

精细化工生产管理与研发管理的协同策略探究

陈楷城

广东比格莱科技有限公司，广东 揭阳 522000

DOI:10.61369/ME.2025030035

摘 要： 精细化工生产和研发具特殊性，生产管理有缺陷，研发过程复杂。构建研发管理框架、矩阵式管理模型等很关键。需构建协同机制，如组织架构协同等。数字化孪生等技术有重要作用，还涉及安全边界分析等多方面内容，共同促进生产与研发协同。

关 键 词： 精细化工；生产与研发协同；管理

Study on the Synergistic Strategy of Fine Chemical Production Management and R&D Management

Chen Kaicheng

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

Abstract： The production and R&D of fine chemicals have unique characteristics, with production management having flaws and the R&D process being complex. It is crucial to establish a R&D management framework and a matrix-style management model. A collaborative mechanism, such as organizational structure coordination, should be established. Technologies like digital twins play a significant role, and aspects such as security boundary analysis are also involved, all of which collectively promote the synergy between production and R&D.

Keywords： fine chemicals; production and R&D synergy; management

引言

精细化工生产具有化学反应复杂、工艺精确度要求高、生产模式多样等特殊性，同时研发过程也面临诸多挑战。2021年发布的《“十四五”原材料工业发展规划》强调推动精细化工产业高端化发展，在此背景下，现行生产管理模式存在缺陷，研发管理需优化流程。构建合理的研发管理框架、矩阵式管理模型以及有效的协同机制至关重要。数字化孪生技术、HAZOP方法等在生产管理与研发协同中也具有重要作用。同时，风险防控体系的完善对精细化工行业发展意义重大。

一、精细化工生产管理现状分析

（一）精细化工生产特殊性研究

精细化工生产具有显著的特殊性。化学反应复杂性高，涉及多种原料和复杂的反应步骤，对生产过程的控制要求严格^[1]。一个反应环节的微小偏差可能导致产品质量不合格。工艺精确度需求高，从原料配比到反应条件的控制，都需要精确到极小的范围。小批量多品种的生产模式进一步增加了管理难度。不同产品的生产工艺和质量控制要点各异，需要灵活调整生产系统。产品质量控制维度上，不仅要符合常规的质量标准，还需满足特定行业和客户的特殊要求。这就要求生产管理系统能够全面、细致地监控各个生产环节，确保产品质量的稳定性和一致性。

（二）现行生产管理模式的缺陷

精细化工生产管理现状分析显示现行生产管理模式存在诸多缺陷。在传统人工作业向智能化转型过程中，衔接问题突出。工

艺参数优化方面，难以实现精准、实时的调整，影响产品质量稳定性^[2]。能耗监控系统数字化转型面临困境，无法高效收集与分析数据，导致能源浪费难以有效控制。安全预警机制的数字化转型也存在痛点，对潜在危险的识别和预警不够及时准确，增加了生产安全风险。这些问题严重制约了精细化工生产管理的效率和质量提升，亟待解决。

二、研发管理在化工领域的关键作用

（一）研发过程特点与技术转化效率

精细化工研发过程具有复杂性和风险性。从实验室小试到产业化放大存在诸多技术壁垒。在催化剂选型方面，需综合考虑活性、选择性和稳定性等因素，这要求研发管理精准把控各种实验条件和数据监测^[3]。对于反应动力学模型验证，要确保模型能准确反映实际反应过程，通过大量实验数据进行拟合和修正。研发

管理在这个过程中要协调各方资源，保证实验的顺利进行。同时，要注重技术转化效率。提高技术转化效率需要优化研发流程，加强各环节之间的衔接。合理安排人力、物力和财力，避免资源浪费，从而加速技术从实验室到产业化的转化。

（二）研发管理流程优化策略

构建基于并行工程理论的研发管理框架是优化研发管理流程的关键。并行工程强调产品开发过程中各阶段的并行与集成，化工研发中可使设计、实验、测试等环节协同进行，缩短研发周期，提高效率^[4]。同时，加强知识产权保护至关重要。明确研发成果的归属，建立完善的知识产权管理制度，激励企业和科研人员的创新积极性。再者，建设专家协同平台，整合化工领域不同专业的专家资源，促进知识共享与交流，为研发提供更全面的技术支持。最后，完善成果转化激励机制，对成功转化研发成果的团队或个人给予奖励，提高研发成果的实际应用价值，推动化工行业的发展。

