

自来水给水管道漏水防治技术探究

张权锋

蕉岭县供水服务中心，广东 梅州 514199

DOI:10.61369/WCEST.2025070015

摘 要： 自来水给水管道泄漏会引发多重危害，包括增加供水企业运营成本、诱发地面塌陷等次生灾害、加剧区域水资源压力，并导致系统运行效率下降与资源投入失衡。泄漏成因涉及环境与材料特性、管材质量、施工工艺及运维管理等多方面因素。为有效防控泄漏，需在管道投运前进行系统验证，运行中采用先进监测技术，并持续开展防漏技术研发、管道更新改造及系统性防控机制建设，从而提升管网安全性与运行效率。

关 键 词： 自来水给水管道；泄漏；防治技术

Exploration of Leakage Prevention and Control Technologies for Tap Water Supply Pipelines

Zhang Quanfeng

Jiaoling County Water Supply Service Center, Meizhou, Guangdong 514199

Abstract： Leakage in tap water supply pipelines can lead to multiple hazards, including increased operational costs for water supply enterprises, secondary disasters such as ground subsidence, exacerbated regional water resource pressure, reduced system operational efficiency, and imbalanced resource allocation. The causes of leakage involve various factors such as environmental and material properties, pipe quality, construction techniques, and operational maintenance management. To effectively prevent and control leakage, it is necessary to conduct systematic verification before pipeline commissioning, employ advanced monitoring technologies during operation, and continuously engage in the research and development of leakage prevention technologies, pipeline renewal and renovation, and the establishment of systematic prevention and control mechanisms, thereby enhancing the safety and operational efficiency of the pipeline network.

Keywords： tap water supply pipeline; leakage; prevention and control technology

引言

供水管网作为城市基础设施的重要组成部分，其安全稳定运行直接关系到社会经济发展与公共健康保障。然而，管道泄漏问题长期困扰着供水行业，不仅造成水资源的巨大浪费，还会带来一系列经济、环境与社会风险。随着城市规模扩大与管网老龄化加剧，泄漏防控已成为供水系统管理中的关键课题。本文系统分析了管道泄漏的主要危害及成因，并针对性地探讨了涵盖技术研发、系统优化与管理创新的综合防治策略，以期为提升管网运维水平提供参考。

一、自来水给水管道漏水产生的危害

（一）供水企业运营压力增大

自来水输水管道发生泄漏会直接导致供水企业的运营成本上升。除了需要承担更多用于原水净化与管网输送的直接费用外，企业还需为漏损引发的日常检修、应急抢修、部件更换及配套设备升级等环节持续投入资金。同时，泄漏破坏了输水系统的物理密封状态，一旦管道内部压力下降或出现停水情况，外部土壤中的污染物、微生物等可能渗入管内。在特定水力波动条件下，甚至会产生负压射吸效应，将周边地下水或污水吸入管道，从而对

饮用水水质安全构成潜在威胁，并进一步增加水质处理的复杂性与成本。

（二）诱发次生工程灾害与资源压力

管道泄漏不仅造成水资源直接流失，更会引发一系列连锁性工程问题。持续渗漏会冲刷并带走管道周围的回填土，导致土壤结构被掏空，在地下形成潜蚀空洞。随着水土流失的持续，空洞规模不断扩大，最终将引起上部道路或地表突发性塌陷，严重威胁车辆通行与行人安全，甚至可能造成重大生命财产损失。此外，泄漏会加剧区域性的缺水困境。无论是由于水源匮乏、基础设施不足还是水质污染导致的缺水类型，管道泄漏都意味着本可

有效利用的水资源被浪费，从而进一步放大供需矛盾，使缺水形势更为严峻。从系统运行角度看，泄漏点等同于管网中的一个非法泄压点，会直接导致系统压力异常下降。为了保证末端供水压力，企业必须额外提升泵站能耗，并频繁调整管网阀门与泵组运行策略，这无疑大大增加了系统调度管理的复杂性与日常工作量^[1]。

（三）系统运行负担与资源投入失衡

管道泄漏导致供水系统有效利用率下降，为维持用户端正常水压，企业不得不提升输配水泵站的运行负荷，从而显著增加电能消耗，造成能源的额外支出。同时，由于部分供水能力在输送途中因漏损而流失，系统整体产能利用率降低。随着城市用水需求的持续增长，供水企业往往被迫提前扩建产能设施，导致系统设计产能长期高于实际所需，造成投资冗余和资源浪费。此外，持续泄漏会使周边地下水位升高，不仅增加工程施工中的降排水难度与成本，在寒冷地区还会因冬季水分冻结引发地面冻胀，破坏路面铺装结构，影响市容整洁与交通安全^[2]。为控制漏损，供水企业需持续投入资金用于管网更新与监测技术升级，但在实际运营中，控漏投入与效益回报之间常难以建立合理平衡。长期来看，由漏损带来的运营成本上升、资源浪费及额外投资压力，最终可能传导至终端水价，对供水定价机制形成潜在影响。

