

Research on the application of 5G + BIM technology in the operation and maintenance management of smart reservoirs

Jing Ma Zongfei Zhao

Water Regime Dispatching Office of Gangnan Reservoir Affairs Center of Hebei Water Affairs Center, Shijiazhuang, Hebei, 050400, China

Abstract

Based on the actual situation of reservoir operation and maintenance management, this paper systematically analyzes the fundamental defects of traditional information system in architecture design, technology selection and data management, and puts forward a solution to construct a new generation of intelligent reservoir operation and maintenance management system by using 5G + BIM technology. Through the construction of new business systems such as intelligent management integrated platform, reservoir engineering integrated management platform, reservoir operation and management matrix platform, water and rainfall monitoring system, a unified communication network and digital base are built to realize the leap-forward transformation from traditional management to intelligent management, and provide a feasible path for the modernization of reservoir operation and maintenance management.

Keywords

5G technology ; BIM technology ; smart Reservoir ; system integration ; operation and maintenance management

5G+BIM 技术在智慧水库运行维护管理中的应用研究

马晶 赵宗飞

河北省水务中心岗南水库事务中心水情调度处, 中国 · 河北 石家庄 050400

摘要

智慧水库建设是一个循序渐进的过程, 早期建设的OA办公系统、网络系统、视频监控系统、雨水情监测系统等信息系统在运行中暴露出通信能力不足、信息孤岛严重、管理手段落后等深层次矛盾。本文以水库运维管理实际为出发点, 系统剖析了传统信息化系统在架构设计、技术选型、数据治理等方面的根本性缺陷, 提出了采用5G+BIM技术构建新一代智慧水库运维管理体系的解决方案。通过建设智慧管理综合平台、水库工程综合管理平台、水库运管矩阵平台、水雨情监测系统新型业务系统, 搭建统一的通信网络和数字底座, 实现从传统管理向智慧管理的跨越式转型, 为水库运维管理现代化提供可行路径。

关键词

5G技术; BIM技术; 智慧水库; 系统集成; 运维管理

1 引言

现代水库运维管理已经建立智慧管理综合平台、OA办公系统、视频监控系统、网络系统、水库矩阵平台、水雨情监测系统等信息化体系, 但是各个系统独立建设形成信息孤岛, 数据不互通、业务不协同、资源不共享的问题越来越突出。传统的有线网络不能满足多系统实时互联的要求, 二维图纸不能实现工程信息的统一管理。5G技术用高速率、低时延、大连接的特点给系统互联提供通信支撑, BIM技术用可视化、信息化、集成化的特点给数据整合提供一个统一

的平台。将5G+BIM技术应用到水库多系统运维管理当中, 创建统一的数字底座和通信网络, 使各个系统深度融合、协同运行, 是提高智慧水库建设水平的必然选择。

2 5G+BIM 技术在智慧水库管理中的应用意义

2.1 提升水库运行监测的实时性与精准度

传统的水雨情监测系统依靠GPRS或者北斗短报文传输, 存在着速率低、时延大、丢包率高等根本性缺陷, 在汛期数据拥堵严重, 直接影响防汛决策的时效性。视频监控系统受到传统网络系统带宽瓶颈的限制, 高清视频传输出现卡顿延迟, 偏远地区信号覆盖不足, 不能满足实时监控的要求。5G技术凭借10Gbps级峰值速率、毫秒级时延, 从根本上克服了通信瓶颈, 可以实现上百个监测点数据秒级回传, 保

【作者简介】马晶(1986-), 女, 中国河北石家庄人, 本科, 工程师, 从事水利工程管理、智慧水库管理研究。

证多路 4K 超高清视频流畅传输。通过建设智慧管理综合平台接入 5G 网络,实现监测数据从采集到预警的全流程实时处理。

2.2 优化水库维护管理的决策过程

传统的水库运维管理模式,巡检人员现场发现问题后需要手工填写记录表,然后回办公室再上传至各系统平台,技术人员要查阅分散在各个系统中的图纸资料来了解设施的具体情况,整个流程耗时长、效率低、容易出现错误。各系统各自为政,管理人员要在不同平台间来回切换,信息传递靠人工转录,无法实现快速响应、协同处置。5G+BIM 技术为流程优化提供了一种新的方案。建设水库工程综合管理平台,把设计图纸、施工档案、设备台账、维护记录等所有的信息整合到统一的 BIM 模型中,形成工程信息的“单一数据源”。巡检人员利用 5G 网络接入移动终端,在 BIM 模型中查看设施完整信息,发现问题之后在三维模型上标注位置并拍照上传,工单自动生成并且实时同步到水库运管矩阵平台。

