

化工安全成本优化提升经济产出路径分析

李腾飞（中海石油宁波大榭石化有限公司，浙江 宁波 315812）

摘要：本文围绕化工行业安全成本与经济效益的协同优化问题，提出整合数据管理、优化投入结构、强化风险防控及创新管理模式的四维路径。通过构建智能数据采集体系实现成本信息的精准归集，运用全生命周期成本分析优化安全投资决策，借助动态风险监测与应急预案降低事故损失，并通过流程再造与跨部门协同提升生产效能。研究表明，系统性安全成本优化可显著降低企业隐性风险负担，在提升本质安全水平的同时实现经济效益的可持续增长，为行业高质量发展提供理论支撑与实践参考。

关键词：化工安全成本；经济产出；风险防控；数据管理

中图分类号：TQ086 文献标识码：A 文章编号：1674-5167 (2025) 016-0061-03

Analysis of Pathways for Optimizing Chemical Safety Costs to Enhance Economic Output

Li Tengfei(CNOOC Ningbo Daxie Petrochemical Co., Ltd., Ningbo Zhejiang 315812, China)

Abstract: This paper addresses the issue of synergistic optimization between safety costs and economic benefits in the chemical industry, proposing a four-dimensional approach that integrates data management, optimizes investment structures, strengthens risk prevention and control, and innovates management models. By constructing an intelligent data collection system, precise aggregation of cost information is achieved. The use of lifecycle cost analysis optimizes safety investment decisions, while dynamic risk monitoring and emergency plans reduce accident losses. Additionally, process reengineering and cross-departmental collaboration enhance production efficiency. Research indicates that systematic optimization of safety costs can significantly reduce the hidden risk burden on enterprises, improving intrinsic safety levels while achieving sustainable economic growth. This provides theoretical support and practical references for the high-quality development of the industry.

Keywords: Chemical safety costs; Economic output; Risk prevention and control; Data management

随着化工行业安全标准的持续升级，传统经验型安全管理模式已难以适应高质量发展需求。当前企业普遍面临安全成本核算粗放、投入结构失衡、风险防控滞后等问题，导致安全投入边际效益递减，事故成本居高不下^[1]。本文立足基层实践视角，系统分析安全成本与经济效益的内在关联，提出以数据驱动为核心的管理优化框架，旨在通过技术手段与管理创新的深度融合，破解安全投入与产出的结构性矛盾，探索一条风险可控、效益显著的化工企业安全发展新路径。

1 整合化工安全成本信息，提升管理效率

1.1 建立成本数据采集系统

传统化工生产模式下，安全成本数据分散于设备维护、隐患整改、应急演练等环节，依赖人工统计易导致数据滞后、标准不一，难以形成系统性分析。针对这一痛点，企业需构建覆盖全生产流程的智能数据采集体系，通过物联网、传感器等技术实时抓取设备运行参数、作业人员定位、环境监测数据等关键信息。系统可自动识别动火作业、受限空间操作等高风险场景，通过AI算法分析历史数据，预判潜在隐患并生成预警提示。这种数字化采集方式将原本碎片化的安全成本信息转化为可量化、可追溯的数据流，为后续

成本核算与优化决策提供基础支撑，有效提升管理效率与风险防控能力^[2]。

1.2 统一成本核算标准

当前化工企业普遍存在安全成本核算口径混乱的问题，不同车间、部门对隐患整改费用、防护用品支出等项目的归类方式差异显著，导致成本数据缺乏横向可比性。要解决这一问题，需建立覆盖全企业的标准化核算体系。首先应制定清晰的科目分类框架，将安全成本划分为预防性投入与事故性支出两大维度，前者包括设备检测、员工培训等前瞻性投入，后者涵盖应急处置、污染赔偿等被动性支出。其次需规范费用归属原则，明确不同生产环节的安全成本分摊规则，例如将动火作业的监护成本直接计入对应生产工单，而非笼统归入管理费用。通过建立统一的核算标准，可确保各生产单元按相同规则归集数据，为后续成本分析提供可靠基础。这种标准化操作不仅便于管理层精准掌握安全投入的真实分布，还能避免因核算差异导致的资源错配，为科学决策提供数据支撑^[3]。

1.3 强化信息共享平台建设

当前化工企业普遍存在部门间信息壁垒现象，安全管理等部门与生产、财务等部门的数据传递存在延迟

与失真，导致安全成本分析难以与生产决策同步。要破解这一困局，需构建跨部门协同的数据共享机制，通过搭建集成化信息平台实现安全成本数据的动态交互。平台应具备多源数据整合能力，将设备运维、人员培训、应急演练等分散于不同业务系统的安全成本数据进行标准化处理，并通过接口技术实现实时同步更新^[4]。例如可设置数据中台，对生产环节的能耗数据、设备状态参数、隐患整改记录进行集中存储与分类管理，形成覆盖全流程的安全成本数据库。同时需建立分级授权机制，允许不同部门根据职责权限调取相关数据，如生产部门可查询特定工序的安全投入占比，财务部门能追溯各车间的费用归集情况。这种立体化的数据共享模式不仅能减少重复统计工作量，更能促进安全管理与生产经营的深度融合，为制定科学的成本优化策略提供实时数据支撑。

