

油气储运管道腐蚀防护技术的现状与发展趋势研究

梁书飞 韩彦文（国家管网集团北京管道有限公司，北京 100101）

摘要：文章以当前的油气储运管道作为研究背景，对其腐蚀防护技术现状及其发展趋势展开研究。包括油气储运管道防腐保护的重要性，油气储运管道腐蚀防护方案现状，油气储运管道的主要腐蚀防护技术及其应用现状，油气储运管道腐蚀防护技术的主要发展趋势等。希望通过此次分析，可以为腐蚀防护技术的合理应用和发展提供一定参考，以确保现代油气储运管道的防腐效果。

关键词：油气储运管道；腐蚀防护；防腐方案；表面防护；内部防护

在现代油气储运工作中，储运管道防腐是一项关键内容。基于此，油气企业与工作人员应明确此项工作的重要性，结合当前的油气储运管道腐蚀防护方案及其技术应用情况等，研究其发展趋势。如此方可有效提升油气储运管道的腐蚀防护工作质量，为其安全稳定运行提供有力支持，并进一步提升油气企业经营效益，满足社会实际需求。

1 油气储运管道防腐保护的重要性

就目前的油气储运管道而言，其防腐保护的重要性主要表现在以下几方面：①合理的防腐保护可有效避免因油气储运管道腐蚀泄漏所导致的火灾和爆炸等安全事故，为油气储运管道的安全运行提供良好保障。②合理的防腐保护可有效降低腐蚀问题对油气储运管道承压能力的不利影响，防止管道破坏，以进一步延长其使用寿命。③合理的防腐保护可有效避免因油气储运管道腐蚀泄漏所导致的管道限气或停气等情况，以满足用户正常生活中的油气使用需求。④合理的防腐保护可有效避免因油气储运管道泄漏所造成的周边环境污染情况，为大气环境与生态系统的健康发展提供有力支持。⑤合理的防腐保护可显著降低油气企业因油气储运管道腐蚀泄漏而花费的运维或更换成本，降低油气储运过程中的损失量，从而进一步提升油气企业的经济效益，促进其良好经营与发展。由此可见，防腐保护在油气储运管道运维管理工作中非常重要。基于此，油气企业与技术人员需对此做到足够重视，结合实际情况，采取有效的技术措施实施腐蚀防护，以确保油气储运管道的安全、可靠、经济运行。

2 油气储运管道腐蚀防护方案现状

2.1 直管段外防腐方案

在当前的油气储运管道腐蚀防护工作中，直管外防腐方案是一项基础且典型的防腐保护方案。通常情况下，对于普通油气储运管道中的直管段，主要将常

温三层加强级 PE 材料用作防腐层，以达到良好的防腐保护效果。对于预留长度在 140–150mm 的钢管管端，则需要将聚乙烯用作端面防腐材料，并使其形成 30° 及以下的倒角，以确保其防腐效果。而对于油气储运管道中的直管焊缝部位，其防腐层厚度需控制在其他相同直管段厚度的 80% 及以上，以满足其实际防腐保护需求^[1]。另外，对于定向钻穿越段的油气管道直管外部，也应采用常温三层加强级 PE 材料进行防腐保护，以保障其防腐效果。

2.2 热煨弯管与冷弯弯管外防腐方案

在现代油气储运管道中，热煨弯管以及冷弯弯管也是重点防腐保护部位，因此其腐蚀防护方案的合理实施同样至关重要。对于热煨弯管，应通过双层熔结加强级环氧粉末材料实施外部腐蚀防护，其厚度需控制在 800 μm 及以上。对于热煨弯管两端，也应通过双层熔结加强级环氧粉末材料实施外部腐蚀防护，但其喷涂长度应控制在 140–150mm 之间。对于冷弯弯管，需通过和直管段相同的防腐层进行腐蚀防护处理，以满足其防腐保护需求。

2.3 管道补口补伤防腐方案

对于油气储运管道上设置的防腐层，合理的补口和补伤也是实施此类管道腐蚀防护的关键方案。对于一般油气储运管段和非定向钻穿越的油气储运管道，在实施外部防腐补口时，通常采用 1B 型中低密度辐射交联热熔胶型聚乙烯热收缩带与环氧底漆干膜相配合的方式进行补口处理。对于定向钻穿越施工中专用的普通型聚乙烯热收缩带与环氧底漆干膜相配合的方式进行补口处理。具体补口时，热收缩带需通过机械法进行安装。对于三层 PE 材质防腐层，若漏点直径在 10mm 及以内，或损伤深度未超出防腐层一半厚度，可通过修补棒进行修补处理；若漏点直径在

