

基于风险成本控制下的化学工艺变更管理体系构建 与优化实践

邹来飞 (南京药石科技股份有限公司, 江苏 南京 210032)

摘要: 化学工艺设计是提升化工企业工艺技术、生产效率的重要进程, 但如果管理不当则很容易产品质量及成本升高等问题, 且极易产生安全生产风险。本文从风险管理角度进行分析, 对化学工艺设计中的过程风险和成本结构进行系统分析, 提出了管理策略和实施方法。首先分别从化学工艺设计的风险扩散原理、成本控制原理入手, 指出化学工艺变更在风险识别、评价、审查和定期审核回顾等阶段的管理缺陷; 其次从基于风险等级和全流程动态评价的角度建立科学体系框架, 建立成本平衡和技术支持模型; 然后给出了优化组织协同、过程监管、持续改进的优化措施, 促进企业实现管理有序、成本可控和风险可接受。

关键词: 化学工艺变更; 风险成本控制; 管理体系; 安全生产

中图分类号: F205 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 003-0004-03

Construction and optimization practice of chemical process change management system under risk cost control

Zou Laifei (Nanjing Yushi Technology Co., LTD., Nanjing Jiangsu 210032, China)

Abstract: Chemical process design is a critical process for enhancing technological capabilities and production efficiency in chemical enterprises. However, improper management can easily lead to issues such as product quality deterioration and cost escalation, while also posing significant safety risks. This paper analyzes process risks and cost structures from a risk management perspective, conducting systematic evaluations of these aspects within chemical process design, and proposes corresponding management strategies and implementation methods. This study begins by analyzing risk diffusion principles and cost control mechanisms in chemical process design, identifying management deficiencies in risk identification, evaluation, review, and periodic audit cycles during process modifications. It then establishes a scientific framework through risk-level classification and dynamic whole-process assessment, developing cost-benefit analysis models and technical support systems. Finally, it proposes optimization strategies for organizational coordination, process monitoring, and continuous improvement to help enterprises achieve systematic management, cost control, and acceptable risk levels.

Key words: chemical process change; risk cost control; management system; production safety

1 化学工艺变更管理的风险逻辑与成本控制理论基础

1.1 化学工艺变更的特征与风险传播机理

化工厂经常性、必然性的管理行为是对化学生产过程进行优化改进, 其形式为改变工艺路线、替换原辅料、改变工艺参数、生产装置改造、调整操作步骤、变更产品种类等, 其目的是要提高产品质量、扩大产量、节约能源或降低产品成本, 但由于化学反应过程的复杂性和不确定性, 每一次变动都有可能出现新的问题, 进而影响整个生产工艺系统的稳定性, 并且可能会引起意外事件。

由于反应条件如温度、压力、浓度和流量的调整会使各个因素相互产生非线性反馈作用而造成风险传递的多米诺效应, 因而化学生产过程具有“变量多、相关性强、非线性突出”等特点例如, 对催化剂组分的略微修改, 会引发热量放出的速率改变, 进而导致

料液局部温度升高从而加快反应速率, 引发典型的热失控问题。溶剂的更换也可能会引发物料的相容性问题进而发生泄漏或静电等问题。

1.2 风险成本控制在化工工艺变更管理中的理论价值

在化工工业中, 安全与成本一般会发生相互冲突、相互制约。传统做法更多考虑安全性控制而忽视成本限额的经济效益, 造成安全投入与潜在的经济损失无法量化的关系的状况。提出新的管制原则—风险成本管理理论, 主要观点将风险视为经济要素, 并采用量化分析的方式进行定量评估并估算可预见成本。此部分的主要组成因素包括预防成本 (Prevention Cost)、分析成本 (Appraisal Cost)、损失成本 (Failure Cost) 和机会成本 (Opportunity Cost)。

其中, 预防成本指的是企业为降低风险而实施安全计划、培训教育和维护保养等相关费用; 分析成本是指变更过程中的测试、验证和审核成本; 损失成本

包括产品不合格、生产延误、设备损坏、环境复原、赔偿诉讼等成本；机会成本是由于变更批准时间太长或变更策划失误而导致延迟产生经济效益和减少创造价值的时间。

1.3 化学工艺变更管理体系的理论模型与构成要素

化学工艺变更管理是融合安全工程学、系统工程和管理学等学科，以 PDCA 循环（策划—执行—检查—改进）和系统学原理为基础，构建了一套从风险识别到持续改善的管理体系，建立变更管理流程的要素应包括变更评估小组、流程制度、评价方法、信息系统、反馈机制，以保证变更流程具有可预计性、风险可控性及过程可追溯性。

