

# 西气东输管道工程阴极保护技术措施探讨

施万辉

国家石油天然气管网集团有限公司 安徽蚌埠 233000

**摘要:** 西气东输管道工程自启动以来,已成为中国能源战略的核心部分。由于管道需要在复杂的地质和气候条件下长时间运行,金属腐蚀问题对其安全性和经济性构成重大挑战。阴极保护技术作为防止管道腐蚀的有效手段,通过电化学方法将管道的金属表面转化为阴极,抑制腐蚀反应的发生。本文旨在介绍和分析西气东输管道工程中阴极保护技术的应用现状及其优化策略,以期为类似大型能源工程提供有益借鉴。

**关键词:** 西气东输; 管道工程; 阴极保护技术

## 前言

腐蚀问题是管道工程中常见且严重的技术难题。金属在地下环境中,尤其是在湿润或含盐的土壤中,极易受到电化学腐蚀的影响。为了保障管道的长期稳定运行,必须采取有效的防腐蚀措施。阴极保护技术,作为一种成熟的电化学防腐手段,通过将管道金属表面转化为阴极,从而显著减少腐蚀反应,是解决这一问题的关键技术。

## 1 西气东输管道的防腐措施概述

西气东输管道工程是中国最大的能源传输项目之一,旨在将西部丰富的天然气资源输送至东部经济发达地区。该工程的管道系统涉及长距离、高压传输,并穿越多种地质和气候条件。由于管道长期埋于地下,暴露于复杂的环境中,金属腐蚀问题成为了工程维护中的主要挑战之一。有效的防腐措施对于确保管道的长期稳定运行和安全性至关重要。管道防腐技术主要包括防腐涂层、阴极保护和其他辅助防护措施。防腐涂层通过在管道表面形成物理屏障,防止腐蚀介质直接接触管道金属,是最基本的防护手段。阴极保护技术则通过电化学方法将管道金属转化为阴极,从而有效减少腐蚀反应。这一技术在西气东输工程中被广泛应用,主要包括牺牲阳极保护和电流外加保护两种方式。此外,管道的防腐蚀工作还需结合定期检查和维护,确保防护措施的持续有效性。

## 2 西气东输管道工程中阴极保护技术的应用现状

西气东输管道工程作为中国重要的能源运输项目,其管道系统在长距离、高压和复杂环境条件下运行,面临着严重的腐蚀挑战。为保障管道的安全性和可靠性,

阴极保护技术被广泛应用于该工程中,取得了显著成效。

阴极保护技术主要分为牺牲阳极保护和电流外加保护两种方法。牺牲阳极保护通过安装比管道金属更易腐蚀的阳极材料,如镁合金或锌合金,形成电化学电池,使牺牲阳极优先腐蚀,从而保护管道金属。这种方法简单、成本较低,适用于土壤电阻率较低的区域。目前,西气东输管道工程的许多段落都采用了牺牲阳极保护,特别是在地理环境较为稳定、腐蚀介质较为单一的区域,取得了良好的防腐效果。电流外加保护则通过外部直流电源施加恒定电流,将管道金属的电位降低到足以抑制腐蚀的水平。该方法适用于土壤电阻率较高的区域和腐蚀环境复杂的地段。西气东输管道工程中的电流外加保护系统包括地床电极、直流电源和监控设备等,能够实现管道电位的实时监控和调整,确保防护效果的长期稳定性。特别是在沿海、湿地等腐蚀性强的区域,电流外加保护展现了其卓越的防护性能。为了确保阴极保护系统的有效运行,西气东输管道工程还建立了完善的监测和维护机制。通过定期检测管道电位、牺牲阳极消耗情况以及电流外加保护系统的工作状态,可以及时发现和处理潜在问题,保证防护措施持续有效。此外,工程中还采用了先进的检测技术,如管道检测机器人、智能传感器等,提高了监测数据的准确性和及时性。

## 3 西气东输管道工程阴极保护技术措施

### 3.1 西气东输系统不同环境的阴极保护措施

西气东输管道工程穿越多种地理和环境条件,从西部的荒漠、高原到东部的湿地、沿海,管道所处的腐蚀环境千差万别。为应对这些复杂多变的腐蚀环境,针对性地采取阴极保护技术措施显得尤为重要<sup>[1]</sup>。在西部干

