

吉音水利枢纽工程防洪安全及水资源管理能力提升研究

段自成

新疆维吾尔自治区塔里木河流域吉音水利枢纽管理中心 新疆 和田 848000

摘要: 吉音水利枢纽工程作为克里雅河流域的关键控制性工程,承担着防洪、灌溉、发电等多重任务。然而,随着全球气候变化和城市化进程的加快,极端天气事件频发,导致防洪安全和水资源管理面临严峻挑战。本文通过分析吉音水利枢纽工程现状,指出其在监测覆盖范围、预报预警精度、调度方案优化等方面存在的不足。进而提出构建数字孪生平台,完善监测站网,开发智能业务应用等提升防洪安全及水资源管理能力的措施。研究结果表明,通过实施本项目,可显著提升防洪预警能力,优化水资源配置,保障区域经济社会可持续发展,对推动智慧水利建设具有重要意义。

关键词: 吉音水利枢纽工程;防洪安全;水资源管理;数字孪生;智慧水利

1 引言

吉音水利枢纽工程作为新疆维吾尔自治区重要的水利工程,承担着防洪、灌溉、发电等多重任务,对区域经济社会发展具有举足轻重的作用。然而,随着全球气候变化和城市化进程的加快,极端天气事件频发,导致洪涝灾害日益严重,水资源供需矛盾也愈发突出。在此背景下,吉音水利枢纽工程的防洪安全及水资源管理能力面临严峻挑战,亟需通过科技创新提升管理效能,以应对日益复杂的防洪形势和水资源管理需求。

提升吉音水利枢纽工程的防洪安全及水资源管理能力,不仅关乎区域防洪安全和水资源可持续利用,更是推动智慧水利建设、实现水利现代化的重要举措。本研究旨在通过系统分析当前存在的问题,提出针对性的解决方案,为吉音水利枢纽工程乃至全国类似工程提供可借鉴的经验和模式。

2 吉音水利枢纽工程现状分析

2.1 工程概况

吉音水利枢纽工程位于新疆维吾尔自治区和田地区于田县境内的克里雅河上,是克里雅河流域的控制性工程。该工程主要由拦河坝、表孔溢洪洞、底孔泄洪冲沙放空洞、发电引水系统、电站厂房等主要建筑物组成,工程等级为Ⅱ等,主要建筑物为2级,抗震设计烈度Ⅷ度。拦河坝采用砼面板堆石坝,最大坝高124.5米,总库容0.82亿立方米,具有灌溉、防洪和发电等综合利用功能。工程建成后,显著提高了下游地区的防洪标准,从原来的3年一遇提升至20年一遇,同时保障了于田县及周边地区70万亩农田的灌溉用水需求,并有效利用水能资源进行发电,对区域经济社会发展发挥了重要作用。

2.2 现有信息化基础设施

吉音水利枢纽工程已建成了一套相对完善的信息化基础设施,包括水雨情监测系统、大坝安全监测系统、视频监控系统等。水雨情监测系统通过布置在流域内的雨量站和水位站,实时监测降雨和水位变化,为防洪调度提供数据支持。大坝安全监测系统则通过埋设在大坝内部的各类传感器,监测大坝的变形、渗流等安全状况,确保大坝运行安全。视频监控系统覆盖了水库大坝、发电厂房等关键区域,实现了对工程运行状态的实时监控。然而,现有系统在监测覆盖范围、数据精度、预报预警能力等方面仍存在不足,部分关键区域和监测项目尚未实现全面覆盖,且系统间的数据共享与集成程度较低,影响了整体管理效能的提升^[1]。

2.3 防洪安全及水资源管理现状

当前,吉音水利枢纽工程的防洪调度、灌溉供水调度及工程安全监测等业务主要依赖于人工监测和经验判断,虽然已建立了一套相对完善的调度规程和应急预案,但在实际操作中仍存在一些不足。监测覆盖范围不足导致对洪水过程的掌握不够全面,预报预警精度不高使得防洪调度决策缺乏科学依据,调度方案不够优化则限制了水资源的有效利用。特别是在极端天气条件下,现有系统的响应速度和决策效率难以满足快速变化的防洪形势需求。此外,由于缺乏统一的数字孪生平台支撑,各业务系统间的数据共享与协同作业能力较弱,难以实现防洪安全及水资源管理的精细化和智能化^[2]。

