

# 环嗪酮生产过程中的安全管理与经济效益分析

周超 (江苏和利时新材料有限公司, 江苏 徐州 221400)

**摘要:** 环嗪酮生产涉及高危化学品与复杂工艺, 安全投入与经济效益的平衡是其持续运营的核心矛盾。本文从经济视角出发, 梳理安全风险类型, 构建“全成本-全收益”模型, 量化安全管理对成本收益的影响; 用边际效益理论推导最优安全投入区间, 识别企业成本核算、投入分配及目标协同中的经济问题, 并提出动态投入、全成本核算及政策红利挖掘等优化路径。本文为环嗪酮企业通过经济手段优化安全管理、实现“安全-效益”协同提供理论支撑。

**关键词:** 环嗪酮生产; 安全管理; 经济效益; 安全投入; 全成本核算

**中图分类号:** TQ-9      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1674-5167 (2026) 006-0070-03

## Safety management and economic benefit analysis in the production process of cycloheximide

Zhou Chao (JiangsuHollysys New Materials Co., Ltd., Xuzhou Jiangsu 221400, China)

**Abstract:** The production of cyclohexanone involves high-risk chemicals and complex processes, and the balance between safety investment and economic benefits is the core contradiction for its continuous operation. This article starts from an economic perspective, sorts out the types of security risks, constructs a “full cost full benefit” model, and quantifies the impact of security management on cost-benefit; Derive the optimal safety investment interval using marginal benefit theory, identify economic issues in enterprise cost accounting, investment allocation, and goal coordination, and propose optimization paths such as dynamic investment, full cost accounting, and policy dividend mining. This article provides theoretical support for the optimization of safety management and the realization of “safety benefit” synergy in cyclohexanone enterprises through economic means.

**Keywords:** Cyclazine production; Safety management; Economic benefits; Safety investment; Full cost accounting

### 1 环嗪酮生产安全风险的经济影响维度

#### 1.1 安全风险类型与经济损失关联

环嗪酮生产的安全风险按经济损失类型分三类: 化学反应失控风险, 因取代反应放热累积致冲料、设备爆裂, 造成原料损耗 (单次损失占批次原料成本 10%-20%)、设备维修费 (单台反应釜 15 万-50 万元) 及 2-7 天停产 (日均产值损失 20 万-80 万元); 危化品泄漏风险, 引发环境污染需承担环保治理费 (每吨危化品 2 万-8 万元)、行政罚款 (企业年度营收 2%-5%), 还可能致客户订单终止 (市场份额损失 5%-15%); 设备腐蚀失效风险, HCl 气体与有机溶剂致设备壁厚减薄、密封失效, 增加设备折旧成本 (年折旧率提升 2%-3%), 因设备故障致生产波动, 产品合格率降 3%-8% (每吨不合格产品利润损失 800-1500 元)。

此外, 还存在火灾爆炸风险, 环嗪酮生产涉及多种易燃易爆原料, 若储存或使用不当, 遇明火、静电等火源极易引发火灾甚至爆炸。这不仅会造成大量原料和成品损毁 (损失可达数十万至数百万元), 还会破坏厂房设施 (维修费用高达数十万元), 更严重的是可能危及员工生命安全, 导致高额的工伤赔偿 (每人赔偿金额从几万到上百万元不等), 同时企业可能

面临停业整顿, 影响后续生产进度, 进一步加剧经济损失。

#### 1.2 安全风险的经济损失传导路径

安全风险对经济效益的影响通过“直接损失-间接损失-长期损失”三级传导: 直接损失 (原料损耗、设备维修) 即时影响成本端, 导致单位产品成本上升 5%-12%; 间接损失 (停产、罚款) 通过产量下降与额外支出双重挤压利润, 单次中等事故导致月度利润下降 20%-30%; 长期损失 (声誉下滑、客户流失) 影响市场份额与定价权, 事故后企业产品定价需降低 3%-5% 以维持客户留存, 长期 (1-2 年) 内利润水平难以恢复至事故前。