2.3 推动水利工程数字化转型升级

智慧水库建设的关键在于实现各个业务系统深度融合、数据资源充分共享,但是传统信息化建设中,OA 办公系统管理行政事务,视频监控系统负责现场监控,水雨情监测系统采集运行数据,各个系统独立建设、标准不一、接口不通,严重制约了数字化转型进程。由此形成的是一个烟囱式架构,造成数据重复采集、信息不能共享、业务难以协同,从而使得管理效率低下。5G+BIM 技术给系统解决这一问题找到了一条途径。BIM 模型作为工程全要素统一数字底座,新建的智慧管理综合平台、水库工程综合管理平台、水库运管矩阵平台都以它为依托开展工作。升级改造后的水雨情监测系统利用 5G 网络将实时数据传输到 BIM 模型上并动态显示,视频监控系统画面精准定位到模型相应位置,工程综合管理平台系统工单直观地呈现于模型之中,水库运管矩阵平台的调度指令可视化地执行于模型之上。5G 网络属于统一通信的基础,冲破了系统之间物理隔离的状况,BIM 平台担当起统一数字底座的角色,把数据之间的逻辑障碍消除掉。

3 当前智慧水库运行维护管理中存在的问题

3.1 传统监测技术滞后与数据传输不及时

目前水雨情监测系统采用 GPRS 或北斗短报文传输方式,理论速率仅为 20Kbps 到 100Kbps,其根本缺陷在于网络架构的落后性:点对点传输模式不能支持大规模设备组网,窄带宽通道不能承载高频次数据采集,不稳定的信号质量导致数据丢包、传输中断频繁发生。汛期多监测站点同时上报数据的时候,网络拥堵的情况最为严重,传感器采集到的信息不能够及时地传达到平台,重要监测信息不能够得到及时传递,影响到防汛决策时效性和准确性。视频监控系统

面临更严峻的带宽瓶颈,传统的网络系统无法支持高清视频的传输,大部分摄像头只能采用标清甚至更低的分辨率,画面质量差造成远程监控效果不好。即使是标清视频,在多路并发传输的时候也出现严重的卡顿和延迟,管理人员不能通过视频及时掌握现场的真实情况。更深层次的问题就是传统有线网络部署的灵活性差,水库库区地形复杂、分布范围广,许多重要的监测部位由于施工困难或者成本过高而不能铺设网线,造成监控盲区。

3.2 水库设施信息管理分散且缺乏可视化

水库工程包含大坝、溢洪道、输水洞、电站厂房等众多的建筑物和机电设备,其信息被分散地存储在不同的系统里。设计图纸、竣工资料存放在文档库中,设备台账、维护记录录入水库工程综合管理平台系统,监测数据汇聚到水雨情监测系统,视频画面保存在视频监控系统,各系统数据格式不统一、接口不互通。管理人员处理设施问题时需要在各个系统之间来回切换查询,费时费力而且容易漏掉重要的信息。更为突出的是缺少统一的数字化管理平台,工程信息不能形成有机整体。视频监控系统只能看到平面画面,水雨情监测系统以曲线图表为主,都不能提供三维空间视角和直观的可视化呈现。分散、割裂、平面化的信息管理方式,造成管理人员不能全面掌握工程状态,不能快速找到问题所在,严重影响决策效率^[1]。

3.3 运维决策缺乏智能化支撑与协同机制

各个系统之间缺少有效的协同机制,业务流程被系统边界人为地割裂开来。水雨情监测系统发现异常数据不能自动触发视频监控系统查看现场,不能自动在水库工程综合管理平台系统中生成巡检工单,需要人工在各个系统间手动操作,响应速度慢,容易出现遗漏。各个系统的决策支持功能比较薄弱,主要是依靠管理人员的经验判断。大量的监测数据在系统中积累起来,但是缺少专业的数据分析工具和算法模型,数据深层次的价值不能被挖掘出来,不能为科学决策提供有效的支持。防洪调度、发电调度等重大决策大多依靠经验来判断,缺少量化分析和模拟推演的工具,面对复杂的工况和多目标约束,人工决策很难达到最优。设备维护缺乏科学计划性,大部分情况下是故障后才维修,事后维修模式造成设备故障停机时间长、维修成本高。如果能够利用设备运行数据分析来预测可能会出现的故障,并提前安排预防性维护,就可以大大提高设备的可靠性,但是传统的管理模式不具备这种预测性维护的能力^[2]。

4 5G+BIM 技术在智慧水库运行维护管理中的应用策略

4.1 5G 实时监测网络构建应对数据传输滞后

以 5G 技术为基础创建统一通信网络,是解决传统监测系统数据传输问题的根本方法。网络建设采用 5G SA 独立组网方式,在水库管理区、大坝枢纽、电站厂房等重点区域

