

给水管网压力异常的AI识别技术

戚成龙

杭州地铁运营有限公司 浙江杭州 311203

摘要：给水管网压力异常情况可借助AI识别技术实现高效精准判别，为管网稳定运转与科学管控筑牢支撑基础，这类技术先对给水管网内压力数据展开采集，再运用深度学习、机器学习等AI算法完成数据分析处理，快速定位压力异常节点并准确界定泄漏、堵塞等异常类型，大幅压缩异常排查耗时同时降低管网维护投入，实践数据显示引入AI识别技术的给水管网，压力异常处理效率相较传统手段有明显提升，切实保障地铁运营用水安全与管网系统可靠运行。

关键词：给水管网；压力异常；AI识别技术；数据采集；异常判断

引言

给水管网是城市基础设施的关键构成，压力稳定与否直接关联地铁运营用水保障与沿线设施稳定运行，长期运行中，管道老化、外界施工干扰、水质腐蚀等因素常导致管网出现压力异常，未能及时察觉并处理便可能引发管网泄漏、供水不足等严重问题，既造成水资源损耗，还会扰乱城市正常运转。传统管网压力异常识别依赖人工巡检与定点监测，存在识别效率偏低、漏判误判概率较高、响应迟缓等缺陷，难以适配复杂管网系统的管理需求，当下给水管网管理领域迫切需要找到一种高效且精准的压力异常识别途径来解决这一难题。

一、给水管网压力异常的主要类型及成因分析

（一）给水管网压力异常的常见类型

给水管网压力异常常见情形包含压力过高与压力过低两类，压力过高时管网局部区域压力突破设计标准，可能让管道接口密封性能失效产生渗水，严重时还会致使管道破裂引发大规模漏水事故^[1]。压力过低会造成用户端出水流量缩减、水压不足，导致地铁车站卫生间供水不足、机房冷却系统水流不足、站台清洁用水压力不够，直接影响地铁运营服务，同时管网内水流速度减缓容易促使细菌滋生，对水质安全形成威胁。另外压力波动异常也需关注，即管网压力在短时间内频繁起伏，即便未超过极限值，长期如此也会加快管道老化速度，缩

短管网整体使用寿命。

（二）引发给水管网压力异常的主要成因

给水管网压力异常的诱发因素较为复杂，可从管道自身、外界环境及运行管理三方面展开分析，管道自身层面，使用年限较久的管道会出现老化、腐蚀问题，管壁厚度变薄、结构强度下降，导致局部水流阻力增加进而引发压力异常，管道施工质量不达标，像接口焊接不稳固、管道存在形变等情况，同样会影响水流流通顺畅性造成压力改变；外界环境中城市道路施工、地下工程建设可能对管网管道产生挤压、碰撞，导致管道位置偏移、出现破损影响压力稳定，高温、低温等极端天气也会作用于管道，高温使管道受热膨胀可能造成接口松动，低温则可能让管道冻结破裂引发压力异常。运行管理上供水系统水泵参数设置不合理、供水调度方案不够完善，会导致管网供水量与实际用水量不匹配，造成压力过高或过低，管网维护工作不及时，对管道潜在问题未及开展排查处理，也会逐步引发压力异常。

二、传统给水管网压力异常识别方法的局限性

（一）传统识别方法的操作模式及流程

传统给水管网压力异常识别多采用人工巡检与定点监测相配合的模式，人工巡检要求工作人员按固定周期沿管网线路开展巡查工作，通过查看地面是否存在积水痕迹、聆听管道周边是否传来异常水流声响等直观方式初步判断管网是否存在压力异常；定点监测需在管网关键节点预先安装压力传感器，由传感器实时捕捉压力数据，工作人员定期调取并查看这些数据，一旦发现数据偏离正常波动范围，再组织专业人员前往现场开展进一步排查^[2]。具体操作流程需先制定详细巡检计划，明确

作者简介：戚成龙（1988年7月4日-），男，汉，籍贯：浙江杭州，职称：中级工程师，学历：本科，研究方向：地铁给排水管压AI识别。

划分巡检路线及重点监测节点位置；工作人员依据计划推进巡检任务并同步完成数据收集；随后对收集到的监测数据与巡检记录进行人工整理分析，初步判定管网是否存在压力异常迹象；若分析后怀疑存在异常情况，需再次安排人员到现场深入排查，最终确定异常发生的具体位置及可能成因。

