

# 油田集输管线的腐蚀原因与防腐对策分析

薛鹏飞<sup>1</sup> 任沛华<sup>1</sup> 曹钜昊<sup>2</sup> 姚洁<sup>1</sup>

1. 中国石油天然气集团公司长庆油田分公司第四采油厂 陕西西安 710000
2. 中国石油天然气集团公司长庆油田分公司第五采油厂 陕西西安 710000

**摘要:** 油田集输管线防腐层脱离或损坏、内部处于腐蚀环境、土壤应力分布不均匀以及出现局部电流环境等都会引起管线腐蚀, 从而影响输油质量或带来安全环保生产事故; 针对集输管线存在的腐蚀性问题, 提出涂刷防腐涂料、增加防腐层、更换耐腐蚀性材料以及采取阴极保护措施等方法。希望这些研究对于解决油田集输管线腐蚀问题提供帮助。

**关键词:** 油田; 集输管线; 腐蚀

## Analysis on corrosion causes and anti-corrosion countermeasures of oil gathering and transportation pipelines

Pengfei Xue<sup>1</sup> Peihua Ren<sup>1</sup> Juhao Cao<sup>2</sup> Jie Yao<sup>1</sup>

1. The Fourth Oil Production Plant of Changqing Oilfield Company, China National Petroleum Corporation, Xi 'an, Shaanxi 710000
2. No. 5 Oil Production Plant, Changqing Oilfield Company, China National Petroleum Corporation, Xi 'an, Shaanxi 710000

**Abstract:** Pipeline corrosion can be caused by separation or damage of anticorrosive layer, internal corrosion environment, uneven distribution of soil stress, and local current environment, which will affect the quality of oil transportation or bring safety and environmental protection against production accidents. Given the corrosivity problems in gathering and transportation pipelines, the methods of coating, adding an anticorrosive layer, replacing corrosion-resistant materials, and adopting cathodic protection measures are put forward. It is hoped that these studies can help solve the corrosion problem of oil gathering and transportation pipelines.

**Key words:** oilfield; Gathering and transmission pipeline; corrosion

石油是重要的工业原料, 对于各行各业发展有着关键意义<sup>[1]</sup>。油田集输管线是运输石油的主要装置, 如果集输管线出现结构质量问题, 将会影响石油运输质量。集输管线所处的外部环境、石油中含有的腐蚀成分以及集输管线的材料等直接决定着集输管线的安全性和稳定性, 其中任何一个因素发生变化都可能对集输管线的结构完整性产生影响, 导致石油运输效果受到影响<sup>[2]</sup>。分析和研究集输管线常见的腐蚀问题, 找出腐蚀形成原因, 制定解决措施是保障集输管线安全平稳工作的重要方法。

### 一、油田集输管线腐蚀原因

集输管线腐蚀原因主要有管线外部应力不均匀、管线内部腐蚀性环境、管线防腐层损坏或脱落以及管线出现局部电流环境等。针对这些腐蚀性问题分析如下:

#### 1.1 管线外部应力不均匀

敷设集输管线时未做好填埋工作, 导致集输管线所

处位置的土壤应力不均匀, 在应力差的作用下集输管线结构发生损坏, 从而引发腐蚀<sup>[3]</sup>。例如, 集输管线所处位置下层存在着软土层, 铺设管线时未对软土层进行加固处理, 完成敷设工作后上层土壤经过加固处理, 管线上层空间受到压力挤压后, 压力沿上层土壤传递至集输管线, 由于集输管线下层土壤较为松软, 在压力的作用下集输管线向下发生形变, 如果压力过大将会对管线结构产生拉伸, 在拉伸的作用下防腐层断裂, 管线厚度发生改变, 在外部腐蚀性环境下集输管线发生腐蚀。应力不均匀还会造成集输管线发生渗漏, 渗透液体中含有腐蚀性物质, 在腐蚀性物质的作用下渗漏区域腐蚀速率加快。

