时，并不能准确描述山洪的实际运动状态，需要对其进行修正以获得合理的计算结果，如何修正将是笔者下一步的研究内容。

参考文献

[1] 刘洋.几种水面线推算方法的比较[J].人民黄河, 2011,33(2):51-53.

[2] 张建民,王玉蓉,许唯临,刘辉. 恒定渐变流水面线计算的一种迭代方法[J]. 水利学报，2005,36 (4):501-504.

[3] 胡宇. 明渠水面线计算方法分析研究[D].杨凌: 西北农林科技大学, 2008.

[4] 王志力,耿艳芬,金生.山区性河流水面线计算改进[J].大连理工大学学报,2005,45(3):432-437.

[5] 黄佑生,顾令宇.一种新的水面线计算方法[J].水利水电科技进展,2003 23(6):31-33.

[6] Meselhe E A, Holly F M. Invalidity of preissmann scheme for transcriticalflow[J]. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, 1997, 123(7):652-655.

[7] 王翰,田发美,吕宏兴.山区渐扩性河流水面线计算改进[J].人民黄河, 2007, 29(5):66-67.

[8] 林劲松,巨江,张宽地,吕宏兴.复杂地形条件下天然河道水面线计算研究[J].西北农林科技大学学报,2010,38(9):187-191.

[9] 陈雪冬,邱勇,周卫霞,等.基于 HEC-RAS 和 MIKE11 的山区天然河道水面线数值仿真[J].人民珠江,2014,(3):11-118.

[10] 张大伟,程晓陶,黄金池, 等. 复杂明渠水流运动的高适用性数学模型[J].水利学报,2010,41(4):531-536.

基于短时临近降雨量预测的“前置化”山洪灾害预警体系

刘晓康[1]　刘荣华[2、3]

(1.中国科学院网络信息中心、北京北龙超云计算有限责任公司，北京100190；2..中国水利水电科学研究院，北京100038；3.水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心，北京100038)

1 山洪灾害的形成

强降雨和长历时降雨是诱发山洪灾害最直接的外动力因素，山洪及其诱发的泥石流滑坡灾害与降雨强度和降雨历时关系密切。诱发我国山洪灾害的主要为短历时、高强度、局地性的大暴雨。当一次降雨过程的降雨量大于 150 毫米、日降雨量大于 100 毫米时，就很容易诱发滑坡和崩塌。降雨量越大，诱发几率也就越高，规模也就越大。

溪河洪水灾害的发生，主要是由局地短历时强降雨迅速汇聚成地表径流而引发溪沟水位暴涨所致。泥石流的发生与前 10 分钟和 1 小时的短历时降雨强度关系十分密切，如我国川西地区激发泥石流的前 1 小时雨强在 30 毫米左右，前 10 分钟雨强在 10 毫米左右；湖南发生泥石流的降雨强度一般为 50 毫米以上；在相同条件下，暴雨历时越长，降雨量越多，产生的径流量越大，山洪灾害损失也越严重。

2 现行山洪灾害预警模式的不足与局限性

2.1 现行山洪灾害预警体系的分类：

⑴、山洪灾害预警系统结合水文气象、地形地貌和社会经济等区域特征，在山洪重点防御区建立 GSM 信道全自动遥测雨量点，建设以实时雨水情数据库为基础的，具有雨水情处理、检索分析功能，并将分析处理结果直观生动表现的信息处理系统，以及广播预警发布系统。将现代化技术全方位应用于山洪灾害预警防御中，增强了山洪灾害预测预警能力，在雨量监测信息传输和预警发布等环节配备专门技术人员，确保了系统安全稳定运行，适用于电信公共通信网较完善且地形一般为山地丘陵平原相间的区域。

⑵、在各防灾对象建设人工雨量简易监测站点，取材方便，成本低廉，可供人员随时施测在通信预警设施方面，为基层配备了手摇报警器，为没有广播的行政村配备了无线调频发射机，为没有任何通讯措施的自然村配备了移动手机和手持电台无线调频发射机主机安装在行政村，下属几个自然村可安装分机，自然村既可接收行政村的通知，也可独立进行预警和广播，预警范围直径可覆盖数千米，适用于地处边远高山深谷居民居住较分散通信条件较差的地区，其优点在于监测预警设备简单易行，站网密集，实用又经济，形成了山洪灾害群测群防体系。

2.2 现行山洪灾害预警体系的不足与局限性

⑴、现行预警体系的不足

①、采取第一种模式建立的山洪灾害预警体系都存在需要用单个站点的雨量来衡量较大区域面积上的面雨量的问题，这种单点取样的测量方法，在应对短时间内局部发生的强降水时，往往会漏掉某局地的强降水实况，从而导致整个山洪灾害预警的失败。

②、在山洪灾害群测群防体系中，较大数量的人工雨量监测站点放置于农户家中，仅由某一家一户居民看管，难免疏忽。而无人居住的村庄上游区域、公路沿线或其他区域内出现的天气情况将无法在第一时间获得，这个数据流的缺失对于整个山洪灾害的预警研判非常重要。

由此可见，无论是采取哪种体系建设的山洪灾害预警体系，都存在对局部降雨量监测数据的遗失或失真。于是，一个更关键的问题也在这里出现了。那就是所有的预警研判的过程，都是基于实时的降雨量这个关键数据来进行的。

但是，山洪频发的区域大都是在山地、丘陵地带，山丘区因山高坡陡，溪河密集，洪水汇流快，加之人口和财产大都分布在有限的低平地上，往往在洪水过境的短时间内即可造成大的灾害。而从降雨到山洪灾害形成，整个过程历时极短，一般只有几个小时，某些极端条件下，这个灾害形成的过程甚至小于 1 个小时。这也对现行的山洪灾害预警体系构成了严重的挑战：即使预警信息即使发布出去之后，是否还留给有关部门或者被洪水威胁的群众进行应对准备，有效执行具备针对性的应急预案，提早开启响应模式，减少灾害损失。

3 “前置化”山洪灾害预警体系的基础

所谓“前置化”，就是要把对山洪灾害产生的这个预判过程提前，摆脱只能将实时降雨量作为唯一启动条件的现行预警系统的基础。而要做到这点，就必须掌握对未来短时间内降雨量进行精细化预测的技术。拥有了这个技术，才有可能把山洪灾害预警的整个研判过程提前，争取在预警信息发布的同时，留给受灾地区更为充裕的应对灾害的准备时间。

3.1 现行天气预报技术

⑴、天气预报包括天气形势预报和气象要素预报两部分，前者对天气系统(高压、低压、槽脊、锋面等等)的移动、强度变化和生成、消亡的预报；后者是对气温、气压、湿度、能见度、风、云江水等等气象要素和天气现象的预报。两者密其相关，天气形势是预报气象要素的基本依据。

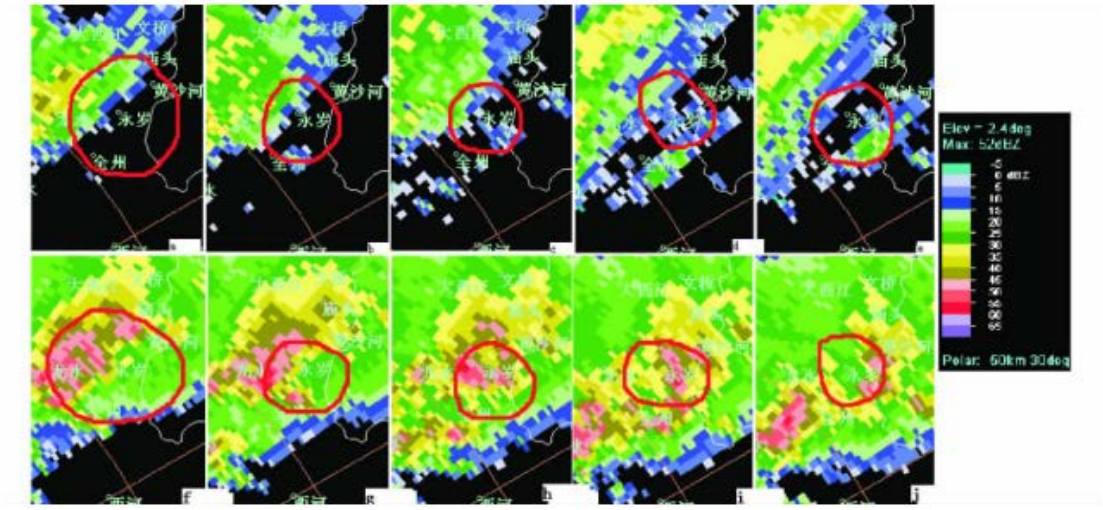
⑵、天气预报方法，大体分为三类，即天气图法、数值预报法和数理预报法等。天气图法和数值预报法主要用于短期预报，近年来也在向中期预报方向延伸。数理统计预报法主要用于长期预报，近年来也向短期预报方面发展。在实际预报工作中三种方法是相互结合、相互补充使用的。

上述方法现在已经广泛的在气象领域进行了应用。但是，通过这些方法做出的预测对于公开发布天气服务是可以被公众接受的。可无法做到及时准确地提供局部区域的精细化数据，所以并不适用于现行山洪灾害的预警系统。

3.2 多普勒雷达针对短期降雨量的预测

多普勒雷达空间分辨率达 1 □1km，时间分辨率为 6 分钟 1 个体积扫描。在时间和空间上，完全可探测到产生强降水的中小尺度天气系统，可非常近似地实现对强降水的无缝隙监测，弥补自动雨量站等监测设备的不足。虽然多普勒雷达测雨的局限性导致降水产品难以实际应用，但在没有自动站记录的地方，气象部门如果能够接收到当地群众反馈的信息，即使这些信息不一定定量，如报告可以称现在雨下得好大等用语，都可以明确这些强回波确实正在当地造成强降水。同时，考虑到强降水区离开雷达的距离可能较远，其实际回波强度应更强才符合当地强降水的事实，因此可确定当时该地回波较强。确定当时该地回波较强达回波的移动演变趋势，可定性地判断该地将在一定时间里继续受到强回波的影响，也就是说，强降水将继续维持。这样的判断在 0.5~1 小时内还是可信的，能够作为定性的决策依据点在地形一般为山地丘陵和平原相间的区域特别明显。即使在山高谷深的地方，雷达也可通过抬高仰角探测到该地的一些信息，从而提高山洪灾害的短临预警能力下面用具体例子来说明。

⑴、2009 年 4 月 12 日桂林局部大暴雨过程

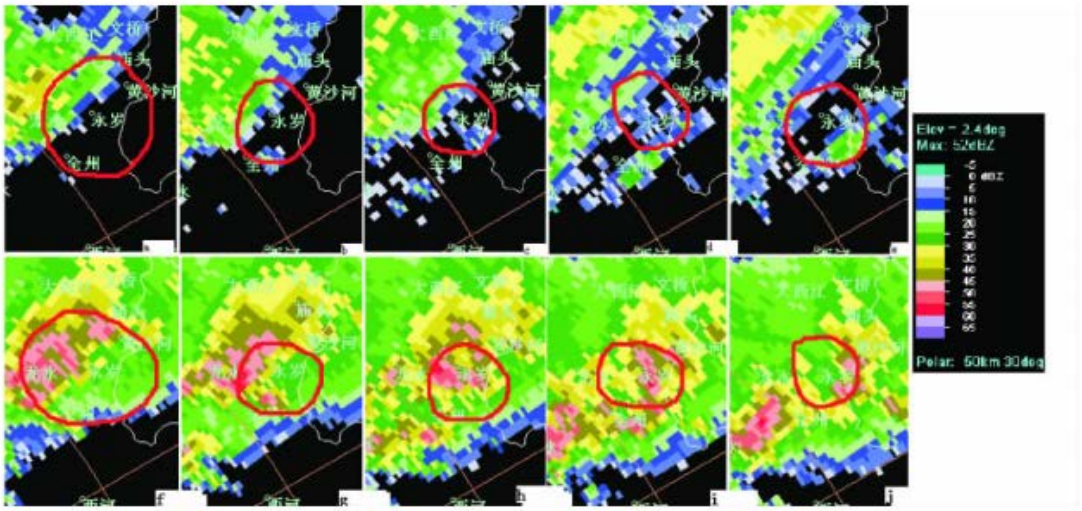


注：时间为 18：05—19：00；a～e 为仰角 0.5°；f～j 为仰角 2.4°；色标表示基本反射率强度。

图 1　2009 年 4 月 12 日桂林局部大暴雨过程雷达回波图

图 1 实例中，虽然没有有关山洪灾害的灾情报告，但能很好地说明多普勒雷达基本反射率结合自动站和群众实时报告可定性估算某地出现的强降水。在对比 0.5　和 2.4　仰角回波图中可看到，虽然在低仰角上雷达回波受到山峰的阻挡，实时强降水区没有回波，但在高仰角雷达图上，却很清晰地看到了强降水区域为强回波覆盖；但也应注意到，同时被覆盖的其他区域，降水强度也不完全一样，这需要预报员根据天气形势、回波形态移动速度方向和强弱变化等综合判断，但可以肯定，出现强降水的地方在 0.5~1 小时内将持续维持较强降水。

⑵、2005 年 5 月 23 日桂林局部大暴雨过程



注：时间为 18：05—19：00；a～e 为仰角 0.5°；f～j 为仰角 2.4°；色标表示基本反射率强度。

图 2　2005 年 5 月 23 日桂林局部大暴雨过程雷达回波图

当日中下午（图 2），桂林市龙胜县发生山洪灾害，共造成和平、三门乡 3 人死亡，1 人失踪。同样在降雨量预测图上看不到该地区的强降雨，但在反射率图上可以看到，强回波在 23 日 12：30 左右开始影响和平一带，至 12：18 结束，持续约 3 个小时。主要为图-2 左图左下角的强对流单体回波不断东北移动加强造成；至 15：18，同位置的回波较均匀，强度减弱，降雨性质发生改变，强降水过程将结束。（图-2）分析实例可以看出，尽管多普勒雷达定量估测降水还不能很好地给出降水实况，但仍然可以通过反射率图定性来推断某地降水强度、预计持续时间和结束时间，前提是监测部门必须得到该地区强降水开始的一些资料。基于前面提到的原因，不能单独看雷达反射率引资对该地区的降水实况做出判断。

⑶、多普勒雷达对短时临近降雨量预测的局限性

现在常规的天气预报的结果，无法为山洪灾害预报提供 24 小时内可利用的降水量预报结果。但人们又希望能够在更短的时效内得到降水的临近监测和预警，从而做出山洪灾害的短临预警，充分发挥预警信息对防御山洪灾害，特别是防御泥石流和溪河洪水灾害的作用。由于成灾的强降水是由多个持续时间很短的强降水细胞反复在当地累积而成的结果，因此需要一定的持续时间内，才能达到致灾量级。所以，在短时间内降雨量监测的过程中，要同时兼顾短期内可持续性降雨量的监测。

山洪灾害一般在强降水发生后 1-6 小时内出现。因此，基于强降水短临预报的山洪灾害预警，是做好山洪防御工作关键环节。随着新一代多普勒雷达在全国范围内投入业务运行，气象部门的数据基础在一定程度上实现了灾害性天气的短临定时点和定量预警，特别是强降水的定量定点和定时估算上取得了很大突破。

但必须承认，受目标物离开雷达的距离、地物杂波强降水对雷达波的衰减、降水云团内部结构、雷达故障或地物对雷达的阻挡等多种因素影响，多普勒雷达定量估测降水还存在很多不足，并不能够充当对降雨量预测的唯一指标。

3.3 通过雷达回波外推对短时临近降雨量的预测

通过雷达外推未来 2 小时内每 6 分钟间隔的回波，利用机器学习方法建立分钟级降水观测值与雷达回波的关系，利用 MSE 和 TS 评分进行检验，通过并行计算快速建立全国分钟降水实时预报系统。其具体技术流程包括：

⑴、采用光流法：综合雷达回波时空梯度守恒与环境风场散度项平衡，使用雷达三维回波数据，针对 1-21 千米高度层，以 1 千米水平分辨率和 500 米高度间隔建立实时外推方案；外推 2 小时，5 分钟间隔，6 分钟滚动更新；实验结果表明，采用并行计算技术，单站雷达三维回波外推未来 24 个时次数据用时仅 3 秒，相邻 2 个时效外推的回波与实际回波的误差在 1-5d BZ。

⑵、建立雷达三维回波与分钟降水关系模型。收集雷达逐 6 分钟基数据，利用其中的完整逐分钟降水观测资料，利用 GIS 技术获取每个观测点上不同高度的回波和相匹配的 6 分钟降水量。利用机器学习方法建立三维回波与分钟降水关系模型，将样本分为训练样本和测试样本，经过训练后利用测试样本进行检验。

⑶、将均方差 MSE 做为检验指标来评价雷达回波与降水关系的率定结果。将逐 6 分钟的降水估计累加成 1 小时，按照小时雨强分别为 0-1、1-2.5、2.5-8、8 毫米的情况下将雨强划分为小雨、中雨、大雨和暴雨，计算每个雨强条件下的 MSE 和总 MSE，采用雷达分钟雨强累加为小时雨强的计算方式。

⑷、将分钟雨量累加为小时雨量，利用 TS 评分进行小雨、中雨、大雨、暴雨的检验。全国 139 部雷达的平均降水估计 TS 评分为 0.48。在空间上，我国西部和中部地区雷达的 TS 评分相对较低，东部和南部相对较高(图 2)。

⑸、对于不同地区，不同雨强的 MSE 和 TS 评分有较大差异，对于华南地区降水强度大，暴雨评分高而小雨评分低，对于北方则相反，表明样本中小雨、中雨、大雨和暴雨的分布对训练有较大影响。

综上所述，雷达回波预测短时临近降雨量的方法虽然灵敏度高，但是受地形环境的影响也越大。在高海拔区域应用的时候，要随时计算风向风力因素由山体阻隔转变方向和速度时对降雨团的影响。

在高海拔地区，如果需要收获较为准确的分钟级预测数值，仅只监测降雨云团的行动轨迹就完全不满足需求了，必须要叠加上地形因素对整个降雨过程的微观影响才行。

所以，在相同的外部条件下，高海拔地区的降雨强度计算对模型外围计算能力的要求也就越高，每一个因素的叠加，都会对准确结果的产生至关重要的影响。因此，越快的运行速度，对于结果的准确率和及时率也就有着决定性的影响。

4 整体架构

前置化山洪灾害监测预警平台基于现有平台结构，充分利用现有资源和体系结构，所不同的主要为数据渠道部分增加了气象部门对雷达回波数据的共享，监测预警平台将包括三类数据来源，分别为山洪站点、水文部门和气象部门。平台总体结构如图 3 所示。

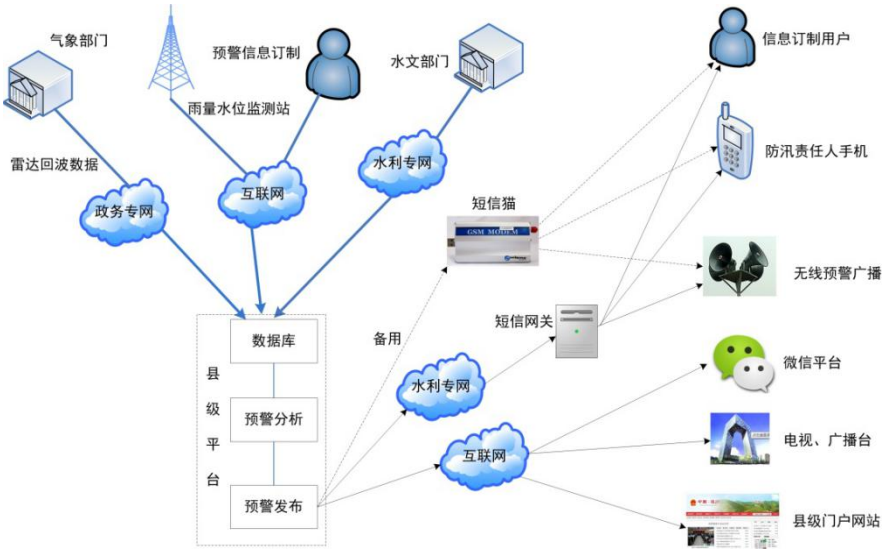


图 3　基于雷达降雨的山洪灾害预警平台总体结构

在预警分析部分，在当前基于实测数据的基础上，增加了雷达临场降雨预报预警模式。在基于雷达临近预报的山洪预警模式中，预警的主要依据为河流当前流量、土壤当前含水量、雷达临近降雨预报的数据。河流当前流量和土壤当前含水量决定了动态临界雨量值，将该值与雷达临近降雨预报数据进行对比，即可快速判断该河流山洪发生的风险和预警级别，预警分析基本流程见图 4。

在雷达临近预报预警模式中，实测数据将主要作为计算动态临界净雨量和当前土壤含水量的依据，并根据临界净雨量、当前土壤含水量（前期影响雨量）来获得动态临界雨量 CPt（t 为时段长）。

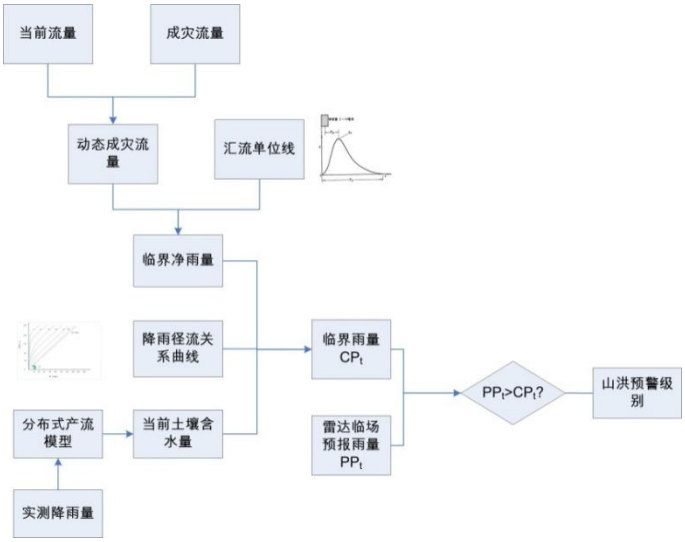


图 4 基于雷达临近降雨预报的山洪预警分析

山洪灾害监测预警中存在的问题及对策

李盘龙

（甘肃省庄浪县水务局，甘肃庄浪744600）

摘　要：介绍了庄浪县山洪灾害防治非工程措施项目概况，指出了运行管理中存在的问题，提出了相应的对策及建议。

关键词：山洪灾害 监测预警 问题

山洪灾害防治非工程措施项目是国家为切实提高防灾减灾能力，有效防御山洪灾害，确保人民群众生命财产安全而启动的重点项目。项目建成投入运行后能否长期、正常发挥效益，关键在于后期运行管理工作是否到位。庄浪县通过完善管理机构、健全管理制度、明确管护责任、加强日常管护等措施，保证了设备的正常运行，提高了山洪灾害预警预报能力。

1 项目概况

庄浪县山洪灾害防治非工程措施项目于 2012 年 11 月底建成，完成投资 489 万元，新建自动雨量站 51 座，简易雨量站 61 座，预警广播站 137 座，图像站 4 座，视频站 4 座，卫星通信备用信道 4 处，县级监测预警会商平台 1 个，乡级预警平台 17 个，共享气象部门新建站点 4 个，建成了一套能快速、及时地获取水雨情信息的监测系统、暴雨洪水预警系统，基本形成了覆盖全县城乡的山洪灾害监测预警体系。为有效防治山洪灾害、保障群众生命财产安全提供了有力的信息支撑。

2　运行管理中存在的问题

2.1 设备管护难

山洪灾害监测预警系统雨量站、水位站、广播站等设备布设在全县 23 条主山洪沟道的梁卯沟谷上，覆盖 2300 多条支沟，地形地势复杂，管理难度大，蓄电池、太阳能电板等被盗或人为破坏事件时有发生。

2.2 系统维护难

设备维护专业技术要求高、涵盖知识面广，一旦系统、设备出现问题，县级技术人员只能处理一些简单故障，不能统筹分析和综合处置所出现的故障，检修技术不过关，工作效率低，效果不理想。

2.3 预警指标确定不合理

由于我县海拔界于 1400～2857m 之间，山洪沟道密布， 500m 以上的支沟达 2353 条，各处地质构造、地层岩性、水文地质、地貌形态、气候、植被、土质、土壤涵水率及受灾因素不尽相同，且降雨面、降雨累积量、前期降雨量和当前降雨强度都对预警指标有很大影响；因此激发灾害发生的雨量均不完全相同。而系统中设置的警戒降雨量值全县均为同一指标，故不能准确地提供预警预报。

2.4 干部、群众防灾意识淡薄

虽然对村乡级干部群众进行了山洪灾害防御常识的培训和在乡村进行了宣传，但本地方群众的水患意识不强，防灾减灾观念淡薄，存在麻痹侥幸思想，对发出的预警信息置若罔闻。

3 对策及建议

（1）明确运行维护单位职责 一是在监测预警设备合同质保期内，由县山洪灾害防治非工程措施项目中标单位进行设备检修、系统维护和对县级管理人员的技术培训。二是合同质保期结束后，采用县防办或信息中心工作人员检修或与原设备供应商续签维护合同的办法进行维护设备和技术人员的培训。

（2）实行县乡村三级联防监管机制，加强日常管护 要求县防办或信息中心工作人员分片、乡级管理人员包区，村级管护人员管点的管护责任机制。县级技术人员熟练操作监测预警发布平台，及时处理系统、设备日常故障及所包片区的监管和技术维护。全县 18 个乡（镇）各配备 1 名人员，熟练操作运用本乡（镇）监测预警平台，并对所辖村社的监测预警设备进行监测和常见故障处理。布设监测站点的村社配备至少 1 名管护人员对本村的雨量站、预警广播等山洪预警设备进行日常管理使用，由县财政给予相应的管护费用补助，年底考核合格者继续留用。每年汛前应全面检修山洪灾害防治设备，包括监测设备、预警设备、危险区警示标志等，对系统进行全面测试，及时排除故障，确保正常运行。

（3）落实运行管理经费 为保障山洪灾害防治非工程措施项目能长期发挥防灾减灾效益，确保该项目建成后有效运行，将县山洪灾害预警设备管护经费列入县财政专项预算，用于设备的维修、更换和宣传、预警演练等，确保山洪灾害防治非工程措施项目能长期运转，发挥防灾、减灾作用。

（4）继续完善监测预警系统的升级换代 增加山洪灾害监测预警系统的监测功能、自检功能和故障实时报警功能，形成立体式的监测、预警、检测和故障排除的空间监测预警体系；不断推进山洪灾害监测预警平台、监测系统、预警系统的改进升级，进一步提升群测群防体系和山洪灾害应急保障体系的功能。

（5）设置不同沟道区域的预警指标值 根据山洪灾害调查评价和本区域历史、现今的水文地质、小区域气候、地形地貌、植被土壤等数据资料，确定不同小流域的降雨预警指标值。

（6）加强宣传与应急演练 通过在危险区、安全区以及转移路线上设立醒目固定的标示牌、警示牌和在受山洪威胁人口相对集中的地方设立宣传栏、宣传牌，以及制作发放光盘、明白卡、图册、挂历、纸杯、手提袋等各类宣传材料，使山洪灾害的基本知识和避灾常识深入千家万户，做到家喻户晓，形成群测群防的防御体系，增强基层干部群众的防灾减灾意识。

云南省祥云县山洪灾害调查实践

杨立凡[1]　马泽宇[1]　黄海燕[1]　李铮[2]

（云南农业大学，云南昆明650201；2.南京水利科学研究院，江苏南京210029)）

摘　要：本文结合祥云县山洪灾害调查工作实践，对山洪灾害调查必要性、工作流程、调查成果、结论及建议等方面进行分析。以行政村为基本单元，深入调查分析社会经济、山洪灾害基本情况、重点防治区山洪灾害情况、沿河村落防洪现状等情况。科学划定危险区、为合理确定预警指标、安全转移撤离、减少人员伤亡提供基础数据支撑，弥补先前建设项目调查深度的不足。将调查的主要内容以图片的形式直观展现，并分析了山洪灾害调查的主要经验，以便其他地区开展山洪灾害调查工作参考。

关键词：山洪灾害调查　重点防治区　祥云县　危险区

1 引言

我国山洪灾害发生频繁，点多面广，由于其突发性强，破坏性大，预测预防难，山洪灾害造成的人员伤亡和基础设施、生态环境破坏问题十分突出[1]。为了提高山洪灾害防御能力，在已经实施的山洪灾害防治县级非工程措施项目建设基础上，2013 年水利部、财政部联合启动了全国山洪灾害防治项目建设，提出了山洪灾害调查评价、非工程措施补充完善和重点山洪沟防洪治理的建设方案[2]。

2 山洪灾害调查的必要性

由于山洪灾害分布范围广、突发性强、预测预防难度大，一旦发生将可能造成严重灾害，构建监测预警网络和群测群防的防御体系等非工程措施显得十分必要，开展全国山洪灾害调查评价工作是实现山洪防御工作准确预报预警、安全转移、减少人员伤亡的重要保障和基础支撑[i]。近年来，我国多个省市按照国家统一部署开展了相应的山洪灾害调查工作，为后续调查评价工作积累了一定的经验[1-6]。

祥云县位于大理州东部，全县总面积 2425km^2，是一个以中、低山为主的山区县，共 21 个小流域，其间分布着多个山洪危险区及数量众多的滑坡灾害点。山洪灾害时有发生，有时不驻对山丘区的基础设施造成毁灭性破坏，而且对人民群众的生命财产安全构成了极大的威胁。在山洪灾害防治非工程措施实施以前，由于缺乏必要的水雨情设施的相应的防汛器材，防汛工作处于被动状态，防汛工作压力巨大[7]。

前期进行的山洪灾害县级非工程措施项目虽然已发挥了一定的防洪减灾效益，但总体上看，在工作实践中仍然存在一些薄弱环节。如各地区对前期开展的非工程措施普遍存在工程质量不清楚、工程标准模糊等。比如受山洪灾害威胁的区域监测站、预警站数量，预报手段比较落后，气象，水文预报期较短，准确性和实效性不能满足要求以及一些凭经验确定的预警指标和可能受到山洪威胁的村落。祥云县前期开展山洪灾害防治非工程措施项目建设，为避免和减轻山洪灾害造成的损失，维护人民生命及财产安全，促进经济和社会的可持续发展取得了一定的成绩。但是防治山洪预警体系还没有形成全覆盖，县境内虽已建了 25 个观测

雨量点，但由于地形复杂，降水分布不均，监测站点控制区域未覆盖全县范围，乡镇、村、组级防御山洪预案的编制还不够规范、详细，可操作性还不强。

在后期应进行深入、全面的山洪灾害调查，摸清山洪灾害区域分布，掌握防治区的社会经济、地形地貌、历史山洪灾害情况、山洪沟基本情况等基础信息，利用先进的技术手段，卫星遥感数据等，为现场调查，提供相关数据，准确划分危险区。弄清山洪灾害调查范围内的人员财产分布，为建成后的系统设定准确预警范围，进一步提高预警的合理性。根据《全国山洪灾害防治规划报告》，在近期及远期（2020 年）初步建成我国山洪灾害重点防治区以监测、通信、报警、预报、预警等非工程措施为主与工程措施相结合的防灾减灾体系，基本改变我国山洪灾害日趋严重的局面，减少人民群众的人身和财产的损失。2015 年 11 月正式开展了祥云县山洪灾害调查评价工作，全面提升祥云县山洪灾害综合防御能力。本次山洪灾害调查的工作内容主要包括，山洪灾害普查及沿河村落详查、危险区划分、涉水工程补充调查、需防治山洪沟调查、避险转移路线、人员安置等。

3 山洪灾害调查程序

祥云县山洪灾害调查由云南省水利部门统一组织，以县级行政区为基本单位，以行政村和自然村为基本单元，采取内业调查和外业调查、普查与详查相结合的调查方式，通过前期准备、内业调查、外业调查和河道断面测量、检查验收等工作阶段，全面查清山洪灾害调查范围内的基本情况，山洪灾害调查工作流程如图 1所示。其中各工作阶段主要包括以下几个方面。

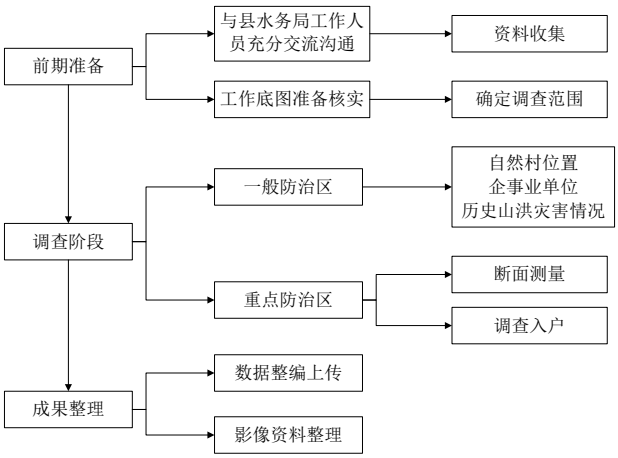


图1 山洪灾害调查工作流程图

（1）前期工作准备。按照统一的硬件和软件环境的配置要求，完成现场数据采集终端硬件设备的采购和配置工作。编制调查方案及相应技术要求、收集处理基础数据，准备调查工具，成立调查机构、落实调查人员，组织地区参与调查评价人员进行技术培训，动员有关部门对当地居民进行山洪灾害防御知识宣传并进行山洪灾害避灾演练。

（2）内业调查。组织有关人员认真研究大纲，明确具体要求，部署区域任务，充分利用统计本部门资料以及前期山洪灾害防治建设项目和水利普查等已有成果[8]。针对调查对象的特点，根据收集到的资料，调查人员登记调查对象名录，包括调查对象名称、位置、规模

等基本信息。其调查对象的内容有：行政区划情况、历史山洪灾害情况、涉水工程（涉及坝塘、堤防、水闸等工程措施）、监测预警设备（涉及自动监测站、简易雨量站、无线预警设备以及水位站等预警设备）、县（市）社会经济等情况。本次调查中，将 214 个自然村初步规划为防治区，其中 47 个沿河村落为重点防治区。祥云县内业调查成果参见祥云县山洪灾害内业调查成果情况详见表 1。

表1　祥云县山洪灾害内业调查成果情况统计表

序号	名称	数量
A01	行政区划基本情况	共 299 条
A02	企事业单位基本情况	共 181 条
A03	历史山洪灾害情况统计	共 31 条
A04	需防治山洪沟情况	共 199 条
A05	自动监测站统计	共 54 条
A06	无线预警广播统计	共 81 条
A07	简易雨量报警器统计	共 212 条
A08	简易水位站统计	共 2 条
A09	涉水工程数量统计	共 136 条
A10	县(市)社会经济基本情况统计	共 1 条
A11	居民家庭财产分类对照	共 0 条
A12	住房情况典型样本调查	共 0 条
A13	居民住房类型对照	共 0 条

（3）外业调查。外业调查根据内业调查阶段的成果和调查对象的具体情况，分别通过基层填报、实地访问、现场测量等方法调查数据。当地政府配合专业单位，利用现场数据采集终端开展工作，同时通过质量审查软件进行审核，控制项目质量。其调查对象的内容有：防治区基本情况、危险区基本情况、水利普查中水利工程（涉及路涵、桥梁等工程措施）、沿河村落居民调查等。外业调查过程中还包括危险河流纵横断面的测量以及当地村民对历史洪痕指证等工作。祥云县外业调查成果参见祥云县山洪灾害外业调查成果情况详见表 2。

表2　祥云县山洪灾害外业调查成果情况统计表

序号	名称	数量
B01	防治区基本情况调查	共 219 条
B02	危险区基本情况调查	共 181 条
B03	企事业单位调查	共 181 条
B04	需防洪治理山洪沟基本情况调查	共 199 条
B05	塘（堰）坝工程调查	共 83 条
B06	路涵工程调查	共 104 条
B07	桥梁工程调查	共 140 条
B08	沿河村落居民户调查	共 572 条
B09	重要城（集）镇居民户调查	共 1 条

（4）成果整理及检查验收。县级调查机构采取交叉作业方式，抽取一定量的调查信息与已有成果进行对比，统计分析错误率，不满足验收标准要求重新调查，直至满足验收标准为止。通过数据审核软件提前对预先设定的审核关系进行校核，在上级调查机构审核工作之前及时发现错误及时处理。

4 山洪灾害调查成果

4.1 防治区内自然和社会情况

祥云县各乡镇防治区面积统计图见图 2。根据本次调查，山洪灾害防治区面积 779.97 km^2，占全县总面积（2425 km^2）的 32.2%，其中山洪灾害防治区面积占总面积比例中，鹿鸣乡最大，占 70.3%，依次降低的有刘厂镇、东山彝族乡、云南驿镇、米甸镇、普淜镇、下庄镇、禾甸镇、祥城镇、沙龙镇，分别为 49%、48.8%、44.9%、39.7%、27.9%、26.2%、12.7%、

8.9%、7.6%。

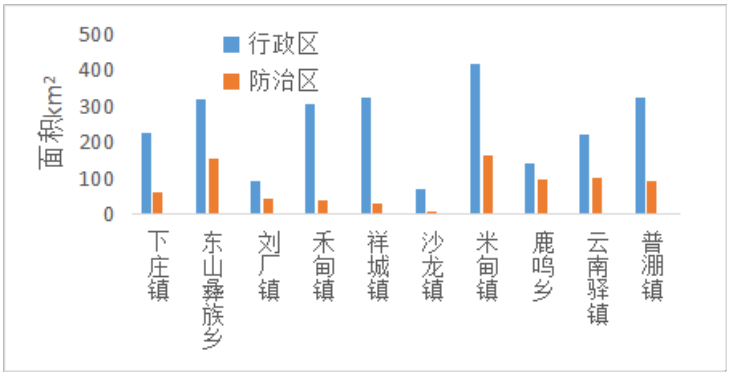


图2 祥云县各乡镇防治区面积统计图

由表 3 可知，防治区内共有 10 个乡镇、71 个行政村和 214 个自然村，其中受山洪灾害威胁 10 个乡镇、27 个行政村和 47 个自然村，分别占防治区乡镇、行政村和自然村总数的 100%、38%、22%。

表3 祥云县防洪区及受山洪灾害威胁的人口统计表

祥云县	总人口/人	防治区					受山洪灾害威胁			
		面积/km²	总人口/人	乡镇/个	行政村/个	自然村/个	乡镇/个	人口/人	行政村/个	自然村/个
合计	477470	779.97	78969	10	71	214	10	18379	27	47

防治区内各乡镇平均人口密度表见表 4。全县平均人口密度为 197 人/km^2，本次防治区内平均人口密度为 101 人/km^2，低于祥云县的平均人口密度。西部地区人口较密集，东北部地区人口较稀少，全县防治区人口密度最大是沙龙镇 350 人/km^2，人口密度最小的是东山彝族乡 32 人/km^2。从调查结果看，山洪灾害对祥云县人员安全存在一定的威胁，尤其以沙龙镇、刘厂镇及云南驿镇均为人口较为密集地区，在后期实施山洪灾害补充措施时需要有所侧重。

表4 防治区内各地市平均人口密度表

序号	名称	防治区内面积/km2	防治区内人口/人	人口密度/人/km2
1	下庄镇	59.07	4806	81
2	东山彝族乡	154.25	4901	32
3	刘厂镇	44.17	11453	259
4	禾甸镇	38.99	4995	128
5	祥城镇	28.95	6231	215
6	沙龙镇	5.2	1821	350
7	米甸镇	164.07	7081	43
8	鹿鸣乡	97.24	8294	85
9	云南驿镇	98.28	20361	207
10	普棚镇	89.75	9026	101
合计		779.97	78969	101

4.2 山洪灾害类型及历史山洪灾害

祥云县山洪灾害以暴雨洪水和溪河洪水为主，依据本次调查祥云县山洪灾害发生比较频繁，根据不完全统计 1951—2015 年期间，比较严重的山洪灾害全县累计发生 111 次，平均每年约发生 2 次，历年累计山洪灾害共造成 37 人死亡，虽然山洪灾害多发生在局部地区，但由于灾害频繁，对一些基础设施破坏严重，农作物受灾面积大，统计多年累计山洪灾害直接经济损失巨大。历史重大山洪灾害如表 5所示，由表 5可知 1986 年山洪灾害为近代祥云县

历史上最严重的一次，伤亡及失踪人数为 5 人，房屋倒塌 3275 间；即使在 2000 年，仍然发生了有人员伤亡的山洪灾害事件。

表5　历史重大山洪灾害

序号	发生时间	发生地点	过程降雨量（mm）	伤亡及失踪人数（人）	房屋倒塌情况（间）
1	1885.06	祥云县境内	307.10	0	101
2	1986.10	祥云县境内	211.40	5	3275
3	1999.08	禾甸	274.60	1	177
4	2000.09	普淜、下庄	\	4	260
5	2003.06	祥云县境内	222.40	0	20

4.3 防治区内山洪沟情况

根据本次调查和统计，祥云县山洪灾害类型主要为暴雨洪水和溪河洪水，其中山洪沟是导致山洪暴发的基础原因，严重影响祥云县居民的生命财产安全。根据地方和专家意见，需对发生过山洪灾害且危害性大的 199 条山洪沟进行治理。为此，祥云县需要完善该县的防洪体系，才能有效地治理山洪沟。山洪沟治理工程应遵循自然规律，除满足设计要求标准外，兼顾生物栖息环境和生态景观完整性的功能[9]。

祥云县山洪灾害治理需治理山洪沟统计图见图 3。本次山洪沟治理数目超过 20 条以上有云南驿镇、米甸镇、普淜镇、鹿鸣乡、东山彝族乡，其所占山洪沟治理总数比例分别为 12%、16%、24%、11%、12%。

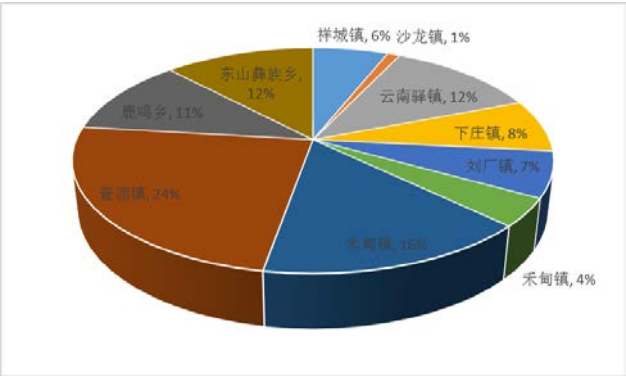


图3　祥云县山洪灾害治理需治理山洪沟统计图

4.4 沟道断面测量

本次祥云县山洪灾害调查沟道横纵断面测量采用 GNSS RTK 测量方法，测量内容主要包括：沟道纵断面测量，横断面测量，历史洪痕，涉水工程测量，沿河村落测量。本次测量每个沿河村落、重要集镇和重要城镇测量 1 个纵断面和 2～3 个横断面；如有多条支流汇入，每条支流应加测 1 个纵断面和 2～3 个横断面。

断面成果由：纵断面成果表、横断面成果表、沟道历史洪痕成果表组成。横断面测量成果由横断面经过的河道地形点和属性、水面、历史洪痕、成灾水位等信息组成，横断面成果应包括如图 4。纵断面成果由沟道基点构成的水面线、深泓线断面数据和属性、历史洪痕构成，纵断面成果图见图 6。

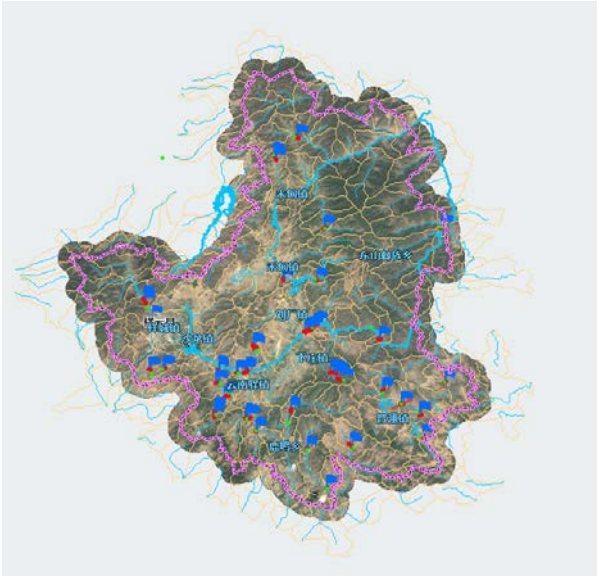


图4　断面测量成果分布图

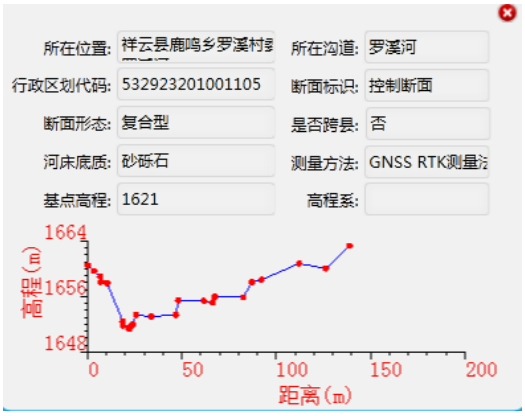


图5　沟道横断面详细属性

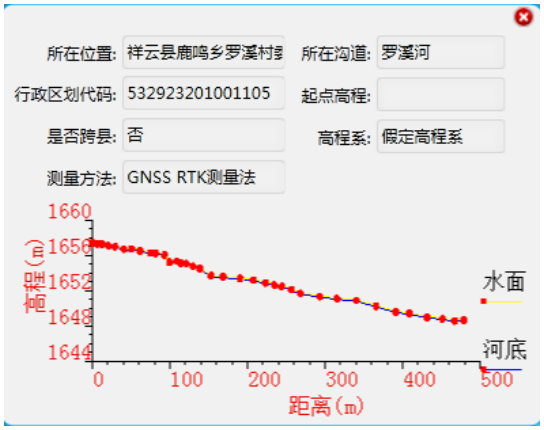


图6　沟道纵断面详细属性

5 结论与建议

本次山洪灾害调查在工作取得了一些成果，为下一步进行山洪灾害防治补充工作提供了有效的数据支撑。为高效组织开展类似调查工作，主要提出以下经验与建议供参考：

（1）根据山洪灾害调查工作任务，本次调查采用了专业力量与社会力量的融合，按照

专业进行任务分工，专业队伍承担水文资料采集、测量等工作，社会力量主要是按方案测量，可使多项工作同时进行，提高了工作效率节约了调查时间[10]。

（2）在内业调查过程中，调查名录的确定是影响项目进行的关键，获取相关资料需要当地水务局部门以及乡镇干部的全力配合，并且避免把地质灾害点混入调查任务点，保证了工作进度[11]。

（3）当地水利部门对该地区基本情况比较熟悉，尤其是对自然村的居民地范围、历史山洪灾害、监测预警设备的安装地点等更加清楚。为了使标注过程不出错，调查团队需要与当地水利管理部门相互协作，使调查工作得以顺利进行。

（4）在横断面测量时，首先要确保所选断面方向的准确性和合理性。为避免给后续的数据处理过程带来多余的工作量，施测中应严格按照各项技术指标采集断面特征点数据，将数据中含有的飞点和尖点现象减少到最少。

参考文献

[1] 李昌志. 山洪灾害分析评价要点及流程[J]. 中国水利, 2015 (11): 62-64.

