

视频监控系统在南水北调中的应用探索

陈佳玮 张新政

南水北调中线工程保安服务有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 南水北调工程规模宏大,视频监控系统对保障输水安全意义重大。本文详细阐述系统在南水北调场景下的技术适配与架构设计,包括应对特殊环境要求、层级架构、设备部署及稳定性保障等。探讨在输水安全保障中的核心应用方向,以及与工程数据体系的协同融合。同时分析现有系统瓶颈,提出优化升级路径与发展方向,为南水北调工程视频监控系统建设提供全面参考。

关键词: 南水北调;视频监控系统;输水安全;技术适配;优化升级

引言:南水北调工程作为缓解我国水资源空间分布不均的重大战略性工程,其输水安全至关重要。视频监控系统凭借实时、直观等优势,成为保障输水安全的关键技术手段。南水北调工程环境复杂,跨区域长距离输水,对视频监控系统提出诸多特殊要求。深入研究视频监控系统在南水北调中的应用,探索适配工程需求的技术方案与应用模式,对提升工程管理水平、保障输水安全具有重要现实意义。

1 南水北调场景下视频监控系统的技术适配与架构设计

1.1 南水北调工程特殊环境对监控技术的核心要求

南水北调工程横跨多个地理气候带,输水线路穿越平原、山区、丘陵等多种地形,沿线存在强风、暴雨、冰冻、高温等极端天气条件^[1]。这些特殊环境对视频监控系统提出严苛要求,需具备全天候工作能力,确保在低照度、强光直射、雨雪雾等复杂光照条件下仍能获取清晰图像;需适应野外恶劣环境,设备外壳需具备防尘、防水、防腐蚀性能,防护等级达到IP68标准;需具备抗电磁干扰能力,避免因高压输电线路、大型机电设备产生的电磁场影响信号传输质量;需满足长距离传输需求,解决偏远区域供电困难与通信覆盖不足问题。

1.2 视频监控系统的层级架构设计

系统采用分层分布式架构,由感知层、传输层、处理层与应用层构成。感知层部署多类型传感器,包括高清摄像机、红外热成像仪、多光谱分析仪等,实现环境参数与目标特征的全面采集。传输层构建混合通信网络,在有线通信覆盖区域采用光纤传输,确保大带宽与低延迟;在无线覆盖区域部署5G专网或LoRa低功耗广域网,解决偏远区域通信难题。处理层搭建边缘计算节点与云端分析平台,边缘节点负责本地化实时处理,云端平台实现全局数据融合与智能分析。应用层开发工程运

维、安全预警、应急指挥等模块,为管理人员提供决策支持。

1.3 适配长距离输水场景的监控设备部署逻辑

针对输水线路长、监控范围广的特点,设备部署遵循“重点区域全覆盖、一般区域抽样监控”原则。在渠道沿线每500米设置1个监控点位,重点监测水位变化、漂浮物聚集等情况;在穿跨越段、倒虹吸、渡槽等关键建筑物周边按每100米1个点位加密部署,实现360度无死角监控;在泵站、阀门井等设备集中区域安装20台以上智能摄像机,实时监测设备运行状态。部署时考虑地形起伏对监控视野的影响,通过调整摄像机安装高度至5米以上、俯仰角在-30度至60度之间,确保监控范围无盲区。

1.4 极端环境下监控系统的稳定性保障技术适配

为应对极端环境挑战,系统采用多重技术保障措施。设备外壳选用316L不锈钢材质,表面进行阳极氧化处理,可抵御PH值在2-12之间的酸碱腐蚀;内部电路板采用三防涂覆工艺,涂层厚度不低于0.1毫米,防止潮湿环境导致短路;摄像机镜头配备自动加热除雾装置,加热功率不低于50瓦,避免-20℃以下低温环境结霜影响成像质量;电源系统采用双备份设计,主电源故障时可在1秒内自动切换至备用电源,确保持续供电;通信模块集成自适应调制解调技术,可在-85dBm至-40dBm信号强度范围内动态调整传输速率,保障数据传输稳定性。

2 视频监控系统在输水安全保障中的核心应用方向

2.1 输水干线关键部位的实时态势感知

视频监控系统通过在输水干线关键部位部署高清摄像机与智能传感器,构建全天候、多维度的实时感知网络^[2]。在渠道沿线,系统每10秒采集1次数据,持续监测水位变化、水流速度及漂浮物聚集情况,利用图像识别技术自动读取水尺数值,结合流速仪数据实现水力参数精准获取,水位监测误差不超过5毫米。针对穿跨越