2 优化安全投入结构，降低风险负担

2.1 制定合理安全投资规划

当前化工行业普遍存在安全投入与风险等级不匹配的结构性矛盾，部分企业仍延续经验主导的资金分配模式，导致高风险环节投入不足与低水平重复建设并存。针对这一问题，企业需构建基于风险量化的投资决策体系，通过多维度评估实现资金精准配置。首先应建立动态风险评估模型，结合工艺危害分析、设备可靠性评价等技术手段，识别不同生产环节的风险等级与潜在损失，形成可视化风险热力图^[5]。在此基础上，引入全生命周期成本分析方法，综合考量初期建设投入、运营维护成本及事故损失等因素，对安全设施升级、工艺技术改造等投资方案进行经济性比选。企业需结合实际生产流程制定分阶段实施计划，优先保障本质安全化改造、重大危险源防控等具有长期效益的项目，同时预留应急资金应对突发风险。通过差异化投资策略，可显著提升安全投入的边际效益，实现风险防控与经济效益的动态平衡。此外，投资规划需遵循国家产业政策导向，严格执行安全设施“三同时”制度，避免在落后产能领域重复投入，确保资金投向符合行业技术进步方向。

2.2 优化安全设施采购流程

当前化工企业安全设施采购普遍存在分散化、碎片化问题，各分厂或车间独立采购导致议价能力弱、设备型号杂乱，既增加维护成本又降低标准化水平。要解决这一问题，需构建集中化采购管理体系，通过规模化采购降低边际成本。首先应建立供应商评估体系，制定涵盖技术能力、服务水平、历史业绩的综合评价标准，优先选择通过专业认证、具备行业经验的优质供应商。其次需推行公开透明的采购机制，通过

多方比价、联合议价等方式提升议价空间，同时建立采购价格数据库，对同类设备历史成交价格进行动态分析，避免高价采购。

2.3 加强安全技术设备升级

当前化工行业普遍存在安全技术装备老化、智能化水平不足的问题，部分企业仍依赖人工巡检与传统监测手段，导致隐患发现滞后、应急响应效率低下。针对这一现状，企业需实施分阶段设备升级计划，优先对高温高压反应装置、危险物料输送系统等关键部位进行智能化改造。通过引入物联网传感器、在线监测仪表等先进设备，实时采集温度、压力、流量等关键参数，结合数字化建模技术实现设备运行状态的动态评估。例如可部署智能预警系统，通过预设阈值自动触发声光报警并联动相关设备停机，将事故苗头消灭在萌芽状态。

在技术升级过程中，需注重设备全生命周期管理，建立设备健康档案，通过振动分析、油液监测等预测性维护技术延长设备服役周期。同时应推行“技术+服务”采购模式，与供应商签订设备运维一体化协议，由专业团队提供定期检测、备件更换、软件升级等服务，降低企业自主维护成本。

3 强化风险评估体，系降低事故成本

3.1 建立全面风险评估体系

化工行业的系统性风险防控需构建覆盖全生命周期的动态评估框架，其核心在于整合工艺危险性、设备可靠性、管理有效性三维要素。通过 HAZOP 分析、JHA 作业危害分析等技术手段，对高温高压反应、危化品储运等高风险环节实施全流程辨识，结合实时监测数据与历史事故模型，量化评估事故发生概率及后果影响。建立差异化风险分级管控机制，对重大危险源、特殊作业场所等关键区域实施重点监测，形成可视化风险热力图。

评估体系需融入全要素管理理念，将安全领导力、变更控制、应急响应等 14 项管理要素纳入评估指标，构建“企业自评——园区复核——区域统筹”的三级动态管理机制。针对涉及高活性物质、复杂工艺的装置，实施专项风险论证，重点评估工艺设计合规性、自动化控制水平及人员操作规范。

3.2 实施动态风险监测策略

化工生产具有动态变化特性，传统静态风险评估模式难以应对工艺波动、设备老化等实时风险。动态风险监测策略的核心在于构建“数据采集——智能分析——预警响应”的全流程闭环管理体系。企业需在关键生产单元部署高精度传感器网络，实时采集温度、压力、流量等工艺参数，并结合设备振动、腐蚀速率

