

化工装置拆除过程的安全风险分析与防控措施

张 森

江苏盛虹石化产业集团有限公司 江苏 连云港 222065

摘 要：化工装置拆除作业具有危险性高、结构复杂、约束条件严苛等特征，全程存在多重安全风险。本文以拆除过程为脉络，先界定拆除核心特征与三大流程节点，再系统识别拆除准备、核心拆除、收尾阶段的典型安全风险，剖析人员、设备、环境、管理四大影响因素，进而针对性提出各阶段精准防控措施及安全管理机制。为化工装置拆除安全风险管控提供借鉴，从而有效降低风险，保障拆除作业安全有序进行。

关键词：化工装置拆除；安全风险；防控措施

引言：随着国家产业政策调整，因优化产业结构、淘汰落后产能，出现了一大批规模小、技术落后、能耗高、安全环保不达标老旧、落后装置面临拆除的处境。而装置拆除涉及危险物料处置、复杂结构拆解等关键环节，风险突发性与关联性突出，不仅威胁人员安全，还易造成环境污染。拆除安全管理常常存在风险识别不全面、防控措施针对性不足等问题。基于此，本文聚焦化工装置拆除过程，开展安全风险分析与防控措施研究。

1 化工装置拆除的核心风险及关键节点

1.1 核心风险

化工装置拆除具有显著的复杂性与高风险性，核心风险体现在三方面：（1）危险性突出。装置内有有毒有害、易燃易爆介质如清理、置换不彻底，残留物料及装置内形成的硫化亚铁、过氧化物等不稳定物质，在拆除过程极易引发泄漏、着火爆炸事故。（2）装置结构复杂性高，包含塔、加热炉、换热器、储罐、管道等多种设备，建筑、框架、楼梯、管廊等建构物，及地下管道、电缆等，构件交错连接、相互影响，且长期运行可能存在腐蚀减薄、疲劳损伤、应力集中，拆除过程存在结构失稳、能量意外释放的风险。（3）约束条件严苛，拆除作业需同步满足安全、环保及场地限制，有的相邻装置仍处于运行状态，还有的只是局部拆除，边界作业条件复杂。

1.2 关键节点

结合行业实践，化工装置拆除可界定为以下三大关键节点：（1）准备阶段为基础核心，关键节点包括：①装置原始资料准备（设计图纸、物料清单、运行记录）。②现场全面勘察、残留物料检测与无害化清理、拆除方案编制与审批及人员培训考核。③拆除工艺交出及安全交底^[1]。（2）核心拆除阶段为风险高发环

节，按“先上部后下部、先外部后内部、先设备后结构、先非关键设备后核心设备”的原则推进，关键节点涵盖特殊作业许可办理、实时风险监测、吊装与切割作业管控。（3）收尾阶段聚焦风险闭环，关键节点包括拆除废料分类处置、现场清理复核、场地环境检测与恢复，确保全流程风险可控^[2]。

2 化工装置拆除过程安全风险识别

2.1 拆除准备阶段

准备阶段风险源于准备疏漏与操作不规范，直接影响后续作业安全，主要包括：（1）资料核查不全面。装置原始技术资料缺失、不准，无法掌握结构参数、设备数据、物料分布等关键信息，导致风险预判和方案制定缺乏可靠依据；

