

智能技术在供水施工中的应用与发展前景

王宏成, 王敬轩

(青岛瑞源工程集团有限公司, 山东 青岛 266500)

摘要 智能技术在供水施工中的应用正渐渐改变行业的整体面貌, 文章对智能技术在供水施工前期规划、过程控制以及后期验收维护方面的应用现状展开了探讨, 指出了借助 GIS (地理信息系统)、三维建模、大数据分析以及物联网等技术, 供水施工在规划阶段可精确模拟并规避风险, 在过程阶段可达成实时监测与智能控制, 在验收维护阶段依靠智能检测与运维系统来保障工程质量。结果表明, 智能技术的引入可提高供水施工的效率与质量, 为供水行业的转型升级提供关键支持。

关键词 智能技术; 供水施工; GIS; 三维建模技术; 大数据分析技术

中图分类号: TU991; TP31

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.12.008

0 引言

在科技发展迅速的时代背景下, 供水施工行业面临着提升质量、效率以及运维水平的急切需求。传统的供水施工模式存在着很多不足之处, 难以契合不断增长的用水需求以及高标准的质量要求。智能技术的兴起给供水施工提供了新的发展机会, 它融合了多个学科的前沿成果, 在供水施工的各个阶段都呈现出了巨大的应用潜力。深入研究智能技术在供水施工中的应用以及前景对于推动供水行业转型升级, 保障城市供水安全与稳定有着重要的意义。

1 智能技术概述

智能技术体系作为现代科技进步的关键驱动力, 深度整合了多学科前沿成果, 人工智能作为典型代表, 其核心在于构建有自主认知能力的算法模型, 使计算机系统可模仿人类的思维模式完成知识获取与决策判断。机器学习作为该体系的关键组成部分, 依靠建立数据特征与目标函数之间的映射关系, 形成基于用户画像的个性化推荐机制^[1]。在视觉感知维度, 凭借卷积神经网络对像素信息进行分层解析, 使安防设备有实时目标识别与行为分析能力, 语言交互层面则突破了传统编码限制, 使智能终端能解析语音指令的语义内涵, 可生成符合用语规范的自然对话, 当前这些创新实践正在重构传统行业的运作范式, 借助优化资源配置效率与服务质量, 持续重塑产业发展格局。

2 智能技术在供水施工中的应用分析

2.1 施工前期规划阶段

1. 利用地理信息系统 (GIS) 与三维建模技术。在项目筹备阶段, 地理信息系统 (GIS) 可系统整合施工

区域多维度空间信息, 包括微地形特征、岩土层分布规律及地下管网拓扑结构等关键数据, 基于空间拓扑算法与缓冲区分析技术, 工程团队可动态模拟不同管道路径方案, 智能规避断裂带、溶洞发育区及地下构造物, 提升线路设计的容错率。依靠点云数据与 BIM 技术的深度融合, 生成的沉浸式三维实景模型能立体呈现管道曲率半径、高程变化等参数, 借助碰撞检测功能提前预判管井位置与电缆桥架的空间冲突。以南方某历史街区管网改造为例, 借助 GIS 的空间叠置分析与三维仿真技术, 设计人员成功实现了 DN300 供水干管在明清建筑群地下的迂回穿行方案, 保护了历史建筑基础, 又保证了管网的拓扑连通性^[2]。

2. 大数据辅助需求分析。大数据分析技术已成为现代城市供水系统规划设计的核心支撑, 系统整合历史用水记录、人口迁移动态及市政规划方案等多维度信息库, 依托机器学习算法解析数据间的关联网络, 凭借追踪夏季用水高峰与冬季低谷的变化曲线, 构建动态需水量预测模型, 科学测算储水设施容量与泵站处理能力^[3]。针对城市规划中标注的住宅综合体与 CBD 建设时序, 运用空间地理信息系统锁定用水负荷激增区域, 预先部署管网扩容工程与加压站点, 实现供水基础设施与城市发展节奏的精准匹配, 有效规避重复建设风险与供给缺口隐患。

2.2 施工过程阶段

1. 物联网实时监测与控制。在工程现场实施阶段, 物联网技术搭建起动态监测与智能调控体系, 利用在各类施工设备和管道上布设压力、位移、流量等多种传感装置, 实现了对机械运转状态、管网敷设精度及环境指标的持续性数据采集与云端同步。工程人员依

靠移动终端就能实时掌握施工动态，当监测到管道承压异常、设备运行数据偏移阈值时，平台会即时触发报警机制，技术人员可第一时间介入处置，有效防范质量缺陷与安全隐患。该体系还支持关键设备的远程智控功能，例如凭借物联网中枢远程精准调节管道焊接机器人的作业参数与运动轨迹，既提升了工序衔接效率，又保障了工艺标准的稳定性^[4]。

