

精细化工生产管理中的风险防控与优化策略

陈楷城

广东比格莱科技有限公司, 广东 揭阳 522000

DOI:10.61369/ETQM.2025100016

摘 要 : 精细化工行业有产品多样等特性, 研发管理存在知识产权保护等问题, 生产管理涉及风险因子分析等内容, 还介绍了多种技术应用及管理模式, 强调构建风险防控体系和协同创新体系对生产管理优化的重要性。

关 键 词 : 精细化工; 生产管理; 风险防控

Risk Prevention and Control and Optimization Strategy in Fine Chemical Production Management

Chen Kaicheng

Guangdong Bigely Technology Co., LTD., Jieyang, Guangdong 522000

Abstract : The fine chemical industry has the characteristics of product diversity, research and development management has issues such as intellectual property protection, production management involves risk factor analysis and other contents, and introduces a variety of technology applications and management models, emphasizing the importance of building risk prevention and control system and collaborative innovation system for the optimization of production management.

Keywords : fine chemical industry; production management; risk prevention and control

引言

精细化工行业在国民经济中占据重要地位, 其产品多样化、工艺流程复杂且质量管控要求高。近年来, 随着相关政策的出台, 如《中国制造2025》(2015年颁布) 强调制造业的转型升级, 精细化工行业面临着新的机遇与挑战。在研发管理方面, 知识产权保护、工艺安全验证及产研衔接等问题亟待解决; 生产管理中, 风险因子聚类分析、多系统联用监测防控、先进反应器应用等至关重要; 同时, 质量预测模型构建、敏捷研发组织模式、成果转化机制、新型管理架构、人才培养机制、数字孪生系统搭建以及工业物联网集成应用等均是精细化工生产管理优化的关键环节, 对行业发展具有重要意义。

一、精细化工行业管理现状分析

(一) 精细化工生产管理特征

精细化工行业具有产品多样化、工艺流程复杂化、质量管控精准化等特性。在产品方面, 精细化工涵盖众多领域, 包括医药、农药、涂料等, 产品种类丰富多样^[1]。这使得生产管理需面对不同产品的特殊要求。工艺流程上, 从原料到成品往往涉及多道复杂工序, 且各工序间相互关联和影响。例如, 在某些药物合成过程中, 反应条件苛刻, 对温度、压力、催化剂等要求精准控制。质量管控更是关键, 由于精细化工产品常用于高端领域, 对质量要求极高, 需精准把控产品的纯度、稳定性等指标, 任何微小偏差都可能影响产品性能和使用效果^[1]。

(二) 研发管理突出矛盾解析

在精细化工行业的研发管理中, 存在诸多突出矛盾。高附加值产品研发过程中, 知识产权保护至关重要。由于精细化工行业技术密集, 研发成果易被窃取, 缺乏有效的保护措施会打击企业

创新积极性^[2]。工艺安全验证也是关键问题, 精细化工生产工艺复杂, 一些新工艺在研发阶段可能未充分考虑安全因素, 导致在放大生产时出现安全隐患。产研衔接机制不完善同样困扰着行业发展。研发部门与生产部门之间沟通不畅, 研发成果难以顺利转化为实际生产力, 影响企业的经济效益和市场竞争能力^[2]。这些问题相互交织, 制约了精细化工行业的研发管理水平提升。

二、生产风险识别与防控体系

(一) 全流程风险因子聚类分析

在精细化工生产管理中, 风险因子聚类分析至关重要。通过对反应工程、分离过程和三废处理环节进行分析, 可采用HAZOP-LOPA集成方法建立风险矩阵^[3]。对于反应工程, 需考虑反应物的性质、反应条件等因素, 识别可能导致失控反应等风险的因子, 并聚类分析其关联性。在分离过程, 关注分离方法、设备运行状况等, 确定影响分离效果及可能引发安全和质量问题的风险

因子类别。三废处理环节则要针对废弃物的种类、处理工艺的复杂性，分析可能出现的环境污染和安全风险因子，将相似风险因子聚类，以便更有效地制定防控策略，全面提升精细化工生产的安全性和可靠性。

（二）数字化监测防控系统构建

DCS（分布式控制系统）、SIS（安全仪表系统）与PLS（偏最小二乘法）联用体系在精细化工生产风险监测防控中具有重要应用。在温度异常监测方面，该体系可实时采集温度数据，通过先进算法分析数据偏差，及时发现潜在风险^[4]。对于压力监测，能精确感知压力变化，结合系统预设阈值进行判断，一旦超出安全范围立即预警。在投料量监测上，可准确计量投料量，利用PLS等方法分析其与生产标准的差异，确保投料的准确性和安全性。此联用体系通过多系统协同工作，实现了对精细化工生产关键参数的全方位、高精度监测，有效提升了生产风险防控能力。

