

基于全生命周期成本 (LCC) 的化工安全生产 管理体系构建

陈林超 (浙江联宜电机有限公司, 浙江 金华 322118)

李 斌 (浙江野风药业股份有限公司, 浙江 金华 322105)

吴耀峰^[通讯作者] (英洛华科技股份有限公司, 浙江 金华 322118)

摘要: 化工行业是国民经济的支柱产业, 安全生产是化工行业可持续发展的前提。传统安全管理模式大多只重视事故发生后的应急处置, 而忽略对全过程的成本控制和风险预防, 容易造成资源浪费和安全隐患的叠加。将全生命周期成本理念融入到化工安全生产管理中, 可以实现从项目规划、建设、运营到废弃处置的全过程安全与成本协同控制。该模式可以有效减少事故潜在的损失, 优化安全投入结构, 提高企业安全管理精细化程度。

关键词: 全生命周期成本; 化工安全生产; 管理体系构建; 成本效益

中图分类号: TQ086 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5167 (2026) 008-0001-03

The construction of a safe production management system for chemical industry based on the life cycle cost (LCC)

Chen Linchao (Zhejiang Lianyie Motor Co., Ltd., Jinhua Zhejiang 322118, China)

Li Bin (Zhejiang Yefeng Pharmaceutical Co., Ltd., Jinhua Zhejiang 322105, China)

Wu Yaofeng^[Corresponding Author] (Ingrui Technology Co., Ltd., Jinhua Zhejiang 322118, China)

Abstract: The chemical industry is the pillar industry of the national economy, and safe production is the premise of the sustainable development of the chemical industry. traditional safety management models only pay attention to emergency disposal after the accident occurs, but ignore the cost control and risk prevention of the whole process, which can easily lead to the superposition of waste and hidden safety hazards. The integration of the life cycle cost concept into the safety production management of chemical industry can achieve the collaborative control of safety and cost in the whole process from planning, construction, operation to waste disposal. This model can effectively reduce the potential loss of accidents, optimize the structure of safety input, and improve the degree of fine management of management in enterprises.

Keywords: Life cycle cost; Chemical safety production; System construction; Cost benefit.

化工生产中用到的易燃易爆、有毒有害等危险化学品, 生产流程长、工艺复杂, 安全风险存在于生产的全过程。近几年来, 化工行业安全事故时有发生, 造成人员伤亡、财产损失, 对生态环境造成严重破坏。传统的安全管理多是阶段性投入, 并未考虑全流程的成本与安全, 造成安全投入无法满足实际风险防控的需要。全生命周期成本理念是从源头到末端的全过程控制, 将安全成本纳入项目全周期规划中, 可以实现安全风险的提前预判、精准防控。

1 化工安全生产与全生命周期成本的关联性

1.1 化工安全生产的成本构成

化工安全生产成本不是单一的事故处置成本, 而是包含各个环节的综合成本。项目规划阶段的成本, 决定生产过程中的安全基础, 合理的安全设计能够减少以后的运营阶段安全投入。建设阶段的安全设施建

设成本, 是保证生产安全的物质基础, 安全设施的质量和完备度决定生产过程中风险防控能力的好坏。运营阶段的安全维护成本、人员培训成本、风险监测成本为保持安全生产所必须的投入, 若不重视此等成本很容易造成安全隐患的累积。废弃处置阶段的安全处置成本同生产末端的环境安全、人员安全相关联, 属于全周期成本管控的收尾环节。

1.2 全生命周期成本的核心内涵

全生命周期成本理念以全过程、系统性、经济性为特点, 重视项目从规划设计到废弃处置全过程成本的统筹核算和控制。该理念打破了传统成本管理的阶段性限制, 把成本控制同风险防控结合起来, 追求整个周期中成本与效益的最佳平衡。在化工安全生产领域, 全生命周期成本的理念要求把安全风险评估贯穿于项目全周期, 提前识别出潜在风险, 优化安全投入

的结构,用合理的成本投入来获得最大的安全保障效果。核心就是全流程成本规划与控制,防止因为阶段性成本节约而造成的高额事故成本,促使安全管理由被动应对转向主动预防。

2 基于 LCC 的化工安全生产管理体系构建原则

2.1 全流程覆盖原则

全流程覆盖原则即把安全管理、成本控制延伸到化工项目各个环节,不出现管控盲区。项目前期可行性研究、安全设计,建设阶段的安全设施施工、质量监督,运营阶段的安全管理、风险监测,废弃处置阶段的安全拆除、环境修复等各个环节都要被纳入管理体系。此原则重视各环节的关联性,依靠创建各个环节之间的信息共享机制,保证安全措施及成本投入可以按照环节的特性作出及时的调整。全流程覆盖并不是简单的环节叠加,而是在系统的管理之下实现各个环节的安全风险的相互连接、相互控制,避免因某个环节出现问题造成整个过程安全风险失控。