2. 智能机器人施工应用。智能机器人技术在市政供水工程实践中凸显出不可替代的应用价值，采用程序化作业模式的管道铺设设备可在复杂的地下管廊中实现毫米级定位精度，其模块化执行机构提升管材对接效率，可以有效规避人工操作可能产生的空间定位误差。在管道焊接环节，搭载多轴联动机械臂的智能焊接系统凭借热输入控制技术保障焊缝组织的致密性和连续性，相较于传统工艺可降低约 60% 的气孔与未熔合缺陷。有自主巡检功能的管径自适应检测装置，其集成的高清成像系统和超声传感装置可对 DN300-DN2000 管道的环焊缝质量、内壁腐蚀状况进行数字化建模，为施工团队提供可视化三维检测图谱，这种基于物联网的智能诊断模式将管网隐蔽性缺陷的识别率提升至 98.6% 以上。

3. AI（人工智能）与 ML（机器学习）用于质量控制。供水工程质量管理正逐步引入智能化技术体系，其中基于计算机视觉的智能检测系统可对施工现场影像数据进行实时解析，借助特征提取与模式识别算法，系统可自动判别管道焊缝完整性、法兰盘密封度等关键工艺指标是否达标。在此基础上，结合机器学习算法对多维度施工数据进行深度挖掘，构建多维度的质量预测框架。以实际工程为例，依靠整合材料特性参数、温湿度环境指标及设备运行状态参数，该框架可预判管网系统在不同服役条件下的性能演变规律，这种数据驱动的决策支持机制使工程团队可前瞻性识别材料疲劳、应力集中等隐患，优化施工参数配置，有效提升供水基础设施的全生命周期可靠性^[5]。

2.3 施工后期验收与维护阶段

1. 智能检测技术助力验收。在工程步入验收阶段之时，智能化检测手段已然成为保障供水管道工程质量的关键核心要素，例如超声波探伤技术，凭借高频声波有的穿透性较强的特性，针对供水管道的焊缝区域展开全面且多维度的扫描工作，当声波碰到管道内部存在的如气孔、裂纹等缺陷时，会产生反射以及折射现象，形成特定的波形。专业的检测人员借助对这些复杂波形给予分析可准确识别缺陷的类型，精确判

断其于焊缝当中的分布特征。三维激光扫描系统同样有着关键的作用，依靠先进的点云建模技术，迅速对供水管道实施扫描，构建出十分精准的管线立体形态，把这一成果与预先构建的 BIM 设计模型进行智能比对，系统可自动开展运算，生成详细的空间坐标偏差分析图表，清晰呈现管道实际位置和设计要求的差异，为后续的整改提供直观的数据支持。配备高精度工业相机以及多光谱传感器的管道检测机器人，在检测领域堪称“尖兵”，可灵活地进入管腔内部，开启全景扫描模式，全方位记录管道内壁的腐蚀形态以及涂层剥落的区域，依靠强大的 AI 算法，机器人可对采集到的数据快速进行分析处理，自动生成包含缺陷定位以及量化评估的专业检测文档，详细标注出腐蚀程度、剥落面积等关键指标。

2. 基于物联网的智能运维系统。依托物联网技术搭建智慧运维平台，构建供水设施全生命周期管理体系，在输配水管网、二次加压泵房及关键节点部署温度传感器与振动监测装置，持续监测设备运行参数、水质指标及管网压力变化，依靠 LPWAN 通信协议将多源异构数据实时传输至中央管理平台，结合大数据分析手段，系统能精准识别潜水泵轴承磨损引发的温升异常、PE 管材暗漏造成的压力梯度突变等隐性故障，触发分级告警机制并生成可视化电子工单^[6]。维护团队可借助移动终端调取设备三维定位图谱与历史维护档案，实施精准化检修作业。平台嵌入动态负荷预测算法，依据区域用水量周期性特征与气象参数，智能调节加压机组的并联运行模式及变频参数，在保障供水稳定性的同时降低综合能耗 18%~22%，提升关键设备服役年限，实现从被动检修到主动预防的运维模式转型，全面提升水务系统的运营效能与管理精度。

3 智能技术在供水施工中的应用前景

3.1 技术创新推动应用拓展

随着科技革命的持续推进，供水施工领域正迎来智能化转型的关键机遇。在数据处理与分析层面，深度学习算法将持续升级，使其可有效整合施工区域的三维地理信息、设备动态参数及建材性能等多元异构数据。以管道焊接工艺为例，系统依靠实时采集电流波动、电压稳定性与焊接速率等关键参数，可提前预测焊缝气孔或未熔合等缺陷的发生概率及具体坐标，这种预测性维护技术将大幅降低质量事故发生率。基于区块链技术构建的项目数据库能动态整合历史工程数据与实时施工信息，结合资源调度模型与市场价格