[2] 黄先龙，褚明华，石劲松. 我国山洪灾害调查评价工作浅析[J].中国水利，Vol.771(09):17-18,29.

[3] 郭良，刘昌军，丁留谦等. 开展全国山洪灾害调查评价的工作调查[J].中国水利，2012(23):10-12.

[4] 何秉顺，郭良，左吉昌. 甘肃岷县“5·10”特大山洪灾害调查[J].中国水利，2012(15):23-25.

[5] 桑国庆，李洪涛，任春凤等. 山东五莲县山洪灾害外业调查工作实践[J].中国防汛抗旱，2014，Vol.24(4):51-53,56.

[6] 康爱卿. 山西省山洪灾害调查评价工作分析[J].中国防汛抗旱，Vol.24(4):54-56.

[7] 云南省水利水电勘测设计研究院. 云南省大理州祥云县山洪灾害防治非工程措施建设实施方案[R].2012(9).

[8] 胡余忠，杨小明，洪继承. 安徽黄山市呈坎示范点山洪灾害情况调查[J]. 中国防汛抗旱, 2014, 24(3): 8-10.

[9] 何秉顺, 黄先龙, 张双艳. 山洪沟治理工程设计要点探讨[J]. 中国水利, 2012 (23): 15-16.

[0] 胡余忠. 山洪灾害影响评价外业调查核心技术问答[J]. 中国防汛抗旱, 2015, 25(2): 26-33.

[1] 董林垚, 刘纪根, 张平仓. 山洪灾害调查评价过程实践问题刍议[J]. 中国水利, 2015(13): 26-28.

天地互备北斗应急预警信息传输与发布系统

李春华　蓝天　李斌　杨建

(成都天奥电子股份有限公司，四川成都611731)

1 概述

我国是世界上受自然灾害危害最严重的国家之一。每年受洪涝、干旱、台风、地震、沙尘暴、冰雹、龙卷风、低温冷害等气象灾害和其引起的山体滑坡、泥石流、森林和草原火灾、有害生物等次生灾害影响人口达数亿人次，直接经济损失高达数千亿。

经过多年的发展和建设，中国气象灾害预警信息和突发事件预警信息发布的总体水平和能力得到大幅提升。在当前，预警信息通过手机短信、电话、电视插播、GPRS、电台等常规的手段进行发布。但是对于山区和边远地区仍然存在着很大的蜂窝盲区和蜂窝临界区，在这些地区常规的通信手段是无法进行通信的，并且这些通信方式过分地依赖基站，若基站出现问题，则该地区信号全无，就无法接收到预警信息。对于对通信可靠性要求非常高的应用场合(如减灾救援)，上述发布系统显然不能满足目前的应用要求。

北斗卫星导航定位系统是我国独立自主研制的新一代卫星导航定位系统，具有导航、定位、授时和特有的短报文通信功能。

综合利用北斗系统短报文通信的优势和地面移动通信网络，采用基于北斗短报文的预警信息发布系统有效解决目前预警信息发布时效性不强、速度不快、覆盖面不够广、地域针对性不够强等问题，为预警信息传输与发布探索了一种的新途径，从根源上解决预警信息发布渠道“最后一公里”的瓶颈问题。

基于北斗短报文和地面移动通信网络的预警信息发布系统，信号覆盖我国陆地和海洋，没有盲区，另外该系统使用的北斗卫星不依赖其他国家的卫星资源，安全、可靠、稳定，保密性强，适合关键部门应用，能为注册用户提供全天候 24 小时服务。

2 系统组成

“基于北斗短报文的预警信息发布系统”主要由预警信息发布平台、LED 显示屏、大喇叭（接收终端）、手持式收发终端等组成。大喇叭接收终端和 LED 显示屏接收终端在收到北斗预警信息后，通过北斗或 GPRS 向发布中心回传信息发布情况和预警接收终端工作状态，保障信息可靠地传输到最基层的终端用户（如图 1 所示）。

在北斗预警信息发布系统中，预警信息发布平台与本级预警信息管理中心连接，统一发布和接收预警信息。该发布平台充分利用北斗短报文通信优势，达到信息发布及时、覆盖全面的建设需求。手持终端主要用于应急救援现场，具有北斗收发功能，实时定位和采集灾害现场信息并及时上报，始终保持通信畅通和工作稳定。LED 显示屏和大喇叭采用北斗单收模块和 GPRS 通信模块，在收到北斗预警信息后，以文字和语音等方式播报预警信息。

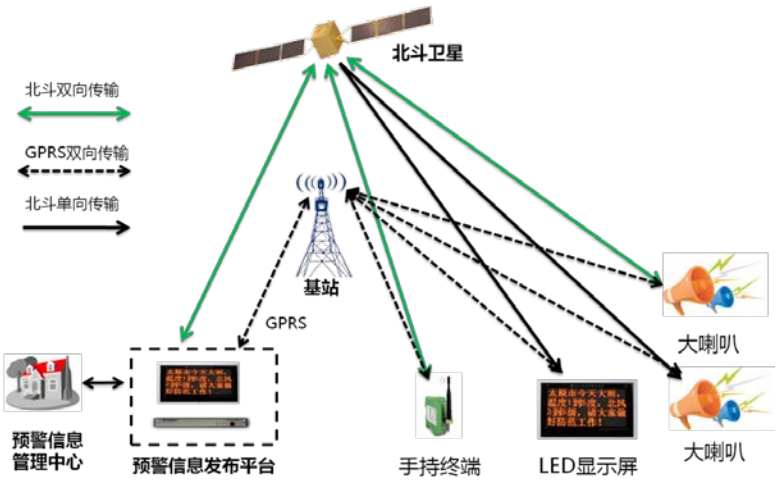


图 1 天地互备北斗应急预警信息传输与发布系统组成

3 信息发布方案

预警信息发布系统分为省、市、县预警信息发布中心和乡、村预警接收终端（LED 显示屏和大喇叭）共 4 级。各级发布中心通过北斗、GPRS 和网络等通信手段，实现省、市、县发布中心信息互通互联（如图 2 所示）。

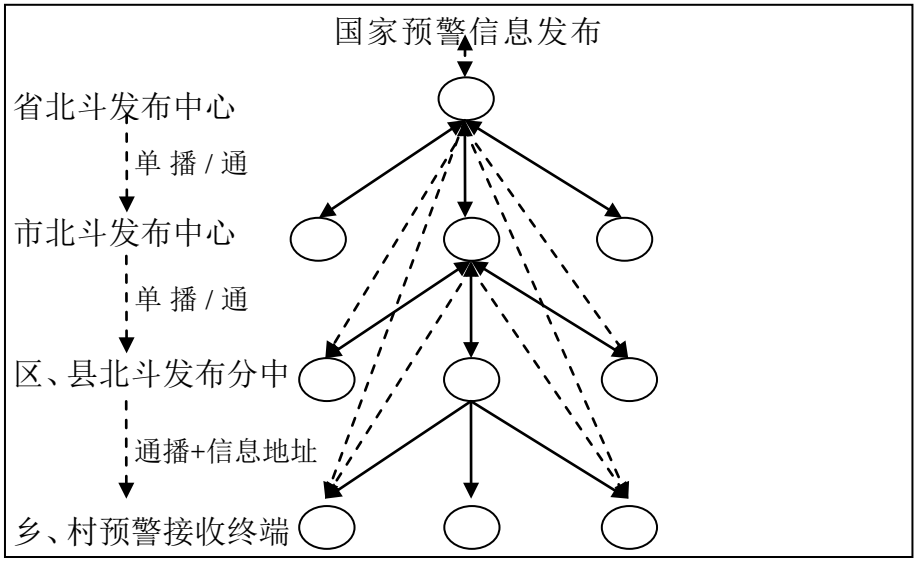


图 2 北斗卫星预警信息发布框图

1）省北斗发布中心上联国家预警信息发布中心，下接市北斗发布中心，是国家级预警信息发布系统的信息转发节点。从省到市、县采用北斗单播方式实现定点信息传输，采用北斗通播方式实现所属市、县信息群发功能；省北斗发布中心也可直接向全省的市、县和乡、村发送预警信息。省与市、县北斗发布中心采用北斗双向传输方式，市、县北斗发布中心接收到省预警信息后，向上级回传收到信息，以确保信息可靠传输到市、县。

2）市北斗发布中心上联省预警信息北斗发布中心，下接区、县北斗发布分中心。从市到县采用北斗单播方式实现定点信息双向传输，再由县发布中心向下属的乡、村发送预警信

息。市预警信息发布中心也可直接向指定乡、村或全市乡、村发布预警信息。市与县北斗发布中心采用北斗双向传输方式，县北斗发布中心接收到市预警信息后，向上级回传收到信息，以确保信息可靠传输到县。

3）县北斗发布分中心上联市北斗发布中心，通过北斗直接向下属的乡、村发送预警信息。县预警信息发布分中心也可直接向指定乡、村或所属全县乡、村发布预警信息。县与乡、村信息接收终端采用北斗单向发布，乡、村信息接收终端接收到县预警信息后，通过 GPRS 向上级回传收到信息，以确保信息可靠传输乡、村信息接收终端。

4）乡、村信息接收终端包含乡级预警信息接收终端（LED 显示屏）和村级预警信息接收终端（大喇叭），可同时接收省、市、县预警信息中心发布的信息，接收终端在收到预警信息后，以文字和语音方式播报预警信息，通过 GPRS 或北斗向发布中心回传信息，保障信息可靠地传播到广大人民群众。

4 系统特点

1） 基于“北斗一号”卫星导航系统而建立的预警信息发布系统，具有发布速度快、覆盖广、区域针对性强、易于推广等特点，是应急状态下发布预警信息比较理想的手段之一。

2） 该系统的推广使用可以建立针对农村、边远地区以及海岛、高山、沙漠等不同地域的预警信息网络，有望从根源上解决预警信息发布渠道“最后一公里”的瓶颈问题。

3）该系统中的一体化的接收终端不仅结构简单安装方便另外还可以与发布平台互通互联，及时有效地反馈终端的工作状态及终端所处的环境信息。

4）为了满足不同的工作环境及使用条件，接收终端可以选配双向北斗模式（北斗收发），北斗加 GPRS 模式；另外，系统提供三种预警信息接收及播报方式：一是大喇叭语音播报方式；二是 LED 显示屏文字滚动显示方式；三是 LED 显示屏文字显示、大喇叭声音播报相结合的方式。

5） 在该系统中，发布控制平台优先选用北斗发送方式，以 GPRS 作为辅助手段进行预警信息的发布。另外发布控制平台可根据接收终端反馈的北斗卫星信号情况选用北斗一代东星或西星进行预警信息的发布，最大程度保证接收终端的接收成功率。

5 应用案例

运城市是山西省的农业大市，山西省 50%以上的农副产品均由运城市保障，通过在运城全市建设基于北斗短报文的预警信息发布系统示范工程，具有良好的示范作用和推广效应。运城市共有 13 个区、县，200 多个乡、镇，3000 个行政村，约 5000 个自然村。示范应用工程在运城市建设 1 个市级应急预警信息发布平台、2 辆移动式预警信息发布平台、13 个县级应急预警信息发布平台，在部分乡、镇安装预警信息显示屏（100 个）、每个行政村和部分自然村安装预警信息接收终端（4000 个），全市配备 500 台手持式预警信息收发终端，实现预警信息全市范围覆盖。

市、县信息发布平台安装在市、县气象局，移动式预警信息发布平台为机动使用。

市预警信息发布平台可以向下属的县和乡、村发送预警信息；从市到县采用单播方式实

现定点信息传输，采用通播方式实现所属县信息群发功能，再由县发布平台向下属的乡、村发送预警信息。市预警信息发布平台也可直接向指定乡、村或全市乡、村发布预警信息。市与县级预警信息发布平台采用北斗双向传输方式，县级预警信息发布中心接收到市预警信息后，向上级回传收到信息，确保信息可靠传输。

显示屏主要安装在乡、镇及人口密集地区，利用 LED 显示屏在乡镇公共场所人群聚集区发布预警信息，将文字滚动在 LED 屏播放。乡镇中心可根据需要选配大喇叭接收终端。

村大喇叭主要安装在行政村和自然村，以语音广播方式，播报预警信息。

手持式预警信息收发终端配备在市、县各应急指挥管理部门，作为预警信息接收，灾情上报，应急指挥等使用。

通过在运城市气象局“基于北斗短报文的预警信息发布系统”的建设取得了良好的社会效益和经济效益，并逐渐开始在水利、国土资源、人防等工程方面得到推广应用。

如何做好强降水预报和预警的建设思考

关铖

（北京华恒泰科技有限公司，北京100081）

1 背景介绍

我国中小河流众多，覆盖中国 85%左右的城镇及农村，洪涝灾害所造成的损失最大，而暴雨是最主要洪涝致灾因素。中小河流源短急流，山洪灾害具有强度大、来势凶、历时短、破坏力大、难预报预警等特点，因此暴雨诱发的中小河流洪水预警已经成为山洪灾害防御工作的重中之重。

2 存在的问题

目前气象与水利、水文的工作多是独立开展的，一般情况下水利部门获取气象降水数据或服务，多是通过短信息、电话、网络平台、传真方式，重大紧急情况，采取专家现场或远程会商的形式，通常情况下，气象部门提供的日常降水信息缺乏针对防洪的针对性。

3 解决思路

建立中小流域洪水预警指标是流域洪水预警建设的核心之一，根据一个流域防洪标准确定的防洪特征水位可以推算出警戒流量，当某时间尺度内降水达到或超过一定量级时，就会达到其相应的警戒流量，甚至激发山洪灾害，而对应时间尺度内的降雨量即为临界面雨量，临界面雨量对于山洪灾害预警具有重要意义，也是各级政府组织防汛抗洪以及水库调度等决策的重要依据。在防洪减灾及洪水预报中，气象数据是很重要的因子，这时气象的短临和中期降水量预报也就变得相当重要。

区域性暴雨是引发各中小流域山洪暴发的主要原因，区域性暴雨是一种强对流性降水。天气雷达是当前监测暴雨、强对流等灾害性天气最有效的工具之一，它具有很高的时间和空间分辨率，在中小尺度预报方面具有无可比拟的优势。目前仅靠自动雨量站正点报回的雨量值进行山洪预警，大约存在 30 分钟以上的滞后，然而在现有天气预报精度条件下，充分应用各种气象信息，可以达到提高洪水预报精度、延长预报预警时效的目的。

在互联网大数据时代，可以利用基础雷达数据，进行图像模式识别，从海量的数据中去除噪音后提取有效数据，生成测试集合训练集，然后采用神经网络 MLP、卷积网络、外推法 LR，生成预报模型，它能提供最大的预报可能性，目前可提供未来 2 小时分钟级、1╳1km^{2}的降水预报数据，未来 27 小时逐小时、逐公里的降水预报数据以及未来 7 天的降水概率预报。相关技术介绍如下：

3.1 面雨量计算技术

采用水文资料、气象资料和流域图等多元信息融合的空间分析方法在制作雨量分布图的同时计算平均雨量，快速提供了定量、准确、直观的雨量图和雨情分析统计成果。

3.2 致洪暴雨信号场分析技术

在致洪暴雨天气分析中采用了空间数据时间演变分析方法，在大量的数据观察和研究试验的基础上，以简单明确的信号场统计指标描述复杂的暴雨天气形势空间分布特征，通过对指标数据的时间序列分析提取致洪暴雨天气信号，达到预警的目的。

3.3 卫星云图预估降水区技术

建立云图自动分类方法，通过对 4 个通道(可见光、水汽、红外 1、红外 2)云图的分类处理，识别图像中的降水云，对降水云建立一维云模式降水估算模型，每小时自动估算降水率，提高了降水监测时效，也为面雨量空间插值提供了参考依据。

3.4 观测资料的降水外推预报

外推预报主要使用雷达回波资料，预报雷达回波单体的运动，就要确定其移动方向和速度，对风暴强度和大小进行线性或非线性外推。在其移动方向和速度的外推中，一般参考 700hPa 风场资料。

此外、利用机器学习技术，可以更好地考虑降水和下垫面条件的空间变异性，甚至考虑土壤含水量饱和度等关联因子，能够更好地利用 GIS 技术、遥感与遥测等空间信息。如能利用机器学习技术，将水利、水文和气象等数据紧密结合，找出各种天气条件下降水的时空分布和量级大小的规律，并依托数值预报建立流域强降水精细化预报方法。通过合理划分流域集雨区段，研究各区段的降雨径流实测数据，进而研究各个区间场次洪水中降水对产流的贡献情况，从而对各区段的降水过程的产流量做出预报，并根据洪水传播时间，开展上流流域暴雨洪水的时程变化规律研究。利用气象行业优势，以数值模式短中期降水预报为核心，充分利用天气雷达、气象卫星、高空风场、GPS 水汽观测和其他高密度气象观测资料进行大数据融合，利用人工智能算法、机器学习和卷积神经网络技术建立预测模型，对数据进行分析和降水预测，尽量提高降水量预报的准确率和延长预报时效，还可以降水预报为基础开展入库水量预报，实现降水预报与水量预报的紧密耦合，开展减少水库运行期风险的分析。

如何能更好地服务于防汛抗洪日常工作，在日常工作中，实时提供与防汛抗洪密切相关的信息，并能最为快速和有效地在紧急关键时期，提前提供降水量与强度、天气雷达等必要信息？

可以将这些必要的气象服务产品制作成系统平台或模块搭建到现有的山洪灾害监测预警管理平台中。对于服务的手段和终端，最具特色的是山洪灾害多功能预警操作台本体，类似带显示屏的座机，该终端利用屏幕呈现多个工作需要的客户端应用，并可以通过网络链接必要的网页。此外，还可以定制水利防汛抗洪工作移动办公使用的 APP 客户端或对接现有 APP 客户端。

4 服务终端功能模块

（1）以文字形式显示单位名称、日历、本地天气实况、本地七天预报。（2）第一屏显示八个 APP：预警信息；语音通知；雨量统计；水库水位；单位号薄；应急通讯录；电话会议；短临降水预报；降水量实况；降水量预报。（3）第二屏可以放置如下 APP：预警查看统计；语音通知统计；防灾指南；台风路径；强对流天气；卫星云图；雷达图；决策专报。

简单介绍其中一些特色功能模块，对防灾减灾以及防办日常工作十分有益。

“预警信息”可随时通过已部署的管理平台向终端话机发布各级预警信息，弹屏显示、锁定屏幕、强制查看，并可以设定发出“嘟嘟”警示音。同时，在管理后台和终端话机上还可以查看信息阅读情况的回执统计等信息；“语音通知”是相关人员可以按照终端话机上弹出来的预警信息朗读，并录音。根据地区情况，可以录音普通话版、方言版、少数民族语言版，还可以回放自己确认是否录音准确清楚，然后选择已分组或手动勾选目标人群发送至对方的座机或手机，对方接通后有几秒缓冲音乐之后自动播放预警语音，且在管理后台和终端话机上可以查看到语音预警的收听情况统计。语音预警特别适用于紧急情况以及通过后台查看到相关负责人没有及时查看预警信息的情况，同时也可以作为传递是否及时准确的凭证；“电话会议”是指在临时紧急情况下，发起人发起的快速应急会商，发起人可以通过电话通信录勾选，可以是对方的座机电话也可以是对方手机号码，进行电话会议，并可以对会议进行超长时间录音，形成录音记录进行保存；“短临降水预报”是利用人工智能算法、机器学习和卷积神经网络技术，利用分析气象雷达基本反射率建立预测模型，对全国的雷达图进行数据分析并预测，把某时刻某地区的降雨量看作一个连续变量，把它缩放到[0,1]上，构成一个三维矩阵，其每一个元素为坐标在某一个时刻的降雨量。后台系统可以提供短临分钟级的降水预报，动态降水雷达图，1╳1km^{2}面降雨量预测，并在终端界面上进行显示，方便客户参看使用；“降水量实况”通过列表形式显示相关自动站收集的站点数据，并支持 1、3、6、12、24、72 小时的降水查询；“降水预报”是通过气象多普勒雷达监测高空大尺度天气系统演变，对未来几天的可能降水落点和强度作定性分析；“应急通信录”功能是利用管理平台一键式批量导入，只需几分钟时间，且来电显示对方单位名称、职务、对方手机号码、座机电话以及分机号等。并且终端自带蓝牙功能，认证的手机进入办公室后自动将手机通讯录的内容传到终端上。认证手机不在范围内的时候，终端上使用通讯录需要密码，很好的保护用户隐私。“决策专报”可以列表形式及时推送给领导周报、月报或其他决策材料；“台风路径”、“强对流天气”、“卫星云图”、“雷达图”直接获取气象部门的数据产品，方便防办相关人员进行决策和参考；此外还有“日程安排”、“重要事项提醒”等功能。“名片管理”可存储 1 万张名片，支持手写输入，具有多种方式查找，在来电时，可以在屏幕上显示对方名片信息；“录音功能”是通过内置录音储存芯片，可以手动设置，进行长达 1000 小时的录音；自定义铃声。可以随意设置某一段时间来电铃声禁音，免打扰。同时可以设置黑白名单，把骚扰电话阻挡在外。

5 项目建设意义

该项目建设会在防办和责任人，责任人和人民群众之间形成了 2 个“预报预警信息精准传播”的闭环，通过技术手段保证了信息传播的精准送达。相关责任人随时随地可以查看到降水信息、雨量水位信息、气象预警以及天气雷达图、卫星云图等，便于工作决策和参考。同时“山洪灾害多功能预报预警操作台”丰富了预报预警信息获取手段，是现有传播手段的有效补充，真正解决了信息传播最后一公里的问题！预警信息能直达领导、责任人桌面和手机，高效便捷，保障应急减灾工作顺利进行，并能及时获取气象信息作为信息参考。

基于北斗卫星的水利监测预报系统

李春华　李斌　颜美匀　李玉萃

（成都天奥电子股份有限公司，四川成都611731）

1 系统概述

传统的信息传输方式如 GPRS 或短信对于山区和边远地区仍然存在着很大的蜂窝盲区和蜂窝临界区，在这些地区常规的通信手段是无法进行通信的，并且这些通信方式过分地依赖基站，若基站出现问题，则该地区信号全无，就无法将监测设备监测到的信息传回信息处理中心。另一方面即使信息处理中心预测到暴雨、泥石流等灾害信息也无法及时将预警信息发布出去。

水文水利监测设备存在以下应用需求：野外监测点地域分布广泛，常规的通信手段往往不能有效覆盖；野外监测点用电困难，设备要求节电；野外监测点数据集中并发，要求系统处理能力强；野外监测点施工条件差，要求设备安装维修简单方便；野外监测点属于防汛关键点，要求全天候工作抗雨衰；野外监测点要求数据传输及时、准确，对通信系统要求高。

针对水利水文监测，采用北斗短报文的数据传输方式可以保障数据的可靠、稳定传输。其使用示意图如图 1 所示。

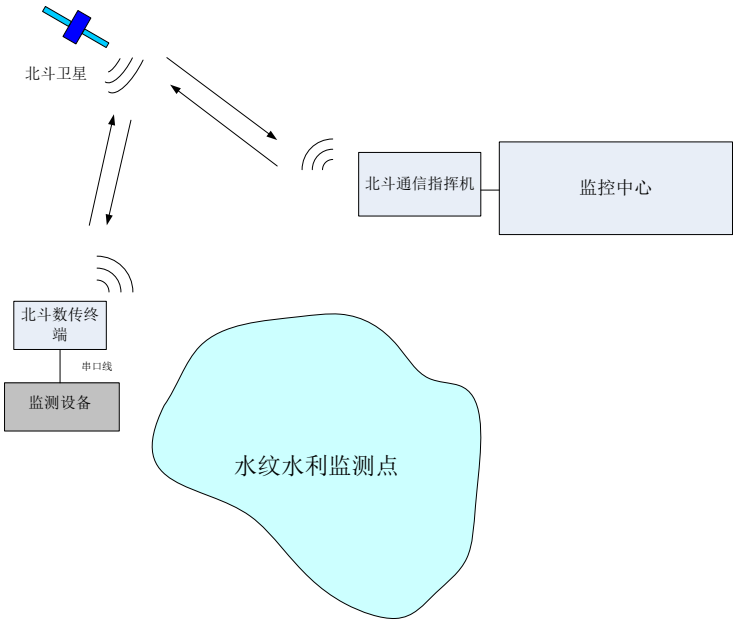


图 1　基于北斗卫星的水利监测预报系统示意图

2 北斗系统在水情监测中的应用优势

北斗卫星导航定位系统是我国独立自主建设的新一代卫星导航定位系统，具有导航、定位、授时和短报文通信功能。该系统已成功应用于测绘、电信、渔业、交通运输、减灾救灾和公共安全等领域，产生了巨大的经济效益和显著的社会效益，尤其是在 2008 年北京奥运会和汶川地震营救中起到了不可替代的作用。特别是在信息传输方面具有以下优势：

1）覆盖范围广

目前，北斗卫星信号完全覆盖全国范围内的领土和领海，“北斗一号”的覆盖范围是从北纬 5°—55°到东经 70°—140°之间的中心地区，上大下小。为此地区内的用户提供定位和短报文服务。

北斗系统信号覆盖我国陆地和海洋，没有盲区，已成为常规通信手段的有力补充，特别是在我国汶川地震时，北斗系统的短报文通信功能显示了显著的不可代替的优势。

2）全天 24 小时全天候服务

北斗系统是我国自主建设并运行控制的卫星系统，不受其他国家的控制，能为注册用户提供全天 24 小时的服务，同时北斗卫星上行频率采用 L 频段（1610-1626.5MHz），下行采用 S 频段（2483.5-2500MHz），信号不受雨衰影响，可以为用户提供全天候服务。

3）发送速度快

北斗短报文具有单播和通播通信方式，采用单播方式实现点对点定点传输，采用通播方式实现信息群发传输。其通播方式与手机短信，GPRS 群发不同，手机短信，GPRS 群发功能是对每个点逐一发送信息，每个点需数秒钟，信息发布时间长。而北斗通播方式，发布一条预警信息，只需向指定通播地址发送一次，所有具有该通播地址的用户终端都可以同时收到此短消息，大大缩短了发布时间，达到及时准确发布预警信息的目的。

4）安全可靠

该导航系统完全独立，不依赖其他国家的卫星资源，自主系统，安全、可靠、稳定，保密性强，适合关键部门应用。

3 基于北斗卫星的水情监测预报系统设计

3.1 系统设计的原则

基于北斗卫星的水情监测预报系统的建设目标是建设一个以可靠性、安全性、可扩展性、可管理性、先进性、实用性、实时性为原则的、能满足水情监测预警所要求的监测数据采集、传输、存储、分析、处理系统。在系统设计过程中，遵循下述原则：

（1）架构合理：就是要采用先进的技术合理架构系统，使整个系统安全平稳的运行，并具备良好的扩展性能。

（2）稳定性：只有稳定运行的系统，才能确保北斗通信搜寻系统平稳运行，系统的技术先进性是系统高性能的保证和基础，同时可有效地减少使用人员和系统维护人员的麻烦。

（3）安全性：系统必须是安全的系统，确保系统可靠运行。

（4）可扩展性：保证当用户有更多的要求时，引入的新设备可以顺利地与本次配备的设备共同工作，进一步扩展与提高系统的性能。

低成本低维护量：指力争有良好的性能价格比，所采用的方案应是简单、易操作、易维护、高可靠度的。系统是否具有优良的性能价格比是判断一个系统优劣条件的重要依据。系统的易操作和易维护性是保证非专业人员使用好一个系统的条件。高可靠度是保障系统运行的基本要求，也是易维护性的保障。

3.2 系统总体设计

基于北斗卫星的水情监测预报系统通过北斗指挥机接收所有监测站北斗数据传输终端发送的数据，对所有水情监测站水情数据进行汇集、存储，并通过基于三维数字地球的综合监控系统对监测数据进行可视化展现及分析。

水情监测站由太阳能供电系统，RTU，北斗终端，采集仪器等组成，水情监测站装备水位计、雨量计等传感器，采集各种水文变化数据，将采集到的监测数据，发送给信息集成器，信息集成器对采集数据进行数据处理、分析、存储、自动编码打包，发送给北斗数据传输终端。同时各水文监测站装备小型化低功耗北斗/GPS 双模定位模块，实现各监测站的精确定位，并将定位信息发送到北斗数据传输终端。北斗数据传输终端将水文监测信息和位置信息传输到防灾监控中心。

3.3 系统工作流程

基于北斗卫星的水情监测预报系统主要包括水文监测信息的传输、监测站定位信息传输和监控中心指令信息传输三部分。

（1）水情监测站通过水位计、雨量计等监测传感器自动监测各站点水文信息，并将监测信息通过有线电缆传输到站点的北斗数据传输终端。

（2）水情监测站点的北斗/GPS 双模定位模块通过北斗二号或 GPS 卫星定期获取监测站的精准定位信息。

（3）水情监测站定期将水情监测信息和定位信息通过北斗网络发送到防灾监控中心，中心北斗指挥机接收终端信息，并进行解析、存储，供领导指挥决策。

（4）防灾监控中心通过北斗指挥机将控制指令发送到相应的水情监测站，监测站通过北斗数据传输终端进行指令信息的接收。

4 基于北斗卫星的水情监测预报系统主要功能及组成

4.1 主要功能

防灾监控中心是野外各水情监测站的总控制管理中心，负责所有监测数据的汇集、存储、分析和处理。

防灾监控中心的主要功能：通过北斗指挥机接收水情监测站数据传输终端发送的所有监测和定位数据；对监测数据分地区、分重要程度进行分析、存储、显示；组织专家会商，实时提供水灾信息，供领导决策和下达指令。

北斗水利监测系统是水情信息采集、导航定位、数据通信集成的软硬件一体化平台，整个系统由地面或车载北斗数传终端、北斗手持通信终端及北斗地面控制中心组成。该系统能够满足多个移动或静止的物体之间基于位置信息的通信服务，地面控制中心能够监测系统内部通信终端的信息数据，并进行远程跟踪、调度、指挥，如图 2。

4.2 野外水情监测站

野外水情监测站的主要功能如下：装备水位计、雨量计、压力计等各种传感器，采集各种变化数据；将采集到的监测数据，发送给信息集成器；信息集成器对采集数据进行数据存

储、处理、分析，分析监测数据如果均为正常值，直接取监测时段的平均值自动编码打包，发送给北斗数据传输终端，如果监测数据出现异常，发布预警信息，并将异常监测结果以最高优先级利用北斗数据传输终端传输到水利防灾监控中心。

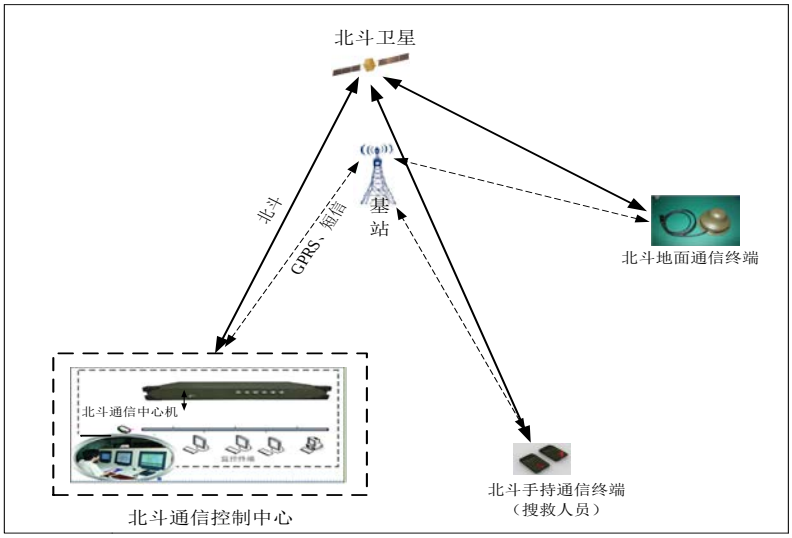


图 2　北斗水利监测系统

4.3 通信链路

当水情监测站处于基站覆盖区域的情况下，水情监测站监测信息通过 GPRS 传输，北斗作为备份通信手段。链路长时间不通的情况下，则更改为 GSM 通信方式。

如果进入移动基站覆盖盲区时，则优先通过北斗数传终端，采用北斗卫星链路进行通信。可通过北斗通信终端预先设定监控中心的北斗号码，且只能在授权的情况下进行更改，则水情监测信息都将处于监控中心的监控下，并且获得有保障的通信链路。

4.4 北斗数传终端

北斗数传终端是适用于野外数据采集传输的北斗终端，该终端具备北斗和无线公网双向双信道通信传输手段，接口及协议能够满足电力、交通、减灾等应用需求。

采用一体化设计，集成 RDSS 四合一模、北斗/GPS 定位模块、北斗一代收发天线、北斗二代/GPS 天线、微控制器、DC-DC 电源于一体。RDSS 四合一模组硬件包含 LNA、PA、射频收发部分、基带处理共四个部分。可完整实现 RDSS 信号收发、调制解调全部功能。该模组具有 RDSS 定位、短报文通信、授时等功能。北斗/GPS 定位单元采有我司自行研制的北斗 GPS 双模授时定位模组，可以实现快速定位。北斗数传终端采用蘑菇头全封闭结构，一体化设计，可以在移动或静止的物体上安装使用，外形结构如图 3 所示。

图 3　北斗数传终端

北斗数传终端功能：1）具有单 GPS、单 BD 和 BD/GPS 双系统组合定位功能；2）具有北斗 RDSS 短报文通信功能；3）快速确定用户的地理位置功能；4）自动报告位置信息功能；5）具有北斗系统秒脉冲授时功能；6）具有信息存储与转发功能；7）具有快速的失锁重捕功能；8）可以扩展 GPRS、短信通信功能；9）采用一体化设计，安装简单方便；10）不受地震、洪水、雨雪、昼夜等自然条件的影响，可以全天候的工作。

北斗数传终端技术参数：1）接收通道：10 个并行接收通道；2）首次捕获时间：优于 3s@-155dBW；3）失锁重捕时间：优于 2s@-155dBW；4）收发成功率：优于 98%@-155dBW；5）发射功率：10W；6）授时精度：优于 100ms；7）定位精度：在我国范围内定位误差≤10 米（1σ,高程误差 10 米）；8）通信接口：RS232，波特率 9600～115200bps；9）用户接口协议：4.0 及自定义协议；10）电气指标：直流输入电压:（11V～26V）静态功耗:≤3W；11）环境条件：工作温度：-35　℃+70　℃,存储环境温度：-40　℃+85　℃;12）可靠性：TBF≥10000h。

在水文监测设备安装北斗数传终端后，可以根据实际需求进行设置，定时将该物体的位置信息或其他传感器监测的数据实时发送给地面监控中心。

4.5 北斗手持通信终端

整合北斗一代功能开发的北斗手持通信终端（见图 4），利用与终端配套的智能手机或平板电脑的 GPS 及移动通信网络，结合功能丰富的定制手机 APP 软件，不仅可以将手机与北斗手持通信终端两者的定位导航作用发挥的更好，增加定位精度，而且避免了通信盲区，可以使用户终端和中心系统的通信更有保障，有利于受训工作中的定位、引导、通讯、监控、指挥、调度的进行，为各种搜寻突发事件提供安全、可靠、便捷的通讯保障服务。

图 4　北斗手持通信终端

图 5　手持终端显示界面

北斗手持通信终端是目前国内体积最小、重量最轻的便携式北斗通信类终端，普通智能手机安装专用的 APP 软件后，通过蓝牙与北斗手持通信终端连接，实现通过北斗卫星链路进行通信的功能，避免普通智能手机在无信号时无法通信的缺点，同时，还可以使用北斗与远端的手机用户直接通信，通过 SOS 按键，实现一键报警、一键 SOS 功能。

4.6 地面控制中心

地面控制中心主要有如下几部分组成：

（1）北斗指挥机。北斗指挥机不仅能够定位和通信，还可实时监视下辖用户的定位和通信信息，利用北斗短报文的通播、群发等功能可实现对下属用户机的指挥和控制，本系统通过北斗指挥机将下属终端机（即配备北斗手持通信终端的搜寻人员或北斗数传终端）位置、通信信息等传递给指挥机的控制计算机，用于监控平台的处理。

（2）短信网关。短信网关一种收发短信的设备，通过数据线与电脑相连，结合短信网关程序，就可以实现监控平台计算机与手机的无线数据传输功能。本系统通过短信网关，手机可以将持有者的位置信息以 GPRS 或 SMS 方式传输到监控平台中，并且与监控平台实现短信、数据的互发功能。

（3）数据处理服务单元。用于存储监控平台在监控中所有的实时和历史搜寻位置、通信及指令信息、搜寻任务、搜寻区信息、设备及搜寻人员基本信息等。数据库实现了系统的数据存储、管理、共享和备份，为监控平台提供数据服务。

5 预警信息传输方案

预警信息传输可采用我公司研制的“北斗预警信息传输与发布系统”，该系统综合利用北斗系统短报文通信功能和地面移动通信网络，采用北斗+GPRS 天地互备方式发布预警信息。该系统由应急预警信息发布平台、LED 预警信息显示屏、大喇叭预警信息接收终端和手持式预警信息收发终端组成。有效解决目前预警信息发布时效性不强、速度不快、覆盖面不够

广、地域针对性不够强等问题。

5.1 北斗预警信息传输与发布系统组成

预警信息发布平台与本级预警信息管理中心连接，统一接收预警信息，以北斗通信发布预警信息为主，GPRS 为辅，充分利用北斗短报文通信优势，达到信息发布及时、覆盖全面的建设需求。

手持终端主要用于应急救援现场，具有北斗收发功能，实时定位和采集灾害现场信息并及时上报，始终保持通信的畅通和工作的稳定，为救灾工作赢得主动。

LED 显示屏和大喇叭终端使用北斗单收模块和 GPRS 通信模块，在收到北斗预警信息后，以文字和语音方式播报预警信息。在收到北斗预警信息后，通过 GPRS 向发布中心回传信息发布情况和预警接收终端工作状态，保障信息准确可靠地传输到最基层的终端用户。对于 GPRS 网络不能覆盖地区，可采用具有北斗收发功能的预警信息接收终端，通过北斗向发布平台回传信息发布情况和预警接收终端工作状态。如图 6 所示。

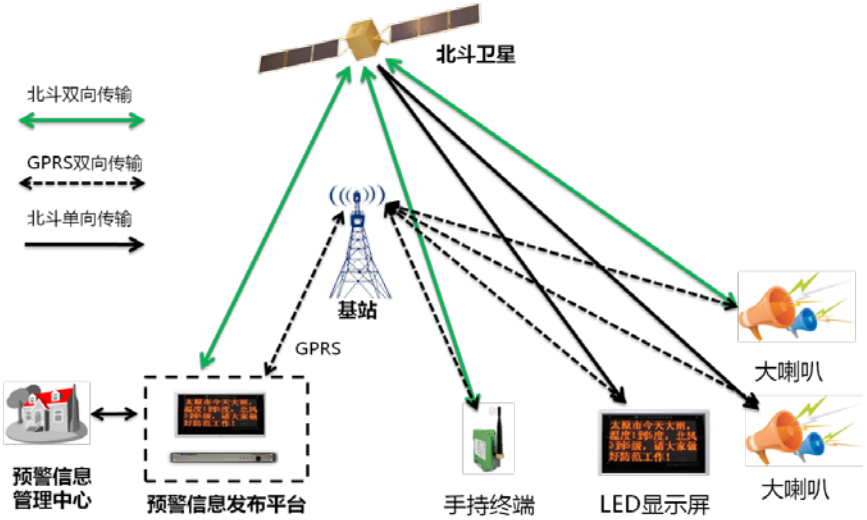


图 6　北斗预警信息传输与发布系统组成

5.2 北斗预警信息传输与发布系统特点

1）统一接收、处理自然灾害、事故灾难等预警信息。采用北斗+GPRS 通信手段，大喇叭和电子显示屏同步播报方式，快速、及时、准确地将预警信息传播给社会各界和广大人民群众，使有关部门和社会公众及时获取预警信息，采取相应措施，从而最大限度地保障人民群众生命财产安全。

2）预警信息全覆盖，实现预警信息进乡村、社区、学校、企业，特别是广大农村地区和边远地区，提前做好防御工作，减少损失。

3） 采用北斗定位与 GIS(地理信息系统)结合，实现事件快速定位、参数设置、预警可视化等相关功能。

4）通过网络、北斗、GPRS 等通信手段，实现省、市、县平台信息互通。接收并转发省级预警中心的预警信息，及时上报灾情信息，为应急预警信息处置、社会防灾减灾、保护人民生命和财产安全提供科技支撑和决策依据。

