

水利工程中的管道防腐技术及耐久性提升策略

● 徐亚赛



[摘要] 随着水利工程建设的不断发展,管道防腐技术越来越受到人们的关注。采用有效的防腐技术,提升管道耐久性,对于延长水利管道使用寿命、降低管道维修成本、提高工程运行效率具有重要意义。本文对当前的管道防腐技术进行了分析,探讨了不同防腐技术在水利工程中的应用效果与实际表现。此外,本文对管道耐久性影响因素及其提升策略也进行了详细讨论,以为水利工程管道的长期稳定运行提供技术支持。

[关键词] 管道防腐;耐久性;涂层防腐;电化学防腐;水利工程

管道作为水利工程的核心设施之一,承担着输水、排水等重要功能。然而,长时间的使用和复杂的环境条件常导致管道出现腐蚀、老化等问题,不仅影响了工程安全,也增加了维护成本。如何有效延长管道的使用寿命、提高其耐久性,成为行业亟待解决的技术难题。近年来,管道防腐技术不断创新,新的防腐材料和技术的应用使管道维护与管理进入了全新阶段。探索这些先进的技术并研究其在水利工程中的应用,将为未来管道管理提供重要参考。

Q 水利工程管道腐蚀现象与影响因素分析

水利工程中的管道常常暴露在复杂的环境条件下,长期受到水流、土壤及外部因素的影响,易受到腐蚀。腐蚀不仅降低了管道的使用寿命,还可能引发水质污染、管道泄漏等安全隐患,给水利工程的安全运行带来严重威胁。因此,研究管道腐蚀现象及其影响因素,采取有效的防护措施尤为重要。腐蚀现象通常表现为管道表面形成锈蚀层、裂纹、孔洞等,严重时甚至会导致管道结构性破坏。这一过程会受到管道材料、介质类型、环境湿度、温度变化等多重因素的综合影响,在不同的水利工程环境中呈现出不同特征。

管道腐蚀的形成与多种外部因素密切相关。首先,水的成分对管道腐蚀起着决定性作用。水中的溶解氧、氯化物、硫酸盐等物质会使管道金属表面形成腐蚀性环境,尤其是含有氯离子的水质,更易引发局部管道腐蚀现象,形成“点蚀”或“缝隙腐蚀”。其次,管道所处的土壤环境同样对腐蚀产生重要影响。土壤中的氧气浓度、湿度、酸碱度等因素都会影响腐蚀过程。特别是地下管道,由于水流、土壤酸碱性以及微生物的差异,其腐蚀速度较地面管道更为

快速。最后,管道外部环境的温度变化也会引发金属材料的膨胀和收缩,导致管道表面产生裂缝,形成腐蚀源。极端天气、季节变化、频繁的温差变化都可能加速管道腐蚀。

除了环境,管道材质本身的特性也是腐蚀的关键因素。不同材质的管道具有不同的耐腐蚀性能,相较于新型复合材料和塑料管道,钢管、铸铁管等传统材料的抗腐蚀能力较弱。钢管在长期使用过程中,表面易受到氧化反应的腐蚀,产生锈蚀层,随着时间的推移,腐蚀层会逐渐加厚,最终导致管道破裂或渗漏。而铸铁管由于脆性较大,容易在腐蚀过程中产生裂缝,破坏结构完整性。相对而言,PVC、PE等塑料管道由于化学稳定性较好,抗腐蚀能力强,逐渐成为水利工程中管道材料的重要选择。随着技术进步,新型材料的应用为管道防腐提供了更多可能,但在实际应用中,管道材料的选择仍需考虑不同的环境条件,以确保水利工程的长期稳定运行。

Q 常见管道防腐技术及其应用效果

在水利工程中,应用管道防腐技术是确保管道长期稳定运行的重要手段。随着人们对腐蚀问题认识的不断深入,越来越多的防腐技术得到了广泛应用。这些技术不仅能有效延长管道的使用寿命,还能提高水利工程的整体效益。目前,常见的管道防腐技术主要包括涂层防腐、电化学防腐和牺牲阳极防腐,每种技术根据管道使用环境、腐蚀形式及管道材质的不同,具有不同的效果和适用范围。

涂层防腐是目前应用最广泛的一种防腐技术。其基本原理是通过在管道表面涂覆一层防腐涂料,形成一道保护屏障,阻止水流或土壤中的腐蚀介质与管道表面直接接触。涂层材料的种类繁多,如环氧树脂涂料、聚氨酯涂料、氯化