2.2 成本效益协同原则

成本效益协同原则是关于安全投入与安全效益之间的一种平衡关系,防止出现投入过多或者投入过少这两种极端状况。安全投入不是越多越好,不合理的高投入会加重企业的运营负担,降低行业的竞争力。投入不够,不能满足风险防控的需要,容易引发安全事故。成本效益协同原则就是用科学的风险评估为依据,来确定各环节的合理安全投入额度。优化安全投入结构,把有限的资金投入到的风险等级高、防控效果好的环节上,用最低的成本投入获得最高的安全保障效益。该原则的落实,可以促使化工企业安全管理由成本消耗型转变为价值创造型,达到安全与效益双赢的目的。

2.3 风险分级管控原则

风险分级管控原则就是根据化工项目各个环节的风险类型和等级,实行差异化的安全管理及动态的成本控制,避免无差别控制。以定量和定性相结合的风险评估为基础,将项目各个环节的风险分为重大、较大、一般、低风险四个等级,对应制定不同的管控策略。重大风险环节要配置足额的安全资源,细化管控流程,较大风险环节要强化监督检查,一般和低风险环节采用常规管控手段,防止资源过度消耗。风险分级管控不是简单地划分风险,而是要精准匹配管控强度与风险等级,达到安全资源最优配置的目的,提高安全管理的精准度以及成本管控的合理性。

3 基于 LCC 的化工安全生产管理体系核心内容

3.1 前期规划阶段的成本与安全管控

前期规划阶段是化工项目安全管理的起始点,前

期规划阶段的成本和安全控制影响着后面各个阶段的风险控制。在项目可行性研究阶段要开展全面的安全风险评估,根据项目选址、工艺路线、设备选型等各方面因素分析可能存在的安全风险,选址时要充分考虑周边居民区、水源地等敏感目标的分布以及当地气象、地质等自然条件对项目的影响,工艺路线要对比不同的技术方案的安全系数和成本投入,设备选型优先选择本质安全型设备,将风险防控成本纳入项目预算,明确安全设施建设、风险评估咨询等费用的列支标准。

安全设计环节要严格按照有关标准规范执行,使用先进的安全设计技术,采用危险与可操作性分析(HAZOP)等方法,对工艺流程进行系统的风险辨识,提高项目本质安全水平。并要建立设计方案的安全、成本评审机制,组织设计单位、安全评价机构、成本管控部门等多方主体参与评审,从安全合规性、成本经济性两个方面进行双重把关,保证设计方案既符合安全要求,又符合成本控制目标。在前期规划阶段做好控制,能减少生产过程中出现安全事故的可能性,降低后期环节投入的安全成本。

3.2 运营维护阶段的成本与安全管控

运营维护阶段是化工生产的核心环节,也是安全风险的高发阶段,运营维护阶段的成本与安全管控是管理体系的重中之重。企业应建立设备维护制度,对重要生产设备和安全设备实行全生命周期管理台账管理,定期进行无损检测、性能校验等专项检测,利用振动监测、油液分析等预测性维护技术及时发现并排除设备老化、故障所造成的安全隐患,减少非计划停机造成的经济损失。

同时需要加强人员的安全管理,定期开展安全培训与技能考核,考核结果归入员工绩效档案,提高操作人员的安全意识和应急处置能力。

在成本控制方面要建立安全投入动态调整机制,依靠生产现场在线风险监测系统,实时采集设备运行参数、环境监测数据,根据风险等级变化及时调整安全投入方向和额度,优先保证高风险环节的安全资源配置。另外需要建立安全成本核算体系,将安全成本分为预防性成本和事故性成本,对安全培训、设备维护、风险监测等各项成本进行准确核算,分析安全投入和事故损失的关系数据,保证安全投入的合理性、有效性。

3.3 应急管理阶段的成本与安全管控

应急管理阶段属于化工项目对突发安全事件应对的重要环节,应急管理阶段成本及安全控制影响突发事件的处置效率与损失。企业应按照项目的生产特点,

制定有针对性的应急预案,确定火灾、爆炸、危化品泄漏等各种事故情况下应急处置的流程及责任人,并且根据生产工艺的更新、法律法规的修订等情形,定时对预案实施动态调整,促使企业应急预案同周边园区、应急管理部的预案相衔接。

同时合理储备应急物资,根据风险等级确定物资种类和数量,采取分级储备、区域联动的储备方式,在企业内部按车间、厂区分级存放关键物资,与周边企业签订应急物资共享协议,防止过度储备造成的成本浪费。

