

Principles and countermeasures of corrosion protection of oil and gas storage and transportation process equipment

Yang Song

Liaohe Oilfield (Panjin) Gas Storage Co., Ltd., Panjin, Liaoning, 124100, China

Abstract

For the development of petroleum industry, the application of oil and gas storage and transportation process is very important, the process involves the operation of many equipment, and the safety and stability of the operation of oil and gas storage and transportation process equipment directly affect the smoothness of the whole process of oil and gas production and transportation. And oil and gas storage and transportation inevitably need to face the corrosion problem of equipment. If the corrosion problem is not properly handled, it is easy to lead to pipeline leakage, equipment damage and other problems, and even cause serious safety accidents. Based on this, this paper analyzes the principle of corrosion protection of oil and gas storage and transportation process equipment in detail, and then discusses the effective coping strategies, hoping to provide useful reference for the safety, stability and efficiency of oil and gas storage and transportation.

Keywords

oil and gas storage and transportation; equipment corrosion; principle; countermeasures

油气储运工艺设备腐蚀防护原理及对策探析

宋杨

辽河油田(盘锦)储气库有限公司, 中国·辽宁 盘锦 124100

摘要

对于石油工业发展而言, 油气储运工艺的应用至关重要, 其过程涉及诸多设备的运行, 并且油气储运工艺设备运行的安全性、稳定性直接影响着油气生产、运输等整个过程的顺畅性。而油气储运不可避免需要面对设备的腐蚀问题。若是腐蚀问题得不到妥善处理, 极易导致管道泄漏、设备损坏等问题, 甚至会引发严重的安全事故。基于此, 文章对油气储运工艺设备腐蚀防护的原理进行了详细分析, 进而探讨了有效的应对策略, 希望能够为油气储运的安全、稳定、高效提供有益参考。

关键词

油气储运; 设备腐蚀; 原理; 对策

1 引言

在油气储运过程中, 涉及对原料油、原料气等的储存、接收、传输, 机泵、油罐、气罐、气柜、压缩机、管道等都是油气集输过程中较为常用的工艺设备。而油气的成分较为复杂, 且具备易燃易爆、腐蚀、毒害等危险特质, 会对工艺设备的安全、稳定运行产生较大影响。尤其是在设备运行环境、工艺介质等会产生严重的腐蚀问题, 严重时还会造成人员伤亡以及环境污染, 因此加强对油气储运过程中工艺设备的腐蚀保护有着十分重要的现实意义。

2 油气储运工艺设备腐蚀种类和原理

2.1 化学腐蚀

化学腐蚀, 指的是油气储运的工艺设备的金属表面受

到空气、非电解质溶液等的影响而发生化学反应产生的腐蚀问题。在油气储运工艺设备中, 未做涂层, 或者涂层失效的设备暴露在含氧环境中极易产生化学腐蚀。初期, 设备的金属表面和空气中的氧气接触引发化学反应, 在金属表面产生氧化膜薄层。一般来说, 氧化膜的隔离作用会使减少金属表面与氧气接触进而抑制腐蚀反应, 形成对设备的保护作用。但是在空气中水分的作用下, 使得金属表面产生电解质溶液, 使得设备的金属表面发生严重的电化学腐蚀。

2.2 电化学腐蚀

电化学腐蚀, 指的是设备的金属材料在电解质溶液环境下产生电化学反应, 导致设备的腐蚀。设备中的金属材料部分在电解质溶液环境中表现出较强的还原性, 金属分子极易发生电子丢失, 形成金属阳极、此时, 金属内部的电子, 和溶液中的离子共同组成电子回路, 在阳极发生离子转移反应, 在阴极发生电子的吸附反应, 使得设备产生电化学腐蚀。在油气储运工艺设备运行过程中, 电化学腐蚀是较为常见的

【作者简介】宋杨(1988-), 男, 中国黑龙江大庆人, 本科, 工程师, 从事石油与天然气、油气储运研究。

腐蚀方式,使得金属发生缩孔、脆化,削弱设备金属强度。^[1]

2.3 物理腐蚀

物理腐蚀,指的是设备的金属成分受到纯物理溶解的影响而产生的破坏。尤其是金属设备涉及熔融反应时产生对设备金属组分的腐蚀。油气储运工艺中油品、轻烃的在溶剂中的含量较高,会对物理腐蚀产生一定的抑制作用,因此物理腐蚀对于油气储运工艺设备的腐蚀影响较小。

2.4 大气腐蚀

大气腐蚀指的是空气中的水、氧气、酸性物质等的混合作用产生的腐蚀影响。工艺设备材料受到大气环境的腐蚀较为常见,并且大气腐蚀造成的设备金属损失占比在50%以上。并且大气腐蚀的程度会受到设备所处环境变化的影响。空气中的含硫物质、氯化物等的含量越高,产生的腐蚀影响也越严重,尤其是油气加工生产区域,工艺设备往往会遭受严重的大气腐蚀。

