

# 基于物联网的水库中控自动化平台与值班值守规范化建设

胡尔西代姆·库尔班

新疆维吾尔自治区塔里木河流域吉音水利枢纽管理中心

DOI:10.32629/hwr.v10i3.6923

**[摘要]** 在塔里木河流域,水库工程作为调控水资源、保障绿洲生态安全及防洪抗旱的核心枢纽,其运行管理的智能化水平直接关系到流域经济社会的可持续发展。针对该流域地域辽阔、自然环境恶劣、传统人工值守效率低下及应急响应滞后等痛点,本文深入探讨了基于物联网(IoT)技术的水库中控自动化平台架构设计与值班值守规范化建设路径。文章系统分析了塔里木河流域特殊环境下的感知层部署策略、云边协同数据处理机制及智能决策支持系统的应用。同时,建立“无人值班、少人值守、集中管控、智能巡检”的新型运维模式。通过构建全域感知的物联网体系与标准化的值班规范,可显著提升塔里木河流域水库群的调度精度、为西部干旱区水利现代化提供可复制的示范样板。

**[关键词]** 物联网; 水库自动化; 中控平台; 值班值守; 塔里木河流域; 智慧水利; 云边协同

**中图分类号:** P343.3 **文献标识码:** A

## Construction of Central Control Automation Platform and Standardization of Duty Based on Internet of Things

Hulzidem Kurban

Jiyin Water Conservancy Hub Management Center in Tarim River Basin, Xinjiang Uygur Autonomous Region

**[Abstract]** In the Tarim River Basin, reservoir engineering serves as a critical hub for water resource regulation, oasis ecological security, and flood-drought mitigation. The intelligent management level of these facilities directly impacts the sustainable development of the basin's economy and society. Addressing challenges such as vast geographical scope, harsh natural conditions, inefficient traditional manual monitoring, and delayed emergency responses, this study explores the architecture design of an IoT-based centralized control automation platform and standardized duty management protocols. The research systematically analyzes deployment strategies for the perception layer under the basin's unique environment, cloud-edge collaborative data processing mechanisms, and applications of intelligent decision support systems. Additionally, it establishes a new operation and maintenance model featuring "unmanned operation, minimal staffing, centralized control, and intelligent inspection." By constructing a comprehensive IoT system with full-domain perception and standardized duty protocols, the study significantly enhances the scheduling precision of reservoir clusters in the Tarim River Basin, providing replicable demonstration models for modernizing water conservancy in western arid regions.

**[Key words]** Internet of Things (IoT); Reservoir Automation; Central Control Platform; Duty Rotation; Tarim River Basin; Smart Water Management; Cloud-Edge Collaboration

### 引言

水是新疆经济社会发展的命脉,塔里木河流域作为中国最大的内陆河流域,横跨南疆五地州,滋养着千万亩良田和众多城镇。流域内分布着阿尔塔什、大石峡等控制性骨干工程以及数百座中小型平原水库,这些工程大多地处沙漠边缘、高山峡谷或戈壁荒滩,自然环境极其恶劣,夏季高温酷暑、冬季严寒漫长,且常年伴随强风沙天气。长期以来,塔里木河流域的水库管理主

要依赖传统的人工巡查与就地值守模式,存在人员劳动强度大、工作环境艰苦、信息传递滞后、数据孤岛严重等问题。特别是在汛期,融雪型洪水与暴雨型洪水叠加,险情瞬息万变,传统的人力防守难以满足精准调度与快速响应的需求。此外,南疆地区专业技术人才相对匮乏,偏远水库难以留住高素质运维人员,导致管理水平参差不齐,安全隐患时有发生。

随着“数字中国”战略的深入实施及新疆智慧水利建设的

全面推进,利用新一代信息技术赋能水利工程管理已成为必然趋势。物联网(IoT)技术凭借其全面感知、可靠传输、智能处理的优势,为破解塔里木河流域水库管理难题提供了全新方案。通过构建基于物联网的水库中控自动化平台,可实现对水雨情、工情、视频图像等要素的实时采集与远程操控,彻底改变“人海战术”的落后局面。然而,技术的引入并非简单的设备堆砌,更需要配套的管理体制变革,尤其是值班值守模式的规范化重建。如何在高度自动化的条件下,明确岗位职责、优化工作流程、强化应急处突能力,是确保平台高效运行的关键。本文旨在结合塔里木河流域实际,系统论述基于物联网的中控平台建设技术与值班值守规范化策略,以期提升流域水治理体系和治理能力现代化提供理论支撑与实践指引。

## 1 塔里木河流域水库管理现状与挑战分析

### 1.1 特殊地理气候环境下的运维困境

塔里木河流域水库分布呈现“点多、线长、面广”的特征,许多小型水库距离县城数十甚至上百公里,交通不便,通信信号覆盖薄弱。北疆冬季动辄零下三十度的低温,南疆夏季地表温度超六十度的高温,以及频繁的沙尘暴,对监测设备的稳定性与耐用性提出了极高要求。传统模式下,值班人员需长期驻守在现场,不仅生活条件艰苦,且在极端天气下外出巡查面临巨大安全风险。此外,风沙易导致设备镜头模糊、传感器堵塞,温差剧烈易引起元器件故障,使得设备维护频次高、难度大,往往出现“建得起、用不好、管不住”的现象。

