

油田储罐腐蚀原因分析及防腐措施研究

李福才（中国石油工程建设有限公司，北京 100120）

摘 要：油田原油储罐是储存石油原油、炼油产品及其他液态化工产品的重要容器设施之一。其主要功能是保证石油和化工产品的储存、输送和销售，同时还具有防火、防爆、防泄漏等安全措施，以保障人们的生命财产安全和环境安全。油田储罐存在着被腐蚀的风险。由于储罐所处环境条件的复杂性，储罐的防腐蚀工作显得尤为重要。为了延长储罐的使用寿命，减少腐蚀损害，需要采取相应的防腐措施。主要包括提高材料的抗腐蚀性能、采用保护涂层、建立防腐检测体系等。此外，还应定期进行储罐的检查和维护工作，及时发现并解决腐蚀问题。

关键词：储罐；腐蚀；原因；防腐措施

1 油田储罐防腐的重要性

1.1 保证储罐的安全性

储罐防腐蚀工作的最主要目的是保证储罐的安全性。由于储罐内的储存物质大多为危险品，如石油、天然气等易燃易爆的物质，如果储罐的防腐蚀工作不到位，就会导致储罐壁的腐蚀破损，从而导致泄漏事故的发生。这样的事故不仅会造成人员伤亡和财产损失，而且还会对环境造成严重污染，给社会带来不可估量的损失。

1.2 延长储罐的使用寿命

储罐的防腐蚀工作还可以有效地延长储罐的使用寿命。储罐的使用寿命主要取决于储罐壁的腐蚀状况，如果储罐壁的腐蚀得到有效控制，就可以延长储罐的使用寿命，节约企业的投入成本。相反，如果储罐壁的腐蚀得不到有效控制，就会导致储罐的使用寿命缩短，企业需要更频繁地更换储罐，增加企业的投入成本。

1.3 提高企业的经济效益

储罐防腐蚀工作不仅可以保证储罐的安全性和延长使用寿命，还可以提高企业的经济效益。如前所述，储罐的防腐蚀工作可以延长储罐的使用寿命，减少企业的投入成本，从而提高企业的经济效益。此外，储罐的防腐蚀工作还可以降低企业的维护成本和运营成本，进一步提高企业的经济效益。

2 油田大型储罐结构

油田大型储罐是石油行业中常见的设备之一，主要用于存储原油、石油产品和液化气等。储罐结构主要分为罐体、罐顶、罐底、附件和支撑系统。

①罐体。罐体是储罐的主要构件，一般采用钢板焊接而成。储罐的容积通常在 10 万 m^3 以上，因此罐

体的厚度和尺寸需要足够强度和稳定性。罐体的表面需要进行喷砂处理和涂漆，以保证其防腐和耐久性；

②罐顶。罐顶通常采用锥形或圆形结构，主要由中央孔、溢流孔、检查孔、呼吸孔、压力释放阀和防雷设备等构成。罐顶的主要功能是防止罐内气体泄漏和防止外界杂质进入罐内；③罐底。罐底通常采用平底、锥底或球底结构，主要由底板、支脚、溢流管和排放管等构成。罐底的主要功能是支撑罐体和储存液体，同时还需具有防渗、防腐和防爆等功能；④附件。储罐的附件主要包括进出口管道、测量仪表、阀门、泵和管道支架等。这些附件的作用是控制液位、流量和压力等参数，以确保储罐的安全和正常运行；⑤支撑系统。支撑系统是储罐的重要组成部分，主要由支脚、支架和连接件等构成。支撑系统的作用是支撑罐体和附件，以及承受储罐内液体和外部环境的重量和力量。

