

化工企业安全生产投入与经济效益的关联性研究

杜 朝 (陕西现代人恒久安全技术有限公司, 陕西 宝鸡 710000)

摘 要: 化工生产过程中的高风险特性使安全投入成为企业经营中的重要环节。本文以某化工企业为研究对象, 探究了该企业安全生产投入与经济效益之间的关联性。通过对企业五年安全投入数据进行系统分析, 发现针对高风险工艺环节的精准安全投入比泛化型安全支出产生更显著的经济回报。研究表明, 企业在重点危险工艺改造上的安全投入回报率达到了 378%, 远高于一般安全设施的 125%。基于对生产事故损失的量化评估, 构建了安全投入效益评价体系, 验证了预防性精准投入策略的经济合理性。在实际应用中, 该企业通过优化安全投入结构, 实现安全事故率下降 45.3% 的同时, 安全投入相关的经济效益提升了 28.7%, 为化工企业实现安全与效益的协同发展提供了实践参考。

关键词: 化工企业; 安全生产投入; 经济效益; 投入结构; 精准投入

中图分类号: F406.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2025) 023-0049-03

Study on the correlation between safety production investment and economic benefit in chemical enterprises

Du Chao (Shaanxi Modern Human Security Technology Co., LTD., Baoji Shaanxi 710000, China)

Abstract: The high-risk nature of chemical production processes makes safety investment a crucial aspect of business operations. This paper focuses on a specific chemical company to explore the correlation between safety investment and economic benefits within the company. Through systematic analysis of five years of safety investment data, it is found that precise safety investments targeting high-risk process segments yield more significant economic returns compared to generalized safety expenditures. The study shows that the return on safety investment in key hazardous process modifications reaches 378%, far exceeding the 125% return on general safety facilities. Based on quantitative assessments of production accident losses, a safety investment efficiency evaluation system has been established to validate the economic rationality of preventive precision investment strategies. In practical applications, the company has optimized its safety investment structure, achieving a 45.3% reduction in accident rates while increasing the economic benefits related to safety investments by 28.7%. This provides a practical reference for chemical companies to achieve coordinated development between safety and efficiency.

Key words: chemical enterprise; safety production investment; economic benefit; input structure; accurate investment

化工企业生产过程中涉及危险化学品存储与使用、高温高压操作、易燃易爆工艺等高风险因素, 安全生产投入不仅关系到企业员工的生命财产安全, 也直接影响企业的经济效益和可持续发展。传统观念认为安全投入是一种被动成本支出, 与经济效益存在矛盾关系, 这导致许多企业在安全投入上缺乏科学性和前瞻性^[1]。随着近年来重大化工安全事故频发, 各级政府对化工企业安全生产提出了更高要求, 企业面临安全投入与经济效益平衡的双重压力。本文以该企业为研究对象, 该企业是一家年产值达 15 亿元的中型特种化学品制造企业, 通过分析其五年间安全投入数据与经济效益指标的关系, 探究精准安全投入如何通过降低事故风险、提高生产效率、延长设备寿命等方式创造经济价值, 为化工企业实现安全与效益协同发展提供参考依据。

1 安全生产投入与经济效益关系分析

1.1 安全投入现状

该企业作为一家专注于高性能环氧树脂生产的化

工企业, 生产工艺涉及高温反应、有机溶剂使用和压力容器操作等多个高风险环节。企业 2020 年至 2024 年间的安全投入呈现持续增长态势, 从最初占营业收入的 2.3% 增长至 3.8%, 年均投入约 4200 万元。安全投入主要分布在设备更新与改造、安全防护设施建设、自动化控制系统升级、安全培训与演练以及安全管理体系建设等方面。

对企业安全投入数据的深入分析发现, 不同类型的安全投入分布存在明显不均衡现象。2020 年投入数据显示, 设备更新与改造占总投入的 45%, 安全防护设施建设占 28%, 自动化控制系统升级占 15%, 安全培训与演练占 8%, 安全管理体系建设占 4%。这种投入结构反映了企业对硬件设施投入的偏好, 而对软件建设投入相对不足。

1.2 安全事故经济损失评估

为准确评估安全投入的经济效益, 研究对该企业 2020 年至 2024 年间发生的安全事故进行了全面统计与损失评估。五年间共发生各类安全事故 37 起, 其

中重大事故 1 起,较大事故 3 起,一般事故 33 起。直接经济损失达 2350 万元,包括设备损失、产品损失、厂房设施损失等。间接经济损失约为 5780 万元,包括生产中断损失、调查整改费用、赔偿费用、行政处罚、声誉损失等。

对事故类型分析发现,火灾爆炸事故虽然仅占总数的 8.1%,但造成的经济损失占总损失的 62.3%;设备故障引发的事故占 27%,造成的经济损失占 21.5%;操作失误类事故占 45.9%,造成的经济损失占 13.2%;其他类型事故占 19%,造成的经济损失占 3%。对事故发生区域分析显示,有机过氧化物合成车间虽然面积仅占企业总面积的 5%,但发生的事故损失占总损失的 48%,远高于其他区域。