2.5 土壤腐蚀

在油气储运过程中,许多设施、设备的使用需要进行基础构件的地下掩埋,以及油、气、水、电等管线都需要进行地下埋设,在土壤的腐蚀影响下极易出现设施设备损坏、管线破坏等问题,引发油、气、水、电的泄露。土壤腐蚀的发生主要是由于金属材料与土壤中的复杂组分发生化学反应、物理反应等导致的设备破坏。土壤成分较为复杂且物化特性多变,不同区段的设备产生的土壤腐蚀也是各不相同。在水分、氧气、酸性离子、碱性分子等的作用下土壤极易产生电解质,引发设备的电化学腐蚀,影响油气储运工艺的安全运行。

2.6 应力腐蚀

简单来说,应力腐蚀就是金属材料在特定化学环境下受到拉应力影响而发生脆性断裂。导致应力腐蚀原因较为复杂,唯有在特定的腐蚀破坏和持续拉应力作用的共同影响下,对金属材料的特有机理产生破坏,才会产生应力腐蚀,应力腐蚀在合金材料制造的设备中较为常见。应力腐蚀的危害极大,且征兆预示并不明显,一旦裂纹产生会以极快的速度扩散,进而引发严重的泄漏事故。

3 油气储运工艺设备腐蚀防护对策

3.1 阴极保护

3.1.1 阴极保护原理

采用恒流仪作为稳定直流电源的转换供应,将阴极保护电箱的阴极和工艺设备连接,阳极则连接牺牲的阳极材料,通电后形成对阴极的有效保护。通电时,阳极区域在高电势的作用下使得吸氧腐蚀、吸氢腐蚀下高电位的阳极发生溶解,避免设备的金属材料出现电子丢失,实现对设备的有效保护。简单来说,阴极保护方法的应用就是借助外加电流对腐蚀环境下设备材料的原有电位高度进行改变,以设备金属材料作为阴极,降低设备的电化学腐蚀影响。相反,阳极保

护方法则是将金属材料电位由正值转移到钝电位,钝化金属的化学性质,实现对设备的腐蚀防护。^[2]

3.1.2 阴极保护构件

阴极保护方法的应用涉及对电源设备、站外设施等的使用,前者是阴极保护系统的核心。电源设备主要由直流电源设备、交流/直流配电系统等附属设施组成。此外,通电点装置、检测装置、阳极地床、绝缘设施等都是站外设施的重要组成部分,也是阴极保护不可或缺的构件。

3.1.3 直流电源

阴极保护站的运行对于直流电源有着一定要求。首先,需要确保直流电源能够实现长期、安全、稳定运行,电压的连续输出且可灵活调整,确保输出阻抗和阳极地床回路间的较好匹配性,并且电源容量应预留适当的余量。其次,直流电源在使用维护方面应尽可能地简单、便捷,能够有效应对环境变化的影响,实现稳定运行。交流整流供出、直流发电机组、引擎发电机组等都是较为常见的阴极保护电源。

3.1.4 阳极地床

阳极地床的主要作用就是将保护电流与土壤连接,使电流经土壤流进设备表面,将设备表面进行阴极极化,以自身遭受腐蚀的代价换得设备免遭土壤腐蚀的影响。阳极地床产生腐蚀主要是电流发生流动产生电极反应,阳极的氧化反应使得金属组分发生解离腐蚀,阴极的还原反应则相反。^[3]在阳极地床的建设方面需要满足以下几个方面的基本要求:一是接地电阻需经济合理,且与电源设备的匹配度较好;二是确保较长的使用年限,尤其是深埋式阳极地床的使用年限需确保在20年以上;三是阳极地床位置、结构选择应与被保护设备电位分布保持较好的均匀度,且不会对周边地下金属构筑物产生较大影响;四是对于不设置护栏装置的情况需确保阳极地床散流对地电位梯度在5V/m以内;五是在安装选址方面,应安装在预选站的两侧的高水位、安全且便于施工的位置。

3.1.5 阴极保护使用条件

阴极保护在油气储运工艺设备腐蚀防护中的应用能够有效降低平均腐蚀率,并且实现对应力腐蚀、局部腐蚀、腐蚀疲劳等的有效防护。在实际应用过程中,阴极保护的应用必须具备以下条件:一是环境介质具备较好的导电性,能够用于极化电流回路的构建;二是被保护的金属具备较好的阴极极化特性;三是确保被保护的构件在形状与结构上都较为简单,确保无遮蔽、屏蔽;四是不适用于能够产生钝化膜的金属设备,否则会增加腐蚀速率,氢脆敏感的金属也不适用于阴极保护;五是要做好保护系统与周边环境的绝缘处理,以免产生保护电流流失。