（2）现场勘察不细致。对周边环境、地下管线、地质条件等勘察不到位，未识别出潜在风险，易引发作业冲突或次生灾害；

（3）物料处置不彻底。装置物料清理、置换不到位，未明确残留物料情况，遗留中毒窒息、火灾爆炸隐患；

（4）方案编制不科学。拆除方案缺乏针对性，未结合装置实际明确拆除重点部位、关键风险等，审批过程不严格；

（5）人员配置不达标。作业人员无资质、无经验、缺培训，安全管理人员不足，监管缺失；

（6）安全设施不完善。个体防护装备、监测设备等未配齐，无法满足个体防护和拆除过程实时监测需求。

2.2 核心拆除阶段

核心拆除阶段为风险高发期，作业复杂且风险具突发性、连锁性，主要包括：

（1）物料泄漏风险。切割、拆解破坏密封结构，导致潜藏残留物料泄漏，引发次生风险；

（2）火灾爆炸风险。动火作业管理不规范，飞溅火

花诱发着火事故。泄漏物料与空气形成爆炸性混合物、遇点火源引发爆炸事故；

(3) 中毒窒息风险。有毒物料泄漏积聚、通风不足导致人员中毒，受限空间作业氧气不足、有毒气体超标引发窒息；

(4) 机械伤害风险。吊装、切割等设备选型不当、性能不稳或操作违规，造成人员挤压、撞击伤害；

(5) 高处坠落风险。脚手架搭设不规范、临边防护缺失，未规范使用安全带导致坠落；

(6) 坍塌风险。未按科学顺序拆解承重构件，或对构件损伤评估不足导致结构失稳，废渣废料违规堆积也可能引发局部坍塌；

(7) 物体打击风险。构件、废料固定堆放不当坠落，或作业人员违规抛掷物料引发伤害；

(8) 作业协同不畅风险。多工种交叉作业无协同机制，时间、区域划分不明，同一区域多作业面同步开展拆除作业，易出现拆除条件动态变化导致相互制约、失衡。

2.3 拆除收尾阶段

收尾阶段风险多因人员麻痹、工作不彻底产生，以残留和次生风险为主，影响拆除工作安全闭环，主要风险包括：

(1) 现场清理不彻底。废渣、废料清理不全，残留物料或杂物堆积，引发后续隐患；

(2) 废弃物料处置不规范。未按安全环保要求分类处置，危险废弃物去向不明，随意堆放倾倒引发污染和违规问题；

(3) 设备撤离不合规。拆除设备、临时设施随意摆放，撤离未按规程操作，吊装运输失稳碰撞，撤离后场地未清理检查；

(4) 场地恢复不达标。土地平整、土壤修复等未完成，或恢复过程未检测，存在土壤污染、地质不稳隐患^[1]；

(5) 风险复核不到位。未建立复核机制，未全面排查评估，遗留安全隐患；

(6) 作业记录不完善，未同步编制拆除过程记录，导致责任追溯无据，不利于经验总结。

3 化工装置拆除安全风险的影响因素

化工装置拆除安全风险的形成受以下多维度因素综合作用，各因素相互关联且影响程度不同。

(1) 人为因素。是风险诱发的关键因素，主要包括人员缺乏专业资质与系统培训，对装置的特殊风险认知不足、操作不规范，以及安全管理人员配置不足、监管不及时、不到位，同时交叉作业中协同配合缺失也会加剧风险；

(2) 设备因素。设备长期运行后的腐蚀减薄、结构失稳、性能下降，加之拆除所用机械装备选型不当、性能不足、未定期检验或安全附件不全，均会加剧作业风险；

(3) 环境因素。拆除区域周边、地下复杂环境、作业界面未清晰分割、恶劣天气影响，以及受限空间、高空等特殊作业的叠加风险；

(4) 管理因素。核心是方案编制与制度执行层面的疏漏，包括拆除方案缺乏针对性、科学性与可行性、作业许可制度执行不严、风险评估与应急预案不完善，以及对危险废弃物处置等环节的管理缺失，直接影响风险管控的有效性。

4 化工装置拆除过程安全风险防控措施

4.1 拆除准备阶段的安全防控措施

准备阶段防控核心是夯实安全基础、消除前期隐患，保障拆除作业规范、有序启动，具体措施包括：

(1) 完善资料核查机制。全面收集装置设计图纸、设备设施数据、物料清单等原始技术资料，组织专业人员核对校验，补充完善缺失或不准确信息，建立完整的拆除方案支撑技术资料；

(2) 实施精准现场勘察。组建专业团队，采用仪器检测与人工排查相结合方式，重点核查周边环境、相邻装置、地下管线及地质条件，明确作业边界与安全距离，形成完整、细致的勘察报告；

(3) 规范残留物料处置。制定专项方案，通过与装置人员的技术交底了解装置残留物料分布及理化特性，开展专业检测明确残留物料的具体情况，再针对性选用蒸煮、水洗、置换等方式尽可能彻底清理，作业前复检确认达标；

(4) 强化方案编制与审批。结合设计资料、交底情况与勘察结果编制针对性拆除方案，成立拆除工作机构、明确拆除工作原则、完善人员机具条件配置、明确拆除顺序、作业方法及应急方案，复杂的高风险作业需编制专项技术方案，并经相关专业专家论证审批后实施；

(5) 严格作业人员管理。优选有经验人员负责拆除关键环节，核查作业人员资质，确保特种作业人员持证上岗，开展拆除方案及作业相关的安全培训并考核，配备专职安全员并明确职责；

(6) 配齐安全防护及应急设施。按规范配备个体防护装备、检测设备、消防应急器材等，确保性能完好可用，划定危险区域并设置隔离屏障。

4.2 核心拆除阶段的安全防控措施

核心拆除阶段防控重点是精准管控高风险环节，遏制突发性、连锁性事故，具体策略包括：

(1) 严控物料泄漏风险。拆除前对仍残存物料的关键密封点、管线接口进行预处理,作业过程中针对高危设备设施采用冷切割等低扰动作业方式,配备便携式气体检测设备实时监测,设置泄漏应急收集设施,明确泄漏处置流程;