山洪灾害防治入户型无线预警广播网

张百礼

（丹东新北方通信电器有限公司，辽宁丹东118002）

1 引言

无线广播具有传播迅速、覆盖广泛、接收便利等特点。利用广播传播应急信息是世界各国的普遍做法。在我国 2008 年雨雪冰冻灾害和汶川地震、2010 年玉树地震和舟曲泥石流灾害中，广播发挥了不可替代的巨大作用。在 2010-2015 年全国山洪灾害防治项目建设中，我国广大山丘区沿河村落普遍配置了无线预警广播等预警设备，在汛期发挥了很好的防洪减灾作用。但随着山丘区山洪灾害防御态势的变化，预警设施设备标准偏低、组件损毁老化、人口密集区域预警能力不足等问题凸显，亟须对预警设施设备进行补充升级改造，继续强化基层山洪灾害预警能力建设，在重点区域沿河村落配置入户型预警设施设备。为满足未来一个时期山洪灾害防治监测预警设施设备建设和运行维护需求，研发了入户型山洪灾害防治无线预警广播产品，先后在北京、辽宁、河南、贵州、内蒙古等省示范应用，取得了良好的应用效果。

2 山洪灾害防治无线预警广播提质升级需求

总结几年在山洪灾害防御工作，，可从以下几个方面予以提质升级。

（1）采用适宜的技术手段，将山洪灾害防治无线预警广播信号直接送达风险区人群。目前广播大喇叭或号角的有效传播距离一般在 200m 左右，不能实现山洪灾害危险区沿河村落范围的全覆盖，距离广播较远的居民户听不到广播声音，特别是在降雨和风力较强的天气条件下，此类问题更为突出。解决方法，可以将预警广播信号延伸到每家每户，将调频接收端简化升级为可供个人携带或配置在居民家，熔断预警中间环节，提高预警时效和可靠性，使把握最佳逃生时机。

(2)升级无线预警广播组网模式。目前的无线预警广播（I 型）一般配置在行政村或较大的自然村，无线预警广播（II 型）的调频发射端配置在行政村，在部分自然村配置相应的调频接收端。此类组网方式未与广播电视部门的广播网建立信息共享传播通道，自成体系，各自为战。目前，国家应急广播中心已经正式成立，综合应急广播系统将逐步投入运行。该系统中调频广播作为预警广播主要手段。山洪灾害防治项目建设的无线预警广播（I 型和 II 型）需要升级，与国家应急广播中心的应急广播系统联网运行，提高使用效率，扩展应用范围，例如地质灾害、气象灾害、地震灾害的预警和救援等。

（3）无线预警广播共享水位报警器、雨量报警器等信息源的预警信息。升级无线预警广播信号输入模块，接收简易雨量报警器、简易水位报警器的预警信号，并进行控制和播出，将更进一步发挥无线预警广播的作用，提高预警时效，扩大各类预警信息直接覆盖范围。

（4）建立全覆盖的农村预警网。在原有预警广播设备基础上，增加一台无线转发器，

将预警信号直接发到全村每家每户，在家中使用预警终端机，可以接收各种预警信息，与原有的设备共同组成覆盖全村的预警网。

（5）预警终端机便于携带，同时集成了预警专用信道，调频广播信道、LED 照明、激光求援，手摇发电，对手机充电等功能。这些功能，不但可以实现预警信息接收，还可以实现群测群防，还可在灾情发生后进行求援，自救等。

3 入户型无线同警广播功能设计

针对山洪灾害防治需求，继承已建无线预警广播系统的工作模式与特点，研发入户型山洪灾害防治无线预警广播终端，以实现居民户可直接接收相关预警信息。系统由预警广播发射端和预警广播终端组成，发接收县乡村各级监测预警平台和群测群防设施设备的预警信息，并将预警信息发送到居民户使用的预警广播终端，启动预警信息的播报，增强预警时效。研发中主要考虑了以下因素。

（1）继承性：继承已有的山洪灾害防治无线预警广播系统（I，II 型）的工作模式与特点。通过软件和部分硬件升级，做到与原有设备共存、互补，和接续。建立覆盖全村的无线预警广播网。。

（2）扩展性：无线预警广播终端设备配置到危险区范围每个居民户或个人，从而将预警信号延伸到每家每户，。将原村委会周围预警范围扩展到全村每一个角落。转发器工作半径一般可达 3~5km，满足一般行政村的覆盖范围。

（3）可靠性：无线预警终端机具有专用的预警信道和数字编码，并且可以现场设定，确保反插播，保证安全性。可以 24h 静音预警值班，只要有预警信号，即使终端机电源开关处于关闭状态，也可自动启动预警专用信道，并发出声光电报警信号和播报预警信息，保证预警信息接收的可靠性。

（4）多用途：预警终端机还增加了一些自救功能，如调频 FM 收音、LED 照明、声光报警、激光求援，手摇发电和对手机充电等。为灾情发生后及时逃生或求援救提供帮助。

（5）便携性：终端机体积小，操作简单，使用方便，便于随身携带。

（6）多信号源输入接口：预警广播发射端或转发器具有多种接口，可接收县，乡，村级监测预警平台的预警信息，而且可集成简易雨量报警器、简易水位报警器的预警信息，共同广播。

4 入户型无线预警广播系统产品开发与主要技术指标

入户型无线预警广播系统由预警广播发射机(或转发器)和预警广播终端组成。发射机接收县级监测预警平台、手机短信和电话预警信息，也可接收简易雨量报警器、简易水位报警器的无线预警信息，并将预警信息发送到配置在居民户的预警广播终端，应急播报预警信息。转发器是转发已经安装预警设备（I，II 型）预警广播信息，实现将预警信息到户到人。

（1）预警广播发射端（T-9620NS)或转发器（T-9620ZF）。工作频段 70～108MHz；DTMF 数字编码方案，可抗电磁干扰，防止外来信号的插播；具备远程、本地配置设备参数、管理白名单功能；具有固定电话、手机接入，短信转语音功能；发射机具有自动开启和关闭功能；

收到预警信号后，自动广播；还可以设定各种预警信号优先级别。

（2）无线预警广播终端机

针对不同用户需求，研发了两个型号的无线预警广播终端产品，即 RJ-3000 和 RJ3000A。各型功能如下所述：

4.1 终端设备 RJ-3000

终端设备 RJ-3000 具有四个主要功能模块（见图 1），分述如下：

4.1.1 预警专用信道和调频广播双信道接收

（1）可接收公共调频 FM 广播，频率范围 70～108MHz。

（2）设有预警接收专用频道，频段 70～108MHz。预警接收频率和编码可现场设定。开机后终端机在预警信道守候；如在接收公共广播信号时，检测有预警信号发来，机内强制关闭公共信道，转播预警信号。预警信号结束广播，自动返回公共广播信道，接收广播。

（3）预警信道具有自动复位功能。预警终端机开机，或接收调频广播结束后重新启动，都自动回到预警专用信道。

（4）液晶数字化显示。音量变化、频道存储、调出，收音机接收、扫描，频道切换等都可数字化显示。

（5）高分贝报警音。收到报警信号，推上终端机警报开关，终端机可以连续不断发出高分贝报警声音。

4.1.2 LED 照明与激光求援

（1)预警终端机顶部安装有高亮度 LED 灯，光照度为：45000mcd。在警报和灾情发生时，LED 强光可作为手电筒和应急灯使用。

（2）收到报警信号后，可发出高分贝的声音报警音。传播距离达百米。

（3）激光救援灯。在顶部 LED 灯中间安装一只激光发射管，激光可以产生红色激光束，射程达 300m，以备救援时使用。

4.1.3 手摇发电和锂电池充电

（1）装有手摇发电机，输出功率为 1.5～2.3W。连续手摇发电 3min（120rad/min），前置 LED 灯可使用 60min，或者调频 FM 收音机可连续使用 60min。

（2）机内装有 820mA 聚合物锂蓄电池。配置有 USB 通用接口，在紧急转态下可以为手机或数码产品充电，可与外界保持联系和求援。

4.1.4 数字可寻址功能

（1）RJ-3000 装有数字可寻址解码芯片。每台设备都有自己的 IP 地址编码。只有在解码器解压后，预警终端机才可以开通，可保证终端机不受外界干扰和夜间静噪值班。

（2）预警终端机双音多频（DTMF）编解码数量：999×999

（3）根据需要，发射机可以实现预警网调度和指挥，可单独呼叫、群呼叫或全呼叫。

4.2 终端设备 RJ-3000A

RJ-3000A 是在 RJ-3000 预警终端机基础上，开发的系列预警终端机产品之一，主要技

术指标与 RJ-3000 相当，同时具有以下特点。

（1）调频预警双信道接收，预警信道优先。

（2）关机状态下当有预警信息来时可以自动接收预警信息。

（3）接收预警信号的同时，可以将预警声音自动录音（20s）并存储。

（4）开机液晶屏显示有录音播放功能，可重放存储的预警信息录音。

（5）无手摇发电。机内使用大容量 2600mA 锂电池，待机时间达 72～84h。

（6）具有声音预警、激光求援，LED 照明、数字可寻址功能。

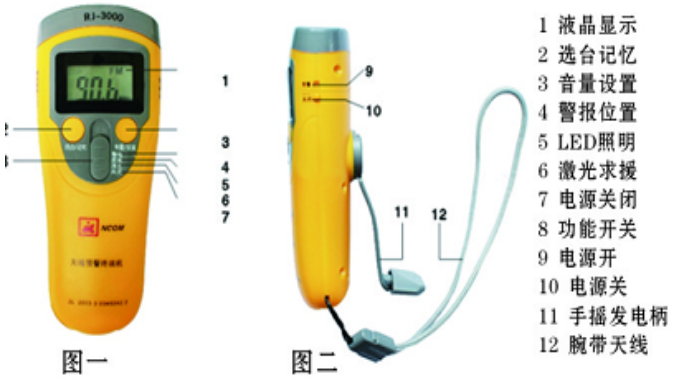


图 1 终端设备 RJ3000A

4.3 入户型无线预警网工作原理及过程

（1）根据突发灾情，管理人员利用安装在村委会的预警广播发射机的麦克风、音频输入口、USB 和 SD 卡，及时广播和转发各种灾情预警信息。

（2）预警广播发射机通过 GPRS、GSM 公网接收转播县、乡级预警广播平台发来的灾情预警信息，或通过有线或 UHF 频段接收村里安装的水位计，雨量计发来的水雨情预警信息并播报。

（3）村委会安装高音喇叭直接播放预警信息；其他地点安装的预警广播接收端接收到发射端发出的预警信息后，启动预警并通过高音喇叭广播预警信息。

（4）村里较偏远区域和危险地点的居民配置 RJ-3000（A）预警终端机，也可同时收到村级预警广播发射机播出的预警信息。村防汛责任人收到预警信号，使用终端机声光电功能和已有群测群防设备，共同组织全村有计划转移。

（5）预警广播发射机发射功率 20～50W，覆盖范围 2～5km，一般行政村、自然村基本都能实现全覆盖，实现预警信息到户。

（6）无线预警终端机 RJ-3000 的配置，可根据村里实际需求配备，包括防汛责任人、群防员、危险、偏远地点的居民等，实现预警“户户通”。

4.4 入户型无线预警广播网与原有预警设备(I ,II 型) 对接方案

A　　已建成的预警广播 I，II 型机系统

新增加入户型转发器

音频预警信号来自 I，II 型机

由转发器 T-9620ZF 编码后发射

组成覆盖全村的预警广播网

1.群测群防人员

C 新增加预警设备

2 村防汛负责人　　3 村重点防治区域　　4　村偏远，高危处居民

5 推广应用

入户型无线预警网可根据防治区地形地貌、居民分布可采取两种组网方案：

（1）方案 1：在高山区沿河村落：（自然村或行政村），配置一台预警广播发射机或转发器(可以利用已建的无线预警广播（I，II 型)，在危险区每个居民户配置一部预警广播终端，实现预警信息全覆盖。

（2）方案 2：在一般山区或丘陵地带，可使用专业预警信息推送和插播软件，实现县级监测预警平台与县（市）级调频广播发射台的预警信息共享，利用广电部门大功率发射台定向发布预警信息，在危险区居民户配置预警广播终端进行预警信息接收与播报。

可入户型无线预警广播网自 2015 年初开始先后在北京怀柔，密云区；辽宁振安区、西丰县；河南栾川、卢氏县；贵州开阳县；内蒙古呼和浩特、乌兰察布等地示范推广应用，共安装村级预警发射机 27 台，预警终端机 2700 台左右。

辽宁东港市调频广播电台，使用专用的播放软件，播放预警节目。全县 13 个乡，镇，村，蔬菜大棚等共发放预警终端机 200 台，取得良好应用效果。

云计算、物联网技术在山洪预警中的应用

陈勇生

（北京圣世信通科技发展有限公司）

摘　要：本文主要介绍了物联网和云计算的基本定义、技术架构、两者之间的关联关系以及物联网和云计算技术在当前水利行业管理方面的应用效果、前景展望以及现存的一些问题。结合现有实际生产过程中项目的整体运行效果和存在问题。本文所提出的“智慧山洪预警系统”整体结构包括感知层、传输层以及应用层，文中对每一层所需要实现的关键技术进行了相应的说明，同时也分析了在这些应用中所面临的技术难点，如业务需求的适应性问题、水利行业规范标准化问题、数据交换与共享能力问题、组织结构协调缺乏一致性问题等等，最后通过一些现有已经做的很成熟的水利行业的案例来分析这些技术在未来水利行业信息化建设中的重要作用和可预见成果。

1 引言

1.1 研究背景

我国是一个多山的国家，山区面积约占全国陆地面积的三分之二。由于我国季风气候的多样性，决定了我国降雨在时间和空间上分布的不均匀，北部地区干旱，南部地区多汛，而且汛期高度集中，导致了山洪灾害的发生比较频繁和集中，给山区人民的财产和生命安全带来了非常大的危害和损失。

为了减少因山洪灾害所带来的人员和经济损失，水利部于 2010 年明确表示，计划用 3 年的时间，全国将投资 1870 亿元特别是在山区山洪易发区，建设山洪灾害防治非工程措施项目，计划 3 年内初步建成覆盖全国 1836 个县级山洪灾害防治区的非工程措施体系，并要求逐步实现基于物联网体系下水利信息化建设和发展的智慧山洪预警模式，通过云计算技术加强水利信息化的数据分析、统计和挖掘能力，逐步提高数据的利用效率和质量程度。随着山洪灾害预警系统在灾害多发区域的逐步覆盖和完善，全国山洪灾害预警体系及智慧山洪预警系统的概念也将逐步得到完善。

1.2 研究现状

由于山洪系统涉及的地区比较分散，所采用的规范标准、开发平台、通信协议、传输线路、感应设备等各不相同，导致系统的维护和升级工作非常的繁琐，目前市场上已经出现了基于物联网和云计算技术而研发的山洪系统，但是由于涉及的地域范围相对较少、地域等级也相对单一，并没有完全地体现出物联网与云计算技术的优越性，尤其是在云计算的应用上，几乎微乎其微，还是继续沿用了传统的单一或集群服务器部署的模式，对于分布式、并发式计算应用更是缺乏应用场景，同时大量的闲置硬件和软件资源也未能得到充分的利用，耗费了大量的财力和人力成本来进行新、老资源的维护和统计，再加之中间环节各个不同集成商的介入，导致物联网中的设备选型、参数、性能等都无法得到统一和规范，这样就使得物联网并不能充分发挥出应有的作用和价值。

1.3 研究动机

山洪灾害非工程措施项目涉及的县区较多，所以无论是从软件还是硬件的投入和配置也都非常的复杂，需要投入大量的人力来进行设备的部署与调试，对于设备运行期的状态和故障发生率也未能有一个很好的跟踪和判断机制，每年的汛期都将持续将近半年的时间，汛期到来的时候对于山洪预警系统中数据的时效性要求非常高，同时还需要对这些数据进行实时的统计和分析。

基于上述现状分析来看，采用传统的开发模式已经无法满足业务的应用和扩展需求，这就需要我们采用更加贴近这种行业需求模式下的技术开发手段来实现日益复杂化的业务需求和功能需求。智慧山洪预警系统在满足现有传统山洪预警系统的基本功能外特别融合了物联网和云计算技术，针对不同的雨情、水情、墒情等采集设备，安装了传感器，针对不需要进行实时数据获取的设备我们也安装了 RFID 标签，通过预先部署好的无线网络可实现全天候的在线监测降雨信息、水库水位库容、河道水位流量、土壤含水率等实测数据信息，通过部署在无线网络中的各个节点，实现与互联网的信息传输和数据整合。

2 物联网与云计算

2.1 物联网定义

从技术上理解，物联网是指物体通过射频识别（RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，经过传输网络，到达指定的信息处理中心，最终实现物与物、人与物之间的智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种智能网络。

从应用上理解，物联网是指把世界上所有的物体都连接到一个网络中，形成“物联网”，然后“物联网”又与现有的互联网结合,实现人类社会与物理系统的整合，通过更加精细和动态的方式来管理我们的生产和生活。

2.2 物联网技术架构

从目前物联网的技术架构上来看，总体可以划分为 3 个层次：感知层、网络层和应用层。

感知层由各种传感设备以及传感网关构成，包括 RFID 感知器、RFID 标签、传感器节点、一/二维条码、多媒体信息等等。感知层就是把所有物品通过一/二维条码、射频识别、传感器、红外传感器、GPS 等信息传感装置自动采集到的与物品相关的信息，传送到网络层，完成传输到互联网前的准备工作。

网络层由移动通信网络、互联网和其他专网等组成，物联网的网络层可以理解为搭建物联网的网络平台，建立在现有的移动通讯网、互联网和其他专网的基础上，通过各种接入设备与上述网络相连。

应用层利用经过分析处理的感知数据，为用户提供丰富的特定服务，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理等等。应用层是物联网发展的目的。

2.3 云计算技术

2.3.1 基本原理

云计算可以把普通的服务器或者 PC 连接起来以获得超级计算机计算机的计算和存储等

功能，但是成本更低。云计算真正实现了按需计算，从而有效地提高了对软硬件资源的利用效率。云计算的出现使高性并行计算不再是科学家和专业人士的专利，普通的用户也能通过云计算享受高性能并行计算所带来的便利，使人人都有机会使用并行机，从而大大提高了工作效率和计算资源的利用率。

云计算是全新的基于互联网的超级计算理念和模式，实现云计算需要多种技术结合，并且需要用软件实现将硬件资源进行虚拟化管理和调度，形成一个巨大的虚拟化资源池，把存储于个人电脑、移动设备和其他设备上的大量信息和处理器资源集中在一起，协同工作。

2.3.2 体系架构

云计算的体系架构不仅仅包括应用软件层，还包括硬件和系统软件在内的多个层次。简单地说，云计算体系架构包括下图所示的三层：硬件平台层、云平台层和云服务层，也就是按照 NIST 定义中的三个服务模式：Saas、PaaS 和 IaaS。

（1）硬件平台层（IaaS 模式）：提供给消费者的服务时对所有设施的利用，包括处理、存储、网络和其它基本的计算资源，用户能够部署和运行任意软件，包括操作系统和应用程序。

（2）云平台（PaaS 模式）：提供给消费者的服务是把客户采用提供的开发语言和工具（例如 Java、python、.Net 等）开发的或收购的应用程序部署到供应商的云计算基础设施上。

（3）云服务（SaaS 模式）：提供给客户的服务是运营商运行在云计算基础设施上的应用程序，用户可以在各种设备上通过瘦客户端界面访问，如浏览器。

在实际的应用领域，云计算经常要和物联网互通互联、相互依托，利用云计算、数据挖掘以及模糊识别等人工智能技术，对海量的数据和信息进行分析和处理，对物体实施智能化的控制。云计算平台上的应用和服务是物联网的核心。

3 物联网、云计算在山洪预警方面的应用

山洪灾害监测预警系统作为“智慧水利”的组成部分，是防汛抗旱信息化支持的重要组成部分，在水利行业防汛抗旱防台业务中发挥着非常重要的作用。系统具备预警监视、响应反馈管理、雨水工情信息查询、灾害快报、下级平台运行状态监视、值班管理、权限管理等功能，通过共享服务器获取与水文、气象、国土部门提供的共享数据，同时将共享获取的数据通过汇集平台共享到下级预警平台中，通过系统的建设为山洪灾害多发地区提供监测、预警、决策、抢险、调度等全面的服务和支持。

3.1 智慧山洪预警系统

智慧山洪预警系统横向实现与气象、国土等有关部门的数据资源共享，纵向实现与中央、市级、县级监测预警平台间的互联互通和信息共享，使防汛部门能够及时掌握山洪灾害实时监测、预警、响应信息和防治情况，提高各级各部门之间 你的应急联动，最大限度地减少人员伤亡和财产损失，为构建和谐社会、促进社会经济环境协调发展提供安全保障。

系统整体基于省、市水利信息化总体应用支撑平台的基础上进行设计开发，遵循国家、行业技术标准和规范，屏蔽了复杂的底层技术，很好地实现了技术层面的统一布局及应用系

统间的互联互通与数据交换，可适应未来业务发展与变化，同时提高了应用系统开发效率。

3.1.1 设计思路

系统在开发过程中对软件的应变及扩展能力提出了相当高的要求，这就需要相对应的软件系统要有足够的灵活性来适应这种快速的变化，为了更好地满足上述要求，采用如下设计思路：

1、系统整体设计采用 SOA 架构模式，采用松耦合体系结构，使业务同服务分离、服务同技术分离，由业务驱动服务、服务驱动技术，具备良好的可移植性，支持与其他系统的数据交换和共享；

2、系统整体开发与集成基于 JavaEE 应用服务器、数据库管理系统、地理信息系统、目录服务软件、工作流引擎、消息中间件、报表组件等中间件；

3、采用 B/S 和 C/S 相结合的模式，主要以 B/S 模式为主，使用浏览器就能够完成系统的所有操作；

4、系统整体设计采用完全模块化设计，支持参数化配置，支持组件及组件的动态加载；

5、系统内部提供了有效的故障诊断工具，具备数据错误的实时跟踪和日志记录功能；

6、系统提供了完备的用户认证、授权和访问控制机制，同时支持数据库存储加密、数据交换的信息包加密、数据传输通道加密等算法，发生安全事件时，能以事件触发的方式及时通知系统管理员和相关负责人进行处理；

7、系统在满足防汛抗旱指挥系统相关标准要求的同时，也在软件升级方面进行了综合考虑，任何一个模块的维护和更新以及新模块的追加都不应影响其他模块,且在升级的过程中不影响系统的性能与运行。

3.1.2 总体架构

智慧山洪预警系统就是利用传统的山洪预警业务处理流程结合物联网、云计算技术等以更加智能和动态的方式管理山洪预警的硬件设备、软件设备以及传输线路等等，利用云计算平台的数据存储、高性能计算与数据挖掘等功能提高山洪预警系统的利用效率，改善预警产生后的事件处理的被动状态，提高远程预警监控、自动预警处理、预警实现预测的应对能力。

基于物联网和云计算技术的智慧山洪预警系统主要的建设工作还是集中在感知、传输和应用这三个层次来进行的，同时结合数据中心、服务中心、云存储中心以及控制中心等来完成智慧山洪预警系统平台的整体搭建工作。

感知层主要由与预警系统相关的采集设备，包括雨量采集器（雨量桶）、测墒仪、水位与流量监测器、流速仪、短信接收器以及在线监测仪表等设备组成。

传输层主要负责数据的传输，通过有线、无线、卫星等多种网络把从感知层采集到的各种基础信息、预警信息、气象信息、灾情信息、国土信息数据等及时、准确的传输到应用层中的云计算平台中，再由云计算平台中的云数据中心统一进行管理。

应用层，我们也称它为云计算平台，或计算中心，为了便于将数据与实际的业务区分开，

我们对应用层又进行了细化，分为数据层和服务层，其中数据层主要用来实现对数据的统一管理、统一存储及统一处理。

服务层主要是通过运用数据层提供的各种原始数据、统计分析后的数据来完成实际的综合业务需求，以达到满足用户需求，满足业务需求的目的，服务层提供的专题服务也可以根据不同的数据来源和种类进行定制，通过数据层提供的用户门户定制模板，可以很好地将数据展现到不同的用户界面上，实现汛期不同的应用场景需要。

3.1.3 关键技术

3.1.3.1 传感技术

作为智慧山洪预警系统网络主要组成部分的网络节点首先是一个传感器，目前应用较多的是无线数据采集接收机和传感器，但是这种设备信息获取容量相对较小，通过获取的数据指标进行分析的依据不充分，为了既能获取标量信息，又能获取视频、音频和图像等大量的矢量信息，可以采用无线多媒体传感器设备。作为一种全新的信息获取和处理技术，无线多媒体传感器可以非常方便地获取各种信息（包括音频、视频和图像等），同时无线多媒体传感器还可以对获取的信息进行采集和处理，利用压缩、识别、融合和重建等多种方法来处理收集到的各种信息，以满足不同用户对于预警信息的不同业务需求。

3.1.3.2 无线传感网组网技术

无线传感网节点采集到的信息要通过无线网络传送，目前的无线组网技术包括蓝牙、WLAN、超宽带和移动通信等形式。根据山洪系统信息采集点主要分布在山区和野外的特点，可以采用基于蜂窝网络的中心控制结构，例如中国电信 CDMA 网络、中国移动的 GPRS 网络、3G/4G 网络等，建议采用 3G/4G 网络，因为考虑到数据的及时性、连续性和复杂性，采用带宽好一些的网络环境能够有效保证数据的传输质量和效率。传统的组网方式是在具体的山洪系统部署部分设置分中心，连接公网并配置固定 IP 地址，由无线传感网节点直接向中心发起连接请求，该组网方式的问题在于防办用户既要维护节点传感器，又要关心节点到中心之间的通信线路稳定性，特别是在汛期的时候，节点数量很很大、尤其是在偏远山区无线网络覆盖不全的情况下，防办用户对于整个系统的维护难度非常大，工作环节也非常繁琐。

3.1.3.3 应用支撑平台

为了确保智慧山洪预警系统能够正常的运行，平台中运用了主流的技术和产品，其中有 JavaEE 应用服务器、数据库管理系统、地理信息系统、目录服务应用、工作流引擎、消息中间件、报表组件等软件资源，基于应用支撑平台的应用系统开发，一方面可以不断充实共享软件资源集，另一方面也可以不断地共享已有的软件资源，从而实现软件资源共享，减少重复开发，降低运行维护成本。智慧山洪预警系统的技术架构是基于 SOA 架构进行的设计，设计遵循国家、行业技术标准和规范，采用了松耦合的体系结构。

3.2 智慧山洪预警系统的主要功能描述

3.2.1 预警监视

预警监视功能，主要是实时监视县级平台汇集来的最新测站超警情况、政区预警情况，

各级政区的响应情况等，对辖区内最新预警情况进行汇总统计，通过多种方式提醒值班人员，以便动态掌握当前山洪灾害预警态势。

3.2.2 雨水工情信息查询

能够快速查询到防治区内的雨水工情信息。

3.2.3 预警响应灾情信息查询

查询县级平台上报汇集的预警响应信息，并进行汇总、统计分析。

3.2.4 基础信息查询

以地图和表格相结合的方式对各县上报汇集的山洪灾害基础信息进行查询展示。

3.2.5 气象国土信息查询

能够查询展示气象、国土部门提供的共享信息。

3.2.6 山洪灾害快报

能够根据最新雨水情、各县上报汇集的预警等信息，生成“山洪灾害快报”，为用户提供在线上传、编辑、浏览、下载等功能。

3.2.7 县级平台运行状况监视

省级系统可以对县级山洪灾害监测预警系统运行状况监视，功能包括：网络状况、平台软件运行状态、实时数据获取及共享情况等。

3.2.8 预警信息公告

提供最新预警信息公告、值班记录、设备状态等信息，方便值班人员快速浏览。

3.2.9 系统管理

提供用户、用户组管理、角色管理、权限管理、报警设置、后台日志管理等管理功能。

4 结束语

物联网、云计算技术是国家战略新兴技术，对国家的战略和可持续发展具有重要意义。物联网和云计算技术早已渗透到各个领域，尽快完善水利信息化网络建设，才能够保证物联网技术在水利项目管理方面有所进展。同时我们还必须清醒地认识到这些新技术本身的不成熟性、有些技术难点还有待解决，物联网在山洪预警监控和管理方面的应用还处于摸索阶段，我们应逐步推进，从规范标准、技术攻关、组网模式和严格管理方面入手研究，通过“局部试点、逐步组网”的模式来推动水利信息化进程，来逐步地将物联网和云计算技术更好地利用起来。

水利防洪防灾监测预警信息化与物联网和云计算技术的整合，可以充分发挥物联网与云计算等各类先进技术的优势，为灾害的提前预防、提前预知提供很好的技术保障和决策支撑。通过逐步的实现智慧山洪预警系统网络的建设工作，全面推进水利行业用户实现在移动互联网、物联网、三网融合等战略性新兴产业领域的创新应用，为水利行业用户寻求更为深远的发展规划，携手业界同仁共同开启美好新篇章。

一种无资料地区山洪灾害临界雨量计算方法研究

姬晶[1,2]　刘攀[1,2]　江炎生[3]　刘德地[1,2]　邓超[1,2]　李泽君[1,2]

（1. 武汉大学水资源与水电工程科学国家重点实验室，湖北武汉430072

2. 水资源安全保障湖北省协同创新中心，湖北武汉430072

3. 湖北省防汛抗旱指挥部办公室，湖北武汉430071）

摘　要：临界雨量是预警山洪灾害的关键指标。山洪灾害多发生的无资料地区，其临界雨量的确定一直是防灾减灾中的难点。根据暴雨等值线图确定出的设计暴雨与设计洪水在工程实践中已广泛应用，因此，以设计暴雨与设计洪水资料为基础，率定出水文模型参数，再根据调查确定的成灾流量，计算出该防灾对象的临界雨量。选取二水源新安江与 SCS 两种水文模型，计算了湖北省宜昌市点军区内 30 个小流域的临界雨量，计算结果表明：①提出的方法对于无资料地区山洪灾害临界雨量计算具有可行性；②基于二水源新安江模型和 SCS 模型计算的临界雨量合理且二水源新安江模型优于 SCS 模型。

关键词：临界雨量　山洪灾害　二水源新安江模型　CS 模型

河道控制断面选取对山洪成灾流量的不确定性分析

张阳阳

（武汉大学水利水电学院水文与水资源系，湖北武汉430072）

摘　要：针对山洪灾害分析评价中，不同河道断面计算得到的成灾流量不相等的问题，提出了针对根据曼宁公式确定的水位流量关系的修正方法。取上游断面、中游断面以及下游断面共 3 个断面的水力半径的均值对 3 个断面面积进行修正，进而根据修正后的断面面积并利用曼宁公式确定各个断面的水位流量关系，取各个断面成灾流量的算术平均值或者最大值作为全计算河段的成灾流量。以湖北省宜昌市点军区桥边镇集镇内桥边河部分河段为例，计算结果表明，采用各个断面修正后的成灾流量的算术平均值作为整个河道断面的成灾流量是合理的，且结果偏安全。

遥感技术应用及其他

水利部旱情遥感监测系统建设与展望

辛景峰　黄诗峰　杨永民

（1.中国水利水电科学研究院，北京100038；

2.水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心，北京100038）

摘　要：干旱是影响农业生产的主要自然灾害，遥感技术是快速、客观和大范围获取旱情信息的手段。本文介绍了全国和区域旱情遥感监测模型构建及应用条件，简述了旱情遥感监测技术流程、系统设计与开发。利用研发的旱情遥感监测系统在全国和区域范围进行了旱情监测，结果表明，全国旱情监测与国内外同类产品结果一致或优于同类产品；区域旱情监测平均精度达到 80%以上。系统具有按旬生产旱情监测产品的能力，监测结果可靠，是旱情监测的有效工具。

关键词：旱情　遥感监测　模型　系统开发

1 引言

国家防汛抗旱指挥系统工程的建设是国家防灾减灾系统工程的重要组成部分，是针对防洪抗旱形势出现的新变化和经济社会发展对水利工作的新要求而进行的一项系统工程建设，整个工程分期进行。水利部旱情遥感监测系统是基于卫星遥感图像和地面观测数据的全国和区域旱情监测应用系统，是国家防汛抗旱指挥系统二期工程的重要组成部分，负责为抗旱管理系统提供不同尺度、不同频次、不同类型的旱情遥感监测产品，使其满足日常业务运行、应急快速监测与评估的需要。

系统建设目标是针对国家对旱情监测、抗旱管理的实际需求，基于 3S 技术，构建旱情遥感监测模型，研发旱情遥感监测业务化应用系统，对全国与区域范围内的旱情进行监测评估，满足水利部防汛抗旱部门日常业务管理需要，为抗旱管理决策提供科学依据和技术支撑。

2 旱情遥感监测模型

基于监测模型特点和区域特征，研究了旱情遥感监测与自然条件和人类活动的关系，分析了旱情遥感监测模型区域适宜性，综合考虑分区、作物生育期、土壤类型等因素，提出了区域旱情遥感监测模型构建与率定方法。通过遥感反演获得各种干旱指数，再利用干旱指数与土壤含水量的关系，得到土壤含水量分布图。针对季节和区域等特点，采用不同模型组合进行区域旱情监测，利用各模型监测产品权重系数生成一张旱情等级图。

2.1 全国旱情遥感监测

在全国范围采用植被指数法、温度指数法、降水指数法和相对蒸散法实现宏观旱情监测。

（1）植被指数法监测模型—VCI：基于卫星可见光和近红外通道计算植被指数（NDVI），利用 NDVI 产品计算植被状态指数（VCI）来进行旱情监测。

（2）温度指数法监测模型—TCI：基于卫星热红外通道反演地表温度（LST），利用 LST 产品计算温度状态指数（TCI）来进行旱情监测。

（3）降水指数法监测模型—PPA：基于 TRMM 遥感降水数据，利用降水距平百分比等

方法进行全国旱情监测。

（4）相对蒸散量法监测模型—RET：基于卫星可见光和红外通道数据估算地表反照率、温度、总辐射、净辐射和显热通量等物理量，然后利用能量平衡模型计算实际蒸散量和潜在蒸散量，最后得到相对蒸散量，根据相对蒸散监测旱情。

2.2 区域旱情遥感监测

在区域范围采用热惯量、供水植被指数、温度植被干旱指数、温度植被多项式模型等方法实现省级旱情遥感监测。

（1）热惯量法模型—ATI：利用卫星热红外通道数据计算地面昼夜温差或日增温，利用卫星光学通道数据计算地表反照度，利用热惯量模型计算表观热惯量，由表观热惯量与土壤湿度的回归关系计算土壤含水量，参照土壤含水量分级标准确定旱情等级。

（2）供水植被指数法模型—VSWI：通过卫星可见光和近红外通道计算 NDVI，卫星热红外通道反演 LST，利用二者的比值计算植被供水指数，由植被供水指数与土壤湿度的关系计算土壤含水量，参照土壤含水量分级标准确定旱情等级。

（3）温度植被干旱指数法模型—TVDI：利用遥感反演的 NDVI 和 LST 地表参数提取特征空间干湿边，然后计算每个像元的温度植被干旱指数（TVDI），根据 TVDI 与土壤墒情的关系计算土壤含水量从而监测旱情。

（4）温度植被多项式模型—TVPM：建立地表参数 NDVI 和 LST 与土壤含水量的多元回归方程，利用地面实测土壤墒情数据与遥感反演的 NDVI 和 LST 进行模型参数率定，进而计算每个像元的土壤含水量。

2.3 旱情遥感监测应用条件

旱情遥感监测模型的应用和参数率定受土地覆盖类型、土壤类型、作物生育期、遥感数据源等的影响。

（1）土地覆盖类型：在裸土或低植被条件下，以热惯量模型为主，VCI 或 TVDI 为辅；在中高植被覆盖条件下，以 TVDI 或 VCI 为主，热惯量模型为辅。

（2）遥感数据：热惯量和 TVDI 方法需要热红外通道，采用 GF-5、FY-3、MODIS 等影像；VCI 等方法采用 GF-1、MODIS 等影像。热惯量模型和 TVDI 方法需要同一天遥感影像，VCI 等方法可以用多天合成影像。

（3）模型率定：VCI、TVDI、ATI、VSWI 等模型用于有地面实测土壤墒情的情况，而 TVPM 模型可用于无实测土壤墒情数据，利用历史拟合系数的情况。按分区、土壤类型、旬分别进行模型率定。

（4）旱情指标：建立热惯量、TVDI 等指数与土壤含水量的关系，最终得到土壤含水量，以土壤含水量为指标，确定干旱等级。根据优势作物种类、作物生育期、土壤质地、土层深度以及气温，用动态旱情标准划分旱情等级。

3 旱情遥感监测业务技术流程

水利部旱情遥感监测系统的主要服务对象为水利部防汛抗旱部门。根据服务对象业务需

求，旱情遥感监测系统具有常规和应急等应用服务模式，常规状态下系统提供旬旱情监测专题产品服务，应急状态下提供日级旱情产品信息服务。水利部旱情遥感监测业务应用系统技术流程（图 1）如下：

（1）遥感数据处理：从遥感影像数据库中获取原始遥感影像，并进行辐射校正、大气校正、几何纠正、裁剪、拼接、批处理等预处理，获得具有物理意义的地表反射率、辐射值等影像图像；然后根据旱情遥感监测模型的需要，生成地表参数指标数据；

（2）地面观测数据处理：从防汛抗旱综合数据库中获取监测区域的土壤墒情、气象、水文等观测数据；

（3）旱情遥感监测：采用研制的旱情遥感监测模型，开展旱情监测和分析，并按照旱情等级标准、预定地理框架、地图整饰规范等制作旱情遥感监测产品；

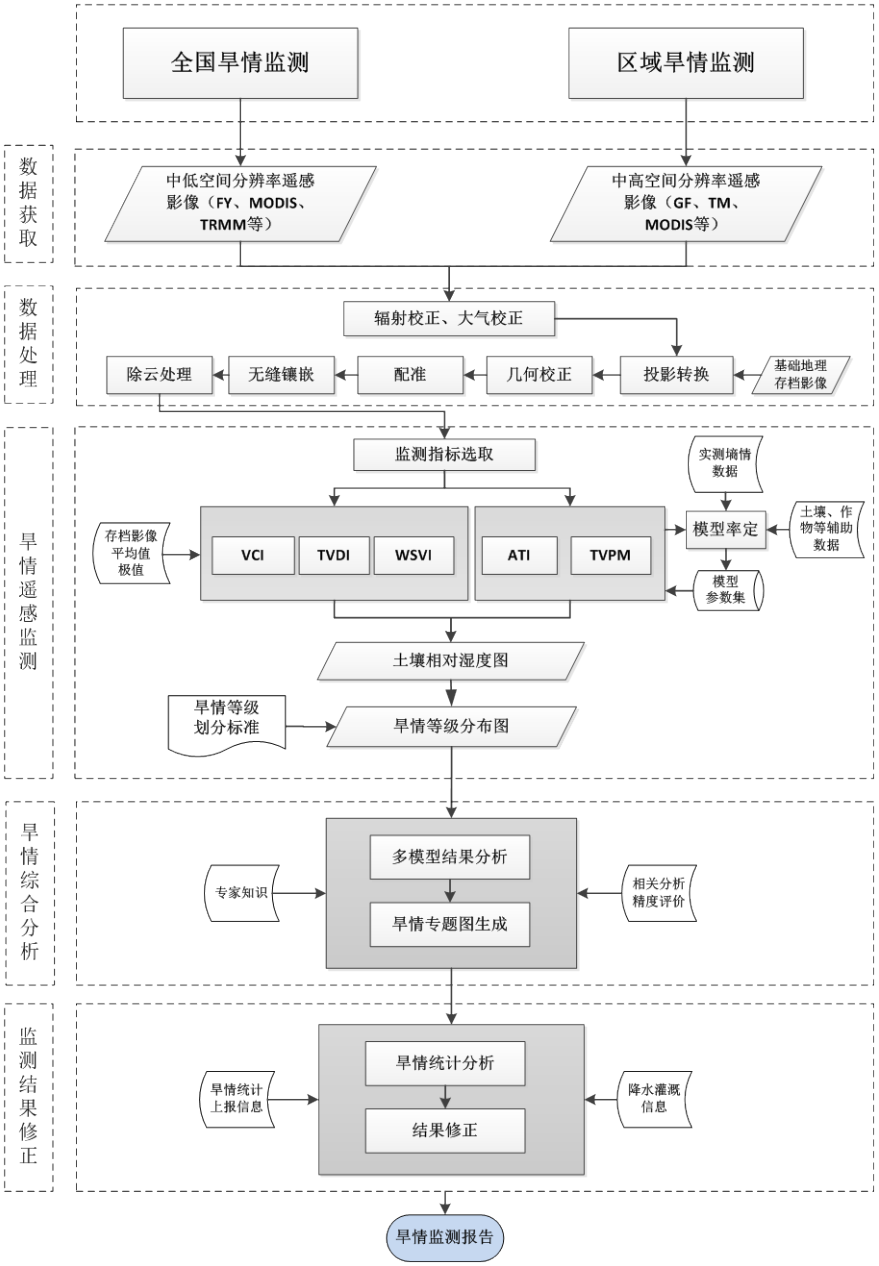


图 1　技术流程

（4）旱情综合分析：分析不同模型干旱指数与实测土壤墒情、反演土壤湿度与地面实测值的相关性；利用地面实测土壤墒情，对不同模型算法得到的旱情监测结果进行精度评价；针对作物生育期、地域等特点，根据模型率定线性拟合相关系数，等级精度，结合专家知识进行综合分析评判，按权重系数进行合成得到一张旱情等级图。

（5）监测结果修正：基于耕地图、作物分布图，统计耕地、作物受旱面积；对比旱情统计上报数据，并参考降水灌溉信息，利用动态旱情监测标准对监测结果进行修正，最终生成旱情等级图和监测报告。

4 旱情遥感监测系统设计与开发

4.1 系统设计

水利部旱情遥感监测系统包括 5 个子系统，除旱情产品管理与发布子系统采用 B/S 模式外，其他 4 个子系统均采用 C/S 模式实现。每个子系统由多个功能模块组成，如图 2 所示。

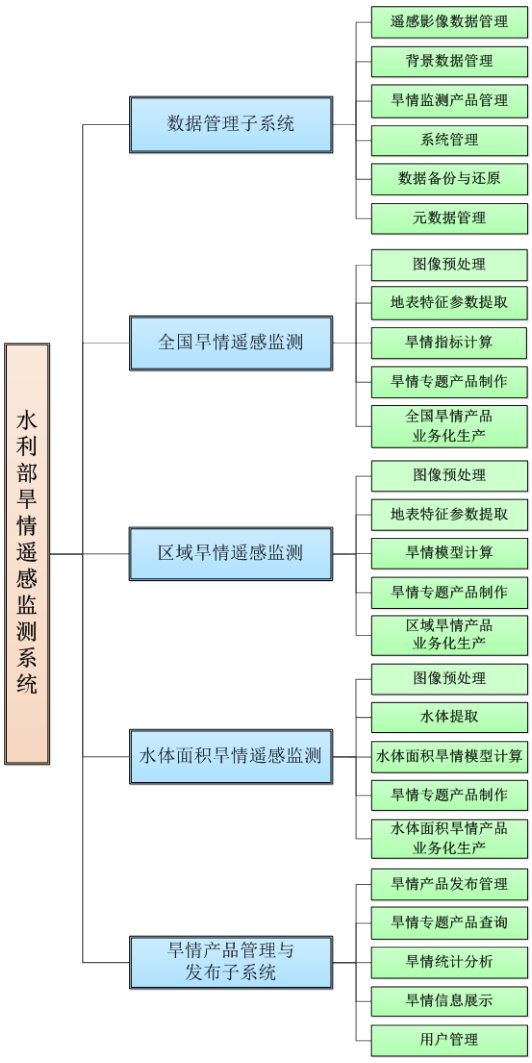


图 2　系统功能模块设计

数据管理子系统负责实现对水利部旱情遥感监测系统涉及的相关数据进行管理，包括遥

感影像数据、背景数据、旱情遥感监测分级产品和元数据等。

全国旱情遥感监测子系统利用 MODIS、FY 等中低分辨率遥感数据产品，在数据预处理基础上，调用全国旱情遥感监测模型、旱情等级划分等功能模块，实现全国范围 500m~1km 尺度每旬常规旱情遥感监测，并基于监测结果生成栅格图、表、报告等格式旱情监测专题产品，为宏观掌握全国旱情总体情况提供信息支撑。

