

江苏水情一体化移动应用设计与实践应用

冯胜男¹, 何健¹, 方瑞¹, 刘帅², 杨光^{3,4}, 陈雨璇^{3,4}

(1. 江苏省水文水资源勘测局, 江苏南京 210000; 2. 安徽淮河水资源科技有限公司, 安徽蚌埠 233000;
3. 水利部交通运输部国家能源局南京水利科学研究院, 江苏南京 210029;
4. 水利部太湖流域水治理重点实验室, 江苏南京 210029)

摘要:近年来,江苏省在水情移动应用服务方面开展了系列探索创新。按照分类分级管理的思路,设计了全省一体化水情移动服务体系。通过搭建通用化与定制化互为补充的弹性功能框架,以及用户组与客户端功能相绑定的精细化权限管理体系,并结合微服务、容器化、智能页面布局模型等技术,实现了“江苏水情”APP客户端和服务端的全面改造。全省一体化移动应用正式上线并稳定运行,并支持通过权限配置即时生成移动应用的地市及其他服务版本。全省水情一体化移动应用实现了框架结构、数据来源与开发管理模式上的全面统一,有效改善了全省水情移动应用分散建设的局面,提升了雨水情信息共建共享能力,并在实践中取得显著应用成效。

关键词:水情信息管理;水情移动应用;全省一体化;弹性功能;精细化权限管理

中图分类号:TV21 **文献标识码:**A **文章编号:**1007-7839(2026)04-0001-0005

Design and practical application of an integrated mobile app for Jiangsu water regime

FENG Shengnan¹, HE Jian¹, FANG Rui¹, LIU Shuai²,
YANG Guang^{3,4}, CHEN Yuxuan^{3,4}

(1. *Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau, Nanjing 210000, China;*
2. *Anhui Huaihe Water Resources Technology Co., Ltd., Bengbu 233000, China;*
3. *Nanjing Hydraulic Research Institute, National Energy Administration, Ministry of Transport, Ministry of Water Resources, Nanjing 210029, China;*

4. *Key Laboratory of the Taihu Basin Water Treatment of Ministry of Water Resources, Nanjing 210029, China*)

Abstract: In recent years, Jiangsu Province has conducted a series of explorations and innovations in mobile application services for water regime information. Following the idea of classified and hierarchical management, a province-wide integrated water regime mobile service system was designed. By establishing a flexible functional framework that complements generalization and customization, along with a refined permission management system where user groups are bound to client functions, and integrating technologies such as microservices, containerization, and intelligent page layout models, the comprehensive transformation of the "Jiangsu Water Regime" APP client and server was realized. The province-wide integrated water regime mobile application was officially launched and has been operating stably, supporting the immediate generation of municipal-level and other service versions through permission configuration. The province-wide integrated water regime mobile application has achieved full unification in framework structure, data sources, and development management models, effectively

收稿日期: 2026-01-21

基金项目: 江苏省水利科技项目(2022056);国家重点研发计划项目(2024YFC3210800)

作者简介: 冯胜男(1992—),女,工程师,硕士,主要从事水情测报相关工作。E-mail:823810498@qq.com

通信作者: 杨光(1993—),男,高级工程师,博士,主要从事区域水资源调配与数字孪生水利相关研究。E-mail:gyang@nhri.cn

improving the fragmented construction situation of water regime mobile applications across the province, enhancing the co-construction and sharing capacity of rainfall and water regime information, and achieving remarkable practical application effects.

