

智能水表在供水管网管理中的应用研究

李瑞年

中国铁路青藏集团有限公司西宁房建生活段 青海 西宁 810000

摘要: 智能水表作为供水管网管理的重要工具,其核心技术体系涵盖计量、数据采集、传输及加密技术。在管网管理中,智能水表可实现水量监测调控、漏损检测定位、水压动态监测及用水负荷分析等核心应用。通过构建配套管网管理系统,整合硬件选型部署、软件开发适配、数据整合可视化及联动控制功能,可提升管理效率。同时,智能水表应用运维技术包括日常运维、计量校准、传输故障排查及技术适配升级,确保其长期稳定运行,为供水管网管理提供有力支持。

关键词: 智能水表;供水管网管理;漏损检测;数据可视化;运维技术

引言: 随着城市化进程的加快,供水管网规模不断扩大,管理难度日益增加。传统水表已难以满足现代管网管理的精细化、智能化需求。智能水表凭借高精度计量、实时数据采集与传输、强大分析能力等优势,逐渐成为供水管网管理的关键设备。不仅能够实时监测管网运行状态,还能精准识别漏损隐患、优化水量分配,为提升管网管理效率、降低水资源浪费提供重要手段。因此,深入研究智能水表在供水管网管理中的应用具有重要意义。

1 智能水表核心技术体系

1.1 智能水表计量技术

智能水表计量技术作为数据采集的源头基础,分为机械衍生计量与纯电子计量两大技术路径。机械衍生计量依托传统机械基表改造,通过在指针或字轮处设置传感组件,将水流驱动的机械运动转化为可识别信号,实现用水量精准计量^[1]。纯电子计量则摒弃机械运动部件,依托超声波时差法或电磁感应原理直接测量水流参数,其中超声波计量通过检测顺流与逆流传播时间差计算流速,电磁计量基于法拉第电磁感应定律捕捉水流切割磁感线产生的感应电动势,两种方式均具备无机械磨损、计量精度高的优势,适配不同管网场景需求。

1.2 智能水表数据采集技术

智能水表数据采集技术承担计量信号向数字信号转化的核心任务,通过专用采集模块对接计量组件,完成信号的捕捉、转换与预处理。采集模块需适配不同计量技术的信号类型,将磁脉冲、光信号、超声波时间差等物理信号,通过模数转换或数字编码技术转化为标准化数字信号,同时具备低功耗、抗干扰的技术特性,可适应管网复杂电磁环境与有限供电条件,确保采集数据的完整性与准确性,为后续数据传输与处理奠定基础。

1.3 智能水表数据传输技术

智能水表数据传输技术实现采集数据向管理平台的高效传递,分为有线与无线两大技术体系。有线传输以M-BUS总线与RS485总线为主要方式,通过专用线路实现数据交互,具备通信稳定、误差率低的优势,适配水表密集、布线条件成熟的场景。无线传输则以NB-IoT、LoRa、GPRS等技术为主,无需布线且安装便捷,其中NB-IoT技术凭借低功耗、广覆盖的特性成为主流选择,可实现数据定时上报与异常事件实时传输,满足不同管网部署场景的传输需求。

1.4 智能水表数据加密技术

智能水表数据加密技术是保障数据传输与存储安全的关键支撑,依托国密算法与行业标准加密协议构建多重安全防线。数据加密贯穿采集、传输、存储全流程,通信环节采用AES或国密SM4算法对数据进行加密处理,防止数据被窃听、篡改或伪造。终端与平台之间通过统一身份认证机制确认设备合法性,采集数据在本地缓存与平台存储过程中均以密文形式留存,同时配套断点续传与数据校验技术,确保数据在复杂传输环境中依然保持真实、完整,契合智能水表数据安全管理的行业技术要求。

2 智能水表在供水管网管理中的核心应用

2.1 管网水量监测与调控应用

管网水量监测与调控应用是智能水表最基础且核心的应用方向,依托智能水表实时采集的用水量数据,实现管网各节点水量的动态监测与精准调控。智能水表可实时捕捉用户端及管网分支节点的水量变化数据,通过数据传输技术同步反馈至管网管理平台,形成全域水量分布图景。基于采集的水量数据,管理端可根据管网运行实际需求,灵活调整供水分配方案,优化管网水量流

