

储罐检维修作业中的潜在风险评估与安全管理策略

郑兵涛（中国石化海南炼化化工有限公司，海南 儋州 578101）

摘要：储罐作为石油化工、能源等行业的关键设施，其检维修作业面临诸多风险挑战。本文以石化企业储罐检维修作业为研究对象，分析受限空间、高处、动火、危化品泄漏、设备失效、人为失误等潜在风险，提出基于风险评估的安全管理策略。通过制定完善的作业规程与安全标准、加强人员培训与教育、严格现场安全监管、定期开展隐患排查与风险评估、落实应急准备与响应等措施，并推进信息化、智能化管理手段应用，可有效预防和控制风险，提升储罐检维修作业本质安全水平。研究还就优化储罐设计、加大科技创新投入、深化人机工效学研究、构建多方协同联动机制等方面提出了建议。

关键词：储罐；检维修作业；风险评估；安全管理；本质安全

0 引言

储罐作为储存原油、化工产品等危险介质的重要设施，其安全运行对保障能源供应、维护公共安全和环境保护至关重要。近年来，随着储罐设施老龄化问题日益突出，检维修作业需求不断增加。储罐检维修涉及受限空间作业、高处作业、动火作业、危化品处置等高风险作业，极易引发火灾、爆炸、中毒窒息等事故。为切实防范和遏制储罐事故，亟需开展储罐检维修作业风险评估，制定针对性安全管理策略，全面提升本质安全水平。

本文拟通过系统分析储罐检维修作业潜在风险，提出一系列安全管理对策建议，以期为储罐检维修安全提供理论支撑和实践指导，维护能源安全和社会稳定。

1 储罐检维修作业中的潜在风险分析

1.1 受限空间作业风险

储罐内部清理、检测、焊接等作业往往在受限空间内进行，这些空间通风不畅，易造成缺氧和有毒有害气体聚集。2018年上海某石油化工有限责任公司苯罐闪爆事故就是一个惨痛的教训。事故发生时，作业人员正在苯罐内进行浮盘拆除作业，结果发生闪爆导致6人遇难。这一事故凸显了受限空间作业的高风险性，揭示出企业在安全管理方面的诸多漏洞，如风险辨识不到位、作业许可把关不严、现场监管不力、应急处置不当等。该案例为储罐受限空间作业敲响了警钟，呼吁企业必须强化安全意识，严格执行安全生产制度和措施，坚决防范化解重大安全风险。

1.2 高处作业风险

储罐检维修作业中，高处作业几乎无处不在，常见于储罐顶部、梯台等部位。这些区域防护不到位极

易发生坠落。2007年山东某有限公司预热器分解炉改造施工中发生的脚手架坍塌事故就是一个典型案例。事故造成5人死亡、2人受伤，直接经济损失845.8万元。施工方为抢工期，违章指挥，赶进度，对脚手架搭设未经严格审核和验收便投入使用，最终酿成大祸。这一教训表明，在储罐高处作业中，必须严把脚手架搭设、验收等关键环节的安全关，做好防护设施，严禁冒险蛮干。同时要加强作业人员安全教育培训，增强其安全意识和自我保护能力，坚决遏制违章指挥、违章作业等行为。

1.3 动火作业风险

储罐内可燃气体浓度高，遇明火极易引发火灾爆炸。2019年某石化设备有限公司厂区油罐火灾事故就暴露出动火作业管控的薄弱环节。事故直接财产损失约2894万元。调查发现，事故罐内进行焊接作业时，未对罐内进行充分清洗和置换，可燃气体浓度超标。作业人员安全意识淡薄，动火前未进行危险性分析，盲目蛮干酿成大祸。这表明企业动火作业把关不严，安全管理流于形式。吸取教训，必须严格动火作业审批，从气体检测、清洗置换、通风防爆、个体防护等方面严把安全关；同时实施全过程安全监管，加大违章动火行为查处力度。

1.4 危化品泄漏风险

储罐内储存的原油、成品油及其他危化品，具有易燃、易爆、有毒、有害等特性。检维修过程中，由于阀门、法兰、管线等密封部件老化失效，极易发生跑冒滴漏，泄漏的油品和化学品，不仅污染环境，而且具有很强的腐蚀性，损坏设备；泄漏物挥发出的有毒气体，直接危害人身健康。泄漏的危化品若遇火源，会引发火灾，后果不堪设想。危化品泄漏的另一隐患