橡胶涂料等。这些涂层材料具有优异的抗水、抗化学腐蚀性能，能够有效防止管道表面受损。然而，涂层防腐也存在一定局限性，主要表现为涂层可能因外力作用、环境变化等因素出现开裂或脱落，导致防腐效果下降。涂层防腐技术具有高效性、经济性，且易实施，其局限性在于需确保涂层完整性，定期进行检查与维护。

电化学防腐技术是通过电化学反应原理，在管道表面产生电流，改变电位，从而抑制腐蚀反应。这种方法通常通过外加电流或电位控制使管道表面达到保护电位，减少腐蚀，适用于受水流、溶解氧或电解质影响较大的环境，如埋地管道或深水管道。与传统涂层防腐相比，电化学防腐能提供更强的保护，适应各种复杂的环境。其能够自我调节，防腐效果显著，缺点是成本较高且需要持续供电，维护复杂。因此，其应用时需综合考虑经济性和管道环境特点。

另一种常见的防腐技术是牺牲阳极保护法，它是一种基于电化学原理的防腐方法。其通过将比管道更容易腐蚀的金属(通常是锌、镁或铝)作为阳极与管道连接，成为腐蚀的“牺牲品”，保护管道不受腐蚀。这种防腐方法适用于埋地管道和 underwater 管道，尤其是在环境腐蚀严重的地区。牺牲阳极防腐的优点是施工简单、维护方便，且可以在长时间内达到稳定的防腐效果。缺点在于牺牲阳极需要定期更换，尤其是在环境腐蚀较为严重的情况下，阳极消耗较快，会增加维护成本。尽管如此，这项技术依然被广泛应用于各种水利工程，尤其是在特殊腐蚀环境下，它能够长期为管道提供保护。

Q 电化学防腐技术在水利管道中的应用

电化学防腐技术作为一种先进的防腐技术，已经在水利管道中得到了广泛应用。在水利工程中，电化学防腐的常见应用方式包括外加电流保护法和电位控制法。外加电流保护法通过在管道上设置产生一定电流的外加电源，使管道表面形成负电位，减少管道与腐蚀性介质之间的电化学反应。这种方法通常应用于长距离的埋地管道、地下管道及一些水下管道。与传统的防腐方法相比，外加电流保护具有显著的优势，它不仅能提高管道的防腐效果，还能在长期使用中维持稳定的防腐性能。电位控制法则通过监测管道表面的电位，调整电流输出，确保管道表面始终处于最佳的保护电位，减少腐蚀的发生。这种方法更适用于环境条件较为复杂、腐蚀介质较强的水利管道。

尽管电化学防腐技术在水利管道中的应用效果显著，但在实际使用过程中仍然存在一定的挑战。首先，电化学防腐技术的实施成本较高，尤其是在大规模应用时，电源设备的安装和维护需要投入较多的资金。其次，电化学防腐

依赖外加电流，因此，其对于电源的稳定性和管道表面的电位监控要求较高，需要定期检查和维修，以确保防腐效果的稳定性。最后，电化学防腐系统的能耗较大，在某些情况下可能产生能源消耗问题，因此，其在应用时需要综合考虑成本效益和环境因素。

随着技术的不断进步，电化学防腐系统逐渐向智能化、自动化方向发展。例如，引入智能监控系统可以实现实时监测管道电位变化，自动调整电流输出，减少人工干预，提高维护效率。未来，随着新型电化学材料的研发和电源设备的优化，电化学防腐技术成本有望进一步降低，应用范围也将更加广泛，为水利管道的长效防护提供更强有力的技术保障。

Q 管道耐久性提升策略及其实施效果

在水利工程中，管道的耐久性直接关系到工程的安全性和经济效益。因此，提升管道的耐久性已成为管道管理的关键任务。要延长管道的使用寿命、减少维修成本、提高工程整体效能，必须从设计、材料选择、施工和维护等多个方面采取有效的提升策略。

首先，选择耐腐蚀性强的管道材料是提升管道耐久性的重要措施。例如，采用复合材料管道、聚乙烯(PE)、聚氯乙烯(PVC)等非金属管材，其耐腐蚀、抗老化的特性可使管道在长期运行中更好地抵御外界环境对管道的腐蚀。