转路径,避免局部水量过剩或供给不足,保障管网水量供给的均衡性,同时为供水计划制定提供精准的数据支撑,契合供水管网精细化管理的技术需求。

2.2 管网漏损检测与定位应用

管网漏损检测与定位应用依托智能水表的高灵敏度数据采集能力,实现管网漏损隐患的精准识别与定位。智能水表可捕捉管网运行中的微小流量异常,结合管网拓扑结构与水量平衡原理,精准判断漏损发生区域^[2]。通过对相邻水表采集数据的对比分析,剔除正常用水波动干扰,锁定漏损点位范围,大幅缩短漏损排查时间。该应用打破传统漏损检测的被动模式,实现漏损隐患的早发现、早定位、早处理,有效降低管网漏损率,减少水资源浪费,符合城镇供水管网漏损控制的技术规范。

2.3 管网水压动态监测应用

管网水压动态监测应用通过智能水表集成的水压传感模块,实现管网各节点水压的实时监测与动态调控。智能水表可实时采集管网运行中的水压数据,精准捕捉水压波动情况,及时反馈管网水压过高或过低等异常问题。管理端结合采集的水压数据,调整供水泵站运行参数,优化管网水压分布,确保管网水压维持在合理区间,既避免水压过高导致管网破损,也防止水压过低影响用户正常用水,保障管网运行的稳定性与安全性,适配供水管网水压管理的技术要求。

2.4 管网用水负荷分析应用

管网用水负荷分析应用依托智能水表长期采集的用水量数据,结合时间维度与空间维度的数据分析,完成管网用水负荷的精准分析。通过对不同时段、不同区域用水数据的梳理,挖掘用水负荷的变化规律,明确高峰用水与低谷用水时段的负荷差异,以及不同区域的用水需求特点。基于分析结果,可优化管网运行调度方案,合理调配供水资源,提升管网应对用水负荷波动的能力,同时为管网改造、新增供水设施规划提供科学依据,推动供水管网管理向精细化、智能化升级。

3 智能水表配套管网管理系统构建

3.1 系统硬件选型与部署

系统硬件选型与部署需结合管网规模、智能水表类型及管理需求,综合考虑各种因素,遵循兼容性、稳定性与低功耗原则开展。硬件选型重点涵盖智能水表终端、数据采集器、传输模块及服务器设备,终端设备需与智能水表通信协议匹配,确保数据采集的顺畅性;如果通信协议不匹配,可能会导致数据无法正常采集或传输错误,影响整个系统的运行。数据采集器需具备多接口适配能力,可对接不同型号智能水表,实现多源数据

的集中采集;服务器设备需满足海量数据存储与高速运算需求,保障系统稳定运行。部署过程中需结合管网拓扑结构,合理规划采集点与传输节点,优化硬件安装布局,减少环境因素对硬件运行的干扰,确保硬件设备协同工作,为系统稳定运行奠定硬件基础。

3.2 系统软件开发与适配

系统软件开发与适配围绕管网管理实际需求展开,采用模块化开发模式,能够提高软件的开发效率和维护性,确保软件功能的针对性与可扩展性。软件开发重点聚焦数据接收、处理、分析及管控功能,开发适配不同操作系统的客户端与管理端,实现电脑端与移动终端的双向适配。这样管理人员可以随时随地通过电脑或手机查看管网运行数据,及时进行决策和处理。软件需具备良好的兼容性,可与智能水表终端、数据传输模块及现有管网管理设备无缝对接,解决不同设备间的通信壁垒。同时需优化软件运行效率,简化操作流程,提升管理端数据处理速度,确保软件能够快速响应数据采集、分析与调控需求,适配管网管理的精细化要求。

3.3 数据整合与可视化呈现

数据整合与可视化呈现是管网管理系统的核心功能之一,能够将复杂的数据转化为直观的信息,方便管理人员进行决策,依托数据融合技术对智能水表采集的多维度数据进行整合处理。通过数据清洗、去重、标准化处理,剔除无效数据干扰,将水量、水压、漏损等数据整合为统一数据资源,构建标准化数据仓库。标准化数据仓库能够为后续的数据分析和挖掘提供高质量的数据基础^[3]。可视化呈现采用图表、曲线等直观形式,将整合后的数据按时间、区域、参数类型进行分类展示,清晰呈现管网运行状态、数据变化趋势及异常情况,便于管理人员快速捕捉管网运行关键信息,提升数据解读效率,为管网管理决策提供直观的数据支撑。

3.4 系统联动控制功能设计

系统联动控制功能设计聚焦管网运行的动态调控需求,实现智能水表与管网管控设备的协同联动,能够提高管网应对突发情况的能力,保障管网安全稳定运行。功能设计需依托数据采集与分析结果,构建联动控制逻辑,当系统检测到管网水量、水压异常或漏损隐患时,可自动触发相关管控设备动作,调整供水分配、关闭故障区域阀门,实现管网故障的快速处置。例如,当检测到某区域发生漏损时,系统可以自动关闭该区域的阀门,减少水资源的浪费。同时需设计手动联动控制模式,管理人员可根据管网运行实际情况,手动下达调控指令,灵活调整管网运行参数,实现自动调控与手动管