在公司制度框架内，实施变更管理的组织应由技术部、生产部、工程设备部、质量部、人力资源部、财务部及 EHS 部等部门代表共同参与，形成多部门联合评估小组，同时明确小组各成员岗位职责。具体的变更管理工作环节划分：变更识别→风险辨识与评估→风险管控措施计划制定→变更批准→风险管控措施落实→持续改进。

2 化学工艺变更管理实施过程中的潜在风险

2.1 变更识别与分类不科学导致危险源界定模糊

变更的定义和识别是化工生产过程控制中变更风险分析和管理的第一个环节，准确地定义和识别会对变更之后再评价和管理的质量产生重要影响，然而许多公司在变更中进行的变更定义和分类却带有主观性强、随意性大等特点，缺乏具体的、清晰的定义或量化手段，造成提出变更的人或实施变更管理的各相关人员对其理解有偏差，容易造成变更识别遗漏或评估不全面等问题。

例如由于缺乏统一的变更界定标准，某些企业将一些物料纯度和配比、工艺温度、反应时间的调整等“微小变更”认定为非变更而不予考虑，使得本该识别出的潜在风险未引起重视。

在实际生产过程中，化学工艺变更的风险并不一定取决于工艺变更的幅度，而是和反应工艺的敏感性及其关联性强弱有直接的关系。一个工艺参数的微小的调整都有可能导致热力不平衡，引发热失控或引发副反应，造成产品质量不合格或产生安全生产事故所以企业如果没有建立基于工艺原理的风险分析准则时，可能会陷入“无风险分析”的管理盲区。

2.2 风险评估流程碎片化削弱成本控制的有效性

企业在实施化学工艺变更风险评价和控制决策的过程时大多存在着明显的碎片化现象。首先，有些企业的变更风险评估存在过程具有“格式化、模板化和分离式”特征，只是单纯对安全危害性作表面调查，

并未考虑其带来的经济代价以及对公司长远利益的影响，最终导致风险与费用失衡，同时致使管理失去连续性和统一性。其次，对风险评估缺乏系统考虑。目前通常采用 HAZOP 会议或专家研讨会的方式进行风险评估，虽然有一定专业性，但受制于数据量有限以及评估人员的经验及技能等个体差异引起的主观臆测等因素的影响，评估结果容易出现偏差。

特别是对于反应速率、热失控速率、物质兼容性、物料热稳定性、物料对设备的耐腐蚀性等复杂参数，若缺乏动态模拟或敏感性评估、热安全测试等安全数据，难以评估变更后所面临的潜在安全风险，且未将成本控制和风险评估相结合的手段，致使企业无法精确评估风险与变更后的经济效益。例如企业只注意到生产装置的安全性的升级改造，而未考虑对生产效率提高和维护成本上升的潜在影响，从而导致生产成本大幅提升，产品失去市场竞争力，对企业长期发展带来不利影响。

2.3 变更审批与执行环节责任界面不清导致管理失效

企业在变更管理过程中涉及工艺技术、安全、设备、质量、财务等多个专业，往往由于责任不清晰、信息传递不畅机制，缺乏程序化审批流程，导致“多管闲事”“没人做”“有权无责”等现象发生，造成管理失效。有的企业存在“开会上评”“签章代替检查”，对关键性技术研究流于形式等问题；工程变更在评估时往往只注重文件的合规性，仅作形式检查，缺乏对危险源和成本因素的详尽分析，从而导致高风险变更无须深入审核就能获批通过；还有在执行变更时缺乏标准化管理系统，变更执行后，有的项目未变更核查验收便投入使用，设计偏差未能及时发现，从而引入更大的安全隐患。例如，因变更导致生产装置的传热传质效率降低等问题直到正式投入运营时才被发现，随之产生的生产控制不稳定、产品不合格甚至引发安全生产事故。

2.4 事后复盘与持续改进机制缺乏制约机制及闭环运行

很多企业忽视了变更后的审视与持续改进工作，这是形成良好管理循环的必要环节之一。一般情况下，企业仅对一次性实验或项目结束后的项目总结评估，未形成体系化的项目复盘评价机制，导致经验无法沉淀、问题难以追踪，使企业管理工作一直处于一种“脱节”状态。

此外，对于复盘来讲，如果没有数据的支撑，很难发挥复盘的作用。另外，尽管很多企业在变更实施过程中收集了大量数据，但由于信息碎片化且未得到有效梳理和分析，无法形成可衡量的总结模式。由于

缺乏充分的数据驱动型复盘评价,所以不好评价风险管理效益与费用,使得持续优化过程也就变得毫无意义。有的公司即使设置了“经验反馈”过程,但没有设置复核责任人和绩效考评制度,改进方案得不到有效地落实,管理体系也不能够持续改善,类似问题就会反复出现。再者,如果缺少持续优化,则会影响组织学习能力的提升。