指数预测,可为项目管理者提供成本预算与施工周期优化方案。在监测技术领域,新一代仿生传感器突破传统压力流量监测局限,实现了管材微观应力分布与腐蚀速率的纳米级检测。采用分子自组装技术制造的智能传感器,可直接融合于管壁分子结构中,连续监测材料疲劳损伤累积过程,使管道爆裂风险的预警周期提前至五年以上。施工机器人技术也取得突破性进展,有多模态感知能力的铺管机器人能自适应复杂地质环境,在喀斯特地貌或滩涂区域可自主切换螺旋掘进或浮力支撑模式,将铺设精度提升至毫米级。焊接机器人则搭载了原位修复系统,当激光扫描检测到0.1毫米级焊缝瑕疵时,可在300毫秒内启动等离子体补焊程序。虚拟现实技术的深度应用正重塑施工培训体系,依靠构建数字孪生施工平台,操作人员可获得累计1000小时以上的沉浸式训练时长,使现场操作失误率降低至0.5%以下。提高现实智能眼镜已实现施工图纸全息投影与设备运行参数动态叠加,在管道对接作业中可提供亚毫米级定位指引,这种虚实融合的作业方式使施工效率得到提升,标志着智慧水务建设进入全新的发展阶段。

3.2 行业发展与政策支持

供水行业的转型升级趋势与政策红利的叠加效应,正为智能化施工技术创造前所未有的发展空间。在新型城镇化战略推动下,人口集聚效应与城市空间拓展形成叠加压力,使得供水系统进行结构性变革,传统供水网络普遍面临锈蚀管网渗漏率高、高峰时段供水短缺、水质监测盲区多等痛点,需要借助智能感知设备和数据分析平台实现精准化运维。在新城规划建设中,BIM技术与GIS系统的深度融合,使得管网布局能提前规避地质风险,施工过程可实现数字孪生模拟,面对行业集约化发展趋势,供水企业正将智能技术作为提质增效的关键抓手,例如凭借水力模型算法优化泵站调度策略,使能耗降低。这种技术革新重塑了施工管理模式,重构了供水服务的价值链条。政策层面则凭借多维支撑体系加速技术渗透,包括设立智能化改造专项引导基金、推行设备加速折旧税收优惠等经济杠杆。

3.3 国际合作与交流

全球范围内的技术协作与知识共享为供水工程智能化转型提供了持续动能,在智能水务技术创新领域,各国形成了差异化的技术优势与实施经验,凭借深化跨国合作机制,中国有机会吸收发达国家在智慧水务系统架构与运维管理方面的经验,在系统整合层面着

重研究国外如何实现生产端、输送网络与终端用户的智能设备联动机制,形成全链条数字化管控体系。数据治理方面则着重引入国际领先的预测性分析算法与多层级安全防护体系,有效强化我国供水工程的数据价值挖掘能力与网络防御韧性。我国科研团队已在关键领域实现突破性进展,自主研发的耐候型智能传感装置成功攻克复杂工况下的监测难题,其自适应校准功能可提升管网状态感知精度,创新推出的工程管理智能中枢系统,借助融合物联网与数字孪生技术,实现了施工全要素的动态优化配置。依托国际技术论坛与跨境产学研项目,这些创新成果正在重构全球水务技术生态圈,跨国技术联盟的常态化运作,推动形成了覆盖智能调度算法研发、恶劣环境设备维护等共性难题的协同攻关网络,这种跨地域的技术协同催生了模块化智能净水装置等创新产品,更培育出基于人工智能的管网健康评估系统等新型解决方案,为全球供水基础设施的智能化升级开辟了多元化技术路径。

4 结束语

智能技术在供水施工中的应用已有十分明显的成效,从工程前期的规划到后期的运维都对供水工程质量与效率有一定程度的提升。随着技术创新、行业发展以及国际合作的推进,智能技术的应用会不断拓展和深入,然而在实际应用时要持续攻克技术难题、优化政策环境,供水行业应抓住机遇,积极引入技术,推动自身实现高质量发展,为城市可持续发展提供坚实的保障,从而构建智慧水务新生态。

参考文献:

- [1] 刘敬坡,李阔.基于物联网的城市供水管网漏损智能监测技术研究[J].中国科技论文在线精品论文,2024,17(04):415-419.
- [2] 赵笠程.人工智能技术在供水设备机械电气自动化控制中的运用分析[J].中国设备工程,2024(15):30-32.
- [3] 汤正举,陈博,姜遍地.人工智能技术在供水管网漏水探测中的应用[J].城市勘测,2022(04):173-177.
- [4] 吴琮.供水设备机械电气自动化人工智能控制技术[J].石河子科技,2022(03):8-9.
- [5] 王钊越.基于机器学习的供水厂关键工艺参数预测研究[D].广州:华南理工大学,2021.
- [6] 张振友.浅谈供水设备机械电气自动化人工智能控制技术[J].中国新技术新产品,2020(05):28-29.