Key words: water regime information management; water regime mobile applications; provincial-wide integration; flexible functions; refined permission management

近年来,全球气候变化加剧,极端天气事件频发,我国防汛抗旱形势日趋严峻复杂^[1]。江苏省位于长江、淮河流域下游,地势平坦、水网密布,长期面临外洪内涝、台风风暴潮等多重风险交织的挑战,对雨水情信息实时感知与工程调度精准研判的需求日益迫切^[2]。李国英部长在2025年数字孪生水利体系建设现场会上要求构建信息详实、时空态势鲜活的数据底板。雨水情监测数据是数据底板的重要组成部分,构建多端协同的智能化信息管理服务体系,实现数据汇集、分析、共享很有必要^[3-4]。移动应用(APP)以其泛在接入、实时交互和空间感知等技术优势,可以增强雨水情信息管理服务能力,是防汛人员动态获取水文情报、支撑指挥决策的关键工具^[5]。

2018年以来,江苏省在水情移动服务方面开展了系列探索,研发上线“江苏水情”APP,取得了初步成效。随后,对该应用进行了持续迭代升级,逐步

拓展服务范围至全省水利专业人员及其他行业用户,新增了5 min 频次遥测信息和各项专题服务功能,在防汛值班、决策调度支持等方面发挥了积极作用。但随着服务对象日趋多样化,不同层级、不同角色的用户在业务需求上呈现出差异化和定制化的特点,原有应用在精准满足个性化信息筛选与展示方面的局限性逐渐凸显,因此水情移动应用服务体系的探索创新尤为重要。

1 全省一体化移动应用架构与关键技术

1.1 总体架构

以“标准化支撑、弹性扩展、精准计算、安全可控”为核心设计原则,在“江苏水情”APP 现有架构基础上,构建江苏省水情一体化移动应用架构(图1)。通过构建通用化与定制化互为补充的弹性功能框架,以及用户组与客户端功能相绑定的精细化权限管理体系,实现全省水情移动服务在统一基础上的



图1 总体架构

个性化适配与安全高效运行。整体架构自上而下分为应用层、业务层、支撑层、数据层,并由运行支撑体系贯穿保障。

1.2 关键技术

1.2.1 雨水情时空分析与水文预报算法

按照水情一体化移动应用需求,研发了雨情空间分析、水情变化趋势分析及水文预报算法等。雨情空间分析算法主要用于面雨量计算和等雨量面/线的自动生成,具体是结合雨量站实况降雨信息,采用反距离加权法组合泰森多边形、克里金插值算法实现网格点的插值计算,实现了对反距离加权法的幂指数、克里金插值的半方差函数模型等关键控制参数自动进行交叉验证,通过计算平均绝对误差(MAE)、均方根误差(RMSE)筛选最优参数组合。水情变化趋势分析算法基于时间序列分析理论,通过滑动平均、指数平滑等方法处理历史水情数据,分析数据变化的趋势性和周期性,预测未来72 h水位、流量变化可能性。水文预报算法包括基于机理的新安江模型和机器学习预报模型(LSTM模型),APP支持不同流域特性自适应匹配预报算法,对于重要控制站点采用新安江模型和LSTM模型进行融合预报以提升预报结果的精度^[6]。

1.2.2 数据安全高效存储与读写技术

为实现内外网数据隔离与安全交互,数据存储采用“内网+隔离区(DMZ)”架构设计。内网数据库存储雨水情数据,DMZ区数据库作为对外暴露的“安全缓冲”,承接客户端的数据查询,避免内网核心数据直接暴露在公网风险中。内网数据库包括雨水情实时库、遥测库、特征值库、配置库等业务数据库和远程字典服务(Redis)中间件。业务数据库用于存储用户信息、角色权限数据、业务配置数据、结构化的水情分析报告及雨水情数据;Redis作为缓存数据库,缓存高频查询数据(如近7 d实况雨水情、重要站点信息)及用户认证令牌,减少数据库访问压力。为降低存储空间需求,提升读写查询效率,采用混合列压缩算法优化雨水情等大规模时序数据存储方式^[7]。

1.2.3 基于微服务框架和智能资源调配的数据服务

采用微服务架构对核心业务进行解耦拆分,共部署5个核心微服务单元,分别为用户认证服务、查询检索服务、分析计算服务、告警推送服务及系统管理服务,各服务独立部署且通过表述性状态转移接口(RESTful API)实现通信交互。其中,用户认证