3 基于风险成本控制的化学工艺变更管理体系优化与实践路径

3.1 构建风险分级管控与成本权衡相结合的变更决策体系

在化工工艺变更管理中,科学决策对于风险控制、成本约束发挥着不可或缺的作用。一般而言,在变更决策中主要凭借个人经验和职级的行政审批,缺乏规范、科学的定量决策参考和决策的财务边界,导致风险评价不准确、资源配置不合理。为保证风险受控、支出最少,必须形成能兼顾风险级别控制和成本折中的决策机制,因此要优化风险级别的管理体系。

化工生产企业可能发生变更的种类很多,而变更对安全、环保、品质、经济效益的影响都有不同,企业要根据变更对公司的潜在影响定义风险分级标准,变更风险的大小由潜在事件发生的严重性和可能性决定,变更风险分为三个等级:重大风险、一般风险、低风险。重大风险,由变更管理小组审查、企业主要负责人和技术总工批准;批准一般风险,由变更小组进行技术审查、变更小组组长批准;低风险,由变更申请部门组织进行审查,部门负责人批准,所有的变更小组成员均是本专业经验丰富的技术人员,每项变更中均有 EHS 代表参与技术审查。

3.2 构建全过程动态评估与多维度监测的技术支撑体系

要做好风险和成本管控,必须依赖于技术和数据。传统手工审查多是静态审查,无法实时监控执行过程中的变化,会导致事后识别风险、不知成本变更,因此需要建立全过程动态评估和多维度监测的系统平台,从而实现全过程决策—执行—反馈链的可视化治理。

另外,还需要构建完整的动态评估策略,由于工艺变更的风险和费用会随着执行过程的变化而变化,企业需要将评估贯穿于整个变更生命周期中的每个环节。在变更前,应讨论变更可能引入的风险并制定风险管控措施;在变更执行过程中,应关注变更的主变量与运行状态的变化;在变更完成后,应进行变更效果评估,包括经济效益。只有通过持续跟踪与定期的检查,才可以发现变更管理流程中隐藏的问题、差距

等,也就能保障采取管理对策的有效性,我们通过构建全生命周期的变更管理信息化管理平台,其应该包括变更申请、审核、批准、实施、效果评估等环节,每个环节均对安全风险、成本投入或经济效益等维度进行评估并提供必要的支撑数据,从而实现对变更流程进行实时监控,继而做到风险与成本兼顾。

3.3 强化变更执行与验证环节的闭环控制机制

变更实施阶段往往是最关键、最不稳定、最充满风险的阶段,如果缺少有效程序监测与审查手段,那么前期进行的充分评估而确定的风险控制措施也无法确保得到有效落实,所以需要强化对变更实施与效果验收阶段的进行全流程闭环管理,强化过程监测与审查机制,监测包括技术和管理活动内容,确保变更后能取得预期安全成效。

企业在实施变更前,要制定充分的实施策略,其中包括做什么、何时做、如何做、谁来做、怎么做、有多少风险、截止时间等方面内容。根据变更的大小和时间跨度,可将变更实施过程划分为多个阶段,并在每个阶段完成后进行监测与审查,经过对工艺参数、装置工况以及施工质量等确认符合后方可进入下一阶段,这种多阶段的方式能够避免变更过程中误差的累积。

4 结语

化工企业的生产优化及技术进步不可避免,但因变更蕴含的风险以及系统性特点导致管理工作异常复杂,本文重点讨论如何利用风险成本管控对这一领域做系统化的研究,发现现有的变更管理模式有诸多共同的不足之处:变更识别不准确、变更风险评估方法不成熟、变更实施缺乏反馈机制、变更风险管控措施的质量及落实有效性差等问题都有可能风险和本之间产生的冲突而得不到合理解决。文中提出了“风险等级的管理—实时监控—复盘与反馈—协作与持续完善”的核心管理模型。

参考文献:

- [1] 郁紫怡. 企业项目全过程成本管理的策略与实施研究 [J]. 中国经贸, 2024(36):248-249.
- [2] 吴俊. 绿色建筑项目管理中的成本控制与风险防范措施分析 [J]. 中华民居, 2024, 17(6):42-44.
- [3] 王志杰. 加强铁路施工企业项目财务成本管理与控制 [J]. 今商圈, 2023(2):0117-0120.
- [4] 褚斌. 化学工程工艺安全优化策略及其对成本控制的影响研究 [J]. 中国化工贸易, 2024(33).
- [5] 王园园. 化学工程仓储物流管理中的成本控制研究 [J]. 电脑爱好者 (电子刊), 2023(3).