

Discussion on Corrosion Risk and Protective Measures in Pipeline Operation

Haitao Wang

State Pipeline Network Central China Company, Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

Under the background of the development of the current new era, with the rapid development of social economy, China's energy demand is increasing day by day. Pipeline transportation is the most important and most widely used means of energy transportation such as oil and natural gas. Long distance pipeline has become an important part of modern industrial transportation. Gradually formed a network model to supply the energy needs of various regions. However, the safe operation of long distance pipeline has been increasingly concerned, facing serious challenges such as corrosion risk. This paper discusses the causes of corrosion risk and protective measures in the operation of long-distance pipeline, lists the possible changes in the pipeline cathodic protection system when the long-distance pipeline runs parallel with other pipelines or crosses over the electrified railway, and analyzes the risks brought by them. It discusses the pipeline cathodic protection system from stray current interference and normal operation, and puts forward corresponding protective measures. It is expected to provide theoretical support and practical reference for the safe operation of long distance pipeline.

Keywords

long-distance pipeline; stray current; risk analysis; cathodic protection

浅谈管道运行中的腐蚀风险和防护措施

王海涛

国家管网华中公司, 中国·湖北 武汉 430000

摘要

在当前新时期发展背景下, 随着社会经济的快速发展, 中国能源需求量日益增加, 管道运输是石油、天然气等能源运输最为重要和应用最为广泛的手段, 长输管道已成为现代工业运输的重要组成部分, 油气管道作为能源大动脉已经贯穿中国东、南、西、北诸多方向, 逐步形成了网状模式供应各个地区的能源需求。然而, 长输管道的安全运行也日益受到关注, 面临着腐蚀风险等严峻挑战。论文针对长输管道运行中腐蚀风险的成因及防护措施展开探讨, 列举长输管道与其他管道并行或交叉, 途径电气化铁路时管道阴极保护系统可能产生的变化, 以及所带来的风险进行分析, 从管道阴极保护系统不受杂散电流干扰, 正常运行等进行浅谈, 提出相应的防护措施, 期望为保障长输管道的安全运行提供理论支持和实践参考。

关键词

长输管道; 杂散电流; 风险分析; 阴极保护

1 引言

油气长输管道是保证中国发展的基础, 通过提供清洁能源、减少温室气体排放, 从国民经济到环境健康, 都有着举足轻重的作用, 所以高度重视长输管道的运行风险, 保证其安全运行非常重要。当前中国建成了将西部和东部丰富的油气能源运送到用户所在地的管网线路, 中俄东线部分投产, 并且还在如火如荼建设中, 网络能源大动脉正在逐步形成, 高效地满足了管道沿线工业生产, 人民生活等需求。但

是长输管道在运行过程中一旦出现金属损失严重, 导致运输介质的泄露, 将会对沿线人文环境造成巨大破坏, 产生较大的经济损失^[1]。为了保证长输管道的安全平稳运行, 论文分析管道运行中存在的防腐风险, 探讨防护措施, 保障管道运行安全可靠, 充分发挥管道运行的真正价值。

2 管道运行中的腐蚀影响因素

在管道运行的过程中, 当前中国长输油气管道通常以地理类型为主, 然而受到油气自身的特点以及管道埋设环境和防腐措施等多方面因素的影响, 时常会产生管道腐蚀泄露事故, 不仅会为维护管道带来经济损失, 严重者可能会引发火灾, 污染环境, 造成人员伤亡等等^[2]。下面主要分析管道腐蚀的影响因素, 从管道敷设环境、输送介质及施工三个角

【作者简介】王海涛(1984-), 男, 满族, 中国辽宁葫芦岛人, 本科, 工程师, 从事管道腐蚀控制、管道工程建设研究。

度来进行分析。

2.1 敷设环境因素

在管道腐蚀影响因素中，环境因素非常的关键，长输管道通常会采用地埋的方式，处于复杂多变的土壤环境中，不同地区的土壤在物理、化学性质方面存在显著的差异，土壤中含有水分和盐类为化学腐蚀提供了电解质溶液条件，再加上不同土质类型交界位置，由于氧浓差的存在，容易出现电化学腐蚀。土壤的酸碱度（pH 值）、含盐量、含水量及其导电性等都会对管道的腐蚀行为产生直接影响，酸性或高盐度土壤会加速金属的腐蚀过程^[3]。

2.2 输送介质因素

油气管道的腐蚀与其输送介质的特性密切相关，管道在运输的过程中，主要的运输内容是天然气和石油，两者都具有一定的腐蚀性成分，例如硫化氢（H₂S）、二氧化碳（CO₂）以及水分。这些成分在特定条件下会与金属管道反应，进而产生腐蚀物，再加上在输送的过程中，固体颗粒和气流两者相混合之后，会对管道的内壁产生冲刷，从而加剧了腐蚀的程度。尤其是长输管道在运行的过程中因压力产生波动，导致腐蚀产物的生成，形成点蚀或均匀腐蚀，导致应力腐蚀开裂，严重威胁管道的结构完整性和安全性。