服务负责处理用户登录、权限校验等请求,查询检索服务针对高频查询场景进行优化,支撑百万级用户并发访问;分析计算服务承载各类水文水利算法运算;告警推送服务负责将超警、超汛限等关键信息实时推送至指定用户;系统管理服务实现对服务器、数据库、容器等资源的动态监控与调度。在资源调配方面,基于Kubernetes(K8s)编排平台构建智能调度体系,通过预设资源阈值(CPU使用率80%、内存使用率85%)触发弹性伸缩机制^[8]。

1.2.4 服务、工具和算法引擎的容器化部署技术

水情一体化移动应用涉及的5个核心微服务、3个数据处理工具(ETL工具、数据压缩工具、格式转换工具)、2个算法引擎(雨情分析引擎、水文预报引擎)及Web服务器、缓存服务器等支撑组件均采用容器化部署。在容器化实现过程中,针对不同组件特性设计分层镜像即基础镜像结合各服务的应用程序、配置文件生成最终业务镜像。通过Docker Compose实现开发、测试环境的一键部署,开发人员只需执行单一命令即可启动全套服务及依赖组件,消除了“开发环境可运行、测试环境报错”的环境差异问题。在生产环境中,借助K8s实现容器的编排管理,通过最基本的部署单元(Pod)亲和性配置将数据处理服务与数据库容器部署在同一节点,减少数据传输延迟;通过持久化存储卷(PV/PVC)实现容器数据的持久化保存,确保服务重启后数据不丢失。

1.2.5 基于角色的访问控制的权限与用户组管理技术

基于RBAC(Role-Based Access Control)模型构建细粒度权限管理体系,采用JWT(JSON Web Token)+Redis实现用户及权限认证。具体的,权限最小颗粒度细化至功能按钮级,除支持模块访问权限控制外,还实现了数据操作权限(如查询、新增、修改、删除)、数据查看范围权限(如仅查看本市数据、仅查看指定流域数据)的精准管控,包括市县级用户仅具备本市范围内站点数据的查询权限,无法访问其他地市数据;文档发布人员仅能使用发布文档功能,无法修改、删除数据;管理员可配置某组用户仅允许推送指定类型的分析文档,禁止推送无关信息。用户组管理采用多层级架构,涵盖省级管理员组、市级管理员组、县级业务组等,支持跨部门用户分组(如水利部门与气象部门用户同属某流域联合工作组)。通过动态角色绑定机制,用户可同时拥有多个角色(如某用户既是市级管理员又是市级文档管理员),实现权限自动叠加。

1.3 应用部署

服务端采用分布式部署架构,部署在江苏省水利厅云数据中心,共配置2台应用服务器(16核128GB配置)、2台数据库服务器(16核64GB配置)。应用服务器分为Web服务器集群与应用服务器集群,Web服务器集群负责接收客户端请求、负载均衡分发,采用Nginx作为反向代理,通过轮询算法将请求分发至应用服务器集群;应用服务器集群部署5个核心微服务,通过K8s实现服务编排与弹性伸缩。服务端与客户端之间采用WebSocket协议实现实时数据推送。

2 功能模块

水情一体化移动应用基于“N+M”弹性功能框架体系(图2),实现统一规范与灵活拓展深度融合的全省一体化服务框架。该框架全面统筹全省水情业务需求,建设N个具备统一界面结构、统一查询逻辑、统一数据来源的标准化功能模块,实现对天气状况、实时雨水情、告警信息、水文分析预报、专题服务等主要移动查询需求的全覆盖。同时,保留M个可根据地市或其他组类用户实际需求自主配置、横向复用的弹性定制模块,支撑个性化应用与灵活拓展。

2.1 统一模块

目前共开发上线17个统一模块,涵盖摘要类、实况类、预报类、分析类、专题类、服务类6大主题。

摘要类包括汛情摘要、超警信息、情势简图3个模块,汛情摘要模块提供重要雨水情实况及告警信息的查询,超警信息模块提供河道站超警、水库站

超汛限信息的查询,情势简图模块提供各分区水系站网拓扑结构及重要水文站水情信息的查询。

实况类包括天气实况、实时雨情、实时水情、水库专题、遥测信息、流域降水6个模块,天气实况模块提供卫星云图、气象雷达、降水预报、台风路径等信息的查询,实时雨情模块提供近7d分区、站点面雨量时空分布信息的查询,实时水情模块提供河道站、水闸、泵站水情过程及超警信息的查询,水库专题模块提供大、中、小型水库及塘坝水情过程及超汛限信息的查询,遥测信息模块提供雨水情遥测站点5min频次信息的查询,流域降水模块提供上游流域实况面雨量信息的查询。