区域旱情遥感监测子系统以中高分辨率遥感数据为主，以低分辨率遥感数据为辅，结合气象、水文的地面观测数据、遥感解译土地利用、作物种植结构等，调用典型区域旱情遥感监测模型，得到干旱监测指数、土壤含水量和干旱等级图，套合耕地、作物类型图，统计分析受旱面积，实现重点受旱区的农业旱情遥感监测，为更全面、细致地掌握区域旱情总体情况提供信息支撑。

水体面积旱情遥感监测子系统获取研究区覆盖干旱发生过程的多期影像，同时对应选取历史同期的多期影像，经过遥感图像预处理后进入水体提取模块，在计算机自动提取水体的基础上对提取结果进行后处理，得到多期区域水体分布图，分别统计水体总面积和多年平均值，在此基础上计算区域水面积距平参数，根据水体面积变化率及地表水量等评估旱情。

旱情产品管理与发布子系统采用 B/S 模式实现，部署在服务器端，用户通过浏览器访问系统。系统管理员在服务器端实现旱情遥感监测产品的发布管理操作，用户在浏览器端注册后则通过访问系统获取权限范围内的旱情监测产品查询、旱情统计分析、可视化展示等功能。

4.2 系统开发

系统采用 B/S 架构和 C/S 架构结合的方式进行研发，业务查询检索归档部分采用 B/S 架构实现，数据预处理、参数反演、旱情监测等功能采用 C/S 架构，两者都分别采用多层的体系结构，通过基于构件的开发组合完成系统的构建开发。对于 B/S 部分和信息服务部分采用 Java 语言实现，采用 Eclipse 进行开发；C/S 部分采用 C#/C++作为开发语言，采用 Microsoft Visual Studio 2010 作为开发环境。以 ESRI 的 ArcEngine10.2 作为 GIS 平台，采用 UML 作为系统建模语言，采用 Visio 作为面向对象分析与系统建模工具。系统测试按 RUP 的软件开发管理模式中测试流程和规范，采用 IBM 的 Rational 系列软件作为测试工具和缺陷管理软件。图 3 为旱情遥感监测系统的旱情产品管理与发布子系统。

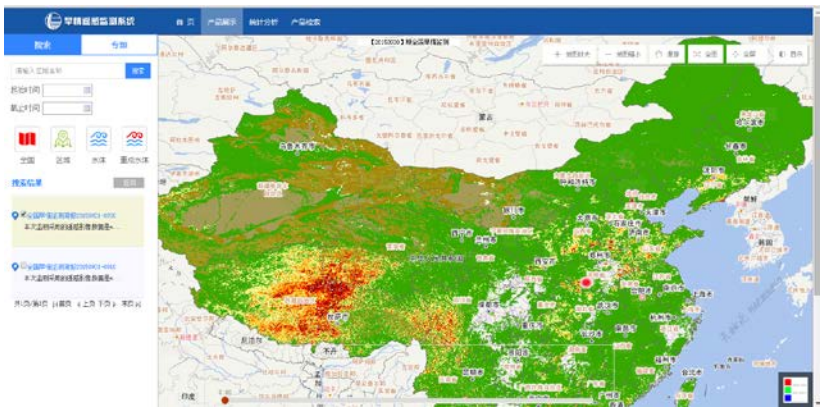


图 3　旱情遥感监测系统

5 系统应用分析

5.1 全国旱情监测

基于研发的旱情遥感监测系统对 2015 年全国旱情进行了宏观监测（图），并与国内外同类旱情监测产品进行了对比分析。结果显示，与国家气候中心干旱产品对比，二者在旱情空间分布上比较一致；与美国 NOAA STAR 产品对比，由于 NOAA STAR 的产品没有进行除云处理，且卫星遥感数据未进行大气校正，造成局部地区的监测结果不可靠；与联合国 FAO GIEWS 产品对比，二者监测结果较为一致。图 4 为 2016 年 3 月中旬全国旱情遥感监测图。

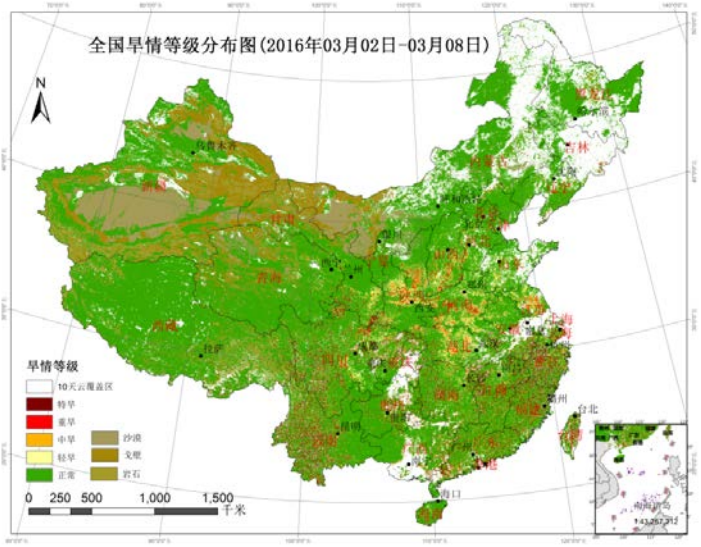


图 4　全国旱情遥感监测

5.2 区域旱情监测

在山东省从 2010 年到 2014 年共开展 22 次遥感监测，旱情等级平均精度达到 80.23%；在安徽省 2013 到 2015 年供开展 18 次遥感监测，旱情等级评估平均精度为 88%。图 5 为山东省和安徽省旱情遥感监测图。

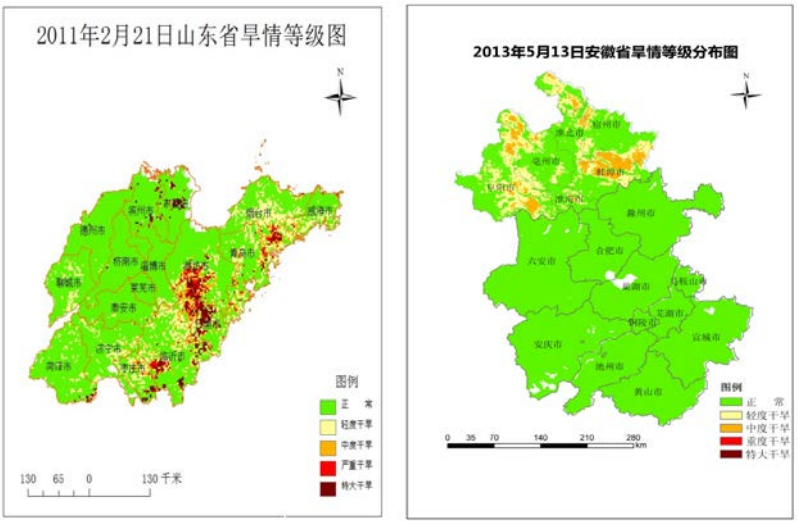


图 5　区域旱情遥感监测

6 展望

水利部旱情遥感监测系统的应用，可以客观、快速、准确地获取全国旱情信息，了解受旱区域、受旱面积以及旱情等级，利于掌握抗旱减灾的主动权，提高抗旱效率，推进抗旱管理业务信息化发展。

水利部旱情遥感监测系统的运行将为各省（市、区）提供技术服务、旱情遥感监测产品服务。各省将参照水利部旱情遥感监测系统，针对当地特征定制旱情遥感监测系统。省级旱情遥感监测系统的建设将提高各省旱情监测业务化水平，为抗旱减灾决策提供技术支撑。

随着遥感技术的快速发展，卫星数据的不断丰富，监测模型的逐步完善，遥感监测能力的持续增强，旱情遥感监测的时效、精度、质量和可靠性将极大提高，将促进旱情遥感监测应用的快速发展。

7 结语

遥感数据由于受大气变化、传感器稳定性以及参数反演模型简化等的影响，遥感监测结果可以客观反映空间分布规律，但与实际真值可能存在偏差，监测结果与地面实测墒情数据以及统计资料相结合显著提高旱情监测精度。

由于季节、作物类型、气象条件、土壤类型以及区域不同，农作物对土壤水分的需求以及抗旱性能不同，按土壤墒情评估旱情状况的旱情等级标准各异，因此，应根据优势作物种类、作物生育期、土壤质地、土层深度以及气温等进行标准修正，用区域动态旱情标准划分旱情等级。

旱情监测模型受地域、地形、季节、土壤、气象等因素影响，应根据当地特征构建旱情监测模型以及模型率定。旱情遥感监测系统具有按旬生产旱情监测产品的能力，监测结果可靠，可以满足旱情宏观监测的要求，是旱情监测的有效工具。

建议优化地面墒情站点的布局和数量，针对遥感监测的需求，考虑土壤类型、灌溉条件、覆盖类型等因素，增设站点，提高样本的代表性。建议加强旱情监测指标与模型验证工作，

提高旱情遥感监测的精度。

参考文献

[1] 《国家防汛抗旱指挥系统二期工程初步设计指导书》，水利部国家防汛抗旱指挥系统工程项目建设办公室、水利部水利信息中心，2011 年 3 月。

[2] 《国家防汛抗旱指挥系统二期工程抗旱业务应用系统初步设计报告》，水利部水利信息中心，2013 年 7 月。

[3] 《全国抗旱规划》，中华人民共和国水利部，2011 年 11 月。

[4] 水利部行业标准《旱情等级标准》（SL 424-2008）。

[5] 水利部行业标准《实时雨水情数据库表结构与标识符》（SL 323-2011）。

[6] 《国家防汛抗旱指挥系统二期工程-水利部旱情遥感监测系统建设》项目实施方案，中国水利水电科学研究院，2015 年 4 月。

[7] 《国家防汛抗旱指挥系统二期工程-水利部旱情遥感监测系统建设》项目需求分析报告，中国水利水电科学研究院，2015 年 5 月。

[8] 《国家防汛抗旱指挥系统二期工程-水利部旱情遥感监测系统建设》项目规格说明书，中国水利水电科学研究院，2015 年 8 月。

无人机遥感系统在黄河冰凌监测中的应用

邓宇　李书霞　赵苏磊

(黄河水利科学研究院，河南郑州450003)

摘　要: 冰情监测是防凌决策、水资源优化调度、水工程运行管理的关键环节。随着相关学科的不断发展,现代科技对数据质量要求越来越高，传统方法已经不能满足冰情监测的实际需求。本文采用无人机航测方式, 利用其安全高效、人力成本低,时间快，可迅速发现凌汛险情及堤防病害等特点,对黄河易发凌汛险情的内蒙古河段进行了多架次的航测。研究结果表明,所采用的中遥 II 型无人机较好地实现了在复杂环境下的航测过程，冰情数据结果全面、准确，为黄河凌汛险情的预测预报提供了参考，为确保黄河防凌安全发挥了积极作用。

关键词：无人机　冰　监测　黄河

1 概述

目前，黄河内蒙古河道防凌形势严峻。一是河道排洪能力不足，上游水库调蓄及沿黄引水增加，使水沙条件恶化，内蒙古河道主槽淤积萎缩，河道过洪能力显著降低；二是防洪工程薄弱，堤防基础质量差、标准低，并且龙羊峡、刘家峡水库离内蒙古河道太远，缺乏有效的控制性工程；三是防凌非工程措施不完善，冰凌运动规律未很好掌握，缺乏必要的信息化保障，防凌预案可操作性不强，黄河上游省区缺乏专业抢险队伍，冰坝应对措施不落实，防凌调度矛盾多、难度大。频发的凌汛灾害给沿河两岸人民生产生活带来了巨大的损害,严重影响和制约了地区经济社会的发展,当务之急是一方面要加强河防工程的达标能力,提高防御能力,另一方面要寻求应对突发险情的办法,预防和缓解凌灾给沿河两岸带来的损害。

凌汛灾害一旦发生,则需要及时获得相关凌情信息，快速、机动的获取河段的高分辨率影像数据，甚至需要提供大角度全面流凌演进过程，为实时会商决策提供有效依据。所有这些信息资料的取得都是目前黄河防汛遥感监测的重点及难点。采用无人机对凌汛进行遥感监测，不仅改变了由地面人员目视凌情的传统方式，而且提高了排除险情的安全性、实时性、准确性和高效性[1]。通过采用无人机对黄河内蒙古河段进行凌情应急遥感监测，对凌区冰情影像进行航测，可以准确掌握黄河内蒙古河段凌情及冰灾位置，为分析凌情提供快速有效的影像数据，同时，为有关部门科学评估、正确决策提供重要依据，提高了黄河防汛决策的主动性，为排除黄河凌汛险情提供了技术支持。

2 无人机性能及参数

本次对黄河凌汛期进行应急监测选用的是由中科院遥感所自主研发的专业航空遥感应用平台，其具有超强的任务荷载能力、续航能力以及可靠的安全性能，可搭载专业数码相机、多光谱 CCD 相机、高清摄像机、红外传感器、测量型 GPS、实时传输设备等航测遥感设备，并适宜滑跑、弹射起飞，滑跑、伞降降落。从 2006 年至今，中科院遥感所相继研发了中遥

I 型、II 型、III 型、IV 型及 V 型无人机。中遥系列无人机已多次成功应用在应急救灾事件中，如下图 1 所示。

图 1　中遥系列无人机

本次采用的是中遥 II 型无人机执行防凌任务，具体参数指标如下表 1。

表 1 中遥 II 型无人机参数

项　　目	参　　数	项　　目	参　　数
气动外形	拉进式后三点部局	翼　　展	2.6 米
机　　长	1.8 米	机　　高	0.5 米
机翼面积	0.9 平方米	载荷仓容积	0.6 平方分米
最大起飞重量	14 公斤	空　　重	11 公斤
螺旋桨直径	0.6 米(20x10)	最大燃油储量	3.0 升
最大空速	140 公里/小时	最大任务载荷	4 公斤
最大飞行高度	海拔 3500 米	巡航空速	100 公里/小时
最大海平面爬升率	5 米/秒	最大过载	4.5G
航　　程	150 公里	航　　时	1 小时 40 分钟
燃油消耗率	22 毫升/分钟	标准作业航程	110 公里
发动机巡航转速	5800-6000 转/分钟	巡航抗风能力	13 米/秒
发动机最高转速	7000 转/分钟	起降抗风能力	5 级

截至目前为止，中遥 II 型机是市场保有量很大的一款机型。中遥Ⅱ型机 15 分钟完成拆装，机身大部分采用航空专用材料，重量轻，抗压强度高，携带极为方便，只需一个机箱就能装下整个机体设备，是航测作业单位选用的性价比最高的一种机型。目前应用的行业有地矿、林业资源调查、水利环境普查、抗旱应急救灾、电力线路巡检等多个方面，其机型如下图 2 所示。

图 2 中遥 II 型无人机

中遥Ⅱ型机具有以下几个特点：a.稳定性：成熟的稳定气动布局，具备优异的安定性及可靠性；b.安全性：具备滑翔能力和伞降保护功能，经过大范围作业检验；c.应急性：全机身拆解、国际标准航空接口，15 分钟完成拆装；d.便利性：运输、维护、安装容易，具备机动、快速的响应能力；e.运营成本：标准化工程应用成果，运营费用低廉。

3 黄河凌汛期无人机凌情监测

3.1 航线概况

本次无人机航测区域主要在黄河内蒙古河段，时间在 2013 年 3 月初，测区范围为： 北纬 40°37'，东经 108°45' 至 北纬 40°30'，东经 109°45'，一共完成 3 个架次的飞行航拍任务。地面分辨率为 0.2m，实际作业的地面分辨率在 0.15m 左右。设计的旁向和航向重叠度为 65%和 35%。

3.2 冰凌图像数据处理

根据无人机航测数量多、相幅小，畸变大等实际特点，无人机遥感影像获取之后，要进行快速的质量检测,以免因不能及时发现问题而导致返工、复飞等问题[2-4]。UAV-correct V1.0 无人机软件是中科院遥感所针对无人机数据快速预处理需求自主研发的软件，具有快速处理、畸变改正、快速拼接等特点。主要包括两大功能：第一、航测质量快速检查功能，例如重叠度、旋偏角等，并自动形成索引图、自动进行打号、生成相关统计表；第二、影像快速预处理功能，包括读取相机参数，按输入及输出目录自动批处理原始数据，快速进行影像的畸变差改正、快速拼接，形成应急指挥图。数据处理的具体流程图如下图 3 所示，完成后的拼接效果图见下图 4、5 所示。

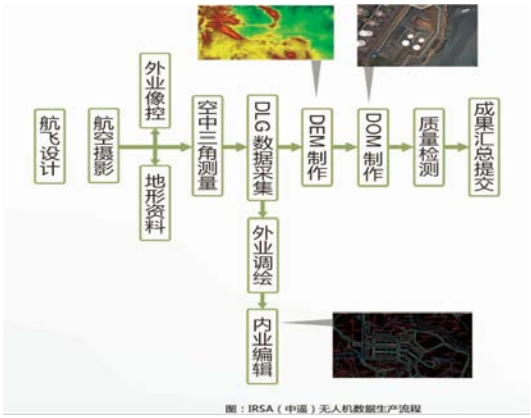


图 3 无人机数据处理流程图

图 4 第一架次航拍拼接图

图 5 第三架次航拍拼接图

通过对航测图像的拼接，实现了对黄河凌汛期易发险情河段的应急监测，从全局的角度对该河段的凌情现状进行了及时地了解。从图 4-5 中可以清晰地看到，2013 年黄河在开河期开河平稳，冰盖体在时间上呈现从主流区向岸边逐渐消融的变化规律，即冰凌以“文开河”为主，未发现有冰塞、冰坝等疑似险情。分析其原因，主要是由于 2013 年上游来水流量控制比较稳定，加之 2013 年 3 月份气温偏高，内蒙古河道开河比往年提前了十天左右，而且是主河槽先开，水位比封河缓降。因此，滩冰会推迟回归主槽，流凌密度会减小，形成堆冰的机遇也减小。

4 结论

黄河凌情复杂多变，且难以预测。本文通过对中遥 II 型无人机相关性能及参数的介绍和分析，将其应用到黄河凌汛期的应急监测中，通过对监测数据的处理和分析，及时地了解

了黄河河道内冰凌的现状，为预防预报冰凌灾害提供了新的技术支撑，总结如下：

（1）使用无人机遥感系统可获取黄河河道内的高分辨率影像。无人机飞行速度较快，抗风能力强，可以沿黄河堤防两岸或主河道设置自主航线，一个来回获取覆盖河道及近岸范围空间的高分辨影像。

（2）小型无人机携带非常方便,到达一定区域后将其放飞，人员可以在安全地域内操控其飞行。无人机的使用,将会大大地降低防汛人员承担危险工作的风险概率和提高工作效率。此外，无人机还有起降灵活，成本较低，安全性高，实效性好等优势。

（3）无人机航拍图像或视频远程监测技术，可以实现对黄河冰凌形成过程的应急监测和预报，为黄河内蒙古防凌减灾提供技术保障。

（4）针对未来可能发生的黄河凌汛险情，将加大黄河凌汛期无人机的航测时间与航测次数，总结相关经验，使其更好的发挥防凌减灾的作用。

参考文献

[1] 高珍，邓甲昊，孙骥，等.微型无人机图像无线传输系统的发展现状及其关键技术[J].科技导报，2007，25(16)：68 - 72.

[2] 蒋文丰,万永伦.无人机数字视频图像传输技术[J].电讯技术，2011（8）: 36-40

[3] 赫罡，张玉琢，李江红. 基于边缘提取的无人机图像定位方法研究[J].测控技术，2004（7）：77-79.

[4] 刘荣科,张晓林. 无人机载图像实时传输方案的研究[J]. 北京航空航天大学学报. 2002(02),208-212.

黄河遥感影像库建库模式分析与实现

刘道芳 何厚军 李胜阳

（黄河水利委员会信息中心，河南郑州450004）

摘　要：本文在分析黄河遥感影像库建设需求和数据类型的基础上，提出了黄河遥感影像库的建库模式为：文件加数据库系统的建库模式和基于镶嵌数据集的建库模式。在此基础上，提出了黄河遥感影像库建设的关键技术，即影像“空洞”处理技术和元数据信息自动入库技术。最后，对黄河遥感影像库的建设与应用情况进行了阐述。

关键词：影像库　建库模式　黄河

1 引言

随着遥感技术的发展，遥感在黄河防汛减灾中得到广泛应用。随着中高分辨率数据在日常监测中大量应用，遥感影像数据以几何级数般速度增长，数据越积越多，对高效管理共享海量影像数据带来很大的考验。同时，随着“数字黄河”工程建设，各防汛应用系统对遥感影像需求量日益增加。如何建设黄河遥感影像库系统，管理海量遥感影像数据，并及时为各防汛系统提供遥感影像服务，成为黄河遥感影像管理中一项重要任务。

2 遥感影像库建设需求

（1）数据管理及维护的需求

黄河遥感数据类型多，数据量大，管理维护任务量大。这些数据是防汛工作的重要资料，既需要保证安全，又需要方便应用。只有建设黄河遥感影像库，才能将遥感数据科学管理起来，方便查询检索。

（2）数据共享的需求

在黄委系统，各个防汛单位根据不同的项目需要，采集了多种遥感数据。虽然黄委在这些年在数据共享方面做了很多努力，但是数据共享问题还是满足不了生产需要。一些防汛遥感数据仅限项目内部使用，没能充分发挥遥感数据的作用。为了扩大遥感数据的使用范围，需要建立一个基于遥感影像元数据的统一的数据信息发布平台，使得各个数据需求单位及时、准确、详尽的了解现有的防汛遥感数据情况，避免数据的重复购买、重复处理，提高数据的应用水平。

（3）影像服务的需求

在数据共享中，一些应用系统其实并不需要原始遥感数据，只是需要处理好的影像产品。在这种情况下，为其他应用系统提供影像服务接口，使得“数字黄河”中其他应用系统可以安全、方便地使用遥感影像数据库系统提供的各种服务，可能是一种更好地选择。

3 遥感数据类型分析

黄委防汛遥感监测中，广泛使用了 TM、SPOT、RADASASAT、MODIS、COSMO、REPIDEYE 等数据，分辨率从 0.5 到 1000 多米。根据建库的需要，将黄河遥感数据分为以

下几类：

（1）原始数据

原始数据是黄河遥感中心从数据供应商处采购或从网络上下载的数据。原始数据主要采用文件夹或压缩包的形式存放，每景数据存储为一个文件夹或压缩包。不同类型的遥感数据存储格式可能不同，如 SPOT5 采用的是 dimap 格式，RADARSAT-1 采用的是 ERS CEOS 格式。原始数据包括元数据信息和数据本身。

（2）校正后的多波段遥感数据

原始数据经过几何校正或正射校正后的数据为校正数据，一般带有比较精确的地理坐标，可以进行影像叠加套合，能够为信息提取、图像分析提供数据支持。校正数据一般采用 GEOTIFF 或 IMG 格式存储，可以直接提供给用户使用。

（3）影像产品

校正后的数据保留了原始数据的全部波段，没有经过增强处理，图像的亮度颜色一般不能满足用户浏览需要。为了增强遥感图像的显示效果，需要从校正数据中选择相应的 RGB 波段，进行彩色合成、匀光匀色、拉伸增强处理，达到较好的视觉效果后生成影像产品，建立影像金字塔后可以直接提供给应用系统作为影像底图使用。

4 黄河遥感影像库建设模式分析与选择

目前遥感影像数据管理方式主要有：基于文件的管理方式、基于文件加数据库系统的管理方式、关系型数据库管理方式、镶嵌数据集等。

根据黄河防汛信息化对遥感数据的需求，单一的数据管理模式都难以满足需要。为了满足黄河防汛遥感数据管理、应用系统共享的需要，我们拟采用文件加数据库系统及镶嵌数据集两种管理模式。

（1）文件加数据库系统存储管理模式

原始遥感数据主要包括两类数据：元数据和原始遥感影像数据。元数据是日后进行数据处理及数据研究的重要参考数据，需要存储在数据库中。由于原始影像数据是非结构化的数据，采用文件方式存储比较合适。为了节省存储空间，需要对原始影像数据的全部文件进行压缩存储。

文件加数据库系统存储管理模式采用文件系统存储非结构化的原始遥感影像数据，使用数据库系统存储结构化的遥感影像元数据，包括数据分辨率、时间、数据类型、卫星类型、存储文件路径等。这种管理模式结合了文件系统和数据库系统的优势，既能存储和管理大规模原始遥感影像，又便于通过元数据对数据的查询和使用。这种模式比较适合黄河原始遥感影像数据的管理问题。采用文件加数据库系统存储管理模式，可以通过应用系统将元数据信息发布出去，用户通过元数据信息，可以全面了解数据状况，根据用户权限，下载使用原始数据，为数据的管理及分发提供了有力支持。

（2）镶嵌数据集数据存储管理模式

为了满足应用系统调用遥感影像的实际需求，对于校正后的遥感数据，采用镶嵌数据集

的数据管理模式。镶嵌数据集是由 ESRI 公司在 ArcGIS 10 中新增的影像数据模型。该模型是管理和显示大规模遥感影像的理想模型。

镶嵌数据集具有以下特性：

①影像动态镶嵌。通过动态镶嵌技术，可以近乎实时的速度完成传统影像管理中的影像镶嵌过程，并可达到相同的镶嵌效果。

②影像实时处理。影像实时处理技术是一种按需进行影像动态处理的技术。它能够让用户以近似实时的速度得到影像处理结果。通过实时处理技术可以实现遥感影像的几何处理和辐射处理，并减少冗余数据。

③影像服务共享。利用镶嵌数据集管理的遥感影像可通过 Web 服务的方式进行共享（需要使用 ArcGIS for Server，Image Server Extension）。用户无须安装客户端组件和程序，即可通过网络快速访问共享的影像数据，从而实现大规模遥感影像的企业级访问。通过使用动态镶嵌和实时处理技术，用镶嵌数据集建立影像库的速度得到了质的提升。

当利用镶嵌数据集来管理遥感影像数据时，它仅在空间数据库中建立影像索引，不会拷贝或者改变原有的影像数据。镶嵌数据集充分发挥了存储系统和数据库系统的优势，具备管理大规模遥感影像的能力。

5 关键技术

（1）影像“空洞”处理技术

在防汛影像库建库之前，需要对遥感数据进行预处理，提高影像的地理位置精度和显示效果。遥感影像在处理过程中会形成黑边，即零值区域。在应用系统中引用影像产品数据库作为影像服务的时候，需要将零值区域透明化。由于影像在采集及处理的过程中，影像内部的暗目标如水域阴影等也可能是零值，但影像内部的零值是有效值。因此在透明化零值过程中，影像内部的零值也被透明了。透明后的影像内部呈现一个个的“空洞”，造成影像显示失真。为了避免影像出现“空洞”，需要对影像内部的零值区域进行处理。其基本原理是，计算机自动寻找影像内部的零值区域，自动在零值像元上增加一个灰度值，这样在透明化的过程中，影像内部的暗目标显示正常。

（2）元数据信息自动入库技术

元数据是遥感影像重要的描述数据，是数据查询检索的依据。大量的元数据若全部采用人工录入的方式进行入库，工作量大，容易出错。为便于元数据入库，需要开发基于不同遥感数据的元数据读取程序。其基本思路是，开发基于不用元数据文件类型的数据读取接口程序，自动读取对应的元数据信息，导入数据库。对于需要人工录入的信息，事先建立查找表，通过选择的方式录入，统一数据录入内容，方便元数据管理查询。

6 黄河影像库建设与应用

黄河遥感影像库分为原始影像库、校正影像库和影像产品数据库，分别存储原始数据、校正数据和影像产品数据。

为了提高原始影像库中元数据录入效率，设计开发了基于不同数据类型的元数据读取程

序。针对不同的数据类型，自动读取元数据文件的元数据信息，并自动导入数据库中。对于校正后的遥感数据及影像产品，设计了数据录入 GP 工具。通过选择录入数据源，选择填写必要的数据信息，如数据日期、数据类型等信息，可以实现校正后数据的快速入库过程。

黄河遥感影像库在黄河凌情遥感系统、黄河下游调水调沙遥感监测等系统中得到广泛应用。通过遥感影像库检索到的遥感影像产品，可以实现多种模式的对比显示分析，包括多幅成果叠加显示、卷帘对比显示、多幅排列对比显示、横幅对比显示、竖幅对比显示等功能。

7 结论

黄河遥感数据种类繁多，需求复杂，单纯的影像管理模式难以满足需要。只有根据实际需求，建立综合的遥感数据管理模式，才能满足遥感数据管理及应用系统的需要。文件加数据库系统及镶嵌数据集的管理模式符合黄河遥感影像管理需要，数据预处理、元数据信息自动入库技术解决了黄河遥感影像建设中遇到的问题。随着治黄信息化的发展，随着遥感影像管理技术的进步，黄河遥感影像管理技术也将随着需要不断更新，才能满足治黄业务需要。

参考文献

[1] 李宗华，彭明军.基于关系数据库技术的遥感影像数据建库研究[J].武汉大学学报(信息科学版),2005(2).

[2] 黄杰,刘仁义,刘南等.海量遥感影像管理与可视化系统的研究与实现[J]. 浙江大学学报(理学版),2008(6).

[3] 乔保军,张谦,余涛等. 基于 Oracle GeoRaster 的对象-关系型遥感影像库设计与实现[J].微计算机信息,2012,28(10).

[4] 张畅,刘强,戴昌礼等.大规模影像数据库的设计与实现[J].测绘科学,2010,35(3).

[5] 董杰,黄炎,董平.基于镶嵌数据集的大规模遥感影像管理研究[J].红外,2012,33(10).

遥感技术在黄河防汛中的应用

何厚军 马晓兵 刘学工 马浩录 刘道芳

（黄河水利委员会信息中心，河南郑州450004）

摘　要：自 2002 年首次启用遥感技术监测黄河凌情以来，连续 13 个年度有效地跟踪了黄河封河河段的凌情发生、发展和消退的全过程，为黄河防凌决策部门及时了解黄河凌情动态开辟了新的途径。在总结河道冰凌信息解译技术和黄河凌情遥感监测标准流程的基础上，阐述了遥感技术在防凌日常跟踪监测、高分监测、应急监测等方面的主要应用、取得的效果和存在问题，提出了黄河凌情遥感监测未来发展方向。

关键词：黄河　凌情　遥感技术　监测

1 引言

黄河洪水按其成因可分为暴雨洪水和冰凌洪水两种类型。暴雨洪水主要来自中游地区和上游兰州以上地区，洪水发生时间为 6～10 月；冰凌洪水主要发生在黄河下游及上游宁蒙河段，黄河下游多发生在 2 月，宁蒙河段多发生在 3 月。冰凌洪水峰低量小、历时短、来势猛、水位高，防守难度大。

人民治黄以来，党和国家高度重视黄河防洪治理，始终把保障黄河下游防洪安全作为黄河治理的首要任务。经过 60 多年的不懈努力，初步形成了以中游干支流水库、下游河防工程、分滞洪区的中游干流水库、下游河防工程、两岸滩地放淤和河道挖河疏浚的“拦、排、放、调、挖”泥沙处理和利用体系，同时，还加强了防洪非工程措施建设和人防体系的建设。依这些工程措施和沿黄广大军民的严密防守，取得了半个多世纪伏秋大汛不决口的辉煌成就，扭转了历史上频繁决口改道的险恶局面。在保障黄河下游防洪安全的同时，也加强了上中游干流及主要支流的治理，并初见成效，大大减少了水患灾害。虽然黄河治理取得了巨大成就，但黄河是一条河情特殊、极其复杂难治的河流，下游“二级悬河”加剧，“地上悬河”形势严峻，冰凌洪水峰低量小、历时短、来势猛、水位高，防守难度大。

科学有效地进行洪水监测是防洪救灾的重要基础，而遥感监测以其速度快、时效性强、视野广阔等特点逐渐成为现代洪水监测中的主要手段，为防洪决策抗灾救灾做出重大贡献。

水文断面观测和现场巡视是目前掌握河道冰凌封河情况的主要方法，由于凌汛期天气条件恶劣、黄河河道宽且凌汛期冰封前后河面变化大造成人工观测有视距、视野等多方面的局限性，凌情信息采集往往难以满足防凌决策需求。利用遥感技术的探测周期短、实时性强、可大面积同时观测等特点，采取快速、直观、实时、全面、宏观的观测方法，及时跟踪监测凌情、凌汛的发生、发展概况并进行灾情估算，为黄河防凌工作提供了一个更加高效、快捷的科技支撑[1,2]。

2 河道冰凌信息解译技术研究

2.1 冰雪光谱一般特性

冰雪的光谱特性是解译的主要依据，冰雪在可见光波段有着很强的反射率，在蓝光波段

0.49μm 附近有一个反射率高达 80%以上的反射峰，几乎达到全反射，之后随着波长的增加反射率会快速减少，如图 1 所示，在可见光区，冰雪的反射率仍保持在 50%以上的反射率，在单波段的灰度图像上表现为白色；在近红外波段，冰雪的反射率继续下降，一直会降至 20%左右[3]。

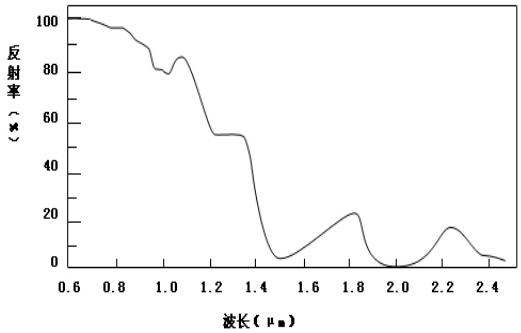


图 1 冰雪的光谱反射率

2.2 河道冰凌检测算法适应性研究

（1）归一化积雪指数（NDSI）

NDSI 运用了冰雪在可见光部分，尤其是蓝光部分具有极高的反射率；在近红外波段，冰雪的反射率加速下降，且反射率很低这一光谱特性来区分河道中的冰雪及其他地物的。NDSI 通过冰雪在 MODIS 数据中第 4 波段（0.545-0.565μm）和第 6 波段（1.628-1.652μm）的反射率计算得到[4]:

$$NDSI = (R_4 - R_6)/(R_4 + R_6)$$

实验表明，NDSI 对完全被冰雪覆盖的像元能准确识别和提取，而对部分被雪覆盖的像元则不能完全准确地提取，这会导致对检测结果的误差，并且在一定程度上会造成冰雪与水混分的问题，这些都是目前运用 MODIS 资料检测冰雪所需要探索的问题。

（2）光谱解混法技术应用研究

黄河凌汛期，水体以冰和水两种形式存在于河道内，获取河道内冰、水的比例是冰凌监测的主要内容之一。光谱解混技术可以根据遥感影像像元各波段的反射率来估算像元内各地物的比例，适用于冰凌检测。端元获取是光谱解混技术的关键，一般采用像元纯度索引（PPI）、逐次最大角凸锥体(SMACC) 等方法进行光谱解混冰凌检测方法研究。

PPI 方法端元选取利用 PPI 初步确定影像中的纯净像元，再利用人机交互式工具进一步选取端元，根据黄河河道地物覆盖结合遥感影像，最终选取确定冰、水、植被和土壤 4 类端元，采用线性光谱解混技术进行光谱解混，获取河道冰凌检测结果。PPI 方法端元选取过程需要人工参与，费时费力。

SMACC 是一种全自动的端元选取方法，而且端元个数不受限于光谱通道数。利用 SMACC 算法进行端元选取并直接获得冰凌检测结果。实验表明，基于 SMACC 算法的光谱解混方法可以自动、快速地实现冰凌检测并取得较高精度，更适合黄河冰凌监测。

因此，黄河凌情遥感监测选用基于 SMACC 算法的光谱解混方法进行冰凌检测。

3 黄河冰凌遥感监测标准流程研制

黄河防汛部门对冰凌监测信息时效性要求比较高，须每日获取当天的凌情动态信息。自2002 年以来，黄河水利委员会信息中心作为黄河凌情遥感监测主要实施部门，结合生产实践，积极探索优化黄河冰凌遥感监测技术流程。在影像数据获取方面，目前已建立了水利部卫星小站、中国资源卫星应用中心专用通道等多种数据获取模式，保证第一时间获取监测所需数据；在数据处理方面，通过与中科院遥感所合作，建立了遥感影像并行计算系统，实现了遥感影像自动化快速数据处理，为及时获取凌情信息奠定了基础；在凌情信息发布上，采用 B/S 模式，利用 MicrosoftSilverlight 技术、Microsoft.NET 技术和 Arcgisserver10 平台技术研发了黄河凌情信息发布系统，为防凌决策提供技术支撑。目前，黄河冰凌遥感监测已形成了一套满足黄河防凌需要的标准技术流程。主要包括：

（1）遥感影像数据获取：在日常跟踪监测期间，以 MODIS、国产环境减灾 A、B 星数据为主；在封河前期、稳定封河期及开河期关键期，适时采集高分 1 号、ZY-3 号、印度 IRS-P5 等米级卫星数据进行高分监测；在凌汛期应急监测期间以高分辨率可见光或雷达遥感数据（意大利 COSMO、加拿大 RADARSAT）为主，并根据工作需要，可采用无人机获取监测影像；

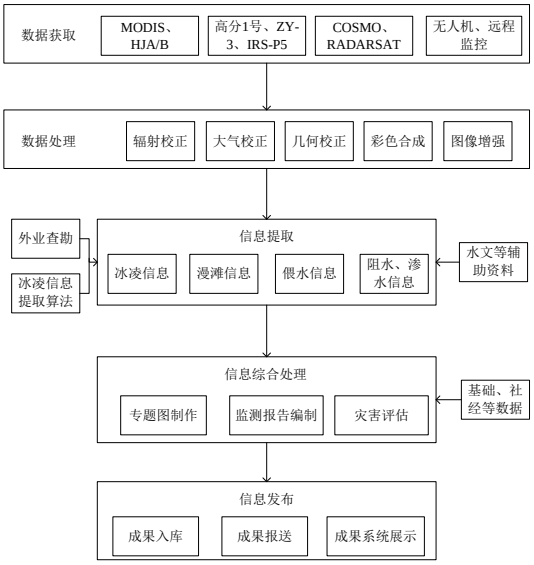


图 2　黄河凌情遥感监测标准流程图

（2）遥感影像数据处理：针对获取的遥感影像数据，进行图像辐射校正、大气校正、几何校正、彩色合成、图像增等处理，为后续凌情信息解译奠定基础；

（3）凌情信息解译：在遥感图像处理的基础上，基于河道冰凌检测算法，结合技术人员先验知识，采取自动或人机交互式解译的方法，解译获取封开河位置、堤防偎水长度、漫滩位置及面积、工程阻水等信息；

（4）凌情信息综合处理：基于获取的遥感影像和凌情信息解译结果，编制监测分析报告，制作相应凌情监测专题图，对发生的凌汛灾害进行灾情评估；

（5）凌情信息发布：在凌情信息综合处理的基础上，将相应成果报送黄河防凌主管部

门，为防凌决策提供信息服务，同时将成果入库，通过黄河凌情信息发布系统，实现黄河凌情遥感监测成果在线快速发布、在线对比分析等功能。

4 主要应用

遥感技术在黄河凌情监测中的应用主要包括凌情日常跟踪遥感监测、凌情高分辨率卫星监测、凌汛期应急遥感监测和无人机应急监测等内容。

4.1 凌情日常跟踪遥感监测

黄河凌情具有发展迅速的特点，作为防汛部门需及时掌握凌情动态。利用中低分辨率卫星重访周期快、监测范围广等特点，可对黄河凌情实施日常跟踪监测。

日常跟踪监测初期主要利用 MODIS 遥感影像数据，对每日凌情动态实施监测，该数据通过美国航空航天局的 EOS（Earth Observation System，地球观测系统）TERRA、AQUA 两颗卫星搭载的 MODIS 传感器所获取，具有幅宽广、高光谱分辨率、高时间分辨率等特点，视场范围达 2330KM，数据最高分辨率为 250M，每日可获取 2 次监测数据，这为利用遥感技术实施凌情日常跟踪监测奠定了数据基础；自 2009 年以来，随着国产环境减灾 A、B 星数据服务系统正式开通，该卫星数据开始在黄河凌情监测中大量使用，逐步取代 MODIS 数据成为日常跟踪监测主要数据源，该数据重访周期 1-2 天，数据分辨率为 30M，幅宽达 700 多 KM，与 MODIS 数据相比，具有更高的分辨率，进一步提高了凌情遥感监测的精度与效果。

日常跟踪监测主要工作内容是利用监测河段每日遥感监测影像，在数据预处理的基础上提取封开河地理位置、封河长度等基本凌情信息，并编制监测结果解译分析报告，提交相关防汛部门。自 2002 年开始实施凌情遥感监测工作以来，日常跟踪遥感监测共编写凌情遥感解译结果近 1000 期，不仅及时分析了凌情的阶段发展特点，并且对下一阶段的凌情发展做出预报，为防凌决策提供了依据。

4.2 凌情高分辨率卫星监测

随着近年来国家高分卫星产业的发展，可获取的中高分辨率卫星影像资源逐步增多，在 2010 年启动了黄河凌情高分辨率卫星监测工作。在封河前期、稳定封河期及开河期，对于重点河段采集高分辨率遥感数据，进行有针对性的监测，提取专题信息，制作凌情监测专题图，为防凌决策提供信息支持。在封河前期，采集高分数据制作河道下垫面状况专题图；在稳定封河期，采集高分辨率数据，提取冰边缘线，计算冰面面积，为计算槽蓄水量提供信息支持；在开河期，采集高分辨率数据，获取开河情况、河势变化、工程及阻水设施等运行情况，并与前期进行对比分析，编制相应高分辨率遥感专题图。

4.3 凌汛期应急遥感监测

在凌汛期发生冰塞冰坝、堤防偎水、堤防渗水甚至堤防决口的情况下，启动应急监测机制，采用编程模式采集出险河段高分辨率可见光或雷达遥感数据，对出险河段进行连续应急监测，为防凌决策提供信息支持，直到险情排除。

（1）奎素段堤防溃决应急遥感监测：2008 年 3 月 20 日 1 时 50 分，内蒙古鄂尔多斯市

杭锦旗奎素河段发生溃堤险情，凌灾发生后，根据防汛部门指令，快速启动应急监测机制。监测期间采集了3月21日和3月24日中巴资源二号卫星对堤防溃口河段漫滩面积进行了监测，准确获取了淹没范围及灾情发展情况。

（2）内蒙古包头河段渗漏遥感监测：2010年3月15日，在开河过程中，由于受长时间高水位浸泡，乌拉特前旗南无祥段、包头市打不素段堤防部分堤段出现渗漏及滑坡险情，随之启动对该河段的遥感应急监测工作。采集了3月15日、16日环境减灾卫星影像，对内蒙古包头河段渗漏情况实施了应急监测，监测显示：15日南无祥-学校圪旦河段渗水区域面积约1.28平方公里；16日，包头河段南岸渗水区域面积约3平方公里。

（3）小北干流凌水漫滩应急遥感监测：2013年1月10日，黄河小北干流段山西省永济市蒲州镇附近韩家庄工程河段发生漫滩。按照防汛部门的指示，紧急启动对该河段的遥感应急监测工作。监测过程中，共采集中国资源3号卫星12景、中国遥感1号卫星雷达数据4景，中国遥感2号卫星全色数据7景，对漫滩情况实施了应急监测。

4.4 凌情无人机应急遥感监测

为了弥补凌汛应急监测手段不足，应对今后可能出现的凌汛紧急情况，提高防凌遥感应急监测的快速响应能力，2009年开始启用低空无人机对黄河凌情开河期进行应急监测实验，并分别于2009年、2011年和2013年在内蒙古河段开河期组织进行了固定翼无人机冰凌监测实验、螺旋翼无人机冰凌监测实验和星空地同步冰凌观测实验。实验取得了大量监测数据和应用经验，应用效果良好，结合近年来在一些重要水文断面建立的视频监测点，目前黄河凌情遥感监测逐步建立起多源遥感数据综合应用，“星-空-地”一体化的监测体系，为黄河凌情监测提供了有力的技术手段。

5 结论

多年来应用实践表明，遥感技术是黄河凌情有效的监测手段，可以及时、准确监测黄河凌情的发生、发展和消退的全过程，为黄河防凌决策部门及时了解黄河凌情动态开辟了新的途径。特别是在发生凌汛灾害时，遥感的作用尤为重要，能够为凌汛灾害提供了直观、准确的灾情信息，为灾情评估和救灾工作提供了支持，同时无人机的应用进一步提高了防凌遥感应急监测的快速响应能力。随着国产卫星精度提高和数据种类增多，黄河凌情遥感监测需要紧跟遥感技术发展步伐，充分利用新的遥感数据和监测手段，才能满足凌情遥感监测精度不断提高的要求，同时，黄河凌情遥感监测解译标志不完善、凌情自动解译模型精度低等问题，是今后加强遥感技术在黄河凌情监测中应用的研究重点。

参考文献

[1] 孙振谦，马浩录，刘道芳等. 遥感监测黄河凌情的技术与方法[J].人民黄河，2004,26 (12): 8-10.