三、生产与研发协同机制构建

（一）组织架构协同设计

1. 矩阵式管理模型构建

在精细化工领域，构建矩阵式管理模型对生产与研发协同至关重要。这种模型打破了传统的部门壁垒，整合了生产和研发的资源与人员。通过建立跨部门项目管理团队，工艺开发工程师与生产操作人员能实现实时互动。例如，在新产品研发过程中，工程师可及时将工艺设计思路和技术要点传达给操作人员，操作人员则能反馈实际生产中的困难和问题，以便工程师及时调整工艺参数。这不仅提高了研发效率，还能确保生产的顺利进行，有效提升企业的整体竞争力^[5]。

2. 知识共享平台运行机制

为实现精细化工生产与研发的协同，需构建有效的协同机制。在组织架构协同设计方面，应打破部门壁垒，使生产部门与研发部门紧密沟通与协作，明确各部门职责与权限，确保信息流畅传递^[6]。知识共享平台运行机制至关重要，建立工艺数据库与专家系统是关键举措。通过工艺数据库，对生产工艺参数、流程等数据进行标准化管理，方便研发人员获取生产一线数据，为研发提供依据。专家系统则可汇集行业专家经验和知识，解决技术文档标准化管理难题，实现经验传承。同时，知识共享平台应具备良好的权限管理和更新机制，确保信息的准确性和及时性，促进生产与研发的协同发展。

（二）信息化协同平台开发

1. MES系统集成方案

构建涵盖研发数据管理、生产调度指令下达的集成化信息通道是实现生产与研发协同的关键。通过信息化协同平台开发，整合研发与生产环节的数据资源，实现信息的实时共享与交互。MES系统集成方案在此过程中起到重要作用，它能够将生产过程中的各种数据进行采集、分析和处理，为研发提供准确的生产实际数据支持，同时也能将研发成果快速转化为生产指令，指导生

产实践。这样的协同机制不仅可以提高生产效率，降低成本，还能保证产品质量的稳定性和一致性，提升企业的核心竞争力^[7]。

2. 数字化孪生技术应用

数字化孪生技术在精细化工生产管理与研发管理协同中具有重要作用。通过构建虚拟工厂模型，可对生产工艺进行精确模拟，预测可能出现的问题及风险，为新产品投产提供技术可行性验证。例如，在新工艺研发阶段，利用数字化孪生模型模拟不同工况下的反应过程，优化工艺参数，提高生产效率和产品质量^[8]。同时，该技术能实时反映物理实体的状态，使研发人员和生产人员能基于同一平台进行信息共享和协同决策。在生产过程中，若出现异常情况，可通过虚拟模型快速分析原因，提出解决方案，减少停机时间和损失，实现生产与研发的高效协同。

四、生产过程风险管理体系优化

（一）风险识别维度扩展

1. 工艺安全边界量化分析

在精细化工生产中，基于HAZOP方法确定反应温度、压力等关键参数的警戒阈值体系是工艺安全边界量化分析的重要内容。HAZOP通过对工艺过程进行系统分析，识别潜在的危险与可操作性问题^[9]。针对反应温度，需考虑不同反应阶段的适宜温度范围以及超出该范围可能导致的副反应加剧、产物质量下降甚至爆炸等风险，从而设定合理的警戒阈值。对于压力参数，同样要结合反应容器的承受能力、物料的物理化学性质以及反应动力学等因素，确定可能引发泄漏、破裂等安全事故的临界压力值作为警戒阈值。通过建立这样的警戒阈值体系，能够更精准地界定工艺安全边界，为生产过程风险管理提供有力支持。

2. 供应链风险预警机制

在精细化工生产过程中，供应链风险预警机制至关重要。对于原料质量波动对产品稳定性的影响，需构建科学的评估模型^[10]。通过该模型，能准确量化质量波动带来的潜在风险，为风险管理提供数据支持。同时，完善供应商动态评价指标是关键环节。动态评价指标应涵盖原料质量稳定性、供应及时性、环保合规性等多维度。基于这些指标，企业可实时监控供应商表现，及时发现潜在风险点。一旦指标出现异常波动，预警机制启动，促使企业采取相应措施，如与供应商沟通改进或寻找替代供应商，确保供应链的稳定，保障生产过程的顺利进行。

