

长距离输水管道漏水原因及控制策略

郝艺瑄

河北供水有限责任公司

摘要：在全球范围内，随着城市化进程的加速和水资源需求的不断增长，输水管道的安全稳定运行对于社会经济、环境保护以及公共服务的可持续性具有至关重要的意义。然而，管道漏水问题引起的水资源浪费、社会经济损失以及环境破坏等方面的影响日益显著，因此，长距离输水管道的漏水问题是当前水资源管理与可持续发展领域亟待解决的挑战之一。本文通过对长距离输水管道漏水问题的深入研究，探讨了漏水的根本原因，在此基础上，提出了一系列科学合理的漏水控制策略，以为长距离输水管道系统的可持续发展提供有效的技术支持。

关键词：长距离输水管道；漏水原因；控制

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.09.077

引言：长距离输水管道是一种用于将水资源从水源地区域输送至远离水源地区的管道系统，这种管道系统通常用于满足城市、农业、工业等地区的用水需求。长距离输水管道的设计与建设需要考虑众多因素，漏水是长距离输水管道面临的一个常见问题。管道漏水不仅导致水资源的浪费，还可能引发经济损失、环境问题以及社会安全隐患^[1]。因此，漏水的控制与解决对于保障管道系统的可持续运行和水资源的有效利用至关重要。

一、解决长距离输水管道漏水问题的必要性

解决长距离输水管道漏水问题的必要性是基于对水资源有效利用、社会经济稳定以及环境保护的迫切需求。水是人类社会生存和发展的基本需求，长距离输水管道作为水资源的主要输送通道，其漏水问题直接影响着水资源的有效利用。漏水导致的水损失不仅会影响水资源的供需平衡，还可能对水质产生不良影响，因而解决管道漏水问题对于确保水资源的可持续利用至关重要。而且，长距离输水管道漏水问题涉及社会经济的稳定。水资源在农业、工业、生活等多个领域都是必不可少的要素，而漏水引起的资源浪费和水供中断可能对这些领域产生重大的经济影响^[2]。有效解决漏水问题可以提高水资源的利用效率，减少水资源浪费，有助于保障社会经济的可持续发展。此外，环境保护是解决长距离输水管道漏水问题的重要方面。漏水引发的水土流失、土壤污染等环境问题可能对生态系统产生负面影响。通过减少漏水，可以降低对周边环境的破坏，保护生态系

统的稳定性，符合可持续发展的理念。最后，解决长距离输水管道漏水问题还涉及社会公共安全的考量。管道漏水可能引发地面塌陷、交通中断等安全隐患，影响居民生活和城市运行。通过加强漏水问题的解决，可以提高城市基础设施的安全性，确保公众的安全和生活质量。

二、长距离输水管道漏水原因

（一）管道老化与腐蚀

管道老化与腐蚀作为长距离输水管道漏水的重要原因，涉及材料科学、化学工程等多个领域，对管道系统的结构完整性和稳定性具有显著的影响。管道老化是指管道在长期运行过程中受到环境、介质等多方面因素的影响，导致材料性能逐渐减弱和管道结构的退化。这一过程主要受到介质的腐蚀、热胀冷缩、物理磨损等因素的综合作用，使得管道材料的力学性能、化学稳定性逐渐下降，从而增加了漏水的风险。腐蚀是管道老化的主要机制之一，是一种电化学反应过程，涉及金属材料与介质之间的化学反应。环境中的水、氧气、盐分等物质会与管道材料发生腐蚀反应，导致管道金属表面产生氧化物，形成腐蚀产物^[3]。这不仅导致管道壁厚减小，还可能形成微小的孔隙或裂纹，最终引起漏水问题。腐蚀的速率受到介质成分、温度、流速等多种因素的影响，因此对于管道系统的腐蚀管理显得尤为重要。此外，管道老化与腐蚀还与管道所使用的材料密切相关。不同的材料在不同的环境下表现出不同的老化和腐蚀特性。常见的管道材料如钢铁、铜、塑料等都存在一定的老化和腐蚀问题，因此在管道设计和选材阶段需要充分考虑介质性质、环境条件等因素，选择适宜的材料以降低漏水风险。