[2] 杨中华，王卫东，马浩录等.“四星三源”模式监测黄河凌汛的研究与实践[J]. 科技导报，2006, 24 (4): 64-67.

[3] 鄢俊洁，刘良明，马浩录等. MODIS 数据在黄河凌汛监测中的应用[J]. 武汉大学学报 (信息科学版)，2004,29(8):679-681.

[4] 刘玉洁,杨忠东.MODIS 遥感信息处理原理与算法[M]北京:科学出版社,2001.180-197.

遥感技术在宁夏农田旱情监测中的应用

陈亮 何厚军 陈济民 杨阳 卢欣 李胜阳

（黄河水利委员会信息中心，河南郑州450004）

摘　要：本文基于 HJ 卫星数据，进行遥感数据预处理方法、基于 VSWI 的土壤相对湿度反演模型率定、农田旱情评估等级确定、旱情信息发布等农田旱情遥感监测关键技术研究，并对 2015 年 7-8 月宁夏农田旱情进行监测。结果表明，基于 HJ 卫星数据的农田旱情遥感监测与旱作物农田旱情变化情况基本一致，可用于宁夏农田旱情监测，为抗旱调度决策提供信息支持。

关键词：旱情　遥感监测　宁夏　VSWI

1 引言

随着全球气候变暖、干旱持续严重，社会快速发展、人口不断膨胀，水资源匮乏日益加剧，干旱缺水已经成为社会经济发展面临的严峻问题之一。旱灾是我国农业生产的最大威胁，波及范围广、历时长，每年直接经济损失达 4 亿~7 亿元，占我国农业自然灾害损失的近 60%[1]。快速、准确获取农田旱情信息并跟踪其动态变化，及时发现旱情的受灾面积、程度和发展趋势，为抗旱减灾科学合理调配水资源提供决策依据，对提高抗旱减灾成效、减小干旱灾害损失具有重要意义。

传统的土壤墒情监测凭借人工或自动观测设备开展，监测站点稀少，难以全面掌握旱情发生变化情况。随着遥感数据源的日益丰富，在利用遥感数据进行土壤墒情监测研究方面已经开展了大量工作，并取得了重大进展。国内外利用 NOAA-AVHRR、MODIS 等数据进行宏观干旱监测的技术已经较为成熟，并取得了较好效果[2-3]。但是 NOAA-AVHRR、MODIS 等数据空间分辨率较低，难以满足农田尺度的旱情监测需求。环境减灾卫星（HJ）是中国首个以防灾减灾和环境监测为直接应用目标的小卫星星座，具备空间分辨率高、重返周期短等特点[4]，是进行农田旱情监测的理想数据。冯海霞[5]等利用 HJ-1A/1B CCD 数据对 2010 年贵州安顺地区干旱进行监测，实现旱情变化的快速监测。钟仕全[6]等基于环境减灾卫星数据采用植被供水指数进行 2010 年广西旱情监测，取得较好效果。

本文基于 HJ 卫星数据，对农田旱情遥感监测遥感数据预处理、土壤湿度反演模型率定、旱情评估等级确定、旱情信息发布等关键技术进行分析研究，并对 2015 年 7-8 月宁夏农田旱情进行监测。

2 研究区与研究数据

2.1 研究区

宁夏回族自治区，位于北纬 35°14~39°23，东经 104°17~107°39 之间，属典型的大陆性半湿润半干旱气候，雨雪稀少，蒸发强烈，多年平均降水量为 305 毫米，多年平均年水面蒸发量为 1250 毫米，是典型的没有灌溉就没有农业的地区，主要农作物为玉米、马铃薯、小麦、水稻等。干旱灾害是宁夏影响范围最广、造成损失最大的一种气象灾害，每年的 3~10

月是宁夏农作物生长发育的关键时期，也是干旱频发的季节，给宁夏的农业生产造成很大损失。

2.2 研究数据

环境减灾卫星 1 号（HJ-1）由 A、B 两颗光学小卫星组成，于 2008 年 9 月 6 日以一箭双星的方式在太原卫星发射中心由长征二号丙火箭发射升空。A 星、B 星在同一轨道面内，可见光 CCD 相机具有 4 波段，空间分辨率为 30m，单星成像幅宽为 360km，两星共同探测具有 2 天的对地重复观测能力。红外相机具有近短中长 4 个光谱谱段，幅宽为 720km，地面像元分辨率为 150m/300m，具有 4 天的重复观测能力。HJ 卫星数据可以为灾害和生态环境发展变化监测、预测提供信息，为快速和科学地进行灾情和环境质量评估提供信息。本研究选取 2015 年 7 月 10 日、7 月 30 日及 8 月 20 日的 HJ 卫星多光谱和热红外数据，其中 8 月 20 日数据局部有云，其他数据质量较好。

为了率定土壤含水量模型，收集了研究区 19 个农田土壤墒情地面监测站的 2015 年 7-8 月土壤含水量观测数据，观测的土层深度为 10cm、20cm、40cm。根据各站的田间持水量，计算得到各站土壤相对湿度数据，用于土壤相对湿度遥感反演。

3 农田旱情遥感监测关键技术研究

3.1 遥感数据预处理方法分析

遥感影像预处理包括：大气校正和几何校正。

（1）大气校正

利用 HJ 卫星定标公式将数据亮度值转换为辐射亮度，公式为：

$$L = DN / a + L_0 \tag{1}$$

式中 L 为辐亮度，a 为绝对定标系数增益，L_0 为偏移量，转换后辐亮度单位为 W· m−2· sr−1 · μm−1。数据定标系数采用中国资源卫星中心公布的 HJ-1A/1B CCD1、CCD2 传感器辐射定标系数，并结合各波段光谱响应函数，获取不同波段太阳表观辐照度，从而计算各波段反射率。

利用 ENVI 软件 Flaash 大气校正模块进行大气校正，消除或减少大气影响。Flaash 模块进行校正的卫星参数和波谱响应函数从中国资源卫星中心网站获取，大气模型根据数据时间确定相应的大气模式，卫星影像参数从影像头文件获取，其他参数参考 FLAASH 大气校正的参数说明进行设置。

（2）几何校正

以带有精确地理坐标的高分辨率卫星遥感数据为参考数据，采用多项式法对 HJ 卫星数据进行逐景几何精校正。控制点选取采用具有精确几何信息的遥感影像为参考选取明显地物点，如道路交叉点、桥梁的中心点等作为控制点。采用最邻近像元法进行重采样，几何校正误差控制在半个像元以内。

3.2 基于 VSWI 的土壤相对湿度反演模型率定

作物供水正常时，植被指数和冠层温度在一定的生长期内保持在一定范围内；如果植被供水不足，作物根部缺水使蒸腾作用受到抑制，叶面气孔关闭则作物冠层温度升高，同时作物生长将受到影响而使植被指数降低[7]。植被供水指数正是基于这一原理构建的，公式如下：

$$VSWI = NDVI / T_s \tag{2}$$

$$NDVI = 100(NIR - RED)/(NIR + RED) \tag{3}$$

其中，T_s 为植被冠层温度，本研究以地表温度来代替，采用单通道算法进行 HJ 卫星地表温度反演[8]。*NIR* 为近红外波段反射率，*RED* 为红色波段反射率。*VSWI* 越大，土壤水分越高，植被供水充足，植被长势越好、蒸腾越旺盛；反之植被供水不足，土壤水分较低。

利用遥感数据计算获取植被供水指数，结合土壤墒情监测站的土壤相对湿度观测数据，建立植被供水指数与土壤相对湿度的线性关系（见图 1），进行土壤相对湿度反演。本研究建立的土壤相对湿度反演模型如下：

$$RSM = 3.3919 * VSWI + 9.2405 \tag{4}$$

式中，*RSM* 为土壤墒情监测站观测的土壤相对湿度，*VSWI* 为 HJ 卫星遥感影像计算的植被供水指数。由图 1 可知，土壤相对湿度与植被供水指数的相关系数（R_2）达 0.56,具有较好的相关性。土壤相对湿度反演值与观测值的均方根误差为 0.15，其精度与类似研究中的土壤相对湿度的反演精度相当。

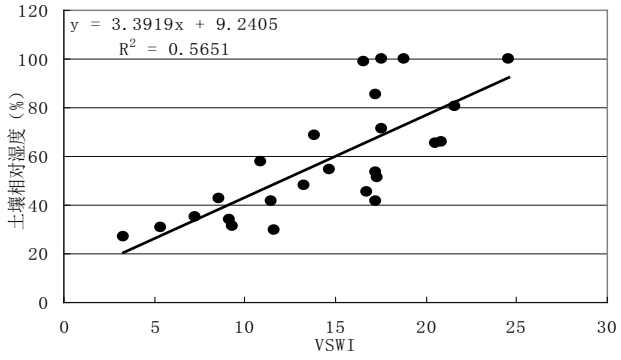


图 1　土壤相对湿度与 VSWI 指数拟合分析

3.3 农田旱情评估等级确定

采用水利部颁发的《旱情等级标准》（SL-2008），以土壤相对湿度为评估指标进行旱作物农田旱情评估。本研究利用遥感数据反演获取土壤相对湿度，将农田旱情分为五级：适宜、轻度受旱、中度受旱、严重受旱和特大受旱（见表 1），进行宁夏旱作物农田旱情评估。

表 1　农田旱情评估等级划分

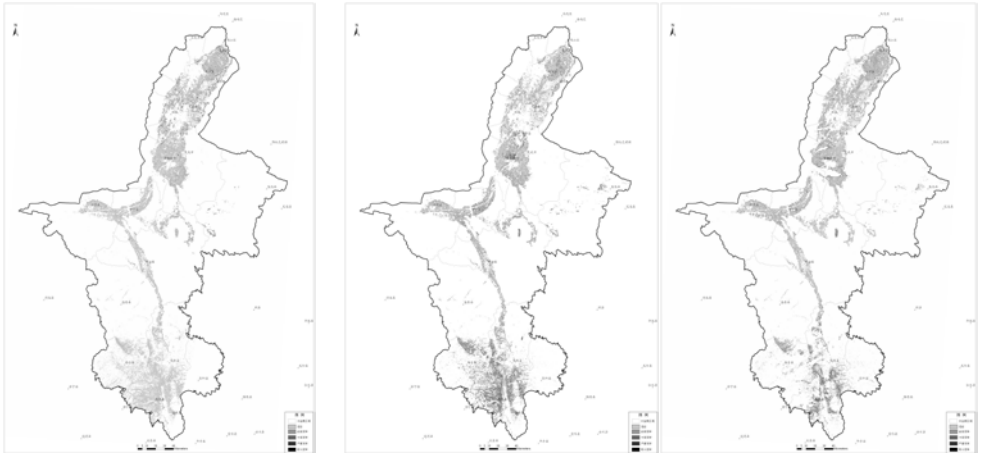
旱情等级	适宜	轻度干旱	中度干旱	严重干旱	特大干旱
土壤相对湿度（%）	W>60	50＜W≤60	40＜W≤50	30＜W≤40	W≤30

3.4 基于 WebGIS 的旱情信息发布

基于 WebGIS 技术开发了农田旱情遥感监测系统，系统采用镶嵌数据集进行遥感数据及监测成果数据的存储管理，通过 web 服务的方式叠加基础地理信息和遥感数据，具备农田旱情监测信息查询浏览、统计分析、动态对比、专题图制作等功能，实现旱情信息的快速发布，为抗旱调度决策部门提供信息服务。

4 应用分析

在对采集的 2015 年 7 月 10 日、7 月 30 日和 8 月 20 日 HJ 卫星数据进行数据预处理的基础上，计算植被供水指数，利用建立土壤相对湿度反演模型进行土壤相对湿度反演，进一步评估宁夏旱作物农田旱情。基于作物生长物候规律分析提取旱作物种植分布信息[9]，获得旱作物农田旱情遥感监测专题图，并将监测结果在线发布，实现农田旱情遥感动态监测，结果如图 2 所示。



（a）7 月 10 日　　（b）7 月 30 日　　（c）8 月 20 日

图 2　宁夏农田旱情遥感监测

2015 年 7 月 10 日遥感监测结果显示，宁夏旱作物耕作区除中西部极少数地区存在轻度干旱，农田墒情整体良好，见图 2（a）。至 7 月 30 日，随着玉米、小麦等农作物进入生长关键期，作物需水量增加，同时地面蒸散量也消耗了大量土壤水分，而降雨量较少，图 2（b）的遥感监测显示中部、南部丘陵山区出现旱情，大部分地区出现轻度干旱，局部地区出现中度干旱，灌区土壤墒情整体较好，局部地区存在轻度干旱。至 8 月 20 日，由于降雨持续偏少，遥感监测显示南部山区旱情仍然持续且有加重之势，灌区墒情仍然保持良好，见图 2（c）。由此可见，农田墒情遥感监测结果与地面观测数据结果基本一致，较好地反映了研究区农田旱情真实发展变化情况，表明本文建立的研究方法适用于宁夏农田旱情监测。

5 结论与展望

以宁夏为研究区，研究基于国产 HJ 卫星数据的农田旱情遥感监测数据预处理、土壤相对湿度反演模型率定、旱情评估与信息发布等关键技术，并应用于 2015 年农田旱情监测，监测结果较好地反映了农田旱情真实变化情况，可为抗旱调度提供决策依据。由于农田旱情

影响因素众多，土壤相对湿度只是其中一种指标，未来研究中将建立综合多指标、多要素的农田旱情监测方法，全面反映农田旱情，更好地服务于抗旱调度决策。

参考文献

[1] 邓辉,周清波.土壤水分遥感监测方法进展[J].中国农业资源与区划,2004,25(3):46-49.

[2] LOZANA-GARCIA D F，FERNANDEZ R N，GALLO K P．Monitoring the 1988 severe drought in Indiana USA using AVHRR data［J］． International Journal of Remote Sensing，1995，16(7) : 1327-1340．

[3] QIN Q，GHULAM A，ZHU L，et al． Evaluation of MODIS derived perpendicular drought index for Estimation of surface dryness over northwestern China[J]． International Journal of Remote Sensing，2008，29(7) : 1983-1995．

[4] 李传荣，唐伶俐，胡坚，等.HJ-1 光学卫星应用潜力[J]． 科技导报，2008，26(13) : 56-59．

[5] 冯海霞，秦其明，蒋洪波，等.基于 HJ-1A/1B CCD 数据的干旱监测[J].农业工程学报，2011，27(S1) : 358-365．

[6] 钟仕全，罗永明，莫建飞，等.环境减灾卫星数据在干旱监测中的应用[J].中国农业气象，2011,32(4):593-597.

[7] 孙丽，王飞，吴全.干旱遥感监测模型在中国冬小麦区的应用[J].农业工程学报，2010,26(1):243-249.

[8] Jimenez-Munoz JC，Sobrino JA. A Generalized Single-Channel Method for Retrieving Land Surface Temperature from Remote Sensing Data[J]. Journal of Geophysical Research, 2003, 108(D22):4688-4697.

[9] 陈亮.基于 HJ-1 号卫星数据灌区小麦提取应用研究[J].测绘与空间地理信息，2012,(10):25-27.

无人机技术在防汛抗旱工作中的探索与应用
——以湖南省为例

石林[1] 张志斌[2] 汤喜春[3] 周翀[1] 魏永强[1]

（1.湖南省水利水电科学研究所，湖南长沙410007；2.湘潭市防汛抗旱指挥部办公室，湖南湘潭411100；3. 湖南省防汛抗旱指挥部办公室，湖南长沙410007）

摘　要：利用无人机的机动性好、应用成本低、拍摄范围广以及影像数据实时性强等特点，基于湖南省防汛抗旱的不同需求，提出将无人机技术应用于防汛抗旱的各项工作中。通过实例研究发现，无人机技术在山洪灾害现场调查信息获取、三维建模分析及灾情评估、水利工程全景监测以及现场影像实时传输等方面有着良好的应用，在今后有着极大的推广价值和空间。

关键词：无人机技术　湖南省　防汛抗旱　灾情评估　720 度全景监测　决策支持

1 前言

一直以来，防汛抗旱工作都缺乏一种便捷可靠又准确实用的技术和设备来替代传统的察险抢险工具和方法。近年来，无人机及其他相关产品的成熟完善，给了现代防汛抗旱抢险工作一个新的选择。无人机能够基本克服交通、天气等不利因素，实现快速准确的实时传输，弥补传统措施的消耗大、效率低、精度差等不足，具有较好的实用价值和应用前景[1-3]。

各省的防汛抗旱工作任务重、门类多，如何根据各项工作的特定需求，开发完善对应功能，完成各项定制任务，并满足应用的可操作性和可推广性是无人机技术在防汛抗旱工作中应用的难点与关键点[2,4,5]。本文提出基于湖南省防汛抗旱工作的不同需求，发挥无人机技术的高效性、实时性、直观性和准确性等特点，将无人机技术应用到防汛抗旱的各个领域，为决策部门提供科学的辅助决策支持。

2 无人机的特点

无人机遥感航空技术以低速无人驾驶飞机为空中遥感平台，用彩色、黑白、红外等摄像技术拍摄地面影像数据，将所获取的数据存储或实时传回控制平台，通过其他计算机技术对图像信息进行加工处理[3]。

无人机技术在防汛抗旱应用方面主要有以下特点：

2.1 拍摄测量精度高

无人机在防汛抗旱工作中的应用通常为低空飞行，飞行高度在 50～1000 m 左右，属于近景航空摄影测量，这样的测量精度达到了亚米级，其精度范围在 0.1～0.5 m。相对于人工测量等传统技术手段，其精度的特点更符合现今防汛抗旱的技术要求。

2.2 实时性和低成本

无人机具有灵活机动的特点，受空中管制和气候的影响较小。无人机一般在云层下面作业，受天气影响小，且飞行设备和摄影设备比较便宜，节省了大量防汛抗旱的人力物力资源。而且无人机技术具有实时传输现场情况和航测数据的特点，更有利于决策支持。

2.3 灵活和安全性

无人机的飞行起降不要求专用起降场地，且升空准备时间短、操作控制较容易；经过定制改装后能够在恶劣环境下直接进行获取影像作业。其灵活和安全的特点很符合防汛抗旱工作对于突发性事件的处置要求。

2.4 兼容性好和可扩展性

无人机通过携带的高精度数码成像设备获取地面影像。这些影像成果与其他软件集成之后，可以进行多图合成、三维建模、模拟分析等多项操作，且成果质量好，稳定性高，更可根据用户需求，在后期进行进一步功能扩展和提升。

3 无人机在湖南省防汛抗旱中的应用

无人机技术在湖南省防汛抗旱工作中的应用是近年才开始的，但却以飞快的速度发展和渗透，现已针对用户的不同需求，正在应用或即将应用于多个领域，并在防汛抗旱工作中发挥着巨大的作用。

3.1 山洪灾害现场调查信息获取

山洪灾害调查评价工作意义重大，但该工作实施难度大，成果要求高。湖南省的 2013 年度山洪灾害调查评价工作选取了浏阳市作为示范县先行先试，率先开展相关工作。由于浏阳市地处南方山丘区，具有地形复杂、河道陡急、植被多样以及基础资料缺乏等一系列特点，该项工作需要利用无人机操作简单、拍摄范围广精度高、轻便灵活等优势，故选定固定翼无人机航测系统（ZC-1）加以应用，实际调查测量中，该无人机对调查对象区域进行地理信息获取和基础资料核查等多项工作[6-7]，成果为该区域调查评价工作提供了很大帮助。

通过无人机能够快速动态获取山洪灾害调查评价项目所要求的山洪沟的高清晰影像、高精度 DEM 数据、危险区房屋及水工设施坐标、植被和土地利用数据、断面位置等关键基础资料，而这些关键数据都是调查评价工作所必需的。无人机技术在浏阳市星镇村调查评价工作中获取基础信息的应用成果如图 1、2。

图 1 无人机航拍 DOM 成果图

图 2 无人机航拍 DOM 叠加 DLG 成果图

3.2 三维建模分析及灾情评估

在山洪灾害调查评价成果上进行财产统计及灾情评估甚至是洪水演进分析等工作，需要的是全面立体的影像底图、高精度的要素图片以及专业的三维建模和分析软件，针对此需求，湖南省湘潭市防汛抗旱指挥部办公室利用大疆无人“机精灵 3”和 PIX4D mapper 软件进行相

关应用工作。

结合当前先进的三维仿真技术对无人机拍摄的照片通过专业软件的合成、处理，生成三维模型，立体、直观地展现地形、环境，为山洪灾害综合治理提供科学依据和基础资料。

无人机数据和影像处理软件通过分析无人机低空遥感影像几何变形原理，对无人机遥感数据进行图像拼接与几何校正，正射精校正等处理后与高精度 DEM 融合，制作出区域建筑的三维遥感虚拟动态模型[8-9]。通过分析三维可视化图像，结合调查评价成果和地形资料，对灾害现场进行高精度的灾害信息获取和灾情评估。

图 3 展示了以湖南省湘潭市一个调查评价沿河村落为例，利用无人机技术从拍摄基础影像图片到生成实物三维模型到精细划分危险区到分析评估灾情损失等一系列应用过程。

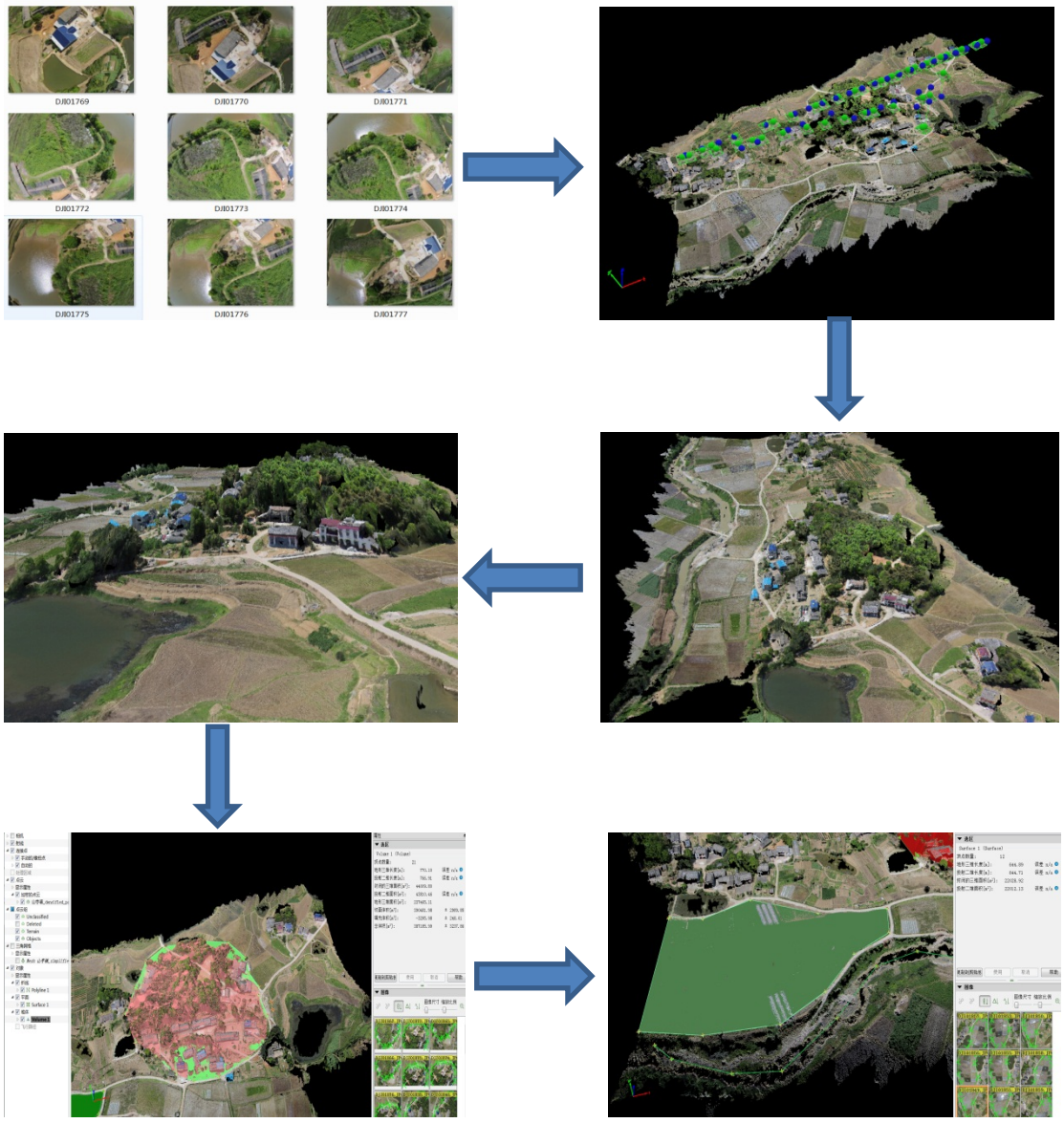


图 3　三维建模及灾情评估图

3.3 山洪灾害防治区及水利工程全景监测

无人机技术在山洪灾害防治区及水利工程监测监察工作中的应用较广，无人机可快速从

空中俯视对象区域的地形、地貌、水库、堤防险工险段，遇到险情时，无人机可克服交通困难等不利因素，快速抵达受灾区域，并实时传递现场信息[10]。无人机低空飞行获取的照片直观、准确、迅速，但是一旦要拍某些较大型的水利工程或要直观体现该工程周边环境以及相对位置关系时，简单的航拍图片已经不能满足要求了。

针对以上需求，利用大疆无人“机精灵 3”机动性强，移动性好，飞得稳，会拍照，能录像等特点，对山洪灾害易发区、防治区以及关注的水利工程开展面上普查和影像资料收集工作，为防治工作提供直观、真实的原始资料，并通过电脑对无人机拍摄的照片和视频数据进行加工处理，制作成 720 度全景视频图，编辑成动态视频，为山洪灾害重点防治区制作档案资料，并可在发生险情时作为决策参考资料，为决策提供辅助支持。

图 4 某水库局部拍摄照片

图 4 这几张图片，是利用无人机在空中拍摄的湘潭市某水库及周边环境的局部照片，从这几张图片，我们很难看清水库以及周边环境的具体关系。但是如果我们将它们合成到一张图片上（见图 5），那么关系相对就比较明显了。利用 720 度合成照片进行山洪灾害易发区、防治区或水利工程的全景监测比传统的视频图像监测要更宏观、更系统也更准确，对决策的辅助支持作用也越明显。

3.4 现场影像实时传输决策支持

遇到灾情险情，决策部门必须要第一时间掌握现场实时发展情况。针对此需求，湖南省利用大疆无人机“悟 Pro”的空中优势，结合 4G 通信技术，在第一时间到达现场，通过无人机的视频捕捉功能，将现场采集到的高清画面实时传输到现场指挥部和后方指挥中心，为科

学决策提供最直观、最真实的视频数据[11,12]。该项工作已在湘潭市进行试点，拟在即将到来的汛期防汛抗旱工作中发挥作用。

图 5 湘潭市某水库 720 度合成照片

4 结论及展望

无人机技术的引入，为防汛抗旱工作提供了一种更快捷高效的技术选择，有效降低了实施成本，缩短了实施周期，在成果精度方面亦有明显提高。针对用户使用需求的不同，可分别完成各项指定任务，并弥补了传统数据获取方式的人耗大、时间长、实时性差等缺陷，相对于传统测量和绘图技术具有明显优势。

除了以上应用之外，湖南省今后拟继续在航测数据建模分析、极端天气下在防灾减灾工作中的应用、专门用于防汛抗旱无人机设备与技术的开发及定制等方面开展应用研究与尝试。同时，也拟在防办系统培养无人机的操控及后期分析的技术人员，为湖南的防汛抗旱及水利信息化现代化的发展发挥更大的作用。

参考文献

[1] 侯英杰，边国光. 大力推广应用防汛抗旱新技术新产品[J]. 中国水利, 2006(13):61-62.

[2] 崔红霞,林宗坚,孙杰. 无人机遥感监测系统研究[J]. 测绘通报, 2005(5):11-14.

[3] 牛君瑜,孙超江. 无人机技术在水利领域应用的探讨[J]. 海河水利, 2012(5):55-58.

[4] 鲁恒,李永树,何敬,任志明. 无人机低空遥感影像数据的获取与处理[J]. 测绘工程, 2011(1):51-54.

[5] 刘刚，许宏健，马海涛，朱敏. 无人机航测系统在应急服务保障中的应用与前景[J]. 测绘与空间地理信息, 2011,34(4):177-179.

[6] 刘昌军，郭良，岳冲. 无人机航测技术在山洪灾害调查评价中的应用[J]. 中国防汛抗旱, 2014（3）:31-35.

[7] 刘昌军，孙涛，张琦建，等. 无人机激光雷达技术在山洪灾害调查评价中的应用[J]. 中国水利, 2015(21):49-51.

[8] 李雷，张海涛，李兵. 无人机影像在大面积 1:2000 地形图测绘中的应用研究[J]. 测绘通报, 2012 年增刊:457-461.

[9] 何磊，苗放，唐姝娅，等. 无人机遥感图像及其三维可视化在汶川地震救灾中的应用[J]. 物探化探计算技术, 2010,32(2):206-210.

[10] 曹雪娟,王森. 无人机遥感影像在水利监测领域的应用[J]. 中国水利, 2015(4):69-70.

[11] 刘荣科，张晓林. 无人机载图像实时传输方案的研究[J]. 北京航空航天大学学报, 2002,28(2):208-212.

[12] 何定洲，孙永荣，高鹏骐，等. 无人机遥感地面下传数据通信的实现与结果分析[J]. 计算机应用与软件, 2008,25(2):137-138.

黄河下游河势遥感监测应用分析

韩琳

(黄河水利委员会信息中心，河南郑州450004)

摘　要：黄河是世界上输沙量最大、含沙量最高的河流，水少沙多、水沙关系不协调，致使下游河床淤积升高，河道游荡摆动，河势变化剧烈，极易造成黄河堤防决口，及时准确地获取河势变化信息，为黄河防洪安全提供决策依据，是下游河势监测的主要任务。在介绍黄河下游河势、河势演变及人工查河的基础上，重点分析了河势遥感监测的作业流程和监测要素，对河势遥感监测的一些重要环节进行了重点讨论和详细阐述，最后对河道主溜的一些特性进行了分析。本文分析对明确黄河下游河势遥感监测任务，提升遥感技术在河势监测中的应用水平以及进一步挖掘遥感在河势监测方面的应用有着十分重要的意义。

关键词：黄河下游　河势　遥感　主溜

1 引言

黄河水少沙多、水沙关系不协调，黄土高原严重的水土流失，造成大量泥沙在黄河下游强烈堆积，河床以年平均 0.1m 的速度淤积抬高，使黄河下游成为悬于黄淮海大平原之上的“地上悬河”。黄河下游自河南孟津白鹤镇至入海口河道总长 878km，其中，白鹤镇至东明高村，河道长 299km，堤距（两岸临黄大堤之间的距离）宽一般为 5～10km，最宽达 20km，河道比降 0.265‰～0.172‰，弯曲系数 1.15[1]。该河段河道淤积严重，河道沙洲密布，水流散乱，河势变化剧烈，大洪水期往往发生“横河”、“斜河”，极易造成黄河堤防决口，为下游人民生命财产安全带来极大威胁。及时准确地获取河势变化信息，为黄河防洪安全提供决策依据，是下游河势监测的主要任务。近些年来遥感影像在空间分辨率和时间分辨率上都得到了很大提高，基本能够满足河势查勘的需要，利用遥感技术进行下游河势查勘成为必然趋势。通过详细分析河势遥感监测的作业流程和监测要素，对明确河势遥感监测任务、提升河势遥感监测技术有一定的促进意义。

2 河势演变及传统人工查河

2.1 河势及河势演变

河道水流的平面形态及发展变化趋势称为河势，河势演变过程是河道水流平面形态的变化过程，是来水来沙条件与河床边界条件相互作用、相互影响的结果。黄河下游河势演变的基本类型主要包括[2][3]：

（1）弯道演变。在来水来沙条件及河床边界条件的相互作用下，下游河道水流总是以弯段、直段相间的形式向下游流动。在多股并行的河段，其中某一股水流在一定的流程内起着主导作用。在演变的过程中，弯道的变化决定直河段的变化，直河段的溜势变化在一定程度上也影响弯道的变化。在河势演变的过程中，弯道的变化起主要作用。

（2）主股支股交替。在游荡性河段，心滩、潜滩十分发育，溜分数股。随着来水来沙、

来溜方向的变化，各股之间的过流量也会相应发生变化，有时主股过溜明显减少，而其中的一个支股过流量明显增加，甚至超过原主股的过溜百分比。从而主股支股易位，发生主股支股交替的演变形式。

（3）溜势大幅度下挫。是指在一个汛期或一场洪水的时段内河势的快速变化。它发生在一股河或主股河过溜占 80%以上的情况，并且水量丰沛，中水持续时间长。

（4）裁弯演变。裁弯是河道演变中由渐变到突变的一种特殊形式。在弯道演变的过程中，随着弯道向纵深发展，弯道流程增长，弯颈变窄，逐渐形成“Ω”型河弯，遇到合适的水沙条件，就会发生自然裁弯。

（5）串沟夺溜。串沟是指水流在滩面上冲蚀形成的沟槽，位于稳定的滩面上，多与堤河相连。串沟过流少，但遇一定的水沙和来溜条件时，其过流量会不断增大，当其过溜百分比超过主溜时，就成为串沟夺溜。串沟夺溜是主股支股交替变化的一种特殊情况。在黄河下游不同河型的河段都曾发生过串沟夺溜的演变形式。

在下游河势变化中，水流作用于河床，引起滩槽的变化；滩槽的变化又改变了对水流的约束条件，使水流发生相应的变化。来水量及其过程可以改变水流在河床中的运动形式；来沙量及其过程影响着滩槽的冲淤，也将改变河势状况；高含沙水流通过时，又会塑造相应的断面形态，因此，河势处于永不休止的变化过程中。

2.2 黄河下游传统人工查河

人工查河是通过现场勘察，了解下游各险工、控导工程靠河情况、河势流路以及滩岸坍塌情况，为来年河道整治及其他建设项目提供依据。河势查勘的内容包括：①主溜线的位置，险工、控导工程靠大溜及边溜的区段；②水边线、心滩、浅滩的位置；河道分汊段，查勘串沟、汊流、分流比；③弯道凹岸、过渡段的塌滩部位及凸岸的还滩情况；④局部水流现象，如回流、旋涡、浆河、揭底等。

查勘方法是乘船顺流而下，沿程利用 GPS 定位，在河湾、塌岸、控导工程、险工等重点地方，上岸徒步查勘，利用望远镜、激光测距仪，在宽阔的河道里观察河道的汊流、沙洲等分布情况，然后徒手在五万分之一的下游河道地形图上绘制出河势图。

人工查河是当前黄河下游获取河道河势变化信息的主要途径，每次查河都需要动用大量的人力物力，每次查河需要耗费十多天。由于人工查河获得的河势信息具有很大局限性，加之由于河道行船安全问题，黄河下游河势查勘方法亟待改善。

3 河势遥感监测作业分析

根据人工河道查勘内容，结合遥感影像及其作业特点，提出河势遥感监测作业内容和流程。河势遥感监测作业流程包括遥感图像采集、图像预处理、河势信息解译、河势遥感监测制图、河势监测分析报告编制等五个过程，每个过程的具体内容见图 1 所示。

3.1 河势遥感监测数据采集

遥感图像采集需考虑图像空间分辨率、波谱分辨率、波段类型、采集周期和受天气影响程度等因素。如当需要对黄河下游当前工程矢量数据进行补充和完善时，对遥感图像的空间

分辨率要求较高，无论是全色、多光谱或者 SAR 均可；但当进行下游河势动态跟踪时，则对遥感图像的实时性要求较高，此时在采集遥感图像时，不但要考虑卫星的空间分辨率、过境时间，同时还需考虑受天气干扰的程度等。

3.2 河势遥感解译要素

河势的解译要素主要分为河势动态跟踪监测、固定边界条件监测、特定内容与重点河段监测等。河势动态变化监测是对河势要素中变化较快的要素进行的监测，主要指河道水域、水面边线和主溜线等要素。在河势动态变化监测对监测对象的实时性要求较高，该部分河势要素尝试利用计算机自动检测的方法进行提取。重点河段河势监测主要是对黄河下游的藕节河型、畸形河湾的演变以及重点河段河相系数和河段冲淤变化的监测等，重点河段河势监测往往需要序列资料进行支持。河道边界条件监测是指河道的工程边界条件和河道内阻水物的监测，主要指河道控导工程、险工、护滩工程、跨河铁路桥、公路桥和浮桥等，这些要素的变化不大，因此对监测的实时性要求不高，一年监测一次即可满足实际需求，在实际中通过目视解译的方法即可。

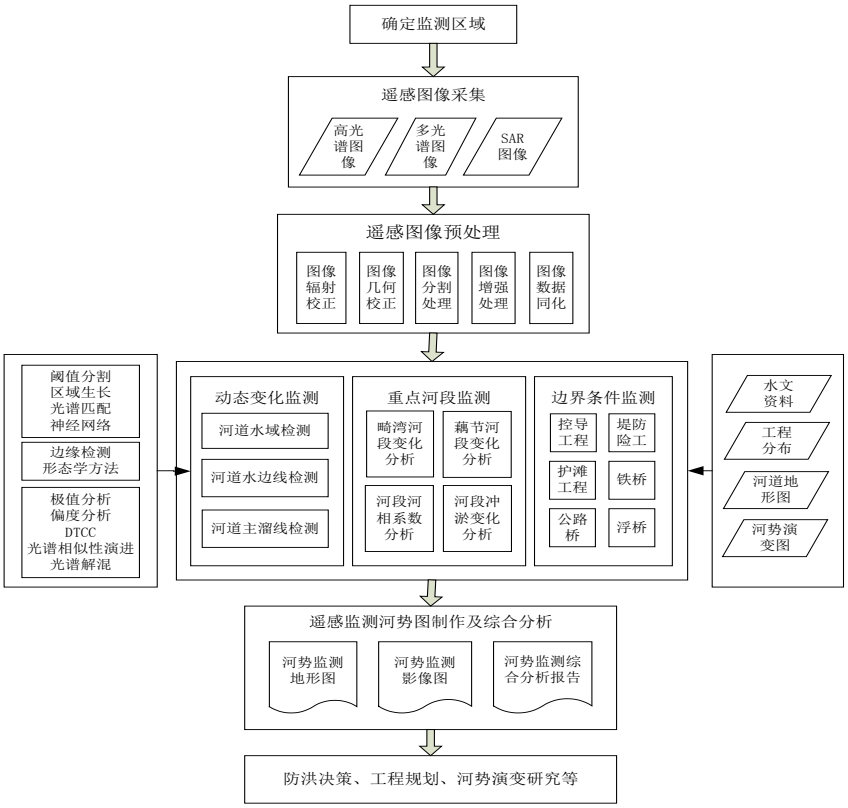


图 1 黄河下游河势遥感监测作业流程图

3.3 河势图制作

遥感监测专题图是根据监测任务需要进行编制，多以遥感影像图的形式提供。河势图是人工查勘和防汛中的用图，反映河道在某观测时段内水流、岸线和沙滩分布形态的地图。河势图上标注的主要内容有：河道整治工程靠溜情况，主溜线，水边线、心滩、浅滩、串沟汊河等位置，塌滩情况，局部水流现象和观测时段的流量变幅等。

3.4 河势遥感监测综合分析

通过叠加多期河道主溜和水面边线，结合河道来水来沙条件，分析河势演变情况。河势遥感监测综合分析的内容包括：1）河势监测遥感图像采集时间，对应河道流量；2）河势现状及其特点，对比往年河势监测成果，分析河势变化；3）漫滩情况监测情况，如范围、水深，分析串沟、沿堤行洪情况等；4）工程出险情况；5）讨论河势发展趋势，提出分析建议。图 2 是进行 2002～2008 年黑岗口河段河势变化分析时制作的简单河势变化图，通过叠加分析，极易显现黄河下游河势变化的剧烈程度。

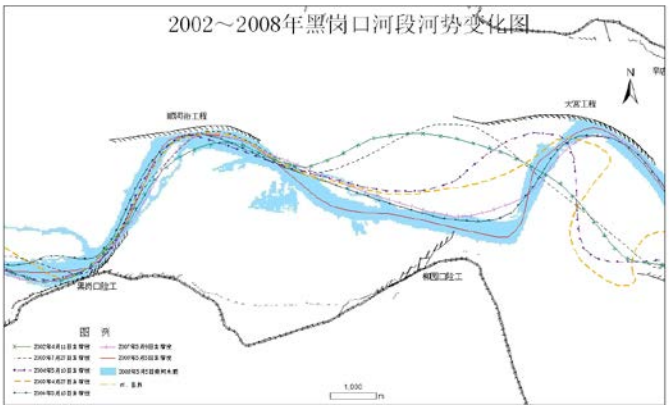


图 2 黄河下游黑岗口河段河势变化图

4 河道主溜及其遥感特性分析

主溜是河道中流速最大，流动态势凶猛的水流流带，反映了水流最大动量所在的位置，是河势监测的关键要素。由于河道主溜与非主溜区本身差异较小，加之受遥感影像分辨率的限制，因此主溜遥感解译还存在较大困难。河道主溜及其在遥感影像上的特点分析如下。

（1）河道主溜的客观存在性。自然河道中由于河道断面及河道边界条件导致了断面流速分布极不均匀，河道中流速最大、水流动量最大区域的水流凶猛湍急，在河道水面上的波浪有明显的表象。当水体表面波浪、泥沙含量不同时，其水体的反射率也会存在差异，如随着水体表面波浪增大，水面由镜面反射转变为漫反射；随着水体泥沙含量增加，水体的反射能力增强。因此从客观上分析，河道主溜在遥感影像上与非主溜有差异是存在的。

（2）河道主溜特性的不确定性。河道主溜在水面的表象上是一条无明确边界的水溜流带，一般来说，在宽浅散乱的河道，主溜较为分散，溜带较宽；在微弯型河段，溜势相对集中，溜带相对较窄。随着主溜自身表象特征的变化，主溜的遥感图像特征也将在不同河段的表现不完全一致。

（3）河道主溜的相对性。河道主溜是横断面上最大垂线平均流速所在区域，主溜带的断面垂线平均流速与非主溜带的断面垂线平均流速并不存在截然的区别，是一个平滑分布过程；表现在水面上，主溜带与非主溜带之间存在过渡水流现象。因此在遥感影像上，很难准确描述出主溜的边界范围。

（4）河道主溜的方向性和连续性。河道水流由势能高的地方向势能低的地方沿河道流动，河道水流的方向性决定了主溜的方向性；同样，河道水流流动的连续性决定了主溜的连

续性，即主溜区水流总是从上游向下游流动，流动过程是一个逐步传递的过程。在遥感影像上，相近河段上下游之间河道主溜的光谱特性有极大的相似性。

5 结论与讨论

本文通过黄河下游河势遥感监测重点要素、监测流程、河道主溜遥感特性等的初步分析，对明确黄河下游河势监测任务、规范河道监测流程、提升黄河遥感技术水平，以及进一步挖掘遥感在河势监测方面的应用有着十分重要的意义。河势监测的目的在于利用遥感影像监测河势变化，通过系统、长期、连续地遥感监测，为河道防洪提供丰富的河势变化分析成果。通过河势遥感监测持续深入地应用研究，将促进黄河下游河势演变规律研究。当前河势遥感监测还处于初步阶段，还需要对一些重点和难点问题，如河道主溜的监测、重点河段河势监测等进行更深入地应用研究。

参考文献

[1] 胡一三主编. 中国江河防洪丛书:黄河卷[M].北京:中国水利水电出版社,1996.