预报类包括降水预报、水文预报2个模块,降水预报模块提供不同模式下降雨预报成果的查询,水文预报模块提供重要代表站水位、流量预报成果的查询。

分析类包括分析报告模块,提供水情快讯、水情分析、水情专报等分析产品的查询。

专题类包括航运专题、调水专题、望虞河东岸监控3个模块,航运专题模块提供京杭运河沿线代表站实时航运水情信息的查询,调水专题模块提供南水北调、江水东引、引江济太三大调水系统引调水量信息的查询,望虞河东岸监控模块提供望虞河沿线水量监测信息的查询。

服务类包括水情短信、咨询服务2个模块,水情短信模块提供固定短信模板的快速生成,咨询服务模块提供固定咨询信息模块的快速生成。

2.2 定制模块

目前共开发上线7个定制模块,涵盖专区类、监

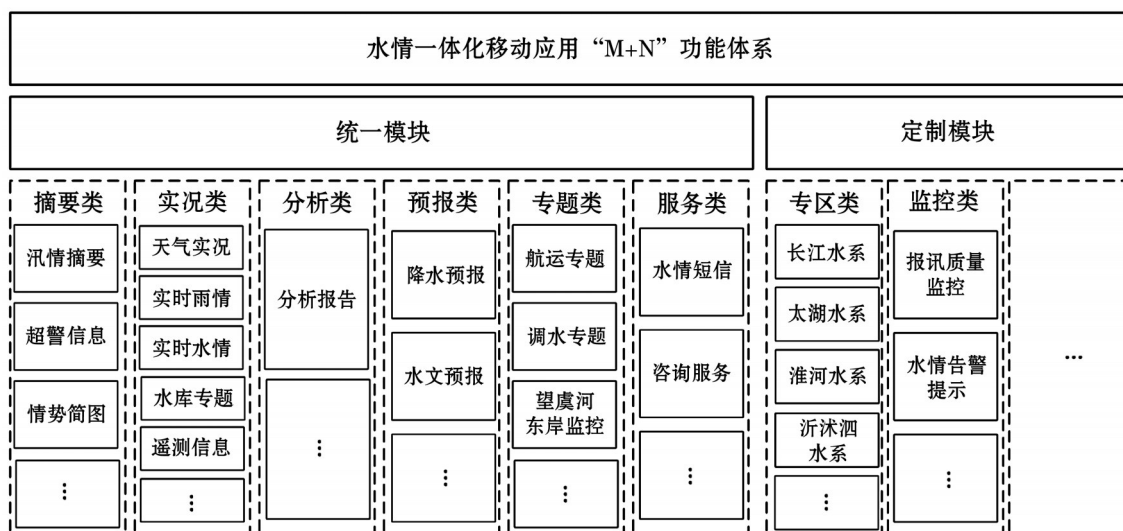


图2 功能模块组成

控类2大主题。专区类包括长江水系、太湖水系、淮河水系、沂沭泗水系4个模块,分别根据各大水系特点针对性设计涵盖雨情、上下游水情信息的查询功能。监控类包括报讯质量监控、水情告警提示2个模块,报讯质量监控模块提供报讯、遥测数据的到报情况信息的查询,水情告警提示模块提供自定义重要站点告警信息的查询和提示。

