

# 好溪流域“四预”防洪系统构建与研究

吕志升<sup>1</sup> 黄小彬<sup>2</sup> 沈冰<sup>2</sup>

1. 缙云县水利局 浙江缙云 321404

2. 浙江滴石信息技术有限公司 浙江杭州 310052

**摘要:** 好溪流域作为瓯江支流, 存在易受台风影响、洪水暴涨暴落等问题, 导致防洪难度很大。为了提升好溪流域的防洪能力, 保障流域附近人民生命财产的安全, 首先基于“四预”功能构建好溪流域防洪系统。然后通过流域概况分析, 结合防洪预报规范要求, 设计了好溪流域“四预”防洪系统总体架构。再根据“四预”要求整理功能及关键技术, 完成“四预”环节软件平台的设计, 并进行模拟测试。结果表明系统运行稳定、可靠性强、实时性好, 具有良好的应用价值。

**关键词:** 好溪流域; 四预; 流域防洪; 智慧防洪

## Construction and research of "four preemptive" flood control system in Haoxi Basin

Zhisheng Lv<sup>1</sup> Xiaobin Huang<sup>2</sup> Bing Shen<sup>2</sup>

1 Jinyun County Water Resources Bureau, Zhejiang Jinyun 321404

2 Zhejiang Dishi Information Technology Co., LTD. Zhejiang Hangzhou 310052

**Abstract:** As a tributary of Oujiang River, Haoxi River Basin is vulnerable to typhoon, flood surge and other problems, resulting in great difficulty in flood control. In order to improve the flood control capacity of Haoxi River Basin and ensure the safety of people's lives and property in the vicinity of the basin, the flood control system of Haoxi River Basin is first constructed based on the "four pre-" function. Then, based on the analysis of the general situation of the basin and the requirements of the flood control forecast specification, the overall structure of the "four pre-" flood control system in the Haoxi basin is designed. Then, according to the requirements of "four pre-", the functions and key technologies are sorted out, and the software platform design of the "four pre" link is completed, and the simulation test is carried out. The results show that the system is stable, reliable and real-time, and has good application value.

**Keywords:** Haoxi Basin; Four-Pres; Basin flood control; Intelligent flood control

### 一、问题的提出

好溪作为瓯江支流, 受台风影响, 洪水暴涨暴落, 两岸重要城镇(如五云镇、壶镇镇)位于河谷冲击平原上, 防洪工作历来严峻。如何通过信息化、数字化和智能化手段提升好溪流域的防洪能力是亟待解决的问题。为推动水利新发展, 水利部提出“十四五”期间“要加快构建具有‘四预’(预报、预警、预演、预案)功能的智慧水利体系”。‘四预’作为防汛工作最为重要的4个环节, 基于“四预”开发好溪流域防洪系统是提升防汛工作科学性、专业性的有力手段, 也是防汛信息化、智能化发展的重要抓手。因此好溪流域“四预”防洪系统构建与研究对智慧水利建设和提高缙云县好溪流域防洪排涝能力均具有重要意义, 特别是在‘四预’新技术应用下, 通过浙政钉、浙里办和基层防汛体系联动服务大众, 更能有效发挥水利工程防洪作用。

### 二、流域概况

好溪发源于磐安县大岗尖西南麓, 自东北向西南流经双峰、方山、冷水、潜明、壶镇、东方、缙云县城(五云镇)

、东渡、长坑等地, 在丽水市古城汇入大溪(瓯江干流)。好溪主流全长129km, 流域面积1340km<sup>2</sup>。好溪水利枢纽由潜明水库、虬里水库和流岸水库以及永康引水工程组成, 涉及丽水市的缙云和金华市的磐安、永康等3县(市)。潜明水库位于缙云县和磐安县境内, 坝址位于瓯江流域好溪缙云县境内的左库水库附近, 坝址以上集水面积304.8km<sup>2</sup>, 水库坝址距壶镇约6.5km, 缙云县城约25km, 距丽水市区约63km<sup>[1-2]</sup>。好溪流域内设有缙云气象站, 以及方山、新屋、壶镇、缙云、前村、溶溪、李村、黄渡等多处雨量站, 邻近的永安溪上设有曹店水文站。