段、倒虹吸、渡槽等重点区域,系统采用全景摄像机与红外热成像仪协同工作模式,覆盖范围不低于1平方公里,可捕捉设备表面 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温度异常等隐蔽风险。在泵站、阀门井等设备集中区域,智能摄像机每5帧分析1次设备运行状态,通过振动特征分析、温度场监测等手段,及时发现机械故障隐患,为工程安全运行提供基础数据支撑。

2.2 输水设施异常状态的智能识别与预警应用

基于深度学习算法的视频分析技术,系统可自动识别输水设施的各类异常状态。在结构健康监测方面,通过图像对比技术检测建筑物表面宽度不小于0.2毫米的裂缝扩展、面积不小于1平方米的渗水区域变化等病害,结合位移传感器数据实现多模态融合分析,预警准确率不低于95%。针对非法入侵行为,系统采用行为分析算法识别攀爬、挖掘等危险动作,结合电子围栏技术实现精准预警,响应时间不超过3秒。在设备故障诊断领域,系统通过分析设备运行图像中的振动特征、温度分布等参数,识别轴承磨损、密封失效等早期故障,较传统人工巡检提前24小时以上发现隐患。所有预警信息均通过3级推送机制,第一时间传达至相关责任人移动终端。

2.3 跨区域输水段的监控协同调度机制

面对南水北调工程跨流域、长距离的特点,系统构建起"中心-区域-站点"三级协同调度体系。各级监控中心通过数字孪生平台实现数据共享与业务联动,当某区域监测到水位异常或设备故障时,系统可在10秒内自动生成调度建议,推送至相邻3个区域控制中心。在流量调节场景中,系统结合上下游10个以上监控点位数据,通过智能算法计算最优闸门开度组合,实现流量平稳过渡,流量波动控制在5立方米/秒以内。针对跨区域应急事件,系统可在5秒内快速调取事发地点周边20个以上监控资源,为指挥决策提供实时现场画面,同时协调无人机、巡检机器人等5类移动监控终端前往支援。

2.4 应急处置中的视频监控协同支撑作用

在应急事件处置过程中,视频监控系统作为重要的技术支撑手段,与应急管理系统深度集成。当接收到险情报告后,系统可在2秒内自动调取事发地点及周边10个以上监控画面,辅助指挥人员研判现场形势。通过AR增强现实技术,将设备信息、应急预案等数据叠加至实时视频画面,为指挥人员提供多维度的决策参考。系统还可联动照明、广播等工程设施,在夜间或能见度低于50米条件下为救援人员提供照明指引,通过语音广播疏导现场人员。处置结束后,系统自动生成包含视频片段、时间轴、操作记录的应急处置报告,报告生成时间不超

过30分钟,为事件复盘与责任认定提供完整证据链。

3 视频监控系统与南水北调工程数据体系的协同融合

3.1 监控视频数据与输水运行数据的关联融合逻辑

视频监控数据与输水运行数据的融合需建立时空关联模型^[3]。在时间维度上,通过统一时间基准将视频帧序列与水位、流量、水质等监测数据的时间戳对齐,确保多源数据在时间轴上的精准匹配。空间维度上,利用地理信息系统(GIS)平台构建工程三维模型,将摄像机位置、监控范围与输水线路、建筑物空间坐标关联,实现视频画面与工程实体要素的精准映射。通过建立数据关联规则库,定义水位变化与渠道渗漏、设备振动与机械故障等典型场景的关联特征,为后续智能分析提供基础逻辑支撑。这种融合方式使视频数据从单一视觉信息转变为包含工程运行状态的综合数据源。

3.2 视频数据的高效存储与按需调用机制

针对海量视频数据,采用分级存储架构实现效率与成本的平衡。热数据存储层部署高性能固态硬盘阵列,存储近一周的高清视频,满足实时调阅需求;温数据存储层采用大容量机械硬盘,保存近三个月的视频数据,支持常规查询;冷数据存储层利用磁带库或对象存储技术,长期归档历史视频。在数据调用方面,开发智能搜索引擎,支持基于时间、地点、事件类型等多维条件的组合查询。通过视频摘要技术提取关键帧,将长视频压缩为包含主要事件的时间轴,显著提升检索效率。建立数据生命周期管理策略,根据视频重要程度自动调整存储层级,优化存储资源利用率。

3.3 基于监控数据的工程运行状态研判支撑

融合后的视频数据为工程运行状态研判提供多维视角。在结构安全监测中,通过分析建筑物表面视频图像的纹理变化,结合位移、应力等传感器数据,构建结构健康指数模型,实现损伤程度的量化评估。在设备状态诊断领域,提取设备运行视频中的振动特征、温度分布等参数,与振动分析仪、红外测温仪数据交叉验证,提升故障诊断准确性。对于水质异常事件,将视频中观察到的油污、藻类等视觉特征与水质传感器数据关联分析,建立污染类型快速识别模型。这些研判结果通过数字孪生平台可视化展示,为调度决策提供直观依据。