（二）施工缺陷与不合理的材料选择

首先，施工缺陷涉及管道系统在建设和安装过程中的不当操作和管理，可能导致管道结构的不稳定和漏水问题的发生。施工阶段的管道连接、焊接、密封等操作不当可能导致管道连接部位的脆弱点，成为漏水的隐患。不合格的焊接、接头处理、密封垫片等施工缺陷可能在管道运行过程中逐渐显露出漏水问题。

其次，不合理的材料选择直接影响到管道系统的整体性能和稳定性。在管道工程中，选用不符合工程需求或环境条件的材料可能引发漏水隐患。例如，选择抗腐

蚀性能不佳的材料，可能在介质的腐蚀作用下导致管道结构的破损和漏水。材料的力学性能、耐压性、耐热性等方面的不合理选择都可能成为漏水问题的根本原因^[4]。此外，施工缺陷和不合理的材料选择还涉及工程管理和质量监控的层面。不严格的施工管理可能导致工程过程中的材料缺陷、连接不牢固、管道结构偏差等问题，从而增加了漏水的潜在风险。合格的施工计划和质量管理监控体系对于降低施工缺陷和材料选择不合理的风险至关重要。

（三）地质条件与外部力的影响

地质条件对于管道系统的稳定性和完整性具有直接的影响。在复杂的地质环境中，地下水位、土壤类型、地质构造等因素可能导致管道系统受到外部环境的影响，从而引发地质灾害和管道结构的损害。例如，地下水位上升可能导致管道腐蚀加剧，土壤运动可能引起管道变形，增加漏水风险。外部力的作用是管道结构稳定性的另一方面重要因素。外部力包括地震、地表荷载、施工振动等多种形式，这些力的作用可能对管道系统产生冲击和压力，导致管道结构的变形和破坏。地震特别是可能引起管道的震动、位移，从而增加管道系统的漏水风险。合理预测和防范外部力的影响对于管道系统的长期稳定运行至关重要。同时，地质条件和外部力的影响需要在管道设计和建设阶段充分考虑。对于地质条件，应进行详细的地质勘测和分析，制定合理的管道布局和埋设深度，以减小地质因素对管道的不利影响。对于外部力的影响，应在设计中采取相应的结构加固措施，以提高管道系统的抗外部力能力。

（四）运行维护不善

不善的运行维护可能导致管道系统内部各组成部分的逐渐磨损和老化，从而增加了漏水的潜在风险。定期的巡检、清洗、润滑等维护工作未能得到充分执行，使得管道系统内的问题得不到及时发现和处理，可能导致管道的结构疲劳、密封性能下降等问题，最终影响系统的漏水抗性。运行维护不善还可能导致管道系统的运行参数偏离设计要求，从而增加了漏水的风险。例如，过高或过低的运行水压、流速异常等运行参数偏差，可能使管道系统承受超负荷运行，加速管道结构疲劳，进而引发漏水问题。不善的运行维护管理也可能导致管道系统的管壁腐蚀速度增加，降低了管道的抗腐蚀性能，使漏水风险进一步升高。而且，不善的运行维护也可能导致管道系统的安全隐患长时间得不到有效的解决。例如，管道系统中的泄漏点、损伤处未能及时修复，可能在长时间内逐渐扩大，最终演变成严重的漏水事故。未能建立科学规范的运行维护计划和应急预案，使得管道

