

练,让员工熟悉应急流程与方法。这种分级管理方式能有效提升各等级风险处理的准确性与实效性。

4.3 多维度协同管控体系

多方面联合管理控制系统化工工艺设计里面发挥非常重要作用。融合技术管理人力资源多个方面,搭建全面风险预防控制网络。技术方面使用先进监测控制设备,实现实时数据收集分析。例如,采用分布式控制系统(DCS)对化工生产过程进行集中监控和管理,实现对生产过程的自动化控制和优化。管理方面加强规章制度建设,健全安全管理制度,确保各种措施执行到位。例如,制定完善的安全生产规章制度和操作规程,明确各部门和人员的安全职责,加强对安全生产工作的监督检查。

人力资源方面提升操作人员专业技能安全意识,确保操作人员具备处理紧急情况能力。例如,加强对操作人员的培训和考核,提高操作人员的专业技能和安全意识,使操作人员能够熟练掌握设备的操作方法和应急处理技能。这些措施共同运行,能够明显降低生产过程里面风险,提高全部安全程度。

5 危险识别与控制策略对化工安全提升的作用

5.1 事故率降低的关键影响

危险辨识与防范对降低化工行业事故率至关重要。有效辨识化工工艺设计中的危险要素,能显著减少事故发生可能。通过提前发现原料性质、设备选型、操作步骤等环节的潜在风险,如某新建项目借此消除多个隐患,投产两年未出事故。

在危险辨识基础上实施分级风险管理,对各环节精细管控,可提升风险管理准确度。多种联合管理框架综合考虑原料、设备、人员等多方面风险,整合不同层级控制手段,构建系统安全网络,能快速防事故,将事故后果最小化,减少损失。预警系统与风险预测技术的应用也是关键,它们能及时识别异常,防止小问题演变成大事故,可使事故发生率降低 50% - 70%。有效结合并落实上述方法,能提升化工生产安全水平,保障企业盈利能力,推动行业长期稳定发展。

5.2 对行业可持续发展的推动

风险识别与控制对化工行业可持续发展推动作用显著。化工行业发展常面临安全与环境难题,系统化风险识别及科学控制方法,既能大幅降低事故发生率,又可减少资源消耗与环境破坏,提升经济与环境效益。如某化工企业借此优化工艺,降能减排,提高质量与效率,实现双效提升。

在可持续发展要求下,良好安全管理促使企业重视绿色与安全设计,推动技术进步与流程改进。透明标准的安全控制做法能提升企业声誉与竞争力,吸引投资与合作。如国际知名化工企业凭严格安全环保措施树好形象,获市场认可,引大量投资合作。风险控制策略还优化工作环境,保障劳动者安全,提升其技能,促进企业管理规范现代。科学管理危险因素是提高企业安全水平的关键,为行业长期发展提供坚实保障,助力经济、社会、环境和谐共进。

6 结语

化工工艺设计中的危险因素识别与控制,是保障化工生产安全、推动行业可持续发展的关键。通过构建预警机制、实施多层次多维度管控,可有效降低事故率,提升安全管理水平。同时,科学的风险控制策略还能促进企业技术进步、优化生产流程,实现经济效益与环境效益的双赢。未来,化工行业应持续深化危险因素识别与控制研究,不断完善安全管理体系,为行业的长期稳定发展筑牢安全基石。

参考文献

- [1] 吉瑞光.化工工艺设计中的危险因素控制策略[J].装备维修技术,2021,(27):0106-0106.
- [2] 肖佰惠.化工工艺设计中危险因素识别及控制策略[J].中国科技期刊数据库 工业A,2022,(02):0060-0062.
- [3] 沈菲.化工工艺安全设计中危险识别和控制策略[J].中国科技期刊数据库 工业A,2023,(05):0047-0050.
- [4] 蔡玮玮.化工工艺安全设计中危险因素识别与控制[J].化工管理,2023,(14):131-133.
- [5] 李晓芬.化工工艺设计中危险因素识别及防控策略[J].中国科技期刊数据库(引文版)工程技术,2023,(06):0021-0024.

