

原油储罐日常储存工艺及安全管理要点分析

符国斌 (中海油东方石化有限责任公司, 海南 东方 572600)

摘要: 原油具有易燃、易爆、有毒等特性, 在储存过程中面临诸多潜在风险。本文分析了日常储存工艺及安全管理要点, 以保障环境安全。针对原油储罐金属与电解质接触易发生的电化学腐蚀, 探讨了阴极保护技术的应用及防腐涂装的优化。从检查、条件控制等方面分析了安全管理要点。实验结果表明, 应用日常储存工艺后, 储罐壁厚减薄趋缓, 顶部、中部、底部分别减薄0.28mm、0.45mm、0.75mm; 在相同环境下, 试验罐与普通罐最大温差达13℃, 表明该工艺有效减缓腐蚀并改善温度控制。

关键词: 原油储罐; 日常储存工艺; 安全管理; 要点分析; 工艺设计

中图分类号: TE9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 036-0127-03

Analysis of Daily Storage Processes and Safety Management Key Points for Crude Oil Storage Tanks

Fu Guobin (CNOOC Oriental Petrochemical Co., Ltd., Dongfang Hainan 572600, China)

Abstract: Crude oil possesses flammable, explosive, and toxic properties, posing numerous potential risks during storage. This paper analyzes the key points of daily storage processes and safety management to ensure environmental safety. Addressing the electrochemical corrosion that occurs when metal crude oil storage tanks come into contact with electrolytes, it explores the application of cathodic protection technology and the optimization of anti-corrosion coatings. The key aspects of safety management are examined from inspection and condition control perspectives. Experimental results indicate that after implementing daily storage processes, the wall thickness reduction of storage tanks slows down, with reductions of 0.28mm, 0.45mm, and 0.75mm at the top, middle, and bottom sections, respectively. Under the same environmental conditions, the maximum temperature difference between the test tank and a conventional tank reaches 13℃, demonstrating that this process effectively mitigates corrosion and improves temperature control.

Keywords: Crude oil storage tanks; Daily storage processes; Safety management; Key points analysis; Process design

原油储罐是储存原油的关键设施, 在石油需求的不断增长, 原油储罐的规模和数量持续增加情况下, 安全风险日益凸显, 事故会造成经济损失及环境、人员威胁。在相关研究领域, 不少学者开展了富有成效的工作。林川、李林虎和谢修龙运用故障树分析法剖析海上油田LPG罐区安全管理系统, 构建模型找出事故基本事件, 提供针对性策略^[1]。裴卓胜针对原油储罐罐底沉积物问题, 从多个维度展开分析, 并提出优化储存温度、改进罐体结构等具体措施^[2]。李雪莉探讨原油储罐内腐蚀原因, 包括原油成分、水分、微生物等因素的影响^[3]。张鑫结合案例研究原油储罐紧急切断系统, 提出异常防范策略保障安全^[4]。本文系统整合了原油储罐的储存工艺与安全管理要点, 从多维度全面剖析其日常储存问题, 并提出一套综合性的管理策略。

1 原油储罐阴极保护

当原油储罐的金属构造与电解质介质接触时, 会形成原电池, 进而引发电化学腐蚀, 导致金属材质受损。阴极保护技术可应对此腐蚀, 利用外部电流干预阻止腐蚀。阴极保护借助外部电流使金属表面生成防护性电位。规划外加电流阴极保护体系时, 需依据储

罐规模、腐蚀环境恶劣程度及保护覆盖范围判定保护电流强度。辅助阳极选择耐蚀性、导电性及耐用性佳的材质, 如钛基镀层阳极或混合金属氧化物阳极^[5]。原油储罐阴极保护方式如图1所示。

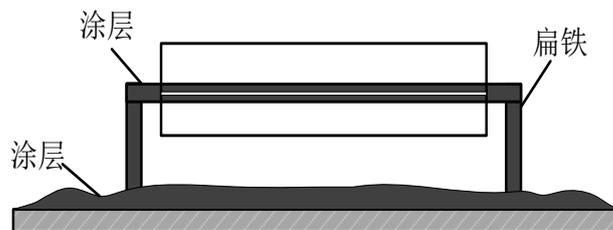


图1 原油储罐阴极保护方式

如图1所示, 为实现阴极保护, 需为原油储罐装配阴极保护装置, 该装置包括阴极保护电源、阳极及绝缘材料等核心部件。装置装配完毕后, 开展调试与运行工作, 并在运行期间定期检查与维护, 以保障阴极保护成效。