### 三、“四预”防洪系统架构及关键技术

“四预”防洪系统是以实时雨水情信息的采集、存储和管理为基础, 构建专属的水文预报方案, 运用水文业务模型和计算机技术并结合专家经验进行预报和调度, 服务于防汛抗旱的信息化服务平台。系统能够进一步提高洪水作业预报的精度、时效性和预见期, 为防洪调度提供更加科学、快捷、有效的支撑服务<sup>[3-4]</sup>。

按照浙江省统一的数字化改革“四横四纵两端”总体架构，遵循“统一框架、统一平台、统一标准规范”的原则，开展好溪流域“四预”防洪系统建设。“四横”包含数字汇聚、数据底板、孪生平台与业务应用等四个层次的内容；“四纵”分别是政策制度体系、标准规范体系、组织保障体系和网络安全体系；“两端”分别是“浙政钉平台端”、“浙政钉手机端”。

按照“四预”的功能理念，充分运用物联网、大数据、云计算、人工智能、数字孪生等新一代信息技术，针对好溪流域，需要对潜明水库、分洪隧洞等工程控制节点的入流进行精准的实时预报，为预警工作赢得先机；“预警”是前哨，根据预报结果，结合预警阈值标准，提前向水利主管部门和公众告知警情信息，为启动预演提供指引。预演是指在水雨情监测分析及边界条件的基础上，利用模型对典型历史事件场景下的好溪流域防洪工程运行方案的调度效果进行模拟仿真和结果动态展示，及时发现问题，科学制定和优化调度方案；预案是根据预演结果，综合考虑防洪关键因素，确定工程调度运用、非工程措施和组织实施方式，确保预案的可操作性。其总体架构如图1所示。

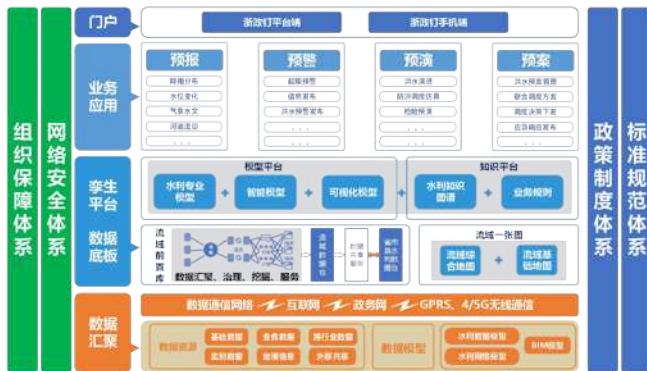


图1 “四预”防洪系统架构图

防洪业务中预报、预警、预演、预案四者环环相扣，层层递进<sup>[5]</sup>。本文将根据“四预”功能要求和关键技术进行研究，研究设计好溪流域“四预”防洪系统软件平台。

### 1. 预报

根据防洪形势分析和防洪调度决策的需要，确定好溪流域及潜明水库的模拟预报节点，包括对流域关键站点水雨情、潜明水库入库流量及下泄流量进行预报。

#### ① 功能设计

基于缙云县历史洪水形成和运动的规律，利用过去和实时水文监测数据，对未来一定时段的洪水发展情况的预测，

建立洪水预报数据库，利用实时资料对水利模型参数进行补充、修改，从而有效提高好溪流域洪水预警预报精度，为分洪隧洞分洪闸、节制闸的调度启闭提供决策依据。好溪流域洪水预报界面如图2所示。



图2 好溪流域洪水预报平台界面

### ② 关键技术

#### (1) 合理布局水位、雨量站

根据流域水系和水库工程的特点，经历史数据分析及专家论证选定，潜明水库库区内布设双峰、方山、胡庄、冷水、新屋、上黄桥、潜明等7个遥测雨量站，潜明水库左库坝址至五云镇区间布设前路、壶镇、横塘岸、东方、仙岩铺、五云等6个遥测雨量站。为掌握工程上下游水位情况，潜明水库设立水库坝上、坝下遥测水位站。为掌握水库下游区间水位、流量情况，布设壶镇、缙云遥测水位、流量站。

