

长输天然气管道阴极保护常见缺陷及对策研究

袁庭宇 (国家管网集团西气东输公司苏浙沪输气分公司, 江苏 南京 210000)

摘要: 针对长输天然气管道阴极保护问题, 本次研究首先对长输天然气管道阴极保护常见缺陷问题进行系统分析, 在此基础上, 开展长输天然气管道阴极保护缺陷解决对策研究, 为充分发挥阴极保护系统的作用奠定基础。研究表明: 阴极保护系统属于保障管道长期处于安全运行状态的重要设施, 但是在阴极保护系统运行的过程中, 出现缺陷问题的概率也相对较高, 长输天然气管道的阴极保护缺陷问题主要可以分为三种类型, 分别是直接影响类缺陷、间接影响类缺陷以及干扰类缺陷, 针对漏电缺陷、防腐覆盖层缺陷、阴极接地缺陷、恒电位仪缺陷、电缆缺陷、电流分布不均缺陷以及地下水变化问题等缺陷问题需要分别采取合理的解决措施, 确保阴极保护系统长期处于稳定可靠的运行状态。

关键词: 长输天然气管道; 阴极保护; 常见缺陷; 对策研究; 阴极接地

0 前言

随着全球能源需求的不断增长和环境保护意识的提高, 天然气作为一种清洁、高效的能源资源, 在能源领域的地位逐渐凸显。长输天然气管道作为天然气输送的主要通道之一, 承担着巨大的能源运输任务, 长输天然气管道在运行过程中面临着各种各样的环境和运行条件, 这些条件可能对其结构和性能造成不同程度的影响^[1]。长输天然气管道的阴极保护系统起着至关重要的作用, 它可以有效地延缓管道的金属腐蚀, 保障管道的安全运行。但是阴极保护系统在长期使用的过程中受到多种因素的联合影响, 出现缺陷问题的概率也相对较高, 本次研究主要是对常见缺陷问题及解决对策进行系统研究, 为保障阴极保护系统的安全运行奠定基础。

1 长输天然气管道阴极保护常见缺陷分析

1.1 直接影响类缺陷

长输天然气管道阴极保护系统是确保管道金属完整性的关键组成部分, 但在其运行和维护过程中, 常见的直接影响类缺陷可能会对管道的安全性和可靠性产生严重影响。阴极保护系统需要确保管道的整个表面都受到足够的电流覆盖, 以抑制金属腐蚀, 但是电流分布不均匀可能会导致一些区域受到过度保护, 而其他区域则未得到足够的保护, 这种不均匀分布可能会引发局部腐蚀和金属损失。阴极保护系统中的电极用于产生阴极保护电流, 但这些电极自身也会受到腐蚀, 电极腐蚀可能会导致电流输出降低, 从而减弱阴极保护效果。管道阴极保护系统通常需要使用电缆和连接件将电流引导到管道表面, 这些电缆和连接件可能会受到损坏、腐蚀或断裂, 从而导致电流中断或泄

漏^[2]。管道表面通常会涂覆一层保护性涂层来减轻金属腐蚀, 但这些涂层可能会在运行中受到损害, 例如, 由于地下运输中的机械磨损或外部腐蚀物的侵蚀, 涂层破损会降低阴极保护的效果, 因为阴极保护电流无法有效地达到管道表面。地下水位的季节性或永久性变化可能会对阴极保护系统产生不利影响, 地下水位上升可能导致管道表面的电解质环境变化, 降低阴极保护的效率。为了解决这些直接影响类缺陷, 需要进行系统的管道监测、维护和修复工作, 这涉及到定期检查电流分布、电极状态、电缆和连接件的健康状况, 以及管道表面涂层的完整性, 同时管道操作者还应采取适当的措施来适应地下水位的变化, 以确保阴极保护系统的稳定性和可靠性, 综合采取这些对策可以帮助降低直接影响类缺陷对长输天然气管道的风险^[3]。

1.2 间接影响类缺陷

长输天然气管道阴极保护系统在运行过程中也可能受到各种间接影响类缺陷的影响, 这些缺陷可能并不直接与阴极保护系统的组件相关, 但它们对管道的安全性和可靠性仍然具有重要影响。管道所埋深度的土壤电阻率可能会发生变化, 特别是在不同季节或地点, 这种变化可能会导致阴极保护系统中的电流分布不稳定, 从而降低管道的防腐蚀效果。管道所穿越的地质特征, 如岩层、湿地或盐度变化较大的地区, 可能会对管道周围的电解质环境产生影响, 这些环境变化可能会导致阴极保护系统的效率下降, 加速金属腐蚀。地震、地滑和地下水位变化等地质活动可能会导致管道的移位或损坏, 从而影响阴极保护系统的完整性和效能。为了应对这些间接影响类缺陷, 管道运营商需要采取一系列措施, 包括定期监测土壤电阻率、