2.3 施工因素影响

施工质量将直接影响到管道运行的整体效果，在管道腐蚀因素中，施工质量属于重要的人为因素，具体分析来看，在管道施工管理的过程中，需要严格按照国家标准及行业规范要求展开各项有效的施工活动，其中防腐层的涂敷非常的关键，任何缺陷如针孔、裂纹或剥离等都会成为腐蚀的“启动点”。

3 管道运行中的腐蚀风险分析

3.1 管道与管道并行或交叉存在的风险

管道在建设过程中，难免会与其他管道并行或者交叉。当管道与管道相遇时，要从施工方式，强制电流保护方式开展研究，并且根据现场实际情况研判，消除彼此间干扰。施工过程中的风险主要为机械伤害，防腐层破损或者管道本体及其他附属设施受到损伤，影响管道的正常运行。管道在后期运行中存在彼此间强制电流保护干扰，导致一方过保护，一方不受保护，最终演变腐蚀穿孔等。所以在管道并行或者交叉段，从建设到后期维护两个方面做好风险分析，基本就掌握了管道的安全命脉，可以根据风险制定合理的保护方案。

针对并行或交叉段的管道，通过测试两条管道间的电位梯度（如图1所示），可判断两条管道间电流方向，得到电位梯度值。根据数值分析出两条管道的正负，判定哪方管道处于牺牲阳极状态。对于投用阴极保护系统的两条管道，通过测试管道的电位，结合电位梯度分析是否存在稳态直流干扰，判定哪方管道阴极保护失效（如图2所示）。

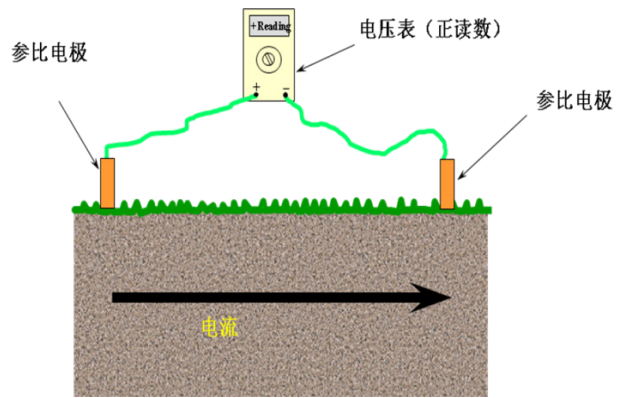


图 1

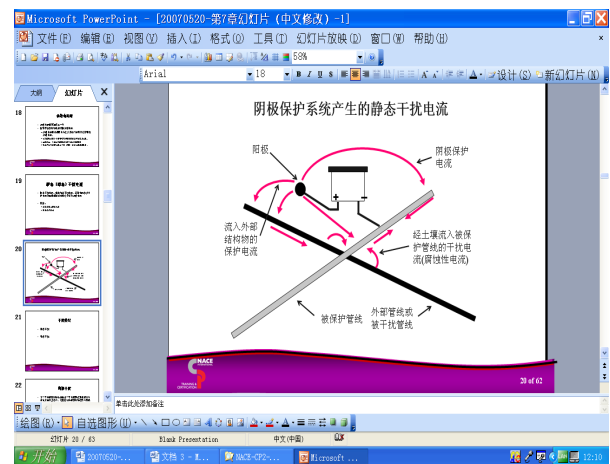


图 2

3.2 电气化铁路对管道的影响

现阶段背景下，中国高铁的建设与发展速度正在不断地加快，取得了突出的成果，但是在电气化铁路运行的过程中，会对管道造成一定的影响。中国高铁采用 27.5kV 交流电驱动，铁路与埋地管道交叉或平行时，强电线路对管道交流干扰的危害主要有两个方面。受到交变电流长期干扰会对腐蚀产生影响，铁路的交变电流通过高压输电线时，周围的电磁场会对附近埋地管道感应出交变电流，形成长期性的干扰，使得管道金属表面产生电化学反应，还可能导致交流腐蚀的发生。尤其是在距离铁路较近的区域位置，长期受到感应电压的影响，强度较高，从而加速了管道的腐蚀速度，使得管道变薄，引起穿孔出现油气的泄露等严重的后果。

3.3 不法分子人为损害影响

在长输油气管道正常运行的过程中，通常还会面临着一定的人为破坏的威胁，面临着较多的安全风险，不仅会加速腐蚀，还会造成其他的严重负面问题。尤其是近几年来，随着社会经济的快速发展，油气资源的需求量正在不断地提高，由于油气资源受刺激，使得油气价格上涨，一些不法分子往往会通过打孔的方式来非法获取油气资源，使得长输油气管道面临着较大的泄露威胁，管道后期腐蚀速度加快。

4 浅谈管道运行中的腐蚀防护措施

通过以上分析可以明显地看出,在油气管道运行的过程中腐蚀风险的产生有多个不同方面因素的影响,既有内在因素也有外在因素,所以为了能够更好地保障油气管道顺利运行,应积极做好有效地防护措施,结合实际情况展开有效地优化,以此发挥出最佳的效果。