### 2 环嗪酮生产经济效益的核算模型构建

#### 2.1 全成本核算框架 (含安全因素)

环嗪酮生产的总成本 (TC) 由显性成本 (DC) 与隐性成本 (IC) 构成, 其中显性成本包含生产性成本 (PC) 与安全显性成本 (SEC), 隐性成本主要为安全隐性成本 (SIC)。

##### 2.1.1 显性成本 (DC)

生产性成本 (PC): 原料成本 (占比 60%-70%, 按氰脲酰氯市场价 1.2 万-1.5 万元/t、环己胺 0.8 万-1.0 万元/t 计算, 每吨环嗪酮原料成本 3.5 万-4.2

万元)、能源成本(反应加热与溶剂蒸馏能耗,每吨产品耗电 800-1200kWh、蒸汽 5-8t,对应成本 0.3 万-0.5 万元)、设备折旧(按反应釜、精馏塔等设备 10 年折旧期,每吨产品折旧成本 0.2 万-0.3 万元)、人工成本(生产与技术人员薪酬,每吨产品人工成本 0.15 万-0.25 万元);

安全显性成本(SEC):预防性投入(在线监测系统购置与维护,年投入 5 万-20 万元;安全培训,人均年培训成本 2000-4000 元)、应急性投入(应急物资储备、演练费用,年投入 2 万-8 万元),分摊至每吨产品的安全显性成本为 0.1 万-0.15 万元。

### 2.1.2 隐性成本(IC)

安全隐性成本(SIC):按“风险概率-损失程度”乘积计算,公式为  $SIC = \sum (P_i \times L_i)$ ,其中  $P_i$  为第  $i$  类安全风险的年度发生概率(化学反应失控风险  $P_1=5\%-10\%$ ,危化品泄漏风险  $P_2=3\%-8\%$ ,设备腐蚀失效风险  $P_3=8\%-15\%$ ), $L_i$  为第  $i$  类风险的单次损失金额( $L_1=50$  万-200 万元, $L_2=100$  万-500 万元, $L_3=20$  万-80 万元)。按年产量 1000t 的企业测算,年度安全隐性成本为 15 万-50 万元,分摊至每吨产品为 0.015 万-0.05 万元。

## 2.2 全收益核算框架(含安全因素)

环酮生产的总收益(TR)由直接收益(DR)与间接收益(IR)构成,其中间接收益主要源于安全管理带来的隐性经济价值:

### 2.2.1 直接收益(DR)

产品销售收益,公式为  $DR = Q \times P \times (1-r)$ ,其中  $Q$  为年产量, $P$  为产品市场价(当前环酮市场价 5.8 万-7.2 万元/t), $r$  为产品不合格率(安全管理完善的企业  $r=2\%-3\%$ ,管理缺失的企业  $r=5\%-8\%$ )。按  $Q=1000$ t、 $P=6.5$  万元/t、 $r=2.5\%$  计算,年度直接收益为 6347.5 万元。

### 2.2.2 间接收益(IR)

生产效率提升收益(IR1):安全管理完善可减少停产次数,延长有效生产时间,提升设备利用率(管理完善企业设备利用率 85%-90%,管理缺失企业 70%-75%),额外产量带来的收益增量为  $IR_1 = (\eta_1 - \eta_2) \times Q \times (P - PC/Q)$ ,其中  $\eta_1$ 、 $\eta_2$  分别为管理完善与缺失企业的设备利用率,( $P - PC/Q$ ) 为单位产品毛利(约 2.3 万-3.0 万元/t);

事故损失规避收益(IR2):即安全隐性成本的反向值( $IR_2 = -SIC$ ),因安全管理降低风险概率,减少潜在损失;