系统在面对紧急情况时无法迅速、有效地应对，从而增加了漏水风险的不确定性。

三、长距离输水管道漏水控制策略

（一）科学控制运行的水压

长距离输水管道漏水是一个严峻的工程管理问题，而科学控制运行的水压作为漏水控制的关键策略之一，在管道系统的设计和运维中占据着至关重要的地位。水压作为输水管道内液体流动的力学参数，其大小直接影响管道结构的稳定性和材料的耐久性。通过科学合理地控制运行的水压，可以有效减缓管道的老化过程，降低由于过高水压引起的材料疲劳破坏风险，从而延长管道的使用寿命。科学控制运行的水压对于漏水问题的预防具有显著的意义。在管道系统运行中，过高或不稳定的水压可能导致管道的渗漏和漏损，增加了系统的维护成本和资源浪费。通过精确监测和调整水压，可以有效减小管道系统的漏水风险，提高系统的整体可靠性^[5]。及时检测水压异常并采取相应措施，有助于防范潜在的漏水问题，确保输水系统的平稳运行。此外，科学控制运行的水压对于提高输水系统的能效性也具有重要作用。通过合理调整水压，可以减小管道系统的流阻，提高水泵和阀门等设备的运行效率，降低系统的能耗。这种优化水压的控制策略既有助于减小输水系统的运行成本，又符合可持续发展的理念，使管道系统在经济性和环保性方面取得良好的平衡。

（二）加大巡线工程管理的力度

巡线工程管理通过实施系统化、规范化的巡检工作，可以全面了解管道系统的运行状况，及时发现潜在的漏水隐患。通过采用先进的巡线技术和设备，如无人机、传感器等，能够实现对于输水管道全程的高效监测，提高漏水问题的检测准确性和及时性。加大巡线工程管理的力度有助于及早发现和处理管道系统的异常情况，从而降低漏水风险。通过定期巡检，可以对管道系统进行全面的评估，包括管道表面的腐蚀、泄漏点的渗漏情况等，为漏水问题的预防提供了重要的技术支持。及时修复潜在问题，可有效减少管道的漏损，提高输水系统的整体可靠性。此外，巡线工程管理的强化还有助于建立健全的管道维护档案和数据管理系统。通过记录巡线过程中获取的数据，包括管道的实际运行参数、巡检记录、修复情况等，可以形成完整的管道维护档案^[6]。这有助于分析管道的运行特点，制定更加科学合理的维护计划，提高管道系统的运行效率和可维护性。

（三）强化工程运行管理

工程运行管理的强化涉及全面、系统的管道运行监控。通过引入先进的监测技术和自动化系统，可以对输

水管道的运行状态进行实时监测和评估。这种实时监测不仅有助于及时发现潜在的漏水问题，还能提供数据支持，用于管道系统的维护决策。强化工程运行管理还包括对运行参数的科学调控。通过合理设置输水管道的运行参数，如流速、流量、温度等，可以降低管道的运行风险，减少漏水的可能性。通过实施精密的运行管理，可以最大限度地保障管道系统的安全稳定运行，提高系统的整体可靠性。此外，工程运行管理的强化还需要建立完善的维护计划和应急预案。通过科学合理地规划和实施维护计划，可以对输水管道进行定期检修和维护，及时发现和修复潜在问题，降低漏水风险。同时，建立健全的应急预案，可以在漏水事故发生时迅速响应，最大限度地减少漏水对管道系统和周边环境的损害。

（四）做好施工管理和设计工作

施工管理在管道系统建设初期起着关键的作用。通过规范的施工管理，可以保障输水管道的质量，减少施工过程中可能引起的结构问题和缺陷，从而有效降低漏水的潜在风险。合理的施工计划和精细的工程管理有助于确保管道系统在投入使用后能够长期保持结构的完整性。设计工作直接决定了管道系统的可靠性和抗漏水能力。科学合理的设计方案应考虑到输水环境、管道材料特性、地质条件等多方面因素，以最大程度降低漏水风险。合理的管道布局、结构设计和防护措施是确保管道系统长期运行的基础。通过充分的前期设计工作，可以在源头上避免漏水问题的发生，确保管道系统的健康运行。此外，施工管理和设计工作还需要注重材料的选择和使用。选用高质量、耐腐蚀、耐压的管道材料，并确保其符合相关标准和规范，有助于提高管道的抗漏水性能。在施工过程中，精密的工艺控制和严格的质量检验也是确保管道系统长期稳定运行的重要保障。