是储罐沉降或支撑损坏导致的大面积泄漏,物料会在短时间内喷薄而出,若处置不当,会对周边居民和环境造成巨大危害。

1.5 设备失效风险

储罐作为承压设备,其结构完整性直接关系到生产安全。^[1]储罐及其附属设施因腐蚀、磨损、疲劳、超期服役等因素,极易发生局部失效,造成介质泄漏,引发次生灾害。如储罐底板腐蚀减薄,甚至穿孔,罐体与地基失去有效连接,导致不均匀沉降,严重时会发生倾斜、坍塌。日久失修的储罐,其防腐层脱落,罐壁变形、开裂,极大削弱了储罐的承载能力和抗风压性能,酿成大祸。输油管线锈蚀、阀门密封不严,都会造成跑冒滴漏。此外,安全阀失灵、液位计失效、防雷接地不良等,也是诱发事故的重要因素。

1.6 人为失误风险

检维修人员安全意识薄弱,违章指挥、违规作业屡见不鲜;操作失误如误开关阀、误操作等,极易酿成事故;疲劳作业、酒后作业使人员注意力不集中,难以正确操作;缺乏必要的安全防护,诸如未佩戴防毒面具、安全帽,穿着化纤衣物等,使自身处于危险境地^[2]。检维修作业面临诸多风险,稍有疏忽大意就会造成严重后果,因此必须时刻绷紧安全弦,不能有丝毫懈怠。与此同时,人为失误背后反映出企业安全管理的缺失,如安全教育培训不到位,安全规章制度执行不严格,监管不到位等,需要举一反三,从管理体系层面消除隐患。

1.7 突发事故风险

尽管检维修作业事前采取了诸多预防和控制措施,但仍难以完全避免突发事故的发生,这些事故往往由多重因素交织引发,极具随机性和破坏性。如遭遇台风、暴雨、雷击等恶劣天气,储罐溢流、管线断裂风险剧增,极易引发泄漏、火灾等事故;地震、滑坡、泥石流等自然灾害,会直接损毁储罐,造成大量危化品外泄扩散;周边施工不慎,误挖损管线,导致油品泄漏。此外,外部人为破坏行为,如纵火、破拆设施等,也会严重威胁储罐区安全。这些突发事故往往超出日常风险防控的范畴,危害极大,处置难度高。

2 基于风险评估的安全管理策略

2.1 制定完善的作业规程与安全标准

储罐检维修涉及诸多高风险作业,如何确保各环节安全,关键在于制定科学、完善、可操作的作业规程和安全标准。这就要求根据国家法律法规、行业标

准,并结合企业自身实际,量身定制一整套规章制度体系。其内容应涵盖作业全过程每一细节,对人员资质、设备工具、现场环境、操作流程、应急处置等方面提出明确要求,使每一步操作都有章可循、有据可依。尤其是重大危险源、关键控制点,要予以重点关注和精细化管理。同时,规程和标准要与时俱进,根据风险动态变化情况,实施滚动修订和持续完善。

2.2 加强作业人员能力培训与安全教育

储罐检维修对作业人员技能素质要求高,需掌握专业技术,具备安全风险意识和自我保护能力。开展针对性的能力培训 and 安全教育至关重要。能力培训突出实操性,从业人员经过严格的理论学习、模拟演练和实际操作考核,确保掌握扎实技能。安全教育突出风险预见性,采用案例分析、事故还原等方式,使作业人员充分认识事故危害。日常多开展应急演练,强化作业人员责任意识和自我保护意识。同时,加强培训效果评估,建立持续改进机制,不断提升培训质量。通过高水平培训教育,打造一支技术过硬、安全意识强的检维修队伍。

2.3 做好现场安全监督与作业许可管理

检维修作业的关键在于现场,必须实施全过程、动态化、闭环式安全监管。作业前,专职安全员彻底排查治理隐患,重点做好受限空间、动火、高处、吊装等方面安全确认,符合条件后方可签发许可证。作业中,专职安全员紧盯现场,及时纠正违章行为,发现重大隐患或事故征兆立即叫停,撤离人员^[3]。作业后,认真清点工具设备,妥善处理废弃物,做好现场恢复。层层把关,环环控制,确保现场受控。同时严格安全奖惩,对违章违纪“零容忍”。从严从细抓好安全监管,从根本上消除事故隐患。

2.4 严格个体防护装备使用与维护管理

储罐检维修中,工人直接、频繁接触危险源,个人防护至关重要。根据不同岗位、作业特点,量身配备安全帽、防护服、呼吸器、安全绳等,并督促按规定穿戴使用。频繁使用的防爆工具、仪表定期进行防爆等级鉴定,不达标的及时更换。进入受限空间作业人员配备便携式气体检测仪、防爆对讲机,掌握人员位置和环境状况。吊装作业钢丝绳、吊索具采取定期检测、磁粉探伤,发现缺陷避免带病作业。加强防护装备日常养护,定期清洗、检查、调试,消除老化破损,确保关键时刻不失灵。从严从细抓好个体防护,为作业人员构筑安全屏障。