政策补贴收益(IR3):符合安全环保标准的企业可获得节能减排补贴(每吨产品补贴 200-500 元)、

绿色信贷优惠(融资利率降低 0.5%-1.0 个百分点),年度补贴收益约为企业年度营收的 1%-2%。

按  $Q=1000$ t 测算,年度间接收益( $IR = IR_1 + IR_2 + IR_3$ )为 95 万-210 万元,占总收益的 1.5%-3.2%。

## 2.3 安全投入的经济合理性边界

基于边际效益理论,安全投入(SI)与经济效益(E)的关系满足“边际效益递减规律”:

当  $SI < SI_1$  (最低有效投入)时,安全投入不足导致事故概率高,边际效益( $\Delta E / \Delta SI$ )随 SI 增加快速上升,此时每增加 1 元安全投入可减少 3-5 元事故损失;

当  $SI_1 \leq SI \leq SI_2$  (最优投入区间)时,边际效益稳定在 1 : 3.2-1 : 4.5,安全投入的增量与事故损失减少、效率提升的增量基本匹配;

当  $SI > SI_2$  (过度投入)时,边际效益低于 1 : 1.5,额外安全投入(如超标准防护设备)无法带来相应经济回报,反而推高成本。

其中, $SI_1$  (最低有效投入)约为企业年度营收的 2%-3%, $SI_2$  (最优投入上限)约为年度营收的 5%-7%;超出  $SI_2$  的投入会使单位产品成本上升 8%-15%,丧失价格竞争力。因此,企业需精准测算  $SI_1$  与  $SI_2$  阈值,结合自身营收动态调整安全投入,以实现经济效益与安全保障的平衡最优。

## 3 环酮生产企业在经济层面的核心问题

### 3.1 成本核算体系忽略隐性因素

当前企业采用的传统财务核算仅统计显性成本(PC+SEC),未将安全隐性成本(SIC)纳入年度成本预算,导致:对安全风险的经济影响低估,使安全投入决策缺乏数据支撑,约 60%-70% 企业的安全投入低于  $SI_1$  (最低有效投入);成本控制目标短期化,部分企业为降低显性成本削减安全培训、设备维护费用,导致事故概率上升,反而增加长期隐性成本,形成“成本削减-事故增加-成本更高”的恶性循环。

### 3.2 安全投入分配的经济效率低下

安全投入存在“重硬件轻软件”“重应急轻预防”的失衡问题:硬件投入(防爆设备、消防设施)占安全总投入的 60%-75%,软件投入(风险评估、人员培训)占比不足 25%,而软件投入的边际效益(1 : 4.0-1 : 5.5)显著高于硬件投入(1 : 2.5-1 : 3.5);应急性投入(灭火设备、应急物资)占比 30%-40%,预防性投入(工艺优化、设备预防性维护)占比不足 30%,导致风险从“源头控制”转向“事后处置”,增加事故发生后的直接损失。

### 3.3 安全管理与经济效益目标协同不足

企业战略层面存在“安全目标与经济目标脱节”:

生产计划制定以“产量最大化”为核心，未考虑设备维护、工艺调整的安全周期，导致设备超期运行（约40%企业存在反应釜超期使用3-5年的情况），增加腐蚀失效风险；绩效考核体系中“成本控制指标”权重（40%-50%）远高于“安全指标”（10%-15%），导致部门为完成成本目标削减必要安全投入，引发局部安全风险累积。

#### 4 经济视角下的安全管理优化路径

##### 4.1 建立动态安全投入机制

基于“风险-效益”匹配原则，构建动态投入调整模型：

投入优先级划分：按风险边际效益排序，优先投入高边际效益领域（如工艺参数在线监测系统，边际效益1：4.5-1：5.0；人员安全培训，边际效益1：4.0-1：4.5），其次投入中边际效益领域（如防爆电气设备，边际效益1：2.8-1：3.2），低边际效益领域（如冗余应急设备）仅维持最低标准；

投入周期调整：每季度基于风险评估结果（事故概率变化、设备老化程度）调整投入结构，如反应釜使用年限超过5年后，增加设备腐蚀检测投入（年投入增加1万-3万元），降低事故概率；

