

油气长输管道防腐施工质量关键控制措施研究

赵杰琼¹ 孙志智² 李明环¹

(1. 国家管网集团天津液化天然气有限责任公司, 天津 300452)

(2. 国家石油天然气管网集团有限公司建设项目管理分公司, 河北 廊坊 065001)

摘要: 油气长输管道自身所具备的运行成效及使用寿命, 会直接受到防腐施工质量的影响, 将关键控制措施用于其中, 则可有效提高防腐施工质量及其整体水平。由此本文结合实际, 分析油气长输管道防腐作用的基础上, 寻找适配度达标的关键控制措施, 提高工程质量的基础上希望能够给相关人员提供一定的参考。

关键词: 油气管道; 长输管道; 防腐施工; 关键控制环节

中图分类号: TE988 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 004-0097-03

Research on Key Quality Control Measures for Anti corrosion Construction of Oil and Gas Long distance Pipeline

Zhao Jieqiong¹, Sun Zhizhi², Li Minghuan¹

(1. National Pipeline Network Group Tianjin LNG Co., Ltd., Tianjin 300452, China)

(2. Construction Project Management Branch of National Petroleum and Natural Gas Pipeline Network Group Co., Ltd., Langfang Hebei 065001, China)

Abstract: The operational effectiveness and service life of long-distance oil and gas pipelines are directly affected by the quality of anti-corrosion construction. Applying key control measures can effectively improve the quality and overall level of anti-corrosion construction. Based on practical analysis of the anti-corrosion effect of long-distance oil and gas pipelines, this article aims to identify key control measures that meet compatibility standards and improve engineering quality. It is hoped that this can provide some reference for relevant personnel.

Keywords: oil and gas pipelines; Long distance pipelines; Anti-corrosion construction; Key control steps

我国地域辽阔且纵横跨度较大, 整体存在有能源资源分布不均的问题。而油气管道运输技术可打破油气资源分布不均的空间限制, 实现资源合理分配的基础上满足各个行业的发展需求。油气长输管道运行当中, 极易受到内容物的影响出现腐蚀现象。因此, 针对管道的防腐施工及其施工质量可对油气运输带来直接影响, 需要相关工作人员对油气长输管道防腐施工质量关键控制措施展开研究, 控制并减少油气长输管道腐蚀现象。

1 油气长输管道防腐工作的重要性

长输管道在前期建设当中常用埋地暗管的方式, 使得管道结构及其受力状态发生变化的同时, 电化学腐蚀和应力腐蚀的出现概率较高。防腐层本身属于管道与外界衔接的第一层屏蔽结构, 而防腐层中存在的各个漏点极易受到腐蚀且受损速度快, 若管道防腐层及管道本体受到腐蚀影响, 则会在降低管道运输能力的同时增加各类安全隐患, 需要相关工作人员对此类问题予以充分关注。

从经济的角度上进行分析可得, 油气长输管道的防腐工作情况可对企业经济效益带来直接影响, 关乎

国家能源战略的实施成效。管道腐蚀会在引起管壁变薄的基础上降低管道强度, 部分情况下还会引起泄露事故而造成巨额经济损失, 增加能源供应压力并影响群众的正常生产及生活。通过采取各类防腐措施, 可在减少腐蚀现象的基础上降低因腐蚀而产生管道维修需求, 提升管道运输效率从而协助能源供应链具备较高的连续性及稳定性^[1]。

从安全角度上来看, 做好防腐工作属于预防管道事故的主要手段, 这是由于管道一旦发生腐蚀穿孔或破裂的现象, 将会引起火灾以及爆炸等严重安全事故, 对周边地区人员生命安全带来威胁的同时影响区域发展。在另一方面, 油气泄漏还会对周边环境造成污染, 特别是对土壤和水源的破坏需要较长时间才得以修复。将各类科学性防腐设计于施工方案用于其中, 可在做好定期监测及维护的基础上识别其中潜在的腐蚀风险, 配合采取相应处理手段来减少事故发生率。

2 造成油气管道腐蚀的主要因素

2.1 外部环境因素

油气长输管道在运行当中极易受到外界环境因素的影响而发生管道侵蚀, 其中水分是造成管道侵蚀的

主要因素，无论地表水还是地下水均存在对管道造成侵蚀的可能。水分不仅能够直接与金属材料发生反应，还能够溶解空气中的氧气和其他腐蚀性气体，形成腐蚀性溶液，此类腐蚀性溶液能够渗透到管道表面的微小裂纹当中加快局部腐蚀过程。温度变化以及湿度变化等因素同样会对管道状态带来影响，其中相对具有代表性的便是温度升高后加速电化学反应速率，此时腐蚀过程会得到一定的加速；而温度偏低时则会致使管道表面结冰而冰晶，进一步对管道的防腐层造成破坏。针对此类问题，安装人员在开展管道施工时也会采取一定的预防方案，但是整体存在有效果不佳的问题，这是由于多数油气长输管道通过深埋的方式安装，因此容易在管线勘察以及管线设置方面出现偏差，最终增加外部环境因素对管道的破坏^[2]。