三、管理优化策略体系构建

（一）生产过程优化方向

1. 连续流工艺改造方案

微通道反应器在精细化工生产中具有重要应用价值，尤其是在危险中间体合成方面。其通过特殊的结构设计，能够实现物料的高效混合和快速反应，从而显著提升反应效率^[5]。在本质安全方面，微通道反应器的小尺寸通道和精确的温度控制能力，可有效避免因局部过热等原因导致的危险情况发生。同时，其连续流的特性使得反应过程更加稳定，减少了物料的积累和潜在的安全风险。对于危险中间体合成，微通道反应器能够精确控制反应条件，提高产品质量和收率，进一步体现了其在精细化工生产过程优化中的优势，为连续流工艺改造提供了有力的技术支持。

2. 质量大数据建模应用

PAT技术驱动的过程分析化学质量预测模型构建是质量大数据建模应用的关键。通过对精细化工生产过程中的各类数据进行收集与整合，包括原材料特性、生产工艺参数、环境因素等^[6]。利用先进的数据分析算法，挖掘数据之间的潜在关联。基于这些关联建立质量预测模型，能够实时监测生产过程中的质量变化趋势。该模型可对可能出现的质量问题进行提前预警，为生产过程的优化调整提供科学依据。同时，模型的不断更新与完善能够适应生产过程中的各种变化，确保其预测的准确性和有效性，从而实现精细化工生产质量的有效控制与提升。

（二）研发管理创新路径

1. 敏捷研发组织模式

在精细化工生产管理中，构建敏捷研发组织模式至关重要。基于QBD理念设计研发-中试-量产三阶段迭代开发体系是一种有效的创新路径^[7]。这种体系强调在研发阶段充分考虑质量源于设计的原则，从源头把控产品质量。在中试阶段，对研发成果进行小规模试验，验证其可行性和稳定性。量产阶段则是在前面两个阶段的基础上，实现大规模生产。通过这三个阶段的迭代开发，能够快速响应市场需求的变化，提高研发效率，降低研发成

本。同时，敏捷研发组织模式还需注重团队成员之间的沟通与协作，打破部门壁垒，形成一个高效、灵活的研发团队，以更好地适应精细化工行业的快速发展和不断变化的市场环境。

2. 研发成果转化机制

建立知识产权评估-工艺包开发-技术许可的全链条转化路径是研发成果转化机制的重要内容。通过对知识产权进行准确评估，确定其价值和潜在应用领域，为后续转化提供基础^[8]。工艺包开发则是将知识产权中的核心技术进行整合和优化，形成可实际应用的工艺方案。这一过程需要跨学科团队的协作，包括化学工程师、工艺工程师等。技术许可环节则是将开发好的工艺包授权给相关企业进行生产应用，实现技术的商业化。在整个转化路径中，要注重各环节的衔接和沟通，确保信息流畅，提高转化效率，促进精细化工生产管理的创新和发展。

四、管理优化实施保障体系

（一）组织结构重构方案

1. 矩阵式管理架构设计

构建技术委员会垂直领导与生产单元横向协同的新型管理架构。技术委员会负责制定整体技术战略和标准，对各生产单元进行垂直指导和监督，确保技术的一致性和先进性^[9]。生产单元之间建立横向协同机制，促进信息共享和资源优化配置。例如，不同生产单元可在原材料采购、设备维护等方面进行合作，提高整体效率。这种矩阵式管理架构结合了垂直管理的专业性和横向协同的灵活性，能够更好地应对精细化工生产管理中的复杂情况，提升风险防控能力和生产优化效果。

2. 人才梯队培养机制

为建立有效的人才梯队培养机制，应制定复合型人才培育方案。采用仿真培训，让员工在虚拟环境中模拟实际操作，熟悉生产流程和应对风险的方法，提高操作技能和应急处理能力^[10]。岗位轮换制度可使员工接触不同岗位工作，拓宽视野，增强对整个生产系统的理解，培养综合业务能力。积极鼓励员工获取国际认证，这不仅能够提升员工自身素质，还能使企业在国际竞争中更具优势。通过这些措施，打造一支具备扎实专业知识、丰富实践经验和国际视野的复合型人才队伍，为精细化工生产管理提供坚实的人才保障。