（二）传统识别方法在实际应用中的不足

传统给水管网压力异常识别方法在实际应用过程中暴露出不少缺陷，从识别效率角度来看，人工巡检受人员活动范围限制，面对规模庞大、管线复杂的给水管网体系难以实现全面覆盖，且常规巡检周期设置较长，往往无法在压力异常出现初期及时察觉；定点监测虽具备实时采集数据的能力，但受限于监测节点数量，仅能反映局部区域压力状况，无法呈现管网整体压力分布情况，容易出现异常漏判情况。在识别准确性层面，人工巡检结果高度依赖工作人员的实践经验，对压力异常的判断易受个人主观认知差异影响，存在较高误判概率。定点监测获取的数据仅能体现单个节点压力变化，难以精准判断异常的具体类型及影响范围。除此之外，传统识别方法还存在人力投入成本高、异常响应速度慢等问题，一旦管网发生压力异常，从异常发现到启动处理流程往往需要消耗较长时间，可能导致水资源浪费、供水中断等更大损失。

三、AI识别技术在给水管网压力异常识别中的应用原理

（一）AI识别技术的数据采集与预处理机制

声波检测技术利用声波在管道中传播时产生的声音特征，当水流通过管道时，漏水引起的水流速度变化和水流与管道壁的碰撞会产生特定的声波信号，该技术通过捕捉这些声音分析漏损点的位置。目前在声波研究中，相比于中、超频率声波，次声波信号以其传播距离长能量损失小等特点，更广泛用作信号源，而声波检测技术的研究重点在于信号的降噪处理、泄露工况分析以及漏点定位等方面^[1]。AI识别技术应用于给水管网压力异常识别时，需搭建完整数据采集体系，除在管网节点布设高精度压力与流量传感器、实时全面采集数据（采集频率根据管网实际情况设为每分钟1-5次），还可搭配声波检测技术捕捉漏水产生的特定声波信号。采集到的数据常含噪声与异常值，需开展预处理工作：清洗剔除无效数据，通过标准化统一数据量级，再融入管网地理信息、管道参数等内容，构建全面数据集，为AI算法分析提供高质量数据支撑。

（二）AI识别技术的算法模型构建与工作流程

AI识别技术在给水管网压力异常识别中常用的算法模型，涵盖深度学习模型（像LSTM、CNN）与机器学习模型（如SVM、随机森林）两类。模型构建阶段，需先把预处理后的数据集划分成训练集、验证集和测试集，其中训练集用于模型参数的学习迭代，验证集负责调整模型超参数以优化性能，测试集则用于评估模型最终的识别效果。以LSTM模型来说，它具备高效处理时间序列数据的能力，通过对管网历史压力数据的深度学习，能精准捕捉压力变化的内在规律与关键特征。模型具体工作流程为：将实时采集且完成预处理的数据输入至训练好的AI模型，模型对这些数据进行分析运算，提取出压力变化的特征信息；接着将提取的特征与预先构建的正常压力特征模型展开对比，以此判断当前管网压力是否存在异常。若判定存在异常，模型会进一步分析异常特征，明确异常的具体类型以及可能出现的位置，并把识别结果实时反馈至管网管理系统，为后续处理提供依据。

四、AI识别技术在给水管网压力异常识别中的实践应用

（一）AI识别技术在不同规模管网中的应用案例

小型给水管网（如地铁车站内部给水管网）场景下，某地铁线路引入AI识别技术后，在车站机房、站台及卫生间供水节点部署传感器，搭建起小型AI识别系统。该系统运行半年期间，成功捕捉到多次压力异常情况，涉及管道堵塞与阀门故障两类问题，每次异常均能在短时间内完成排查与处理，相较传统方法大幅压缩了处理耗时，有效保障地铁运营用水需求不受影响^[4]。大型城市给水管网场景中，某城市选取含地铁沿线管网的区域开展AI识别技术试点，覆盖较长管网范围并安装数量较多的传感器。试点过程中，AI系统精准识别出多起压力异常事件，包含泄漏与压力过高两类情况，异常识别准确率处于较高水平，通过对异常的及时处理，减少了大量水资源浪费，同时显著降低管网维护所需成本。

（二）AI识别技术应用中的性能优化措施

为提升AI识别技术在给水管网压力异常识别中的实际性能，可从多方面制定优化措施。数据层面，需拓展数据采集的维度，除常规压力、流量数据外，纳入水质、管道温度等相关数据，丰富模型输入的特征维度，助力提升模型对各类异常的识别能力；同时需定期对所用传感器进行校准与维护，确保采集数据始终保持较高准确性。算法模型层面，可采用模型融合技术，将多种AI算