2.2 施工环境因素

油气管线除了受到外界环境因素的影响外，施工当中存在的各类环境因素也会对腐蚀情况带来一定的影响。通常情况下油气长输管道通常埋设在地面 2m 以下，而在某些特殊地段埋深甚至达到 10m 以上。这些地段的地下构造相对复杂，存在有岩层结构变化以及地下水渗漏风险。以山区为例，围岩本身存在的不稳定因素本身会致使管道在前期安装当中出现挤压或变形等问题，对防腐层造成损伤的同时增加管道腐蚀风险。不同地区所具备的地质特性也会为管道施工带来相应难题，其中相对具有代表性的便是戈壁地区，由于地表覆盖大量石块且塌方率高，在这类环境下管道进行下沟时难免出现碰撞或摩擦现象，进而造成防腐层的机械性损伤。

某些特殊地段需穿越河流或者山区，因此管道在前期埋设当中需要适当调整位置以提高安全性，但是埋设深度增加也会提高施工难度。在深沟中进行防腐作业时，施工人员的操作空间受限难以进行精细操作，容易导致防腐层涂覆不均匀或出现结构性缺陷，并且深沟作业还会增加施工人员的安全风险，尤其在推进沟下修补工作时风险系数较高且修补质量难以得到保证。

即使进行了详细的地质勘探，实际施工当中依然会受到地质变化的影响，其中相对具有代表性的便是突发的地质滑坡或地下水流的变化，影响管道位置的同时破坏管道防腐层。此类现象不但会增加施工难度，还会导致防腐作业质量难以得到保障，并且施工人员在相对复杂多变的施工环境当中需要面对各类不确定因素，最终增加防腐层的受损风险^[3]。

3 油气长输管道防腐施工质量的关键控制环节

3.1 施工安装人员的控制

防腐施工质量保障当中高度强调施工人员的整体

管控成效，只有强化施工人员自身所具备的质量意识与安全意识，才可在提高油气管道运行稳定性的基础上帮助施工人员认真推进各项工作，由此为长期管道防腐打下优质基础。在具体的施工当中，施工人员必须严格按照设计图纸和施工规范进行操作，不得随意更改施工方案。施工人员应熟悉并遵守相关的国家标准和行业规范，例如在防腐层涂覆时应严格按照规定的涂覆层数和厚度进行施工，避免因操作不当所引起的防腐层过薄或者过厚的现象。施工人员还需留意细节处理效果，针对管口、焊缝等部位进行重点防腐，结合严格规范施工细节来减少人为因素对管道防腐质量所带来的负面影响。

防腐施工过程中，施工人员需要在相对狭小的空间中进行作业，且存在接触有害物质的风险，由此需要施工人员强化其安全意识，严格遵守安全操作规程并佩戴必要的防护装备。施工人员还应接受定期的安全教育培训，提高应对突发情况的能力以规避由安全事故所引起的施工中断或者防腐层受损等现象。通过加强安全管理可有效降低施工过程中的风险，为施工人员提供安全保障的基础上协助防腐工作得以顺利推进。

3.2 油气管道运输防腐材料的选择

油气管道在安装建设当中，高度强调防腐材料的筛选情况，只有做好油气管道运输防腐材料的质量把关才可提高管道防腐蚀成效。由于油气管道在运行过程中会接触到各种腐蚀性介质，因此所选防腐材料必须具备较高的化学稳定性，做到在腐蚀性环境中长期保持其防护性能。理想的防腐材料应具有优异的耐腐蚀性，抵抗各类化学物质侵蚀的基础上防止管道表面发生氧化、腐蚀或电化学反应。此外防腐材料还应具有良好的耐化学品性能，即使在接触某些特定化学物质时，也不易发生化学变化或产生分解，以此协助油气管道免受腐蚀影响。

由于部分油气管道为适应环境条件而选择暴露在地表，此时管道会受到紫外线、温度变化以及湿度波动等自然条件的影响。这便需要相关工作人员在筛选防腐材料时优先选用耐候性达标，且在各种气候条件下保持稳定性能的材质，结合管控防腐材料的抗老化性能来帮助防腐层在长时间的使用过程中保持其防护效果，延长管道的使用寿命^[4]。

4 防腐施工关键环节的控制措施

4.1 强化承包商管理并做好人员培训和防腐试验

此项工作在推进当中需要根据油气长输管道工程需求来选择对应施工承包商，招标与合同签订阶段应严格审查承包商所具备的各项业绩，以此来为后续工

程建设打下相应基础。油气公司应建立健全的承包商管理制度,明确各方责任及义务,通过合同条款详细规定施工标准、质量要求和验收标准。在施工过程中还需要定期对承包方开展监督检查,确保施工方严格执行施工规范及质量标准,尽可能减少因承包商管理不善所引起的问题。