10~30mm 之间，可通过辐射交联聚乙烯补伤片进行修补处理，其边缘需超过漏点边缘 100mm 及以上；若漏点直径在 30mm 以上，则需要在基于上述补伤片修补的同时，将一条热收缩带包裹在修补位置，并将其和主防腐层之前的搭接宽度控制在 100mm 及以上^[2]。对于热煨弯管外部的防腐层，具体补伤处理时，若缺陷部位直径在 25mm 及以下，可通过粉末生产厂家推荐的热熔修补棒或双组分无溶剂液体环氧树脂涂料进行修补处理；若缺陷部位直径超过 25mm，则应通过熔结环氧粉末涂料厂家推荐的双组分无溶剂液体环氧树脂涂料进行修补处理。

2.4 管道内减阻层防腐方案

对于除上述特殊部位之外的油气储运管道其他部位，其基本防腐方案均为管道内减阻层防腐。将化学药剂、衬里材料或环氧树脂镀层等作为主要减阻防腐措施，所选原材料性能、涂层作业与质量检验都应与《输气管道工程内减阻环氧涂层技术规格书》DEC-NGP-S-AC-001-2020-1 中的相关要求相符，以满足油气储运管道的内部腐蚀防护需求。

3 油气储运管道的主要腐蚀防护技术及其应用现状

3.1 表面防护技术

3.1.1 防腐涂层

在防腐涂层技术的实际应用中，合理的设备选择、管道表面处理及其工艺参数控制都至关重要。首先是防腐涂层施工中的设备选择，目前此类工程中的重点设备主要有抛光除锈、中频加热、粉末喷涂以及传动轮组等设备，选择时应严格按工程设计要求和施工组织计划合理选择设备种类、规格和型号，并做好设备质量检查与调试工作，使其参数适宜，且能够保持正常运行。其次是管道表面处理，通常情况下，油气储运管道在喷涂防腐涂层之前应实施以下几项表面处理工作：①仔细清除附着在表面的油污和杂质等；②进行管道表面预热处理，使其温度控制在 40~60℃。③对管道表面实施抛光处理，使其锚纹深度控制在 40~70 μm。④抛光后应清理掉管道表面的粉尘和其他附

着物，使表面足够清洁^[3]。最后是防腐涂层工艺参数的合理控制，通常情况下，对于油气储运管道外表面，其防腐涂层工艺参数应按表 1 进行控制：

3.1.2 阴极保护

阴极保护是将电化学腐蚀作为指导，通过牺牲阳极或排流保护等方法，对油气储运管道外表面实施腐蚀防护。牺牲阳极的基本方法是将阳极材料与外部电源引入，以增强管道表面负电位，通过阳极材料加速腐蚀的方式减缓管道表面腐蚀。排流保护的基本方法可按强制排流、极性排流和直接排流进行细分，其基本方法是通过阳极反应速率的有效降低，对管道表面实施腐蚀防护^[4]。而在具体的阴极保护中，工作人员需使阴极和阳极合理配置，并根据实际情况，将土壤或水用作导电介质，以实现完整电极的有效形成，从而对管道表面实施良好的腐蚀防护。

3.2 内部防护技术

3.2.1 化学药剂

在油气储运管道内部腐蚀防护中，化学药剂添加是一种典型技术。其基本方法是将缓蚀剂适量添加到管道内部，使其形成一层具有吸附性和钝化性的保护层，以有效隔离金属管道和腐蚀物，遮盖腐蚀反应，减缓管道腐蚀进程，并有效降低金属管道内部的流体摩擦阻力。这对于油气储运管道内部防腐效果的提升及其使用寿命的延长都将十分有利。

3.2.2 衬里防护

就目前的油气储运管道内部腐蚀防护技术而言，衬里防护也是一项关键技术。具体防护处理时，其基本方法是将玻璃钢、水泥砂浆或橡胶等材料作为涂覆材料，对油气储运管道内部实施一次涂覆或多次涂覆处理，并通过适当养护的方式，使涂覆材料和管道内壁之间达到无缝接合效果，从而在其内壁上形成一层质地坚固的保护层。在油气储运管道运行过程中，该保护层不仅可有效隔离管道内壁金属和其中的油气腐蚀介质，防止其发生腐蚀反应，同时也可有效降低油气流体和储运管道金属内壁之间的直接接触阻力，从

表 1 油气储运管道外表面防腐涂层工艺参数控制现状

序号	项目	参数	序号	项目	参数
1	除锈质量	Sa2.5 级	5	供风压力	0.6~0.8MPa
2	粗糙度	40~70 μm	6	喷涂速度	1~2 m/min
3	除锈速度	1~4 m/min	7	涂层厚度	0.3~0.4 mm
4	预热温度	180~275℃	8	固化温度	≤ 275℃

而显著降低其磨损率^[5]。通过该腐蚀防护技术措施的合理应用，不仅可对油气储运管道起到有效的防腐保护作用，也可有效解决其长期运行条件下的磨损问题，从而进一步延长其使用寿命。

