

# Analysis of the Current Situation, Hazards and Safety Risks in the Design and Production Stage of Mechanical Equipment

Fei Cao

Suzhou Kehuan Environmental Protection Technology Co., Ltd., Kunshan, Jiangsu, 215332, China

## Abstract

China's industrial development has driven widespread application of mechanical equipment, yet it has also led to increasingly prominent safety incidents that endanger lives and hinder corporate growth. Based on 2025 data from the Ministry of Emergency Management, this paper analyzes the current status, types, and characteristics of equipment accidents, delves into root causes through case studies, and focuses on identifying safety hazards during the design and production phases to provide evidence for source prevention. The research reveals that the core factors contributing to frequent accidents include the absence of design standards, inadequate protection and ergonomics, non-compliant production processes, materials, and assembly debugging, as well as loopholes in safety management and supervision.

## Keywords

mechanical equipment; safety accident; safety hazard; source prevention and control; supervision loophole

## 机械设备事故现状、危害及设计生产阶段安全隐患剖析

曹飞

苏州科环环保科技有限公司, 中国·江苏 昆山 215332

## 摘要

中国工业发展带动机械设备广泛应用,但其引发的安全事故也愈发突出,危及人员生命、阻碍企业发展。本文基于应急管理部2025年数据,分析设备事故现状、类型与特点,结合典型案例挖掘深层原因,重点探究设计生产阶段的安全隐患,为源头防控提供依据。研究表明,设计标准缺失、防护与人机工程不足,生产工艺、材料、装配调试不规范,以及安全管理监督漏洞,是事故频发的核心因素。

## 关键词

机械设备; 安全事故; 安全隐患; 源头防控; 监督漏洞

## 1、引言

### 1.1 研究背景

机械设备是工业生产核心要素,广泛应用于多领域并助力经济发展,但伴随严峻安全风险,中国机械行业事故频发已成为突出问题。据应急管理部2025年数据<sup>[1]</sup>,2024年中国机械行业(火灾、特种设备、燃气除外)发生事故312起、致300人死亡,较2023年分别上升0.6%和2.0%。事故高发于通用设备、汽车及专用设备制造业;常见类型为机械伤害、物体打击等,其中机械伤害事故124起、致死115人;检维修等工序事故占比显著。因此,把控设备设计生产阶段的安全是源头防事故的关键,需在设计环节融入安全理念,生产环节严控工艺质量,保障设备符合安全标准。

### 1.2 研究意义

本研究从设备设计生产阶段切入探索事故遏制路径,兼具理论与实践意义。保障人员安全上,把控该阶段安全可从源头降低事故风险,减少伤亡,如增设合理防护装置可避免机械伤害。促进企业发展上,此举能减少事故造成的经济损失与声誉损害,提升设备可靠性,降低运营成本,增强竞争力,助力可持续发展。

## 2 国内外研究现状

### 2.1 安全设计研究现状

(1)国外机械设备安全设计起步早、成果丰。美国OSHA出台详细法规,要求通过设计消除或降低安全隐患,强制配备防护、联锁等安全装置;欧洲CEN和CENELEC制定的机械安全标准覆盖风险评估、防护设计等多方面,影响广泛。同时,国外引入可靠性设计、人机工程学等理论,提升设备安全性与操作舒适性。

(2)国内在此领域也成效显著,已构建以《安全生产法》《特种设备安全法》为核心的法规体系,形成国标、行标、

【作者简介】曹飞(1986-),男,中国辽宁锦州人,本科,工程师,从事化工安全管理研究。

企标三级标准架构,覆盖设备全环节。国内学者针对矿山机械、工业机器人等不同设备开展研究,通过结构优化、材料升级、研发安全控制系统等方式,提升设备安全性能。

## 2.2 生产标准研究现状

(1) 国际标准化组织(ISO)与国际电工委员会(IEC)制定多项国际标准,规范设备材料、工艺、质控等环节,保障设备安全质量并促进国际贸易,如ISO12100明确了机械安全设计的风险评估与降低原则。

(2) 中国积极采用国际标准,结合国情完善国标与行标,通过强化企业监管推动其按标生产,提升设备本质安全水平,如起重机国标对结构设计、零部件制造等环节作出详细要求。同时,中国推行质量管理体系、安全等认证,督促企业完善管理,提高产品质量与安全性。

## 2.3 事故预防研究现状

(1) 国外学者运用故障树分析(FTA)、失效模式与影响分析(FMEA)等方法剖析设备事故,提出预防措施;企业多采用职业健康安全管理体系(OHSMS),通过完善制度、明确责任、强化培训提升安全管理水平。

(2) 国内学者结合国情,经事故案例统计分析总结事故特点规律,提出安全教育、制度建设、信息化监测预警等预防策略,同时在智能防护装置、物联网远程监控等技术上取得进展<sup>[2]</sup>。