此外，在一些特定环境下，使用内衬聚氯乙烯、环氧树脂等防腐涂层管道，也能有效提高管道耐久性。

其次，科学的施工工艺和合理的设计方案也是确保管道耐久性的关键要素。管道的铺设过程应严格遵循施工标准，避免因施工质量问题导致管道早期损坏。例如，管道接头的密封性、管道的支撑和固定设计等，都会影响管道的稳定性和耐久性。在设计阶段，相关人员要考虑到管道所处的环境条件，如土壤湿度、温度变化、水流速度等，选用合适的管道类型和防腐技术，确保管道能够应对不同环境的腐蚀压力。在一些特殊情况下，通过对管道进行预应力处理或采用抗震设计，可以进一步提高管道的抗压和抗震能力，提升其在极端条件下的耐久性。

最后，管道的定期检查和维修是保证其长期耐久性的必要措施。虽然使用涂层防腐或电化学防腐等技术可以为管道提供一定的保护，但随着时间的推移，防腐层可能会受到磨损或发生剥落，管道的腐蚀问题仍然可能发生。因此，对管道进行定期检查和及时维护不可或缺。现代化的检测技术，如管道内窥镜检测、超声波检测和电磁检测等，可以对管道的腐蚀状况进行实时监测，以便及时发现问题并进行修复。同时，先进的智能监控系统可以对管道的运行状态进行24小时在线监控，并自动分析管道是否存在腐蚀风

险，以便提前采取修复措施，减少突发故障和停工时间。科学的维护管理不仅可以有效延长管道的使用寿命，还能避免管道腐蚀导致的安全事故，提高工程的运行效率和经济效益。

Q 水利工程管道防腐与耐久性提升相关技术的未来发展趋势

随着水利工程对管道防腐与耐久性要求的不断提高，相关技术也在不断发展。未来，水利工程管道的防腐与耐久性技术将更加注重创新，逐步向高效、环保、低成本、智能化的方向发展。新型防腐材料的研发将成为提升管道防腐效果的重要措施。传统的金属管道防腐方法虽然有效，但随着环境变化和腐蚀介质的多样化，其将逐渐难以满足防腐需求。因此，复合材料、纳米涂层、高分子材料等新型防腐材料的应用将成为趋势。这些材料具有更强的抗腐蚀、抗老化、抗紫外线等性能，能够在更加恶劣的环境条件下提供长期保护。

智能监测和自动化技术的引入将进一步提升管道的防腐效果和耐久性。通过传感器和无线网络技术，可以实时监控管道的运行状态，掌握管道的腐蚀程度、温湿度、压力等关键数据。一旦检测到管道出现腐蚀或损坏的迹象，系统将自动报警并实施相应的修复措施。这种智能化的监控和修复方式可以减少人工干预，确保管道始终处于最佳运行状态。同时，智能系统还可以规划管道的维护周期，避免因维护延误造成的管道损坏，提升管道的使用寿命和整体效益。

未来，管道防腐技术的发展将更加注重绿色环保与可持续性。环境保护法规日益严格，而传统防腐技术中的某些材料和工艺可能带来一定的环境污染风险。因此，开发绿

色防腐技术将成为行业发展的方向，水基环保涂料、绿色防腐材料将在管道防腐中得到广泛应用。这些材料不仅能提供同等甚至更好的防腐效果，还能减少对环境的负面影响。随着科技的进步，水利工程管道防腐与耐久性提升技术将在智能化、绿色化和高效化的道路上取得新的突破，为水利设施长期稳定运行奠定良好基础。

Q 结束语

水利工程的管道防腐与耐久性提升相关技术在保障工程安全和延长管道使用寿命方面发挥着至关重要的作用。随着新材料的不断涌现和智能化技术的应用，未来的防腐技术将更加高效、环保、智能化。智能监测系统的引入将使管道的维护管理更加科学和精确，绿色防腐技术的推广也使行业朝着可持续发展方向迈进。面对日益复杂的工程需求，只有不断创新和完善防腐技术，才能确保水利工程管道在各种环境下的长期稳定运行，推动水利事业可持续发展。

Q 参考文献

- [1] 乔裕民, 侯仰增, 毕士君, 等. PCCP 管道外防腐涂料消耗量计算方法的探讨[J]. 水利规划与设计, 2013(04): 59-61, 77.
- [2] 徐世亮. 观音阁水库输水工程管道防腐设计[J]. 东北水利水电, 2020, 38(01): 15-17.
- [3] 麦永湛. 给排水管道防腐施工技术探究[J]. 中国设备工程, 2021(09): 199-201.
- [4] 焦文娟. 水利工程中大流量输水管道的防腐措施研究[J]. 地下水, 2021, 43(03): 265-266.

作者简介:

徐亚赛(1990—), 男, 汉族, 河北沧州人, 本科, 工程师, 河北华禹工程咨询有限公司, 研究方向: 水利水电工程。