识别、根据地质特征调整阴极保护系统参数、加强管道的地震和地质活动监测等^[4]。

1.3 干扰类缺陷

管道可能会受到邻近电流源的干扰，例如铁路、电力线路或其他管道，这些电流源可能会引入额外的电流到管道系统中，导致电流分布不均匀，从而减弱阴极保护效果。阴极保护系统中的电流有时可能会泄漏到地下结构物或周围环境中，特别是在电缆或电极连接出现问题时，这种泄漏可能会浪费能源和阴极保护剂，降低系统效率。当多个管道交叉时，它们的阴极保护系统可能会相互干扰，导致电流分布不均匀或互相削弱保护效果，这种干扰可能需要特殊的工程设计来解决^[5]。管道阴极保护系统的电缆可能会受到损伤或破坏，例如由于地下施工或机械损伤，这种损伤可能导致电流中断或泄漏。在管道附近存在外部结构物时，它们可能对阴极保护系统产生干扰，导致电流分布不均匀或电流泄漏。

2 长输天然气管道阴极保护常见缺陷解决对策研究

2.1 漏电缺陷

安装漏电检测系统可以帮助及早发现漏电问题，这些系统通常会监测阴极保护电流和电压的变化，并警报操作人员以指示潜在的漏电情况，定期检查漏电检测系统的数据可以帮助快速识别问题，进行电流路径分析是识别漏电位置的关键步骤，需要使用电流映射工具和技术，如电阻率测量或电势降压测量，以确定漏电发生的区域。漏电可能会导致电流泄漏到地下，因此地下检测是重要的，使用地下电阻率测量或其他地下检测技术，可以帮助定位地下漏电问题，一旦漏电位置确定，就需要采取措施修复漏电路径，这涉及更换受损的电缆、电极或连接件，修复损坏的涂层，或加强地下电线和管道之间的绝缘，在修复漏电路径之后，可能需要调整阴极保护系统的电流输出，以确保管道表面获得适当的保护，这通常需要重新评估系统参数并进行调整。

2.2 防腐覆盖层缺陷

长输天然气管道的阴极保护系统防腐覆盖层缺陷可能会导致金属管道的腐蚀和锈蚀，因此需要采取一系列解决措施来修复这些缺陷和防止未来的腐蚀。需要定期进行防腐覆盖层的检查，使用非破坏性检测方法，如超声波或 X 射线，来评估涂层的完整性，确定涂层缺陷的类型、位置和程度，以便制定合适的修复计划。对于小面积的涂层缺陷，可以采用修补涂料或

涂层修补技术进行修复，以防止进一步的腐蚀，对于大面积或严重的涂层缺陷，可能需要进行部分或完全的涂层剥离和重新涂覆。在重新涂覆前，需要进行适当的表面准备工作，包括清洁、去除腐蚀、锈斑和旧涂层，以确保新涂层能够牢固附着在管道表面上，选择高质量、耐腐蚀的涂层材料，以确保长期的保护效果，考虑涂层的环境适应性，例如是否需要耐化学腐蚀等特性。采用正确的涂层应用技术，确保涂层均匀覆盖管道表面，并符合制造商的建议和标准。在涂层修复完成后，进行质量控制和监测，以验证涂层的质量和完整性，确保其能够有效地防止腐蚀，建立定期的涂层维护计划，包括定期检查和涂层修复，以确保涂层的长期性能，进行定期的涂层防腐性能测试，以检测涂层的降解情况并及时采取措施。监测管道周围环境条件，如土壤性质、湿度、温度和化学物质，以了解环境因素对涂层的影响，并相应地调整维护计划。

2.3 阴极接地缺陷

长输天然气管道阴极保护系统中的阴极接地缺陷可能导致电流无法有效地回路到地下，从而降低阴极保护系统的效率，增加管道金属的腐蚀风险。针对该问题，需要定期进行阴极保护系统的检测和诊断，以发现潜在的阴极接地缺陷，包括地下电阻率测量、电势降压测量、电流分布测试以及土壤样本分析等方法，如果检测到地下电极存在问题，如腐蚀、损坏或松动，需要及时修复或更换这些电极，以确保它们与地下环境良好接触，在一些情况下，增加地下电极的数量可以提高阴极保护系统的效率，这可以通过添加新的地下电极或增大现有电极的尺寸来实现，审查和改进阴极接地系统的设计，以确保电流能够均匀分布到管道表面，这可能重新评估接地电极的布置和深度。建立更频繁的维护计划，包括定期检查和测试阴极接地系统的性能，根据维护的结果，采取必要的修复措施，安装阴极接地监测系统，监测地下电极的性能和状态，这些系统可以提供实时数据，以便及早发现问题并采取行动。

2.4 恒电位仪缺陷

长输天然气管道阴极保护系统中的恒电位仪是用来监测管道的电位以确保阴极保护效果的关键组件。针对恒电位仪缺陷问题，需要定期进行恒电位仪的检测和诊断，以确保它们正常工作，这包括检查电位仪的电线连接、电极的状态以及仪器本身的运行状态，部署备用恒电位仪，以备发生故障时迅速替换，备用设备应保持在良好状态，以确保能够立即投入使用。