3.2 防腐涂层保护

在油气储运工艺设备的腐蚀保护过程中,防腐涂层是较为常用的方法,主要涉及对设备进行防腐涂层的喷涂施工,石油沥青、聚乙烯胶粘带、熔结环氧粉末、三层聚丙乙

烯等都是较为常用的防腐涂层材料，并且各自具备不同的应用优势与不足。例如，石油沥青的使用具备较好的耐腐蚀性与粘结力，但是在设备运行温度超出 80℃ 时则会发生涂层脱落的现象。防腐涂层在油气储运工艺设备防腐中的应用必须确保喷涂材料较好的抗剥落性与黏合性，确保其能够长期、稳定地附着于设备表面，且具备较好的物化稳定性，以及耐酸碱、抗高温高压能力。在进行防腐涂层的喷涂施工之间，应全面做好对设备、管道等表面的清洁处理，确保设备表面干燥、洁净，保障防腐涂层较好的喷涂附着效果。^[4]防腐涂层的喷涂需确保用料充足，喷涂均匀，在适宜的温度、湿度条件下施工，实现防腐效果的最优化。在完成喷涂施工之后还应做好防腐层的细致检查，及时发现和处理漏喷、少喷等不足之处，并加强对防腐涂层效果的防护、检查，对剥落、缺损位置采用相同的防腐材料进行及时修补。

3.3 缓蚀剂防腐

3.3.1 氧化膜型缓蚀剂的应用

亚硝酸盐、铬酸盐是化学防腐较为常用的氧化型缓蚀剂，其氧化性能较强，即便是在无水无氧的环境下也能够使金属发生氧化反应，使得阳极区域产生氧化膜，进而保护金属不受进一步腐蚀侵蚀。此外，一些非强氧化剂类型的缓蚀剂在油气储运工艺设备防腐方面的应用也能够起到较好地降低腐蚀影响的效果，其主要是利用了抑制腐蚀反应的原理。氧化膜对于设备防腐，延长设备使用寿命有着十分重要的作用，值得注意的是，在高浓度氯离子、高温环境、介质快速等特定条件下，氧化保护膜可能遭到破坏，会导致氧化膜型缓蚀剂的使用效果减弱，甚至失效。为实现缓蚀剂防腐效果、效益最大化，需根据实际的油气储运环境条件，综合对温度、湿度等因素考虑，合理调整缓蚀剂浓度，以确保油气储运工艺设备得到较好的防腐保护。^[5]

3.3.2 吸附膜型缓蚀剂的应用

在油气储运工艺设备防腐过程中，吸附膜型缓蚀防腐液是较为重要的防腐措施，主要是利用有机缓蚀剂的双重机

制作用进行防腐。一是吸附膜型缓蚀剂具备可吸附的亲水基团，将金属表面进行紧密覆盖；二是在疏水基团的作用下实现对金属表面的有效遮蔽，构建双重腐蚀防护屏障。当受到吸附作用影响使得设备的金属表面带电荷时，吸附膜型缓蚀剂的应用使得阴极、阳极区域被分子膜覆盖，大幅削弱了电化学反应速率，实现较好的腐蚀速度控制效果。常见的缓蚀剂通常是具备表明活性的有机化合物，如氮、硫、羟基等，这些物质亲水亲油的特性较好，能够形成致密保护膜覆盖在设备金属表面。^[6]吸附膜型缓蚀剂的应用原理主要是借助缓蚀剂作用使得金属结构的阳极转变成为阴极，以整个设备为阴极，很好地消除了电化学反应导致的腐蚀问题，实现对腐蚀问题的控制。在外加直流电的作用下使得阳极区转变成阴极区，形成对腐蚀破坏的抑制作用。

4 结语

综述可知，在油气储运过程中，工艺设备极易受到物理、化学、应力、大气、土壤等腐蚀影响而发生损坏、泄漏。因此，要求相关单位、人员能够从腐蚀防护的原理分析着手，合理地采用阴极保护、涂层保护、缓蚀剂防腐等措施，加强对工艺设备腐蚀的有效防护，确保油气储运的安全、平稳与高效。

参考文献

- [1] 韩志龙. 油气储运工艺设备腐蚀防护原理及措施[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2023(011):000.
- [2] 王英. 油气输送管道腐蚀机理及其相关防护对策[J]. 石化技术, 2018, 25(7):1.
- [3] 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, 16(17):130-132.
- [4] 钟建伟. 用于油气储运防腐的纳米环氧复合涂料的研究[J]. 化学工程师, 2024, 38(7):46-50.
- [5] 顾玉慧, 董亮, 宋沁峰. 微型金属氧化物pH电极的制备及防腐防护应用进展[J]. 中国腐蚀与防护学报, 2023, 43(5):971-982.
- [6] 尹佳. 油气储运管道腐蚀防护技术的现状与发展趋势研究[J]. 当代化工研究, 2024(23).