

油气储运工艺设备腐蚀防护原理及措施研究

朱远程（中国石油工程建设有限公司，北京 100120）

摘 要：针对油气储运工艺设备经常发生腐蚀的问题，应认识到设备腐蚀将给油气生产管理带来较大安全隐患。为加强设备腐蚀防护，在对工艺设备的物理防腐、化学防腐和电化学防腐原理展开分析的基础上，提出采用涂刷防腐涂料、阴极保护、保护层覆盖等多种腐蚀防护措施，有效处理设备各部位发生的腐蚀，降低设备腐蚀现象发生频次，为油气安全储运提供有力技术支持。

关键词：油气储运工艺设备；腐蚀防护原理；防腐措施

0 引言

在石油行业向着规模化、大型化方向发展的背景下，大量的油气储运工艺设备得到了应用。但目前来看油气储运设备容易发生腐蚀，一旦出现油气泄漏情况可能引发安全事故，给人们的生命财产安全带来威胁。因此应加强油气储运工艺设备腐蚀防护原理分析，做到科学采取设备防腐措施，维持设备长时间安全可靠运行，为行业的可持续发展提供保障。

1 油气储运工艺设备常见腐蚀现象

油气储运工艺设备类型较多，如油罐、压缩机、搅拌装置、计量装置、管道等等，都可能发生腐蚀。最常见的腐蚀现象就是油罐腐蚀，如油罐高低液位长时间转换运行、罐底积聚过多酸性沉淀物等，都可能导致油罐底板腐蚀，腐蚀以点蚀为主，多发生在罐底容易被原油沉降水浸泡的凹陷位置。而油罐长期处于收发原油等状态，罐底搅拌器长时间不使用，导致油污持续积聚，硫酸菌快速生长，则将造成油罐内部严重腐蚀。油罐内除了顶部，大部分内壁将与油品直接接触，在介质含有水和酸碱盐等元素时，将导致内壁产生电解水现象，导致内壁出现腐蚀坑点，经过长时间腐蚀将造成内壁穿透，引发泄漏现象。油罐外壁长时间被太阳光照射，同时受到风吹雨淋，金属表面将发生电解水现象，引发外壁腐蚀问题。同时受内外因素的影响，油气储运工艺设备容易发生腐蚀，一旦穿孔将造成油气泄漏，遇到火星将引发火灾事故，造成人员伤亡或经济损失。因此应加强设备腐蚀防护研究，采取有效措施加强设备安全保护，同时有效延长设备使用寿命，确保油气储运活动安全、高效开展。

2 油气储运工艺设备腐蚀防护原理

在油气储运工艺设备腐蚀防护方面，主要可以将防腐技术划分为物理、化学和电化学三类，拥有各自的腐蚀防护原理，应通过深入分析掌握各种防护技术

特性，为科学处理油气储运设备腐蚀问题提供指导。

2.1 物理防护原理

在油气储运工艺设备腐蚀防护方面，物理防护技术主要是针对物理腐蚀问题所提出的。如油罐因内部液体持续流动，将导致金属表层持续受到冲刷。在长期的冲刷作用下，金属表面钝化膜受损，造成腐蚀介质与金属表层相接触，引发电化学反应，继而引发腐蚀现象。储罐内部油液始终处于进出交替状态，导致油罐底部陈积水和液态油大幅度波动，引发混流现象，造成罐底被持续冲刷，出现金属离子和保护膜脱落现象，将引发局部物理腐蚀。针对这些问题，采用物理防护措施就是在需要保护的材料和腐蚀物质之间涂刷防腐涂层，如使用防锈涂料在金属表层生成防腐涂层，能够作为保护层将被保护材料和腐蚀物隔离开来，有效防止内部金属表层受到介质冲刷作用。