定期开展应急演练,采用桌面推演和实战演练相结合的形式,对不同的应急场景开展专项演练,检验应急预案是否可行、应急团队的协同作战能力如何,发现预案中存在的不足加以完善。成本控制上要创建应急资源动态管理机制,严格控制应急演练、物资更新相关成本,聘请第三方机构对物资采购、储备管理开展评价,改良物资采购周期及更新频次。创建应急成本评定体系,量化应急投入同事故损失缩减的联系效益,保证应急投入既契合突然事故应对的需求,又契合成本控制的标准。科学有效的应急管理工作可以减少事故造成的损失,降低突发事件产生的额外费用。

3.4 退役处置阶段的成本与安全管控

退役处置阶段是化工项目全生命周期管理的收尾环节,该阶段的成本与安全管控直接关系项目的生态安全和后续土地再利用价值。企业在项目退役前应对装置内残余的易燃易爆、有毒有害介质做全面的排查和危害性识别,对装置拆除、危废处理的安全要求和操作规程做出详细的规定,制定专项处理方案,防止装置拆除过程中出现介质泄漏、爆炸等安全事故。委托有资质的专业队伍进行拆除工作,对作业人员开展专项安全培训、签订安全责任合同、明确安全管控要点及事故追责机制,避免违规操作引发安全事故。

在成本控制方面要创建退役处置成本核算体系,统筹规划装置拆除、危废处理、场地修复各项费用,把场地土壤、地下水长期监测费用包含在内,防止后期生态治理费用超支。积极推动设备材料资源化利用,对拆除下来的设备进行分类评价,对于符合安全要求的设备实施翻新再造,针对废旧金属、管道等展开合规性的回收,经由回收再利用以缩减处置成本。对项目实施规范的退役处置管控,可以达到安全收尾的目的,防止产生遗留安全隐患和增加成本。

3.5 全周期监督评价与持续改进阶段的成本与安全管控

全周期监督评价和持续改进阶段是 LCC 的化工安全生产管理体系闭环运行的重要支撑,本阶段的成本、

安全管控直接关系到管理体系的长效性、适应性。企业要创建起包含项目全生命周期的安全和成本联合监督机制,把前期规划、运营维护、应急管理、退役处置各个阶段的管控数据融合起来,创建起包含安全事故发生率、安全成本投入回报率、风险管控达标率等关键指标的评价体系。引入第三方专业机构做独立审计,结合线上的实时监测系统动态数据和线下现场核查的结果,从安全管控的有效性、成本投入的合理性两个方面展开综合评价,准确发现各个阶段管控漏洞与成本浪费点。

企业要形成以评价结果为导向的持续改进机制,就监督评价时发现的问题制订分级整改方案,确定整改的责任主体、整改时限、验收标准,并把整改落实情况当作相关部门绩效考核的内容。

建立行业先进经验与企业实践案例的共享库,跟踪化工行业安全管理新技术、成本控制新方法的发展趋势,定期对管理体系进行迭代更新,把新工艺、新设备、新要求及时融入到管控流程里。依靠常态化的监督评价和持续改进,达到安全管控水平和成本管控效益的双升,促使以 LCC 为依托的化工安全生产管理体系不断完善。

4 结语

化工安全生产是行业发展的生命线,基于全生命周期成本的化工安全生产管理体系的构建,给化工行业的安全管理提供了一种新的思路和方法。冲破传统安全管理的阶段性限制,实现全过程的安全和成本共同控制,可明显降低事故发生率、改善企业安全投入结构。其落地实施不仅可以提高化工企业安全管理水平,还可以促进化工行业安全发展模式的转型。在化工产业高质量发展的大背景之下,该管理体系的推广和应用,将会给产业链供应链的稳定、化工行业的绿色、安全、可持续发展提供有力的支撑。

参考文献:

- [1] 王术智. SDCA 双循环理论驱动的化工安全生产管理路径构建与实践 [J]. 中国石油和化工, 2025, (12): 58-60.
- [2] 吉步强. 新环境下化工安全生产管理策略 [J]. 今日消防, 2025, 10(10): 133-135.
- [3] 张佳强. 化工安全生产管理中的信息化技术应用策略研究 [J]. 化工管理, 2025, (30): 13-16.
- [4] 聂惠惠. 化工安全生产管理中的隐性风险识别与控制策略 [J]. 清洗世界, 2025, 41(11): 114-116.
- [5] 朱荣荣. 新环境下化工安全生产管理及事故应急措施探究 [J]. 现代盐化工, 2023, 50(03): 99-101.