

给排水管道智能化管理技术的研究与应用前景

周煜骋

上饶市水投水源运营管理有限公司，江西上饶，334000；

摘要：给排水管道是城市基础设施的核心组成部分，直接关系到居民生活品质与城市运行安全。传统管理模式依赖人工巡检与经验判断，存在故障响应滞后、维护成本高、资源浪费等突出问题。本文聚焦给排水管道智能化管理技术，梳理物联网、大数据等技术支撑下的体系构成。分析该技术在管道监测、运维调度等场景的应用现状，探讨技术落地时面临的融合与成本问题。结合智慧城市建设趋势，展望全生命周期管理等应用方向。为提升管道管理精细化水平提供思路，助力城市基础设施运维模式转型升级。

关键词：给排水管道；智能化管理；监测技术；运维优化；应用前景

DOI：10.64216/3104-9664.25.02.080

引言

随着城市化进程的加速，给排水管道网络规模持续扩大，结构日趋复杂。管道老化、泄漏、堵塞等问题频发，不仅影响水资源高效利用，还可能引发路面塌陷、环境污染等次生灾害，给城市管理带来严峻挑战。传统“被动抢修”模式已难以适应现代城市发展需求，管理技术向智能化转型成为必然。给排水管道智能化管理依托物联网、大数据、人工智能等先进技术，实现对管道全生命周期的动态感知与智能调控。

1 给排水管道智能化管理技术体系构建

1.1 感知层技术：精准捕捉运行状态

感知层是给排水管道智能化管理的基础环节，其核心作用是通过各类传感设备实现对管道运行状态关键参数的实时、精准采集。在实际应用中，常采用光纤传感技术监测管道结构变形，利用压力传感器捕捉管网压力波动，结合流量传感器实时掌握内部介质流速变化，同时借助腐蚀传感器评估管道内壁损耗情况。为解决传统监测方式覆盖范围有限的问题，感知层通常结合无线传感网络技术，将分布在不同区域的传感器节点连接成网，实现监测数据的高效传输与全域覆盖。

1.2 网络层技术：保障数据高效传输

网络层在智能化管理体系中承担着数据传输与交互的核心功能，其关键在于构建稳定、高效的“云端-边缘-终端”多级传输网络架构。针对不同应用场景的需求，网络层会灵活选用适配的通信技术。在需要实时响应的监测场景中，优先采用 5G 技术实现毫秒级数据传输；在低功耗、广覆盖的终端节点通信中，则以

NB-IoT 技术为主。为提升数据传输的安全性，网络层会对传输数据进行加密处理，防止信息泄露。

1.3 应用层技术：支撑智能决策

应用层是智能化管理技术落地应用的关键环节，其核心是整合大数据分析与人工智能算法，为管理决策提供智能支撑。在数据处理方面，应用层会对感知层传输的海量数据进行清洗、整合与挖掘，提取其中蕴含的管道运行规律。基于机器学习算法构建管道故障预测模型是应用层的重要应用，通过对历史故障数据的学习，模型能够提前识别管道泄漏、腐蚀等潜在风险，并发出预警信号。同时，应用层会开发可视化管理平台，将管道的位置信息、运行参数、维护记录等内容以图表形式集中展示。

2 给排水管道智能化管理技术的应用现状

2.1 监测智能化：早发现早处置故障

管道监测智能化是目前应用较为成熟的领域，核心是通过智能感知设备与监测平台的联动，实现对管道故障的精准管控。在供水管道监测中，声波传感器与压力传感器协同工作，能够快速捕捉管道泄漏产生的异常波动，并通过定位算法确定泄漏点位置。在排水管道监测中，视频监测设备与水质传感器结合，可实时监测管道堵塞情况及污水成分变化。相较于传统人工巡检，智能化监测大幅缩短了故障发现时间，将以往可能需要数小时甚至数天的排查过程缩短至分钟级。

2.2 运维调度：提升效率与利用率

运维调度智能化通过技术手段优化管理流程，有效提升了管道管理效率与资源利用率。依托大数据分析技

术，系统可根据管道历史故障数据、运行状态参数等信息，自动生成最优运维计划，实现巡检路线与人员的智能调度，减少无效巡检工作。在供水调度方面，结合管网水力模型，系统能够根据不同区域的用水需求，动态调控供水压力，避免因压力过高导致的管道泄漏风险，同时减少能源消耗。在排水调度中，通过实时监测降雨量与管道流量，智能开启或关闭截流井、泵站等设施，确保排水通畅。