控的有机结合,保障管网运行的稳定性与安全性,提升管网管理的智能化水平。

4 智能水表应用运维与优化

4.1 智能水表日常运维技术

智能水表日常运维技术围绕设备正常运行保障展开,涵盖终端设备检查、运行状态监测与环境防护等关键内容,是确保智能水表正常运行的基础工作。运维工作需定期对智能水表终端进行全面检查,清理设备表面杂物与污垢,检查终端密封性能,防止水分、灰尘侵入设备内部导致故障。水分和灰尘的侵入可能会影响智能水表的传感器和电路板的正常工作,导致数据采集不准确或设备损坏。同时需监测设备供电状态,对于电池供电型水表,及时排查电量不足问题并进行更换,确保设备持续稳定工作。运维过程中需记录设备运行参数,跟踪设备运行状态,及时发现潜在运行隐患,通过规范化运维操作,延长智能水表使用寿命,保障设备运行的稳定性与可靠性,适配供水管网长期运行的管理需求。

4.2 计量精度校准技术

计量精度校准技术是保障智能水表计量准确性的核心运维手段,遵循计量器具校准相关标准,结合智能水表计量原理开展规范化校准工作^[4]。校准工作需采用符合标准的校准设备,模拟不同水流工况,对智能水表计量误差进行精准检测,根据检测结果调整计量参数,确保计量精度符合行业标准要求。校准过程中需重点关注水表在不同流量区间的计量性能,针对低流量、常用流量、最大流量等不同工况进行全面校准,剔除计量偏差。校准完成后需做好校准记录,建立校准档案,定期开展复校工作,确保智能水表长期保持精准计量能力,为管网水量监测、负荷分析提供可靠数据支撑。

4.3 传输故障排查与修复

传输故障排查与修复技术聚焦智能水表数据传输链路的畅通性保障,针对传输过程中出现的数据丢失、传输延迟、信号中断等故障,采用分层排查模式开展修复工作。排查工作先检测智能水表终端传输模块运行状态,检查模块连接线路是否完好,排除终端设备故障;再排查传输网络状态,针对无线传输方式,检查信号强度、网络覆盖情况,调整传输节点位置优化信号;针对有线传输方式,检查总线连接情况,排查线路破损、接

触不良等问题。修复过程中采用替换故障部件、优化传输参数、调整部署位置等方式,快速恢复数据传输功能,同时建立故障排查台账,总结故障发生规律,减少同类故障重复发生,保障数据传输的连续性与完整性。

4.4 技术适配与升级优化

技术适配与升级优化围绕智能水表与管网管理系统的协同适配展开,结合管网管理升级需求与技术发展趋势,持续优化智能水表应用技术。适配优化需针对管网改造、管理模式调整等情况,调整智能水表运行参数,确保设备与管网运行工况、管理系统无缝适配,解决设备与系统、管网不兼容问题。升级优化则聚焦技术迭代需求,对智能水表终端硬件、软件功能进行升级,引入更先进的计量、采集、传输技术,提升设备性能与智能化水平^[5]。同时结合管网管理实际需求,优化运维流程与技术方案,推动智能水表应用与管网管理深度融合,提升管网管理的精细化与智能化水平,适配供水管网长期发展需求。

结束语

智能水表在供水管网管理中的应用已取得显著成效,其核心技术体系为管网管理提供了坚实的数据支撑与技术保障。通过构建配套管网管理系统,实现了数据的整合、可视化呈现及联动控制,提升了管理效率与决策科学性。同时,智能水表的日常运维、计量校准、传输故障排查及技术适配升级等运维技术,确保了设备的长期稳定运行。智能水表的应用推动了供水管网管理向精细化、智能化方向发展,为提升水资源利用效率、保障供水安全发挥了重要作用。

参考文献

- [1]刘家腾,王晨.NB-IoT智能水表传输应用系统技术标准[J].大众标准化,2025(15):130-132.
- [2]沈洋,邹明伟,左英姣,等.NB-IoT技术在智能水表中的应用研究[J].自动化与仪器仪表,2022(5):210-213.
- [3]陆旭峰.城市水务管理中智能水表系统的应用与效益分析[J].建筑工程技术与设计,2022,10(31):145-147.
- [4]余维栋,徐梦丹.智能民用水表技术的发展与应用研究[J].中国品牌与防伪,2025,(06):36-38.
- [5]陈健,蒲杰,于其光.智能水表数据:开启居民生活洞察新时代[J].数字技术与应用,2025,43(06):164-166.