

乙烯装卸储运过程中的安全风险与防控策略研究

滕 斐 (蓝海新材料(通州湾)有限责任公司, 江苏 南通 226300)

摘要: 乙烯是石油化工产品的重要原料, 伴随生产规模的扩大和装置的一体化趋势, 其装卸、储存、运输过程中存在的安全问题也显得尤为突出。本文对乙烯危险特性进行归纳总结, 并深入分析装卸过程中发生泄漏以及存储运输设备超压爆炸等风险, 进而提出了针对装卸过程的密封性强化与检测措施、储运设备的压力控制和释放装置、储罐防腐蚀及完整性检测手段、静电消除及防爆方法等防范策略, 希望为加强乙烯装卸、储存和运输过程的安全管理提供参考。

关键词: 乙烯; 装卸储运; 安全风险; 防控策略

中图分类号: TE88 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 008-0136-03

Research on Safety Risks and Control Strategies in the Handling, Storage and Transportation of Ethylene

Teng Fei (Blue Sea New Materials (Tongzhou Bay) Co., Ltd., Nantong Jiangsu 226300, China)

Abstract: Ethylene is an important raw material in the petrochemical industry. With the expansion of production scale and the trend of integrated production facilities, the safety issues in the handling, storage and transportation of ethylene have become particularly prominent. This paper summarizes the hazardous characteristics of ethylene and deeply analyzes the risks such as leakage during handling and overpressure explosion of storage and transportation equipment. Then, it proposes prevention strategies including strengthening the sealing performance and detection measures during handling, pressure control and release devices for storage and transportation equipment, anti-corrosion and integrity detection methods for storage tanks, static electricity elimination and explosion prevention methods, etc., hoping to provide references for strengthening the safety management of ethylene handling, storage and transportation processes.

Keywords: Ethylene; Handling, Storage and Transportation; Safety Risks; Control Strategies

由于乙烯是典型的液化烃类危险化学品, 具有极高的易燃易爆特性。在乙烯装卸和储存期间, 若设备接口、阀组管线、储罐本体发生泄漏, 或存在压力管理不到位、设备完好性保障不足、静电消除不彻底等问题, 极易在局部区域形成易燃性蒸汽云团, 一旦遭遇明火, 就可能引发火灾、爆炸等重特大安全事故, 导致群死群伤、重大经济损失或环境损害。

当前, 部分企业仍不同程度存在安全风险辨识不全、防控措施不完善、维运管理不精细等情况, 难以满足大型化工装置满负荷连续生产对安全管理提出的更高标准。

因此, 迫切需要以乙烯装卸、储存、运输全流程为主线, 系统梳理各环节存在的安全风险, 建立从技术、管理到操作的全方位安全防控机制, 为企业及相关单位做好乙烯装卸储存运输过程中的安全风险提供科学可靠的技术参考。

1 乙烯的危险特性概述

乙烯作为重要的基本化工原料之一, 在常温、常压状态下为无色、略带甜味的气体, 微溶于水, 在多种有机溶剂中溶解度较大。因其分子中含有碳碳双键, 化学性质较为活泼, 在高温、高压或催化剂作用下可发生聚合反应, 生成相对分子质量较大的高分子化合

物。此外, 乙烯与空气能形成爆炸极限范围较宽的爆炸混合物, 且着火能量低、燃烧速度快, 一旦发生泄漏, 极易聚集至可燃浓度, 遇火源引发燃烧或爆炸。加之乙烯采用高压液化仓储存时, 若遭遇高温或剧烈撞击, 可能导致容器超压甚至爆裂, 进一步加剧事故后果。因此, 明确乙烯本身潜在的物理危险性和化学危险性, 是实现安全装卸、储存与运输的前提和基础^[1]。

