

生产工艺变更对化工安全评价指标的影响及优化方案

马红艳

宁夏安旭锐信息咨询有限公司 宁夏 银川 750000

摘要：生产工艺变更在化工行业中扮演着至关重要的角色，但其对化工安全评价指标的影响亦不可忽视。变更可能涉及物料性质、工艺参数、设备配置及管理体的调整，进而对物料危险性、工艺稳定性、设备可靠性及管理有效性等关键安全评价指标产生影响。为确保生产安全，必须实施全面的安全评估与优化方案，涵盖物料管理的强化、工艺稳定性的提升、设备可靠性的增强以及管理体系的完善，从而形成一套科学、有效的安全保障体系，保障化工生产的平稳运行。

关键词：生产工艺变更；化工安全评价指标；影响；优化方案

引言：在快速变化的化工行业中，生产工艺的持续优化与升级已成为企业提升竞争力、满足市场需求的关键途径。然而，生产工艺的变更往往伴随着安全风险的增加，对化工安全评价指标产生深远影响。为确保生产过程的稳定性和安全性，有必要深入研究生产工艺变更对安全评价指标的具体影响，并据此提出切实可行的优化方案。本文旨在探讨生产工艺变更与安全评价指标的内在联系，为化工企业的安全生产管理提供理论依据和实践指导。

1 化工安全评价理论基础

1.1 化工安全评价的定义与目的

化工安全评价，是针对化工企业生产过程中存在的各种安全风险和隐患，通过科学的方法和手段进行评估和预测的过程。其目的在于降低化工企业的安全风险，预防和减少事故的发生，从而保障员工的人身安全和企业的稳定发展。通过安全评价，企业能够识别出生产过程中的潜在危险源，进而采取有效的防范措施，确保生产活动在安全的环境下进行。

1.2 安全评价方法概述

化工安全评价采用了多种方法，这些方法各具特点，适用于不同的评价对象和场景。以下是几种常用的安全评价方法：（1）安全检查表法（SCL）。依据相关的标准、规范，对化工系统中的危险类别、设计缺陷以及潜在的危险性和有害性进行判别检查。它通过将检查项目列表，逐项检查，确保不遗漏任何可能导致事故的因素。（2）故障模式与影响分析（FMEA）。这是一种以功能为中心，以逻辑推理为重点的分析方法。它通过对系统或产品各个组成部分的故障模式进行分析，预测这些故障对系统或产品功能造成的影响，并提出预防改进措施。（3）危险与可操作性分析（HAZOP）。

这是一种系统化的分析方法，用于识别化工过程中的潜在危险和可操作性问题。它通过对工艺参数进行偏差分析，找出可能导致事故的因素，并提出改进措施。（4）保护层分析（LOPA）。这种方法用于评估现有安全保护措施充分性。它通过分析事故场景和保护层的可靠性，确定是否需要增加额外的安全措施^[1]。此外，还有预先危险分析（PHA）、What-If分析（WI）、工作安全分析（JHA）、管理审查（MR）、系统危险性分析（SDA）、事故后果模拟（ACS）等其他方法，这些方法在化工安全评价中也有广泛的应用。

1.3 化工安全评价指标体系构建

为了全面评估化工企业的安全状况，需要构建一套完善的化工安全评价指标体系。这套指标体系通常包括以下几个方面：（1）物料危险性指标。评估化工生产过程中使用的物料是否具有易燃、易爆、有毒等危险性。（2）工艺稳定性指标。衡量化工工艺在稳定运行方面的表现，包括工艺参数的波动范围、控制系统的可靠性等。（3）设备可靠性指标。评估化工设备的完好率和运行稳定性，确保设备在运行过程中不会出现故障或事故。（4）管理有效性指标。衡量企业在安全管理方面的表现，包括安全制度的执行、员工安全培训的效果等。

