

原油输送管道防腐技术应用探讨

何乃贤 王琦* 高玉平
中油管道防腐工程有限责任公司
DOI:10.12238/pe.v3i4.15087

[摘要] 原油输送管道是油田地面工程建设的重要组成部分,其中原油管道防腐是确保管道稳定输送、影响管线寿命的关键环节。并且防腐技术的应用对于油田的安全运营、提高原油输送效率、降低运输成本具有重要意义。基于此,本文围绕原油输送管道防腐技术应用探讨进行详细论述。

[关键词] 原油输送; 管道; 防腐技术

中图分类号: U174 **文献标识码:** A

Discussion on the Application of Anti-corrosion Technology for Crude Oil Pipeline

Naixian He Qi Wang* Yuping Gao

China National Petroleum Pipeline Anti-corrosion Engineering Co., Ltd.

[Abstract] The crude oil pipeline is a critical component of the surface construction of oil fields. The anti-corrosion project of crude oil pipelines is crucial for ensuring stable pipeline transportation and extending the pipeline's lifespan. The application of anti-corrosion technology is vital for the safe operation of oil fields, enhancing crude oil transportation efficiency, and reducing transportation costs. This article provides a detailed discussion on the application of anti-corrosion technology in crude oil pipelines.

[Key words] Crude oil transportation; The Conduit; anti-corrosion technology

前言

原油输送管道防腐技术的有效应用对于原油管道的高效、高质量运营具有重要意义。只有高度重视原油管道防腐工作,才能从根本上提升原油管道的质量和使用寿命,保障原油管道运输的安全性、稳定性,促进油田企业的可持续发展,为我国经济的发展贡献更大的力量。为此,要深入探讨原油输送管道防腐技术的应用。

1 原油输送管道腐蚀的原因

腐蚀是影响原油输送管道安全、寿命及运行效率的关键问题,其腐蚀因素复杂多样,通常由内部介质、外部环境、材料特性及运行条件等多因素共同导致。

1.1 内部介质腐蚀

原油及伴生气中的腐蚀成分包括硫化物、氯化物和二氧化碳等,均会对管道产生腐蚀;介质中还含有多种微生物,例如硫酸盐还原菌、铁细菌、硫氧化菌等也会腐蚀母材;原油、水、气体三相共存,会加速金属暴露,导致冲蚀,尤其是在管道弯头、三通等部位。

1.2 外部环境腐蚀

主要是土壤腐蚀和大气腐蚀。土壤中水分、氧气及电解质形成腐蚀电池;管道附近铁路、高压线在阴极保护失效时,杂散电流产生电解腐蚀;土壤中微生物在管道外壁形成生物膜,加剧

局部腐蚀。暴露在空气中的管道受空气湿度、氧气及其他污染物影响,发生电化学腐蚀。

1.3 材料因素

材料选取不当,管道材质的耐腐蚀性能不足,未根据介质成分选择合适的钢材;焊接缺陷形成腐蚀原电池;管道表面处理不当导致防腐层失效。

1.4 运行维护因素

操作条件例如高温高压、流速变化、停输和启输时产生的温度和压力变化均可能导致腐蚀加剧或防腐层脱落;阴极保护失效导致管道电位不足,电化学腐蚀未得到有效的抑制;施工、第三方或老化等原因导致的防腐层损伤,暴露出母材基体。

2 原油输送管道防腐意义

原油输送管道是输送原油的关键设备,直接关系油田的顺利运行。若管道出现腐蚀问题,可能会导致原油泄漏、环境污染、安全事故、油田停产等严重后果。通过防腐技术的应用,能够有效地避免管道的腐蚀,确保原油管道的稳定运行,降低生产风险和损失。另外,原油管道所处的环境十分恶劣,如潮湿、酸碱性较高、有机物质含量较高等,这些因素都会加速管道的腐蚀速度。如果不采取防腐措施,管道将很快发生腐蚀破损,造成不可逆转的损失。而防腐工程技术的应用可以在一定程度上减缓或抑制腐蚀的发生,确保管道的完整性和可靠性。此外,原油管道

通常存在于室外环境,会受到气候变化、紫外线、酸雨等自然因素的影响。这些因素不仅会对管道材料产生直接的腐蚀作用,还会削弱管道的物理性能,如强度降低、抗拉性能下降等。通过防腐工程技术的应用,可以在管道外表形成一层保护层,起到隔绝环境侵蚀的作用,从而延长管道的使用寿命。最后,原油管道占据了大量的投资成本,一旦发生腐蚀导致管道失效,将需要耗费大量的时间和金钱进行修复或更换。而采用防腐工程技术,可以在设计和施工阶段就有效地预防管道的腐蚀,降低后期维护和修复的成本。同时,通过延长管道的使用寿命,也能够提高油田的经济效益。^[1]