Research on systematic analysis and prevention and control of forklift safety in oil paint manufacturing enterprises

Chunrong Ni

COSCO Kansai Coatings (Shanghai) Co., Ltd., Shanghai, 201512, China

Abstract

The manufacturing process of oil-based paint involves a large amount of flammable and explosive volatile organic compounds, posing a high risk of fire and explosion. As the core equipment for material transfer, forklifts face more complex and severe safety risks in similar environments. This paper systematically identifies corresponding key risk points through in-depth analysis of typical forklift accident cases that have occurred in similar chemical environments in recent years. Combining safety production regulations with industry practices, a systematic prevention and control system is constructed, covering equipment intrinsic safety, closed-loop management of personnel qualifications and capabilities, standardized control on the job site, and emergency response capability building. It emphasizes the implementation of risk defense in depth through the application of explosion-proof technology, intelligent monitoring based on IoT and AI, and standardized operation management throughout the entire process. This provides a theoretical basis and practical guidance for forklift safety management in oil-based paint manufacturing enterprises.

Keywords

oil-based paint; forklift safety; fire and explosion risk; intrinsic safety; explosion-proof technology; safety management system

油性涂料制造企业中叉车使用安全系统性分析和防控的研究

倪春荣

中远关西涂料(上海)有限公司, 中国·上海 201512

摘要

油性涂料制造过程中因涉及大量易燃易爆挥发性有机物, 构成了极高的火灾爆炸风险。而叉车作为物料转运核心设备, 在类似环境中的作业安全风险更为复杂和严峻。本文通过对近年来类似化工环境中发生的典型叉车事故案例的深入分析, 系统识别了相应的关键风险点。结合安全生产法规与行业实践, 构建了一套涵盖设备本质安全、人员资质与能力闭环管理、作业现场规范化控制及应急处置能力建设的系统性防控体系。强调通过防爆技术应用、基于物联网AI智能化监控以及全流程标准化作业管理实现风险纵深防御。为油性涂料制造企业的叉车安全管理提供了理论依据和实践指南。

关键词

油性涂料; 叉车安全; 火灾爆炸风险; 本质安全; 防爆技术; 安全管理体系

1 引言

油性涂料制造业是我国经济的重要配套产业, 其产品广泛应用于各领域。然而, 该行业生产过程中大量使用的树脂、溶剂等原料多具有易燃、易爆、易挥发的特性, 导致生产环境长期存在较高的火灾、爆炸及中毒风险。在此类危险环境中, 场(厂)内专用机动车辆(以下简称“叉车”)作为物料转运的关键设备, 一旦操作或管理失当, 极易引发灾难性事故。

因此, 对油性涂料制造企业中的叉车使用安全进行系统性分析和研究, 识别特殊风险, 构建科学有效的防控体系, 具有极其重要的现实意义。

【作者简介】倪春荣(1972-), 男, 中国上海人, 本科, 从事化工管理研究。

2 油性涂料企业叉车作业风险识别与评估

油性涂料企业叉车作业风险主要源于物料的化学危险性、环境的潜在爆炸性以及人-机-环交互的动态性。精准识别风险是构建有效防控体系的基石。

2.1 火灾与爆炸风险

此为该类企业叉车作业最突出、最致命的风险, 其触发因素主要包括:

静电放电引燃: 叉车行驶或装卸时, 轮胎与地面摩擦、皮带运转等均可能产生并积累静电荷, 积累至一定程度易发生放电。若环境存在达到爆炸极限的溶剂蒸气, 极易引发火灾或爆炸。

车辆电气火花: 普通叉车的电气线路、开关、电机、蓄电池等在正常工作时可能产生电火花, 足以点燃可燃蒸气。

发动机表面高温与排气火星：内燃叉车的发动机表面、排气管等部位温度极高，可能超过多数溶剂燃点；排气过程中也可能夹带火星，成为潜在点火源。

碰撞与摩擦机械火花：作业中货叉与托盘、货架或地面的剧烈碰撞或摩擦可能产生火花，在搬运金属容器时此风险尤为突出。

2.2 中毒与窒息风险

油性涂料中的溶剂及部分树脂单体具有不同程度的毒性。叉车驾驶员及相关作业人员长期暴露于含挥发性有机物的环境中，可能通过吸入等途径导致急慢性中毒。此外，在大型储罐等有限空间内使用叉车作业，还存在缺氧窒息的风险。