[2] 钱宁,张仁,周志德. 河床演变学[M].北京:北京科学出版社,1989.

[3] 江恩惠,曹永涛,张林忠等. 黄河下游游荡性河段河势演变规律及机理研究[M].北京:中国水利水电出版社,2006.

黄河凌情遥感监测解综合应用系统设计与开发实践

沈林　马晓兵　陈济民　申源　黄佳琪　李胜阳

（黄河水利委员会信息中心，河南郑州450004）

摘　要:摘　要: 黄河凌情遥感监测信息是黄河凌汛指挥决策的重要依据，为解决遥感监测信息传递时效性差、使用效率低和海量数据管理困难等问题，利用镶嵌数据集等新技术设计开发了黄河凌情遥感监测解译成果综合应用系统。系统初步实现了凌情遥感监测解译成果的内部网络发布和数字化应用。在近年黄河凌汛指挥调度工作中及时提供了大范围有效的遥感信息解译成果，特别是在 2013 年和 2016 年黄河凌汛漫滩险情的灾情监测和指挥调度决策中得到较好的应用。

关键词: 黄河凌汛　遥感解译　信息系统

1 引言

凌情信息是黄河凌汛指挥决策的重要依据，目前，黄河凌情信息主要来源于水文站网观测、凌汛期间的人工沿河巡查。从 2002 年开始，黄委信息中心开展黄河凌情遥感监测工作，通过及时获取卫星遥感影像进行处理解译，为黄河防凌提供了大量的凌情遥感监测信息。对冰情和水情，冰堆、冰坝等险情位置和范围，工程运行和出险情况等信息进行处理解译，而在灾害发生后快速获得决口位置、淹没范围、灾情及蓄滞洪区运用情况等信息，凌情遥感监测信息为及时进行防凌调度、防凌应急处置和抢险救灾提供了重要信息支持。

在黄河凌汛的关键时期，利用遥感技术及时获得大范围的凌情变化信息对黄河防凌减灾工作非常重要。但成果应用也存在一些问题，主要包括：

（1）、上报到黄河防总办的凌情遥感解译分析报告和影像地图是纸质的，其存储、管理、使用都受限制，信息传递的时效性较差；

（2）、无法与其它数据进行叠加分析，影响了凌情遥感监测解译成果的使用效率。

（3）、由于每天都要对近 2000 公里长的黄河凌汛重点河段进行卫星遥感数据采集处理，生产数据超过 2GB 的数据。在近 130 天的凌汛期内，累计采集 5 颗卫星数据超过 700 景，累计覆盖面积超过 8000 万平方公里，如何对这些海量遥感数据进行管理，提高利用效率。

为了解决以上问题，从 2007 年开始，黄委信息中心遥感中心开始探索利用新技术设计开发综合应用系统，实现更快捷的数据发布、流畅的在线浏览和高效的海量数据管理，通过多年的技术探索和实践，利用镶嵌数据集技术（Mosaic Dataset）初步实现了凌情遥感监测解译数据的内部网络发布和数字化应用。在近年黄河凌汛指挥调度工作中及时提供了大范围有效的遥感信息解译成果，特别是在 2013 年和 2016 年黄河凌汛漫滩险情的灾情监测和指挥调度决策中得到较好的应用。

2 系统需求分析

2.1 凌情监测内容

黄河凌汛期从 11 月至次年的 3 月，大约 130 天左右。凌汛期分流凌期、封河期、稳定

封冻期和开河期。在凌汛期黄河遥感监测主要工作内容：

（1）流凌期和封河期主要监测内容：流凌河段长度及流凌密度，逐日封河长度变化，冰盖位置、面积，一旦发生冰塞迅速获得冰塞范围信息；

（2）稳定封冻期：清沟长度、面积，及数量分布，清沟水面的变化；

（3）开河期：逐日开河长度及位置、流冰河段长度，一旦发生冰塞冰坝，迅速获得位置及规模信息。

2.2 监测频次需求

（1）流凌期和封河期：每日监测流冰密度、封河位置和封河长度，如发生立封、冰塞或壅冰阻水，立即响应进行实时全程跟踪监测；

（2）稳定封冻期：每日或数日进行宏观监测；

（3）开河期：每日监测开河位置和开河长度，密切关注流凌情况，如发生冰坝、壅冰阻水、武开河，立即响应进行实时全程跟踪监测。

（4）应急监测：对凌汛期突发事件立即响应进行实时全程跟踪监测。

2.3 监测范围需求

目前黄河凌情遥感监测范围主要发生凌汛的河段，重点关注宁蒙河段、北干流河段、三门峡库区和下游河段（花园口至河口），长度近 2000 公里。

2.4 系统业务需求

通过信息化技术手段，综合管理海量凌情遥感监测卫星数据和解译成果，改变以往以传真和纸质方式报送凌情监测成果的方式，实现对当天的凌情遥感监测数据快捷发布、流畅的浏览和对历史凌情遥感数据的查询，可以对凌情遥感监测数据进行快速对比分析，拓展凌情遥感监测成果的应用范围，提高数据的展示应用效果。

3 系统设计与实现

3.1 系统总体设计

为应对海量遥感数据的发布、快速浏览和应用的需求，黄河凌情遥感监测解译成果综合应用系统采用三层架构和 Web service 技术进行设计，即表现层、业务处理层、数据层和地图服务共同组成。整个系统采用 C#语言进行开发，表现层采用 Silverlight 富客户端技术进行开发。地图服务采用 Arcgis 平台来管理发布 webservice 服务，系统数据库采用镶嵌数据集技术进行管理和发布。

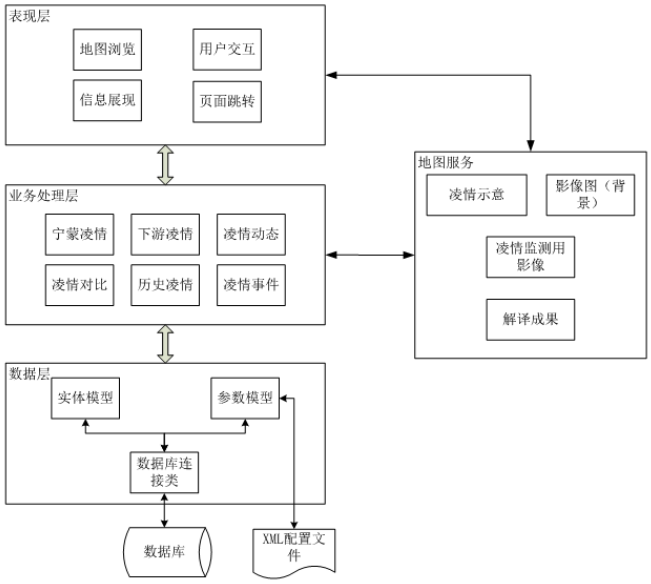


图 1 系统总体结构图

3.2 关键技术

海量遥感成果数据管理是系统的基础，针对多数据源、大数据量等数据特点，业务系统需要一个高效存储、方便查找、快速处理和可访问的数据管理技术方案。

通过镶嵌数据集（Mosaic Dataset）技术进行遥感影像数据库管理。它既可以对栅格数据集进行索引，也可以对数据集合执行查询。主要用于管理和发布海量多分辨率，多传感器影像，提供动态镶嵌和实时处理的功能。其最大优势是具有高级栅格查询功能及实时处理函数功能，可为影像服务提供数据源。镶嵌数据集由以下几部分组成：

（1）一个提供栅格像素和轮廓线的源的目录；

（2）一个定义边界的要素类，用于描述整个镶嵌数据集的范围；

（3）一组用于动态镶嵌栅格的镶嵌规则；

（4）一组用于控制镶嵌和任何影像提取的属性；

（5）一个用于在数据加载和其他操作期间记录日志的表格；

（6）一个用于接边镶嵌的接边要素类；

（7）一个用于定义栅格目录中的各栅格色彩映射的色彩校正表。

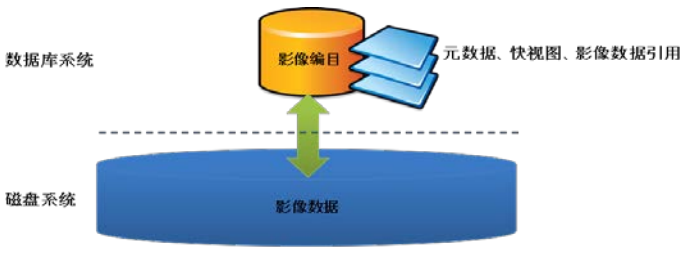


图 2 镶嵌数据集技术原理图

利用镶嵌数据集技术进行数据管理和发布功能的开发，实现了影像快速存储、实时处理、动态镶嵌和发布，解决了传统影像管理模式中存在管理低效、影像服务需要静态切片等问题。

镶嵌数据集在对影像进行的动态镶嵌和实施处理，是一种基于动态的虚拟处理，只是改变视觉效果，但并未改变影像本真的值，最大限度的保留了原始影像，简化了影像的预处理操作。

通过创建镶嵌数据集，可以标准化的建立一套影像入库与处理的流程，大大缩短了数据从获取到使用的时间。

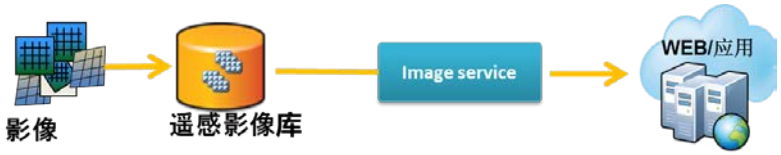


图 3 影像服务发布流程图

3.3 系统实现

系统实现首先利用 ArcGIS 软件的 ArcCatalog 首先创建一个栅格数据集，并定义投影坐标系。然后，向栅格数据集添加类型为 Raster Dataset 的栅格数据。遥感影像数据添加成功后，通过设置构建轮廓的参数，完成对栅格数据进行去黑边处理。最后，对去掉黑边的影像拼接处进行色彩平衡处理，美化影像拼接效果。利用工具以符合 SOA 标准的服务方式进行网络发布。由 Web 页面利用 JavaScript、ASP.NET 等语言开发的 Web 应用程序进行服务调用和展现，完成应用业务功能，并最终提供给用户使用。

图 4 系统顶层控制界面

针对对比分析功能设计和开发，我们基于动态图层功能进行开发。地图服务发布到 ArcGIS Server 站点后，可根据需要选择是否允许服务器的客户端动态更改地图服务中的图层外观和行为。要确定哪些图层显示在地图中、图层符号系统、图层顺序和位置以及标注等，

可通过使用动态图层在服务器端实现。这种方式下，动态图层可有效增加用户与地图的交互。

图 5 系统对比分析功能（多期解译信息对比分析）

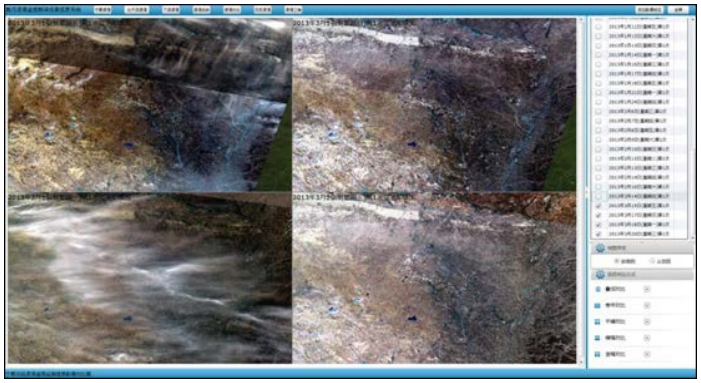


图 6 系统对比分析功能（多期遥感影像对比分析）

4 应用与展望

4.1 系统应用

黄河凌情遥感监测解译成果综合应用系统建设和上线运行，大大提高了凌情遥感监测数据的时效性和应用范围。在近 3 个年度的黄河防凌工作中，凌情遥感监测数据和系统为各级防汛人员提供了及时的监测信息和方便高效的浏览平台。

在 2013 年 1 月中旬，黄河小北干流河段的韩家庄工程附近发生凌汛漫滩险情。黄委信息中心遥感中心及时启动凌情应急监测工作，采集多颗遥感卫星的实时数据，对漫滩位置、范围等信息进行快速处理、解译和发布，黄河防总办和山西局通过系统随时查看最新的遥感监测信息，并进行对比分析，实时掌握漫滩险情发展变化。

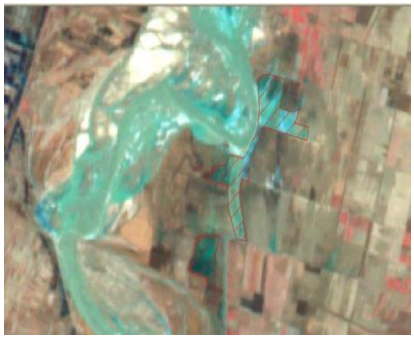


图 7　2013 年 1 月，小北干流漫滩解译成果

2016 年 1 月 24 日，黄河小北干流汾河入黄口工程附近发生漫滩险情，当天下午卫星遥感监测就已经发现漫滩情况，及时上报并同时开展应急遥感监测工作，对漫滩灾情进行连续监测分析。黄河防总办和山西局利用系统多次对灾情进行会商。

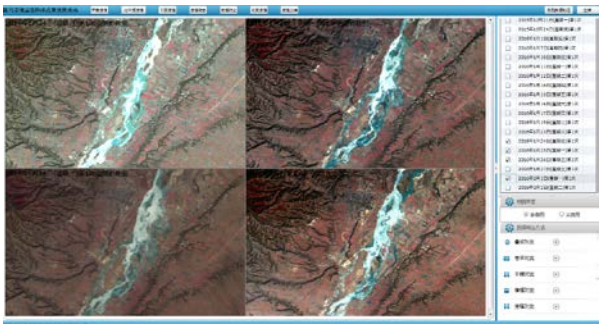


图 8　2016 年 1 月 24 至 2 月 1 日，小北干流漫滩范围的对比分析

在 2013 年和 2016 年黄河小北干流漫滩灾情监测工作中发挥了巨大作用，为黄河防总办和山西河务局的抢险指挥人员提供了及时灾情信息支持。在多次防凌会商会和灾情分析工作中利用系统对最新的灾情遥感数据进行浏览，并与历史数据进行了对比分析，为防凌指挥决策提供了支撑。

4.2 展望

黄河凌情遥感监测已经成为黄河防汛抗旱总指挥部和防汛办公室获取凌情信息重要手段，在分析应用实践需求的基础上，针对工作中的问题，利用镶嵌数据集技术等新手段，开发黄河凌情遥感监测解译成果综合应用系统，实现了对海量遥感影像成果进行快速发布和浏览。系统在近年的黄河防凌调度、指挥决策、防灾减灾工作中提供了有效的凌情信息支持。

随着近年国产遥感卫星的陆续发射，卫星资源丰富，遥感数据量还会快速增长，如何利用好卫星资源，进一步提高凌情卫星遥感监测展示效果和流畅性，继续丰富系统的业务功能，还需继续借助新技术进一步完善系统。

参考文献

[1] 黄河凌情遥感监测信息系统初步设计报告[R]. 黄委信息中心,2009

[2] 2012～2013 年度黄河防凌遥感监测总结报告［R］. 黄委信息中心,2013.04.

[3] 2012～2013 年度黄河防凌工作总结的报告［R］. 黄河防总办,2013.04.

[4]陶旸，刘昱君，聂时贵．一种基于 Mosaic Dataset 的海量影像数据处理方法［J］. 现代测绘，2014,37(2)：36-37.

[5]王昀昀，朱勤东．基于 ArcSDE 的影像数据入库研究［J］. 测绘通报，2013(1)：84-86.

[6]陈昌生，许文波，赵健．基于 ArcSDE 的卫星遥感影像数据库研究［J］. 计算机技术与发展，2010(7)：80-83.

[7] ESRI 中国（北京）有限公司．ESRI 技术白皮书—海量影像管理与共享［Z］. ESRI（中国），2011

基于应急物流理论的黄河防汛物资储备量分析

岳瑜素　田治宗　顾列亚

（黄河水利科学研究院，河南郑州450003）

摘　要：黄河防汛抢险具有应急性、社会性、公益性以及专业性的特点，所用防汛物资的储备方式和储备量的确定是基于国库储备为主的较为单一的形式。随着我国社会主义市场经济体制的逐步完善，黄河防汛物资的储备也应考虑利用市场资源进行部分社会储备，以缓解单一储备方式带来的一些问题。将应急物流理论引入到黄河防汛物资储备管理中，采用线性规划方法模拟优化国库实物储备量和社会储备量的比例，达到在保证抢险应急需要的前提下降低整体储备、物流成本的目的。

关键词：黄河防汛物资　储备管理　应急物流　线性规划法

1 黄河防汛物资储备管理

为保证黄河下游防洪工程的安全，满足黄河防汛抢险的需要，必须储备大量的防汛物资。黄河防洪工程、防汛队伍与防汛物资是黄河抗洪抢险的三大要素，其中防汛物资储备管理水平的高低，调度供应是否及时，直接关系到黄河抗洪抢险的成败[1]。由于黄河防汛抢险具有应急性、社会性、公益性以及专业性的特点,黄河防汛物资的储备一直以国库实物储备为主。人民治黄以来，黄河防汛物资的储备管理经历了一个由定性到定量、由分散到统一过程[2]。随着社会的发展，现行黄河防汛物资储备管理体系也暴露出一些问题：一是经费不足，造成黄河防汛物资和常用工器具储备数量还存在一定的缺口；二是更新报废机制不灵活，造成一些防汛物资超期储备，使用的时候起不到预期的效果；三是储备方式较为单一，占用大量的仓库，增加了仓储的成本。随着我国社会主义市场经济体制的逐步完善，采用国库实物储备与社会储备相结合的黄河防汛物资储备方式，成为解决上述问题的重要途径之一，利用应急物流理论中的线性规划法来优化两种储存调度方式储备物资的比例，也是一种值得探讨的方法。

2 应急物流理论的引入

防汛物资储备与管理具有一定的特殊性，应归于应急物流的范畴。近年来频发的突发性水灾、旱灾、地震灾害事件，造成巨大的人员与财产等方面的损失，使大家更关注应急物流的研究。为防止灾害事件的进一步扩大，需要大量的应急抢险物资，从而产生了巨大的应急物流需求。应急物资的保障是核心环节，品种齐全、数量充足的应急物资储备是应急保障的基础和关键，直接影响着应急物流系统的反应速度和最终成效。

社会化储备是利用生产厂家或流通企业作为周转的那部分物资，只要在汛期企业的周转库存量能够满足防汛部门的协议储备量即可，其他时段不影响企业物资的销售和流通。让黄河防汛物资的一部分由社会力量储备，可以在一定程度上缓解国库储备压力，解决目前部分黄河防汛物资实际存在的缺额问题；二是可有效避免一些常备物资的更新问题；三是有利于

防汛抢险新技术、新材料的应用，可根据抢险技术的创新和新材料的推出，随时调整社会协议储备品种；四是减少了防汛部门用于储备和管理防汛物资的投入。

由于黄河工程险情在时空分布上具有随机性，应急物资的需求供应具有不确定性与突发性，与普通物资相比，在需求预测、分类方法、库存控制等方面有着很大的区别。如何对应急物资进行有效的库存优化控制、对应急物资的物流供应活动进行有效的应急管理、应急物资储备的运作形式如何有效实施等方面的理论研究还不成熟。因而，通过研究应急物流的特点，将应急物流理论引入抢险物资储备与管理的研究之中具有重要的意义。

3 实物储备量与社会储备量的确定

3.1 储备量计算模型

黄河防汛物资储备形式及储备量优化的目标是在确保防洪需求的前提下尽可能实现成本最小化。洪水规模预测的复杂性导致防汛物资需求量难以提前获知，故采用黄河防汛物资实际消耗量的历史统计平均数据，并结合最新情况予以修正。假定采用国库实物储备和社会储备两种形式储备，用线性规划法[3]模拟出国库实物储备的需求量占储备定额的比例。

社会储备形式下，记某类物资的年社会储备固定费用为c_0（无论当年向社会储备的机构或企业的实际采购活动是否发生，都必须支付的费用），采购价格为c_1；国库实物储备形式下，该类物资的每天库存费为c_2，采购价格为c_3；第 t 年物资的年储备定额为$K(t)$，实际物资需求量为$r(t)$；$T(t)$为第 t 年相邻两次洪水发生时间段的相隔天数；$c(t)$为以实物储备形式储备总量为$xK(t)$的物资（其余采用社会储备）条件下，第 t 年该类物资的成本投入。x为第 t 年实物储备物资占储备定额的比例，$x\in\{0,1\}$；m为虚拟变量系数，$m\in\{0,1\}$，$m=\begin{cases}1 & ,xK(t)\geq r(t)\\ 0 & ,xK(t)<r(t)\end{cases}$。$n$为该类物资的更新年限；$c_g(t)$为完全采用实物储备条件下，第 t 年该类物资的成本投入。则

$$c(t)=\begin{cases}xK(t)c_2T(t)+\left[xK(t)-r(t)\right](c_3/n)+r(t)c_3+c_0 & ,x\geq r(t)/K(t)\\ xK(t)c_2T(t)+\left[\left(r(t)-xK(t)\right)c_1\right]+xK(t)c_3+c_0 & ,x<r(t)/K(t)\end{cases} \quad (1)$$

$$c_g(t)=K(t)c_2T(t)+[K(t)-r(t)](c_3/n)+r(t)c_3 \quad (2)$$

另外，采用社会储备形式储备物资，必须考虑到储备的风险性，其中最重要的问题之一是社会储备物资采购、调集、运输过程所需要的时间有可能大于目前实物储备的形式，解决的途径是实物储备的物资量必须保证社会储备物资到位之前的物资需求。

用α表示社会储备时物资到位所需的时间，$g(t)$表示洪水发生时段的时间（均以 d 为单位），则x必须满足

$$x \geq \min\left\{1, \alpha / g(t)\right\}\left[r(t)/K(t)\right] \tag{3}$$

式（3）表明，在洪水发生起始点对物资调用做出决策的假定下，若社会储备物资调用延迟时间α小于或等于$g(t)$，则实物储备占储备定额的比例$x \geq \alpha / g(t)\left[r(t)/K(t)\right]$。若社会储备物资调用延迟时间$\alpha$大于$g(t)$，从风险性的角度分析，即使社会储备的成本低，也不能选择社会储备，应采用实物储备的物资储备形式。

因此，采用社会储备形式时，考虑到风险性，应将式（2）增加约束条件，转换为

$$c(t)=\begin{cases} xK(t)c_2T(t)+\left[xK(t)-r(t)\right](c_3/n)+r(t)c_3+c_0 & ,x>r(t)/K(t) \\ xK(t)c_2T(t)+\left[\left(r(t)-xK(t)\right)c_1\right]+xK(t)c_3+c_0 & ,\min\left\{1,\alpha/g(t)\right\}\left[r(t)/K(t)\right]\leq x\leq r(t)/K(t) \end{cases} \tag{4}$$

对式（4）进一步分析可得，社会储备形式下：

（1）当$c_2T(t)>c_1-c_3$时，$c(t)$的最小值点为$x=\min\left\{1,\alpha/g(t)\right\}\left[r(t)/K(t)\right]$，对应的最小值为

$$m_1(t)=\min c(t)_{=}\min\left\{1,\alpha/g(t)\right\}\left[r(t)/K(t)\right]\ K(t)(c_2T(t)-c_1+c_3)\ +r(t)c_1+c_0$$

（2）当$c_2T(t)<c_1-c_3$时，$c(t)$的最小值点为$x=r(t)/K(t)$，对应的最小值为

$$m_2(t)=\ \min c(t)_{=}r(t)c_2T(t)+r(t)c_3+c_0$$

综上所述，可以得出：

当$\begin{cases} c_2T(t)>c_1-c_3 \\ c_g(t)\geq m_1(t) \end{cases}$时，应采用实物储备和社会储备的形式，实物储备量占储备定额的最佳比例$x=\min\left\{1,\alpha/g(t)\right\}\left[r(t)/K(t)\right]$。

当$\begin{cases} c_2T(t)<c_1-c_3 \\ c_g(t)\geq m_1(t) \end{cases}$时，也应采用实物储备和社会储备的形式，实物储备量占储备定额的最佳比例$x=r(t)/K(t)$。

否则，全部物资均应采用实物储备形式。

3.2 算例分析

以某县局铅丝的物资储备为例进行计算分析，其具体数据见表 1。

参数c_0,c_1,c_2,c_3以及α的精确数据需要在对社会储备物资供应商及市场情况进一步深入调研的基础上才能获取，但c_2,c_3显然可看作既定常量，而c_0,c_1和α是采用社会储备形式

进行防洪物资储备管理中需要尽可能降低的变量，结合理论模型的结论，可将 $x=\min\{1,\alpha/g(t)\}[r(t)/K(t)]$ 作为实物储备占储备定额比例的乐观估计参考值，将 $x=r(t)/K(t)$ 作为实物储备占储备定额比例的保守估计参考值。

表 1 某县局物资储备量资料

年份	洪水流量/（$m^3 \cdot s^{-1}$）	社会储备到位预计延时/d	洪水持续时间/d	物资贮藏周期/d	铅丝	
					储备定额/kg	实际需求/kg
2008	4610	0.25	16	365	54000	2894.66
2009	4170	0.25	17	365	54000	11381.50
2011	4100	0.25	2	355	54000	7755.40
2012	4320	0.25	2	370	54000	894.60

针对防洪物资的特性，本研究采用保守的决策方法，即将历史数据中实物储备比例的最大保守模拟比例作为黄河物资储备管理的依据。铅丝各年实物储备量占储备定额最佳比例的保守模拟值分别为 0.0536、0.2108、0.0081、0.0613，因此取 0.2108。

由于缺少其他洪水规模下的相关历史数据，仅根据该局防汛物资应急方案中各规模洪水下的物资需求预估量，按比例计算各洪水规模下实物储备量占定额量的最佳比例，铅丝的比例因与石料密切相关，因此参照石料用量按比例计算，计算结果见表 2。

表 2　各洪水规模下实物储备量占定额量的比例参考值

项目	洪水规模（以流量计，单位：m^3/s）				
	[4000，6000]	[6000，8000]	[8000，10000]	[10000，15000]	[15000，22000]
铅丝	0.2108	0.4216	0.5621	0.7027	0.8573

从保证防洪安全的角度考虑，可取洪水规模[15000m^3/s，22000m^3/s]下的储备比例，即铅丝的实物储备量可按定额比例的 85.73%计，社会储备比例可按定额比例的 14.27%计。

4　结语

随着经济社会的发展，现代物流为黄河防汛物资储备的社会化提供了可能。本研究将应急物流理论应用于黄河防汛物资储备量的优化，建立了优化模型，算例说明该模型有一定的合理性和可操作性。由于社会储备物资的响应速度受到社会储备的具体形式、地域特征和物流体系等一系列复杂因素影响，国库储备比例优化模型还有待在实践中进一步完善。

致谢

基金项目：中央级公益性科研院所基本科研业务费专项基金资助项目（HKY-JBYW-2012-03）。

参考文献

[1] 水利部黄河水利委员会.防汛抢险技术：第一版.[M].郑州：黄河水利出版社，2004.

[2] 张兴红.黄河防汛物资储备由定性管理到定量管理[J].河南水利，2006（6）：第 7 页

[3] 《运筹学》教材编写组.运筹学：第三版[M].北京：清华大学出版社，2005.

基于短期降雨预报的大桥水库汛期调度方案研究

李辉　何晓燕　任明磊　张忠波　姜晓明　阚光远　王帆

（中国水利水电科学研究院，北京 100038）

摘　要：本文基于水库汛期水位动态控制理念对大桥水库汛期调度方式进行了研究。首先，对中央气象台针对大桥水库所在区域的未来 48h 短期降雨预报精度和实际降雨分布规律进行了研究，表明中央气象台对于大桥水库所在区域的未来 48h 无雨、小雨预报在大桥水库汛期水位动态控制中是可以应用的。然后，采用预泄能力约束法确定了大桥水库汛期水位动态控制域，基于预蓄预泄法提出了大桥水库汛期水位动态控制方案，并对动态控制方案的防洪安全进行了分析。应用结果表明，大桥水库按照汛期水位动态控制方案进行动态调度，不会影响上下游及大坝本身的防洪安全，同时能有效地提高水库蓄水量和洪水资源的利用率。

关键词：大桥水库　预泄能力约束法　预蓄预泄　汛期水位动态控制

1 前言

大桥水库位于四川省凉山州冕宁县大桥镇，是金沙江支流雅砻江下游左岸一级支流安宁河干流上的一座龙头水库。大桥水库的工程任务以灌溉和工业城镇生活供水为主，水库自 1999 年 6 月下闸蓄水运行以来为当地社会经济发展提供了有力支撑。近年来随着安宁河流域社会经济的快速发展，大桥水库的供水日趋紧张，水资源供需矛盾日益突出。根据调度运用计划，大桥水库在非汛期为下游补水，到汛前(5 月份)库水位基本消落到死水位附近；进入汛期(6 月~9 月)开始逐步蓄水，一般至 9 月份库水位可蓄至汛限水位 2018m，然后控制水位不超过汛限水位 2018m；进入 10 月份后库水位逐步蓄至正常蓄水位 2020m。文献[1]对大桥水库汛限水位分期控制方案进行了研究，提出了汛限水位分期控制方案：主汛期(6 月 1 日至 9 月 15 日)汛限水位 2018m、后汛期(9 月 16 日至 9 月 30 日)汛限水位 2019m。该方案有利于拦蓄汛末洪水资源、减少弃水量，增加水库综合效益。然而，该方案仅利用了流域暴雨、洪水的季节性变化规律特征和历史统计信息，未能很好地利用降雨预报信息。

目前，水库汛期水位动态控制理论和方法体系已较为完善[2-4]。本文基于水库汛期水位动态控制理念，对中国中央气象台针对大桥水库所在区域的未来 24h 和未来 24h 至 48h 短期降雨预报精度进行了分析，并对大桥水库汛期水位动态控制问题进行了研究，提出了大桥水库汛期水位动态控制域和汛期水位动态控制方案，以在保障防洪安全的前提下更好地利用汛期洪水资源，进而增加水库供水量并提高水库综合效益。

2 工程概况

大桥水库控制流域面积 796 km^2，正常蓄水位和移民水位均为 2020m，死水位 1977m，总库容 $6.58\times10^8\,m^3$，调节库容 $5.93\times10^8\,m^3$，死库容 $0.59\times10^8\,m^3$。该水库为年调节水库(多年平均来水量 $11\times10^8\,m^3$)，是一座以灌溉和工业城镇生活供水为主，结合发电，兼顾防洪、环境保护、水产养殖、旅游等综合效益的大型水利工程。水库设计灌溉面积 $5.828\times10^4\,hm^2$，

设计工业及城镇生活供水量 1.17×10^8 m^3，为安宁河流域工业和城镇生活用水提供了可靠的水源保证。大桥水库电站总装机 90MW，保证出力 29.6MW，年利用小时 3840h，年发电量 3.5×108kW• h。大桥水库的防洪任务主要是保证大坝安全及下游冕宁河段的防洪安全。大桥水库防洪标准为百年一遇设计、两千年一遇校核，相应的设计洪水位和校核洪水位分别为 2019.44m 和 2020.24m。大桥水库距冕宁县城仅 19km，水库建成后冕宁河段的防洪能力由 5 年一遇提高为 20 年一遇。当发生 20 年一遇洪水时，大桥水库安全泄量为 304 m^3/s。因此，保证大桥水库大坝安全运行对冕宁县和安宁河流域城镇的工农业发展和水库下游人民的生命财产安全至关重要[5]。

大桥水库 1999 年 6 月下闸蓄水，2000 年 6 月首台机组并网发电。大桥水库 2001-2013 年的运行情况统计表明，大桥水库年均发电量 3.67×108kW •h，非汛期年均为下游供水 1.01×10^8 m^3，为当地社会经济发展提供了有力支撑。然而，随着安宁河流域社会经济的发展，大桥水库的供水日趋紧张，水资源供需矛盾日益突出。大桥水库近 13 年平均来水量仅为 10.66×10^8 m^3，年来水量达到平均径流量 11×10^8 m^3 的年份仅为 4 年；汛期年均来水量仅为 6.88×10^8 m^3，汛期来水量超过 8×10^8 m^3 的仅为 2 年，大桥水库来水量偏枯。此外，大桥水库未考虑流域暴雨、洪水的季节性变化情况，汛期内采用单一汛限水位控制方案，严格控制水位不超过汛限水位，不敢多蓄水，汛后水库往往无水可蓄，致使水库未能很好地利用洪水资源。受来水偏枯和现行汛期调度方式影响，大桥水库汛末蓄满的年份仅为 7 年，汛末蓄满率仅为 54%。因此有必要基于汛期水位动态控制理念对大桥水库汛期调度运行方式进行研究，提出大桥水库汛汛期水位动态控制方案，以更好地利用汛期洪水资源、提高水库综合效益。

3 短期降雨预报精度分析

大桥水库库区流域面积较小，汇流时间短，最大时段降雨至峰现时间一般仅三个小时左右，洪水预报预见期较短。近十多年来，随着计算机、雷达、卫星等先进技术和数值预报业务的普及和推广应用，降雨预报水平有了重大进步[6]，因此可分析降雨预报信息应用于大桥水库汛期水位动态控制的可行性。

本文选用中央气象台针对大桥水库所在区域 2008 年至 2013 年 6 月 1 日至 9 月 30 日的未来 24h、未来 24h 至 48h 降雨预报资料和大桥水库控制流域的平均日降雨量资料，对中国中央气象台未来 24h 和未来 24h 至 48h 短期降雨预报的确率、漏报率、空报率进行了分析，结果如表 1 所示。由表 1 可知，中央气象台对于大桥水库所在区域的未来 24h 和未来 24h 至 48h 各预报降雨量级对应的实际降雨量的经验频率分布属于偏态型，空报率大于漏报率，即除无雨预报以外，其他量级有“预报偏大”的倾向。中央气象台预报未来 24h 和未来 24h～48h 为无雨、小雨和中雨时发生大雨及以上量级降雨的频率较低。根据现有资料，大雨及以上量级降雨预报的发布次数较少，相应的确率、空报率和漏报率波动较大。

基于精度分析结果，本文采用频率分析法[7]分析了无雨、小雨和中雨时相应的实际降雨量的频率分布规律，结果见表 2。由表 2 可知，对于大桥水库所在区域，当中央气象台未来

24h 和 24h～48h 预报无雨、小雨和中雨时大桥水库控制流域发生大暴雨(100.1～250mm)的频率均低于 0.01%。当中央气象台对于大桥水库所在区域未来 24h 和 24h～48h 预报无雨、小雨和中雨时，大桥水库控制流域相应于频率为 0.01%的最大降雨量中仅为 98.8mm，小于年最大 10 年一遇设计暴雨。鉴于预报未来 24h、未来 24h～48h 无雨、小雨时发生大暴雨(100.1～250mm)的频率均非常小，中央气象台对于大桥水库所在区域的未来 24h 和未来 24h 至 48h 无雨、小雨预报在大桥水库汛期水位动态控制中是可以应用的。考虑到预报中雨时发生大雨及以上量级降雨的频率稍高，因此在大桥水库汛期水位动态控制中暂不考虑应用中雨预报成果。

表 1　中央气象台对于大桥水库所在区域的降雨预报精度分析

预见期	预报等级	发布次数	确率(%)	空报率(%)	漏报率(%)	无雨及小雨的频率(%)	中雨及以下量级降雨的频率	大雨及以上量级降雨的频率
24h	无雨	71	67.6	——	32.4	93.0	97.2	2.8
	小雨	393	46.8	39.4	13.8	86.3	98.5	1.5
	中雨	208	23.1	65.8	11.1	65.8	88.9	11.1
	大雨	48	20.8	77.1	2.1	22.9	77.1	22.9
	暴雨	4	0.0	100.0	0	0.0	50.0	50.0
24-48h	无雨	122	52.5	——	47.5	90.2	97.5	2.5
	小雨	349	46.7	39.0	14.3	85.7	97.1	2.9
	中雨	223	28.8	63.2	8.0	63.2	92.0	8.1
	大雨	42	21.4	76.2	2.4	40.5	76.2	23.8
	暴雨	4	0.0	100.0	0	50.0	75.0	25.0

表 2　无雨、小雨和中雨预报对应的实际降雨量的频率计算成果

预见期(h)		未来 24h			未来 24h 至 48h		
预报降雨量级		无雨	小雨	中雨	无雨	小雨	中雨
统计参数	均值	4.2	4.3	11.4	3.6	5.3	12
	Cv	1.71	1.7	0.94	1.89	1.53	0.9
	Cs/Cv	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
设计值(%)	0.01	87.2	88.5	98.8	87.3	92.8	98.0
	0.02	79.0	80.2	91.4	78.8	84.5	90.9
	0.05	68.3	69.4	81.7	67.8	73.5	81.4
	0.1	60.4	61.3	74.3	59.5	65.3	74.2
	0.5	42.3	43.0	57.3	40.9	46.6	57.5
	1	34.7	35.3	49.9	33.3	38.8	50.3
	2	27.4	27.9	42.5	25.9	31.1	43.1
	5	18.3	18.7	32.8	16.7	21.5	33.5
	10	11.9	12.2	25.4	10.5	14.6	26.2
	20	6.4	6.6	18.0	5.2	8.4	18.8

4 动态控制

水库汛期水位动态控制是指水库在汛期，根据实时雨水情信息，利用降雨和洪水预报成果，在不降低水库防洪标准，确保水库及上下游地区防洪安全的前提下，按照科学论证并经有关部门审批的水库汛期水位动态控制方案确定的控制范围对水位进行浮动的调度过程。为防止“保证下游防洪安全而使得汛期水位过于降低”和“增加兴利蓄水而过于抬高汛期水位”的现象，对汛期水位动态控制的范围进行研究，将“汛期水位动态控制域”作为实时调度阶

段的汛期水位动态控制的约束范围。然后，采用预蓄预泄方法，提出了基于降雨预报信息的大桥水库汛期水位动态控制方案。

4.1 动态控制域的确定

大桥水库汛期水位动态控制域应综合考虑各分期汛限水位、兴利蓄水位、下游河道允许的水库泄量、入库流量过程、降雨预报信息、水库泄流能力等因素来确定。对于各分期的汛期水位动态控制域，其下限可取为分期汛限水位[1]，上限可采用预泄能力约束法[2,4]来确定。

预泄能力约束法是汛期水位动态控制域确定较常用的方法，其基本思想是：留有一定余地的情况下，利用降雨预报或洪水预报，在有效预见期内有多大预泄能力就将汛限水位向上浮动多少。相应计算公式如下：

$$Z_{\max} = f\left(V_{Z0} + V_{pre-discharge}\right) \tag{1}$$

$$V_{pre-discharge} = \left(Q_{out} - Q_{in}\right) \times T_f \tag{2}$$

其中：$Z_{\max}$ —汛期水位动态控制域上限；$f(\ )$—水库水位库容关系；V_{Z0}—原设计汛限水位 Z_0 相应库容；$V_{pre-discharge}$——有效预见期内预泄水量；T_f —有效预见期，即水库预泄的有效时间，降雨预报及洪水预报预见期减去信息传递、决策、闸门操作等时间后的剩余时间；Q_{out} —有效时期 T_f 内平均泄流量；Q_{in} —有效预见期 T_f 内平均入库流量；

大桥水库汛期水位动态控制的影响因素包括：面临时刻的水情、雨情、工情；降雨预报的有效预见期；有效预见期内入库水量；有效预见期内水库预泄能力；下游河道允许预泄流量；决策信息传递的稳定性、速度及闸门操作时间等。各影响因素分析如下：

(1) 下游河道过流能力约束：大桥水库预泄不能影响下游冕宁河段的防洪安全，因此大桥水库最大预泄流量取为 304 m^3/s。

(2) 泄洪建筑物泄流能力约束：大桥水库采用机组、溢洪道和放空洞联合泄洪方案，按现行调度规则，放空洞仅在非常洪水情况下开启，因此在预泄阶段仅考虑机组和溢洪道泄洪。大桥水库主汛期和后汛期的分期汛限水位分别为 2018m 和 2019m,预报发生大雨或大洪水时需将库水位由控制域上限降至各分期汛限水位。偏安全考虑，以各分期汛限水位相应的泄流能力作为预泄流量。2018m 和 2019m 水位下机组和溢洪道的合计最大泄量分别为 180 m^3/s 和 245 m^3/s。偏安全考虑，大桥水库主汛期和后汛期的预泄流量分别取 180 m^3/s 和 245 m^3/s。

(3) 有效预见期内入库流量约束：对大桥水库历年洪水过程资料进行统计分析得出，大桥水库洪水起涨前平均入库流量为 70 m^3/s,偏安全考虑在计算中取 100 m^3/s；

(4) 有效预见期约束：根据短期降雨预报可利用性分析成果，未来 48h 短期降雨预报信息在实际调度中是可利用的，假定实际降雨发生在最不利时刻，即 24h-48h 降雨预报的 24h 之初，则降雨预报可利用的预见期为 24h。考虑到信息传递时间、预泄决策调令传达及实施时间、闸门操作时间等在实际调度中可能有所差异，有效预见期取为 20h；

大桥水库汛期划分为主汛期和后汛期。对主汛期，根据式(1)和式(2)计算得到大桥水库的预泄水量为 0.058×10^8 m^3，在主汛期汛限水位 2018m 相应库容的基础上增加 0.058×10^8 m^3 后对应的水位为 2018.25m，该水位即为大桥水库主汛期汛期水位动态控制域上限为。对后汛期，根据式(1)和式(2)计算得到大桥水库的预泄水量为 0.104×10^8 m^3。在分期汛限水位 2019m 相应库容的基础上增加 0.104×10^8 m^3 后对应的水位为 2019.45m，该水位即为后汛期汛期水位动态控制域上限。大桥水库主汛期和后汛期汛期水位动态控制域下限可分别取为相应的分期汛限水位 2018m 和 2019m。因此大桥水库汛期水位动态控制域为：主汛期 2018m～2018.25m；后汛期 2019m～2019.45m。

4.2 动态控制方案

大桥水库汛期水位动态控制域只是给出了水库汛期实时调度过程中水位上下浮动的约束范围，还需制定具体的汛期水位动态控制方案，以根据入库流量、降雨预报、有效预见期等综合信息有效地实施汛期水位的动态控制。大桥水库在实时调度中根据水库流域降雨预报信息、入库洪水过程、有效预见期等信息采用预蓄预泄法及时调整水库泄流方式和库水位，对水库进行实时控制，达到有效拦蓄洪水、充分利用水资源的目的。预泄阶段，水库加大发电出力和下泄流量以降低库水位；预蓄阶段，水库控制下泄流量以充分拦蓄洪水尾水。大桥水库汛期水位动态控制方案如下：

(1) 若中央气象台未来 48h 预报无雨或小雨，则可采用预蓄预泄法确定有效预见期内的水库平均出库流量，并在有效预见期内将库水位控制在动态控制域上限；

(2) 若中央气象台未来 48h 预报有中雨及以上量级降雨，则应采用预蓄预泄法确定有效预见期内的水库平均出库流量，并在有效预见期内将库水位降至动态控制域下限。

假设当前时刻 t_1 大桥水库水位 Z_1 处于汛期水位动态控制域内，则根据该时刻的中央气象台对于大桥水库所在区域的短期降雨预报信息，利用预蓄预泄法[2,4]确定水库出库流量的基本步骤如下：

(1)计算有效预见期 T_f 内的入库水量 W_{in}。如 4.1 节分析，取有效预见期 T_f =20h。入库水量 W_{in} 的计算公式为：

$$W_{in}=\sum_{t=t_1}^{t_1+T_f}[Q_{in}(t)\times\Delta t] \tag{3}$$

(2) 确定控制水位 Z_{obj}。根据大桥水库汛期水位动态控制方案，若预报有中雨及以上量级降雨时，Z_{obj} 为动态控制域的下限；若预报无雨或小雨，则 Z_{obj} 为动态控制域的上限。