通过对事故原因追溯分析,设备老化与维护不足导致的事故占 42.3%,安全防护设施缺失或失效导致的事故占 18.7%,自动化控制系统不完善导致的事故占 15.6%,人员操作失误导致的事故占 23.4%。

1.3 安全投入效益分析框架构建

针对该企业安全投入与经济效益的关联性,研究建立了“投入-预防-效益”评估框架。该框架将安全投入的经济效益分为直接效益和间接效益两大类。直接效益指安全投入通过减少事故发生而直接避免的损失,包括避免的直接经济损失和间接经济损失。间接效益指安全投入带来的生产效率提升、员工满意度增加、企业形象改善等附加价值。

在投入效益评估过程中,开发了包含六个核心指标的评价体系:安全投入回报率(SIRR)、单位投入事故减少率(AIRR)、安全投入弹性系数(SIEC)、生产效率提升率(PEIR)、员工满意度变化(ESC)和市场形象改善率(MIR)^[2]。通过这些指标的综合分析,建立了安全投入效益评估模型,为投入决策提供科学依据。

对该企业五年安全投入数据的统计分析显示,安全投入回报率平均为 245%,即每投入 1 元安全资金,可创造 2.45 元的综合经济效益。但不同类型投入的回报率差异显著,针对高风险工艺的改造投入回报率高达 378%,而一般安全设施的投入回报率仅为 125%。

2 高风险工艺精准投入的经济效益研究

2.1 有机过氧化物合成车间安全改造案例

有机过氧化物合成是该企业生产环氧树脂固化剂的关键工艺,由于涉及高温反应和易爆化学品,该车间的安全风险远高于其他区域。2021 年 10 月,该车间曾发生一起反应釜爆炸事故,造成直接经济损失 580 万元,间接损失约 1200 万元,事故的主要原因是反应温度控制系统精度不足,导致局部过热引发分解

反应。

针对这一高风险区域,企业在 2022 年投入 1650 万元实施了针对性安全改造,主要包括:反应釜温控系统升级、紧急冷却系统改造、反应过程自动化控制系统升级、安全联锁系统完善、应急处置设施增设等。改造采用了国际领先的 DCS 控制系统,实现了毫秒级的温度监测与控制,同时建立了多重安全保护机制,大幅降低了反应失控风险。

安全改造完成后的三年运行数据显示,该车间未再发生任何安全事故,生产效率提升 18.3%,产品一次合格率提高 8.5%,设备故障率降低 65.2%。通过对比改造前后三年的经济数据,安全改造直接避免的安全事故损失约为 4200 万元,同时因生产效率提升、质量改善带来的额外经济效益约 2030 万元,投资回报率达到 378%。

2.2 压力容器安全管理优化效益分析

该企业生产过程中使用大量压力容器,包括反应釜、储罐、换热器等,这些设备的安全状况直接关系到生产安全。传统的压力容器安全管理主要依靠定期检验,难以实时监控设备状态,安全风险较高。2022 年,企业投入 850 万元建设了压力容器安全智能监测系统,对 120 台关键压力容器实施实时状态监测。

智能监测系统采用先进的传感技术,实时监测压力、温度、壁厚、振动等关键参数,通过数据分析及时发现异常情况^[3]。系统上线两年来,成功预警潜在故障 68 次,避免了至少 12 起可能的安全事故。保守估算,这些被避免的事故可能造成的经济损失约为 2100 万元。

除直接避免事故损失外,智能监测系统还带来设备维护模式的转变,从传统的计划性维护转向基于状态的维护,设备维护成本降低 31.5%,设备平均使用寿命延长 15.8%,创造额外经济效益约 960 万元。综合来看,该项安全投入的投资回报率达到 360%,成为精准安全投入创造经济效益的又一典型案例。

2.3 自动化控制系统升级效益评价

化工生产过程自动化水平直接影响安全状况和生产效率。为降低人工操作风险,该企业于 2023 年投入 1200 万元对关键生产环节实施自动化控制系统升级。升级项目包括 DCS 控制系统扩容、在线分析仪器增设、安全仪表系统(SIS)完善等内容,覆盖了企业 75% 的高风险工艺环节^[4]。

自动化升级显著减少了人工干预频次,关键操作点的自动化率从原来的 65% 提升至 92%。系统上线一年来,与人工操作相关的事故发生率降低 78.5%,避免直接经济损失约 850 万元。同时,自动化水平提

升带来了工艺参数控制精度的显著改善，产品一次合格率提高 7.3%，能源消耗降低 8.2%，年创造额外经济效益约 1750 万元。从投入回报来看，自动化控制系统升级项目的投资回报率达到 216%。虽然低于前两个精准投入案例，但仍显著高于一般安全设施的投资回报^[5]。