2.3 物料特性衍生的操作风险

包装破损与泄漏：导致易燃有毒物料泄漏，瞬间扩大危险区域。

重心不稳与侧翻：

视线遮挡：搬运高大货物时会严重阻碍驾驶员视线，极大增加碰撞风险。

2.4 人机交叉作业环境风险

油性涂料生产通常布局紧凑，物、人流交织。叉车与操作人员等在同一空间内动态交叉作业，构成复杂风险环境。

2.5 风险半定量评估示例

为提升风险管理的科学性，本文采用作业条件危险性评价法(LEC法)对三类典型风险进行半定量评估示例如下：

2.5.1 风险点 A：静电引燃溶剂蒸气（火灾爆炸）

事故可能性(L)：在通风不良的甲乙类仓库内，叉车轮胎摩擦、物料滑动易产生静电，可能性属“可能，但不经常”(L=3)。

暴露频次(E)：叉车在该区域连续作业，暴露频繁(E=6)。

后果严重性(C)：一旦引发爆炸，可能导致多人伤亡或重大财产损失(C=15)。

风险值(D)： $D=L \times E \times C=3 \times 6 \times 15=270$ （高度风险）。

2.5.2 风险点 B：人车交叉路口碰撞（机械伤害）

L：厂区交叉路口多，人车混行，发生碰撞可能性“完全可能预料”(L=6)。

E：驾驶员每日多次经过路口(E=6)。

C：可能导致人员重伤或死亡(C=7)。

D： $D=6 \times 6 \times 7=252$ （高度风险）。

2.5.3 风险点 C：有限空间内作业中毒（中毒窒息）

L：在未严格审批和通风的储罐内作业，中毒可能性“相当可能”(L=3)。

E：此类作业不频繁(E=2)。

C：可能导致单人死亡(C=15)。

D： $D=3 \times 2 \times 15=90$ （显著风险）。

以上表明，火灾爆炸与机械伤害中的部分风险属于需立即采取改进措施的“高度风险”。企业可参照此方法对各类风险进行评估排序，为安全资源投入提供决策依据。

3 系统性安全管理体系构建

3.1 设备本质安全化

防爆叉车强制选配：在爆炸性环境（如甲乙类仓库、车间等）内，必须使用国家防爆认证（Ex认证）的叉车。选型时，须依据GB 3836.14对作业场所进行准确分类，并据此选择防爆等级相匹配的车辆。

普通叉车防爆改装与合规性验证：在潜在泄漏区域作业的普通叉车，改装必须系统化并确保合规：

静电导除：安装导电橡胶轮胎，金属链条式静电拖地带、确保有效接地，定期检测接地电阻（应小于100Ω）。

电气系统防火花改造：对启动电机、照明灯等电气部件进行隔爆(d)或增安(e)型改造，或更换为防爆认证部件。

热表面与排气火花控制：在排气管加装火星熄灭器；对发动机高温表面加装隔热护罩。

必须由具备资质的改装，改装后应进行安全性评估与验证。

严格的准入、周期性检验与状态监测：须经检验合格并办理使用登记后方可投入使用。鼓励引入车载故障诊断系统，实时监测发动机温度、静电接地状态等关键参数，实现预测性维护。

