

化工设备检修中的风险因素及预防措施

呼思勒

海洋石油富岛有限公司 海南 东方市 572600

摘要: 化工设备检修因涉及高温高压、易燃易爆等多重危险因素, 事故率居高不下。本文首先概述了化工设备检修的特点及能量隔离的重要性, 随后系统分析了动火作业、受限空间作业、高处作业三类主要风险因素的成因, 并从能量隔离计划、各类特殊作业预防措施、检修过程管理及腐蚀预防与设备管理等方面提出了针对性预防策略, 旨在为化工企业降低检修事故发生率、提升安全管理水平提供参考。

关键词: 化工设备; 检修作业; 风险因素; 动火作业; 能量隔离

引言

化工装置生产具有高温、高压、强腐蚀性等特点, 设备检修涉及动火、受限空间、高处作业等多类特殊作业, 危险因素叠加, 事故率居高不下。据统计, 全国石化企业检修期间发生的伤亡事故占比超过66%, 事故集中在停车、检修施工、复工三个阶段。化工设备涉及热能、机械能、化学能、电磁能等多种能量形式, 运行工况复杂, 能量隔离不彻底、残留介质未清除、防护措施缺失等均构成事故诱因。本文系统分析检修中的主要风险因素, 并提出相应预防措施。

1 化工设备检修概述

化工设备检修是保障装置运行性能的技术手段, 包括检测与修理两项内容。化工装置生产具有高温、高压、腐蚀性强等特点, 设备、管道、阀件、仪表在运行中易受腐蚀与磨损。检修作业涉及动火、受限空间、高处作业、转动设备、电气、腐蚀性介质等多类特殊作业, 危险因素叠加, 事故率居高不下^[1]。据统计, 全国石化企业发生的爆炸、中毒、窒息、坠落、触电等伤亡事故中, 检修时发生的伤亡事故占比超过66%。检修事故集中在停车、检修施工、复工三个阶段。化工设备涉及的能量形式包括热能、机械能、化学能、电磁能等, 工质性质多变, 运行工况覆盖高低压、高低温、高低黏度等参数区间, 检修过程中能量隔离不彻底、残留介质未清除、防护措施缺失等问题, 均构成事故诱因。

2 化工设备检修的主要风险因素

2.1 动火作业风险因素

动火作业是化工检修中危险系数最高的作业类型。加热、熔渣散落、火花飞溅可造成人员烫伤、火灾、爆炸, 弧光辐射与触电亦对人体产生危害。动火作业的风险因素集中表现在以下方面。系统安全措施不到位。若废料清理不彻底、容器存有清理盲区、盲板安装布设不

当、相连物料管线未有效隔离、阀门发生内漏等, 极易诱发火灾爆炸事故。易燃易爆介质容易附着积聚在设备管道内壁结垢层或外部保温层内, 若前期清理不到位, 动火作业过程中会析出可燃气体。同时, 动火作业周边及下方若未清理干净易燃易爆杂物, 也会形成点火源, 埋下安全隐患。人员安全意识与技能不足。动火作业人员欠缺安全意识, 专业技能未经考核。管理人员未落实安全保护措施, 忽视安全技术交底。防火措施未在动火前落实, 如未对作业面使用防火篷布遮挡, 增加引燃周边设备的概率。管理环节失控。未按规定办理动火证、不执行动火证规定的安全措施。动火作业过程中断半小时以上未重新取样分析。作业完成后未清理现场, 火种遗留在作业区域。监护人擅自离开动火现场或从事与监护无关的工作。环境条件失控。遇五级及以上大风天气进行露天动火作业。电焊机与动火点间距超过10米未单独管理。气焊作业时氧气瓶与乙炔瓶间距小于5米, 或与动火点间距小于10米。

2.2 受限空间作业风险因素

受限空间内存在缺氧、高温、有毒有害、易燃易爆气体等隐患, 安全措施不到位易发生燃烧、爆炸, 造成人员伤亡。受限空间作业的风险因素如下。气体环境失控。有毒有害气体未经清洗置换、分析合格, 人员进入后可能中毒。容器中氧含量不符合要求, 可能造成窒息。作业时间长、容器通风不好, 窒息风险随时间递增。防护措施缺失。未佩戴防毒防护用品擅自进入有毒作业区域, 或是防护器材本身存在破损故障、供氧压力不足、滤毒药剂失效失效, 都会带来中毒风险。容器内部作业使用的照明及电动工具若未采用安全电压, 或是电源线绝缘破损出现漏电隐患, 易引发触电事故。进入深度、高大容器开展作业时, 若安全防护措施落实不到位, 还容易发生物体打击类伤害。