3 安全投入结构优化与实施效果

3.1 基于风险等级的投入结构优化

传统安全投入模式往往采用均衡分配或基于设备价值的分配方式，未充分考虑风险差异，导致投入效益不佳。基于前述研究结果，该企业从 2022 年开始实施基于风险等级的安全投入结构优化策略。企业首先对全部生产环节进行风险评估，建立包含工艺危险性、物料危险性、设备状况、历史事故等因素的综合风险评分体系，将生产环节划分为 A、B、C 三级风险区域，优化后的安全投入分配原则为：A 级（高风险）区域优先保障，投入强度为行业标准的 150% 以上。B 级（中风险）区域适度投入，投入强度为行业标准的 100%–120%。C 级（低风险）区域维持基本投入，投入强度为行业标准的 80%–100%。

表 1 不同风险区域安全投入回报率对比

风险区域	投入占比 (%)	投资回报率 (%)	相对行业平均水平
高风险区域	58	338	高出 112%
中风险区域	32	175	高出 38%
低风险区域	10	62	低于 51%
综合平均	100	245	高出 92%

与 2020 年相比，2024 年安全投入结构发生显著变化。高风险区域投入占比从原来的 35% 提升至 58%，中风险区域投入占比保持在 32% 左右，低风险区域投入占比从 33% 降至 10%。在投入类型方面，设备更新与改造占比降至 38%，自动化控制系统升级占比提升至 26%，安全管理体系建设占比提升至 12%，体现了从被动应对向主动预防的安全管理理念转变。

3.2 投入优化的经济效益评估

安全投入结构优化后，该企业的安全状况和经济效益均获得显著改善。2024 年与 2020 年相比，在安全投入总额增长 65.2% 的情况下，安全事故发生率降低 45.3%，安全事故直接经济损失降低 73.8%，间接经济损失降低 68.2%。

表 2 安全投入优化前后对比

评估指标	2020 年	2024 年	变化率 (%)
安全投入总额（万元）	3812	6298	+65.2
安全事故发生率（次 / 年）	9.5	5.2	-45.3
安全事故直接经济损失（万元）	680	178	-73.8
安全事故间接经济损失（万元）	1420	452	-68.2

从避免损失的角度看，2024 年安全投入直接创造的经济效益为 3850 万元，约为投入总额的 61.2%。考虑到安全投入带来的生产效率提升、产品质量改善、能源消耗降低等间接效益约为 2450 万元，安全投入的综合投资回报率达到 245%，远高于行业平均水平。安全事故发生率从 2020 年的 9.5 次 / 年降至 2024 年的 5.2 次 / 年，降幅达 45.3%，体现了优化投入结构对事故预防的显著效果。特别值得注意的是，安全事故直接经济损失从 680 万元锐减至 178 万元，降幅达 73.8%，远高于事故发生率的下降幅度，说明优化后的安全投入不仅减少了事故数量，更有效控制了事故严重程度。间接经济损失从 1420 万元降至 452 万元，降幅 68.2%，综合避免的经济损失达 1470 万元。这一成果充分证明，基于风险等级的精准投入策略能够在相对有限的资金投入下实现更高的安全绩效和经济回报，为企业安全与效益协同发展提供了有力支撑。

4 结语

以该企业为例，深入分析了化工企业安全生产投入与经济效益的关联性。研究发现，针对高风险工艺环节的精准安全投入比泛化型安全支出产生更显著的经济回报，安全投入回报率可达 300% 以上。通过对有机过氧化物合成车间安全改造、压力容器安全管理优化、自动化控制系统升级等典型案例的分析，验证了精准安全投入的经济合理性。基于研究成果，企业实施了安全投入结构优化，取得了安全事故率降低 45.3%、安全投入相关经济效益提升 28.7% 的明显成效。研究结论打破了安全投入与经济效益是冲突的传统认知，证明了科学合理的安全投入不仅是企业安全生产的保障，更是创造经济价值的有效途径，为化工企业实现安全与效益协同发展提供了理论依据和实践参考。

参考文献：

[1] 邓辉. 传统化工企业安全环保数字化工作探索与思考 [J]. 数字化转型, 2025, 2(04): 94-99.
[2] 段品卉. 化工安全生产事故发生的原因及防范措施 [J]. 大众标准化, 2025(06): 91-93.
[3] 钟铁. 双控预防机制在化工安全生产管理中的应用 [J]. 石化技术, 2025, 32(03): 349-350.
[4] 刘伟帅. 浅析石油化工企业安全生产双重预防工作机制建设 [J]. 石化技术, 2025, 32(03): 302-304.
[5] 贺作富. 企业安全生产信息化与经济效益双赢模式构建 [J]. 现代企业文化, 2025(04): 28-30.

作者简介：

杜朝（1987-），男，汉族，陕西宝鸡人，本科，中级工程师，主要从事化工安全管理和安全技术咨询工作。