2.3 资产管理：全生命周期管控

资产管理智能化的核心是构建管道资产全生命周期管理体系，实现从建设到报废的全过程可控。通过数字化手段建立管道资产档案，整合管道的设计参数、建设记录、材料信息、验收报告等初始数据，同时实时更新运维过程中的维修记录、故障信息、检测报告等内容。BIM技术与地理信息系统的融合应用是资产管理智能化的重要支撑，利用BIM技术构建管道三维模型，结合地理信息系统的空间定位功能，实现管道资产的可视化管理与精准定位。管理人员通过系统可快速查询任意一段管道的详细信息，为日常维护提供便利。

3 给排水管道智能化管理技术应用的瓶颈

3.1 技术融合不足：协同存在障碍

技术融合不足是当前管道智能化管理应用中面临的突出问题，主要表现为多系统协同运作存在障碍。由于智能化技术在管道管理领域的应用处于逐步推进阶段，不同环节的技术往往由不同厂商开发，缺乏统一的技术标准与数据接口。感知层的传感器设备、网络层的传输系统、应用层的管理平台之间难以实现无缝对接，导致数据孤岛现象突出。例如，某区域供水管道的泄漏监测数据无法直接共享至全域管网调度系统，需要人工二次录入，既降低了工作效率，又可能出现数据误差。

3.2 成本较高：推广遇经济压力

成本投入较高是阻碍给排水管道智能化技术推广的重要因素，主要体现在前期设备与系统投入及后期运维成本两方面。在前期投入上，智能化传感器、通信设备、服务器等硬件的购置费用较高，同时系统开发与定制需要专业技术团队支撑，相关费用也十分可观。对于经济发展水平一般的中小城市及老旧管网改造项目而言，这样的投入压力较大，难以承担全套智能化系统的建设成本。在后期运维方面，智能化系统的正常运行需要专业技术人员进行设备维护、数据处理与系统更新，而这类人才的培养与招聘需要额外成本。

3.3 标准缺失：发展缺乏规范

标准体系缺失是当前给排水管道智能化管理领域面临的重要瓶颈，导致行业发展缺乏统一规范引导。在技术标准方面，不同企业生产的传感器、监测设备等产品，其数据采集精度、传输协议各不相同，无法实现互联互通。应用层的管理平台开发也没有统一标准，功能模块、数据格式存在较大差异，不利于系统间的协同工作。在评价体系方面，缺乏对智能化管理技术应用效果的统一评估指标，无法科学衡量技术应用带来的效益。数据标准的缺失同样带来诸多问题，数据采集范围、传输格式、存储方式等没有统一规范，导致不同来源的数据难以共享与复用，影响了大数据分析的效果。

4 推动给排水管道智能化管理技术发展的对策

4.1 强化创新：突破核心瓶颈

强化技术创新是突破给排水管道智能化管理瓶颈的核心举措，需要从核心技术研发与成果转化两方面发力。在核心技术研发上，应加大对感知芯片、智能算法等关键技术的投入，提升技术的自主可控水平。针对管道监测中存在的精度不足问题，研发高性能传感材料与数据处理算法；针对系统协同问题，开发统一的技术接口与数据传输协议。鼓励跨学科融合创新，推动物联网、人工智能、材料科学等学科与管道工程技术的深度结合，形成技术合力。支持企业与高校、科研机构建立产学研合作机制，搭建技术研发平台，加快技术成果的转化与应用。通过设立专项研发基金、开展技术攻关项目等方式，激发创新活力，推动智能化技术不断升级，满足管道管理的实际需求。

4.2 政策支持：降低推广成本

完善的政策支持是推动智能化技术推广应用的重要保障，能够有效降低技术应用的经济压力。政府部门应出台专项扶持政策，针对管道智能化改造项目给予财政补贴，对购置智能化设备的企业提供税收优惠，减轻前期投入负担。建立多元化投融资机制，通过特许经营、PPP模式等方式，引导社会资本参与管道智能化改造项目，拓宽资金来源渠道。将管道智能化管理纳入智慧城市建设总体规划，与城市其他智慧基础设施统筹推进，实现资源共享，降低建设成本。加强对中小城市的技术扶持，通过技术培训、人才输送等方式，提升其智能化管理能力。同时，开展宣传推广工作，提升各地对智能化技术投资回报的认知，激发其推广应用的积极性。

