# 智慧城市建设中水利工程信息化管控技术应用探析

王 祥

（枣阳市罗桥水库服务中心，湖北 枣阳 441200）

**摘 要** 智慧城市建设推动了水利工程信息化管控从单点监测向全链条协同管理的转型升级。但在水库除险加固等复杂场景中，如何实现建管运维一体化仍面临诸多挑战。基于此，本文以马鞍山水库为对象，分析面向建管到运维一体化的信息化管控技术路线与落地要点，旨在为工程建设期到运行期的连续管理与跨部门协同提供可量化的评价框架和可执行的运维保障路径，同时为类似水库除险加固工程的数字化转型提供参考。

**关键词** 智慧水利；数字孪生；多源感知；融合通信；效能评估

**中图分类号**：TV512 **文献标志码**：A **DOI**：10.3969/j.issn.2097-3365.2026.27.032

## 0 引言

马鞍山水库除险加固工程在不停库或限库运行背景下实施，围堰、基坑开挖、混凝土与金属结构安装等多工序交叉推进，在复杂地形与多工况并存的水库场景下，如何将感知、通信、平台与运维有机整合，仍缺乏可借鉴的工程范例。本文依托马鞍山水库除险加固项目对其信息化管控技术进行探讨具有重要研究意义。

## 1 工程概况

马鞍山水库位于汉水流域滚河水系沙河支流，坝址坐落在枣阳市鹿头镇小王庄村，水库控制流域面积36.0 $km^2$，总库容1 725万$m^3$，调洪库容640万$m^3$，是一座以灌溉、防洪为主，兼顾养殖等综合效益的中型水利工程。工程中补强信息化短板，提高水库管理水平成为本次除险加固工程的重点之一。本次水库（水工大坝）除险加固项目的信息化工程建设，以构建“感知层—通信层—平台层—应用层—运维层”五层全链路信息化管控技术体系为核心目标，可为后续该场景下的核心技术体系搭建、效能量化评估与全周期运维保障研究明确清晰的工程应用边界与现实问题背景。

## 2 智慧城市水利工程信息化管控的核心技术体系构建

### 2.1 多源感知技术的精准适配与部署

马鞍山水库除险加固工程在不停库或限库运行条件下组织施工时，渗流通道演化、坝体差异变形以及闸门启闭工况失稳等风险更容易在短时间内叠加显化，因此多源感知的部署需要将工程实体、施工过程以及环境水文作为同一风险链条来开展协同观测，并将点位布设从经验驱动转向指标驱动。针对坝体、坝基以及防渗墙等关键实体，将渗压计与渗流量监测作为渗流场的直接表征，其中渗压计需在上游铺盖、坝踵、坝趾以及廊道邻近部位进行加密设置，以捕捉水位波动下的渗压响应；渗流量宜在导排系统、集水井以及下游坡脚出逸点形成连续观测链，避免仅依靠单点读数造成的误判。

与渗流风险并行的变形风险更依赖时空一致性，GNSS用于坝顶与关键控制点的平面位移连续采集，测斜仪与倾角计则布设在坝肩接触带、深厚覆盖层以及高边坡支护段，将深层侧向位移与表层变形关联起来，以支撑对滑移趋势与差异沉降的判读；对可能出现局部拉裂或应力重分配的加固段，可将应变计布设在新老结构结合部位与受力集中区，形成对裂缝孕育阶段的间接感知。

环境与水文侧的雨量站、水位计以及下游水位监测共同提供调度与施工窗口判断依据，同时将视频AI巡检作为现场风险的补充感知手段，使人员闯入、劳动防护穿戴以及临水作业行为可被持续识别并形成事件化记录。为保证数据可用性，设备在进场阶段需完成计量校准并建立漂移修正参数，运行阶段结合阈值检核、相邻点相关性检验以及缺测插补策略去处理异常数据；面向平台汇聚时，将统一时间戳、统一坐标基准以及元数据要素作为标准化入口，并同步建立设

作者简介：王祥（1973-），男，本科，工程师，研究方向：水利工程。

备台账，台账字段覆盖型号、量程、安装高程、维护周期以及责任单位，从而支撑后续的追溯与运维闭环[1]。

### 2.2 融合通信网络的搭建与优化

马鞍山水库除险加固工程的通信组织需要同时面对点位沿坝线与库岸离散分布、山体与建筑物遮挡引起的链路衰减，以及小包遥测数据与大带宽视频流并存的业务形态，因此网络架构更适宜将有线稳定性、无线覆盖性以及专网公网的资源弹性进行融合，以现场可连续施工与汛期高水位波动为现实约束，将分层汇聚与分域隔离当作主导思路。现场接入层侧重将传感端的接入复杂度压缩到可控范围，近距离监测点位以 RS485 与工业以太网承载渗压、渗流量以及闸门工况等低时延采集，分散且供电条件受限的点位则选用 LoRa 与 NB-IoT 完成低功耗遥测回传，视频监控与视频 AI 终端依靠 4G 与 5G 承担上行带宽需求，并将编码参数与工点风险等级绑定以降低无效占网[2]。