(2) 强化火灾爆炸风险防控,严格执行动火作业许可制度,动火前彻底清理作业区域可燃物,进行气体检测并持续监测,作业点配备灭火器材和监护人员,动火后清理现场并留守观察;同时加强静电防护,作业人员穿戴防静电装备,设备可靠接地;

(3) 落实中毒窒息防控措施。尽可能减少受限空间作业,如需作业,必须进行隔离、置换和气体检测,合格后方可进入,作业过程中持续通风并实时监测有害气体及氧气浓度,配备应急救援器材,明确专人监护;作业人员必须按要求佩戴合格的个体防护装备,每次作业前检查装备性能;

(4) 规范机械作业安全管理。严格设备选型与检验,确保吊装、切割等设备性能符合作业需求,定期进行维护保养与检测;作业前对设备操作人员进行安全技术交底,明确操作规程,吊装作业设置警戒区域,专人指挥协调,避免交叉作业干扰;

(5) 强化高处作业安全防护。严格脚手架搭设与验收管理,确保搭设规范、牢固可靠,作业平台铺设防滑材料,配备安全防护网;作业人员必须正确佩戴和使用安全带,严禁违规作业,恶劣天气下暂停高空作业;

(6) 防范坍塌与物体打击风险。严格按既定拆除顺序作业,先非承重构件后承重构件、先上部后下部,严禁盲目拆解关键承重结构;对腐蚀、疲劳损伤构件重点监测,必要时采取加固措施;拆除物料分类堆放,严禁超载堆积,设置防坠落、滑落防护设施,严禁违规抛掷物料^[4];

(7) 优化交叉作业协同管理。建立统一的作业调度和联络机制,明确各工种、各班组作业时间、作业区域及安全职责,设置专职协调人员,作业前进行交叉作业安全交底,避免操作冲突。

4.3 拆除收尾阶段过程安全防控措施

收尾阶段防控核心是闭环管理,消除残留风险,同时强化全过程管控,保障整体安全,具体措施包括:

(1) 严格现场清理验收。制定专项清理方案,对拆除现场残留废渣、废料、废弃构件及杂物进行全面清理,分类堆放并标识,清理完成后组织多部门联合验收,确保无物料残留和安全隐患;

(2) 规范废弃物料处置。建立废弃物料分类处置台账,明确危险废弃物识别、收集、储存、运输及处置流程,严格执行环保和安全相关规定,委托有资质的单位进行处置,确保合规;

(3) 强化设备撤离安全管理。制定设备撤离方案,明确撤离顺序、吊装运输路线及安全防护要求,撤离过程中专人指挥,对吊装设备进行安全检查,撤离后及时清理场地,排查是否存在遗留隐患;

(4) 落实场地恢复与检测。按要求完成场地平整、土壤修复、植被恢复等工作,在恢复过程中定期进行环境检测,包括土壤、地下水、空气质量等,确保场地环境达标,满足后续使用要求;

(5) 建立全过程风险复核机制。收尾阶段组织专业人员对拆除全流程进行安全复盘,全面排查遗留安全隐患,对发现的问题制定整改方案,限期整改并验收,确保风险闭环;

(6) 规范拆除物资的回收管理。对拆除设备、设施进行全面清点,分类整理,对损坏、报废的物资按规定程序处置,合格物资登记造册、妥善保管以备后续使用;

(7) 完善作业记录与档案管理。全面整理拆除全过程作业记录、检测记录、隐患排查记录、审批文件等资料,按规范归档保存,确保安全责任可追溯,为后续拆除项目提供经验参考;

(8) 健全全过程安全监管体系。建立“事前预防、事中管控、事后复盘”的全流程监管机制,明确各环节监管责任,采用现场巡查、视频监控等多种方式强化拆除监管,对违规行为严肃查处,确保防控措施落地见效;

结束语:化工装置拆除过程的安全管控是系统性工程,需兼顾风险识别的全面性与防控措施的精准性。本文通过梳理化工装置拆除核心风险与流程,明确各阶段风险点及影响因素,并提出相应的防控措施,构建的过程防控体系能够为拆除作业安全提供全方位的保障。

参考文献

- [1]韩庆国.浅谈石油化工装置拆除工程的关键程序[J].工程技术交流, 2021, 07: 101-103
- [2]周楠楠.化工企业拆除活动污染防治方案探讨[J].环保与节能, 2021, 24 (08): 17-18
- [3]徐林钊.浅谈报废石油化工装置拆除过程HSE管理[J].工程管理, 2025, 67 (03): 200-202
- [4]田晨鸣.石油化工装置拆除过程风险及安全控制分析[J].中国设备工程, 2024, 10 (下): 3-5