（二）数智技术融合路径

1. 数字孪生系统搭建

数字孪生系统搭建是精细化工生产管理优化的关键。该系统需整合多源数据，包括设备运行参数、工艺指标等，以构建精确的虚拟模型。利用物联网技术实现物理实体与虚拟模型间的数据实时交互，确保虚拟模型能准确反映生产实际状态。同时，引入人工智能算法对数据进行分析挖掘，预测潜在风险和优化生产流程。基于虚拟现实技术搭建全厂级工艺仿真平台，模拟不同工况下的生产过程，为操作人员提供逼真的培训环境，提高其应对风险的能力。通过不断更新和完善数字孪生系统，使其在精细化工生产管理中发挥更有效的风险防控和优化作用。

2. 工业物联网集成应用

在工业物联网集成应用方面，通过将各类生产设备接入物联网，实现设备之间的互联互通和数据共享。利用传感器采集设备运行数据，包括温度、压力、流量等关键参数，实时传输至数据中心。借助数智技术对数据进行分析处理，挖掘潜在的风险因素和优化点。例如，通过对设备运行数据的趋势分析，预测设备可能出现的故障，提前安排维护保养，减少生产中断的风险。同时，结合生产流程和工艺要求，对生产过程进行实时监控和调整，确保生产的稳定性和产品质量。在5G+边缘计算架构下，进一步提升数据传输的速度和可靠性，实现设备健康管理系统的高效运行，为精细化工生产管理提供有力保障。

（三）政策协同支持机制

1. 标准规范对接策略

精细化工生产管理的优化实施需建立在完善的保障体系之上。政策协同支持机制至关重要，政府应出台相关政策鼓励企业进行风险防控与管理优化，如给予环保达标、安全生产的企业税收优惠等，同时加强各部门间政策的协同性，避免出现政策冲突。在标准规范对接策略方面，企业要深入解析 REACH 法规、GMP 标准等在精细化学品全生命周期管理中的应用要点。积极与国际标准接轨，确保产品质量和生产过程符合全球市场要求。加强内部培训，使员工熟悉并遵循相关标准规范。建立监督机制，定期检查标准执行情况，及时发现并纠正偏差，保障企业生产管理的优化和风险防控能力的提升。

2. 产学研用协同创新

精细化工生产管理的优化需要构建政府引导 - 高校研发 - 企业转化 - 用户反馈的四位一体协同体系。政府应制定相关政策，引导高校和企业在精细化工领域的合作方向，提供资金和政策支持。高校利用自身科研优势，开展前沿技术研发，为企业提供技术支撑。企业将高校研发成果进行转化应用，实现产业化生产。同时，用户反馈至关重要，企业根据用户反馈及时调整生产策略和产品质量，高校也可依据反馈进一步优化研发方向。通过这种协同创新模式，各方紧密合作，形成一个有机整体，共同推动精细化工生产管理的优化和风险防控能力的提升。

五、总结

精细化工生产管理面临诸多风险，构建有效的风险防控体系至关重要。通过对工艺技术创新，可提高生产过程的安全性和效率，减少潜在风险。管理系统重构能够优化管理流程，明确各环节责任，增强风险应对能力。数字技术融合则为生产管理提供更精准的数据支持和实时监控，进一步提升本质安全和运营效能。综合这三个维度，能为精细化工生产管理打造全面的风险防控与优化策略。同时，AI 辅助决策系统在化工过程优化中的应用前景广阔，有望进一步提升风险防控和管理决策的科学性与准确性，推动精细化工行业向更安全、高效的方向发展。

参考文献

- [1] 王舒羽. K 公司合同管理风险防控体系优化研究 [D]. 西南石油大学, 2022.
- [2] 万爱红. 我国生物医药私募基金风险防控策略优化研究 [D]. 上海财经大学, 2022.
- [3] 吴臻昊. 上海住房公积金购房类支取业务的风险分析与防控策略 [D]. 上海财经大学, 2022.
- [4] 焦济舟. A 保险 NX 分公司车险欺诈风险防控体系优化研究 [D]. 宁夏大学, 2023.
- [5] 陈夏贤. L 铁路车辆修造公司安全风险防控优化研究 [D]. 广西大学, 2022.
- [6] 曹大成. 分析精细化工生产管理存在的问题及对策 [J]. 化工管理, 2021(29): 88-89.
- [7] 严泽华. 精细化工生产管理存在的问题及改进建议探讨 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(1): 35-37.
- [8] 张海涛. 生态养猪生产管理与疫病防控 [J]. 畜牧业环境, 2021(1): 43.
- [9] 黄巨一. 电视播出网络维护技术与风险防控策略 [J]. 中国宽带, 2023, 19(1): 131-133.
- [10] 林婷婷. 企业融资风险及其防控策略探讨 [J]. 企业改革与管理, 2021(17): 118-119.