施工人员所具备的专业工作能力与规范操作意识可直接影响防腐层质量,需要相关部门制定详细的培训计划来对施工人员进行全方位系统培训。培训内容需要覆盖防腐材料的选择与配比、施工工艺操作方法以及施工设施安全操作规程等各个方面,通过理论与实践相结合的方式使施工人员得以正确掌握防腐施工的各项要点。培训方面需要注重操作能力的培养成效,通过采取定期考核的方式来评估培训效果,对不合格的人员进行再培训或岗位调整,利用此类方式不断提升施工人员的专业水平及操作规范性,由此提升油气长输管道防腐施工的整体质量。

推进防腐施工之前还应做好对应的防腐试验,着重验证所选防腐材料的适用性以及施工工艺有效性。试验内容应包含防腐材料的化学稳定性、机械强度以及耐候性等方面,确保材料在实际应用中所具备的各项性能均符合设计要求。之后还应配套开展现场试验,通过模拟实际施工环境来检验施工工艺的可行性及防腐层应用效果。利用现场测试可帮助技术人员及时发现管道施工当中可能存在的问题,配合采取及时的调整优化来帮助就油气长输管道具备较强的抗腐蚀性能。施工过程中还应定期进行防腐层的质量检测,通过无损检测等手段监测防腐层的厚度、均匀性和完整性,及时发现并解决潜在问题,以此提升防腐施工的整体质量并延长管道使用寿命^[5]。

4.2 全方位检查管道的破损点

管道运输当中需要技术人员严格按照相关规章制度及操作指南进行,严令禁止裁减操作步骤和保护措施,尽可能减少管道材料在运输与安装当中所受到的损伤。材料搬运以及运输等关节应配置专用工装器具,采取缓冲隔离、限位固定及防刮擦措施来最大限度减少物理磨损现象,若发现管道防腐层存在一定的损伤则要立即进行标识并同步录入专项台账,详细记录损伤位置并初步判定其受损程度。

针对管道防腐层破损程度进行量化评估时,可利用电火花检漏仪实施全管体扫描检测。当前主流防腐材料以聚乙烯、聚丙烯、三层结构聚乙烯(3PE)等材料为主,部分特定情境下可使用沥青复合物与环氧树脂体系,其性能优劣程度可直接与管道使用寿命之间产生关联,需要相关工作人员做好补伤材料与防腐

层之间的兼容管控成效。完成管道焊接处理之后,多数金属本体会直接暴露于外部环境之中,而连头接口、阀门本体及阴极保护系统焊点等区域的腐蚀风险较高。对此类裸露区域,必须执行与前期破损点相同的补口程序,通过表面清理除锈并涂覆或包覆符合设计要求的防腐材料,配合严格控制施工环境温湿度及固化条件。完成补口作业后,需要再次使用电火花检漏仪对全部补口区域进行逐点检测,直至无击穿放电现象发生方可判定为合格。

4.3 科学合理选择油气管道防腐材料

目前油气管道材料的可选择类型较多,相关工作人员应结合油气输送需求以及介质对于管道内壁的腐蚀风险来筛选材料。对于输送含硫、含水、高二氧化碳或高矿化度原油及天然气的管道,应优先选用熔结环氧粉末、液体环氧等具有良好化学惰性且附着力较强的内涂层材料。内外防腐体系之间应规避干扰因素,尤其在阴极保护系统共用的情况下,需要确保外防腐层的绝缘性能满足电化学保护的基本要求,避免因材料选择不当削弱整体防护效能。

防腐工程并非一次性投入即可一劳永逸,其价值体现在整个管道生命周期内的维护管控工作。某些高性能材料初始采购价格较高,但因其耐久性强、维修频率低,反而在全寿命周期内更具经济优势。

综上所述,在对油气长输管道防腐施工质量关键控制措施进行研究时,需要充分明确油气长输管道质量可直接影响油气本身的运输安全性,一旦油气管道出现泄漏将会造成资源的大量浪费,甚至引发安全事故。因此,通过做好防腐施工可在提升管道质量的基础上,为工业生产以及群众生活提供更为稳定的能源保障,因此,需要相关工作人员结合各类因素采取防腐处理,提升油气长输管道的整体质量。

参考文献:

- [1] 孙朝忠. 油气长输管道防腐施工质量关键控制措施研究[J]. 石油和化工设备, 2025, 28(10): 262-264.
- [2] 段瑞峰. 油气长输管道防腐施工质量关键控制措施研究[J]. 石油和化工设备, 2025, 28(08): 233-235.
- [3] 马滔. 油气长输管道防腐施工质量控制策略[J]. 全面腐蚀控制, 2022, 36(05): 122-123.
- [4] 邓楠. 油气长输管道防腐施工质量关键控制环节[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2019, 39(14): 14-15.
- [5] 王鹏. 油气长输管道防腐施工质量关键点分析[J]. 全面腐蚀控制, 2019, 33(06): 45-46+49.

作者简介:

赵杰琼(1989-),女,河北石家庄人,本科,工程师,研究方向:完整性。