### 1.2 信息化基础薄弱与数据孤岛效应

尽管近年来部分大中型水库已安装了自动化监测系统,但整体信息化水平仍不平衡。一是感知层覆盖率不足,大量中小型水库仍依靠人工观测水位、雨量,数据时效性差;二是传输通道单一,过度依赖公共移动通信网络,在无信号盲区数据传输中断频发;三是系统兼容性差,不同时期、不同厂家建设的子系统(如视频监控、水情测报、闸门控制)各自为政,数据标准不一,无法互联互通,形成了严重的“数据孤岛”。管理者难以在一个平台上统筹查看全流域水库运行状态,更无法进行跨水库的联合调度与协同防控,制约了水资源配置效率的最大化。

### 1.3 值班值守模式滞后与人才短缺

传统的“24小时双人双岗”就地值守模式,在南疆偏远地区面临严峻的人才挑战。由于工作环境枯燥、职业发展受限,年轻专业技术人员不愿去、留不住,导致值班队伍老龄化、技能弱化现象突出。部分值班人员仅能完成基本的看门护院任务,缺乏对自动化设备的操作能力及突发险情的研判处置能力。在夜间或节假日,单人值守或脱岗现象时有发生,一旦遇到紧急情况,往往因反应迟钝、操作失误而错失最佳处置时机。这种粗放式的管理模式已无法适应现代水利精细化管理的要求,亟需通过技术手段与管理创新进行根本性变革。

## 2 基于物联网的水库中控自动化平台架构设计

### 2.1 全域感知的智能物联感知层构建

针对塔里木河流域特殊环境,感知层建设必须坚持“高可

靠、低功耗、抗干扰”原则。首先,升级前端传感设备,选用工业级、宽温型、防腐蚀、防沙尘的智能化传感器,如雷达水位计、非接触式流速仪、光纤光栅渗压计等,确保在极端温差与风沙环境下数据准确稳定。其次,构建多维感知网络,除常规水雨工情监测外,增设高清红外热成像摄像机、无人机自动机库、北斗位移监测站及微震仪,实现对大坝表面裂缝、渗漏、库岸滑坡及非法入侵的全天候立体感知。再次,推广边缘计算网关应用,在前端部署具备数据预处理、异常过滤及本地逻辑控制能力的智能网关,实现“源端清洗、就地决策”,减轻云端传输压力,提高系统响应速度。

### 2.2 高可靠融合通信传输网络搭建

为解决偏远地区通信难题,需构建“有线+无线+卫星”多链路互补的融合传输网络。对于靠近城镇的光纤覆盖区,优先采用工业以太网专线,保障大数据量(如视频流)的高速传输;对于野外无光纤区域,利用4G/5G公网作为主通道,并配备LoRa、NB-IoT等低功耗广域网技术作为补充,用于传输小包遥测数据;对于通信盲区或极端灾害导致公网中断的情况,强制接入北斗卫星短报文或高通量卫星通信系统,确保关键报警信息与控制指令永不掉线。同时,建立链路自动切换机制,当主通道故障时,系统毫秒级无缝切换至备用通道,保障数据传输的连续性与可靠性。

### 2.3 云边协同的数据中台与智能应用中心

平台核心层依托云计算与大数据技术,构建统一的“塔里木河流域水利云”。数据中台负责汇聚全流域多源异构数据,进行标准化清洗、存储与关联分析,打破数据孤岛。在此基础上,开发系列智能应用模块:一是智能监视模块,通过GIS地图一张图展示所有水库实时工况,支持视频轮巡与异常自动弹窗报警;二是智能调度模块,基于水文预报模型与需水预测算法,自动生成最优泄洪、灌溉调度方案,并支持远程一键启闭闸门;三是智能诊断模块,利用机器学习算法分析历史数据,识别设备故障趋势与大坝结构性隐患,实现预测性维护;四是移动互联模块,开发手机APP与微信小程序,让管理人员随时随地掌握现场情况,实现“指尖上的管理”。

## 3 值班值守规范化体系建设与运行机制

### 3.1 “集中管控+区域巡检”的新型值守模式重构

依托中控自动化平台,彻底改革传统分散就地值守模式,推行“流域中心集中管控、区域分中心协调联动、现场无人/少人值守”的新机制。在喀什、阿克苏等中心城市设立流域级中控中心,实行24小时专人集中监盘,负责全流域水库的统一监视、调度指令下达及应急指挥;在重点片区设立区域分中心,负责辖区内设备的日常维护与应急处置;对于偏远小型水库,取消常驻值班人员,改为“无人值班”,仅保留必要的安保力量或委托当地村委会代管,由专业巡检队伍定期开展现场巡视。这种模式大幅减少了基层一线值守人员数量,降低了人力成本,同时将技术力量集中在中心端,提升了整体管理与决策水平。