2 生产工艺变更对化工安全评价指标的影响

2.1 工艺变更对物料危险性的影响

（1）物料性质变化带来的风险。工艺变更可能导致使用不同性质的物料，这些物料的易燃性、易爆性、毒性等特性可能有所不同。例如，从使用低毒性原料转变为使用高毒性原料，将显著增加生产过程中的安全风险。此外，物料性质的微小变化也可能导致反应条件的敏感性增加，使得生产过程更易失控。（2）化学反应路径的改变及风险。工艺变更还可能涉及化学反应路径的

调整。不同的化学反应路径可能产生不同的副产物或中间体，这些物质可能具有更高的危险性。同时，新的反应路径可能需要更高的温度、压力或催化剂，从而增加了反应失控的风险。例如，某些反应在特定条件下可能产生爆炸性混合物，导致严重事故。（3）案例分析：双氧水浓度提升导致的爆炸事故。在某化工企业中，为了提高生产效率，决定提高双氧水的浓度。然而，这一变更并未经过充分的安全评估。在生产过程中，高浓度的双氧水在特定条件下发生了剧烈的分解反应，产生了大量的热量和氧气。由于反应釜的散热能力不足，导致温度急剧上升，最终引发了爆炸事故。这一案例充分说明了工艺变更对物料危险性带来的潜在风险。

2.2 工艺变更对工艺稳定性的影响

（1）工艺参数调整的风险。工艺参数的调整可能涉及温度、压力、流量等多个方面。这些参数的微小变化都可能对反应速率、产物选择性等产生显著影响，进而影响整个生产过程的稳定性。如果参数调整不当，可能导致反应失控或产生危险物质。（2）放大效应引发的失控风险。在从小试到中试再到大规模生产的放大过程中，工艺参数的放大效应可能导致生产过程的失控。由于不同规模的生产设备在传热、传质等方面存在差异，因此即使在小试阶段表现良好的工艺，在大规模生产时也可能出现问题。例如，某些反应在小试时可能温和可控，但放大后由于热量积累等问题可能导致剧烈反应甚至爆炸^[2]。（3）案例分析：小试工艺直接放大引发的爆炸。某化工企业在将小试工艺直接放大到中试规模时，未充分考虑放大效应对工艺稳定性的影响。在生产过程中，由于反应釜的传热能力不足，导致反应温度急剧上升。为了控制温度，操作人员增加了冷却水的流量，但这进一步加剧了反应的不稳定性。最终，反应失控并引发了爆炸事故。

2.3 工艺变更对设备可靠性的影响

（1）设备匹配性问题。工艺变更可能涉及新的反应条件、物料性质等，这些变化可能对现有设备的材质、结构等提出新的要求。如果设备无法满足这些要求，就可能引发故障或事故。例如，某些腐蚀性物料可能损坏设备的内衬或密封件，导致物料泄漏。（2）自动化系统滞后风险。随着工艺的变更，自动化系统的控制逻辑和参数可能也需要进行调整。然而，由于技术更新或人员培训不足等原因，自动化系统可能无法及时跟上工艺变更的步伐，从而导致控制滞后或失效。这将增加生产过程中的安全风险。（3）案例分析：反应釜传热能力不足导致的爆炸。在某化工企业的生产过程中，由于工艺变

更导致反应釜内的物料性质和反应条件发生了变化。然而，反应釜的传热系统并未进行相应的调整。在生产过程中，由于反应放热过多而传热不足，导致反应釜内的温度急剧上升。最终，反应失控并引发了爆炸事故。这一案例充分说明了工艺变更对设备可靠性带来的潜在风险。