法优势结合，例如把某类算法的特征提取能力与另一类算法的时间序列处理能力相融合，构建混合模型，以此增强模型的泛化能力与识别准确性；还需根据管网运行情况的动态变化，定期对模型进行重新训练与更新，使

模型能持续适配管网的运行变化。系统运行层面，应着力优化数据传输与处理速度，可引入边缘计算技术，在数据采集端完成初步数据处理，减少后续数据传输量，进而提升整个系统的响应效率。见表1：

表1 AI识别系统在不同类型管网中的运行能耗与经济效益对比表

管网类型	系统运行时间 (h/月)	平均功耗 (kWh/月)	数据传输量 (GB/月)	系统维护成本 (元/年)	节水率 (%)	经济收益 (万元/年)	数据来源
中型城镇管网	720	180	25	16000	10.4	7.1	《给水排水技术》2024年第45卷第4期
大型城市管网	720	420	65	30000	12.6	18.5	《城市供水研究》2024年第6期
工业园区专用管网	720	250	42	21000	9.3	12.2	《水工业市场》2023年第10期

五、AI识别技术在给水管网压力异常识别中的发展完善方向

(一) AI识别技术与其他管网管理技术的融合路径

未来可推进AI识别技术与管网水力模型、BIM（建筑信息模型）技术的深度结合，把AI识别技术获取的压力异常数据导入管网水力模型，借助模型的模拟计算功能，深入分析异常情况对管网整体水力状态产生的影响，预判异常扩散的趋势走向，为后续制定针对性处理方案提供更全面的参考依据^[5]。同时将BIM技术搭建的管网三维模型与AI识别系统相衔接，当AI识别技术捕捉到压力异常后，能在BIM模型中精准锁定异常节点的具体位置以及周边管道的分布状况，直观呈现异常区域的管网结构特征，帮助工作人员快速规划排查路线与维修方案，进一步提升管网管理工作的整体效率，让各类技术在协同作用中发挥更大价值。

(二) AI识别技术在管网压力异常预防中的拓展应用

当前AI识别技术主要聚焦于压力异常的实时识别工作，未来可向异常预防领域延伸应用，通过对历史压力数据、管网运行数据以及外界环境数据（像天气变化、施工计划安排）的深度挖掘与分析，搭建压力异常预测模型。该模型能够依据当前管网的实际运行状态。结合未来可能出现的各类影响因素，预判后续一段时间内可能发生压力异常的节点位置与具体时间段，并提前发送预警提示。比如在预测到某区域会因即将来临的高温天气导致用水量大幅增加、可能引发压力过低问题时，提前调整该区域的供水调度方案、增加供水量，从而避免压力异常情况出现，推动管网管理从“被动处理异常”向“主动预防异常”转变，进一步增强给水管网管理的

科学性与前瞻性。

结语

本文围绕给水管网压力异常的AI识别技术展开探讨，分析压力异常类型与成因、传统识别方法局限性，阐述AI识别技术应用原理与实践情况，同时指出其发展完善方向。AI识别技术为管网压力异常识别提供高效精准新途径，有效解决传统方法弊端，在保障管网稳定运行、降低维护成本等方面作用显著，随技术融合拓展，将在管网管理领域展现更广阔应用前景，为城市基础设施高效运转提供有力保障。

参考文献

- [1] 于跃龙. 高层建筑给水管网流量压力优化设计方法[J]. 城市建筑空间, 2025, 32(S1): 275-276.
- [2] 陈波. 智慧水务背景下城市给水管网漏损监测与动态优化设计[C]// 中国智慧工程研究会. 2025智慧设计与建造经验交流会论文集. 绍兴市上虞区水务投资建设有 限公司, 2025: 459-461.
- [3] 孙怀楠. 给水管网漏损检测及控制技术综述[J]. 供水技术, 2025, 19(03): 16-19.
- [4] 郭曹飞. 给水管网全局优化中遗传算法收敛速度改进策略研究[C]// 重庆市大数据和人工智能产业协会. 人工智能与经济工程发展学术研讨会论文集(二). 浣江水务股份有限公司, 2025: 252-255.
- [5] 于明. 市政给水管网施工管道防渗漏技术研究[J]. 中国建筑金属结构, 2025, 24(04): 76-78.