2 乙烯装卸储运过程中的安全风险

2.1 装卸环节泄漏风险

当前, 乙烯装卸作业环节存在较多高危险性作业活动, 其接口密集、工况转换频繁, 若各工序衔接不当, 可能引发大规模泄漏事件。装卸臂、快装接头、法兰、阀门等设备经长期运行后, 密封部位易受温度周期变化、压力波动及震动等因素影响, 产生细微裂纹或形变, 导致密封性能下降。若现场巡检与部件更换不及时, 在高压或超低温环境下, 极易造成连续性泄漏; 而在泵送、管线切换、紧急停车等非稳定工况下, 泄漏量还可能突然大幅增加。装卸区大多设置在装卸臂旋转半径与人行通道范围内, 泄漏的乙烯会在低洼地带、地沟及建筑物内大面积聚集, 形成可燃蒸汽云。若遇汽车尾气、电器设备电火花或摩擦撞击火花等火源, 将引发燃烧甚至爆炸, 直接危及现场工作人员生

命安全,以及临近生产装置和整个工厂的安全运营。

2.2 储运设备超压爆炸风险

乙烯储运装置长期处于较高压力或较大温度梯度环境中,受介质状态转化与外部环境因素共同影响,装置应力状态较为复杂,超压风险难以完全排除。对于高压常温储罐及低温常压储罐而言,外界温度升高、阳光照射及火灾产生的热辐射,会持续向罐体内传递热量,导致罐内液体不断汽化、气相体积增大,压力逐步升高。若压力控制不及时,或排火炬、安全阀等泄压设备发生堵塞、结霜、卡涩等故障,罐内压力可能瞬间突破设计压力,使筒体应力达到或超过极限值,引发设备损坏。在低温乙烯系统中,若预冷不足、进料过快或操作失误,可能导致设备突然收缩降温,后续升温加热或复压过程中又会产生巨大压力冲击,反复出现的交变应力会诱发疲劳裂纹产生并加速其扩展^[2]。

2.3 乙烯罐腐蚀破损引发泄漏风险

乙烯球罐长期运行过程中,受内外介质与外界环境综合作用,罐体表面会形成腐蚀环境,逐步损害球罐结构完整性和密封性。罐底长期处于潮湿介质与沉淀物环境中,易产生点蚀凹坑;焊缝热处理区、接管根部、形状突变部位易出现应力集中及腐蚀疲劳,在频繁往复充注排液和冷热循环作用下,可能诱发微观缺陷的产生与发展。罐外壁在潮湿空气、酸雨及化工介质作用下,涂层损坏处会发生化学腐蚀、电化学腐蚀;保温层内及支承部位因积水严重、通风条件差,腐蚀速度显著加快。当罐壁厚因腐蚀减薄至无法承受设计压力时,在正常操作波动或异常工况下,可能发生穿孔破裂,造成乙烯泄漏。

2.4 静电积聚引发燃烧风险

乙烯属于低介电常数、高流速的烃类介质,在储存运输过程中,反复的灌注、泄放、流动及加压减压操作,会使乙烯与管道、阀门、设备内壁持续发生接触与脱离,极易生成并积聚大量静电荷。液体乙烯流经管线时,若流速较高,或通过过滤网、节流装置时,受剪切效应和湍流影响,电荷分离会进一步加剧。若接地系统不健全或未做好跨接处理,电荷无法及时导除,将在设备或管道上积累形成高电位,当电位梯度达到一定阈值时,会产生对地或邻近导体的放电,形成静电火花。在装车站台、泵房等相对密闭、通风条件较差的区域,若有乙烯蒸汽泄漏,与空气混合形成爆炸性混合气体,且乙烯浓度处于爆炸极限范围内时,可能引发局部燃烧或爆炸。

3 乙烯装卸储运过程中的安全风险的防控策略

3.1 强化装卸环节泄漏防控

为切实降低乙烯装卸过程中因接口繁杂、工况复

杂导致的跑冒滴漏问题发生概率,企业应从设备本体安全、操作程序控制及现场监控报警等方面综合施策,建立全流程、立体式泄漏预防机制。在设备本体安全方面,应优先选用结构稳定、密封可靠的装卸臂、快速接头及专用软管,所选装卸设施必须满足高压、低温作业环境要求。