#### 1.2 管线内部为腐蚀性环境

管道内处于腐蚀环境, 导致管道发生腐蚀。管道内部腐蚀与输送介质、管道材质以及防腐技术等有着一定的关系。例如, 油气中含有硫化氢, 硫化氢发生电离后

产生氢离子、硫离子,游离的离子与金属管道接触,管道结构中的铁离子对氢离子、硫离子有很强的吸附能力,在氢、硫离子作用下管道阴极放氢速度提升发生化学反应,氢原子作为极化剂,铁原子活性提升,导致阳极分解加速,管线中的金属结构发生腐蚀<sup>[4]</sup>。内部腐蚀性环境主要对管线内部结构造成破坏,但是管线的部分应力条件会发生变化,严重时导致管线发生渗漏。

### 1.3 管线防腐涂层损坏

防腐涂层脱离容易导致管线发生腐蚀,集输管线外部都会喷涂防腐涂层,作用是将管线的外层结构与环境隔离,防止外部酸性环境对管线结构产生破坏。但是一些管线暴露在空气中,在阳光、风力、雨水以及人为等因素的作用下发生损坏。例如,管线外层多为非金属材料,阳光的长期暴晒容易导致材料变脆,在外力的作用下防腐层发生破损<sup>[5]</sup>。一些管线受到人为破坏也会发生腐蚀,例如管线周围进行施工,施工机械设备对管线产生损伤,造成防腐层破坏,暴露在空气中的金属结构很快发生氧化形成氧化结构,强度将会降低。集输管线防腐涂层脱离对其安全性也会造成影响,严重时导致油气泄露,带来火灾或爆炸事故。

### 1.4 管线出现局部电流环境

电流环境对管线结构的破坏效果非常明显,如果电流环境较强,管线金属结构反应速度加快,从而出现严重腐蚀。局部电流环境与管线所处环境有关,例如管线金属层与土壤接触,在酸性环境下发生反应,内外反映共同影响,从而导致管线出现局部电流。管线所处位置周边存在电厂也会导致管线出现局部电力,例如周围变压器、输电线处于接地的状态,接地电流经过管线后形成回路,导致管线发生电化学反应<sup>[6]</sup>。如果管线金属结构处于磁场环境下也会发生腐蚀,磁场方向发生变化引起环形金属结构产生电流,从而造成管线带电。如果无法及时解决管线带电问题,将会对集输管线安全产生威胁。

## 二、油田集输管线防腐措施

油田集输管线发生腐蚀后期安全性和稳定性大大降低,为了提升集输管线的安全性和稳定性,应定期进行管线维护和保养工作,发现腐蚀问题后采取措施解决,防止腐蚀问题不断加重,对管线安全造成影响。针对不同腐蚀性问题应采取针对性的方法进行预防和解决,避免腐蚀问题升级,进而影响集输管线正常工作。集输管线防腐措施应从施工阶段、设计阶段以及维护保养等阶段入手,制定完善的防控和解决措施,最大限度确保集输管线的安全性。

### 2.1 科学控制施工技术

施工过程中必须强化技术管理工作,切实保障集输管线敷设作业质量。例如,提前做好技术交底工作,对管线所处地理环境进行调研,结合具体的地质环境设计施工方案,防止管线处于不稳定的环境下发生应力变化。

一是应加大技术管理工作,通过严格的技术管理制度、方法和体系对施工人员的技术行为进行约束,避免出现技术失误导致管线结构受损;二是加大信息化技术应用,利用使用应力检查装置测量管线周边应力条件,结合应力条件设计防护装置,避免管线发生偏移。科学地控制施工技术可以确保集输管线处于稳定的土壤环境中,防止其在受力不均匀的情况下发生结构损坏,从而导致管线发生腐蚀。此外,施工单位也要强化人员培训工作,为施工人员提供专业的技术指导,帮助其掌握施工技术控制要点,从而更好地保障施工质量。

### 2.2 使用防腐结构材料

针对集输管线内部腐蚀问题,应从管线材料改进方向入手。金属材料的特点是强度高,但是耐腐蚀性较弱,非金属材料的耐腐蚀性能力强,但是强度较低。设计集输管线防腐结构时可以使用非金属材料与金属材料组合的方法,管线的内层和外层使用非金属材料,能够充分地将腐蚀性物质与金属层隔离,中间一层使用高强度的金属材料,这种结构既能够避免集输管线内、外层在酸性直接接触酸性环境,而且也能为管线提供加强的支护能力。目前集输管线内管材料主要以聚合物为主,这种材料强度高于一般的非金属材料,处于酸性或碱性的环境下能够保持足够的稳定性,而且受到见解应力作用后很难出现裂纹,油气也不会将这种材料溶解,其可以很好地将集输管线内外隔开。此外,也可以在管线金属层和非金属层之间涂刷防腐涂料,这可以进一步提升管线的防腐能力,避免其发生腐蚀。防腐材料的应用能够在很大程度上提升管线的防腐能力,使其在恶劣的环境下依然保持足够的稳定。