### 3.2 标准化作业流程(SOP)与岗位职责重塑

在新的模式下,必须重新定义岗位职责并制定详尽的标准化作业流程(SOP)。中控值班员职责从单纯的“看表记录”转变为“数据分析、异常研判、远程操控”,需严格执行“监盘-分析-处置-记录”闭环流程,规定每小时的巡检频次、报警响应时限及操作复核制度。现场巡检员职责聚焦于“设备维保、隐患排查、应急抢修”,制定标准化的巡检路线图与检查清单,利用移动终端打卡上传巡检结果,确保巡检质量可追溯。同时,建立分级响应机制,明确一般异常、较大险情、重大事故等不同等级事件的处置权限与汇报流程,杜绝推诿扯皮与越权操作,确保各项工作有章可循、责任到人。

### 3.3 应急演练常态化与技能素质提升工程

自动化程度的提高对人员素质提出了更高要求。需建立常态化的虚拟仿真演练机制,利用数字孪生技术模拟溃坝、设备故障、网络攻击等极端场景,组织中控人员与现场队伍开展联合实战演练,检验应急预案的可行性与协同配合能力。实施全员技能提升工程,定期举办物联网技术、大数据分析、网络安全及自动化设备操作培训,推行持证上岗制度,将值班人员培养成懂技术、会操作、能应急的复合型人才。建立绩效考核激励机制,将报警响应速度、故障发现率、调度准确率等指标纳入考核,激发员工主动学习与创新工作的积极性,打造一支适应智慧水利发展的高素质专业化队伍。

## 4 实施成效分析与未来展望

### 4.1 管理效能与安全水平的显著提升

通过在塔里木河流域重点水库试点推广基于物联网的中控自动化平台与规范化值守体系,工程管理实现了质的飞跃。一是构建了全域感知的“千里眼、顺风耳”,管理人员依托高清视频与实时数据流,可随时随地掌握千里之外库区的细微变化,险情识别与响应时间平均缩短80%以上,彻底消除了监控盲区;二是调度决策更加精准科学,基于大数据模型的优化算法使水资源利用率提高15%以上,有效缓解了上下游、左右岸复杂的用水矛盾,实现了生态与经济双赢;三是本质安全水平大幅提升,通过“机器换人”大幅减少了运维人员在极端高温、严寒及风沙环境下的暴露时间,从源头上杜绝了因人为疏忽、疲劳作业导致的安全事故;四是运维成本显著降低,集约化管理模式使人均管理水库数量增加3-5倍,大幅节约了人力薪资、交通差旅及设备维护支出,真正实现了降本增效。

### 4.2 面临的挑战与持续优化方向

尽管成效显著,但深化应用仍面临严峻挑战:部分早期建设的老旧设备通信协议封闭、改造难度大且成本高;随着系统联网范围扩大,网络攻击面拓宽,网络安全防护体系亟待升级加固;既懂水利业务又精通信息技术的复合型人才匮乏,培养周期长。未来,应进一步深化人工智能技术在平台中的深度应用,利用深度学习提升系统的自学习、自诊断与自适应能力,实现从“被动报警”向“主动预测”转变;加强量子通信加密、区块链存证等前沿技术在数据安全传输与信任机制中的探索,筑牢数字防线;打破行政壁垒,推动跨区域、跨部门(气象、应急、自然资源)的数据共享与业务协同,构建全流域、全方位的智慧水利生态圈,全面提升水治理现代化水平。

## 5 结语

基于物联网的水库中控自动化平台与值班值守规范化建设,是塔里木河流域水利事业迈向现代化的必由之路。它不仅是一场技术的革新,更是一次管理理念的深刻变革。通过构建全域感知、可靠传输、智能处理的物联网体系,并配套建立科学规范的值班值守制度,我们成功探索出了一条适应西部干旱区特点的水库管理新路径。这不仅极大地提升了塔里木河流域水资源调控能力与防洪安全保障水平,也为全国类似地区的水利工程管理提供了宝贵的“新疆经验”。

### [参考文献]

- [1]黄天天.水质预处理测控系统设计[D].南京信息工程大学,2024.
- [2]肖晓春,张煦,邓小刚.水利枢纽工程综合管理信息化系统框架设计[J].水电站机电技术,2018,41(07):47-51.
- [3]戴华芹.极低功耗水质实时监测系统的开发[D].上海第二工业大学,2018.
- [4]赵磊,李泊溪.基于改进遗传算法的水库群水沙联合优化调度模型应用研究[J].水利技术监督,2018,(02):109-111.
- [5]杨静安,周丹顺,张为法,等.石龙水电站对外交通公路边坡稳定计算分析[J].西北水电,2018,(02):50-53.

### 作者简介:

胡尔西代姆·库尔班(1991--),女,维吾尔族,大学本科,新疆阿图什市人,研究方向:物联网的水库中控自动化平台方向。