2.2 化学防护原理

化学防护技术则是针对设备化学腐蚀问题所提出的，因为设备金属表面与环境介质发生化学作用生成腐蚀产物，主要是由于金属与非电解质接触时后者分子被金属表面吸附，分解成原子后和金属原子化合。在化学腐蚀防护上，主要利用酸碱中和原理去除环境中对金属有害的物质，确保设备金属表层不受腐蚀性物质侵害。如油罐气相部位尽管不会与原油介质直接接触，但在油品收发期间因环境温度变化将产生水汽，其中带有硫化氢、二氧化碳等各种腐蚀介质，将引发罐顶内表面腐蚀。油气产品大多会挥发硫化氢等气体，与水相遇后将在设备内壁形成液膜，促使氧气发生强烈去极化反应，生成酸性物质腐蚀油罐内壁。经过长时间使用后，水分不断沉积，各类杂质沉在罐底，融合后也将引发罐底化学反应。在化学腐蚀防护上，常通过在防锈涂料中添加两性化合物与酸碱物质发生化学反应，如氢氧化铝、氢氧化钡等。

2.3 电化学防护原理

电化学腐蚀往往伴随着物理腐蚀和化学腐蚀发生,因为金属在水溶液或潮湿大气环境中表面将形成微电池,被称之为腐蚀电池,由阳极和阴极构成,前者将产生氧化反应导致阳极溶解,后者将发生还原反应,发挥传递电子作用。利用电化学作用实现腐蚀防护,原理上就是在防锈涂料中添加铬酸盐等特殊物质,确保在水分和氧气通过涂料时发生反应,生成防腐离子促使钢铁等金属表面钝化,阻止金属离子溶出,从而达到防腐效果。

现阶段,常见的防护技术包含覆盖层保护、电化学保护、缓蚀剂保护等,腐蚀防护原理大致相同。如采用覆盖层保护技术,主要是在耐腐蚀性能差的材料表面覆盖耐腐蚀性能强的金属或非金属材料,将基体材料和腐蚀介质隔离开来,有效控制腐蚀发生。采取电化学保护技术,包含阴极保护和阳极保护两种,前者可以将被保护金属与外加电流电源负极连接,促使金属表面形成阴极电流引发金属电位变负,减小金属溶解速度。采取阳极保护技术,将保护金属构件和外加直流电源正极连接,使金属构件阳极在电解液中极化至一定电位,保持稳定钝态,抑制阳极溶解,从而减低腐蚀速率。此外,也可以采取缓蚀剂保护技术,通过添加少量可阻止或减缓金属腐蚀的物质,达到保护设备不受腐蚀的目的。

3 油气储运工艺设备腐蚀防护措施

实际对油气储运工艺设备进行防腐处理,应认识多数设备将同时发生物理腐蚀、化学腐蚀等多种腐蚀,不能采取单一的防护技术。因此在防腐措施运用上,应结合设备腐蚀情况采取对应防护措施,从而成功防止设备受到腐蚀破坏。

3.1 防腐涂料涂刷措施

在油罐防腐方面,最常用的就是防腐涂料涂刷措施。针对油罐外壁位置,选择防油防污性能良好的防腐涂料,应确认涂料同时具有防晒效果,以免因长时间暴露在空气中出现晒蒸问题,导致防腐材料发生过多损耗,影响外壁防腐效果。选择深色防腐涂料,确认涂料同时拥有防火性和膨胀功能,可以降低涂料热辐射,避免涂料因温度过高而燃烧。如果储油罐位于沿海地区,考虑到空气水分含量较大,应选择耐盐雾的防腐油漆,确保设施外壁形成稳定性强的防腐面漆。在普通环境下或周围存在化工气,可以选用综合性能良好的丙烯酸聚氨酯涂料。