3 油田储罐腐蚀的机理

①化学腐蚀。化学腐蚀是指在储罐内部或外部发生的一种化学反应所导致的腐蚀。常见的化学腐蚀有酸蚀、碱蚀等。酸蚀是由于在工业生产中使用的化学品如硫酸、盐酸等的存在，而导致储罐内表面金属材料受腐蚀损坏。碱蚀则是由碱性介质对储罐材料的侵蚀所引起的；②电化学腐蚀。电化学腐蚀又称为金属腐蚀，是由于电极反应而引起的腐蚀。储罐在储存时，外界的电位差和环境杂质会使储罐表面形成不同的电位，从而引起电池作用。在电极反应中，阳极会氧化，发生金属材料的腐蚀，而阴极则会还原，对金属材料有保护作用；③应力腐蚀。应力腐蚀是一种由于力学应力作用下造成的腐蚀现象。储罐在运输或储存过程中，由于受到气压或液压等外界力的作用，会产生应力，从而出现应力腐蚀；④疲劳腐蚀。疲劳腐蚀是由

于储罐长期使用及介质循环作用下,在材料表面形成微小的裂纹,裂纹逐渐扩大并发展为裂缝所引起的腐蚀。储罐在长期使用过程中,会遭遇多次气体压力和介质压力的变化,从而导致疲劳腐蚀的产生。

4 原油储罐腐蚀类型

原油储罐在长期服役过程中经常受到各种有害介质的腐蚀,而且各相介质又由各种组分组成,从而使得罐体材料的腐蚀行为非常复杂。

4.1 油罐气相部位

①二氧化碳腐蚀。二氧化碳溶解在水中后,对钢材具有极强的腐蚀性。在极强的 pH 值下,二氧化碳的总酸度高于盐酸,钢的腐蚀比盐酸更严重。二氧化碳对低碳钢的腐蚀速率可达 7mm/a,有时甚至更高。二氧化碳经常引起局部腐蚀,如点蚀和片状腐蚀;②硫腐蚀。原油中的硫通常分为活性硫和非活性硫。元素硫、 H_2S 和低分子量硫醇都会与金属直接反应,导致设备腐蚀,因此统称为活性硫。不能与金属直接相互作用的其他含硫化合物统称为非活性硫。硫的腐蚀性主要取决于含硫的种类、数量和稳定性。如果原油中的非活性硫易转化为活性硫,即使硫含量很低,也将对设备造成严重的腐蚀。 H_2S 对 CO_2 腐蚀的影响具有双重影响。在低浓度下 H_2S 可以直接参与阴极反应,导致腐蚀加剧;在高浓度下, H_2S 可以与铁反应形成 FeS 膜,从而减缓腐蚀。

4.2 油罐的储油部位

原油可以在金属表面形成保护膜,因此罐壁的腐蚀率相对较低,通常不会造成危险。然而,由于油内部和油表面上方的气体空间中的氧含量不同,形成了氧浓度电池,导致腐蚀。当氧含量从 0.02mg/L 增加到 0.065mg/L 时,金属的腐蚀速率将增加 5 倍。当氧含量增加 1m 时,腐蚀速率将增加 20 倍。在接收和支付油品的过程中,储罐液位和搅拌效果的变化进一步加速了腐蚀。

4.3 油罐的底部位

混合在油罐底板原油中的水长期积聚,气相水蒸气的冷凝水下沉,逐渐在罐底形成积水。由于排水管的中心线通常比储罐底部高出约 300mm,因此储罐底部总是存在 200~300mm 的水;此外,由于液体流动的粘度和罐底的不等因素,罐底已被淹没很长时间。沉积水中含有大量的氯化物、硫化物、氧气和酸,这些物质会成为强电解质溶液并引起电化学腐蚀。储罐底部腐蚀的类型和过程如下。