2.3 权限管理

通过建立灵活可配置的权限分配体系,依托对一体化应用的服务端——“江苏水情”APP后台管理系统的重构予以实现。开发权限配置管理模块,打通用户角色与客户端功能间的关键链路,支撑不同版本客户端的定制化生成与统一管理。通过构建基于流域、水系、行政区、站点等多维条件组成的动态查询权限矩阵,系统可为不同用户精准配置个性化数据访问视图与查询方案,确保功能模块权限与业务需求的高效匹配。同时,建立支持省-市-县-乡多层次并兼容跨部门协同的精细化用户分组管理架构,支持按组织架构、业务职能、区域范围等多维度进行灵活的用户分组与角色配置。该机制可赋能系统管理员基于预设规则与权限模板,实现对大规模用户体系的快速授权、批量调整与高效运维。

3 应用场景

目前,“江苏水情”一体化移动应用已上线稳定运行,应用覆盖全省172家相关单位,累计注册用户达4 668人,其中市级以下基层用户2 919人,占比63%。应用全年累计访问量超280万人次,月均活跃用户635人;汛期累计访问量近180万人次,月均活跃用户912人。

该应用自上线以来已深度融入防汛抗旱核心业务,实现了从传统桌面办公向全天候、移动化应用的转型,为各项工作提供了强有力的信息支撑。其主要应用场景可以分为日常防汛值班、重要雨水情事件和水情信息服务3部分。

(1)日常防汛值班。作为水情信息系统的移动补充,为各级值班人员打造了“掌上值班室”。值班人员可随时在手机端实时查询天气、监控雨水情、接收告警信息、调阅分析报告,实现水情信息“一屏掌控”。尤其为基层一线人员在野外巡查、应急监测等外业场景中提供了伴随式信息支撑,打通了内外业信息同步的“最后一公里”,显著提升了水情值班工作的灵活性与协同性。

(2)重要雨水情事件。在台风、暴雨、洪水等关键防汛期,该应用作为“动态信息中枢”,打通了指挥决策与现场执行的双向链路。决策者动态跟踪台风路径、暴雨分布、洪水过程及预报成果,结合告警信息快速研判受影响区域,下达调度指令;一线人员根据指令开展工程调度、水文监测等,将处置成果通过数据库动态传送至移动平台,形成前后方信息实时同步与闭环管理。

(3)水情信息服务。平台积极发挥水情信息的服务价值,面向其他行业提供定制化、场景化的水情信息服务。如,为航道部门提供航道位置、实时水位、通航水深等关键信息,助力航运安全与效率提升。未来可进一步扩展至农业、文旅等相关部门。

4 结语

“江苏水情”一体化移动应用的研发与上线运行已经取得了较好的成效:一是统一并规范了全省水情移动应用,终结了全省水情移动应用分散建设的局面,实现了从界面风格、功能体系、数据来源到开发管理模式的全面统一;二是支持通过后台权限分配快速生成定制化版本,可根据决策人员、专业人员、一线人员及其他行业用户的不同需求,灵活配置功能模块和区域、站点资源范围,并支持应用首页的个性化设置;三是实现了通用模块与定制模块的自由组合与双向转化,通用模块可通过权限配置转化为具有个性化的功能模块,定制模块可以通过规范化封装后转变为可复制推广的通用模块。在下一阶段,将重点围绕拓展定制模块服务范围、优化定制版本使用效能、加强用户体系规范化管理等方面持续深化建设,进一步发挥“江苏水情”一体化移动应用在水旱灾害防御和社会服务中的支撑作用。

参考文献:

- [1] 白鹏,龙秋波.变化环境下我国城市防汛存在的问题及对策[J].中国防汛抗旱,2025,35(增刊1):40-42.
- [2] 江苏省水利厅.江苏省基本水情手册[M].北京:中国水利水电出版社,2013:181.
- [3] 崔培,张涛,曾斌,等.数字孪生水利动态时空数据底板构建研究[J].中国水利,2025(2):52-64.
- [4] 王娇怡,张夏,刘恒伟.数字孪生海河平台数据底板构建研究[C]//第十三届防汛抗旱信息化论坛论文集.天津:水利部海河水利委员会水利信息网络中心,2023:146-152.