3 常见的原油输送管道防腐技术应用及发展方向

3.1 涂层防腐技术应用及发展

涂层防腐是一种常用的防腐技术,其原理是通过在管道表面涂覆一层耐腐蚀的涂层,隔绝管道与腐蚀介质的接触,从而达到防腐的目的。涂层防腐具有施工简单、成本低廉等优点,但也存在使用寿命短、易老化、对环境敏感等问题。在选择涂层时,应考虑涂层的耐候性、耐腐蚀性、附着力等性能指标,并根据环境条件进行合理选择。例如,在湿热环境中应选用耐候性、耐腐蚀性较好的涂层,而在干燥环境中则应考虑涂层的附着力。目前,涂层防腐工程技术已经广泛应用于油田地面工程的管道防腐工程中,深受广大用户的喜爱。目前应用面最广的涂层主要有:

石油沥青防腐层:使用石油沥青浸渍玻璃纤维布缠绕而成,具有技术成熟、价格便宜的优点,但吸水率大、耐温差、易老化。

煤焦油瓷漆防腐层:相比石油沥青,吸水率低、粘结性能好、抗植物根茎穿透,但低温时发脆,施工时烟气对环境有影响。

熔结环氧粉末(FBE)防腐层:由环氧树脂等组成,与钢管附着力强,抗腐蚀性能优越,但吸水率较高,耐冲击能力有限。

三层聚乙烯(3PE)防腐层:结合了熔结环氧粉末的防腐性能和聚乙烯的抗机械划伤性能,具有绝缘电阻值高、粘接力强、耐冲击等优点,但价格较高,施工工艺要求严格。

聚乙烯胶粘带防腐层:绝缘电阻高、抗杂散电流性能好、施工方便。

液态聚氨酯防腐涂料:无溶剂、施工简单、防腐层质量好,适用于补伤、补口及旧防腐层的修复。

随着油田地面工程规模的扩大和技术的升级,涂层防腐工程技术的应用也面临着新的挑战。一方面,现有涂层的防腐性能还有待提高,特别是在高温、高湿、高盐等极端环境下的防腐效果;另一方面,涂层废弃物的处理问题也日益凸显,如何实现涂层的绿色生产和使用,是涂层防腐工程技术未来发展的重要方向。未来,涂层防腐工程技术将在以下几个方面取得突破:一是研发更加高效、环保的防腐涂层,提高涂层的防腐性能;二是推广绿色生产工艺,减少涂层的废弃物排放;三是加强与其它行业的合作,探索更多的应用场景。随着科技的进步和应用的拓展,它的应用前景将更加广阔。未来,期待涂层防腐技术能够在环保、高效、安全等方面取得更大的突破,为石油工业的发展做出更大的贡献。^[2]

3.2 热喷涂防腐技术应用及发展

热喷涂防腐是一种高效、实用的防腐技术,其原理热喷涂技术利用某种热源(如电弧、等离子喷涂或燃烧火焰等)将涂层材料(粉末状或丝状的金属或非金属材料)加热熔化,用高速气流将其雾化成极细的颗粒,并以很高的速度喷射到工件表面,形成涂层。涂层材料可以是粉状、带状、丝状或棒状,热喷涂枪由燃料气、电弧或等离子弧提供必需的热量,将热喷涂材料加热到塑态或熔融态,再经受压缩空气的加速,使受约束的颗粒束流冲击到基体表面上,冲击到表面的颗粒因受冲压而变形,形成叠层薄片,粘附在经过制备的基体表面,随之冷却并不断堆积,最终形成一种层状的涂层。热喷涂防腐技术的优势主要包括:

基体材料不受限制:可以是金属和非金属,能在各种基体材料上喷涂。

涂层材料广泛:可用来喷涂几乎所有的固体工程材料,如硬质合金、陶瓷、金属、石墨等。

基体温升小:喷涂过程中基体材料温升小,不产生应力和变形。

操作灵活:不受工件形状限制,施工方便,既可对大型构件进行大面积喷涂,也可在指定的局部进行喷涂;既可在工厂室内进行喷涂也可在室外现场进行施工。

涂层厚度可调:涂层厚度可以从0.01至几毫米。

涂层性能多样:可以形成耐磨、耐蚀、隔热、抗氧化、绝缘、导电、防辐射等具有各种特殊功能的涂层。

适应性强及经济效益好:能在众多表面处理技术中脱颖而出,满足不同行业的需求。

然而,喷涂质量受喷涂设备、喷涂材料、施工工艺等因素的影响,需要严格控制。另外,热喷涂防腐工程技术也存在一些问题。首先,喷涂过程中会产生大量的烟尘和噪声,对环境造成一定的污染。^[3]其次,喷涂层的厚度和均匀性难以控制,可能导致防腐效果不理想。因此,未来的研究方向包括开发环保、高效的喷涂设备,优化喷涂工艺参数,提高喷涂层的性能和均匀性。热喷涂防腐工程技术作为一种新兴的防腐技术,具有广阔的应用前景。然而,仍需进一步研究和改进,以实现其更好的应用效果和环保性能。未来,期待热喷涂防腐工程技术能够在原油管道防腐工程中发挥更大的作用,为油田的安全生产和可持续发展做出更大的贡献。