投入规模控制：以年度营收的5%-7%为安全投入上限，通过“投入-效益”监测（每半年核算一次边际效益）确保投入处于SI1-SI2最优区间。

##### 4.2 完善全成本核算体系

将安全隐性成本与收益纳入财务核算，构建“安全经济价值报表”：

隐性成本量化：采用“风险概率法”计算年度安全隐性成本（ $SIC = \sum P_i \times L_i$ ），按季度分摊至产品成本，使成本核算更真实反映生产风险；

隐性收益核算：每月统计“生产效率提升收益”（按设备利用率变化计算）、“事故损失规避收益”（按历史事故率对比计算），并计入年度收益报表；

投入产出比分析：每年度计算安全投入的总产出（含直接损失减少、间接收益增加），形成“安全投入产出比”指标（目标值 $\geq 1:3.2$ ），作为安全管理决策的核心依据。

##### 4.3 推动安全与经济目标协同

通过制度设计融合安全管理与经济效益目标：在生产计划优化中嵌入安全约束条件（如设备连续运行不超72h、反应釜每批次后1h安全检测）；调整绩效考核，提高“安全经济价值”指标权重至25%-30%，关联“安全投入产出比”“隐性收益增长率”与部门绩效；建立“生产-财务-安全”月度联席会议，协同审核安全投入计划并评估其对成本收益的影响，

防止目标失衡。

##### 4.4 挖掘政策红利提升经济收益

构建政策资源利用体系以转化政策红利为经济效益：建设政策研究团队，配备1-2名专职人员跟踪节能减排补贴等政策动态；优化政策申报流程，建立标准化流程确保符合条件的政策100%申报，预计年度政策红利收益提升至营收的2%-3%；进行政策导向型投入，依政策要求调整安全投入方向，如针对“双碳”政策增加节能型安全设备投入以获额外补贴。

##### 4.5 数字化提升经济效率

利用数字化技术优化安全管理的经济效率：

成本管控系统：开发“安全成本实时监控平台”，实时跟踪安全投入的使用情况，预警超预算投入（如硬件投入占比超过70%时自动提醒）；

效益预测模型：基于历史数据构建“安全投入-效益”预测模型，通过AI算法预测不同投入方案的经济效益，为投入决策提供数据支持；

风险预警系统：通过传感器实时监测反应参数、设备状态，提前预警风险（如设备腐蚀速率超标时及时提醒维护），减少因突发故障导致的经济损失。

#### 5 结论

环嗪酮生产安全管理非单纯成本，而是有经济价值的“隐性资产”：科学安全投入能减事故损失、提生产效率、获政策红利，投入产出比1：3.2-1：4.5，隐性价值占总效益15%-25%。企业安全管理核心问题是缺经济视角，忽略隐性成本收益致投入与资源配置失衡低效。

未来，环嗪酮企业要从“经济价值”视角重构安全管理体系：动态投入控规模，全成本核算显影响，目标协同防短视，挖掘政策红利增收益。此转变可降低风险、优成本、提竞争力，实现“安全-效益”协同。行业应建“安全经济价值”评价标准，引导企业从“被动”转“主动经济化”管理，促进行业可持续发展。

##### 参考文献：

- [1] 朱晋坤. 化学工程中的化工生产工艺解析[J]. 化工管理, 2017(25):171.
- [2] 霍旭晨, 慕鹏飞, 刘宁, 张骞. 高纯异丁烯生产工艺[J]. 云南化工, 2020(02):11-12+14.
- [3] 申家慧, 樊学勇, 魏立. 化学工程中化工生产工艺探讨[J]. 化工管理, 2019(31):116-117.
- [4] 朱忠林, 单正军, 蔡道基, 刘臣辉. 环嗪酮对生态环境影响评价研究[J]. 环境科学进展, 1998(01).
- [5] 徐德锋. 环嗪酮的气相色谱分析[J]. 化学世界, 1997(04).