#### (2) 径流测算模型设计

好溪流域内设有黄渡水文站，流域内有壶镇镇、东方镇、五云镇、大洋镇、舒洪镇等多个乡镇，其径流特别是枯季径流受到人类活动的影响较大，而且在枯水年常有断流现象。因此黄渡站不宜直接用作水库流域径流计算的参证站。邻近的永安溪流域设有曹店站，其径流受人类活动影响较小，流域高程、河道长度等地理参数与设计流域接近，流域下垫面特征与设计流域基本一致，气象及降水特性与设计流域相似，选择曹店站作为设计流域径流计算的参证站，进行径流模型参数优选。径流模型采用“蓄满产流模型”和“TANK模型”对年径流过程模拟优化<sup>[6-7]</sup>。

#### 2. 预警

根据《浙江省洪水预警发布管理办法》的有关技术要求，对好溪流域内重要控制节点开展洪水作业预报预警，特别是缙云县城老城区和壶镇等防洪堤标准较低的城区段。预报预警的发布牵涉到的预报时限、范围等环节，当预警站水位达到设定预警标准水位时，及时启动或调整相应的洪水预警信号。

### ①功能设计

预警信息包括专业预警和社会公众预警。专业预警信息发布采用预警通知的方式,依据洪水发生或预测预报情况,向同级防汛指挥机构及其成员单位、下一级水行政主管部门和本级或上一级水行政主管部门审核过控制运用计划的水工程管理单位发布。并依据洪水预测预报变化情况,适时调整更新发布,预警过程结束后自动解除。社会公众预警依据洪水严重程度、发展态势和可能造成的危害程度,由低至高分为蓝色、黄色、橙色和红色四个预警等级,分别代表小洪水、中洪水、大洪水和特大洪水。好溪流域洪水预警界面如图3所示。



图3 好溪流域洪水预警平台界面

### ②关键技术

#### (1) 洪水预警模型构建

构建体系化专业预警模型,实现重要控制节点的洪水预警,并从当前状态预警向预报预警拓展。全天候在线运行,在线智能化数据提取、质控、更新、发布,实现水情特征信息与实时监测要素的在线分析等。

#### (2) 洪水预警信号发布

通过对洪水变化规律研究,基于各类专业分析模型,开展实况、预报影响、水库等工程防御能力、流域纳雨能力分析,建立科学实用的预警体系,向相关部门和社会公众准确发布预警信息。

### 3. 预演

通过分析不同的降雨条件下和不同调度控制条件下的洪水影响情况(如淹没面积、影响人口等),对比调度影响和效果,通过智能化决策选择最优的调度方案,实现好溪流域洪水调度“虚拟模拟先行,决策调度在后”,大大提高决策的科学性。

### ①功能设计

预演平台中集成洪水影响分析和洪灾损失评估模块,在数字流域中利用预测数据(如降雨数值预报)进行超前的洪水推演,工作人员对可能出现的洪涝灾害提前采取应对措施,从而最大限度地避免洪灾带来的损失。特别是展示洪水淹没情况,对洪水演进过程进行虚拟仿真,并可分级统计不同淹没水深时,淹没的面积、人口、受影响居民地等。好溪流域洪水演进分析界面如图4、图5所示。



图4 好溪流域洪水演进分析界面1



图5 好溪流域洪水演进分析界面2

### ②关键技术

#### (1) 三维预演模型设计

基于BIM建模技术设计好溪流域三维场景模型,通过集成设备基本属性信息、监测(金结、电气、工程安全监测等)相关传感器、监测数据等接口,与模型构件进行绑定,并以图、表、视频等形式在大屏模型中展现设备的状态,实现三维模型与前端设备采集的实时监测数据融合。联动好溪流域上下游水文监测数据,结合缙云县好溪流域洪水预报,动态模拟缙云县县城洪水变化,预测洪峰流量、时间、影响范围等,模拟洪水演进对缙云县县城洪水灾害影响,为好溪流域防洪调度提供决策支持。

