

大型储罐底板腐蚀防护与安全评估策略研究

范宪雨

济南圣泉集团股份有限公司, 山东 济南 250200

DOI:10.61369/ME.2026020020

摘 要： 大型储罐是石油、化工、仓储等行业用于存储原料及成品的主要容器，而底板则是整个储罐的基础结构，在长期受到多种恶劣条件影响下容易产生腐蚀破坏问题，从而造成介质外泄甚至引发火灾或爆炸事故，危及人们的生命安全以及环境安全。本文基于真实的工程项目案例出发，对大型储罐底板所遭受的各种形式的腐蚀进行探讨并剖析其产生的原因及其带来的危害，而是更加注重贴近实际应用的技术措施，建立合理的安全评价方法，制定有效的防护与评估方案来帮助企业减小腐蚀所带来的损失降低潜在的安全隐患，促进相关产业的发展进步。

关 键 词： 大型储罐；底板腐蚀；腐蚀防护；安全评估；实用策略

Research on Corrosion Protection and Safety Assessment Strategies for Large Storage Tank Bottom Plates

Fan Xianyu

Jinan Shengquan Group Co., Ltd., Jinan, Shandong 250200

Abstract： Large storage tanks are the main containers used in the petroleum, chemical, and warehousing industries for storing raw materials and finished products. The bottom plate is the basic structure of the entire storage tank. Under the long-term influence of various harsh conditions, it is prone to corrosion damage, which may cause medium leakage and even trigger fire or explosion accidents, endangering people's lives and environmental safety. Based on real engineering project cases, this paper discusses various forms of corrosion suffered by the bottom plates of large storage tanks and analyzes the causes and hazards they bring. It pays more attention to practical technical measures, establishes a reasonable safety assessment method, and formulates effective protection and assessment plans to help enterprises reduce the losses caused by corrosion and lower potential safety hazards, promoting the development and progress of related industries.

Keywords： large storage tanks; bottom plate corrosion; corrosion protection; safety assessment; practical strategies

引言

大型储罐在石油、化工、粮油储备等行业中起着重要作用，是保证工业生产及人民生活的重要设施之一，在运行过程中安全性直接影响整个行业的稳定性和人民群众的生命财产安全。而储罐底板则是直接与地面以及所存物质接触的部分，受到物质的压力、土壤的侵蚀以及环境温度湿度的变化等多种因素的影响，容易发生腐蚀现象，这也是影响到储罐寿命以及造成事故的主要原因。因此有必要对大型储罐底板进行腐蚀防护的研究工作，制定合理的检测方法并提出有效的措施来应对现场出现的问题，从而提高储罐的安全性，延长使用寿命，减少维修费用开支等具有重要的现实意义，同时也是相关行业实现安全、高效、可持续发展的必然要求。

一、大型储罐底板腐蚀类型及成因分析

（一）电化学腐蚀

电化学腐蚀是大型储罐底板最常见的也是危害最大的一种腐蚀形式，主要发生在底板与土壤接触的外部和与储存介质接触的底部，在本质上就是金属在电解质溶液中发生的氧化还原反应，形成微电池造成金属损耗^[1]。从实际情况看，底板外侧所接触的

土壤中含有水分、盐分等电解质，而不同的地方土壤的酸碱性和透气性不同，使得底板金属表面出现电位差从而产生腐蚀电流；底板内侧一直接触着储存介质，其中含有水、硫化物、有机酸等成分可构成电解质溶液，特别是介质沉淀下来积聚在一起形成的积水会直接浸润到底板上，加剧电化学腐蚀的发展。另外，储罐底板上的焊缝、接口处因焊接质量不好或者表面清理不到位而产生局部电位差，成为电化学腐蚀的重点部位，易发生点蚀、缝隙

腐蚀等情况，这也在日常检查中最容易发现的问题^[2]。

（二）化学腐蚀

化学腐蚀是底板金属与周围的介质直接发生化学反应而使金属表面遭到破坏的一种形式，它不会产生电流效应，它的严重性取决于所储存物质的属性以及环境状况，在石油、化工行业当中，储罐中存放的原油、成品油、酸碱溶液等都会对底板金属造成一定的影响，比如原油中的硫化物就会和金属铁发生反应生成松散的硫化物，不能起到保护作用，从而继续腐蚀下去；酸碱介质也会直接侵蚀金属表面，改变金属内部结构，使底板变薄、强度降低。同时外界空气中的氧、二氧化碳等也会与底板金属发生氧化反应形成氧化层，一旦氧化层剥落，就会再次腐蚀金属表面，时间久了就会造成整个底板大面积腐蚀损坏^[3]。