3.2.3 镀层内涂

对于目前的油气储运管道内部腐蚀防护而言，镀层内涂也是一项重要技术。具体应用时，其基本方法是将镀层工艺合理应用到油气储运管道内表面上，使其表面金属更加光滑，从而有效降低油气储运管道内壁的流体摩擦阻力，并达到良好的腐蚀介质隔离效果。这对于油气储运管道腐蚀防护效果的提升及其使用寿命的延长也将非常有利。

4 油气储运管道腐蚀防护技术的主要发展趋势

4.1 防腐材料的进一步优化

通过既有的油气储运管道腐蚀防护方案及其技术应用情况来看，防腐材料是确保其腐蚀防护效果的基础，只有应用在腐蚀防护中的防腐材料品质足够优良，其腐蚀防护效果才会得到进一步提升。基于此，在油气储运管道腐蚀防护技术的发展过程中，防腐材料的进一步优化是一个首要发展趋势。为达到这一目标，相关单位、研究者与技术人员应对防腐材料做到足够重视，结合既有防腐材料的组成及其性能等，深入探究其优化方法，从而实现既有防腐材料的合理优化，或新型防腐材料的有效制备。如此便可更好地满足油气储运管道腐蚀防护工作中对于防腐材料的实际应用需求，为其腐蚀防护质量的提升提供基础材料支持。

4.2 防腐技术的进一步优化

随着现代先进科学技术的不断应用、发展与革新，防腐技术在油气储运管道腐蚀防护处理中的应用优势也日益突出。经实践应用可知，科学先进的防腐技术可使各项防腐材料的应用更加合理，以全面提升其应用效果，强化油气储运管道的防腐处理质量。基于此，研究者和技术人员也需要对防腐技术的发展与优化做到足够重视，结合现代防腐技术应用现状，通过技术、设备不断优化的方式，提升其防腐处理效果。就目前的油气储运管道腐蚀防护工作来看，数字化、自动化与智能化是其防腐技术的主要发展方向。在数字化技术支持下，各项防腐技术措施均可通过计算机进行控制，以有效提升其防腐处理精度。在自动化技术支持下，防腐技术可摆脱传统人工操作模式，以降低人为因素的各种不利影响，提升整体施工效率和质量。而在智能化技术支持下，防腐技术将得到更好的智能化

控制，从而根据实际情况智能化调节各项技术参数，在保障防腐效果的基础上实现防腐材料与处理时间等的合理节约。

4.3 腐蚀检测的进一步优化

对于油气储运管道的运维管理工作而言，科学合理的腐蚀检测不仅可及时发现其腐蚀问题，也可为后续的腐蚀防护处理提供科学指导。基于此，在腐蚀防护技术的发展过程中，腐蚀检测技术的进一步优化同样至关重要。为达到这一目标，研究者与技术人员可结合油气储运管道实际情况，为其建立一个自动化和智能化的腐蚀检测系统。通过智能化传感器设备采集管道腐蚀参数，借助人工智能算法模型进行参数分析和处理，以实现管道腐蚀情况的科学分析。对于存在腐蚀问题的管道，该系统则可在自动化与智能化等技术支持下，制定出针对性的腐蚀防护处理技术方案，从而为其后续的防腐处理工作提供科学指导，以提升其腐蚀防护工作效率和工作质量。

5 结束语

综上所述，在现代油气资源的应用过程中，油气储运管道是最为关键的基础设施。但是由于此类管道运行环境比较特殊，连续运行周期很长，所以在实际运行中，管道腐蚀问题很值得关注。为有效防止管道腐蚀所导致的油气泄漏情况，确保油气储运工作的安全性，并确保其周边环境质量，油气企业、研究者和相关技术人员需对其腐蚀防护技术做到足够重视，结合当前的主要腐蚀防护方案，将各类腐蚀防护技术合理应用到此类管道防腐处理工作中。同时应结合当前各项先进技术的发展情况，对其防腐技术的发展趋势展开深入分析。如此方可进一步提升各类防腐材料、技术在油气储运管道腐蚀防护中的应用效果，确保其腐蚀防护质量。

参考文献：

- [1] 蔡万超. 油气运输管道中腐蚀问题及防护措施分析 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2023(16):22-24.
- [2] 贾成亮, 曹丽莎. 油气储运过程中的管道腐蚀与防护技术研究 [J]. 中国化工贸易 ,2023(35):112-114.
- [3] 仇祥平. 油气储运中的管道腐蚀成因分析及防护措施 [J]. 工程管理 ,2024(6):210-212.
- [4] 田丽, 张桐硕. 油气储运中的管道腐蚀成因与防治措施分析与研究 [J]. 中国化工贸易 ,2024(14):157-159.
- [5] 刘祥福. 油气储运过程中的腐蚀与安全防护技术研究 [J]. 中国化工贸易 ,2024(17):130-132.