二、自来水给水管道漏水原因分析

（一）环境与材料作用引发的管道失效

在我国城镇供水系统中，铸铁管材曾长期作为主要输水材料被广泛铺设。这类管材受材料特性影响，对温度变化较为敏感，尤其在春秋季气温波动显著时，因热胀冷缩效应导致管道应力集中，容易发生爆管事故。一旦出现爆管，往往会造成管体破裂或接口脱开，引发更大范围的供水失效。除气温变化外，管道所处的外部土壤环境也会对其耐久性产生影响。土壤中所含水分、化学物质等在温度作用下可能加速对铸铁管的腐蚀进程，削弱管体结构强度。同时，若管道敷设区域出现地质不均匀沉降，会使管段受力失衡，局部薄弱环节在反复外力或周期性温度应力下，接口易发生挠曲、错动甚至松脱^[3]。此外，当管道周边存在坚硬异物挤压，或在严寒条件下周围土体冻胀时，也会对管壁形成额外荷载。这些自然条件变化与外部介质影响共同作用，持续加剧管道结构的损伤风险，成为系统安全运行的潜在威胁。

（二）管材性能与施工管控的影响

在供水管网中，管材自身质量是决定其服役年限的关键因素之一。以过去广泛使用的铁质管道为例，不同批次或不同厂家生产的产品在性能上可能存在显著差异，这种不均匀的材料质量会直接影响管道的耐久性与可靠性。具体而言，管体的刚性决定了其抵抗外部荷载的能力，延展性影响在受力变形时的缓冲性能，而管壁厚度则关系到长期抗腐蚀及耐磨损的强度。在实际工程应用中，许多管道破损问题可追溯至建设阶段的管控不足。例如，部分施工单位在材料进场时未严格执行质量检验标准，导致存在缺陷的管材被投入使用。此外，若施工过程中缺乏统一的工艺规

范与技术指引，如接口处理不当、回填压实不足或防腐措施不到位，都会对管道整体结构完整性造成损害，为后期运行埋下安全隐患。

（三）施工工艺与过程管控的潜在影响

供水管道的安装过程涵盖运输、沟槽开挖、管道铺设及回填等多个环节。在这些工序推进期间，管体与吊装设备、坚硬石块或槽壁之间难免发生碰撞或摩擦，极易损伤管道外壁的防腐涂层或保护结构。这种施工阶段形成的表面缺陷，将显著降低管道在长期运行中的抗腐蚀能力，进而埋下破损与泄漏的隐患。此外，施工过程中的清洁作业质量同样至关重要。若在管道安装前未对其内部进行彻底清理，残留的泥沙、油污或杂物会在通水后持续影响水质，并加剧内壁磨损与结垢。同样，管道基础的施工若未按规范进行——例如基底不平整、承载力不足或未设置有效垫层——将导致管道在回填及使用阶段产生不均匀沉降或应力集中，从而影响管网的长期稳定运行，缩短系统使用寿命^[4]。

（四）运维管理与外部操作的影响

供水管网在长期运行过程中，需要实施系统化的维护与定期检测。如果缺乏及时的养护措施，管道内壁易出现腐蚀或结垢现象，结构强度将逐渐下降，从而显著缩短其服务年限。然而，维护工作也需遵循科学规划，若检修或更换过于频繁，不仅会干扰正常供水，反复启闭与拆卸还可能对管体及接口造成机械疲劳，反而削弱其整体密封性与耐久性。此外，管道在运输、装卸及现场搬运过程中如遭受强烈碰撞或挤压，其表面防护层可能受损，局部应力集中也会导致微观裂纹的产生。这些初期未被察觉的损伤，会在管道投入运行后逐步扩展，在压力波动与地基变形的共同作用下，进一步提高漏水的风险概率。因此，无论是运维策略的失当，还是施工运输阶段的人为操作不当，均会从不同层面影响管道系统的完整性与可靠性，须加以系统规范和全过程控制。

三、自来水给水管道漏水防治技术

（一）管道投运前的系统验证

管道预调试是确保新建或改造后的管道及其附属系统在正式投入使用前具备安全输送介质并保持结构完整性的关键流程。该环节通常在管道建设完工后、正式投入运行前实施，涵盖一系列系统性的检验与准备程序。当管道完成预调试并开始输送预定介质时，这一阶段则被称为管道调试或系统启动。预调试工作的主要内容包括：首先进行管道冲洗、消毒，通常采用清洁水高速冲刷管道，流速 $\geq 1.0\text{m/s}$ ，直至出水浊度、透明度与进水一致，有效清除施工过程中残留的泥沙或其他可能引发堵塞或腐蚀的杂质，消毒首选含氯消毒溶液，确保管道内游离氯浓度 $\geq 20\text{mg/l}$ ，浸泡 ≥ 24 小时，消毒后再用清洁水再次冲洗，直至出水氯味消失，余氯 $\leq 0.8\text{mg/l}$ ，经检测合格后方可通水；其次实施管道测量，通过内径检测与轮廓分析验证管道的尺寸精度与形状规整度，确保其符合设计输送能力与流体性能要求；最后开展管道充填，对于中小口径或特定结构管道，一般采用水作为介质进行通水试验，以模拟实际运行状态并检验系统密封性。此外，完整的预调试流