边缘汇聚层以边缘网关作为统一入口，将 Modbus、IEC 相关工业协议以及视频流协议进行转换并开展时间戳对齐，同时在网关侧配置缓存队列与断点续传机制，使基坑开挖与围堰区域出现短时失联时仍可维持数据链条连续性。回传层面向库区到城域资源的衔接，将 VPN 隧道与政务专线共同作为上送通道，并将双链路冗余与心跳检测写入路由策略以降低单点中断概率；中心层部署在云平台或数据中心时，将接入网段与业务网段进行分区隔离，并以最小权限原则开展账户与接口授权。进一步观察发现，调度研判依赖的渗压与位移数据对时延与完整性更敏感，因此需在网络侧引入业务优先级与 QoS 队列，将关键监测帧置于高优先级转发通道，视频则以分级编码与按需拉流方式控制峰值带宽[3]。

### 2.3 数字孪生智慧管理平台的开发与应用

结合马鞍山水库库区地形起伏大、监测点位沿坝线与岸坡离散分布的现实情境，平台总体架构按数据层、模型层、业务层以及应用层展开，其中数据层将渗压、渗流量、GNSS 位移、测斜以及闸门工况等感知数据与 BIM 模型、库区 DEM 地形、水文调度数据、施工日志与质检资料进行汇聚，并在入湖前完成统一时间戳、坐标基准以及元数据校验；模型层以工程对象模型作为统一承载，将大坝、防渗墙、溢洪道、放水设施以及导排系统映射为可计算实体，同时将工况模型与风险模型嵌入对象属性，用于表达水位波动引起的渗压响应、差异变形累积以及闸门启闭异常等状态演化；业务层将进度、质量、安全、成本以及合同资料挂接到对象与工点编码，实现从部位到批次、从人员到设备的关联检索；应用层以三维场景驾驶舱为入口，在同一屏面内将位置、状态、告警以及处置联动呈现，移动端则将巡检、签证、隐蔽验收与影像留痕融入作业流转，减少纸质资料回填造成的信息滞后[4]。

数字孪生建模范围覆盖坝体与两岸边坡三维场景，叠加监测点位的空间标注与时序曲线联动，使管理人员能够从具体构筑物部位直接定位到对应的监测点、施工工序与质量记录，并将告警信息回溯到同一部位的历史处置与复核结论。预警与处置闭环在平台内以阈值预警、趋势预警以及多指标联合预警共同驱动，告警触发后按分级规则形成派单任务，并将现场复核记录、处置措施、复测结果以及复盘结论写入归档链条，从而为汛期快速研判与责任追溯提供依据。结合智慧城市协同需求，平台预留标准化数据共享接口，将库水位、渗压异常、闸门工况以及视频事件推送至城市防汛与应急平台，实现跨部门的态势共享与联合调度[5]。面向马鞍山水库的典型应用，平台将汛期水库水位与坝踵渗压过程线进行联动展示并输出分级预警，将关键工序的材料批次、工序参数与验收结论串联成质量追溯链，将视频 AI 识别的临水作业与穿戴事件关联到工点与班组，并将设备台账、校准记录以及维保计划纳入闭环管理，以支撑施工期与运维期的连续衔接，平台技术架构见图 1。

## 3 智慧城市水利工程信息化管控的运维保障

运维体系需要将组织与制度作为牵引，由业主单位牵头形成平台管理员、网络与安全管理员、监测专业负责人以及现场运维班组的角色边界，同时将值守与巡检制度写入工作日历，使边缘网关在线、传感设备供电、防雷接地以及视频视场遮挡等问题能够被周期性发现；与此相配套的应急响应 SOP 需覆盖通信中断、关键监测点位离线、闸门工况异常以及平台服务降级等情境，将告警确认、现场复核、临时旁路采集以及应急会商触发条件固化为流程节点，从而将响应从个人经验转为制度驱动。

从资产与配置管理角度来看，平台侧要将设备台账扩展为寿命周期台账，使传感器量程、安装高程、校准系数、固件版本以及维护周期能够与具体工点编码建立绑定关系，并将备品备件清单与关键设备分级策略纳入采购与仓储管理，避免汛期窗口期内因配件缺失造成长时间缺测；网络与边缘侧的配置则需开展基线管理，将路由策略、VPN 证书、QoS 规则以及网关协议映射关系沉淀为可追溯版本，发生调整时同步生