将恒电位仪测得的电位数据与其他独立测量方法的数据进行比对,以确保测量结果的准确性,包括使用便携式电位仪或电流分布测试来验证数据。定期维护和校准恒电位仪,以确保其性能稳定,包括清洁电极、校准仪器并更换损坏的部件。建立数据备份和记录系统,以存储历史电位数据,这有助于跟踪电位的变化趋势,并及早识别问题。考虑安装远程监测系统,可以实时监测恒电位仪的运行状态和数据,以及在故障发生时发送警报,为恒电位仪提供备用电源,以防止由于电源故障导致仪器停止工作,与恒电位仪供应商建立联系,获取技术支持和维修服务,以确保能够及时解决任何仪器故障问题。

2.5 电缆缺陷

定期进行电缆的检测和诊断,以确保它们正常工作。这可以包括检查电缆的外观、电阻和连接部分的状态,部署备用电缆以备发生故障时迅速替换,备用电缆应保持在良好状态,以确保能够立即投入使用。修复损坏的电缆,包括更换断裂的电线、修复磨损或破损的外护套,以确保电流可以正常传递,定期检查电缆的连接点,确保连接牢固,没有松动或氧化,修复或更换受损的连接部件。定期维护和校准电缆,以确保其性能稳定,这包括清洁连接部件、校准电阻和电流测量设备,并更换老化的电缆,考虑采用额外的电缆保护措施,如电缆护套或保护管,以延长电缆的寿命并减少损坏的风险。

2.6 电流分布不均缺陷

长输天然气管道阴极保护系统中电流分布不均的缺陷可能导致管道金属的部分区域受到过度保护,而其他区域则未得到足够的保护,从而增加了腐蚀风险。进行电流分布分析,通过使用电流分布测试或电势降压测量等方法,了解电流在管道表面的分布情况,根据电流分布分析的结果,调整阴极保护系统的参数,以确保电流能够均匀分布到整个管道表面,这需要增加或减少电流输出,或调整电极的位置和布置。安装电流分配器或分流器,以帮助均匀分配电流到管道表面,这些设备可以将电流引导到需要更多保护的区域,从而减轻过度保护的问题。重新评估电极的布置和深度,以确保它们能够均匀地为整个管道提供保护,可能需要移动或增加电极以改善电流分布,建立定期的监测计划,对阴极保护系统的性能进行跟踪,定期检查电流分布情况,以及电极和电缆的状态,可以及时发现并采取措施,使用专业的软件工具和数据分析技术,对阴极保护系统的运行数据进行管理和分析,

这有助于检测问题并优化系统性能。在新的管道工程项目中,优化阴极保护系统的工程设计,以最大程度地减少电流分布不均的问题,这可能涉及到电极的选择、布置和深度的优化。

2.7 地下水变化问题

定期监测地下水位的变化,可以使用水位传感器或地下水监测系统来实时监测水位的高低,并记录数据,根据地下水位的变化,调整阴极电极的深度,如果地下水位上升,电极可能需要降低以保持良好的接触,对电极进行额外的防护措施,以防止水分侵入电极连接部分,这可以包括使用密封材料或护套,使用防水涂层来保护地下管道的暴露部分,以防止水分渗透到管道和阴极保护系统中。建立应对地下水位急剧上升的紧急响应计划,包括立即采取措施以保护管道和阴极保护系统以防止损害,利用气象和地下水位数据,制定地下水位的长期和短期预测,以提前做好应对准备,定期监测管道周围的环境条件,包括土壤性质、湿度和地下水位,这有助于了解环境因素对阴极保护系统的影响。对操作人员进行充分的培训,确保他们了解阴极保护系统的原理和操作要求。提高操作人员的意识,减少人为错误的发生,建立清晰的操作规程和程序,包括系统的启动、停止和日常操作等。

3 结论

阴极保护系统的合理使用有利于全面降低长输天然气管道的腐蚀速率,这是保障长输天然气管道安全运行和延长其使用寿命的关键设施,但是在使用阴极保护系统的过程中出现各种问题的概率也相对较高,因此,需要根据缺陷问题出现的原因采取多种类型的保护措施,以此充分发挥阴极保护系统的作用。

参考文献:

- [1] 朱加祥,贾光猛,李晔,等.海底管线节点外防腐技术及其对阴极保护的影响[J].材料保护,2023,56(09):182-187.
- [2] 李云海.长输天然气管道防腐层与阴极保护常见缺陷分析[J].全面腐蚀控制,2021,35(08):126-127+134.
- [3] 董爽.长输天然气管道防腐及阴极保护常见缺陷及对策研究[J].当代化工研究,2021(14):101-102.
- [4] 程浩.长输天然气管道防腐层及阴极保护常见缺陷及对策研究[J].特种设备安全技术,2019(05):26-27+41.
- [5] 赵金柱.埋地长输天然气管道阴极保护系统常见故障分析[J].云南化工,2018,45(02):23-24.