

石油化工项目中储罐有限空间安全管理研究

何 兴 (中海石油 (中国) 有限公司深圳分公司, 广东 深圳 518066)

摘要: 海洋石油储罐有限空间和外界隔离, 出入口数量有限, 属于封闭作业空间。此类空间氧气浓度偏低易积聚有毒气体, 通风条件不佳会加大作业人员的作业风险。储罐内部环境湿度高、腐蚀性强, 还存在闪燃、爆炸、人员坠落等多重安全风险。基于此, 本文探讨了“加强气体泄漏监测”“提高作业平台稳定性”“优化通风系统设计”“配备防毒设备”“定期检查电气设备”五项策略, 旨在降低储罐有限空间作业中的安全隐患, 保证作业人员的健康, 保障石油化工项目顺利开展。

关键词: 石油化工项目; 储罐; 有限空间; 安全管理

中图分类号: TE972 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 011-0148-03

Research on Safety Management of Limited Space Storage Tanks in Petrochemical Projects

He Xing (Shenzhen Branch of CNOOC (China) Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518066, China)

Abstract: The confined space of offshore petroleum storage tanks is a closed working space isolated from the outside with limited entrances and exits. This space has low oxygen concentration and easily accumulates toxic gases. Poor ventilation will raise the operational risks for on-site workers. The internal environment of storage tanks is highly humid and strongly corrosive. It also brings multiple safety risks, including flash fire, explosion and personnel fall. On this basis, this paper discusses five strategies: strengthening gas leakage monitoring, improving the stability of operating platforms, optimizing ventilation system design, equipping anti-virus facilities and inspecting electrical equipment regularly. These measures aim to reduce potential safety hazards in confined-space operations of storage tanks, protect the health of workers and ensure the smooth implementation of petrochemical projects.

Keywords: Petrochemical Projects; Storage Tanks; Confined Spaces; Safety Management

储罐内部空间封闭且通风条件较差, 相关人员要警惕有害气体和可燃气体体积聚, 防范爆炸、窒息等安全风险, 保护作业人员的生命安全。做好储罐有限空间安全管理工作, 预防各类安全事故发生, 保障作业人员的生命安全。相关人员严格落实安全监控措施, 定期检查各类作业设备, 维护通风、气体泄漏检测等安全设施, 保证设施正常运行, 从源头降低储罐有限空间作业的安全隐患。

1 储罐有限空间简述

储罐有限空间是一种封闭空间, 与外界相对隔离且出入口数量有限, 作业人员不能在内部长时间停留。这些空间的自然通风条件普遍较差, 导致有毒气体、有害物质和易燃易爆气体体积聚, 增大事故发生的风险^[1]。除此之外, 有限空间内的氧气含量不够, 也会增加作业环境的不安全因素, 让储罐有限空间成为潜在的高风险区域。人员进入此类空间作业时必须严格控制环境条件, 只有做好环境控制才能防止发生意外事故。储罐有限空间的这些特性, 决定相关人员必须格外谨慎, 任何环节都不能疏忽才能保障人身安全。

2 储罐有限空间安全管理应对风险

2.1 爆炸风险

石油化工项目海洋储罐有限空间作业中, 闪燃或

爆炸风险的主要来源是可燃气体泄漏。储罐内部会因石油或化学原料挥发积聚可燃气体, 而封闭空间会限制这些气体扩散或流动, 气体易在空间内聚集。当气体浓度达到一定标准后遇到火源, 就会立刻引发闪燃或爆炸现象。同时, 储罐内的油漆、溶剂等有机物也会挥发出气体, 可能会和其他气体混合并形成可燃气体, 提高爆炸风险。封闭环境本身就不利于气体扩散, 若缺少有效的通风和气体排放措施, 可燃气体浓度就会快速升高, 达到危险水平, 大幅增加意外发生的可能性, 给有限空间作业带来极大安全隐患^[2]。