(3) 当前研究仍存不足:设备设计生产与事故预防的关联性研究缺乏系统深度,跨学科协同机制尚未形成,新技术新材料应用的安全风险评估与控制研究滞后于技术发展需求。

# 3 研究方法

## 3.1 研究方法

(1) 案例分析法:收集整理某玻纤厂“6.21”等典型机械伤害事故案例,分析事故经过、原因、后果及责任认定,明确设备设计生产环节的问题,为提出针对性安全措施提供现实依据。

(2) 对比研究法:对比国内外机械设备安全设计理念、生产标准及事故预防措施,分析法规政策、技术标准、管理模式的差异,总结优劣,借鉴国外先进经验<sup>[3]</sup>,结合中国国情提出适配的安全策略。

# 4 机械设备事故现状与危害分析

## 4.1 机械设备事故类型及特点

### 4.1.1 常见事故类型

(1) 机械伤害是常见的设备事故类型,设备运动部件易造成夹击、剪切、卷入等伤害,如冲床、木工机械、操作不当或防护缺失,均会引发人身损伤。

(2) 电气故障类事故占比不低,短路、过载、漏电等问题易引发火灾、爆炸或触电事故,老旧设备绝缘层破损、漏电保护失效等情况,曾造成重大财产损失和人员伤亡。

(3) 火灾爆炸事故成因复杂,除电气故障外,设备运

行产生的高温、火花、静电等都可能成为点火源;化工等行业若设备密封不严导致易燃易爆物质泄漏,接触点火源后极易引发严重事故。

(4) 物体打击事故多因设备零部件松动脱落、操作不当所致,如起重机吊钩保险失效、砂轮安装不牢、检修时工具零件未固定,均可能造成物体飞落伤人。

### 4.1.2 事故特点分析

(1) 突发性:事故多由设备故障、零件损坏等不可预见因素引发,瞬间爆发且难以预警,人员往往来不及采取防护措施。

(2) 严重性:事故易造成人员重伤或死亡,导致设备损毁、企业生产中断,还可能引发有害物质泄漏,污染土壤、水源和空气。

(3) 重复性:部分企业因安全管理缺位、设备维护滞后,同类事故反复发生,暴露出事故预防存在严重漏洞。

(4) 多样性:事故类型涵盖机械伤害、电气故障、火灾爆炸等多种类别,不同类型事故的成因、危害及应对措施差异显著,增加了防控难度。

(5) 人为因素主导:操作人员违规操作、安全意识薄弱、技能不足,以及管理人员隐患排查和培训不到位,是引发事故的主要原因。

## 4.2 典型事故案例深度剖析

### 4.2.1 案例一:某电子有限公司机械伤害事故

2024年6月17日16时58分,某电子公司压合车间领班吕某兵,在移载机未停机时进入运行区域俯身放置铜板,因身体低于安全棒高度致防护失效,被吸盘装置拉入拆解台挤压受伤。17时25分被发现后送医,18时28分抢救无效死亡。

事故直接原因为吕某兵安全意识淡薄,违规在设备运行时进入危险区域作业;间接原因是企业未落实安全生产主体责任,安全管理制度与培训缺位,现场监管不力,且设备安全棒高度设置不合理,防护装置未发挥作用。

此次事故警示企业需落实主体责任,健全安全管理制度,强化员工安全教育培训;优化设备防护装置设计,确保防护有效;加强现场安全监管,及时制止违规操作,筑牢安全生产防线。

## 4.3 事故造成的损失与影响

### 4.3.1 人员伤亡与健康损害

机械设备事故对人员生命健康危害极大,易造成骨折、截肢、颅脑损伤等重伤甚至死亡,幸存者也可能留下终身残疾,丧失部分劳动能力、降低生活质量。

### 4.3.2 经济损失评估

机械设备事故会给企业造成多重经济损失:

(1) 设备损坏与维修成本:事故易造成设备严重损毁,大型精密设备的维修费用高昂,部分进口设备还存在零部件采购周期长的问题。

(2) 生产停滞损失:事故后企业需停工整改,不仅直接损失销售收入,还可能因无法按期交货面临违约赔偿,同时固定成本无法分摊,市场份额与声誉也会受损。

(3) 赔偿费用与法律责任: 企业需承担高额的人员伤亡赔偿, 还可能面临行政处罚、法律诉讼, 承受罚款、停产整顿等额外损失。

#### 4.3.3 社会负面影响

机械设备事故会造成多重负面影响:

(1) 企业声誉损失: 事故经媒体曝光和公众关注后, 会损害企业形象, 降低消费者信任度, 导致产品销量下滑、市场份额流失; 同时影响企业与供应商、合作伙伴的关系, 增加运营成本与发展阻力。

(2) 行业形象受波及: 单起严重事故可能引发公众对整个行业安全状况的质疑, 导致客户对行业内企业持谨慎态度, 甚至出现项目招标困难等问题, 阻碍行业整体健康发展。