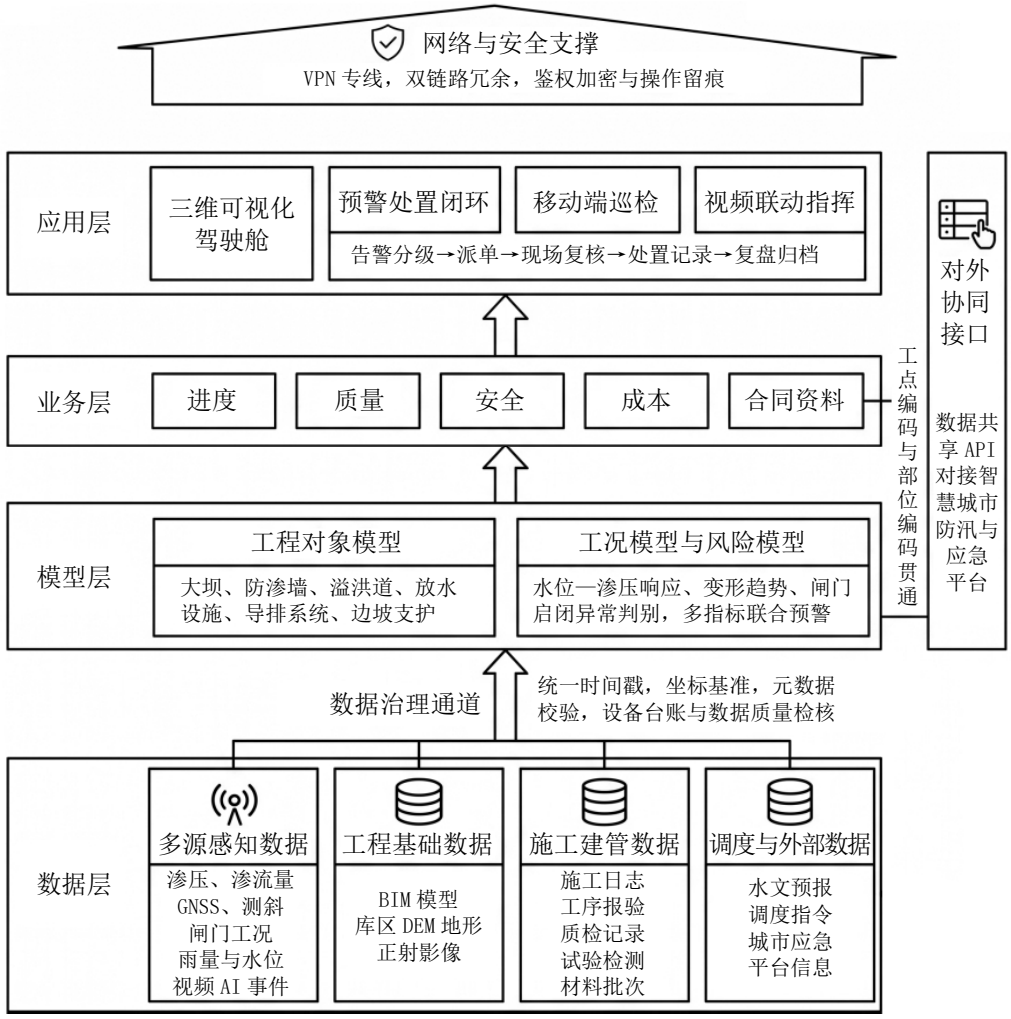


图 1　数字孪生水利工程信息化管控平台总体架构图

成变更记录与回退方案，以降低多承包方协作背景下的误操作风险。

安全保障层面需将漏洞管理与补丁策略纳入例行运维，将传输加密、证书更新、日志审计以及最小权限授权落实到政务云与水利专网的合规要求，同时开展灾备与容灾演练，使数据库备份、对象模型快照以及关键服务的故障切换具备可操作脚本。运维绩效评价宜以系统可用性、MTBF、MTTR、告警处理时限以及工单逾期率作为核心约束，将指标与运维合同及考核挂钩，使运维资源投入与风险水平形成匹配关系。

## 4　结束语

围绕马鞍山水库除险加固工程的高风险、强扰动与多专业协同特征，本文形成了面向建管到运维一体化的信息化管控框架与可实施路径，可为水库除险加固工程的信息化管控从建设期平滑过渡到运行期提供方法支撑，同时为智慧城市水利场景的规模化复制与持续运维奠定基础。

**参考文献：**

[1]　麻芳.智慧城市排水防涝系统改造优化创新研究 [J].新城建科技 ,2025,34(01):88-90.
[2]　雷文云,郭艳芳.智慧城市背景下水利水电工程施工中新技术应用与实践探索 [J].智慧中国 ,2025(04):114-115.
[3]　崔益峰.数字孪生打造“智慧大脑”赋能城市治理的路径探析 [J].智能建筑与智慧城市 ,2025(S2):102-104..
[4]　廖锶禾.智慧城市框架下基于物联网技术的地下管网改造与运维探索 [J].广东轻工职业技术大学学报 ,2025,24(06):20-24.
[5]　董浩安.基于数字孪生的城市排水防涝系统设计与实现 [D].郑州：郑州大学 ,2025.