2 防腐涂装

要想增强原油储罐的抗腐蚀性能, 需要从多个维度对工艺进行优化升级。原油储罐腐蚀原因主要如表1所示:

表1 原油储罐腐蚀原因

序号	腐蚀原因	相关描述
1	原油成分影响	含硫等化合物及酸性物，与金属反应致化学腐蚀
2	水分积累	罐底积水与杂质成电解质，引起电化学腐蚀，且加速其他腐蚀
3	微生物腐蚀	沉积物中微生物代谢产腐蚀物，加速罐底腐蚀
4	沉积物作用	泥沙等与金属形成缝隙致氧浓差腐蚀，且阻碍防腐涂层作用
5	温度变化	温度波动影响物质活性与腐蚀速率，高温增罐底腐蚀风险
6	应力腐蚀	罐底承重产生应力，特定环境下易应力腐蚀开裂致损坏

根据表1所示腐蚀原因，结合储罐环境特征及腐蚀风险，实施涂层保护可有效防腐。对储罐进行全面深度清洁，清除污垢等杂质以提升涂层附着效果。对罐底积水层、罐壁油水界面等严苛部位，选用重防腐涂料，提供长期稳定防腐保护。底涂施工过程中，在底板外侧以及罐壁四周边缘分别预留一定区域和100mm的区域不进行防腐处理。若在施工时发现罐底表面存在不平整、焊缝波纹以及非圆弧拐角等情况，及时进行处理，避免对施工产生不利影响^[6]。在实际喷涂作业中，根据罐体不同部位的特点制定相应的施工方案。对于浮船内壁和罐底板下表面等修补难度较大的部位，采取全喷涂的方式；而对于其他喷涂难度

较小的部位，则可先在罐下喷涂底漆，待主体焊接完成后再涂刷中间漆和面漆。

通过这一系列举措，在罐壁金属表面构筑起一层保护膜，有效阻隔腐蚀介质与金属的直接接触，从而延缓腐蚀的进程。

3 安全管理要点

原油储罐作为储存易燃易爆原油的关键设备，需对其安全管理要点进行深入分析。整理安全要点如表2所示。从多个方面入手，综合施策，确保原油储罐的安全储存。

4 实验

4.1 实验准备

某沿海大型陆上油田原油处理中心，配备多座大型原油储罐，用于储存经初步处理的原油。原油样品取自该油田处理后的混合原油。选用其中一座容积为5000m³的拱顶原油储罐作为实验对象，该储罐配备完善的温度测量系统，精度达±0.5℃；液位测量系统精度为±10mm。加热与冷却设备涵盖蒸汽加热盘管，其最大加热功率为200kW；以及冷却水循环系统，最大冷却能力达150kW。

应用所设计的原油储罐日常储存工艺，实验步骤如下：

①初始状态记录。将实验储罐清洗干净，确保无杂质残留。向储罐内注入5000m³的原油样品，初始液位设定为60%，温度设定为30℃。温度监测点应均匀分布在储罐的顶部、中部和底部，检查并校准所有测量设备，确保数据准确可靠。

②连续温度记录。开启数据采集仪，开始连续记

表2 安全管理要点

序号	管理类别	管理要点	内容
1	储罐检查	定期全面检查	制定计划，定期全面查看罐体等有无变形、腐蚀、泄漏。
		日常巡检	专人每日巡检，关注液位等参数及罐周异味、声响。
2	储存条件控制	温度控制	装监测设备，依原油特性控温，保温或降温。
		液位管理	监控液位，设高低报警，防冒罐、浮盘落底。
3	安全附件维护	阀门维护	定期检查维护阀门，保持开关灵活、密封好，校验安全阀。
		仪表校准	定期校准液位计等仪表，保证显示准确。
4	防雷防静电管理	防雷检测	定期检测防雷接地装置，确保接地电阻达标。
		防静电措施	罐及管设防静电接地，人员穿防静电服，控装卸流速。
5	消防管理	消防设施配备	罐区配足消防设施，定期检查维护。
		消防演练	定期演练，提升员工应急能力，熟设施使用和逃生路。
6	人员管理	培训教育	对操作人员培训。
		操作规范	严按规程作业，禁超温、压、液位储存。
7	应急管理	应急预案制定	制定泄漏、火灾等应急预案，明确组织、分工和程序。
		应急物资储备	储备应急物资，定期检查更新，确保充足可用。

录储罐内各监测点的温度数据。在记录过程中，每天定时检查温度监测设备和数据采集仪的运行状态，确保其正常工作。每天记录一次环境温度、湿度和风速等气象条件，观察气象条件的变化对储罐内温度的影响。