救援措施不当。发生人员中毒、窒息的紧急情况时,抢救人员未佩戴正压式呼吸防护装备和救生绳进入受限空间,存在无防护救援行为。

2.3 高处作业风险因素

高处作业的主要安全隐患,集中在作业点位高于常规工作面时人员及物料的坠落风险。脚手架搭设不符合规范、整体稳固性不足,极易引发高处坠落事故。作业周边环境发生异动时,有毒气体突发性逸散,易同时造成人员中毒和高处坠落伤害。未按规定办理登高作业审批、不佩戴安全带及安全帽,安全防护措施缺失,会诱发坠落与物体打击事故。检修作业中拆除围栏、移开楼板盖板后,若未及时设置防护围挡,也易发生坠落险情。高处作业应优先安排在白天进行,尽量避开夜间时段^[2]。确需夜间施工时,必须严格履行审批手续,完成风险评估并制定专项安全方案,同时配齐充足的照明设施,确保作业区域光线满足安全操作要求。当遇到六级及以上大风、雷电、暴雨、大雾等恶劣气象条件时,严禁开展任何形式的高处作业,作业人员须立即停止施工并安全撤离,待天气条件恢复正常后方可重新作业。

3 化工设备检修风险的预防措施

3.1 建立能量隔离计划

能量隔离计划是对检修区域内全部危险能量源实施系统化管控的方法,旨在防止因意外送电、设备误启动或能量突然释放而引发泄漏、火灾或爆炸事故。该计划涵盖工作内容与范围、审批程序、首次隔离点与二次隔离点的设置、各级隔离点的批准及变更管理等要素。首次隔离点通过关闭或开启工艺管线阀门,排空管道与设备内的残余化学品,并在马达控制中心控制柜内物理性断开电气设备电源开关,为后续安装二次隔离点装置创造条件。二次隔离点可作为首次隔离措施的重要补充。对于风险等级偏高的工艺管道拆解、动火施工、受限空间作业,以及涉及高危化学品的各类检修作业,均应按规定增设二次隔离防护,如加装盲板等方式。单纯依靠阀门、电气开关做能量隔离存在明显安全隐患,一旦出现阀门内漏、电气开关短路等故障,极易引发残留能量突发释放,或是转动设备意外启动,造成安全事故。隔离点宜就近布置在作业区域周边,最大限度保护作业区内管道及设备安全。生产属地人员结合维修作业内容、作业范围及工艺实际情况,对作业区域能量隔离的剩余风险和隔离形式进行研判,涵盖工艺流程图、阀门启闭工况、电气设备断电情况等关键内容。从工艺系统能量隔离研判、清理处置方案、现场检测手段、盲板装设、电气隔离断开、挂牌上锁管控,直至完成全部能量隔

离,再到作业前对隔离状态进行复核确认,全程形成闭环管控流程。

3.2 动火作业预防措施

检修施工前,须与工艺人员对接,将相关系统实施有效隔离,确保动火设备及管道内的可燃易爆介质彻底排空、清洗与置换。经检测合格后方可办理作业许可证,按级别逐级审批。取样检测达标后严禁擅自变更工艺条件,动火期间若中断超过三十分钟须重新进行取样检测。作业许可证须由作业人员随身携带备查。作业人员须具备相应资质证书,按规定穿戴个人防护装备。焊接与切割施工前须清除周边可燃物,划定警戒区域并悬挂警示标志,严禁超范围动火。动火现场须设专人监护,配备灭火器材,非相关人员不得进入。在甲类禁火区域动火时,项目负责人须提前通知专业消防人员到场协助监护。电焊作业前须检查接头与线路完好性,防止漏电事故^[3]。气焊作业时氧气瓶与乙炔瓶间距须保持五米以上,两瓶与动火点间距须保持十米以上,并确认气管无破损。高处焊接或切割作业时须设置接火盆,清除下方可燃物,对地沟、阴井、电缆进行遮盖保护。动火人员离场时须及时断电、熄火。作业结束后须做到工完料净、场地清洁。

3.3 受限空间作业预防措施

联系工艺人员切断设备上与外界连接的电源,采取上锁措施,加挂警示牌。有效隔离与受限空间或容器相连的所有设备、管线。受限空间经排放、隔离、加盲板、清洗、置换、通风后,取样分析合格,办理作业许可证,分级审批。监护人员按要求穿戴劳保用品,选择安全监护位置,监护过程中经常联络,发现异常立即通知作业人员中断作业、撤离危险区域。作业人员佩戴防毒面具或空气呼吸器,系安全带和安全绳,实行轮班制,按时换班。受限空间移去盖板后设置路障、围栏、照明灯。进入受限空间作业必须在线分析,异常情况及时撤离。