装卸臂回转机构、支撑机构、锁定部件需具备足够强度和稳定性,避免频繁使用过程中发生变形或产生缝隙,留下微量泄漏隐患。密封圈材质应根据乙烯特殊理化性质筛选,选用耐低温、弹性良好的高分子化合物,并依据温度波动频率、压力变化幅度确定检修更新周期。装卸作业前,工作人员需仔细排查装卸臂、法兰、阀门、盲板等连接节点,重点检查密封状况、紧固件完整性及紧固程度,若发现磕碰损伤、裂痕、严重压痕变形等问题,需及时更换密封件,严禁设备“带病”投入使用^[3]。

同时,企业应建立并严格执行标准化充装操作流程,明确充装速度、压力范围及切换顺序,杜绝因充装节奏过快或程序混乱造成瞬态冲击压力,引发密封泄漏。充装过程中,控制室与现场操作员需密切协调,根据储罐液位、压力、温度等指标变化调节充装速度,避免液位上升过快或压力异常升高,增加泄漏风险。对于低温乙烯充装,需严格落实预冷步骤,实现管道、槽车温度平稳过渡,防止温差骤变产生强烈应力,损害法兰密封面。

充装完毕后,操作人员需按规定逐步关闭阀门、泄放余液、解除紧急切断阀联锁,并对鹤管归位上锁,避免受震动及大风影响导致连接处松脱。

3.2 严控储运设备压力保障安全

乙烯储存运输系统中,储运装置长期承受高压或较大温差作用,在介质状态变化及外部因素共同影响下,始终处于复杂应力状态,超压风险不容忽视。为全面控制超压爆炸风险,企业应从装置设计选型、操作监控及维护保养、超压保护措施三方面实施综合管控,形成贯穿设备全生命周期的压力管理程序。

在装置设计选型阶段,需根据生产工艺要求合理确定设备设计压力、温度及安全系数,既要保证设计余量,又避免因设计参数过高造成不必要的运行风险;对于高压常温储罐和低温常压储罐,优先选用经实践检验的结构型式和材质,确保设备具备足够的耐疲劳性和抗脆性断裂性能。设备制造与安装环节必须严格遵照国家相关标准法规和技术规定执行,加强焊缝质量检测与探伤检验,杜绝因制造缺陷埋下安全隐患^[4]。

此外,企业应配备完善的压力监控报警体系,实现对储罐、管线压力的实时监测、显示及超警戒值报

警。员工需熟练掌握压力控制原理，密切关注环境因素对装置内部压力的影响，在环境温度过高、强日光照或火灾高温烘烤等情况下，及时启动喷淋降温或调节进料速率等措施，防止压力异常上升；针对低温乙烯系统，需防范因预冷不足、进料过快或误操作导致的设备快速冷缩，以及后续加热回温或回弹引发的巨大压力波动，可通过优化操作步骤、增设缓冲罐等方式降低压力冲击。

3.3 加强乙烯罐防腐维护及完整性管理

鉴于乙烯储罐在长期服役过程中，内、外介质及所处环境会共同作用形成腐蚀环境，逐步降低罐体结构完整性及气密性能，企业需将防腐检修及完整性管理作为保障储罐安全可靠运行的核心工作。防腐检修方面，应根据储罐结构类型、存储介质及环境条件制定合理的防腐对策：与内侧介质接触的罐壁及罐底，需采用耐低温、阻隔性强的防腐涂层，并严格把控涂层喷涂质量，确保涂层光滑、平整、完整；罐体外壁采用性能优良的耐候防腐涂料体系，定期检查涂层状态，若出现脱落、鼓包、开裂等问题，及时修补，防止腐蚀性物质侵入。针对储罐底部因长期接触湿态介质及淤泥易产生局部蚀坑的问题，需及时清理淤泥、排空积水，减少腐蚀性物质堆积；在此基础上，可采用阴极保护法进一步降低罐体腐蚀速度^[5]。