3.2 人员资质与能力闭环管理

驾驶员持证上岗与持续培训：叉车驾驶员必须取得特种设备作业人员证(N1)。同时企业还需结合自身物料特性、厂区路线等进行针对性的专项培训和年度复训。

相关人员安全交底与监督：对进入作业区域的非驾驶人员须进行严格的安全交底。作业现场应设置安全监护员，负责监督叉车作业、协调人车交通。

培训效果与安全行为有效性评估：通过笔试考核、安全行为观察(BBS)评估实际操作合规性；将未遂事件报告率、隐患排查率等作为关键绩效指标(KPI)，持续改进培训。

建立安全绩效考核与奖惩机制：将安全操作纳入绩效考核，对违规行为严肃处理，对安全表现优异者给予奖励，形成正向激励与负向约束相结合的安全文化。

3.3 作业现场规范化管理

作业区域划分与物理隔离、人车分流与交通管制、作业前风险确认与许可、物料装载标准化。

3.4 应急处置能力建设

针对性应急预案制定与演练：应急预案中须有专门章节针对叉车引发的泄漏、火灾、碰撞等事故，并定期组织演练。

应急设备配备与维护：配备必要的应急器材，如灭火器、

吸附棉、消防沙、泄漏围堵工具等。

应急演练效果评估与持续改进：每次演练后应进行系统评估，根据评估报告修订预案、调整资源、加强培训，形成“演练-评估-改进”的闭环管理。

4 安全防控关键技术策略

4.1 基于环境分类的叉车管理策略

A类（高危险区）：如溶剂储罐区、油性生产车间等。强制要求使用符合防爆等级的叉车，人员着防静电服。

B类（中危险区）：如成品仓库、包装车间。优先使用防爆叉车；若使用经安全改造的普通叉车，必须严格控制作业条件（如强制通风、气体监测）。

C类（一般风险区）：如行政办公区、厂区主干道。按常规工业车辆安全管理即可，但仍需遵守基本规定。

4.2 智能化与技防手段的深度融合应用

4.2.1 感知层——车载智能终端集成

环境感知模块：集成防撞雷达、盲区摄像头、AI视觉识别系统，实时识别周边风险并报警。

驾驶员状态监测（DMS）模块：通过面部识别监测驾驶员疲劳、分心等行为。

车辆状态物联网（IoT）模块：采集速度、起升高度、胎压、接地电阻等数据。

4.2.2 平台层——数据汇聚与智能分析

上述数据通过物联网网关传输至企业安全生产管理平台，实现：

实时监控与电子围栏：在三维地图上实时显示车辆位置与状态，设定电子围栏，违规进入时报警并锁车。

风险预警与调度优化：分析数据，对超速、疲劳驾驶等行为预警；优化任务调度，减少交叉作业。

4.2.3 应用层——系统集成与业务联动

与企业EAM系统集成，自动生成维保计划；与MES系统集成，关联物料搬运指令，确保作业准确性。

智能化改造应分阶段试点，优先覆盖高风险区域和关键车辆。

4.3 针对物料特性的标准化作业流程（SOP）

出车前检查 SOP：驾驶员每日必须按检查表逐项检查车辆制动、转向、灯光、液压系统、静电接地、灭火器等状态。

桶装物料搬运 SOP：

检查包装桶完好无泄漏。

使用匹配的桶夹属具，垂直对准桶中心夹紧。

提升至离地 20-30 厘米，门架后倾，低速平稳行驶。

码放时层间加垫木板，高度不超过两层，确保堆垛稳定。

作业结束 SOP：车辆停放于指定安全区域；货叉落地，

拉紧手刹，关闭电源，取下钥匙；进行交接班记录。

表 2 油性涂料企业叉车作业关键风险与防控措施对照表

作业环节	主要风险	技术性防控措施	管理性防控措施
车辆准备	车辆带病作业、无资质操作	安装 OBD 诊断接口、指纹 / 钥匙卡启动	执行出车前检查表、严格持证上岗
行驶过程	碰撞、超速侧翻、静电积聚	安装盲区监控、超速报警器、使用导电轮胎	实行人车分流、划定限速区、规划专用路线
装卸作业	包装破损、货物坠落、机械火花	使用防爆属具（桶夹）、货叉套防滑套	制定标准化装卸流程、设置现场监护、办理作业许可
应急情况	泄漏火灾扩大、响应迟滞	车辆配灭火器与吸附棉、安装紧急熄火开关	定期应急演练、明确报告流程、事故警示教育

5 结论与建议

5.1 主要结论

风险谱具有行业特殊性：首要风险是火灾爆炸，点火源控制（防爆）和可燃物管理（防泄漏）是核心，这与普通制造业以机械伤害为主的风险谱有本质区别。

事故成因具有典型复合性：严重事故往往是设备缺陷、人员违章、管理漏洞及应急失效等多种因素链式作用的结果。

有效防控必须依托系统化体系：需构建一个从本质安全设计、人员能力建设、现场精准管控到应急充分准备的完整闭环链条。

5.2 对策建议

强化企业主体责任与投入：企业主要负责人必须牢固树立安全红线意识，依法保证安全投入，优先配置防爆车辆

与智能安防设备，并健全持证上岗、作业许可、日常检查等核心制度。

推动技术防控升级与融合：加快防爆叉车替代进程，积极引入物联网、人工智能等智能化技术，实现对车辆、人员、环境的实时感知与主动预警。

深化人员能力培养与文化塑造：将培训从操作技能深化至物料危害认知、风险自评及应急处置等实际能力培养，营造“人人讲安全、事事先安全”的文化氛围。

加强行业指导与标准支撑：建议行业协会及主管部门，研究制定更具体、更具操作性行业标准，为企业提供明确规范。

5.3 研究展望

未来研究可进一步聚焦于：量化评估不同防爆措施在真实涂料蒸气环境下的有效性；开发基于数字孪生的厂区叉