#### (2) 预演业务流程设计

设计洪水预报—预警发布—工程防汛调度—洪水预演—

体化业务流程,在数据底板、模型平台、防洪“四预”平台成果的基础上,通过接入气象降雨数值预报,形成集物联感知—实景建模—洪水预报—工程调度—洪灾预演—动态展示于一体的洪水实时预报技术体系,为好溪流域实时洪水预报预警与防洪调度提供专业化、信息化技术支撑。

#### 4. 预案

根据洪水演进模拟情况确定决策方案,首先考虑好溪流域的实时工况以及经济社会情况,确定潜明水库等水利工程调度管理机制,制定非工程措施,落实调度的机构、权限及责任,明确信息报送流程及方式等,可操作性要强。

##### ① 功能设计

预案模块的主要功能包括潜明水库的调度、非工程措施制定以及组织实施等。然后根据预演结果对上述内容实现预案流程化、差异化执行。同时可根据应急响应情况设计“启动应急响应”“提升应急响应级别”“调整应急响应级别”“终止应急响应”“调度命令下达”等预案,涉及人员、财产转移的可规划安全转移路线等。好溪流域防洪安全转移路线界面如图6所示。



图6 好溪流域防洪安全转移路线界面

##### ② 关键技术

依托全流域三维实景管理、洪水演变模拟、数据可视化、场景轻量化、智能化防汛平台、防洪调度会商等关键支撑技术,有序组织实施防洪工程运用和非工程措施的有机组合,确保预案的可操作性,为好溪流域系统化、科学化、精准化决策提供全方位支撑。

#### 四、结语

好溪流域防洪系统依据“四预”功能及关键技术进行构建,结合流域的水雨情和缙云县的气象预报、河流水位等基础信息,设计了预报、预警、预演和预案软件平台,对实现好溪流域的洪水形势研判、预报预警、水库泄洪调度、人员转移等具有指导作用。系统的部署可有效防范和化解水灾害,提高好溪流域整体的治水能力,结合浙政钉、浙里办联动基层防汛体系,科学、精准服务大众,对促进缙云县国民经济的长期可持续发展,具有十分重要的意义。

#### 参考文献:

- [1] 沈俏会, 孙忠, 陈露. 好溪流域水环境容量概算和水污染防治措施探究[J]. 中国资源综合利用, 2018, 36(04): 55-56+59.
- [2] 温进化, 毛明海. 区域水资源优化配置研究——以浙江缙云好溪流域为例[J]. 科技通报, 2006(03): 304-308.
- [3] 敬双怡, 王泽君, 李卫平, 等. 基于流域模型法的山洪灾害监测预警系统[J]. 排灌机械工程学报, 2018, 36(01): 35-41.
- [4] 吴建来, 陈磊. 仙居县下岸水库洪水预报调度及防洪效益分析——以2019年台风“利奇马”为例[J]. 浙江水利科技, 2021, 49(01): 36-39.
- [5] 胡健伟, 孔祥意, 赵兰兰, 等. 防洪“四预”基本技术要求解读[J]. 水利信息化, 2022(04): 13-16.
- [6] 刘荣华, 孙朝兴, 田济扬, 等. 山洪灾害监测预报预警云平台及应用[J]. 中国防汛抗旱, 2022, 32(01): 63-69+95.
- [7] 李琛亮, 刘国庆, 杨光, 等. 基于“四预”的永定河洪水预报调度系统研究与应用[J]. 水利水运工程学报, 2022(6): 45-53.

基金项目: 浙江省水利科技计划项目(RC2211); 浙江省水利科技计划项目(RC2215)。

作者简介: 吕志升(1971-), 男, 工程师, 大学本科, 主要从事水利水电工程建设、防汛工作。E-mail:

94491242@qq.com

通讯作者: 黄小彬, E-mail: 810938600@qq.com