（三）物理腐蚀与微生物腐蚀

物理腐蚀主要是由环境温度的变化、介质的冲刷、机械磨损等物理因素造成底板金属表面防护层破坏而引起的腐蚀。例如，在储罐运行时，介质流动对底板有冲刷作用，特别是在底部接管处，长时间冲刷会使该部位防腐层剥落，使金属裸露在介质中；环境温度骤变会使底板金属发生热胀冷缩现象，从而产生内应力，导致开裂，裂缝是腐蚀的良好入口点^[4]。微生物腐蚀一般发生在潮湿、缺氧条件下，土壤及储存介质中存在的微生物，它们的新陈代谢产物会对底板金属起到腐蚀作用，而且微生物还会附着于底板上形成生物膜，造成局部缺氧，加速电化学腐蚀，此类腐蚀比较隐蔽不易察觉，常常会造成突然性的腐蚀破坏。

（四）施工与运维不当引发的腐蚀

除上述自然腐蚀原因之外，施工质量以及后期维护管理疏忽也是造成底板腐蚀主要原因之一，在实际应用过程中往往被忽略。在施工期间如果底板焊接工艺粗糙，焊缝夹渣、气泡、未熔合等问题发生，则会引起介质渗入，产生局部腐蚀；底板表面除锈不到位，防腐漆涂抹不均或漏涂，会造成防腐层结合强度不足，易脱落，起不到有效防护效果；储罐基础建设不合理，地基下沉不一致，使底板受力分布不均，产生裂缝，从而引起腐蚀。在运行过程中如果没有及时对储罐进行检修、清污工作，储存物质中所含杂质及水分长时间滞留，就会加快底板腐蚀速度；防腐层老化而未能及时修补，导致金属裸露于外界环境中遭受侵蚀；对于储罐周围环境缺乏有效治理措施，如地面积水、污染等都会加大对外部底板腐蚀程度^[5]。针对上述施工与维护环节的隐患，必须采取系统性的全生命周期防控策略。在施工阶段，应严格遵循石油化工工程建设标准，对底板焊接实施无损检测，确保焊缝致密无缺陷；同时强化表面处理工艺，达到 Sa2.5 级除锈标准，并采用高压无气喷涂技术保证防腐层厚度均匀、无针孔，从源头切断腐蚀通道。此外，储罐基础需经夯实处理并设置防渗层，防止不均匀沉降导致底板变形。

在运行维护层面，需建立周期性清罐与检测机制，重点排查底板凹陷处及搭接部位的积液情况，利用超声波测厚技术监测底板剩余壁厚。针对防腐层老化问题，应采用同等级或更高性能材料进行局部修补，并考虑在罐底边缘板实施柔性防水密封。同时，应完善储罐区排水系统，及时清理积水，对已发生的局部腐蚀坑可采取堆焊修复或加装阴极保护系统等补救措施。通过强化施工质量管控与精细化维护管理，形成“以防为主、防修结合”的闭环体系，可显著延长储罐底板的使用寿命。

二、大型储罐底板腐蚀防护实用策略

（一）施工阶段的腐蚀防护措施

施工阶段是防腐蚀的第一道防线，在施工过程中做好防护措施可以有效预防腐蚀的发生，降低后期维护费用。首先应做好底板选材工作，根据所储存介质特性及环境情况选用具有良好耐腐蚀性的金属材料，并保证其质量达到相关要求，不得采用劣质材料；对焊缝、接口等易损位置使用抗腐蚀性强的焊材以及先进焊接技术进行施焊，在焊接之后立即对其进行探伤检查以排除焊接缺陷防止介质渗漏。其次应对底板表面进行处理，在焊接完成后将底板表面彻底除锈并清除表面氧化皮、铁锈、油污等杂质使表面清洁干燥以便于后续防腐涂料涂刷作业顺利开展；除锈完毕后应及时喷涂底漆以防再次被氧化。最后要合理规划储罐基础建设，保证地基水平且坚固以免造成日后因地基下沉而引起底板开裂现象发生；在基础上铺设一层防腐垫层隔离土壤与底板接触从而减轻了土壤腐蚀作用。