3.4 高处作业预防措施

作业项目负责人须组织办理作业许可证及高处作业许可证,依据作业高度实行分级审批,由生产部门负责人审核签批。须逐一检查并确认脚手架、梯子、吊篮、安全带、安全绳等防护用具状态良好,指定现场监护人,划定警戒区域。安全带、梯子、吊篮、吊架的使用须分别遵照相应管理规定执行。高处作业严禁上下同时进行垂直交叉施工,确需同步作业时须经单位领导批准并搭设专用防护棚。原则上避免夜间开展高处作业,确需夜间施工时须经审批、完成风险评估、制定专项安全方案并确保照明充

足。遇六级及以上大风、雷电、暴雨、大雾等恶劣天气时严禁高处作业。监护人须与高处作业人员保持持续联络，不得擅自离岗，生产系统出现异常时须立即通知作业人员停止施工并撤离。当作业条件或周边环境发生重大变化时，须重新办理作业许可证。

3.5 转动设备检修预防措施

检修作业前联系工艺人员将系统有效隔离，排净、冲洗、置换管道内易燃易爆、有毒有害介质，分析合格后办理作业许可证。修理带电或汽设备时切断电源，在开关箱上挂“禁止合闸、有人工作”标示牌。作业项目负责人落实安全措施并办理审批，危险性特大的作业与安全负责人共同评估、制定方案。作业人员穿戴劳保用品，熟知工作内容。拆卸零部件分区摆放、善加保护，重要部位派人看守^[4]。使用风动、电动、液压工具时按操作说明书规范操作。多工种协同作业时统一指挥。加强油品管理，废油倒入回收桶。作业完成后工完料净场地清。

3.6 检修过程管理措施

检修前严格按照停工方案停工，每一关键步骤专人负责确认。按停工规程将工艺管道、塔、容器等设备内部介质吹扫、清洗、置换，全部退净，不能退净的加盲板彻底隔离。残留有毒害、易燃物质按规定时间通风后采样分析合格。对检修各环节进行危险有害因素识别，定出安全措施并现场确认。检修责任部门与生产车间办理设备设施交付手续。检修中电、气焊等特种作业人员持证上岗，监护人经培训合格取证。参检人员佩戴安全帽等劳动防护用品。检修作业人员掌握安全措施，作业前经安全教育和现场交底。动火、受限空间等作业进行可燃气体浓度、有毒有害气体浓度及氧含量检测，合格后方可作业。检修后恢复现场拆除的安全设施，电焊机、临时电源等工器具及时撤离。废料、杂物、垃圾、油污清理干净。检修作业完毕后重新检查清理检修设备，工具全部搬离现场，试车在上述工作完成后进行。

3.7 腐蚀预防与设备管理措施

化工设备材料选择确保高质量，材质设计科学合理，具备防腐效果。设备表面涂层是预防腐蚀的重要途径，包括涂漆、金属覆盖和电化学保护法。设备外表增加抗氧化性涂料增强抗腐蚀性。将耐腐蚀性金属附着于

设备表面形成致密氧化膜，实现与运行环境隔绝。运用原电池理论将被保护金属作为腐蚀电池阴极，避免电化学侵蚀。运行时期对各部件状态进行监测，观察记录运行参数。机器发生异常时及时分析原因，与前期记录数据对比，评估设备运转状态，判断故障严重程度，确定保养及维修方案。维修方案包括定期维修、状态预防维修和状态维修，根据设备具体情况选择^[5]。预防性维修在设备未出现故障前处理，将故障消除在萌芽状态。结合状态维修，根据日常、定期检查及监测信息判断已损坏部位，制定合理检修周期。定期更新老化、损坏的设备，运用先进检测技术了解设备特征、功能及运行需求，将实际运行信息与原有信息比较，明确故障情况。创建综合素质较强的设备维修团队并进行专业培训，定期对设备进行养护，减缓设备老化，降低故障发生率，延长设备使用周期。

结语

化工设备检修作业风险因素复杂多样，动火作业、受限空间作业、高处作业是事故高发领域。通过建立系统化的能量隔离计划，严格执行各类特殊作业预防措施，强化检修全过程管理，并结合腐蚀预防与设备管理，可有效降低检修事故发生概率。化工企业应持续完善安全管理体系，加强人员培训与应急能力建设，推动检修作业向规范化、标准化方向发展，切实保障装置检修安全与企业稳定运行。

参考文献

- [1]刘广宇.化工设备检修中的风险因素及预防措施[J].化纤与纺织技术,2024,53(6):104-106.
- [2]潘有志.石油化工设备检修中的危险因素及预防措施[J].云南化工,2018,45(4):243-243.
- [3]孙丹.石油化工设备检修中的危险因素及预防措施分析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(12):016-019.
- [4]马可望,李晨冉.化工设备检修中的安全隐患及应对措施[J].四川化工,2023,26(1):51-54.
- [5]刘海燕.化工设备检修中的安全措施探析[J].化工管理,2014(17):186-186.