### 2.3 改进防腐层工艺

目前集输管线防腐层主要以非金属材料为主,这类材料的强度较低,如果管线暴露在空气中,寿命将会大大缩减。解决这一问题的方法是改进工艺,例如在防腐外层设置防晒涂层,受到阳光、风化以及雨水冲刷后管线外层依然能够保持足够的稳定性。与此同时,在集输管线金属层涂刷防腐涂料也能起到良好的防腐效果。例如,管线外层发生破坏后,腐蚀性物质顺着破坏裂缝进入到内部,接触到金属层后由于防腐油漆的存在腐蚀物质无法与金属发生反应,从而无法对管道产生破坏。除了防腐涂层外,也可以改进防腐层材料,使用更多复合型材料,如聚氨酯、环氧类材料等,这些材料也可以起到良好的防腐作用。一种新型的防腐方法是采用多层防腐结构,其中一层结构发生损坏后内部的材料可以起到保护作用,养护人员及时进行处理即可。防腐工艺的应用对于提升集输管线防腐能力有着重要意义,石油企业应该应用更多防腐工艺,将这些工艺应用到集输管线中,从而更好地保障其安全性。

### 2.4 设置电荷传导装置

针对集输管线出现的局部电流情况,应在管线中设

置阴极保护或疏导装置,将管线中的电流疏导至大地,防止管线发生电化学反应。在管线的外层设置传导线路,能够将管线的中电流消除,这种方法简单有效;如果想要提升管线安全性,可以对管线所处位置进行检查,发现形成电厂因素后及时地清理,如存在变电站,可以适当地调整管线与变电站的距离,减少电厂因素出现;施工前也要检查管线周围是否存在不稳定磁场,尽可能远离这些区域。为了缓解电化学腐蚀问题,还可以采取措施减少管道闭路,防止电荷在管线中传递,导致管线的结构发生反应。电荷传导装置能够有效低解决电化学腐蚀问题,这也要求设计单位能够在设计阶段给出合理的设计方案,采取更多此类设计方法,最大限度保障管线的安全性,防止管线发生腐蚀,为集输管线的稳定运行提供良好的环境,避免集输管线在腐蚀环境下出现安全问题。

### 三、结束语

总而言之,油田集输管线是输油的主要设施,如果出现结构问题将极易造成泄漏事故,引发次生环境问题。为了进一步确保集输管线的安全性和稳定性,石油生产单位应分析集输管线腐蚀问题的原因,找出导致腐蚀现

象出现的具体因素,设计合理的方法解决问题,避免集输管线因腐蚀不断加重,导致管线的安全性降低。除了使用传统的方法之外,企业也应开发更多新的方法,如应用开发新型的材料,使用非金属材料管线等,能够有效地解决腐蚀性问题。

### 参考文献:

- [1] 杨静,宋治国,李明元,等. 油田地面集输管线腐蚀穿孔分析及防腐措施 [J]. 当代化工,2022,51(7):1543-1546.
- [2] 刘功达. 油田地面集输管线腐蚀穿孔分析及防治措施 [J]. 中国石油和化工标准与质量,2022,42(13):20-21.
- [3] 张志宏,许艳艳,葛鹏莉等. 塔河油田集输管线 20# 钢在 CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S 环境中的腐蚀行为 [J]. 工业安全与环保,2020,46(1):32-36.
- [4] 蔡旭东,蔡华伟,斯黎明. 油田地面集输管线腐蚀原因分析及对策 [J]. 能源化工,2020,41(3):62-65.
- [5] 陆健. 油田地面集输管线腐蚀穿孔防治问题及对策分析 [J]. 全面腐蚀控制,2020,34(5):62-64.
- [6] 许彦坤. 油田地面集输管线腐蚀穿孔分析及防治措施 [J]. 化工设计通讯,2020,46(3):50,52.