2.2 人员坠落风险

储罐内部空间狭小且结构复杂, 没有充足的操作空间, 导致作业环境有很多挑战。操作人员作业时需频繁在直梯和平台间移动, 若未佩戴安全绳、穿防护鞋等必要防护用品, 就易发生意外坠落事故。操作人员使用松动的脚手架、无固定点的梯子等不稳定工具, 也会增加意外坠落的可能性, 同时相关人员还会遇到储罐内壁光滑、有油污的情况, 加大坠落隐患。除此之外, 储罐内的作业平台和梯子, 受有限空间和高处作业的影响, 安装固定难度较大, 易出现不稳固的问题。若未能妥善处理这些隐患, 没有及时检修加固平台或梯子, 事故发生时会造成员工伤害, 轻则摔伤、

骨折,重则威胁生命安全,给作业安全带来严重影响。

2.3 窒息风险

封闭的作业环境会加快氧气消耗,空气无法流通,导致新鲜空气进不来,消耗的氧气也排不出去,持续降低氧气浓度。作业人员在这样的缺氧环境中长时间工作,身体会出现呼吸急促、头晕、意识模糊等症状,严重时还会出现四肢无力、心慌气短类问题,影响正常的操作。氧气减少后,窒息症状会快速加重,作业人员的意识会越来越模糊,呼吸也会变得更加微弱,最终可能导致作业人员昏迷甚至死亡,且这一过程往往较快,留给救援的时间十分有限。同时,储罐内部结构特殊,大多具有隔间、死角等区域,空间又相对密闭,没有足够的通风通道,严重限制空气流动,无法及时扩散泄漏气体或消耗氧气后产生的有害气体,增加缺氧窒息的发生风险,让风险排查变得更加困难。

2.4 中毒风险

硫化氢、一氧化碳等有毒气体大多没有明显气味,也没有刺激性,很难依靠嗅觉或其他感官发现其存在。若没有适当的气体监测设备,工作人员无法及时发现这些有毒气体的积聚情况,长期处于这样的有毒气体环境中,会受到严重的身体健康损害,还可能引发急性中毒。储罐内部空间封闭且通风也不够顺畅,再加上气体扩散受到限制,有毒气体就更容易积聚。此环境下,气体浓度可能会快速升高,加大作业人员的中毒风险。没有显著气味的情况下,工作人员经常察觉不到危险,忽视对有毒气体浓度的警惕,最终造成不可逆的健康损害。

2.5 触电风险

储罐内部会使用电动打磨机、照明设备等多种电动设备,这些设备是作业过程中不可或缺的工具,经常处于高湿或者腐蚀的环境中,残留的介质还会腐蚀设备表面,长期下来会损害设备的部件。长期基于高湿、腐蚀环境中,电缆接口、插头等部位易出现破损或者松动情况,接口破损就会露出内部电线,插头松动会导致接触不良,增加漏电的可能性。操作过程中作业人员一旦接触到漏电的设备,就可能发生触电事故从而危及生命安全。储罐作业环境潮湿且多腐蚀,漏电设备会让电流快速通过人体,短时间内就会造成人员身体损伤,轻则出现麻木、抽搐症状,重则引发心搏骤停,若不及时救援会直接导致人员死亡,给作业安全带来极大威胁^[3]。