3 需求分析

3.1 防洪安全需求

吉音水利枢纽工程位于克里雅河流域,承担着下游13个乡镇、20余万人口及70万亩农田的防洪重任。当前,区域防洪形势日益严峻,极端天气事件频发,导致

洪水频发且难以预测,给下游地区带来巨大威胁。主要风险点包括高边坡滑坡、预报预警精度不足、响应时间短等问题,严重制约了防洪减灾能力的提升。因此,亟需提升防洪预警能力,通过引入先进的监测技术和预报模型,延长预见期,提高预报精度;同时,优化防洪调度方案,结合实时雨情、水情信息,实现科学调度,确保下游地区安全度汛。

3.2 水资源管理需求

随着区域经济社会的快速发展,水资源供需矛盾日益突出。吉音水利枢纽工程作为区域重要的水源地,其灌溉供水调度精度直接关系到农业生产和生态安全。当前,水资源管理面临的主要挑战包括灌溉需求增加、降水分布不均、水资源利用效率不高等问题。为解决这些问题,需提升灌溉供水调度精度,通过引入智能化的调度系统,结合土壤湿度、作物需水等信息,实现精准灌溉;同时,实现水资源的优化配置,统筹考虑生活、生产和生态用水需求,确保水资源的高效利用和可持续供给^[3]。

3.3 信息化需求

尽管吉音水利枢纽工程已建成了一定的信息化基础设施,但在支撑防洪安全及水资源管理方面仍存在诸多不足。现有监测站网覆盖范围有限,部分关键区域缺乏实时监测数据;数据整合与共享机制不健全,导致信息孤岛现象严重;缺乏统一的数字孪生平台,难以实现防洪调度、水资源管理等业务的智能化模拟与决策支持。因此,需完善监测站网布局,增加关键区域监测站点,提高数据采集的全面性和实时性;构建数字孪生平台,集成多源数据资源,实现防洪安全及水资源管理业务的数字化映射和智能化模拟;开发智能业务应用系统,提升业务处理的自动化和智能化水平,为管理人员提供科学、精准的决策支持^[4]。

4 实施方案

为确保吉音水利枢纽工程防洪安全及水资源管理能力提升项目的顺利实施,本文制定了详细的分阶段实施计划,明确了各阶段的目标、任务和时间节点。整个项目将分为以下几个关键阶段进行:

4.1 项目启动阶段

项目启动阶段是项目成功的基石,主要任务包括组建项目团队、明确项目目标、范围及预期成果。首先,成立由吉音水利枢纽管理单位主要负责人为组长的项目领导小组,负责项目的总体指导和决策。同时,组建由技术专家、业务骨干和第三方服务机构组成的工作小组,具体负责项目的实施和推进。明确各小组的职责分工,确保项目各项工作有序开展。此外,组织项目启动

会议,向所有相关方介绍项目背景、目标、实施计划和预期成果,增强各方对项目的理解和支持。

4.2 需求调研阶段

需求调研是项目成功的关键一步,直接关系到后续系统设计的合理性和实用性。本阶段将通过现场勘查、问卷调查、访谈等多种方式,全面收集吉音水利枢纽工程在防洪安全、水资源管理等方面的业务需求和技术需求。重点了解现有信息化基础设施的运行状况、存在的问题及改进建议。同时,与水利部门、气象部门、农业部门等相关单位进行沟通协调,获取外部数据共享和业务协同的需求。通过需求调研,形成详细的需求规格说明书,为后续系统设计提供坚实基础。

4.3 系统设计阶段

系统设计阶段是根据需求规格说明书,设计项目的总体架构、功能模块、数据库结构、接口规范等。本阶段将采用模块化、分层设计的思想,确保系统的可扩展性、可维护性和安全性。具体工作包括:设计数据底板,构建涵盖基础数据、监测数据、业务管理数据、地理空间数据等的数据资源体系;开发水利专业模型、智能识别模型、可视化模型等,支撑防洪调度、灌溉供水调度、工程安全分析预警等业务;设计知识平台,实现知识的抽取、融合、存储、计算和应用;规划智能应用系统,包括防洪智能调度、灌溉供水调度、工程安全智能分析预警、巡查管护等业务应用。同时,制定系统集成方案,确保各模块之间的无缝对接和高效协同^[5]。