旱、半干旱的荒漠和高原地区,土壤电阻率较高,管道金属表面易受到较强的腐蚀威胁。为此,西气东输工程在这些区域主要采用电流外加保护技术。通过在管道沿线布置地床电极,连接外部直流电源,施加恒定电流,控制管道金属的电位,抑制腐蚀反应。电流外加保护系统在高电阻率环境中表现出优越的防护性能,有效延长了管道的使用寿命。在中部的农田和草原地区,土壤湿润,腐蚀介质较为丰富,管道面临较大的腐蚀风险。在这些区域,西气东输工程综合采用牺牲阳极保护和电流外加保护两种方法。牺牲阳极保护利用镁合金、锌合金等材料,通过电化学反应优先消耗阳极材料,保护管道金属。同时,电流外加保护通过实时监控和调整电流,确保防护效果的持续性和稳定性。通过使用高性能的涂层材料,形成坚固的物理屏障,再结合电流外加保护的电化学屏障,双重防护确保管道金属的耐腐蚀性能。

### 3.2 减少区域干扰对线路保护系统影响的措施

在西气东输管道工程中,阴极保护系统的有效运行可能受到区域干扰的影响,这些干扰包括地质条件、电力设施、铁路及其他金属结构等的电磁干扰。这些干扰可能导致阴极保护系统电流分布不均匀,影响管道的防腐效果。为此,工程采取了一系列措施减少区域干扰对线路保护系统的影响。首先,工程团队在设计阶段充分考虑了周边环境的干扰因素。通过详细的地质勘测和电磁环境分析,识别可能的干扰源。针对不同的干扰情况,采用优化的地床电极布置方案,确保阴极保护系统电流均匀分布。同时,选择合适的电极材料和结构,以提高系统的抗干扰能力。其次,在管道施工和运营过程中,加强与其他设施的电气隔离。尤其是与电力线路、铁路、通讯线路等金属结构接近的区域,采取了绝缘接头、隔离变压器等措施,减少杂散电流对阴极保护系统的干扰。

### 3.3 阴保系统四线接线错误带来的后果分析

在西气东输管道工程中,阴极保护系统的四线接线错误是一个常见但严重的问题。四线接线主要包括正极、负极、参考电极和测试线,一旦接线错误,可能带来一系列不良后果,影响管道的防腐效果和运行安全。首先,

接线错误会导致阴极保护系统的电流分布异常。正常情况下,阴极保护电流应均匀分布在管道表面,以有效抑制腐蚀反应。如果四线接线错误,电流可能集中在某些区域,导致这些区域过度保护,而其他区域则因电流不足而失去防护效果。结果是管道的腐蚀速率加快,严重威胁管道的结构完整性和安全性。其次,接线错误会干扰阴极保护系统的监测和控制。参考电极和测试线用于监测管道电位和系统运行状态,如果接线错误,监测数据将不准确,导致误判。误判可能导致阴极保护电流的过度或不足调整,进一步加剧管道的腐蚀风险。为了防止接线错误带来的后果,西气东输管道工程采取了多项预防措施<sup>[3]</sup>。首先,严格规范接线操作流程,确保每一步骤都有明确的指引和检查。其次,加强人员培训,提高操作人员的技术水平和责任意识,确保接线工作准确无误。最后,应用自动化监测设备,实时检测和报警接线错误,及时纠正问题。

### 结语

综上所述,阴极保护技术在西气东输管道工程中发挥了至关重要的作用。通过应用牺牲阳极保护和电流外加保护等方法,有效地控制了管道的腐蚀问题,提高了管道的使用寿命和可靠性。然而,随着工程的深入和运行环境的变化,持续优化和调整保护措施仍然是必要的。未来的研究应关注新技术的应用和综合防护策略的开发,以进一步提升管道防腐蚀的效果,确保西气东输管道工程的安全稳定运行。

### 参考文献

- [1] 刘树学.崔进杰.金鑫.等.外腐蚀直接评价法(ECDA)在管道工程建设中的应用[J].交通企业管理,2014,29(10):67-69.
- [2] 董旭.胡士信.西气东输工程及其管道防腐蚀概况[J].材料保护,2001,(12):1-2+1.
- [3] 孙魁.西气东输管道工程阴极保护技术的探讨[J].石油工程建设,2001,(05):5-8+59-1.