程还涉及外观与连接检查、压力试验以验证承压性能，系统试运行以确认分段控制能力，水质检测等系列验证项目，全面评估管道的可靠性与安全性。

（二）管道泄漏监测与识别方法

管道泄漏监测技术旨在识别和定位输送液体介质的管道系统中发生的非正常泄漏。常用的检测手段包括施工完成后的水压密封试验，以及在管道运行维护阶段采用的红外热成像、激光扫描等无损探测方法。作为长距离输送关键基础设施，管道系统必须持续满足严格的安全可靠性与运行效率标准。在规范维护条件下，管道可长期保持密封状态，而实际运行中最严重的泄漏多源于第三方施工活动导致的机械损坏。若管道缺乏定期维护，管体易发生腐蚀，尤其在接口连接处、易积水部位或存在原始缺陷的管段，此类隐患可通过内检测器等诊断工具提前识别并在泄漏发生前予以修复。其他泄漏诱因还包括地质灾害、交通载荷或人为破坏等外部因素。泄漏检测系统（LDS）的核心功能在于协助运营人员及时发现泄漏并精确定位，系统通过实时报警与数据集成辅助决策分析，有助于缩短事故响应时间、提升系统可用性与运行可靠性。

（三）防漏技术研发与创新体系建设

为系统提升供水管网防漏水平，建议设立专注于管道防漏技术研究的专职部门，持续推进检漏设备创新与防漏工艺研发。当前城市环境中的背景噪声干扰、密集交通振动及地下管网错综复杂等现实条件，使传统声学检漏方法在实际应用中面临巨大挑战。因此，亟需研发适应复杂工况的新型检漏技术，这类技术应具备抗干扰能力强、操作便捷的特点，能够有效提升现场检漏作业的精准度与效率。同时，可考虑创建集技术培训与科研开发为一体的综合中心，系统规划并推进管网监测体系的完善和水厂处理工艺的整体升级。该中心应致力于开展贴合实际需求的技术攻关，重点研发能够快速响应现场条件变化、及时解决一线问题的实用型技术与方法，形成从技术研发到现场应用的完整创新链条，为管网安全运行提供持续技术支持^[5]。

（四）管道更新与系统性优化策略

实施老旧管道的系统性更换工程，是控制供水管网泄漏风险的关键措施。通过将供水区域合理划分为更小的独立计量区块，

可有效提高管网压力调控精度与运行管理效率。在突发泄漏事件中，这种分区管理模式能够将水压波动和停水影响控制在有限范围内，显著缩小受影响用户范围，提升应急响应能力。在管材技术方面，持续推进新型材料的研发与应用，包括采用 PE-RT 管（耐热聚乙烯管）、HDPE 管（高密度聚乙烯管）、耐用性极强的不锈钢管等，并结合水质稳定性调控（如优化朗格利尔指数），可有效抑制管道内壁腐蚀与结垢现象，延长管网使用寿命。对于接入用户的供水支管，应优化敷设路径，减少不必要的延伸长度，从而提高系统有效供水效率。同时，针对不同金属材料间的电化学腐蚀问题，在市政道路下方等关键区段，可采用绝缘联接件或不锈钢管材逐步替代传统金属管道，从结构设计与材料选择层面提升管网的长期耐久性。

（五）构建系统性渗漏防控机制

地下供水管网渗漏检测应纳入常态化、计划性的运维管理体系，并需预先构建科学完善的工作机制，以切实降低管网漏损率。考虑到泄漏调查通常需要投入大量时间与资金，在制定防控策略时必须充分权衡成本与效益，确保技术经济可行性。为提升防控工作的精准性，应对历年泄漏记录开展长期趋势分析，识别高频泄漏区段与关键诱因，从而有针对性地安排巡检与维护重点。此类分析需依托专业的分析理论与评估方法，建议供水主管部门与科研机构、专业技术公司建立合作机制，共同研发适应本地管网特征的高效防漏技术与管理模式，形成数据驱动、科学决策的渗漏防控体系。

四、结束语

自来水给水管道路漏水防治是一项涉及多环节的系统工程，需从技术与管理层面协同推进。通过构建覆盖管道规划设计、建设验收、运行监测及维护更新全生命周期的防控体系，结合新型材料应用、智能监测技术开发和科学管理机制建设，可显著提升管网运行的可靠性与经济性。未来应持续加强跨领域合作，推动数据驱动决策与创新技术集成应用，最终实现供水系统安全、高效、可持续的运行目标。

参考文献

- [1] 矫立磊. 自来水给水管道路漏水防治措施探究 [J]. 魅力中国, 2020(11): 293-294.
- [2] 陈健. 自来水给水管道路漏水防治措施探究 [J]. 装饰装修天地, 2019(16): 254.
- [3] 张文海. 自来水给水管道路漏水防治措施探究 [J]. 百科论坛电子杂志, 2021(19): 1801.
- [4] 张振楠. 市政给水管道路工程施工质量控制及管理措施研究 [J]. 数码 - 移动生活, 2020(12): 254.
- [5] 胡荣国. 自来水给水管道路漏水防治措施探究 [J]. 建筑工程技术与设计, 2020(12): 2932.