2.5 定期开展隐患排查治理与风险评估

储罐设施庞大、工艺复杂,潜在风险点多而杂,必须坚持动态管理,将隐患排查治理和风险评估常态化。定期与不定期相结合,重点彻查各类违章指挥、违章作业、违反劳动纪律行为,及时消除重大隐患。在全面排查基础上,运用HAZOP、故障树等方法系统开展风险评估,查找薄弱环节,评估事故可能性和危害性,制定防控措施。高度重视受限空间、动火、高处、吊装等特殊作业风险评估,对每一步作业严格论证把关。对检维修中发现的重大隐患和风险点,立即上报限期整改,整改不到位决不允许开工。通过常态化隐患排查治理和风险评估,确保检维修始终处于风险可控状态。

2.6 落实应急准备与响应机制

虽然事前预防了很多,但储罐检维修仍存在突发事故风险。必须坚持“防患于未然,全力抢险救援”原则,未雨绸缪,落实应急准备和响应机制。制定科学、简明、针对性强的现场处置方案,明确应急组织架构和响应流程,细化各类事故情景下处置措施和行动清单,确保事故发生时快速启动、有序推进。加大应急投入,配备灭火、堵漏、通讯等设施装备,做好检查维护,确保关键时刻拉得出、用得上^[4]。开展经常性、实战化应急演练,查找改进预案和机制不足。加强内外协同,建立健全政企联动、区域互援机制,整合各方力量,构建统一高效应急处置体系。做好应急准备,科学施救,最大限度减少事故损失。

2.7 推进信息化、智能化管理手段应用

随着信息通讯、人工智能等新技术飞速发展,储罐检维修领域也迎来创新变革机遇。积极引入信息化、智能化管理手段,可显著提升检维修过程安全性和可控性。在储罐内部安装音视频采集设备,借助物联网实现作业现场实时监控;部署智能巡检机器人,代替人工进入危险区域;研发智能可穿戴设备,实时采集人员生命体征;利用大数据分析,精准预警各类风险隐患。新技术运用可避免或减少人员直接接触危险源,更精准高效识别预警风险,从源头遏制事故。推广新技术需立足实际,量力而行,在总结试点经验基础上稳步推进。坚持传统方法和新技术“双管齐下”,不断开创储罐检维修安全管理新局面。

3 提升储罐检维修作业本质安全水平的建议

储罐检维修作业面临诸多安全风险挑战,仅靠常规的管理策略已难以从根本上消除事故隐患。必须立

足作业的系统性、复杂性特点,采取多管齐下、标本兼治的思路,推动实现本质安全。

①从源头入手,在新建储罐设计阶段充分考虑后续检维修需求,优化储罐结构布局,加装自动化检测、远程操控、机器人作业等设施,最大限度减少人员进入有限空间作业机会。②针对既有储罐,要加大科技创新投入力度,研发智能化检测、远程操控等先进技术装备,为检维修人员“赋能”,提高作业的精准性和安全性^[5]。③深入开展人机工效学研究,优化人机交互界面设计,减少人为失误引发事故的风险。④在管理方面,要从单一企业防控转向构建政府监管、行业自律、企业主责、社会监督的多方协同联动机制,形成齐抓共管、各尽其责的良好局面,实现管理能力与风险挑战的动态匹配,不断提升本质安全水平。

储罐检维修安全任重道远,需要多维度协同发力,持续优化完善,补齐短板筑牢根基,推动安全发展理念落地生根,为能源安全和社会经济发展保驾护航。

4 结束语

储罐检维修作业面临诸多安全风险挑战,必须高度重视并采取有效管控措施。通过开展全面的风险评估,制定科学的安全管理策略,强化作业规程、人员培训、现场监管、应急准备等基础性工作,运用信息化、智能化等先进技术手段,可显著降低事故发生概率和损失程度。同时,还应从优化储罐设计布局、加大科技创新投入、深化人机工效学研究、构建多方协同联动机制等方面入手,持续推进储罐本质安全水平的提升。只有坚持不懈抓好储罐安全管理,强化风险意识和红线意识,才能有效防范化解重大安全风险,为经济社会发展提供可靠的能源安全保障。

参考文献:

- [1] 宋建刚,何云超. 甲苯内浮顶储罐检维修安全实践[J]. 化工安全与环境,2024,37(09):51-53.
- [2] 张赞. 浅谈储罐检维修作业的风险及防控研究[J]. 中国设备工程,2021,(12):171-172.
- [3] 徐家旭. 储罐检维修作业的风险及防控措施[J]. 化工设计通讯,2020,46(06):49-50.
- [4] 杨瑛江,王进. 浅谈油库储罐检维修工程施工安全管控[J]. 石化技术,2020,27(05):114-115.
- [5] 蒋金玉,程伟,陈炜,等. 大型储罐检维修标准SY/T5921-2017与API653-2014标准的对比[J]. 中国设备工程,2019,(12):64-65.