（五）定期检测与维护

定期检测是通过系统化的监测手段对输水管道进行全面、定期的检查。这包括使用先进的检测设备如无损检测技术、声波检测等，以发现管道系统内潜在的腐蚀、裂纹、磨损等问题。通过科学规范的检测流程，可以及时捕捉漏水风险的迹象，有助于制定精准的维护计划。同时，定期维护是在检测的基础上，采取有针对性的措施进行修复和加固。一旦发现漏水隐患或管道结构存在问题，及时进行维护工作是防范漏水的有效手段。合理的维护计划包括对管道表面的腐蚀处理、补漏修补、防腐涂层的更新等，有助于提高管道的整体抗腐蚀和抗漏水能力，确保系统长期的安全运行。此外，定期检测与维护的实施需要建立健全的管理机制，确保全过程的可追溯性和系统性。具体而言，应建立清晰的检测

标准和维护流程，并配备专业的检测人员和维护团队。定期进行培训以提高人员的专业素养，确保检测和维护工作的质量和效率。

（六）新材料与技术的应用

新材料的广泛运用为漏水控制提供了重要的技术支持。高强度、耐腐蚀、耐压的新型管道材料，如玻璃纤维增强塑料、高密度聚乙烯等，具有卓越的物理和化学性能，能够有效降低管道的老化速度，提高抗漏水的能力。其次，新技术的引入在漏水控制方面发挥了创新的作用。例如，智能监测系统、远程传感器技术等先进的监测装置，可以实时监控管道系统的运行状态，发现潜在问题，并迅速作出响应。先进的修复技术，如激光焊接、光纤传感器修复等，为管道系统的快速修复提供了高效的手段，减小了漏水事故对系统的影响。另外，新材料与技术的应用需要全面考虑工程实际情况，确保其在特定环境和条件下的可靠性和可行性。工程设计时应充分考虑管道所处环境的特殊性，选择适应环境变化的新材料，并结合实际情况合理应用新技术。同时，对新材料和技术进行全面的评估，包括其成本、可维护性和环境适应性等方面的综合性考量。

四、结语

综上所述，在解决长距离输水管道漏水问题的探讨中，深刻认识到这一挑战对水资源管理、社会经济与环境的影响。管道漏水不仅仅是技术层面的问题，更是关系到城市发展、生态平衡与公共安全的综合性议题。通过对漏水原因的剖析和漏水控制策略的提出，期望能够为长距离输水管道的可持续管理提供有效的方案。通过持续努力，创造更加可持续、健康、繁荣的社会环境，确保水资源得到更有效地利用，为社会提供可靠的水资源支持。

参考文献

- [1]王金陆. PCCP管长距离输水管线漏水处理预案[J]. 东北水利水电, 2014, 32(05): 25-27.
- [2]叶永, 谢作为, 罗威. 农村长距离输水管道设计[J]. 中国高新科技, 2017, 1(04): 22-24.
- [3]李常虹, 徐世斌, 姚宇新. 沈阳市输配水管道漏水事故分析及对策研究[J]. 供水技术, 2015, 9(02): 32-36.
- [4]陈雪峰. 长距离倒虹吸重力输水管线过流能力影响因素[J]. 山西建筑, 2012, 38(05): 134-135.
- [5]张洪刚. 长距离输水管道漏水原因及控制策略[J]. 科技风, 2018, (23): 229.
- [6]陈友霖. 山区长距离输水管道设计和施工方案[J]. 低碳世界, 2021, 11(07): 85-86.