在油罐内壁防腐涂料涂刷方面,应针对不同位置采取不同防腐措施。如针对内壁底部进行防腐,使用高电位导电材料作底,有效防止铁做阳极的同时,选用具有抗渗性的涂料,减少介质腐蚀发生。在油罐用于存储原油、石油的情况下,含水相腐蚀介质,为配合采取阴极保护措施,应选用耐油非导静电的防腐涂料。因为常规防腐涂层难以取得理想防腐效果,同时防护寿命不长,应选择重防腐涂层对底板实施系统化防护。如使用环氧类重防腐涂料,主要材料为环氧树脂,粘附性较强,固化后拥有较高强度,同时耐化学性较佳,不容易与其他物质发生化学反应,可以确保油罐内壁形成的涂层拥有良好稳定性。此外,也采用选用聚氨酯树脂涂料,将聚氨酯和环氧树脂融合,增强涂层的耐磨性,防腐效果较好。针对内壁罐顶区域,应使用电阻膜预防静电积聚,并使用可以阻挡化工气体腐蚀的涂料,确认涂料对内壁钢材无损伤,也不会带来油品源头污染。在油罐内壁和腹舱底板位置,同时油罐用于存储粗汽油等介质,应选用导静电环氧树脂涂料。由油罐用于存储蜡油等产品,考虑到储运过程中操作温度较高,应选用有机硅改性环氧树脂涂料加强内壁防腐处理。

3.2 阴极保护措施

在油气储运工艺设备腐蚀防护方面,实施区域性阴极保护拥有见效快、成本低等优势,能够有效减缓储罐等金属设备和管道腐蚀,延长设备检修周期和使用寿命。具体来讲,就是需要通过外加直流电源方式实施阴极保护,要求驱动电压和保护电流较大,同时能够自由调节,有效减少阴极损耗,但对环境要求较高。采用阴极保护措施,应设置与阳极相对的应急点,确保阴极和阳极位置间存在电解质,从而形成导通电路,充分发挥防腐作用。此外,针对油罐底板进行防腐处理,多采用阴极保护和防腐涂料结合方式,有效减缓底板腐蚀速度,但要求设备结构简单,底部存在导电的沉积水,以免阴极表面生成不到电外壳后限制电流输出。因此在采取阴极保护措施时,应做好保护体系设计,检查确认土壤阳极的电阻率不高,否则应采取金属防护结构外加电流阴极保护,有效增强防腐涂层稳定性和耐阴极剥离性,防止因施加阴极保护导致涂层脱落。在防腐实践中,多在油罐底板下部配备柔性阳极和防腐涂层,在壁板下方布置环形钢筋混凝土底座和沥青砂垫层,并为油罐配备恒电位仪,使罐底得到电位保护。依靠柔性阳极保护底板外侧,防腐

效果取决于恒电位仪运转情况,应确定保护电位满足实际需求。为此,应加强阴极保护系统管理人员培训,明确人员工作职责,保证加强杂散电流和特殊天气对保护装置的干扰监测,通过日常检修和维护提高设备防腐效果,防止设备受腐蚀介质侵入。

3.3 牺牲阳极块保护措施

将涂层和牺牲阳极块保护技术结合在一起,能够防止静电荷流体进入储罐后发生电荷积聚现象,有效保护涂层破损位置的同时,达到较高电流分散效率,避免因静电荷无法及时释放引发爆炸事故。在油气储运设备防腐方面,采取牺牲阳极保护措施无需额外施加电流,配备的系统拥有较大驱动电流和较小保护的电流,与外界不存在相互干扰,能够起到稳定防腐效果。但由于阴极损耗较大,为保证有效防止设备发生腐蚀,应做到定期更换阴极。该措施多用于油罐底部和壁身,在圈板上和加热复盘管等位置加装阳极块,对油罐下方和底板实施系统保护。为保证系统稳定性,主要选用铝合金材质的阳极块,同时考虑阳极块位于储罐内,存在难更换的问题,尽量减小阳极块体积,并确认材质寿命较长。在氯离子环境中,铝合金阳极块能够保持良好性能,产生较大保护电流,并延长使用寿命,因此可以在罐底积水层中使用,使侧壁2m以下位置得到有效腐蚀防护。