（二）风险评估模型构建

1. 模糊层次分析法应用

在生产过程风险管理体系优化中，风险评估模型构建至关重要。通过模糊层次分析法应用，构建包含设备可靠性、人员操作熟练度等因子的风险评估矩阵。对于设备可靠性，需考虑其运行稳定性、维护频率等。人员操作熟练度则涉及员工培训程度、工作经验等方面。综合这些因子，利用模糊层次分析法确定各因子权重。例如，设备可靠性可能因对生产连续性影响较大而权重较高，人员操作熟练度也在整体风险评估中占重要地位。通过对各因子的量化和权重确定，准确评估生产过程中的风险，为后续风

险管理提供依据。

2. 基于大数据的事故预测

在生产过程风险管理体系优化中,风险评估模型构建及基于大数据的事故预测至关重要。对于基于大数据的事故预测,可应用机器学习算法处理历史生产数据。通过收集大量精细化工生产过程中的历史数据,包括设备运行参数、原材料质量数据、环境条件等。利用机器学习算法挖掘数据中的潜在模式和关联。例如,采用决策树算法可分析不同因素对事故发生的影响程度。基于此构建设备故障概率预测模型,该模型能根据实时输入的数据预测设备故障的可能性,提前预警,以便企业采取相应措施,降低事故风险,保障生产过程的安全与稳定。

(三) 风险防控体系建设

1. PDCA 循环管理模式

设计风险处置效果跟踪系统是 PDCA 循环管理模式中重要的一环。建立纠正措施反馈机制,确保在风险处置后,相关信息能及时反馈给管理部门。通过这一机制,能够对风险处置措施的有效性进行评估,发现潜在问题。同时,标准化改进流程的设定也至关重要。它明确了在面对不同风险处置结果时应采取的标准化操作,避免人为因素导致的处理差异。这一流程涵盖从问题识别到最终改进措施实施的全过程,保证了风险处置效果跟踪的系统性和科学性,有助于不断优化风险防控体系,提升精细化工生产过程的风险管理水平。

2. 应急演练智能仿真平台

精细化工生产过程中,应急演练智能仿真平台至关重要。开

发 AR 培训系统,通过模拟突发事件场景来提升现场人员应急处置能力。利用 AR 技术的沉浸感和交互性,让操作人员身临其境地感受事故发生的过程和环境。系统可以精确呈现各种危险情况,如化学品泄漏、火灾爆炸等,操作人员需根据模拟场景做出正确反应。这不仅有助于他们熟悉应急流程,还能提高在实际事故中的应对效率和准确性。同时,该系统能够记录操作人员的每一个操作步骤和决策过程,以便后续进行分析和评估,从而不断优化培训效果,完善应急处置方案,进一步提升整个风险防控体系的有效性。

五、总结

精细化工生产管理与研发管理的协同至关重要。通过对协同管理创新路径的系统论述,明确了在该领域实现高效协同的方向。基于 PDCA 循环的风险控制模型应用效果显著,为生产与研发过程中的风险把控提供了有效方法。未来,基于数字孪生的全过程监控体系极具发展潜力,它将实现对生产和研发更精准、实时的监控。同时,针对绿色工艺开发需求优化协同管理策略,有助于推动精细化工行业朝着绿色可持续方向发展。综合来看,这些策略和成果为精细化工生产管理与研发管理的协同提供了有力支撑,对行业的发展具有重要意义,应不断深入探索和完善,以适应行业发展的新需求。

参考文献

- [1] 司振宇. 香菇菌株成熟度识别与生产管理系统研发 [D]. 山东农业大学, 2021.
- [2] 李兰天. B 公司安全生产管理策略研究 [D]. 中国科学院大学, 2021.
- [3] 储巍. 基于多目标优化的软件开发项目群协同管理研究 [D]. 西南财经大学, 2023.
- [4] 李明膺. 面向大规模定制的 A 公司生产管理策略研究 [D]. 电子科技大学, 2023.
- [5] Anwar-Ul-Haq. 中国发电设备制造系统集成动态协同生产管理研究 [D]. 大连理工大学, 2021.
- [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] 刘兆元. 精细化工生产管理存在的问题及对策 [J]. 化工管理, 2022(18): 4-6.
- [9] 贾朝策. 精细化工工艺的安全管理 [J]. 化工管理, 2021(34): 163-164.
- [10] 刘华, 蔡桂娣, 杨鹏. 基于可持续发展需求的精细化工管理系统建构策略 [J]. 化工管理, 2022(18): 1-3.