(下转第11页)

过数据分解、重构和智能优化步骤,有效降低了水闸扬压力预测的误差,为工程安全监测提供了可靠依据。

计算结果表明,5种模型都成功地对水闸扬压力进行了预测,但单一模型在处理局部复杂波动方面表现相对有限,尤其是未经模态分解的单一模型无法充分反映扬压力非平稳特性,相比之下,本文GWO-VMD-ISSA-LSTM组合模型综合应用模态分解和仿生优化算法能够更精确地跟踪实际扬压力水头的波动过程,有利于对水闸的扬压力动态进行分析。

4 结 语

(1)水闸特殊运行特征决定了扬压力测值具有明显非平稳特征。

(2)改进的深度学习相对于改进支撑向量机、改进神经网络、改进长短时记忆和改进双向长短时记忆网络具有更好的精度和泛化能力,改进的方法是有效的。

(3)提高水闸扬压力预测精度和泛化能力,结合高精度扬压力实测数据,实现长期预测预警是可行的。

参考文献:

- [1] 方卫华,张慧,徐孟启.基于边缘计算的闸坝扬压力在线分级预警方法[J].人民黄河,2023,45(9):151-156.
- [2] 孙嘉良,郑春锋.平原河网地区水闸工程扬压力监测数据分析与思考[J].中国水能及电气化,2025(6):55-60.
- [3] 季洪涛.低水头挡水闸下游排水孔失效对闸基渗流场影响分析[J].水利建设与管理,2016,36(1):23-26.
- [4] 刘灿,丁健睿,王山东,等.水闸工程观测数据分析与预警研究[J].黑龙江科学,2025,16(6):75-78.
- [5] 胡璟,王豹,王璐,等.水闸扬压力混合预测模型构建与解释[J].水力发电,2025(3):56-63.
- [6] 翟发刚,杨鹏.基于改进SVM法的水库闸渗流及稳定安全分析[J].水利技术监督,2023(3):121-123,194.
- [7] 乔广超,杨明祥,刘琦,等.基于PSO-SVR-ANN的丹江口水闸秋汛期月尺度径流预报模型[J].水利水电技术(中英文),2021,52(4):69-78.
- [8] 陶骊骥,李彬权,陈云瑶,等.新安江岩溶模型与LSTM模型在洪水模拟中的应用比较[J].水电能源科学,2025,43(10):6-9,55.
- [9] 张运鑫,郭邦,王恰恰,等.基于改进灰狼算法优化BP模型的滨州市用水量预测[J].中国农村水利水电,2025(6):95-101.
- [10] 吕国旭,陈波,张孟昕,等.基于VMD-AOA-BiLSTM的大坝变形预测模型[J].水电能源科学,2025,43(7):148-152.
- [11] 魏海红.基于机器学习的水闸变形预测研究[J].陕西水利,2025(9):162-164.
- [12] 刘东,汝文超,张亮亮,等.应用鱼鹰优化算法改进随机森林模型对区域水-能源-粮食关联系统安全评价[J].东北农业大学学报,2025,56(4):64-74.
- [13] 张挺,马睿佳,程泳铭,等.基于VMD-LSTM模型的流域径流预报技术[J].南水北调与水利科技(中英文),2025,23(5):1196-1203.
- [14] 滕志军,付雨珊,谷梁岑,等.融合动态权重系数与Levy飞行的黏菌优化算法[J].陕西科技大学学报,2024,42(4):191-198.

(上接第5页)

- [5] 张雷,张艳秋,邱朔.手机客户端在日照市水文测报中的应用[J].山东水利,2024(12):77-79.
- [6] 崔晨璐,张轩,吴永祥,等.基于LSTM的洪水预报残差修正方法研究[J/OL].中国农村水利水电,1-18[2026-01-16].<https://link.cnki.net/urlid/42.1419.TV.20251205.1944>.

008.

- [7] 梅发强.基于LZ4数据压缩与格加密的大数据加密算法研究[D].南京:南京航空航天大学,2019.
- [8] 李添喆.面向异构集群的K8s容器动态调配技术研究[D].广州:广州大学,2025.