4.1 并行或交叉段管道防护措施

4.1.1 强化测试

加强交叉处管道电位及电位梯度的日常测试,及时掌握交叉处双方管道阴保状况及相互干扰程度,保证交叉处双方管道阴极保护达标,避免因相互干扰造成一方管道腐蚀,甚至腐蚀穿孔危及整体管道安全运行,利用测试桩内预留的跨接电缆,在两条管道之间建立直接电连接,以平衡电位差、消除干扰源。

4.1.2 交叉处预防

交叉处应设置测试桩,并在测试桩内预留跨接电缆,或在交叉处预留锌带排流措施,管道投用后若双方管道相互产生严重的杂散电流干扰,可启用锌带排流或连接跨接线的形式消除干扰,避免管道发生阴极干扰腐蚀。在交叉处防护措施的施工过程中,需要根据测试和监测结果,对阴极保护系统进行动态调整。例如,定期校准跨接电缆的连接电阻,以确保其导通性能满足消除干扰的要求;工作人员可以根据杂散电流的变化情况,适时增加锌带的长度或调整其排流参数,以保证防护措施的有效性。

4.2 管道途经电气化铁路防护措施

4.2.1 通过排流方式控制管道电位

通过排流的方式保证管道电位在正常范围内,通过加设固态去耦器,采用镀锌扁钢或者锌带作为接地体,消除管道上的交流电压,保留直流极化电压。排流工作时锌带作为接地体导出交流电,当固态去耦器存在短路故障时也可以作为牺牲阳极保护管道,锌带通过其电化学特性直接提供阴极保护电流,以减少管道的腐蚀速率,起到双重防护作用,具体需要根据现场的实际情况来合理的进行确定,全面地发挥出防护的有效性。

4.2.2 针对干扰源的防护措施

针对于已建管道沿线后建设的强电线路或者管道共同建设的情况,可以在其干扰源上采取措施来减少管道的交流干扰。交流电气化铁路可以使用回流变压器的供电方式,高压输电线的对称能够减少中心点的接地数量,限制短路电流、增加屏蔽和导线换位等,实践中可将铁轨和枕木之间的绝缘加强,减少入地电流。结合管道和强电设施并行或交叉的区域重点来进行有效的管理,如通过增加屏蔽、防护隔离

和路径优化等一系列有效的措施,从根本上减少干扰源对管道运行腐蚀的危害。既有利于保护管道本身的安全,还可以有效提高电器设施和管道系统之间的运行协同效率,起到双赢的作用。

4.3 全方位保护预防措施

通过以上分析,在管道运行的过程中,通常会存在各种不同方面的风险,除了技术方面的风险之外,还应有效加强人为风险的管理,综合性的降低腐蚀风险的发生,例如,在管道项目具体施工的过程中,应选择高防腐性能的管材,避免出现管道材料质量不佳,抗腐蚀性弱引起严重的腐蚀,积极采用有效的防腐技术展开应用。加大专业人员的管理,对管道进行有效的排查,通过先进的排查技术,及时发现管道运行过程中可能会存在的腐蚀威胁。针对管道腐蚀的部位、腐蚀程度等信息来进行有效的排查,进而采取有效的措施来进行管理。建立实时监测系统,强化人为管理的有效性,比如长输油气管道在运行的过程中,涉及的管理工作相对较多,流程十分复杂,为了能够有效降低腐蚀的风险,需要展开不定期或定期的检测工作,及时采用先进的技术,观测管道是否出现腐蚀泄露等问题。结合信息技术建立实时监测系统,从多个方面掌握管道的具体运行情况,根据检测的结果提供更加准确的管理措施。

5 结语

总而言之,在管道运行的过程中,受到多方面因素的影响,容易产生各种腐蚀风险,尤其是长输管道在建设以及运行过程中,不可避免会与其他金属结构,电气化设施有所交集。再加上管道线路较长,周围环境较为复杂,所以在运行的过程中,需有效地做好管理活动,积极强化防护措施。需要客观的分析管道在各种情况下的运行安全,从施工质量,设计理念等降低风险的发生和预防,及时对后建单位提出防护措施,提高管道安全运行质量,保障油气管道在运行的过程中实现安全管理,真正的发挥出应有的价值,降低腐蚀风险,全面提高油气管道防腐水平。

参考文献

- [1] 汪运宏,许呈亮,潘省江,等.城区油气管道迁改技术措施探讨与实践[J].石油工程建设,2024,50(2):82-85.
- [2] 吴有更.油气管道外腐蚀风险管理探索[J].石油工业技术监督,2024,40(3):44-48.
- [3] 赵宁.浅议油气管道腐蚀原因与防范措施[J].内蒙古石油化工,2021,47(7):30-32.
- [4] 姜昌亮.油气管道全生命周期质量管控与安全管理探讨[J].油气储运,2023,42(10):1081-1091.