（二）防腐涂层防护技术

防腐涂层是大型储罐底板上使用最为普遍、最经济的一种防腐措施，主要是利用在底板表面涂覆一层致密的保护层来阻止金属与腐蚀性物质接触而实现防腐效果，在此过程中应注意选择合适的涂料以及正确的方法来进行涂抹并加以保养以适应现场的具体情况。对于涂料的选择应根据底板各部分所处的不同腐蚀条件选用相应的涂料品种，其中底板内部接触储存介质的部分应采用对介质具有较好抵抗能力并且附着力好、耐磨性强的涂料，例如环氧富锌底漆或者聚氨酯面漆等；而底板外部接触土壤的地方则应该用抗土壤腐蚀性能良好并且能够抵御潮湿环境影响及具备一定抗老化特性的涂料进行覆盖，比如沥青涂层或者是环氧煤沥青涂层等等。施工时要按照正确的工艺流程实施，保证涂层均匀一致地被涂抹在整个表面上并且没有任何遗漏或者气泡存在，同时也要注意控制好每一道工序中涂层的厚度达到规定的要求，在完成之后要及时做好后期养护工作使它充分固化定型从而增强其结合强度和防腐能力。

（三）阴极保护防护技术

阴极保护主要是为了减轻底板电化学腐蚀的影响，在底板外部土壤腐蚀以及内部介质腐蚀严重的情况下使用，分为牺牲阳极法和强制电流法两种，根据具体情况选择合适的方案保证防护的有效性和便利性。牺牲阳极法是在底板上安装比底板金属更活泼的阳极材料（例如锌合金、铝合金）来代替底板金属发生氧化反应从而达到保护的目的，该方法结构简单便于施工而且不需要外部电源供电适用于中小型储罐或者腐蚀较轻的情况，在后期只需要对阳极材料消耗情况进行定期查看并及时补充即可。强制电流法则是通过外部电源让底板成为阴极产生阴极保护电流阻止底板金属氧化腐蚀，这种方法防护效果更好适用范围也更大，可以用于大型储罐或者是腐蚀比较厉害的地方，在实际应用中要正确调节好电源的各项参数并且定时监测电流、电位的变化以确保防护作用满足需求。但是需要注意的是，阴极保护必须配合防腐涂层一起使用才能发挥出最好的防锈能力，防止单一防护措施带来的不足之处。

（四）运维阶段的腐蚀防护措施

防腐蚀是一项持久的工作，在运行期间的日常巡检及保养，

直接决定了防腐效果以及储罐寿命长短，是最贴近实际、最容易实施的一环。首先制定定期巡检计划，定期对储罐底板进行检查，特别是焊接处、连接点、拐角处等易损位置，观察是否有腐蚀、油漆剥落、开裂等情况发生，一旦发现问题立即处理，防止腐蚀继续恶化；定期清除罐体内杂质、积水，减轻介质对底板侵蚀作用。其次做好防腐层养护工作，定期查看防腐层老化程度，如有老化、脱落现象应及时除锈、重涂，使防腐层一直保持良好状态；避免尖锐物撞击底板表面造成涂层损坏。最后改善储罐周围环境条件，及时排泄地面水渍，防止土地被污染，定期监测土地酸碱值、含盐量，如果土地腐蚀严重，则应考虑更换新土或铺设防渗层等方式来缓解土壤腐蚀带来的危害。

三、大型储罐底板安全评估策略

（一）评估原则

对大型储罐底板进行安全评价应本着“实事求是、科学严谨、贴合实际、注重实效”的原则，根据所查评储罐的服务时间长短以及其存储物质种类、腐蚀环境条件、施工工艺水平高低及日常维护保养状况等具体情况来确定合理的检测项目和检测内容，使得到的结果能准确地反映出该类设备的实际运行情况，在检查中要特别注意腐蚀隐患点及危险源的存在位置，重点检查容易出现腐蚀现象或者可能造成事故的位置，同时也要考虑到检测的成本费用以及实施难度的问题，防止出现重复检测或是漏检的情况发生。

（二）评估内容

安全检测的主要对象为底板腐蚀状况以及结构安全性，根据具体情况而定一般包括以下几部分：一是对腐蚀情况进行分析，主要针对底板腐蚀部位、腐蚀形式、腐蚀程度进行考察，观察有无点蚀、穿孔、裂纹、涂层剥落等情况发生，预测腐蚀发展趋势；二是对于结构强度进行检验，检查底板厚度、强度及刚度能否达到使用需求，查看是否有变形、下沉、开裂等问题出现，判定底板承重能力；三是防护体系检测，对防腐层和阴极保护系统运行情况进行分析，观察防腐层老化、脱落情况如何，阴极保护系统是否良好运作，判断防护体系防护作用大小；四是维护保养评价，对企业维修养护制度、日常巡检记录、隐患排查整改情况进行考察，确定其维护保养工作是否到位，能否及时发现并处理腐蚀隐患。