4.3 构建标准：规范行业秩序

行业协会应牵头组织政府部门、企业、科研机构等多方力量，共同制定管道智能化管理的相关标准。在技术标准方面，明确传感器、通信设备等硬件的技术参数，统一数据接口与传输协议，实现设备与系统的兼容性。在数据标准方面，规范数据采集范围、传输格式、存储方式及共享规则，打破数据孤岛。在安全标准方面，制定数据加密、访问控制、应急处置等规范，保障管道数据安全。在评价标准方面，建立涵盖技术性能、管理效率、经济效益等多维度的评估指标体系，科学衡量技术应用效果。推动标准的贯彻实施，加强对技术应用的监督与评估，对不符合标准的产品与项目进行规范整改。开展行业交流与合作，促进标准的统一与完善，提升行业整体发展水平。

5 给排水管道智能化管理技术的应用前景

5.1 全生命周期管理成主流

未来，给排水管道全生命周期智能化管理将成为行业发展主流，实现从规划设计到报废回收的全过程智能化覆盖。在规划设计阶段，借助数字孪生技术构建虚拟管网模型，结合城市发展规划与用水需求，进行模拟分析与方案优化，提高设计的科学性与合理性。在建设施工阶段，通过智能化施工设备与监测系统，实时监控施工质量，确保管道安装符合设计要求。在运维阶段，利用全生命周期数据与智能算法，实现故障预警、精准维护与优化调度。在报废回收阶段，根据管道材质、使用状况等数据，制定科学的回收利用方案，提升资源循环利用效率。数字孪生技术的深度应用将实现物理管道与虚拟模型的实时联动，管理人员通过虚拟模型可全面掌握管道运行状态，为管理决策提供全方位支撑，大幅提升管道的运行效率与使用寿命。

5.2 智能与绿色理念融合

智能化技术与绿色发展理念的深度融合将是管道管理领域的重要发展方向，助力实现生态环保与资源节约目标。结合海绵城市建设需求，利用智能化技术构建雨污水网智能调度系统，根据降雨量、土壤湿度等数据，实时调控雨水收集、存储与排放过程，提升城市防洪排涝能力，同时实现雨水资源的回收利用。在供水系统中，通过精准监测与智能调控，减少管道泄漏造成的水资源浪费，提升供水效率，助力节水型城市建设。在污水处理领域，利用智能化技术优化污水处理工艺参数，提高

污水处理效率，降低处理能耗与药剂消耗。智能化技术还将用于管道材料的绿色化研发，通过数据分析筛选环保、耐用的管道材料，减少管道废弃后对环境的污染，推动给排水管道系统向绿色、低碳方向发展。

5.3 智慧管网协同智慧城市

给排水智慧管网作为智慧城市的重要基础设施，将与城市其他智慧系统实现深度协同发展。在数据层面，智慧管网系统将与交通、能源、应急管理等系统实现数据共享，构建全域数据资源池。例如，管网泄漏数据可及时共享至交通管理系统，辅助制定道路抢修期间的交通疏导方案；供水数据与能源系统联动，实现供水与供电的协同优化。在应用层面，通过大数据分析为城市规划提供支撑，根据管网运行数据与城市人口变化趋势，合理规划管网延伸与改造方案。

6 结论

给排水管道智能化管理技术是提升城市基础设施运维水平的重要支撑，其发展与应用符合智慧城市建设的总体趋势。本文研究表明，该技术体系由感知层、网络层、应用层构成，已在管道监测、运维调度、资产管理等领域实现初步应用，有效解决了传统管理模式的诸多弊端。然而，技术融合不足、成本较高、标准缺失等问题仍制约着其推广进程。通过强化技术创新、完善政策支持、构建标准体系等对策，能够推动技术进一步成熟与普及。

参考文献

- [1] 贺梦莹. 智能化技术在建筑给排水管道安装中的实践研究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2025, (21): 8-90.
- [2] 刘占磊, 管考稳, 崔鹏翔. 建筑工程给排水管道安装施工技术要点剖析[J]. 中华建设, 2025, (06): 139-141.
- [3] 梁志广. BIM 技术在建筑给排水管道施工中的应用浅析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (32): 135-137.
- [4] 颜霆晖. 建筑给排水工程设备的智能化应用研究[J]. 中国设备工程, 2023, (20): 28-30.
- [5] 王志刚. 分析智能给排水管道在水务管理中的应用[J]. 智能建筑与智慧城市, 2020, (05): 79-80+82.