3 石油化工项目中储罐有限空间安全管理策略

3.1 加强气体泄漏监测,防止爆炸隐患

海洋石油储罐有限空间作业中,相关人员要安装高精度的气体检测设备,加强气体泄漏监测以防止爆

炸隐患。这些设备能实时监测气体浓度变化,重点监测可燃气体的泄漏情况。气体监测仪器要具备快速响应能力,还要能检测到硫化氢、一氧化碳等危险气体浓度的微小变化,再利用无线传输把监测系统的数据连接至监控中心,保证现场人员和远程管理人员都能实时了解储罐内的气体浓度。还要根据储罐的大小和内部气体流动模式,在管道连接处、气体可能积聚的低洼处以及通风不畅的角落等区域布置多个气体检测传感器,保障气体检测的全面性,每个探测点的仪器要能精确测量气体浓度并立即发出警报。当浓度超过安全阈值时系统会启动系统声光警报并通知现场工作人员快速撤离或采取紧急处理措施。专业技术人员每月校准气体检测设备,保证校准误差不超过 $\pm 5\%$,维持设备检测的准确性。制定设备备用方案,在设备出现故障时及时替换以保障监测工作持续开展。同时,定期开展气体泄漏风险评估,结合气体监测数据和历史泄漏事件完善安全管理措施;定期维护强制通风系统,根据储罐内部容量和作业环境调整系统运行状态。在气体浓度达到警戒水平时自动启动高效换气,保证每小时换气次数不低于8次。要求储罐作业人员佩戴气体防护设备,组织作业人员接受安全培训,让作业人员熟悉设备操作流程和紧急撤离预案,提升现场作业的安全保障能力。

3.2 提高作业平台稳定性,避免人员坠落

为防止坠落事故,相关人员用高强度材料固定平台,所有固定点都要进行加固处理,避免作业过程中出现松动或位移问题。平台表面需设计防滑功能,湿滑环境下可采用防滑涂层或特殊防滑材料,把滑倒事故发生率降低60%以上。严格检查平台、梯子及其他支撑设施,检查内容包括固定支架是否牢固、平台表面有无裂纹或破损、防护栏是否完好并做好检查记录,保证检查结果可追溯。检查周期根据设备使用频次安排,最少每月开展1次全面检查,使用频繁的设施要每7天检查1次。作业时操作人员要佩戴安全绳、安全带、防护鞋等个人防护装备,安全绳固定在经充分检查的稳定点。平台上的工作人员要接受严格安全培训,每一名作业人员进入储罐前,都必须通过1次详细安全培训和模拟演练。定期检查梯子、脚手架等设施,梯子安装要固定牢固,连接点和支撑点要通过安全测试,表面要具备防滑功能,长期使用的梯子和脚手架每1个月维护1次。每月开展1次模拟坠落应急演练,保证作业人员5min内完成紧急撤离,保障人员生命安全。

3.3 优化通风系统设计,保障氧气浓度正常

相关人员要根据储罐体积和作业性质,精确计算

并优化通风系统设计, 目标是将储罐内氧气浓度维持于 19.5% 至 23.5% 的安全范围。储罐内的封闭隔间和死角易积聚气体、降低氧气浓度, 合理布置通风口和排气口, 通风口设在易进入新鲜空气的位置, 排气口集中于底部和低洼处^[4]。

选择具备高效气流循环功能的风机和空气流通设备, 每台风机的风量要根据储罐容积计算, 保证每小时至少完成 6 次空气交换。如 1000m³ 的储罐, 通风系统每小时需提供不低于 6000m³ 的空气流量, 风机要具备自动调节功能, 根据氧气浓度实时数据调整运转速度。

把所有通风设备和氧气浓度监测系统连接, 在储罐内多个死角、低洼区安装 8—10 个监测仪器, 仪器每月校准 1 次, 一旦检测到氧气浓度低于 19.5% 要立即发出警报, 自动调整通风参数或启用备用风机。作业人员需佩戴自给式呼吸器, 进入储罐前接受安全培训并组织专兼职应急救援队开展实地演练, 明确应急职责与处置流程, 确保人员 3min 内能够完成撤离, 保障作业安全。

3.4 配备防毒设备, 减少有毒气体中毒

储罐内部空间大多封闭, 气体无法自然流通, 硫化氢、一氧化碳等有毒气体易积聚且大多没有明显气味和刺激性, 作业人员无法凭借嗅觉等感官发现它们, 长期暴露于这种环境中, 会造成严重健康损害。相关人员必须保证储罐作业现场配备合适的气体检测设备, 要求所有作业人员佩戴防毒装备, 把气体检测设备合理布置在储罐各个位置, 重点放在低洼区域和通风不良的地方, 每个储罐至少布置 6—8 个检测点。气体检测仪要具备高灵敏度和快速响应能力, 能准确测量有毒气体浓度, 响应时间不超过 3s。把监测系统的报警阈值设置为, 硫化氢浓度超过 10ppm 或一氧化碳浓度超过 25ppm 时自动报警。