3.4 多系统数据交互中的视频数据标准化处理

为实现视频数据与其他工程业务系统的无缝对接,需建立统一的数据标准体系。在数据格式方面,规定视频流采用H.265编码方式、分辨率不低于1080P、帧率为25帧/秒等参数,确保不同厂商设备产生的视频数据能够兼容处理。定义元数据标准,明确视频拍摄时间、地

点、摄像机标识等10项以上关键信息的存储格式,提升数据可追溯性。在接口规范上,制定视频数据调用API,统一数据访问方式,支持调度系统、应急管理系统等快速获取所需视频资源,接口响应时间不超过500毫秒。通过数据清洗与转换工具,将非结构化视频数据转化为结构化分析结果,满足工程数据分析系统的处理要求。这种标准化处理机制消除了数据孤岛,促进了视频监控系统与工程数据体系的深度融合。

4 南水北调视频监控系统的优化升级路径与发展方向

4.1 现有监控系统应用中的瓶颈与改进方向

当前监控系统在复杂环境适应性方面存在局限,部分摄像机在强光照、低照度或雨雪天气下成像质量下降,影响目标识别精度^[4]。现有系统多依赖人工巡检,对海量视频数据的实时分析能力不足,导致异常事件发现滞后。不同厂商设备间协议不兼容,数据互通存在障碍,制约系统整体效能发挥。针对这些问题,需提升前端设备的环境适应性,研发具备自适应调光、智能除雾功能的摄像机;构建智能分析平台,实现视频数据的实时处理与异常自动预警;制定统一设备接口标准,推动多源数据融合共享。

4.2 人工智能技术在监控系统中的深度融合应用路径

人工智能技术为监控系统智能化升级提供关键支撑。在目标检测方面,基于深度学习的算法可精准识别渠道渗漏、非法入侵等事件,较传统方法检测准确率提升显著。行为分析技术能够识别攀爬、挖掘等危险动作,结合电子围栏实现主动防御。设备故障诊断领域,通过分析设备运行视频中的振动特征、温度分布,可提前发现轴承磨损、密封失效等隐患。未来需加强多模态数据融合分析,将视频数据与水位、流量等监测数据结合,构建更全面的工程安全评估模型。

4.3 轻量化与智能化导向的监控系统迭代设计

轻量化设计聚焦于降低系统部署与运维成本。采用集成化摄像机设计,将编码器、存储模块集成于设备内

部,减少外部设备数量。研发低功耗传感器,利用太阳能供电与无线传输技术,解决偏远区域供电难题。智能化升级侧重提升系统自主运行能力,通过边缘计算节点实现本地化实时分析,减少数据传输延迟。开发智能运维模块,自动监测设备状态并预警故障,延长设备使用寿命。这些设计使系统更适应南水北调工程长距离、跨区域的特点。

4.4 面向全生命周期管理的监控系统拓展应用

全生命周期管理要求系统覆盖规划、建设、运维、退役各阶段。在规划阶段,利用数字孪生技术模拟不同监控点位布局效果,优化部署方案。建设阶段,通过视频监控记录施工质量,为后期运维提供基础数据。运维阶段,建立设备健康档案,跟踪设备性能衰减规律,制定预防性维护计划。退役阶段,评估设备剩余价值,指导资源再利用。这种管理模式可显著提升系统投资效益,为工程长期安全运行提供保障。

结束语

视频监控系统在南水北调工程中发挥着不可替代的作用,从技术适配到核心应用,再到与工程数据体系的融合,全方位保障了输水安全。尽管现有系统存在一些瓶颈,但通过不断优化升级,如提升环境适应性、深度融合人工智能技术等,能进一步提升系统效能。持续完善视频监控系统,有助于更好地实现南水北调工程的长效安全运行,为工程的稳定发展提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1]范林皓,陈祥,黄富佳.南水北调洪泽泵站监控系统自动化改造应用[J].江苏水利,2023(4):62-66.
- [2]王从友.N500PLC在南水北调洪泽泵站智能监控系统中的应用[J].水利建设与管理,2023,43(7):49-54.
- [3]贾新胜,田青伍,李典基.智能视频联控技术在调水清污系统中的应用[J].山东水利,2024(6):32-33,36.
- [4]章野,张剑鹏,纪苏文.视频智能分析监控系统在水利工程中的应用与实践[J].水利建设与管理,2025,45(8):23-27.