3.3 电化学防腐技术应用及发展

电化学防腐是一种基于原电池原理的防腐技术,其原理是通过外加电源使管道表面形成稳定的氧化还原电对,产生原电池效应,从而降低金属腐蚀速率。电化学的主要保护方式包括外加电流阴极保护和牺牲阳极阴极保护。

外加电流阴极保护:通过外部电源提供电流,使管道金属成为阴极,从而防止腐蚀。这种方法适合长距离油气管道的保护,但需要持续的外部电源,可能导致管道的过度保护和氢脆。

牺牲阳极阴极保护:在管道上附加化学活性更活泼的金属,

如镁、锌等,作为阳极被腐蚀,从而保护管道金属本身。这种方法不需要外接电源,操作简单,维护费用低。

阳极保护是将管道浸泡在含有还原剂的溶液中,使金属表面转化为惰性状态,降低腐蚀速率;阴极保护则是通过外加直流电源向管道提供电子,使其免受腐蚀介质侵蚀。电化学防腐技术适用于各种金属材质的管道,具有较高的防腐效果和灵活性。但该技术需要外加电源,操作复杂,成本较高。

随着科学技术的不断进步,电化学防腐技术在未来也将得到进一步发展和应用。^[4]随着新型材料的涌现,电化学防腐工程技术将更加注重研发和应用高效、环保的防腐材料。这些新型防腐材料具有更好的抗腐蚀性能和较长的使用寿命,能够更有效地保护管道免受腐蚀的侵害。电化学防腐工程技术在监测和维护方面也将迎来新的发展。通过引入智能化监测系统,可以实时监测管道的防腐蚀情况,并及时采取措施进行维护。同时,自动化维护设备的研发和应用也将有助于提高管道防腐工作的效率和准确性,减少人为因素的干预。

3.4 介质中添加缓蚀剂防腐技术应用及发展

在管道内壁添加缓蚀剂,可以减缓腐蚀速度。缓蚀剂分为无机缓蚀剂和有机缓蚀剂两类,需要根据腐蚀因素和应用环境有针对性地选择。随着环保意识的不断提高,开发绿色天然、环境友好型的缓蚀剂逐渐成为研究重点。例如一些天然提取物,如羽扇豆提取物、多糖及多糖衍生物等,因其具有大量的活性吸附中心,具有较好的缓蚀效果而备受关注。同时,生物基有机缓蚀剂的开发可以利用可再生资源,降低对环境的影响,并且可能具备生物相容性。未来有机缓蚀剂可能发展成智能涂层,能够感知环境条件并自动调整其防护性能。这种智能化技术可以通过集成传感器和响应机制来实现,提高防腐性能的精确性和效率。有机缓蚀剂可能演变成具有多功能性的化合物,除了防腐保护外,还能提供防火、抗菌、抗静电等性能,以满足不同行业的特殊需求。利用人工智能进行材料设计和性能优化,可以加速新型有机缓蚀剂的发现和开发,提高研发效率,开发出更高效的缓蚀剂产品。同时,不断调整实验条件,如复配比例、缓蚀剂浓度、适宜温度、合适的电流密度等,寻求能够达到最佳效果的状态。

有机缓蚀剂未来可能具备自修复性能,即在遭受破损或损

伤后能够自动修复。这种技术可以延长涂层的使用寿命,减少维护成本。

4 其他防腐防护措施

做好管道勘测与防护:在管道设计前,做好管道铺设地区的勘测工作,掌握该地区的地下电网、大型电力设施情况。在实际设计中,尽量避开杂散电流流动区域,并在管道周围设置安全距离,避免其他工程施工对管道运输造成影响。

安装排流保护措施:为管道安装排流保护措施,避免管道的杂散电流回到原电网中,减少杂散电流对管道的腐蚀。

加强管道维护:定期对管道进行维护保养,包括涂层修补、牺牲阳极更换、阴极保护系统检查等,确保防腐措施的有效性。利用在线监控系统,实时监测管道的运行状态和腐蚀情况,及时采取措施进行处理,提高管道的安全性和可靠性。

5 结束语

原油输送管道防腐施工技术的应用是保护管道安全、延长设备寿命和提高石油运输质量的重要手段。要持续探讨原油管道防腐工程技术的应用,切实保证石油的正常输送,促进石油行业持续健康发展。

[参考文献]

[1]王瑾,江铭峰.油田地面工程管道防腐工程技术的应用探讨[J].中国石油和化工标准与质量,2022(009):042.

[2]孙永志.油田地面工程管道防腐施工技术探讨[J].全面腐蚀控制,2023,37(05):90-92.

[3]李卉.油田地面工程管道防腐施工技术[J].全面腐蚀控制,2022,36(01):149-150.

[4]丁虹升.油田地面工程管道防腐施工技术研究[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(12):38-39.

作者简介:

何乃贤(1986--),男,汉族,甘肃省白银市人,大学本科,工程师,从事管道防腐工艺设备方面研究。

*通讯作者:

王琦(1987--),女,汉族,河南省巩义市人,硕士研究生,工程师,从事防腐施工项目管理方面研究。