## 5 设备设计生产阶段安全隐患剖析

### 5.1 设计环节潜在安全隐患

#### 5.1.1 安全标准遵循不足

部分企业在机械设备设计阶段未严格遵循安全标准, 是造成设备先天性安全缺陷的主因。例如小型冲床制造企业未按国标优化滑块行程等关键参数, 大幅提升操作风险。

#### 5.1.2 安全防护设计缺陷

安全防护装置是保障操作人员安全的重要防线, 其设计不合理、缺失或失效, 极易引发机械设备事故。部分设备防护装置设计简陋, 如小型木工机械锯片仅配备简易挡板, 无法完全覆盖危险区域。

#### 5.1.3 人机工程学考虑欠缺

机械设备设计若未充分考量人机工程学原理, 易导致操作人员疲劳、误操作, 进而提升事故风险。人机工程学的核心是通过优化设计, 让设备操作契合人体生理心理特点, 保障操作舒适、便捷与安全。

### 5.2 生产制造过程安全问题

#### 5.2.1 制造工艺与质量控制

制造环节工艺不合理、质量管控不严, 会导致设备零部件质量不稳定、可靠性差, 严重影响设备安全性能。制造工艺决定零部件加工精度与性能, 质量控制则是保障工艺落地、零部件达标关键。部分企业为降本提效采用不合理工艺, 如小型加工厂降低零部件加工精度, 造成尺寸偏差大、设备运行不稳; 焊接参数设置不当引发焊缝开裂、虚焊, 起重机等设备的关键结构件若存在此类缺陷, 使用中可能因断裂引发严重事故。质量控制不严问题突出: 部分企业缺乏完善质控体系, 原材料采购未严格筛选供应商, 钢材等材料性能不达标; 零部件加工和成品检验环节流于形式, 尺寸超差、性能不合格的零部件和设备流入市场, 埋下安全隐患。

#### 5.2.2 材料选用不当

材料选用直接关系到机械设备的安全性能与使用寿命, 需结合设备使用环境、工况及性能要求合理选择, 材料的强度、耐磨性、耐腐蚀性等指标不达标会引发各类安全问题。部分企业为降成本盲目选用劣质材料: 矿山机械关键部件未用高强度耐磨材料, 易出现磨损断裂; 化工设备外壳、管道

未用耐腐蚀材料且无防腐处理, 可能引发泄漏、爆炸事故。

#### 5.2.3 装配与调试违规操作

装配环节中, 操作人员常违规操作, 如零部件安装顺序错误、装配间隙调整不当、螺栓未按规定扭矩紧固等。例如活塞装反会致发动机失效, 轴承间隙不合理会加剧设备磨损; 凭经验紧固螺栓而非使用扭矩扳手, 易造成螺栓松动或断裂, 引发严重事故。调试环节的违规操作同样突出, 调试人员存在参数设置错误、顺序混乱、调试前未检查安全防护装置等问题。如电气设备参数设置失误可能烧毁设备或引发触电, 防护装置未检查则会提升操作风险。

### 5.3 安全管理与监督漏洞

#### 5.3.1 企业内部安全管理制度不完善

企业设备设计生产阶段安全管理制度不健全、责任划分不明确, 是引发安全问题的重要内因, 完善的制度是规范生产、落实安全措施的基础。部分企业缺乏系统的安全管理制度, 未制定详实的操作规程、检查制度及培训制度, 导致员工操作无章可循。

#### 5.3.2 第三方监管缺失或不力

监管部门对设备设计生产企业监管缺位, 未能及时排查整改安全隐患, 一定程度上纵容了企业的不安全行为, 而第三方监管本是保障设备设计生产安全的重要外部约束力量。部分监管部门存在职责划分不清、监管力量薄弱的问题: 区域内不同部门间权责模糊, 出现监管重叠或空白, 新兴设备产品或技术的监管易因部门推诿出现漏洞。

## 6 结论与展望

### 6.1 结论

中国机械设备事故呈小幅上升态势, 2024 年发生 312 起、致死 300 人, 以机械伤害等类型为主, 具有突发性、严重性等特点, 造成人员伤亡、企业经济损失及不良社会影响。事故核心诱因在于设计生产阶段: 设计环节存在标准遵循不足、防护缺陷等问题; 生产中工艺、材料、装配调试不规范; 企业管理与第三方监管存在漏洞。国内外已有相关法规标准, 但设计生产与事故预防的关联性研究仍显不足。

### 6.2 展望

未来需深化安全设计与跨学科融合, 完善设计生产安全标准与法规, 强化企业全生命周期安全管理, 优化第三方智能化监管。同时加强多学科协同研究, 聚焦重点设备隐患防控, 推动技术创新与安全保障同步, 从源头遏制事故, 提升行业整体安全水平。

### 参考文献

- [1] 中华人民共和国应急管理部. 2024 年全国机械行业安全事故统计数据 [R]. 2025.
- [2] 国外学者关于故障树分析 (FTA)、失效模式与影响分析 (FMEA) 在设备事故预防中应用的研究成果 [J]. 国际安全与可靠性工程期刊等.
- [3] 国际标准化组织 (ISO)、国际电工委员会 (IEC). 机械设备生产制造相关国际标准 [S].