（三）评估方法

根据实际情况，选取简便易行、切实有效的检验方式，不采用繁琐的仪器设备及专业技术，保证企业可以自行实施一般性的检查工作，在需要的情况下也可以联合第三方专业检测单位对特

定项目进行专项检查。一是直观观察法：是最基本也是最常用的一种检验手段，由检查人员用肉眼或者借助一些简易工具来观察底板表面是否有腐蚀、油漆剥落、开裂等问题，尤其要着重查看焊接处、连接点以及边缘等容易出现问题的地方，适用于日常的一般性检查；二是超声波探伤法：使用超声波探伤仪测量底板厚度以确定其被腐蚀而变薄的程度并排查有无内部裂纹或分层等情况发生，该方法操作方便快捷并且精确度高，适合用于周期性的专门检查；三是涂层测厚法：利用涂层测厚计测定防腐涂层厚度并观察其粘结强度从而了解涂层老化程度以便尽早地发现涂层破损、脱落等问题；四、经验分析法：依据储罐运行时间长短、所装物料种类、腐蚀条件以及维护保养状况等因素，依靠技术人员现场判断底板腐蚀情况及安全性，给出相应建议及处理措施。

（四）评估结果处理与整改

安全检测结束后，及时汇总分析检测结果，依据腐蚀情况及安全隐患大小分为一般风险、较大风险、重大风险三级。针对一般风险，主要是轻度腐蚀、涂层局部脱落等问题，采取一般性维护措施，定期巡查监控，适时处理；针对较大风险，主要是中度腐蚀、局部开裂、底板厚度稍有减少等问题，立即停止相关操作，制定专门整改计划，迅速实施防腐补救、加固等工作，整改完毕后再次检验，达标之后才能投入使用；针对重大风险，主要是严重腐蚀、穿孔、大面积开裂、底板厚度大幅度降低等问题，马上停用该储罐，实施应急抢救措施防止事故的发生，在条件允许的情况下替换掉底板，从根本上排除危险因素。另外还需要建立相应的评估档案，保存整个过程中的所有信息包括评估内容、结论、整治方法以及效果等，供以后的评估与维修使用。

四、结论

对大型储罐底板进行腐蚀防护以及对其进行安全评价是保证其正常工作的基本要求，也是关系到相关行业安全生产乃至社会公共安全的重要一环。本文基于现场实际情况介绍了造成大型储罐底板发生电化学腐蚀、化学腐蚀及物理腐蚀的主要原因，并提出了在施工过程中应注意的问题，在涂装方面应采取措施，在阴极保护上需要做的工作，在日常维护管理中应该注意的地方等内容；建立了一套切实可行、具有指导意义的安全检查制度并提出相应的检测方法和处理方案，摒弃了空泛笼统的论述方式，而是采用具体实在的技术手段和应对措施来解决实际生产中存在的关于储罐底板防腐蚀和安全性检查方面的难题。随着相关行业的不断发展进步，大型储罐所处的工作条件将会越来越恶劣，对于防腐蚀以及安全性的需求也会越来越高。

参考文献

- [1] 刘文博. 原油储罐底板腐蚀原因及对策研究 [J]. 石油和化工设备, 2025, 28(10): 246-248.
- [2] 江锋, 庞鹏, 金辉, 李杨平, 舒同, 肖娜. 滨海核电厂室外柴油储罐腐蚀分析与处理对策 [J]. 全面腐蚀控制, 2023, 37(06): 88-91+102.
- [3] 栾媛, 汪海波, 王岗. 钢制原油储罐的腐蚀检测与防护 [J]. 全面腐蚀控制, 2015, 29(09): 33-37.
- [4] 邱姝娟, 卢可义, 王淑英, 史兴治. 原油储罐腐蚀原因与防护措施 [J]. 全面腐蚀控制, 2015, 29(08): 45-47+82.
- [5] 姜鹏. 钢制原油储罐底板腐蚀机理及防护技术 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2012, 32 (07): 49.