3.4 增加保护层覆盖措施

在油罐外壁底部和内壁防腐方面,都可以采取增加保护层覆盖措施。一方面,在掩埋油罐底部时,应使用沙土将底部埋起来,通过改善底部土壤环境减轻外壁腐蚀。在土质存水效果不佳的情况下,可以采用在土地表面注入水泥方式防止罐底部土壤积水。在增加保护层覆盖的过程中,适量添加玻璃纤维、塑料袋等含聚乙烯的物质,能够加固覆盖层,并通过阴极保护防止地下结构被破坏,有效预防油罐底部外壁腐蚀。另一方面,在设备内壁腐蚀严重的情况下,应采用热喷铝技术加强内壁防腐措施。通过在设备金属表层喷铝涂层,能够产生致密氧化膜,避免金属与氧气发生反应,有效防止金属腐蚀。热喷铝涂层拥有较强稳定性,在极端条件下即便发生局部破损,整体防护层也能保持良好防腐性能,因此即便在强酸碱和高温油气储运设备中依然能够得到使用,并且取得理想防腐效果。此外,油气储运管道多采用三层聚乙烯防腐层技术,在管道设备外层缠绕聚乙烯胶带,有效防止管道外部发生腐蚀。针对不易操作的弯头或补口等位置,

目前主要采用固体聚氨酯或聚脲防腐材料,具有方便施工、成本低等优势,而近年来则开始采用液体环氧防腐剂进行防腐处理,使用钢丝刷等做好法兰间隙和螺栓除锈后,可以注入防腐剂,外缘缠绕防腐胶带建立第二道防线,有效降低设备腐蚀几率。

3.5 添加缓蚀剂措施

油气产品储运期间,内部含有硫化物和二氧化碳,将与设备内壁金属层相互作用,导致腐蚀不断加深。在设备内壁容易积水的位置,腐蚀将加剧,容易引发开裂事故。为避免腐蚀问题发生,应使用缓冲腐蚀剂有效放缓腐蚀速率。除了使用缓蚀剂在设备内壁形成沉淀膜,也可以添加除氧剂构成封闭环境,有效抑制氧化反应发生,降低金属表面活化能,从而降低金属腐蚀速率。此外,针对油罐上部与空气接触的位置,为防止金属腐蚀发生,可以添加气相缓蚀剂,同时在油层与金属接触位置添加油溶性缓蚀剂。针对油罐不同的位置,采用不同的缓蚀剂抑制化学腐蚀发生,能够取得理想防腐效果。

4 结语

石化企业使用的油气储运工艺设备较多,在多种因素作用下设备各个部位都可能发生腐蚀,为避免泄漏事故发生,应深入研究设备腐蚀防护原理,做到科学运用防腐技术。在设备腐蚀防护实践中,应结合设备腐蚀位置和情况采取相适应的防护措施,综合运用防腐涂料涂刷、阴极保护等措施,从而提升设备防腐处理的有效性,增强设备安全性的同时,延长设备使用寿命。

参考文献:

- [1] 马启吉. 油气储运中管道科学防腐技术的应用[J]. 化工管理, 2023, (11): 66-69.
- [2] 王宝德. 油气储运设备的维修保养措施[J]. 化学工程与装备, 2023, (03): 67-68.
- [3] 袁同明. 油气储运工程安全管理及事故预防措施分析[J]. 云南化工, 2022, 49(11): 134-136.
- [4] 花小红. 油气储运设备维护和管理要点分析[J]. 产业创新研究, 2022, (14): 84-86.
- [5] 卢少俊. 石油化工油气储运设备的有效管理及维护措施[J]. 中国设备工程, 2022, (12): 48-50.

作者简介:

朱远程(1985.04-)男, 汉, 河南南阳, 本科, 中国石油工程建设有限公司, 研究方向: 地面建设和油气储运。