同时每个工作班结束之后检查气体检测仪, 并由局内能力的人员每周对气体检测仪进行标定, 定期检查设备电池和关键部件, 避免设备故障引发安全隐患。作业人员进入储罐前, 必须佩戴自给式呼吸器, 长期作业时要随时检查呼吸器使用情况并配备不少于 3 套备用气体检测仪器和呼吸器, 设置明显安全标识, 每月开展 1 次应急演练, 保证人员 2min 内完成应急处置。

3.5 定期检查电气设备, 防范触电事故

使用电动打磨机、照明设备等电气设施开展储罐内部作业, 可以让此类设施长期处于高湿、腐蚀的环境中。统计设备使用情况, 超过 80% 的设备在使用 1 年以上会出现不同程度的损坏和老化^[5]。相关人员观察电缆接口、插头等部位, 湿气和化学介质会侵蚀这

些部位, 约 30% 的漏电事故由部位松动或破损引发, 事故严重时直接危及作业人员的安全。建立详细的电气设备检查和维护制度, 保证设备始终保持良好的工作状态, 同时定期检查储罐作业区内的全部电气设备, 重点检查电缆和电气开关; 检测电缆绝缘层的完好程度; 检查插头的紧固情况。

除此之外, 还需安排专人记录每次检查的设备状态, 记录问题处理措施, 记录保存至少 1 年为后续设备维修和更换提供依据。根据设备使用频率和现场环境调整检查周期, 每月至少开展 1 次全面检查, 对高频使用的设备每 15 天检查 1 次并选用防腐电缆和防水插头, 定期清洁电气设备及时清理积水和灰尘, 安装可靠的接地系统并在各作业区域设置远程监控系统, 保证系统在故障发生 3s 内发出警报。要求作业人员佩戴防护鞋、绝缘手套等防护装备, 组织作业人员开展专项培训, 让作业人员在作业前检查防护装备的完好状态。

4 结束语

面对日趋复杂的石油化工项目作业环境, 相关人员要防范储罐内部爆炸、坠落、窒息等各类潜在风险, 保证作业人员的安全。推行系统化的安全管理措施, 监测气体泄漏情况可提升作业平台稳定性, 优化现场通风系统并配齐防毒防护设备, 定期检查电气设备运行状态。

未来, 加强储罐有限空间的实时监控, 开展相关数据统计与分析工作, 能够持续提升安全管理的智能化水平, 为现场作业提供更全面的安全保障。

参考文献:

- [1] 曾维丁, 李瑶瑶, 袁隆冀, 崔鹏. 石油化工项目储罐基础防渗要求与环境监管重点 [J]. 环境保护与循环经济, 2025, 45(09): 107-110.
- [2] 严晨. 大型原油储罐项目电子作业票及其人员定位系统的应用研究 [J]. 中国科技论文在线精品论文, 2025, 18(03): 193-195.
- [3] 李思辰. 港口有限空间作业风险隐患及防范措施 [J]. 水道港口, 2024, 45(04): 655-661.
- [4] 杨振兴. 基于消除和替代策略的有限空间事故防范技术综述 [J]. 安全与健康, 2023, (10): 56-61.
- [5] 闫鹏, 马骏宏, 高若鹏. 油气管道施工及储罐维修的有限空间作业安全管理分析 [J]. 现代职业安全, 2020, (07): 22-24.

作者简介:

何兴 (1988-), 男, 汉族, 陕西咸阳人, 工程师, 本科, 研究方向: 安全与职业健康。