4.4 开发实施阶段

开发实施阶段是项目建设的核心环节,将按照系统设计文档进行具体的编码、测试和优化工作。本阶段将采用敏捷开发的方法,分阶段交付可运行的软件版本,确保项目按时按质完成。具体工作包括:前端开发团队负责用户界面的设计和实现,确保用户体验的友好性和易用性;后端开发团队负责业务逻辑的处理和数据的存储,确保系统的稳定性和可靠性;测试团队负责系统的功能测试、性能测试、安全测试等,确保系统的质量和安全性。同时,加强与承建单位、第三方服务机构的沟通协调,及时解决开发过程中遇到的问题和挑战。

4.5 测试验收阶段

测试验收阶段是项目建设的最后一道关卡,将全面检验系统的功能、性能、安全性等方面是否满足设计要求。本阶段将组织内部测试、用户验收测试和第三方评估测试等多轮测试活动,确保系统的质量和稳定性。内部测试主要由开发团队和测试团队共同完成,重点检查系统的功能完整性和代码质量;用户验收测试由最终用

户代表参与,重点验证系统是否满足业务需求和使用习惯;第三方评估测试由具有资质的第三方机构进行,重点评估系统的安全性、可靠性和性能指标。通过多轮测试和验收活动,确保系统达到设计要求并顺利交付使用。

5 预期成效与效益分析

5.1 预期成效

通过吉音水利枢纽工程防洪安全及水资源管理能力的提升,项目预期将实现显著成效。首先,防洪预警能力将得到大幅提升,通过引入先进的监测技术和数据分析模型,延长洪水预报的预见期,为防汛抗洪工作提供更加科学、精准的决策依据,从而有效减少洪水灾害对人民生命财产造成的损失。其次,灌溉供水调度方案将得到优化,基于精准的水文预报和需水预测,实现水资源的优化配置和高效利用,提高农业灌溉效率,保障农田灌溉用水需求。同时,工程安全智能分析预警系统的建立,将实现对大坝、溢洪道等关键建筑物的实时监测和智能预警,提升工程管理水平,确保工程安全运行。最后,数字孪生平台的构建将推动智慧水利建设,通过数字化、网络化、智能化的手段,实现水利业务的模拟仿真和智能决策,提升水利管理的精细化、智能化水平。

5.2 效益分析

本项目的实施将带来多方面的效益。安全效益方面,通过提升防洪预警能力和工程安全智能分析预警水平,将显著减少洪水灾害对人民生命财产安全的威胁,增强区域防洪减灾能力。经济效益方面,项目将降低因

洪水灾害造成的直接经济损失,同时优化灌溉供水调度,提高水资源利用效率,增加农业产出和发电效益,为区域经济发展注入新动力。社会效益方面,项目的实施将有助于维护社会稳定,通过保障水资源供应和防洪安全,减少因水资源短缺和洪涝灾害引发的社会矛盾,促进区域经济社会和谐发展。此外,项目还将带来显著的生态效益,通过科学调度水资源,保障下游河道和周边地区的生态用水需求,维护河流生态系统健康,促进人与自然和谐共生。

6 结论

吉音水利枢纽工程防洪安全及水资源管理能力提升项目势在必行。项目实施将显著提升防洪预警、水资源利用效率及工程管理水平,推动智慧水利建设,为区域经济社会可持续发展提供坚实的水安全保障。

参考文献

- [1]段瞳,杨雁飞,王大卫,等.在建水库蓄水滞洪对流域联合防洪方式的影响[J/OL].水利水电技术(中英文),1-12.
- [2]高珣.“三强化”确保水电站安全防洪度汛[J].大众用电,2025,40(05):60-61.
- [3]丁晓军.吉音水利枢纽工程对农田灌溉的径流控制研究[J].水利科技与经济,2025,31(01):109-114.
- [4]马海伟.太子河流域防洪预报调度研究[D].大连理工大学,2024.
- [5]孙颖.提高水库水资源的管理与利用[J].北京工业大学学报,2005,(S1):67-71.