在此基础上，企业应构建储罐全寿命周期完整性管理框架体系，涵盖数据收集与记录建档、风险辨识与评估、检验检测与评定、修理与更新、再评定等关键环节。需定期对储罐开展周期性检测，包括外观检查、壁厚测定、无损探伤、硬度测量等，重点关注焊缝热影响区、管线支座根部、变形区域等高应力部位，及时排查并分析储罐腐蚀、裂纹等问题。针对储罐出现的各类问题，需结合问题类型、大小、位置等因素制定合理修复措施，通过打磨焊接、局部更换、补加强板等方式，确保修复后的罐体符合使用要求。

3.4 规范静电消除及防爆措施

随着乙烯装卸储存量的增加，静电聚集引发的火灾隐患愈发突出。企业需针对静电产生、积累与释放的全过程，建立完整规范的防静电管理体系。在静电产生环节，需优化装卸作业工艺参数，严格控制乙烯输送速度，避免高速输送加剧电荷分离；对于液体乙烯，应合理配置过滤器、调节阀等装置，在管线设计中增大管径、减少拐角，降低流体湍动程度；管道接缝处采用平滑连接方式，减少流体运动轨迹突变，降低剪切力作用。此外，在管材管件选型上，优先选用导电性良好的材料，确保设备内壁光滑平整，避免因表面粗糙导致静电累积。

在静电防护环节，企业需构建完善的静电接地装置，确保所有与乙烯接触的容器、管道均实现安全接地。装卸区应设立独立的静电接地端子，并配置便捷的静电接地夹，保证槽车、装卸臂等移动装置能够快速、有效地接入地线网。定期检测静电装置，确保其接地阻值符合规定要求，发现问题及时整改^[6]。对非金属容器及零部件，采取静电跨接方式，保障电荷顺利逸散；加强现场人员管控，要求操作人员必须穿戴防静电服、防静电鞋，严禁穿着易产生静电的化学纤维类衣物，防范人体活动引发的静电危害。装卸作业过程中，合理控制现场操作人员数量，避免人员聚集，最大限度减少人为因素产生的静电风险^[7]。

4 结束语

综上所述，乙烯装卸储存运输过程中的安全隐患具有复杂性、关联性及高危性特点，必须从泄漏防范、压力控制、设备完好维护及防静电等多方面实施综合预防。企业在采取一系列技术措施的同时，还需结合完善的管理机制与员工素质培养，构建制度健全、巡查到位、保养落实、监控严密、防范在先的全方位隐患防范机制。未来，还需进一步健全相关法律法规和技术标准，推动智能检测技术与信息化管理系统深度融合，持续提升乙烯装卸储存运输过程的本质安全水平。

参考文献：

- [1] 樊增强,魏业开,马广翔.循环水式乙烯气化器在氯乙烷装置中的应用[J].天津化工,2025,39(06):138-140.
- [2] 曹可琳,曹焯鑫.乙烯低温罐蒸发气再液化系统低负荷运行问题及对策[J].石化技术,2025,32(10):7-9.
- [3] 石飞.实验室环氧乙烷进料系统安全流程设计[J].四川化工,2025,28(04):56-59.
- [4] 范军刚.N新建乙烯装置工程项目风险评价与应对[J].山西师范大学学报(自然科学版),2025,39(02):153-160.
- [5] 张磊,罗灵力,王正岩,李锦,肖琼.乙烯厂销售装置碳五、轻烃卸车鹤位运行隐患的改造与投用[J].石油化工安全环保技术,2020,36(5):47-50.
- [6] 周江沛.低温乙烯装卸车流程探讨[J].石化技术,2019,26(10):33-34.
- [7] 钱其雯.醋酸乙烯列管式固定床反应器触媒高效装卸系统[J].维纶通讯,2018,38(2):31-33.

作者简介：

滕斐，女，汉族，宁夏青铜峡人，研究生，工程师，研究方向：地面建设与油气储运。