充分研究了微生物对原油的腐蚀机理,其中硫酸盐还原菌(SRB)最具代表性,硫酸盐还原菌腐蚀的

典型特征是点蚀。罐底水溶液中的氢原子被硫酸盐还原菌的代谢反应不断消耗,导致罐底防腐涂层部分剥落,钢板表面电化学腐蚀过程中阴极反应仍在继续。溶解氧对储罐底部造成的电化学腐蚀。原油储罐柱下底板在静态条件下主要发生缝隙腐蚀。然而,在正常情况下,如填充、提取和液体流动,原油罐可能会导致立柱和底板之间的摩擦和振动。此时,磨损成为主要的破坏因素,缝隙腐蚀的存在又加剧了腐蚀磨损过程,在这种机械摩擦和腐蚀的联合作用下,导致了立柱底板的腐蚀穿孔。

4.4 储罐外壁

大气腐蚀主要发生在储罐外壁上。原油储罐所在的大气环境中的氧气、水蒸气和二氧化碳会导致罐体腐蚀。同时,由于原油储罐周边环境一般为石油化工企业,罐体也可能受到工业大气中二氧化硫、硫化氢、二氧化氮等有害气体的腐蚀。大气中的水蒸气凝结在金属设备表面形成水膜,水膜溶解大气中的气体和其他杂质,充当电解质,引起金属表面的电化学腐蚀。在大气条件下, $Fe(OH)_2$ 转化为三氧化二铁或四氧化二铁,形成松散的氧化物层。在锈层表面,空气中的氧气与水连续发生阴极反应,而在锈层与金属的界面上,则发生连续的阳极反应。这种类型的氧浓度差电池会引起大的阳极和小的阴极反应,由于 CL 的存在,反应进行得很快,形成局部腐蚀并最终导致穿孔。在储罐顶部凹陷、焊接凹陷和其他容易积水的区域,大气腐蚀尤其严重。

4.5 罐底下表面腐蚀

①土壤腐蚀。原油储罐的土壤腐蚀实际上是电化学腐蚀;②杂散电流腐蚀。罐区是一个地下水流复杂的地区。当站内管网有阴极保护但储罐没有得到保护时,可能会形成杂散电流干扰。位于电气化铁路和大型电气设备附近的油罐底板可能会因杂散电流而腐蚀;③氧浓度差电池腐蚀。在罐底,氧气浓度差主要表现为罐底与砂基接触不良,如满载与空载比较时,空载时接触不良;由于储罐周围和中心的透气性不同,这也会导致电池的氧气浓度差异,电池的中心变成阳极并被腐蚀。

5 油田储罐腐蚀影响因素

油田储罐腐蚀是一种常见的问题,它会严重影响储罐的使用寿命和安全性能,因此需要采取一系列措施来预防和控制腐蚀。以下是影响油田储罐腐蚀的因素:

①储罐材料:储罐材料是决定腐蚀程度的重要因

素。常用的储罐材料包括碳钢、不锈钢、铝合金等。不同材料具有不同的耐腐蚀性能,碳钢储罐容易被酸性物质腐蚀,而不锈钢储罐则可以抵抗酸性物质的腐蚀;②储罐液体:储罐内的液体成分和pH值对腐蚀程度也有很大影响。酸性液体、盐水、含有氯离子的液体等容易引起储罐腐蚀;③储罐内部环境:储罐内部环境也会影响储罐的腐蚀程度。例如,高温高压环境容易加速腐蚀,而通风不良的储罐内部湿度过高也会加剧腐蚀;④外界环境:外界环境包括气候、气体、土壤等因素。例如,海洋环境中的海水会引起储罐腐蚀,而在酸雨频繁的地区,储罐也容易被腐蚀;⑤储罐设计:储罐的设计也会影响腐蚀程度。例如,储罐内部均匀涂覆防腐涂料、设置阴极保护等可以有效减缓腐蚀;⑥使用条件:储罐的使用条件也是影响腐蚀程度的因素之一。例如,长时间放置液体不清洗储罐、不定期检查储罐等使用不当的行为都会加速储罐的腐蚀。

6 油田储罐防腐措施

致腐蚀的主要原因是材料的抗蚀性差、防腐措施不佳等。为了保护储罐不受腐蚀,可以从以下几个方面着手:

6.1 合理选材

油田储罐的材料选择直接影响储罐的防腐性能。目前,防腐材料主要分为有机涂料、无机涂料、塑料、橡胶等四种类型。其中,有机涂料又分为酚醛涂料、环氧涂料、合成树脂涂料等多种类型。在选择材料时,需要根据储罐使用的介质、储罐容量、工作温度等因素进行综合考虑。同时,应注重材料的质量,避免使用低价劣质材料,否则会加速储罐的腐蚀。

6.2 阴极保护

阴极保护是一种通过外加电流的方式,使储罐成为电极,从而减缓储罐的腐蚀速度的方法。阴极保护分为主动式阴极保护和被动式阴极保护两种。主动式阴极保护的原理是在储罐表面附加一个电源,使储罐表面变为负极,产生电化学反应,从而保护储罐。被动式阴极保护则是在储罐表面涂覆一层负电荷物质,使储罐表面形成一个类似于电池的装置,产生电化学反应,减缓储罐的腐蚀速度。

6.3 防腐涂层

储罐表面处理是防腐措施的第一步。在涂装之前,必须进行表面处理,去除原有的污垢、油渍、锈蚀等,以确保涂层的附着力和使用效果。表面处理的方法很多,例如喷砂、喷丸、化学处理等。其中喷砂、喷丸

是比较常用的表面处理方法,可以去除表面的锈蚀和老化层,增加表面粗糙度,提高附着力。化学处理则是通过腐蚀剂将表面的铁酸盐等化学物质腐蚀掉,再进行清洗和涂装。防腐涂层是保障储罐的防腐性能的重要手段之一。防腐涂层应具有良好的附着力、抗腐蚀性、耐高温性等特点。其中,环氧涂料被广泛应用,因其固化后形成的硬质膜能够抵御化学物质的侵蚀,具有良好的防腐效果。同时,在涂层施工过程中应注意涂层的均匀性和厚度,避免出现漏涂或涂层厚度不足等情况。

6.4 添加缓蚀剂

缓蚀技术是减少石油化工中各种油、气、水储罐腐蚀的有效方法。油罐用缓蚀剂根据用途的不同分为三类。一种是水溶性缓蚀剂,用于防止油罐底部的水沉积和腐蚀;第二种是油溶性缓蚀剂,用于防止与油层接触的金属腐蚀;第三种是气相缓蚀剂,用于燃油箱上部与空气接触的金属腐蚀。根据储罐的具体环境条件,缓蚀剂的使用可分为注入型和释放型两种。然而,通常的注入方法不适合进出口过程频繁的储罐,这影响了缓蚀剂在储罐中的应用。

6.5 合理设计

油田储罐的合理设计也是防腐的重要措施之一。在储罐的结构设计中,应考虑到材料的腐蚀性质和使用环境的特点。同时,应注意储罐的搭接方式、支撑方式、排水系统等设计细节,在设计过程中进行全面考虑,从而提高储罐的防腐性能。

6.6 定期检修

定期检修是保障储罐防腐的必要手段。在储罐正常使用过程中,应定期检查储罐内部和外部的防腐层是否存在损伤,及时修复或更新防腐涂层,减缓腐蚀速度。此外,在检修过程中还应对储罐进行清洗、排污等处理,确保储罐内部干净、无毒害物质残留。

总之,储罐防腐蚀工作的重要性不言而喻。只有加强储罐的防腐蚀工作,才能保证储罐的安全性、延长使用寿命、提高企业的经济效益、保护环境和人民健康。因此,企业应该高度重视储罐的防腐蚀工作,采取有效措施,保证储罐的质量和安

参考文献:

- [1] 易新愚,丁付德,张翔.原油储罐的腐蚀机理及防腐措施[J].化工管理,2015(21):148.
- [2] 辛艳萍.钢制油罐腐蚀机理及防护措施的改进[J].中国石油大学胜利学院学报,2011(01).