③厚度测量操作。沿海地区的原油储罐会长期暴露在海洋大气环境中，空气湿度较高，模拟在该环境下的原油储罐壁厚。测量前选择晴朗、干燥的天气进行测量，以避免表面水分对测量结果的影响。采用洁净的软布对储罐表面进行擦拭，以彻底清除灰尘、盐分等杂质。于储罐的顶部、中部及底部均匀布设测量点，并着重关注迎风面、潮湿区域以及可能发生点蚀的部位。每个区域至少选取 5~10 个测量点。将超声波测厚仪的探头垂直且紧密地贴合于储罐表面，准确记录每个测量点的厚度数值。

④数据整理与分析。实验结束后，将记录的温度数据和壁厚值进行整理，绘制出相同环境下应用原油储罐日常储存工艺前后的温度记录曲线和壁厚值变化条形图。

4.2 实验结果与分析

运用超声波测厚仪对储罐壁厚的减薄状况进行测量，并评估腐蚀对储罐结构安全性的潜在影响。结果如表 3 所示。

在长达近三年的实验周期内，针对原油储罐的顶部、中部及底部区域，开展了多次壁厚测量工作。从整体数据来看，三个位置的壁厚均出现了不同程度的减薄。储罐顶部初始壁厚为 10.0mm，经过近三年后降至 9.72mm，总减薄量达 0.28mm；中部初始壁厚为 12.0mm，当前壁厚为 11.55mm，总减薄量为 0.45mm；底部初始壁厚为 15.0mm，当前壁厚为 14.25mm，总减薄量为 0.75mm。从壁厚减薄量的变化趋势可以清晰看出，原油储罐日常储存工艺有效减缓了储罐腐蚀，原油储罐日常储存工艺具有良好的稳定性和持续性。

在相同环境条件下，记录应用原油储罐日常储存

工艺前后的温度。可以看出，应用该工艺后试验罐的温度变化明显趋缓。在环境温度上升阶段，试验罐的温度上升速率低于普通罐，例如在 14:00 时，环境温度约为 33℃，普通罐温度接近 38℃，而试验罐温度约为 30℃；在环境温度下降阶段，试验罐的温度下降也更为平稳。在整个监测时段内，试验罐的温度始终低于普通罐，且最大温差可达 13℃左右。

通过该工艺的应用，有效改善了储罐的温度控制性能，减少了因温度大幅波动可能对原油品质和储罐安全造成的不利影响。

5 结束语

通过对原油储罐日常储存工艺及安全管理要点的分析，梳理关键环节与风险，探讨储存工艺优化和安全管理措施。但原油储罐日常储存及安全管理是复杂系统工程，仍有如结合新兴技术实现工艺智能化升级、完善安全管理体系等问题需要研究，以此推动原油储罐储存及安全管理水平提升，助力石油行业发展。

参考文献：

- [1] 林川, 李林虎, 谢修龙. 基于故障树分析的海上油田 LPG 罐区安全管理 [J]. 山东化工, 2024, 53(6): 228-230+234.
- [2] 裴卓胜. 减少原油储罐罐底沉积物的措施 [J]. 化工管理, 2024(17): 137-140.
- [3] 李雪莉. 原油储罐内腐蚀原因及防腐措施研究 [J]. 石油和化工设备, 2025, 28(9): 241-243+240.
- [4] 张鑫. 原油储罐紧急切断系统应用实践与异常防范策略研究 [J]. 化工安全与环境, 2025, 38(8): 116-120.
- [5] 贾文龙, 肖欢, 冷翔宇, 等. 原油储罐重质沉积物超声波空化微射流清洗实验及数值模拟 [J]. 化工学报, 2025, 76(3): 1288-1296.
- [6] 郎需庆, 党文义, 董永昭, 等. 大型原油储罐全面积火灾处置技术研究 [J]. 消防科学与技术, 2025, 44(6): 846-850.

表 3 壁厚数值变化

测量时间	测量位置	初始壁厚 (mm)	当前壁厚 (mm)	壁厚减薄量 (mm)
第一年 1 月	储罐顶部	10.0	9.8	0.2
	储罐中部	12.0	11.7	0.3
	储罐底部	15.0	14.5	0.5
第二年 6 月	储罐顶部	9.8	9.75	0.05
	储罐中部	11.7	11.6	0.1
	储罐底部	14.5	14.35	0.15
第三年 11 月	储罐顶部	9.75	9.72	0.03
	储罐中部	11.6	11.55	0.05
	储罐底部	14.35	14.25	0.1