布设宏基站,在地下洞室、边远库区等特殊环境布设微基站、室内分布系统,实现5G信号全域深度覆盖。利用网络切片技术给监测数据传输、视频监控、应急通信等重要业务分配专属虚拟网络,保证核心业务通信的绝对优先级。配置边缘计算节点,在5G基站侧部署边缘服务器,对监测数据和视频流进行就近处理和初步分析,减少数据回传压力,降低端到端时延。对传统的水雨情监测系统进行全面升级改造,将所有的监测终端更换成5G通信模组,实现雨量、水位、流量、渗压、位移等监测要素的高频次采集和实时回传,数据采集频率从10分钟缩短到秒级,传输时延从分钟级降低到毫秒级。新建的智慧管理综合平台接收实时监测数据流,用流式计算技术进行实时处理和分析,监测数据从采集到预警判断的全过程时延控制在秒级以内。升级视频监控系统,采用4K超高清智能摄像头,利用5G网络大带宽的特性实现多路高清视频同步传输无卡顿^[1]。

4.2 BIM 可视化管理平台实现设施信息集成

以BIM技术为核心建立水库工程综合管理平台,给水库创建全要素数字孪生体,是整合各个系统分散信息、实现统一管理的重要手段。平台建设首先要完成水库工程精细化三维建模,根据设计图纸、竣工资料、现场测绘数据,精确建立大坝、溢洪道、输水洞、电站厂房等所有的建筑物以及闸门、启闭机、水轮发电机组、变压器等每一台机电设备的BIM模型,实现工程几何形态完整数字化的呈现,模型精度达到LOD400施工级以上。在几何模型的基础上,把分散在各个系统中的工程信息全部整合集成。将原本存放在文档库中,关于设计图纸、竣工文档、验收报告、操作规程等档案资料按照工程部位和设备台账与BIM模型构件关联起来,建立文档和模型的双向链接。将综合管理平台系统中的设备台账、维护记录、工单信息导入到BIM平台中,形成设备全生命周期信息库。将所有的水雨情监测点位、视频监控摄像头在三维空间中准确地标注定位,建立监测网络的三维可视化展示。新建的智慧管理综合平台利用BIM模型进行综合监控,把升级后的水雨情监测系统的实时数据流接入到BIM平台,使监测数据与三维模型中的监测点位实时关联,采用颜色分级、热力图、趋势曲线等方式直观展示工程运行状态。当监测数据超过阈值的时候在BIM模型上高亮异常位置并自动推送该位置的历史数据、视频监控画面、维护记录等信息进行预警^[4]。

4.3 智能决策支撑系统提升运维协同效率

创建智能决策支撑系统,是达成各个业务系统深度协同,优化管理智慧化水平的关键。系统以水库工程综合管理

平台为基础,用5G网络为纽带,整合智慧管理综合平台、水雨情监测系统的数据资源,融合人工智能、大数据分析等技术,构建起覆盖全业务领域的智能应用体系。建立多系统智能联动机制,当水雨情监测系统检测到数据异常的时候,系统就会自动触发一系列的联动响应,调用视频监控系统,该区域的摄像头将画面推送到智慧管理综合平台和水库运管矩阵平台,在BIM模型上高亮标示出异常位置,并自动调取历史数据进行对比分析,自动生成巡检工单,指派专人进行现场核查,实现监测预警、视频确认、工单派发的无缝对接,响应时间从原来的数十分钟缩短到现在的秒级。在智慧管理综合平台中创建大数据分析中心,对历史监测数据、设备运行数据、维护记录等开展深入挖掘,采用机器学习算法建立设备健康评价模型和故障预估模型,随时评判设备的健康情况,事先预知故障出现的时间,自动出具预防性维护提议,达成从“事后维修”到“预测性维修”的改变。升级水雨情监测系统的智能调度功能,将水雨情监测数据、气象预报信息等各方面数据集成到一起,采用优化算法自动生成防洪调度、发电调度方案,利用BIM平台进行三维模拟演示,辅助管理人员科学决策^[5]。

5 结语

5G+BIM技术的深度融合应用,为破解传统信息化系统存在的通信瓶颈、信息孤岛、管理落后等深层次问题提供了系统性解决方案。通过建设5G专网通信系统解决了传统网络系统和监测系统的通信能力不足问题,构建BIM数字孪生平台整合了各系统分散的工程信息,部署智能决策支撑系统实现了多系统的深度协同和智能化管理。新建的智慧管理综合平台、水库工程综合管理平台、水库运管矩阵平台,与升级改造后的传统系统共同构成统一底座、统一网络、协同运行的新一代智慧水库运维管理体系,标志着水库管理从传统模式向智慧化模式的根本性转变。

参考文献

- [1] 韩永康.BIM+智慧工地在项目管理中的应用与挑战[J].绿色建筑与智能建筑,2025,(10):62-64.
- [2] 孙浩,赵迪,赵浩鹏.智慧水利信息化系统在水利工程中的应用研究[J].水上安全,2025,(16):19-21.
- [3] 吕爽,李明烁,孙阳,李佳喆.基于“BIM+”技术智慧校园多功能建设研究[J].智能城市,2025,11(08):96-98.
- [4] 穆文超,张志鑫.智慧水利信息化系统在水利工程的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(22):217-219.
- [5] 吕磊.智慧水利在洪水预报和防洪调度中的应用研究[J].水上安全,2025,(13):115-117.