(3) 计算控制水位 Z_{obj} 与当前库水位 Z_1 之间的库容差 ΔV：

$$\Delta V=V_{obj}-V_1=f\left(Z_{obj}\right)-f\left(Z_1\right) \tag{4}$$

(4) 计算有效预见期内的平均出库流量 $\bar{Q}_{out}$：

$$\bar{Q}_{out} = \left(W_{in} - \Delta V\right)/T_f \quad Qout \geq 0 \text{ and } Qout < \min\left(Q_{out}^{safe}, Q_{out}^{capacity}\right) \tag{5}$$

4.3 防洪安全分析

大桥水库在汛期根据降雨预报信息、入库洪水过程、有效预见期实施实时动态控制。当中央气象台未来 48h 预报有中雨及以上量级降雨时，库水位将控制在动态控制域的下限，不会影响上下游及大坝本身的防洪安全。当中央气象台未来 48h 预报无雨或小雨时，库水位维持在动态控制域上限。若此时发生了中雨及以上量级降雨，需分析相应降雨而引发的洪水是否会影响上下游及大坝本身的防洪安全。

假设中央气象台未来 48h 预报无雨或小雨而实际却发生了 0.01%概率的降雨量 92.8mm，相应暴雨量级约为 5 年一遇。根据大桥水库控制流域产汇流规律，则 92.8mm 降雨所引发的大桥水库入库洪水的洪量约为 0.52×108 m^3。用同倍比放大法分别推求出主汛期和后汛期相应的入库洪水过程。对主汛期，假设根据降雨预报信息将库水位控制在了主汛期动态控制域上限 2018.25m，此时对前述 92.8mm 降雨引发的入库洪水进行洪水调节计算，则调洪最高水位为 2018.56m,最大下泄流量为 216 m^3/s。对后汛期，假设根据降雨预报信息将库水位控制在了后汛期动态控制域上限 2019.45m，此时对前述 92.8mm 降雨引发的入库洪水进行洪水调节计算，则调洪最高水位为 2019.45m,最大下泄流量为 260 m^3/s。因此，假设在中央气象台未来 48h 预报无雨或小雨而实际发生 0.01%概率的降雨量 92.8mm 时，大桥水库根据降雨预报信息将库水位控制在了主汛期或后汛期动态控制域上限，则发生洪水时水库最高调洪水位均未超过移民高程 2020m，且最大泄量均不超过 304 m^3/s，大桥水库上下游及大坝本身的防洪安全均不会受到影响。

5 实例

根据大桥水库的工程任务和实际运行情况，目前大桥水库在汛前库水位基本消落到死水位附近，进入汛期后开始逐步蓄水，至 9 月中下旬可基本蓄至汛期水位动态控制域内。考虑到大桥水库运行后尚未发生较大洪水，无相应的大洪水过程和水雨情预报信息等资料，本文以后汛期 19630923 洪水为例进行实时模拟调度分析。

5.1 降雨预报信息

因该场洪水过程尚未记录相应的降雨预报信息，为对大桥水库汛期水位动态控制方案的具体应用进行实例分析，假设降雨预报信息如下：

(1) 9 月 18 日 8 时，预报未来 24h 中雨，未来 48h 有大雨；

(2) 9 月 19 日-23 日各日 8 时均预报未来 24h 和 48h 有中雨及以上量级降雨；

(3) 9 月 24 日 8 时预报未来 24h 有中雨，48h 有小雨；

(4) 9 月 25 日-27 日各日 8h 均预报未来 24h 和 48h 小雨。

5.2 水雨情过程

该场暴雨洪水过程中，降雨开始于 9 月 18 日 11:00，主要暴雨过程主要集中于 22 日 20:00-

24 日 20:00，累计降雨 118.2mm；入库洪水于 9 月 19 日 8:00 开始起涨，20 日 7:00 出现一洪峰(流量 167m^3/s),之后逐步回落，于 21 日 23:00 又开始起涨，23 日 15:00 出现洪峰，流量 410m^3/s,洪峰过后，入库流量开始逐步减小并进入退水过程。详细如下：

(1) 9 月 18 日 8:00，降雨尚未开始，入库流量 60m^3/s；

(2) 9 月 19 日 8:00，当日降雨 16.9mm，入库流量 149m^3/s，洪水开始起涨；

(3) 9 月 20 日 8:00，当日雨量 37.6mm，入库流量 160 m^3/s，洪水处于起涨阶段；

(4) 9 月 21 日 8:00，当日雨量 19.4mm，入库流量 117 m^3/s；

(5) 9 月 22 日 8:00，当日雨量 35.2mm，入库流量 268 m^3/s，流量明显增加；

(6) 9 月 23 日 8:00，当日雨量 57.5mm，入库流量 281 m^3/s；

(7) 9 月 23 日 15:00，洪峰流量 410 m^3/s；

(8) 9 月 24 日 8:00，当日雨量 53.5mm，入库流量 218 m^3/s，洪峰已出现，入库洪水进入退水阶段；

(9) 9 月 25 日 8:00，当日雨量 18.1mm，入库流量 148 m^3/s，洪水处于退水阶段；

(10) 9 月 26 日 8:00，入库流量 116 m^3/s；

(11) 9 月 27 日 8:00，入库流量 109 m^3/s。

5.3 洪水实时调度分析

针对该场洪水过程，基于降雨预报信息和实时水雨情信息，相应的实时动态调度过程如下：

(1) 9 月 18 日之前，根据降雨预报信息，库水位控制在后汛期动态控制域上限 2019.45m；

(2) 9 月 18 日 8:00，预报未来 24h 有中雨，未来 48h 有大雨；按照动态控制方案，水库加大泄量预泄，库水位于 9 月 19 日 13:30 降至后汛期汛限水位 2019.00m；

(3) 9 月 19 日 13:30 水库库水位降至 2019m 后，按现行防洪调度规则，按来水流量控制水库泄流；

(4) 9 月 19 日 13:30 至 23 日 15:00，洪水处于起涨阶段，水库按现行防洪调度规则泄流；

(5) 9 月 23 日 15:00，洪峰流量 410 m^3/s，之后入库洪水进入退水阶段，流量逐步减小，水库按现行调度规则控制水库泄流，使库水位尽快回落至 2019m；

(6) 9 月 25 日 8:00，预报未来 24h 和 48h 均为小雨，库水位可控制在上限 2019.45m，关闭溢洪道，仅利用水电站满发泄流，出库流量 72 m^3/s，库水位逐步蓄至上限 2019.45m；

(7) 9 月 26 日 8:00，预报未来 24h 和 48h 均为小雨，库水位维持在 2019.45m；

(8) 9 月 27 日 8:00，预报未来 24h 和 48h 均为小雨，库水位维持在 2019.45m；

5.4 静态调度过程与动态调度过程对比分析

与静态调度过程相比，该场洪水的动态调度过程中，水库最高水位未增加，最大泄量小于 304 m^3/s, 上下游及大坝本身的防洪安全均不会受到影响；而在调度末，动态调度过程中的库水位维持在上限 2019.45m，相应蓄水量比静态调度过程增加约 0.1×108 m^3。因此，与静态调度过程相比，大桥水库按照汛期水位动态控制方案进行动态调度，不会影响上下游及

大坝本身的防洪安全，同时能有效地提高水库蓄水量和洪水资源的利用率。

6 结论

大桥水库自 1999 年 6 月份下闸蓄水以来，水库来水量偏枯，水库汛末蓄满率仅为 54%。随着安宁河流域社会经济的发展，大桥水库水资源供需矛盾日益突出。为了更好地利用汛期洪水资源并提高水库兴利效益，本文基于水库汛期水位动态控制理念对大桥水库汛期调度方式进行了研究。首先，对中国中央气象台针对大桥水库所在区域的未来 24h 和未来 24h 至 48h 短期降雨预报精度和实际降雨分布规律进行了研究，结果表明中央气象台对于大桥水库所在区域的未来 24h 和未来 24h 至 48h 无雨、小雨预报在大桥水库汛期水位动态控制中是可以应用的。然后，采用预泄能力约束法确定了大桥水库汛期水位动态控制域，基于预蓄预泄法提出了大桥水库汛期水位动态控制方案，并对动态控制方案的防洪安全进行了分析。应用实例分析结果表明，大桥水库按照汛期水位动态控制方案进行动态调度，不会影响上下游及大坝本身的防洪安全，同时能有效地提高水库蓄水量和洪水资源的利用率。

参考文献

[1] 李辉，何晓燕，任明磊等.大桥水库汛限水位分期控制研究[J].水利水电技术，2016,47(2):127-133.

[2] 王本德，周惠成.水库汛限水位动态控制理论与方法及其应用[M].北京：中国水利水电出版社，2006.

[3] 国家防汛抗旱总指挥部办公室.水库汛限水位动态控制试点工作意见及附件[R].2005:1-7.

[4] 王本德,周惠成,王国利等.水库汛限水位动态控制理论方法及其应用管理体系[J].中国防汛抗旱，2011，21(6):4-6,12.

[5] 李松，王建华.面对流域旱情大桥水库运行调度研究[J].四川水力发电,2007. 26(suppl.1):88-90.

[6] 王本德，朱永英，张改红等.应用中央气象台 24h 降雨预报的可行性分析[J].2005,25(3):30-34.

[7] 王本德,周惠成,程春田等.可利用丰满气象台短期降雨预报时效分析[J]. 水利管理技术，1994(4):41-46.

武汉市水资源可持续利用研究

张洪斌[1,2]　马建明[1,2]　喻海军[1,2]

(1.中国水利水电科学研究院，北京100038;

2.水利部防洪抗旱减灾工程技术研究中心，北京100038)

摘　要：水作为人类所需要的不可替代的一种自然资源,是社会经济持续发展的重要支撑之一。解决武汉市的水问题，直接关系到武汉市人民群众的生活,关系到社会的稳定,关系到城市的可持续发展。本文分析了武汉市水资源现状，指出其存在河流湖泊水体局部污染严重、湖泊填占严重、季节性及区域性缺水明显等问题，提出了武汉市水资源可持续开发利用主要对策措施。文章认为，减少污染，促进水资源循环利用、实施江湖连通工程、推进节水型社会建设、改革水资源管理体制、充分利用雨洪资源以及利用科技手段对水资源实行数字化管理是可持续开发利用武汉水资源的有效措施。

关键词：可持续利用　水资源　武汉市

1 引言

武汉市地处华中腹地江汉平原东部,长江与汉江交汇于此,是全国重要的交通枢纽和特大城市。市区被长江、汉水分隔为武昌、汉口、汉阳,形成三足鼎立、隔水相望的格局。市域面积 8467 km^2，其中水面面积为 2187 km^2，占全市面积的 25.8%，具有丰富的水资源条件。全市降水量的地域分布特点是中部多、西北少，且时间分配不均，不仅表现在年内，年际变化也十分剧烈，因此洪涝旱害频繁。武汉在加强了防洪安全建设后，水环境问题却显得非常突出，水质现状欠佳,城区水源地水质恶化,郊区水质亦有恶化现象。使武汉市处于“优于水但忧于水”的尴尬境地，水环境污染已严重制约了经济发展。

2 水资源现状

2.1 水资源丰富

武汉市河流纵横、湖泊众多,水库、塘堰和沟渠星罗棋布,丰富的降水、地表径流以及地下水蕴藏量,使武汉市“得水独厚”，水资源十分丰富。武汉市多年平均地表水总量达 43.85 亿 m^3，多年平均降水量达 1232.34mm。长江在武汉市境内流程 145 km，境内流域面积 180 万 km^2，汉水境内流程 62 km，流域面积 15. 9 万 km^2。此外,东荆河、金水河、巡司河、府河、界河、滠河、倒水、举水、沙河、通顺河等 13 条中小河流从郊区或市区汇入长江，组成纵横交错的河网水系。

武汉市境内现有湖泊一百余个。湖泊水面约占全市土地面积的 9 % ,约占水域面积的 36. 81%。其中较大的湖泊有梁子湖、汤逊湖、鲁湖、斧头湖、严西湖、涨渡湖、武湖、后湖等 30 多个。水库、堰塘大多分布于武汉市区北部的低山丘陵地带,黄陂、东西湖区较多，主要用于灌溉及水产养殖。养殖水面 7. 7 万 m^2，占可养殖水面的 53. 38 %。

武汉市地下水资源丰富,净储量达 127. 9 亿 m^3,浅层淡水资源为 15 亿 m^3,可开采的地下

水资源 6 亿～11 亿 m^3，市境内以松散堆积层孔隙承压水为主,年可开采储量约 4 亿 m^3，主要分布于汉口唐家墩、易家墩、北湖、武昌余家头、白沙洲以及武钢东部、汉阳鹦鹉大道两侧。此外，还有少量岩隙水。

最近,《武汉市水资源综合规划》明确指出该市可利用水资源高达 340 余亿 m^3。

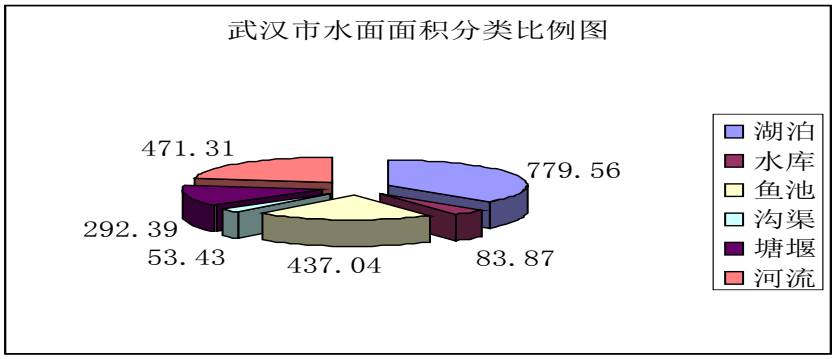


图1 武汉市市域水面分类面积比例图（单位：km^2）

2.2 从水质来看,水污染严重

根据《地表水环境质量标准》（GB3838-2002），进行水质评价从优到劣分为 I、II、III、IV、V 五个类别。见表 1[1]。

表1 不同水质的适用范围

水质类别	适用范围
I类	源头水、国家自然保护区
II类	集中式饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地、鱼虾产卵场等
III类	集中式饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场、洄游通道等及游泳区
IV类	一般工业用水区及人体非直接接触的娱乐用水区
V类	农业用水区及一般景观要求水域

2006 年武汉市对 62 个主要湖泊监测结果表明:水质达到 II 类标准的湖泊有 2 个，占监测湖泊数的 3.2%，占监测湖泊面积的 35.4%；水质达到 III 类标准的湖泊有 6 个，占监测湖泊数的 9.7%，占监测湖泊面积的 10.0%；水质达到 IV 类标准的湖泊有 15 个，占监测湖泊数的 24.2%,占监测湖泊面积的 36.5%；水质劣于 V 类标准的湖泊有 39 个，占监测湖泊数的 62.9%，占监测湖泊面积的 18.1%[2]。

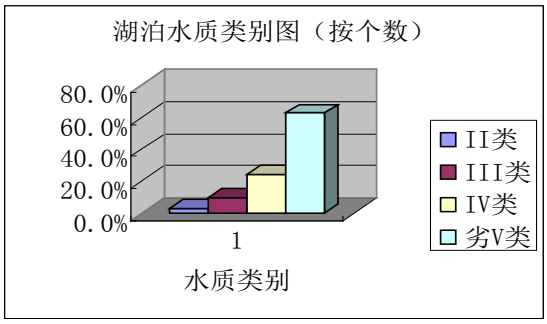


图2 2006年武汉市湖泊水质类别图（按个数）

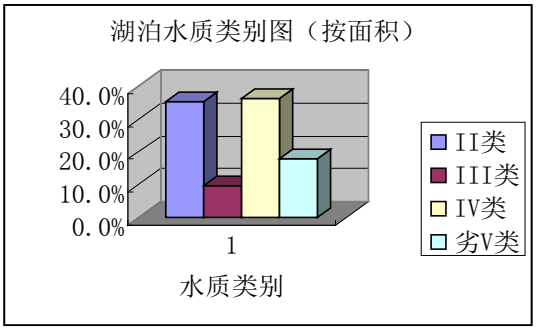


图3 2006年武汉市湖泊水质类别图（按面积）

2.3 排水系统现状

目前，武汉市中心城区排水分为汉口、汉阳、武昌三大片区，形成 22 个排水系统，汇水面积 198 km^2,其中 14 个为外排系统。2005 年武汉市各类排水管涵总长 1482km，明渠长

127km,建成区排水管网密度为 7.2km/ km^2，泵站 69 座，总抽排能力 361m^3/s。中心城区内汉口、汉阳城区及武昌旧城排水体制主要为雨污合流制，原武昌水果湖、青山地区及 90 年代后建设的沌口、东湖开发区排水管网为雨污分流制。存在的主要问题是雨水排放标准偏低，污水集中处理率低，管网覆盖率低，合流制管道比例大，设施老化。郊区和远城区的城镇的污水管网覆盖率较低，一般都在 40%-50%以下，目前均为雨污合流的管道。

3 水资源开发利用中所存在的问题

3.1 河流湖泊水体局部污染严重

进入 20 世纪 90 年代后，随着汉江中下游地区城乡经济发展，人口逐年增加，大量的生产、生活污水未经处理直接排入汉江，污染总量已经超过汉江自净容量，导致近年频发水华现象、滋生水葫芦. 20 世纪 90 年代至 21 世纪初，汉江武汉段连续发生了三次罕见的“水华”，它警示我们汉江水质有逐年恶化的趋势.现在汉江武汉段水质已达不到Ⅱ类，全年为III类，个别月份劣于III类。

南太子湖是武汉经济技术开发区纳污水体，由于开发区近年发展较快，且从 1995 年开始，原排墨水湖的部分污水改道入南太子湖，结果造成水质加速恶化，面积为 6000 亩的南太子湖水质在不到五年的时间里已超五类，并对毗邻的三角湖的水质形成压力. 木兰湖水质目前尚好，但随着旅游业开发强度的加大和 15 个度假村的兴建，污水直接排入量不断增加，水质也呈恶化趋势. 其他如汉阳龙阳湖水质属超Ⅴ类，属重富营养；墨水湖水质属超Ⅴ类，属重富营养；沙湖水质属超Ⅴ类，属重富营养，江河水质下降。

3.2 湖泊填占严重

十多年来，我市湖泊填占严重。据市规划局对我市主城区的调查，90 年代初，主城区共有 35 个主要湖泊（不含水塘和鱼池)，总面积为 95004.48 亩，到目前实有湖泊面积为 89996.70 亩，面积净减少达 5007.79 亩，减少了 5.35%。其中，汉口地区湖泊面积减少率高达 42.2%。大面积填湖降低了湖泊的调蓄能力，造成了对城市原有降水和蓄排水之间平衡关系的破坏，恶化了城市排水条件，使湖泊所在地带暴雨期间极易形成渍水。如沙湖调蓄量的下降，是造成 1998 年大暴雨期间徐东路被淹的原因之一;鱿子湖调蓄能力的严重弱化，导致大暴雨期间台北路中段很容易被淹。

3.3 季节性、区域性缺水明显

武汉市降雨量虽大，但年内分配不均，4-9 月降雨量占全年的 70%以上，6-7 月两月降水最多，约占全年降雨的 1/3。2006 年，丰水期平均降水量 597.2mm，占全年降水量的 68.4%，枯水期降水量 275.3mm，占全年降水量的 31.6%。图 4[3]为 2006 年吴家山、金口等代表站降水量过程线图，可以看出季节性缺水十分明显。

降雨年际变化有时也较大，如 1998 年武汉遭遇了特大洪涝灾害，而仅在一年之隔的 2000 年却遇上严重旱灾。降雨年内分布不均，经常导致季节性缺水，如再遇旱年，缺水问题将更加突出，给工农业生产和人民生活造成负面影响。例如，2000 年武汉降雨明显偏少，全市受旱面积达 250 万亩，几十万人发生直接饮水危机，近百万人饮水困难，城郊几十家工厂企

业生产受到影响。另外，受地形、地势的影响，区域性缺水问题也较突出。全市海拔 50 米高程以下的平原区约占全市总面积的 72.2% ,以上的丘陵区约占总面积的 27.8%。平原区由于有丰富的地表水和地下水，并有较多的水利工程设施可供利用，缺水矛盾并不突出。而丘陵区由于地表径流属雨洪性质，水资源利用条件差，缺水问题则较为严重，是武汉典型的缺水区，即使在大汛之年，也往往是一边防汛，一边抗旱。由于武汉低山、丘陵主要分布于北部地区，所以，位于北部的黄陂、新洲是缺水问题最为突出的两个区。

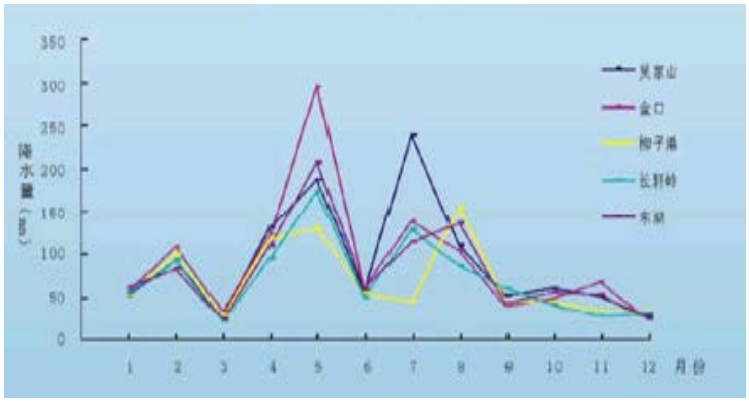


图4 武汉市代表站降水量过程线图

3.4 节水意识差、管理不善

由于武汉水资源量十分丰富，使许多干部群众长期缺乏对水资源的保护意识，在经济活动和城市建设中较注重对水资源的开发利用，却相对忽视对水资源和水环境的保护，如大面积精养鱼导致湖泊富营养化。武昌沙湖、东湖等湖泊和汉阳墨水湖、南太子湖、三角湖等湖泊原皆为相互贯通的开放式水系，但随着工业企业和城市设施的建设以及近年来污染的加剧，这两个水系的湖泊逐渐被分割成封闭的水体，导致了湖泊水体的流动性变差，日净能力严重弱化。

在水资源管理方面，改革开放以来，武汉水行政主管部门，仍采取城区、郊区分割和部门职责分割式的管理，致使职责不清、界线不明、管理不顺的现象时有发生，经过对水资源管理机构进行过初步调整，把市水利局和市防汛办合二为一，统一负责全市水资源的管理和防汛抗旱工作。但由于历史及体制等多方面的原因，涉水管理部门仍然较多，管理体制仍未理顺。这在很大程度上制约了对全市水资源的统一规划、合理开发和有效保护。

4 城市水资源可持续利用对策

4.1 减少污染，促进水资源循环利用

水污染严重与污染防治滞后的矛盾是武汉市水资源开发利用存在的主要问题之一，其突出的特点是水质性缺水. 2003 年对 33 个功能区的其中 21 个功能区实施的水质监测显示：5 个功能区现状水质优于水质管理目标，占监测功能区数的 25%；8 个功能区现状水质达水质管理目标，占监测功能区数的 40%；7 个功能区现状水质劣于水质管理目标，占监测功能区数的 35% [4]。为了从根本上解决武汉市水资源可持续利用问题，就必须减少污染同时促进水资源循环利用.

4.1.1 减少对水体的污染

减少污染主要从三个方面来推动，即工业方面推广清洁生产，控制和减少高水耗、高污染的企业；农业方面推广实施生态农业，减少农药化肥的施用，使用生态肥料和采用生物杀虫方法；生活用水和服务性行业用水厉行节约为原则.

4.1.2 促进水资源的循环利用

水资源的循环利用主要从两个方面来着手：第一，加强截污工程和增强污水处理能力. 2007 年，南湖、东湖、墨水湖的截污工程开始实施，其中东湖日处理污水 5 万吨，计划在 2008 年前对尚未完全截污的 20 个湖泊主要的排污口进行截污，2010 年前完成这 20 个湖泊所有排污口的截污. 第二，提高中水利用率. 将中水处理设施与在建生活小区、校区、饭店等统一规划，建设规模适度的中水处理厂，将中水用于冲厕、洗车、绿化等，可节约城市用水总量的 40%. 目前武汉市的中水利用还处于起步阶段，开发利用潜力很大.

4.2 实施江湖连通工程，以水治水

引江入湖入河，不是为了转移污染，而是为了形成一个完整的区域水循环系统，目前已实行的“引江济汉”和汉阳“六湖联通”工程初见成效。此外在汉口，可将府河从谌家矶沿张公堤到额头湾引汉水进，绕汉口一周，其中金口闸经古田二路沿发展大道开成人工河，后襄河经发展大道与西北湖和中山公园连接，再经发展大道与后湖连接。这样一来，汉口水质将会有很大的改善。

4.3 推进节水型社会建设，支撑武汉市经济社会可持续发展

节水型社会建设的核心是进行制度建设，要通过建立总量控制与定额管理相结合的用水管理制度，建立以水权、水市场理论为基础的水资源管理体制，形成以经济手段为主的节水机制，建立起自律式发展的节水模式[5]。武汉市水权市场已初步形成，从 2006 年 5 月 1 日起，实施新的水价政策，水价得到相应提高，不同行业实行不同的用水差价（如生活用水 1.10 元/吨，行政用水 1.50 元/吨，工业用水 1.02-1.65 元/吨，经营服务用水 1.72-2.35 元/吨，特殊行业用水 1.92-4.80 元/吨），居民生活用水也实行阶梯式水价（级差为 1:1.5:2）[6]。这种模式比较合理，但武汉整体水价，相对国内其他大城市来讲偏低，北京天津达 2.9 元/吨;重庆为 2.46 元/吨;哈尔滨为 2.3 元/吨,这可能与武汉水资源问题丰富有关,可是不利居民培养节约用水的意识。另外，通过经济手段来改变人们对水资源的消费心理和习惯，从而到达节水的目的；另外，依靠产业结构的调整. 通过工农业经济结构的调整，减少高水耗、高污染产业，提高单位产值水资源利用率也是解决问题的方法之一。

4.4 改革水资源管理体制, 实行高效的水务一体化管理

由于武汉市多部门管理所形成的“多龙治水”,政出多门, 不可避免地造成各部门职责之间的交叉, 增加了市政府的协调工作, 不利于水资源的优化配置、合理开发和综合利用。建议按照国务院关于深化经济体制改革的意见中所提出的“推进水资源管理体制改革”和“完善机构设置, 理顺职能分工, 着力解决矛盾比较突出的职责交叉问题”的改革要求, 参考北京、上海、深圳等城市水务改革的成功经验, 改革武汉市水资源管理体制, 建立权威、高效、

协调的水务局，对防洪、蓄水、供水、用水、节水、排水、水资源保护、污水处理及其回用等诸多方面实现水务一体化管理，实现水资源统一调度[7]。

4.5 转变观念，充分利用雨洪资源增加实际可用水量

把暴雨洪水既看作是必须抓紧防治的一种自然灾害，又要看作是宝贵的可利用资源。从一味追求以工程手段战胜洪水，转变为以最小的投入换取最大的经济效益、社会效益和环境效益。结合水环境综合整治，在条件具备的河段建设提蓄工程，将汛期洪水提到附近的水库或水厂，增加饮用水源。并积极改善河道水质，增加汛期能够提蓄水的河段。四是分散雨水收集利用。城区的市政杂用水水质要求较低，雨洪水集蓄后经简单处理后即可满足要求。如公园可设置人工湖等贮存滞留雨水供浇洒草坪，居住小区可修建小型雨水集蓄工程供小区补充景观用水等。

4.6 利用科技手段对水资源实行数字化管理，建立保障水资源可持续利用的信息系统

水资源管理是一项十分复杂的系统工程，涉及社会、经济、环境的诸多内容,包括水资源数量、质量、供水、用水、水环境及水资源权属管理各个方面，因此传统的管理方法很难达到要求。借助于 3S 技术、计算机、多媒体、网络等现代技术将数字化管理应用于水资源管理中实现及时准确地收集、存储、和处理大量的水资源信息，实现远距离同步的信息传输和共享，模拟各种复杂的水系统可能发生的突发事件将有助于实现水资源优化配置，提高水行政管理能力和公共服务水平，实现水资源信息共享，加强水资源灾害管理的能力，提高和预测各类水旱灾害的水平。利用现代数学和计算机技术，建立水资源预测、评价、规划和模拟模型及程序软件为水资源的可持续利用提供技术支持。因此数字化水资源管理将全面提高管理的效率和效益。

5 结论

武汉市水资源总量尽管十分丰富，但由于一些原因仍面临着经济社会快速发展与水资源短缺的尖锐矛盾。保护水环境，合理开发、利用水资源，大力节约用水，倡导可持续发展观并加强部门之间协调管理，将对武汉经济的快速、持续发展起到有利的促进作用，对武汉的生态、环境也将大有改善。另外，在现代科技日新月异的今天,管理也要跟上现代化发展的步伐，提高管理的效率和效益，从而更好地开发利用水资源。

参考文献

[1] 雒文生.水环境学(M).武汉:武汉大学出版社.2005 年

[2] 2006 年武汉市水环境状况[EB/OL]. http://www.whswj.com/news/view.asp?id=572 .2007-03-22.

[3] 2006 年武汉市水资源公报[EB/OL]. http://www.whswj.com/news/view.asp?id=571.2007-3-22

[4] 2003 年武汉市水环境状况[EB/OL]. http://www.whwater.gov.cn/whwater/info. 2004-06-12.

[5] 曾贤刚. 环境影响经济评价[M]. 北京: 化学工业出版社,2003.

[6] 熊星星. 五一起武汉施行阶梯水价居民用水越多水价越高荆楚网-楚天都市报[EB/OL]. http://finance.sina.com.cn. 2006-04-28.

[7] 范恒山.水利管理运行体制改革值得研究的若干重要问题[J]中国水利, 2002, (11)

基于二线能坡法自动测流系统设计与应用研究

王德维　周云　冉四清　程建敏

（江苏省水文水资源勘测局连云港分局，江苏连云港222004）

摘　要：主要研究了一种基于二线能坡法的自动测流系统的设计，并在小许庄水文站进行应用。该方法是通过两台 ADCP 分别获取两条实测垂线流速，然后通过两条实测垂线流速获取能坡参数，以流速-面积法计算断面流量。系统可以实现自动采集、储存、传输、实时在线查询和误差分析等功能。为实现“少人看管，无人值守”水文测站管理模式提供了条件。

关键词：二线能坡法　自动测流　系统设计　ADCP　水文测站管理

传统的流量测验是沿河道宽在过水断面上用流速仪测量多条垂线流速，然后用部分流速面积法求出流量。这种方法被广泛应用于天然河道的流量测量中，其作业过程称为测流。

天然河道遇到大洪水的时候，流速大、漂浮物多，流速仪测流法无法实施，此时常用浮标法代替，但由于浮标在河道中不仅经常上下翻滚、左右游荡，还会出现多个浮标挤到中泓区的现象。而且浮标法所测到的是上下比降断面之间的河段平均流速，不是测流断面的实际流速，所以精度不高。当遇到特大洪水的时候，还可以采用比降面积法作为备用方案，但由于比降不容易测量准确，所以精度比浮标法更差。

近年来，国外声纳测流技术发展很快，电磁式、雷达式测速仪也在我国开展了应用，与传统流速仪比较，技术先进、测流时间短，但价格要比传统的机械式流速仪昂贵许多。采用传统相关关系去建立流量在线实时监测系统也存在一定困难，且建设周期长和高水外延的缺点也不太好克服。

能坡法 1997 年写入《水文巡测规范》(SL195-97)。近期发展成为二线能坡法，通过两条实测垂线流速求出能坡参数后，即可把原来在断面中实测 *n* 条垂线流速变为计算 *n* 条垂线流速的方法。

1 二线能坡法测流原理

1.1 基本思路

二线能坡法测流以曼宁公式为基础，借助水力学实验方法，从矩形、三角形断面入手，寻求垂线流速与断面平均流速的关系，建立与曼宁公式具有相同结构形式的垂线流速公式；改天然河道中综合糙率为分解糙率；并以二条实测垂线流速为已知条件反求能坡（水流能量坡度）参数，代替曼宁公式中比降与糙率的比值关系，从而使成果精度显著提高，并借助等效流量原理，解决多种非恒定、非均匀流条件下流量测量问题。

1.2 垂线流速公式

天然河道断面一般都是不规则的，断面内垂线流速沿断面宽分布图与倒置的过水断面具有相似的特点[1-2]。按照三角形断面内垂线流速公式的建立方法，根据每条垂线的水深、水面宽和起点距，在若干个水面宽相同、水深不等的矩形水槽中，用矩形断面内垂线流速公式

算出各垂线的“流速”，并得到一条沿断面宽分布曲线。但由于断面形状不规则，无法用相同的改正系数对上述的“垂线流速”作改正。

设不规则断面，垂 *i* 的流速公式为：

$$V_{垂} = \frac{V_{垂(l)} + V_{垂(r)}}{2} \tag{1}$$

$$V_{垂(l)} = V_{矩(l)} - (V_{矩(l)} - V_{三角形(l)}) \frac{f_{(l)}}{F_{(l)}} \tag{2}$$

$$V_{垂(r)} = V_{矩(r)} - (V_{矩(r)} - V_{三角形(r)}) \frac{f_{(r)}}{F_{(r)}} \tag{3}$$

对于矩形断面

$$V_{矩(l)} = \frac{\alpha}{n} R_{矩(l)}^{2/3} S^{1/2} \tag{4}$$

$$V_{矩(r)} = \frac{\alpha}{n} R_{矩(r)}^{2/3} S^{1/2} \tag{5}$$

对于三角形断面

$$V_{三角形(l)} = \frac{\beta}{n} R_{三角形(l)}^{2/3} S^{1/2} \tag{6}$$

$$V_{三角形(r)} = \frac{\beta}{n} R_{三角形(r)}^{2/3} S^{1/2} \tag{7}$$

式中： *fal*、*far* 为垂 i 之左、右夹在矩形与三角形断面之间的不过水面积；*Fal*、*Far* 为垂 i 之左、右的矩形与三角形的面积差；$V_{矩}$ 为矩形断面内垂线之左（右）断面平均流速；$V_{三角形}$ 为三角形断面内垂线之左（右）垂线流速；*S* 为比降；*n* 为糙率；*R* 为水力半径；*α*、*β* 为与矩形、三角形断面的垂线流速改正系数。

1.3 能坡参数计算方法

根据河段和断面资料划分出断面的分块糙率，用上述方法计算出第 *i* 条垂线流速 V_i'。用第 *i* 条实测流速 V_i 作为已知的条件，则能坡参数计算可用垂线流速逆运算法求得。如图 5，当断面设有两条实测流速垂线时，可求得两个能坡参数值，左边垂线至左岸各垂线流速计算采用左垂线的能坡参数值计算，中间部分垂线采用左、右两垂线能坡参数的差值按线性内插法计算各垂线流速，右垂线至右岸之间垂线采用右垂线能坡参数计算各垂线流速。

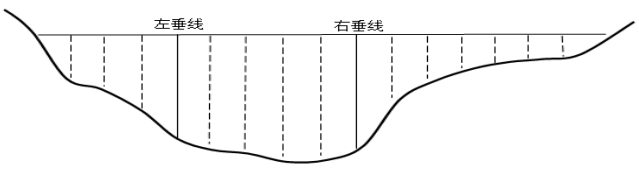


图 1　由 2 条垂线的流速反求其他垂线的流速

1.4 声学多普勒测速原理

水中存在着浮游生物、悬沙等声波散射体。声学多普勒流速测量[3-4]是建立在平稳随机过程基础之上的，即首先认为在水中漂浮的微小浮游生物、悬沙是和水流融为一体的，它们的速度大小即代表了水流的速度大小，它们前进的方向就是水流的方向。在这个前提之下，主动超声波发射器首先向水体中发射超声波，当声波在水中传播时，遇到散射体后将有一部分能量透射过去，继续沿着声波传播方向传播；同时也有另外一部分能量将向四周散射，其中的一部分将返回到接收器中。当散射体和换能器存在相对运动时，换能器接收到的回波信号的频率和发射时的声波频率是不同的，这个差别就是多普勒频偏，根据这个频偏就可以计算出散射体的速度。

当声源和接收器静止，反射体以速度v_r运动时

$$\Delta f = \pm\frac{2v_r}{c}f_s \tag{8}$$

式中：Δf表示在声源处发出的和返回的声波频率差，也就是多普勒频偏；f_s表示声源信号的频率；c 表示超声波在水中的传播速度。当反射体远离声源处时，取“+”号，反之取“-”号。当反射体的运动方向和声波传播的方向互相垂直时，接收到的回波不存在多普勒频偏。f_s，c 均是已知的，只要测量出频偏Δf即可反算出水体的速度v_r。

1.5 ADCP 安装及测流方法

2 台声学多普勒流速流量剖面仪（ADCP）分别安装在距离两岸 20%～30%的位置。数据线和电源线要沿着河堤，向两岸方向铺设，不可直接拉向一边，以免影响船只通行。放置 ADCP 的地方要设置浮标，提醒过往船只尽量沿中央河道行走，避免损坏 ACDP 或电缆。上位机和数据库放在河岸一边的站房内，其中一台 ADCP 的数据可以直接传到上位机并存入数据库中，另一台的数据要通过无线收发机传输。ADCP 放置在河底，超声探头要有一定倾斜度，推荐与垂线成 20°~45°；逆流、顺流均可以，但不能竖直放置，否则因超声传播方向与水流方向垂直，测不出多普勒效应。测量时，由上位机通过串口给 ADCP 发送命令，ADCP 在 3～5s 内可将探头方向各测量点（每 20~25cm 设置 1 个点）的流速返回给上位机，并存入数据库中。这些点的流速很容易转换为垂线方向各点的流速。在测量了左右 ADCP 所在位置垂线上的流速后，用能坡法反推其余垂线上流速，进而可算出断面的流速、流量。

2 小许庄水文站

小许庄水文站位于淮河流域沭河水系临洪河上游干流黄泥河上，站址位于江苏省东海县房山镇尚仁村。1956 年 7 月 1 日，由治淮委员会设立为汛期水文站。该站为临洪河上游干流黄泥河径流控制站、省级重要水文站，也是地方防汛调度的重要报汛站。由于该站位于江水北调入连云港市的枢纽工程下游，因此又是外引水进入市区的上游控制站。

小许庄测验河段顺直段长度约 1000m，总宽 176m，主槽宽 60m。河底为砂礓及黏土河床，河岸为粘土，河道没有严重冲淤变化，河床基本稳定。如图 6，断面为复式河床，左右岸有陡坎，水位超过 2.72m 左右开始漫滩，两岸滩地宽共 90m，滩地为杂草。测验河段为航运河道，有船只通过。

根据水文站上下游河段条件分析，水文缆道测流断面至下游 45m 范围内河段基本满足自动流量监测要求。

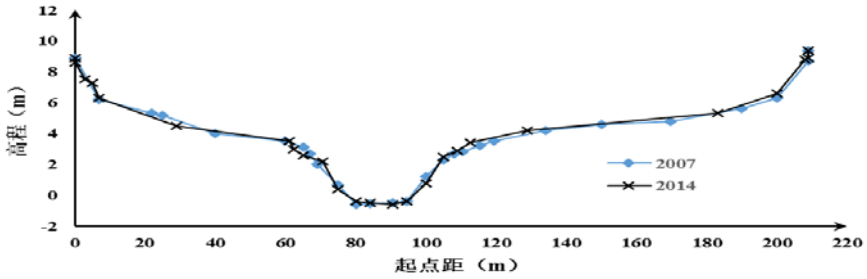


图 2　2007 年与 2014 年实测大断面对比图

3 自动测流系统设计

3.1 水位信息采集系统

采用成熟的信号分隔技术，与小许庄水文站现有的遥测水位集成，保证自动流量水位与遥测水位一致。

3.2 流速信息采集系统

系统包括水下设备安装、水下布线、岸上布线、岸上仪表安装调试、太阳能设备安装、沉浮控制装置、GPRS 模块安装配置等。水下传感器将水下监测的流速信息通过信号电缆实时传输至岸上仪表。仪表将采集到的水位与流速数据通过 GPRS 模块上传至服务器。

3.3 接收数据与流量数据计算软件

此系统安装在信息中心服务器上。接收程序负责接收监测端仪表通过 GPRS 模块传来的数据信息，同时对上传的数据进行解码成水位与点流速并入库。流量数据计算软件对根据上传的水位、点流速等数据结合大断面信息计算出垂线流速，再用二线能坡模型计算出断面流量，并存入数据库。系统每 5 分钟完成一次数据采集与流量计算。

3.4 网页查询系统

开发基于 WEB 技术的网页查询系统，可以查询水位、流量数据，可以查询系统运行状态，包括水深、电压等，可以计算任意时间段的水量，拥有用户权限管理功能。数据以表格、过程线等多种方式展示，并提供数据下载功能。

3.5 后台管理系统

开发基于 WEB 技术的后台管理系统，可以对数据进行管理，可以录入人工实测流量，可以将自动流量数据与人工实测数据进行对比分析，误差统计，可以查看水深、电压、角度、垂线流速、点流速等多种系统状态信息。

4 应用成果与分析

4.1 实时查询

示例 1：系统可以查询实时水位、流量数据、系统运行状态（包括水深、电压等）等，数据以表格、过程线等多种方式展示，并提供数据下载功能，见图 3。

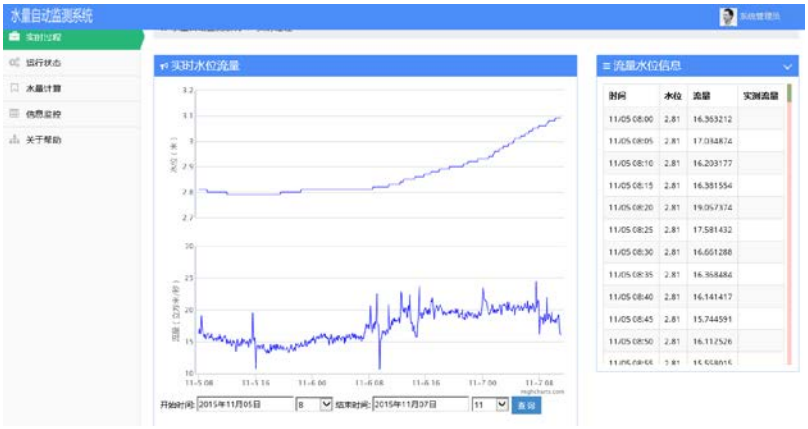


图 3　网页实时在线查询

从流量过程线可以看出自动流量测量结果不是很平缓，存在比较大的跳变现象。原因在于：（1）水流脉动和水中漂浮物的影响。根据 ADCP 的测量原理，它在测量时将水流在垂直方向上分成很多的深度单元，1 台 ADCP 相当于多台的单点流速仪，灵敏度也比传统流速仪高，因此水流的脉动(如湍流、漩涡)或漂浮物对 ADCP 的影响较流速仪大。（2）测量时长的影响。传统旋杯式流速仪测量整个断面流量需要几分钟的时间，所得流速实际是这个较长时间段内的平均值；而基于能坡法的自动测流系统，测量 1 次只需 2～3s 时间，是流速的瞬时值，水流的瞬时状态对测量结果影响较大。

示例 2：系统还可以根据选择时间段，自动计算出水量，见图 8，在 2015 年 11 月 07 日 08 时至 2015 年 11 月 12 日 08 时时段内，通过选择 2015 年 11 月 00 日 11:06:11 至 2015 年 11 月 12 日 10 时 12:52:14 时段，自动计算出水量 2.91 百万 m^3。

图 4　水量自动计算

4.2 后台管理

后台管理软件可以进行自动流量数据的维护管理、人工实测流量的录入、误差分析统计，可以查看水深、电压、角度、垂线流速、点流速等多种系统状态信息。

示例：选择“误差统计”项，见图 5，再选择 2015 年 10 月 28 日 06 时至 2015 年 11 月 30

日 16 时时段，系统就可以将自动流量数据与人工实测的 37 组数据进行对比并分析误差。页面左侧为自动流量数据与人工实测数据误差数值统计表，页面右侧为自动流量~流速人工实测流量相关图，若自动测流系统所得数据大于人工测量的流量数，则点落在 45°斜线上方；反之，若自动流量测量系统所得数据小于人工测量的流量数，则点落在 45°斜线下方；若两者相等，示意点正好落在斜线上，表示结果很理想。由图 5 可知，该流量系列相关性较好。