等机械状态数据，通过边缘计算技术实现异常信号的快速识别。例如，在反应釜运行中，通过机器学习模型对历史事故数据进行训练，可预测超温、超压等风险的概率及演变趋势。同时，需建立分级预警机制：当监测指标达到预设阈值时，系统自动触发黄色预警并推送至车间管理人员；若持续恶化至红色预警，则联动 DCS 系统启动紧急停车程序，同步通知应急小组介入。这种动态监测模式将风险防控节点从“事后处置”前移至“事前预防”，显著降低非计划停车频次及事故损失。

3.3 制定事故应急预案

化工行业事故应急预案需构建“预防——处置——恢复”全链条管理框架，重点强化分级响应机制与跨部门协同能力。预案应明确事故分级标准，依据伤亡人数、经济损失及社会影响划分为四级响应，对应启动不同层级的应急处置程序。例如，针对液氯泄漏等重大事故，需规定现场指挥部的组建流程、各部门职责分工及应急资源调配方案。预案内容需细化至操作层面，涵盖危险源控制、人员疏散、医疗救护等关键环节的标准化处置流程。

4 创新生产管理模式，推动经济效益

4.1 引入先进管理工具

化工企业传统管理模式中，信息孤立与流程割裂易导致安全成本虚增与资源错配。通过引入先进管理工具，可构建数据驱动的协同管理体系，实现安全与效益的深度融合。例如，部署集成化的 ERP 系统，打通采购、生产、仓储及安全管理模块，实时追踪各环节资源消耗与安全投入分布，为动态优化资源配置提供依据。同时，结合 EAM 系统建立设备全生命周期管理模型，依托物联网技术捕捉设备运行状态，通过预测性维护减少突发故障引发的安全风险与生产损失。针对高风险工艺调整或操作场景，可运用数字孪生技术构建虚拟仿真平台，模拟不同工况下的安全阈值与能耗变化，辅助优化操作方案并预控潜在风险。

4.2 实施生产流程再造策略

生产流程再造需以系统性思维重构工艺安全与经济效益的协同机制。首先应通过工艺危害分析识别高危环节，针对物料输送、反应控制等关键流程进行系统性优化，重点解决人工干预过多、自动化水平不足等问题。企业可通过引入 DCS 系统集成温度、压力等参数的实时监测与联锁控制，实现高危工序的全流程自动化，减少人员暴露于危险环境的频率。同时需同步优化设备选型与布局，采用密闭输送、连续化生产等技术降低物料泄漏风险，例如通过优化反应器结构减少间歇操作带来的安全隐患。

流程再造需结合全生命周期成本分析，在工艺设计阶段即考虑设备维护、能耗控制等长期经济性指标。例如通过 HAZOP 分析预判流程变更中的潜在风险，避免因局部改造引发系统性安全隐患。企业应建立动态评估机制，每年根据设备状态、工艺参数变化重新校验流程设计的安全性与经济性，及时调整控制策略。通过系统性流程再造，可显著提升本质安全水平，同时降低因事故停机、物料浪费带来的隐性成本，实现安全投入与经济效益的正向循环。

4.3 强化跨部门协同作业

化工企业的安全成本优化需打破传统部门壁垒，构建以安全为核心的协同机制。可组建由安全、生产、技术、财务等部门组成的专项小组，定期召开联席会议，围绕隐患整改、设备运维、工艺优化等议题共同制定解决方案。例如在年度安全预算制定时，财务部门需结合生产部门的设备运行数据、技术部门的改造方案，共同确定资金分配优先级。

综上所述，化工企业安全成本优化是一项系统性工程，需通过数据整合、结构优化、风险防控与管理创新协同推进。本文提出的路径表明，建立智能数据采集体系、统一核算标准、强化跨部门信息共享，可显著提升安全成本管理效率；通过风险量化投资、设备升级与流程再造，实现安全投入边际效益最大化；结合动态监测与预案优化，将事故成本控制在可接受范围。未来，企业需持续深化数字化转型，推动安全管理与生产经营深度融合，在本质安全基础上构建经济效益提升的长效机制，为行业高质量发展提供重要支撑。

参考文献：

- [1] 王伟明 . 化工企业管线打开作业安全管理措施浅析 [J]. 化工安全与环境 ,2025,38(03):17-19.
- [2] 孙毅 . 安全设施在石油化工装置中的应用与效果评价 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2025,45(04):4-6.
- [3] 李彩平 . 浅谈自动化控制在化工安全生产中的应用及优化 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2025,45(04):7-9.
- [4] 张后辉 , 邢景敏 , 李付静 , 等 . 化工企业安全环保管理优化探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量 ,2025,45(04):88-90.
- [5] 马欣妮 . 化工企业安全文化建设有思路有方法 [J]. 劳动保护 ,2025,(02):42-44+5.

作者简介：

李腾飞（1989-），男，汉族，浙江宁波人，本科，助理工程师，研究方向：石油化工。