图 5　误差数据统计

从表 1 的统计结果可以看出，以传统螺旋桨式流速仪测得流速为标准值，ADCP 测速误差在 5%以内的合格率分别为 62.4%，在 10%以内的合格率分别为 91.4%。故认为，比测成果比较合理可靠，但还需要进一步改善。

表 1　　误差级别统计表

级别	≤3%	≤5%	≤8%	≤10%	＞10%
百分比	33.2	62.4	83.9	91.4	8.6

5 结语

二线能坡法测流在现有的流量测验方法中，是比较先进的流量测验方法。通过在小许庄水文站应用，该方法具有速度快、实时在线、无人值守、误差较小的优点，但也存在着测量结果波动性较大，有待进一步研究和改善。在需要快速、自动测量流量或河底形状复杂的地方，可考虑使用此系统，为防汛抗旱、区域调水和水资源管理提供决策依据。

参考文献

[1]刘晓凤，丛丽君.能坡法流量计算在水文在线测流系统的应用研究[J]. 气象水文海洋仪器，2010（2）：7-11.
[2]梁厚军，刘小虎，蔡国成，等.二垂线式 ADCP 流量测量系统[J].水利信息化，2013（4）：26-29.
[3]韩继伟，符伟杰，唐跃平，等.ADCP 流量生成模型及相应计算方法研究[J].水文，2014，34（6）：9-13.
[4]黄勇强．ADCP 流速仪在三水水文站的比测试验[J]．广东水利水电，2011(2)：43-45．

高效节水灌溉技术在山地果园生产中的应用探析

李盘龙

（甘肃省庄浪县水务局，甘肃庄浪744600）

摘　要：介绍了山地水平梯田的灌溉面积现状；阐述了高效节水灌溉技术的应用情况；分析了高效节水灌溉效益与发展空间。

关键词：高效节水灌溉　山地果园生产　技术探析

1 气候与耕地面积状况

庄浪县境内海拔 1405-2857m 之间，年均气温 7.9 ℃昼夜温差大，无霜期 142d，年均降雨量 489mm，10 月至翌年 4 月降水仅占全年降水的 20%，7-9 三个月降水量占全年降水量 60%以上，年蒸发量 1310.2mm（口径 20cm）。总面积 1553 km^2，其中耕地面积 76000 hm^2，98%为水平梯田，果园面积 40066.7 hm^2，占耕地面积 0.53%；土壤以黄土状粉土为主，有机质含量为 0.92%，含氮 0.069%，速效钾 171.3ppm，适宜种植苹果等果品类作物，而水资源短缺成为制约山地果业发展的瓶颈。

2 山地果园节水灌溉现状

截至目前，全县有效灌溉面积 5619hm^2，仅占耕地面积 0.074%；渠系防渗灌溉面积 2833hm^2，占灌溉面积 0.50%；集雨水窖累计达到 2.56 万眼，补灌面积达到 2166 hm^2，占灌溉面积 0.39%；节水灌溉面积 619hm^2，占灌溉面积 0.11%：其中低压管道控制灌溉面积 484hm^2，占灌溉面积 0.086%；滴灌面积 46.67hm^2，占节水灌溉面积 0.075%；喷灌面积 60hm^2，占节水灌溉面积 0.097%；渗灌面积 28hm^2，占节水灌溉面积 0.045%。还有 0.91%的水平耕地没有灌溉设施，缺少基本灌溉条件。

3 高效节水灌溉技术的应用

3.1 节水灌溉技术

整合多种水资源，利用河滩浅层地下水、骨干坝和淤地坝丰水期积蓄的水做为灌溉水源，便于丰蓄枯供，有效缓解了我县需水期及枯水期水资源的短缺；采用多种节水技术，利用高扬程提水、低压管道输水和田间移动软管灌溉，可因地制宜地使开源与节流相结合、工程节水与非工程节水相结合，减小沿途的水头损失，切实做到高效节水灌溉；综合运用多种灌水方法，在同一地块对不同作物采用相宜的管灌、喷灌、滴灌或渗灌进行灌溉。

3.2 灌水方法

（1）管灌 在每块地头安装闸阀井，从埋于地面以下 1.2 米处的 PVCΦ63 支管上用三通引出 1.5m 的截阀体（Φ50 钢管），顶端装有阀体、截阀开关和“丰”字型布设的移动软管进行田间灌溉。

（2）喷灌 采用高低相间的中喷、微喷、伸缩式喷灌灌溉，中喷在高 1.7m 的喷杆上装

有旋转 360 度的中喷头，射程为 3～5m；伸缩式喷灌可根据需要自由调整灌溉面积及出水量。

4 高效节水灌溉制度

依据甘肃省行业用水定额（修订本）和相关资料，果树灌水时期分别为冬灌期和生长期，果树易灌水 6 次。根据《灌溉与排水工程设计规范》，管道水利用系数取 0.98，田间水利用系数为 0.92，则灌溉水利用系数为 0.9。管灌区的灌溉制度见下表。

表1　管灌区灌溉制度

作物名称	种植比例（%）	灌水次数（次）	灌溉季节	灌水定额（m^3/hm^2）	灌溉定额（m^3/hm^2）	灌水日期（起）	灌水日期（止）	延续时间（d）	净灌水率 q（$m^3/(s\cdot 100hm^2)$）
苹果	100%	1	冬灌	675	2550	5-30/10		25	0.0312
		2	生长期	375		16-30/3		15	0.02895
		3	生长期	375		16-30/4		15	0.02895
		4	生长期	375		16-30/5		15	0.02895
		5	生长期	375		16-30/6		15	0.02895
		6	生长期	375		1-15/9		15	0.02895

说明：灌溉水利用系数 0.90，其中（管道输水利用系数 0.98，田间水利用系数 0.92）

5 经济效益分析

共建成 5 处山地高效节水灌溉区，节水灌溉面积 619hm^2，工程灌溉水利用系数均为 0.9 以上，节水量 309.09 万 m^3，节水效益 705.13 万元，年增经济作物产量 439.89 万 kg，年增经济作物效益 1033.91 万元。

表2　分类型节水指标表

灌溉类型	灌溉面积（hm^2）	年节水量（m^3/hm^2）	总节水量（10^4m^3）	节水效益（万元）
管灌	484	3166	302.57	546.93
喷灌	140	951.79	87.52	158.20
合计	624	4117.79	390.09	705.13

根据实际调查和 2009～2015 年实灌统计数据加权平均计算，管灌增产量 9000kg/hm^2，苹果多年平均综合价 12.8 元/kg，增产效益分摊计算结果见表 3。

表3　增产效益计算表

灌溉类型	灌溉面积（hm^2）	增产量（kg/hm^2）	总增产量（10^4kg）	增产效益（万元）
管灌	484	1082.4	341.2	801.94
喷灌	140	313.09	98.69	231.97
合计	624	1395.49	439.89	1033.91

节水灌区直接经济效益体现在节水和增产两个方面，为上述 2 项效益之和见表 4。

表4　直接经济效益表

灌溉类型	节水量（10^4m^2）	节水效益（万元）	增产量（10^4kg）	增产效益（万元）	直接经济效（万元）
管灌	302.57	546.92	341.2	801.94	892.15
喷灌	87.52	158.20	98.69	231.97	258.06
合计	390.09	705.13	439.89	1033.91	1150.21

6 结语

高效节水灌溉技术有利于节约水资源、优化产业结构、增强果品品质，提高农民的经济收入；在山区“水平梯田”大力推广高效优质的节水灌溉技术，前景十分广阔。

参考文献

[1] SL207-98，节水灌溉技术规范[S].

[2] SL/T153—95, 低压管道输水灌溉工程技术规范[S].

[3] 甘肃省水文水资源局，甘肃省庄浪县水资源调查评价报告[R].庄浪：甘肃省水文水资源局，2011.

[4] GB50288-97, 灌溉与排水工程设计规范[S].

人类活动对水文规律的影响分析——以沧州市为例

谢炳勇

（河北省水文水资源勘测局，河北石家庄050031）

摘　要：近年来，人类活动改变了水文的自然规律。本文以沧州市为例，分析了人类活动对降雨、降雨径流、地下水、河道流量、蒸发等水文要素的变化产生的影响情况。

关键词： 人类活动　水文规律,

1 前言

水文现象是指地球上的水受外部作用而产生的永无休止的运动形式，主要包括降水、蒸发、渗流、径流等。一般来讲除人类活动之外，外部作用是相对稳定、遵循一定的自然规律的。人类活动，改变了自然面貌，同时也改变了陆面的水文情态。经济的快速发展，用、排水大量增加，地下水开采，地面沉降使河道排水能力下降等因素，对水文规律产生巨大的影响。

2 人类活动对水文效应影响的分析

2.1 水工建筑物拦蓄径流的影响

2.1.1 上游水库拦蓄

二十世纪七十年代之前，华北地区主要的问题被认为是水患。“根治海河”成了人类向大自然开战的最激动人心的口号。在汇入白洋淀的各条大河上，建起了百余座大小水库。其中有王快、西大洋、口头等大型水库 6 座，红领巾、瀑河、旺隆等中型水库 7 座，小型水库 90 多座，库容 37.326 亿 m^3。在子牙河上游建成大型水库 5 座，中型水库 8 座，小型水库 124 座，库容 38.69 亿 m^3。漳卫南运河上游建成大型水库 2 座，中型水库 1 做，小型水库 32 座。控制山区径流的 85%左右，使沧州市河道外来水量大幅度减少，大部分河道常年干涸。

表 1　沧州市以上区域主要水库拦蓄能力

白洋淀以上流域		子牙河以上流域		漳卫南运河以上流域	
大型水库	库容（亿 m^3）	大型水库	库容（亿 m^3）	大型水库	库容（亿 m^3）
横山岭	2.43	岗南	15.71	岳城	12.2
口头	1.056	黄壁庄	12.10	小南海	1.07
王快	13.89	临城	1.71	中小水库	0.5
西大洋	11.37	朱庄	4.16		
龙门	1.18	东武仕	1.81		
安格庄	2.80	中小水库	3.2		
中小水库	4.6				
合计	37.326		38.69		13.77

众多水库的拦蓄改变了地处“九河下梢”的沧州市境内河道径流的时空分布,对次洪水而言,能减少一次洪水洪量。在中小洪水时，这种作用比较明显；但当发生大洪水时，水库群的拦蓄作用如何，还不十分清楚：大中型水库，因其防洪标准较高，垮坝的可能性较小，在防洪标准内大洪水发生时，大中型水库仍可起拦、滞洪水的作用，总的趋势是通过水库调度，达到减少水库下游洪峰的目的；但当超标准洪水发生时，水库为了保坝安全，往往敞泄，其后果很可能是人造洪峰，使下游形成比天然情况更大的洪水；小型水库与塘坝，其防洪标准较低，除在一定量级洪水下能起削峰作用外，往往会为了水库自身安全而敞泄（塘坝一般都是敞泄），就会加大下游洪水。因此，在大洪水时，上游水库群究竟是减少下游洪水，还是加大下游洪水，需要作具体分析才能做出判断。这个问题对于水资源评价、实时洪水预报和估计设计洪水都十分棘手。

2.1.2 中下游闸坝对径流控制

在中下游地区，为了拦蓄和利用水资源，几乎所有河道上都修建了规模不同的闸坝，以引黄通道清凉江为例，衡水境内每隔 20km 左右就建一个蓄水闸、引水闸。1949 年到 2014 年沧州市境内兴建小型闸涵 1773 座，拦蓄水能力达到 2.5 亿 m^3。兴建献县、枣林庄、肖家楼、周官屯穿运等水利枢纽 7 个，流量大于 1.0 m^3/s 的扬水站 396 个，排水能力达到 560m^3/s。

这些闸坝一方面可以拦蓄一部分水资源，有利于水资源开发。它们随时随地改变着河道的观测径流量。当流量越小，水资源越缺时，因为区域、部门的利益，人为干预越大。近些年沧州区域河道经常发生断流，除降水量减少外，沿河道引、蓄、用水是很重要的原因。如果沿河的引用水都有详细的观测记录，资料还原还是可以办到的，问题在于除了大型和重要的引用水口有观测记录外，许多小的引用水口缺乏有效管理，到底引走多少水是很难查清楚的，这给水文资料还原带来极大的困难。使得我们的水资源计算评价成果精度很难保证。

2.1.3 水工建筑物拦蓄水文影响分析

沧州市在主要行洪排沥河道上兴建桥梁 734 座，在支流河渠上兴建桥梁 3456 座，这些桥梁一般是缩小了所在河道断面的过水面积，上游发生壅水现象，下游河道发生冲刷，一方面使河道内水面线发生改变，一方面缓慢地改变河道的形状，对水文规律产生影响。

2.2．地下水位变化对地面产流的影响

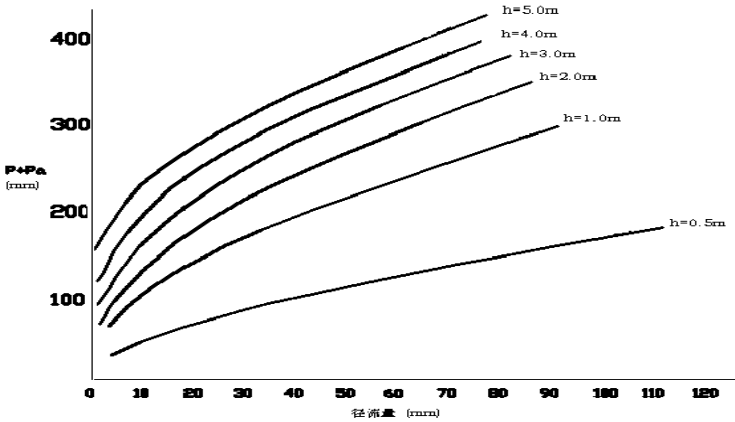


图1 河北省平原地区（II）区（P+Pa）~Th~R关系曲线图

随着工农业对水资源的需求量增加，沧州市大量开采浅层地下水。沧州市浅层地下水年平均埋深过程线看，自 1975 年开始系统观测地下水位以来，地下水埋深逐年增加，而且有加剧的趋势。浅层地下水与大气降水有直接的水力联系，降水通过入渗补给浅层地下水，地下水埋深的增加使降雨补给地下水量增加，地表径流量减少。沧州运东区域地下水埋深与次降雨径流经验关系见图 1，其中 $P+P_a$ 为前期影响雨量，R 为径流，H 为地下水埋深。

当降雨量同样是 140mm 时，在地下水埋深在 1.0m 时，能够产生 20mm 的径流量；而在地下水埋深为 3.0m 时，大部分降雨被土壤吸收，只能产生大约 6mm 的径流量；即当地下水埋深增大后，要同样的降雨量产生的径流量越来越小，甚至全部入渗，都不足以产生径流。

根据 1975 年以来沧州市降雨径流关系的时间变化情况计算，在 1975 年之前，20mm 降雨就产流的沧州区域（不包括城市），如今 50mm 降雨也不会产生地面径流。降雨径流关系的重大改变，给产流计算带来很大困难。例如，2005 年 7 月沧州市东部发生特大暴雨，暴雨中心沧县东关镇降水量达 293.5mm，点雨量接近 500 年一遇标准 294.8mm。降雨量大于 250mm 的区域包括沧县的东关附近，控制面积达 86.5km^2；降雨量在 200mm 以上的控制面积达 206km^2；150mm 以上控制面积达 325km^2；100mm 以上控制面积达 714.5km^2，总降水量达到 2.16 亿 m^3，但是河道径流量只有 0.38 亿 m^3，坑塘蓄水和地面积水 0.36 亿 m^3，降雨入渗补给地下水量 0.39 亿，其余水量补充土壤水、消耗于蒸发，径流系数只有 0.34 左右。

有时问题的难点还不仅仅在于资料范围内如何确定降雨径流关系，更在于大暴雨条件下降雨径流关系的外延。因为，当发生长历时大暴雨时,一部分雨量渗入土壤,补充了土壤缺水量,使地下水位迅速回升，后续雨水将可能更多地变为地面径流。仅仅一场大暴雨所能提供的信息，不足以揭示一个地区降雨径流关系在大量级雨量范围内的变化规律。然而，在沧州地区大暴雨资料很少，在二十世纪六十年代，曾发生过几场大范围暴雨，1977 年发生了特大暴雨，以后的数十年间则一直偏枯；直到 1992、1998 年又产生范围较大的暴雨。一方面是大暴雨资料少，另一方面是这些大暴雨发生的时间跨度太大，暴雨中心位置相差较远，前后数十年，下垫面已发生巨大变化，流域界限越来越模糊。沧州市二十世纪六十年代，还没有大量抽取地下水，地下水位一般较高；而到现在，大规模开采地下水，使地下水位大幅度下降。近年来随着地下水超采治理力度的加大，地下水位下降有所减缓。如何将不同年代、不同下垫面上发生的暴雨径流关系综合在一起，成为一大难题。

2.3 洪水传播规律变化的影响

现在大部分河道常年干涸，平原地下水长期过量开采，使河道两岸地下水位大幅下降，形成巨大的蓄水库容，由此造成河道一旦行洪，洪水传播时间加长，河槽渗漏损失增大。例如，1988 年滹沱河上游山区降水量超过 700 毫米，山区各大水库相继泄洪，事后统计泄洪水量，有 50%以上耗于河道损失。滹沱河黄壁庄水库泄洪 10 亿 m^3，到北中山只剩下 5 亿 m^3，损失 5 亿 m^3，行洪时间也由过去的 30 个小时变成了 7 天多。

城市地面下沉使河道过水能力下降：自引黄入津输水项目开展以来，输水过后，运河沧

州市区段积水 1～1.5m 而上游和下游的河床都基本干枯。在行水期间，沧州市区段水位已接近河滩，甚至漫过堤坝，而市区外只有半槽或多半槽水，这与市区地面沉降有密不可分的关系。现在运河市区段过水能力锐减，现在已不及原设计能力的一半。以过去的河段设计流量进行引水调度，肯定会淹没滩地的农田，甚至会造成大堤决口。

沧州市陆地水循环的变化展示了气候、人类活动与水之间的相互作用，暖干气候使陆地水循环的垂向分量加大，而人类活动放大了气候变化的影响，加大了陆地水循环的垂向分量，进一步减缓了陆地水循环。从防洪规划及河道整治角度讲，要改善河道现状过洪能力，必须对现状河流特性(包括河道几何形态，河槽与滩地的阻力特征、淤积特性，河口海洋潮汐动力特征等问题)进行全面的分析研究。

2.4 城市化对水文情态的影响

工业时代城市具有无比的重要性,城市不但是人们的聚居中心,而且也是生产中心, 物资交流中心,消费中心,污染中心,在市区集中排放着大量污染物,加上自然植被遭到人为改变,因此城市就是人类影响自然的前锋地区。城市化对水文规律的影响主要有以下几方面：

(1) 下垫面发生变化——随着城市化的进程，城市土地利用方式发生了结构性的改变，如清除树木、平整土地、建造房屋、道路、复盖排水河道，从而大大增加不透水面积，减少雨水下渗。沧州市区面积从 1975 年的 26 km^2 增加到现在 40km^2。目前市区屋顶面积约 9 km^2，道路广场不透水面积约 7.04 km^2，不透水层院落面积约 8.2 km^2，年径流系数达到 0.5 左右，地面径流随城市面积的扩大快速增加；给城市排水管道压力越来越大。

(2) 兴建了大量地下排水管道与抽水泵站，加快了城市雨水的排泄，增大了下游河道洪水强度。

(3) 城区扩展，侵占洪水空间，削弱了调蓄当地雨洪与外洪的能力。城市发展需要土地，而水面、洼地、河滩、空地则往往成为最佳选择。20 世纪七十年代沧州市区坑塘密布，蓄滞雨水的能力达到 840 万 m^3，现在只剩下南湖、人民公园等几个大型坑塘，蓄水容量只有 200 万 km^3，南湖面积只有原来的 1/3 左右。

（4）城市人口增加，工厂增多，对水资源需求增加，使城市在水文循环中的比重加大。城市化也对水资源有严重影响。现代水荒正是在雨水不多地区的城市里首先涌现。其关键在于市区范围内所能得到的自然降水远远少于城市的实际需水量。城市的涌现改变了“一方水土养一方人”的水分平衡状态。可以说,现代水荒就是城市扩大化引起的水荒。

更加严重的是,城市既要供水,还需要排水。排出的水都是经过使用而受到污染的水。工业生产主要是物理化学产业,甚至农业也大量使用化肥与农药。这就使得污染极大地恶化了水源与大气层,使其物理化学性质发生变化。其结果,水环境恶化,水资源失去使用价值,有水等于无水,甚至比无水更加严重,这又使现代水危机变本加厉。

2.5 气候变化对降水量影响

自从工业迅速发展以来,天气气候与水文现象受人为因素的影响逐渐加大。石油、煤炭的大量使用,有力地推动生产能力加速提高。然而,生产的发展必然影响自然环境。沧州市作

为全国化工城，在气候变化中权重较小，但是，许多城市乡村的共同作用，发生“共振”现象，使气候发生缓慢的变化。

与 20 世纪 60 年代相比，沧州市的陆地水循环发生了明显的变化。主要表现为陆地水循环的垂向分量加大，为了粮食稳产，把深层、浅层地下水抽到表层，增大了陆面蒸发量和空气湿度，后期浅层地下水位下降，增加了降雨入渗补给量，潜水蒸发总体减少；而河道水循环更新速度远小于地下水循环速度，水循环速率明显减慢。其后果不仅使短期暴雨～径流关系发生变化，也引起了年际和年代际降雨～径流关系的变化。

3 结束语

通过对水文现象长期的观测，我们认识总结出水文规律。水文现象或水文规律是用水文变量表征的，而水文变量具有随机属性，要求据以分析的水文资料必须具有一致性和代表性。然而，日新月异的人类活动和气候变化，改变了水文的自然规律，破坏了资料的一致性和代表性，导致分析出的水文现象发生异化，而无法反映真正的水文规律。因此，在使用这些资料时，就需要水文工作者去伪存真的进行分析和应用。

参考文献

[1] 文康、乐嘉祥，《提高水文预报技术水平，建立有中国特色的水文预报系统》水文，1999 年 8 月（增刊）。

[2] 刘昌明、夏军等，黄河流域分布式模型初步研究与进展，水科学进展，Vol.15.No.4,Jul.2004.

[3] 熊立华、郭生练，分布式流域水文模型，中国水利水电出版社，2004 年.

[4] 文康、金管生、李蝶娟、李 琪，地表径流的数学模拟，水利电力出版社，1991 年.

对应态势法在洪水预报中的应用

陈斯伦

（广东水文局韶关分局）

1 前言

洪水灾害是常见而又受损最大的自然灾害，由于它的破坏力极大，到目前为止，人类还未有方法与它直接对抗。因此只能在洪水到来之前，采取防避的方法。防避是否得当，取决于洪水预报是否及时准确。因此，我从 1959 年水情学习班创造对应趋势法，取得省预报始祖梁日元工程师的肯定开始，就立志要把对应趋势法进一步提高，以便把洪水预报做得更为及时准确。几十年来至今，乐此不疲。1988 年，在对应趋势法的基础上创造了对应态势法。这两年又把该法进一步提升。

近 30 年来，运用这个方法，对粤北的几个市镇、10 多个电站的施工预报发布过近千次的预报，都做到准确及时，没有发生过造成损失的情况发生。除大大减少人员伤亡之外，减少经济损失 10 多亿元。2012 年，在国内单站预报技术上处于空白的情况下，用这个方法出色地完成水利部下达西藏旁多水利枢纽的方案编制的任务，经济效益达 4000 万元，该方法的实用价值可见一斑。

对应势法在1996年珠委要求搞方案汇编时大放异彩:在武江三个河段用旧法没有一个河段合格，但用新法则三个河段都达态到甲级标准。做到最上游的汾市站一出峰就可以分别预报坪石、乐昌、犁市，预见期加长了几倍;在北江干流沿途七个站用旧法没有一个站合格，用新法全部合格，其中有四个站还达到甲等，芦苞站的预见期则达到 41 小时，创造了由不可能变成可能的奇迹。

该法由于主要是以某种汇流状态下的对应水位涨率（流量增率）和同时水位（流量），预报洪峰水位（流量）的，故称之为对应态势法。

2 方法的依据

对应态势法是从对应趋势法进一步发展过来的方法。两者的共同点都是以对应水位涨率（流量增率）作为预报洪峰水位（流量）的主要依据。不同点则是在构图时，对应趋势法是在相应水位法的基础上增加对应水位涨率（流量增率）作参数构图；对应态势法则是以整个河段的汇流态势来考虑构图，在超长的河段还要增加中继站，把整个河段的动态变量和静态变量，有机地利用起来构造方案。

对应态势法主要是利用倒峰法（对应态势法最简单的一种型式）作为投石问路的手段，把预报站和上游各参证站自身的预报的能力摸清。然后再根据预报站的需要，进行对应状态的变换来构造方案。所以对应态势法实际上就是杷倒峰法功能拓展而成的方法。

3 倒峰法的思路

倒峰法的思路是利用预报站峰前某一时刻的水位（流量）；水位涨率（流量增率）进行

洪峰水位（流量）的预报。众所周知，在天然河道中，预报站流域内的集水面积、河长、坡降、地形、地貌、土壤、植被、两岸的边坡坡度、洼地截流条件、河床槽蓄等下垫面因素，在没有受到剧烈破坏的话，在一定期间内，都是变化不大的。因而，在一定期间内，洪水在预报站的汇集和变化是有一定规律的。在预报站洪水变化过程的涨洪段，隐含着大量的可供预报洪峰水位（流量）的信息。这些信息从其物理意义来说，就是上游暴雨与流域下垫面造洪后的综合反映。从数学意义来讲，涨洪段每时每刻的水位（流量）及其涨率（流量增率）与洪峰水位（流量）之间都有着正相关的函数关系，越接近峰顶其相关程度越密切。这样，我们就可以运用倒峰法，由洪峰开始倒后逐时试错，找出既要精度达到部颁标准、又有一定预见期的、合适的函数关系来进行洪峰水位（流量）的预报。

4 倒峰法的构图方法

倒峰法的关系式为：

$$Z_m=f[Z_t-\triangle t，\ \mathrm{d}Z/\mathrm{d}(t-\triangle t)]$$

式中：Z_m为出现于 t 时刻的洪峰水位；$Z_{t-\triangle t}$为峰前$\triangle t$ 时刻的水位，反映了预报站在 t 一$\triangle t$ 时，河道底水的高低，属静态变量；$\mathrm{d}Z/\mathrm{d}(t—\triangle t)$为峰前$\triangle t$ 时刻的涨率，反映了预报站在峰前$\triangle t$ 时刻时上游来水量的大小及未来水位（流量）的变化趋势，是一个含信息量很大的动态变量。变量关系如图 1 所示。图 2 为倒峰法的基本型式。图 3、图 4 为构图实例。

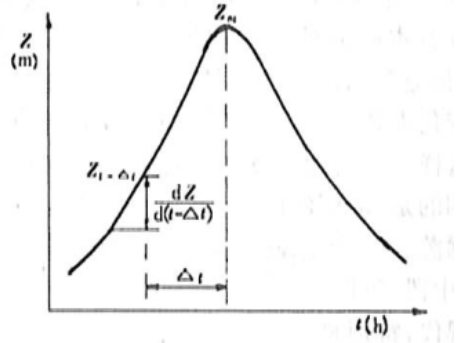


图 1

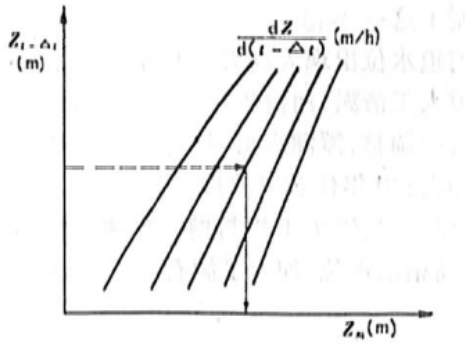


图 2

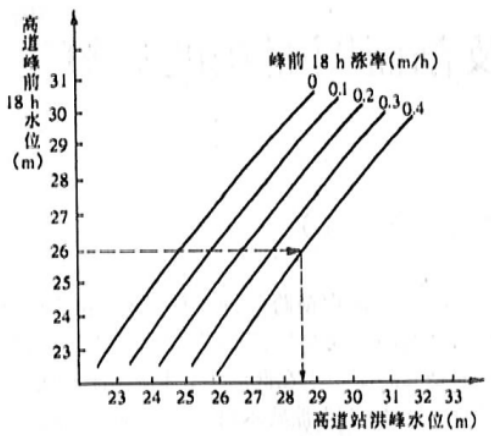


图 3

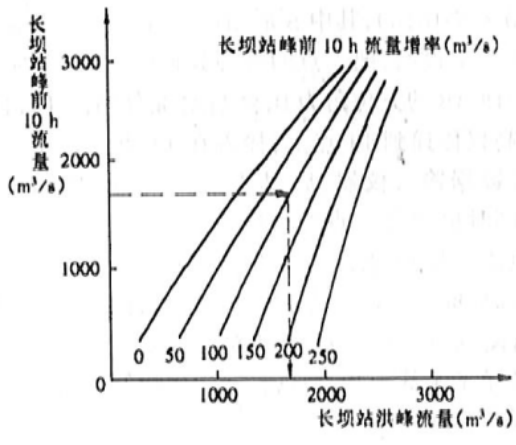


图 4

峰前△t时段的确定是通过运用预报站的历史水文资料，采用经验相关的方法，从峰顶时刻开始，逐时向后倒推进行试错来确定的。例如图 3 就是运用高道站 39 年资料系列，58 场洪水，通过由峰顶向后逐时倒推试错，优选出△t为 18 时进行构图的一个实例，该方案的合格率为 76%，中水以上为 93%。

5 倒峰法的应用实例

我们先后选择了河流不同，集水面积大小不一，受人为影响程度各异的 6 个水文站作为本方法的应用对象。这些站都位于北江的上游，均属暴涨暴落的山溪性河流。流域内都不同程度地受山塘、水库调节、水电及航运的梯级开发等人为影响。

经按水利电力部颁布的《水文情况预报规范》的要求，用本法在上述 6 个站进行了单站洪峰水位（流量）预报方案的编制，取得了较好的效果。其结果详见表 1。

表 1　预报站预报方案误差评定情况表

站名	资料系列年限(年)	洪水场次(场)	涨水面历时(小时)	预见期(小时)	预见期内最大变幅(m)	合格率(%)	中水以上合格率（%）
连县(三)	28	69	16	8	3.21	76	89
高道	39	58	22	18	4.40	76	93
翁江	40	55	11	6	2.68	76	93
长坝	38	72	18	10	1.75	74	100
坪石(二)	32	75	15	8	3.51	76	88
韶关(三)	31	87	24	10	2.90	76	94

从表中情况看来，各站预见期一般可达涨水面历时一半左右，其中高道站可占涨水面历时的 82%，可见用本法编制的方案是具有一定的预见期的。从精度方面来看，6 个站方案的合格率都在 70%以上。中水以上，由于水文惰性规律更明显，所以合格率更高，6 个站的平均合格率达 92%，均达到部颁甲等标准以上。

6 对应态势法的用途

6.1 单站预报

在上游电讯中断;或由于其他方面的原因，缺乏上游水情信息的情况下，是多么迫切地需要进行单站洪水预报，以解决水情条件恶劣下抗洪救灾的决策问题。可是在我国的大学预报教材中，都没有介绍单站洪水预报方法，使这方面的技术处于空白。笔者于 1993 年，通过探索创造了倒峰法，用该法编制了 6 个方案(成果见上面表 2)，经多次试用效果不错。该法的论文表于《广东水利水电》发表，省总站也在西江的高要，北江的清远用倒峰法编制过有效预见期长达 1 天到 2 天的方案。2012 年，西藏旁多水利枢纽在国内单站预报技术处于空白，用本法成功编制方案，是本法用于单站洪水预报中取得成功的范例。

为了解决该法在作业时，先要预报出峰时间带来预报的不确定性问题。近年，笔者经探索，想出了起涨点前推法。 所谓起涨点前推法，就是利用起涨点出现后若干小时的水位（流量）；水位涨率（流量增率），进行洪峰水位（流量）的预报。由于起涨点是洪峰过程线上最

先出现的起点，因此，改用此方法编制出来的方案就可以完全摆脱在作业时，先要预报出峰时间带来的不确定性问题。由于起涨点的确定没有出峰点那样严谨，所以编方案时，先用倒峰法编方案，然后用预报站的涨水面历时减去倒峰的时间，这样就可以得出起涨点前推多少小时了。 例如：上述表 2 中的坪石站，涨水面历时为 15 小时，倒峰的有效时间为 8 小时，这样 15-8=7，就可以用起涨点出现后 7 小时的水位（流量）；水位涨率（流量增率），来使用原方案。或者重新编出起涨点出现后 7 小时的方案。这就解决了该法原来最大的缺陷，在作业时先要预报出峰时间，带来预报的不确定性问题。

6.2 河段相关预报

本法应用于河段相关预报方面有下列几种方式:

6.2.1 不用设置中继站的应用实例

用本法不用设置中继站，被《广东方案汇编》或《韶关方案汇编》录用的有:

武江的乐昌、犁市;浈江的长坝;北江的沙口、英德;连江的阳山、青莲、高道; 西江的高要等站。

高要站属于大河站，惰性规律明显，故以它为实例。详述如下:

上游武宣站至高要站洪峰传播时间为 49 小时，这样就可以通过转换汇流时态，在武宣站出峰后 1 小时，使用高要站用倒峰法编制的峰前 48 小时；合格率为 87.5%的方案了。必要时，可以重新以武宣站峰后 1 小时高要的水位（流量）和武宣站峰后 1 小时高要的水位涨率（流量增率）与高要站洪峰水位（流量）建立相关系，重新编制方案。其转换汇流时态前后方案的构图如下:

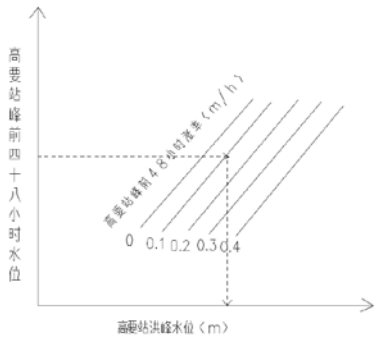


图 5　高要站峰前 48 小时单站预报方案图(本方案原图见广东 1998 年方案汇编 10)

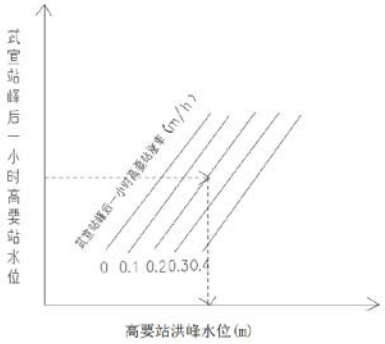


图 6　武宣站峰后 1 小时预报高要站方案图

图 6 的方案结构中，为什么只要武宣站出峰后 1 小时为已知条件，单凭高要站本身的信息就可以使合格率达到 87.5%、预见期达到两天，取得这样神奇的效果呢？原因是:1. 通过用倒峰法模清楚高要站用自身的信息，有可以提前 48 小时准确预报洪峰水位的能力;2 通过上一点用倒峰法进行投石问路后，向上游找到至高要站洪峰传播时间为 49 小时的武宣站，以该站的出峰时间作为已知条件，这个已知条件很重要，它清楚地说明了，武宣站以上 196255KM2 的集水面积已没有洪量补充;3 根据武宣站出峰后 1 小时为已知条件，来构造图 7 的方案。方案中武宣站出峰后 1 小时的水位，为该时刻高要站的底水。武宣站出峰后 1 小时的涨率，不但反映了西江、黔江、柳江、桂江几大支流和武宣站至高要站区间来水量的大小;还反映了这些来水量未来的变化趋势，它起着四两拨千斤的作用。

同理可用高要站峰前 36 小时方案，转换成大湟江口站出峰时(与洪峰传播时间相差 2 小时可忽略不计) 的相关方案。

6.2.2 要设置一个中继站的应用实例

用本法设置一个中继站成功地编制方案，被广东方案汇编和韶关方案汇录用的有:武江的乐昌; 北江干流的沙口、清远、石角、芦苞等站。芦苞站还创造了有效预见期长达 42 小时乙等方案的奇迹。清远站也创造了有效预见期达 27 小时、合格率达到 91.8%的奇迹。清远站方案的构图如下:

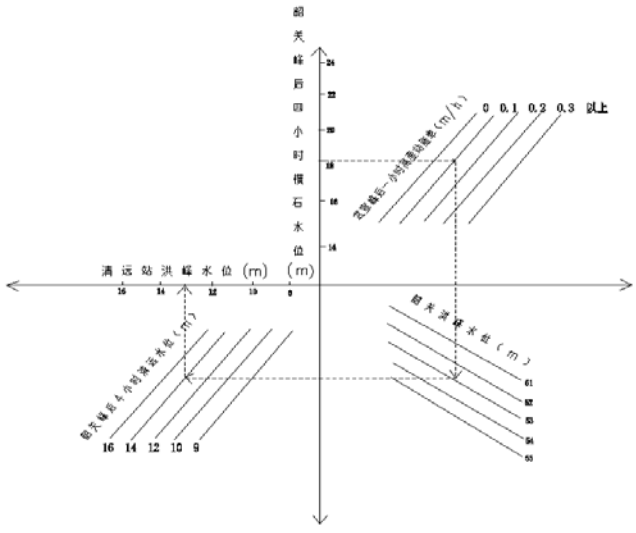


图 7　清远站洪峰水位预报图

6.2.2 要设置两个中继站的实例

区间面积比很大需设置两个中继站以上，例如:犁市站位于武江的出口，其位置见上面图 5。过去用相应水位法只能用乐昌站进行预报，预见期仅得 4 小时，合格率仅得 60%，根本满足不了防洪决策的需要。用对应态势法在坪石、乐昌增加两个中继站后，就可以在最上游的汾市站一出峰，就可以预报犁市站。预见期达 17 小时; 合格率 85%，达到部颁甲等标准。与相应水位法相比，预见期加长了 4 倍多; 精度则由不合格达到部颁甲等标准。创造了区间面积达 88%都可以搞出优质方案的奇迹。该方案的构图如下:

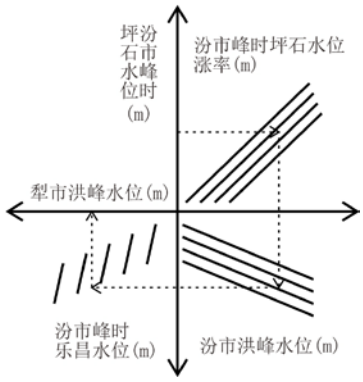


图 8　犁市站洪峰水位预报图

7 结语

对应态势法为什么可以在洪水预报中做到不用花钱，就可以达到提高精度和加长预见期数倍，创造许多从不可能到可能的奇迹呢？原因是这种方法摆脱了外因论的影响，把传统习惯注意力放在天上的降水及上游的峰量、区间来水量等外部因素上的思路改变过来。着重利用预报站内部的动态(对应涨率) 、静态(同时水位或流量) 变量，做到以动为主，动静结合。而且还采用逆向思维方式，利用倒峰法进行火力侦察，摸清预报站、上游各参证站利用自身作预报的能力。在此基础上，再考虑上游各参证站的集水面积以及到预报站的洪峰传播时间增设中继站，根据需要变换对应的汇流时态，机动灵活地运用整个预报河段的已知信息，进行预报。这就是:对应态势法为什么几乎做到无所不能的奥妙所在。

由此，使我们悟出一个这样的道理：在洪水预报工作中，要做到及时和准确，满足防洪决策的需要。不能单纯着眼于数理技术的运用。一定要运用辩证唯物主义哲学的认识论和方法论去指导工作。哲学与洪水预报并不是毫不相关的学科。因为各种具体科学的发展离不开哲学。正如爱因斯坦所说的：“如果把哲学理解为在最普遍和最广泛的形式中对知识的追求，那么，哲学显然就可以被认为全部科学之母”。洪水预报属预测学范畴，不确定因素很多，难度很大，极具挑战性。所以，它的发展更离不开哲学。实践证明：如果我们能在洪水预报工作中遇到困难时，运用“实践第一”、“抓住主要矛盾”、“ 内因是变化的根据，外因是变化的条件”、“具体情况，具体分析”等辩证法观点;从改变原有的思路入手，进行物理成因分析，将已知的信息辩证地运用起来，就可以攻克各种难关。事实说明了，唯物辩证法是打开洪水预报大门的金锁匙。

当然，在这里提倡用辩证法进行洪水预报，并不是否定数理技术的作用，只是提倡把它们辩证地加以运用。笔者认为辩证法在洪水预报上是起着方向性和决定性的作用，不同的方法就有不同的效果。数理技术在洪水预报上起着提高效率的作用，但它的作用需要在正确的方法指引下才能发挥。只要我们正确对待，其效果是相得益彰，没有对立矛盾的。

减灾专业委员会委员

（按行政区划排序）

王　毅	北京防办
刘　哲	天津防办
宋国强	河北防办
李乾太	山西防办
巴丽平	内蒙古防办
孙朝余	辽宁防办
王胜孝	吉林防办
焦立学	黑龙江防办
刘晓涛	上海水务局
陆一忠	江苏防办
王春来	浙江防办
徐业平	安徽防办
董国华	福建防办
徐卫明	江西防办
杨振东	山东防办
申季维	河南防办
徐少军	湖北防办
白超海	湖南防办
贺国庆	广东防办
黄华爱	广西防办
符传君	海南防办
谭小平	四川防办
卢　峰	重庆防办
赵　云	贵州防办
熊执中	云南防办
王　宏	西藏防办
郑公社	陕西防办
朱建海	甘肃防办
马晓潮	青海防办
张林海	宁夏防办
党新成	新疆防办
黄金胜	新疆兵团防办
孙　舸	大连防办
徐英三	淮委防办
徐和龙	海委防办
何治波	珠委防办
胡宏达	松辽委防办
梅　青	太湖局防办
裴哲义	国家电力中心
包为民	河海大学
周惠成	大连理工大学
刘　松	丹江口水利枢纽局
邓　峰	北京大恒创新技术有限公司
马宏志	北京燕禹水务科技有限责任公司
李新明	福建先创通信有限公司
汤成锋	福州四创软件开发有限公司
张新强	湖北亿立能科技有限公司
吕锡从	北京航天福道高技术股份有限公司
徐　超	徐州超伟电子设备制造有限公司
常　宁	河北大禹水利环保有限公司
杨　牧	西安山脉科技有限公司

减灾专业委员会专家组成员

（按姓氏笔画排序）

王　浩（院士）	中国水利水电科学研究院
王光谦（院士）	清华大学
张建云（院士）	南京水利科学研究院
夏　军（院士）	武汉大学
崔　鹏（院士）	中国科学院成都山地灾害与环境研究所
康绍忠（院士）	中国农业大学
左其亭	郑州大学
史培军	北京师范大学
包为民	河海大学
刘志雨	水利部水文局
刘学峰	海河水利委员会
刘钦政	国家海洋局
李原园	水利部水利水电规划设计总院
李跃伦	黄河水利委员会
杨思全	民政部国家减灾中心
吴国如	武警水电指挥部应急救援工程技术研究所
张宪春	海河水利委员会
陈　枫	珠江水利委员会
陈兴伟	福建师范大学
陈洋波	中山大学
陈桂亚	长江水利委员会
范北林	长江科学院
金菊良	合肥工业大学
周惠成	大连理工大学
姚文艺	黄河水利科学研究院
徐宗学	北京师范大学
高彦春	中国科学院地理科学与资源研究所
韩俊山	松辽水利委员会
程晓陶	中国水利水电科学研究院
谢映霞	中国城市规划设计研究院
端义宏	中国气象科学研究院

组织防汛抗旱专业技术培训

组织国内外学术交流活动

开展专题调研活动

主办《中国防汛抗旱》杂志

编辑出版学术专著和科普书刊