2.4 工艺变更对管理有效性的影响

（1）变更审批流程的形式化风险。工艺变更通常需要经过严格的审批流程以确保其安全性和可行性。然而，在实际操作中，审批流程可能变得形式化或走过场，导致潜在的安全风险未被充分识别和评估。这将增加生产过程中的不确定性。（2）信息传递断裂风险。工艺变更涉及多个部门和岗位之间的协作与信息交流。然而，在实际操作中，由于沟通不畅、信息传递不及时或误解等原因，可能导致关键信息在传递过程中断裂或失真。这将直接影响工艺变更的实施效果和安全性能。例如，新的操作规程或安全要求未及时传达给操作人员，可能导致他们在生产过程中违反规定，增加事故风险^[3]。

（3）案例分析：操作规程未更新导致的事故。在某化工企业中，由于工艺变更后操作规程未及时更新，导致操作人员在生产过程中仍然按照旧的规程进行操作。新的工艺条件下，某些操作步骤可能已经不再适用或存在安全隐患。然而，由于操作人员对新规程不了解，仍然按照旧规程执行，最终引发了一起严重的事故。这一案例充分说明了工艺变更对管理有效性带来的挑战，以及信息传递断裂可能导致的严重后果。

3 生产工艺变更后的化工安全优化方案

3.1 优化物料管理

物料是化工生产的基础，物料管理的优化是确保生产过程安全的关键。（1）强化物料危险性测试与评估。对于新引入或变更的物料，必须进行全面的、严格的危险性测试与评估。这包括物料的化学性质、毒性、易燃易爆性等方面的测试。通过专业的实验室测试和数据分析，可以准确了解物料的危险性，为后续的工艺设计和安全管理提供依据。（2）完善物料替代与变更审批流程。当现有物料无法满足生产需求或存在安全隐患时，应考虑物料替代。替代物料的选择应基于全面的安全性和经济性评估。同时，应建立完善的物料变更审批流程，确保任何物料变更都经过充分的论证和审批，避免随意变更带来的安全风险。

3.2 提升工艺稳定性

工艺稳定性是化工生产安全的重要保障。提升工艺稳定性需要从多个方面入手。（1）采用逐级放大验证原则。在从小试到中试再到大规模生产的放大过程中，

应遵循逐级放大验证原则。这意味着在每一步放大过程中,都需要对工艺进行严格的测试和验证,确保其在不同规模下都能稳定运行。这有助于及时发现和解决潜在的工艺问题,避免在大规模生产时引发安全事故。(2) 强化工艺参数监控与调整机制。工艺参数的稳定性对生产过程至关重要。应建立完善的工艺参数监控与调整机制,实时监测工艺参数的变化,并根据需要进行及时的调整。这包括温度、压力、流量、液位等关键参数的监控和调整。通过精确的参数控制,可以确保生产过程的稳定性和安全性。(3) 引入工艺安全数据库与仿真工具。工艺安全数据库和仿真工具是现代化工安全管理的重要辅助手段。通过建立工艺安全数据库,可以收集和整理与工艺安全相关的信息,为工艺设计、风险评估和事故应对提供数据支持。同时,利用仿真工具对工艺进行模拟和分析,可以预测潜在的安全风险和事故场景,为制定有效的应对措施提供依据^[4]。

3.3 增强设备可靠性

设备是化工生产的核心组成部分,其可靠性直接影响生产安全。(1) 设备匹配性评估与升级。对于新引入的工艺和设备,应进行全面、细致的匹配性评估。这包括设备的材质、结构、性能等方面与工艺的匹配性。对于不匹配的设备,应及时进行升级或更换,以确保其与工艺的协调性和安全性。(2) 自动化系统升级与配置。随着化工生产自动化水平的提高,自动化系统的升级与配置变得日益重要。应定期对自动化系统进行更新和维护,确保其功能的完整性和准确性。同时,根据工艺需求,合理配置自动化系统的参数和控制逻辑,以提高生产过程的自动化水平和安全性。(3) 加强设备维护与安全管理。设备的定期维护和安全管理是确保设备可靠性的关键。应建立完善的设备维护计划,定期对设备进行检查、清洁、润滑和维修等工作。同时,加强设备的安全管理,包括设置安全警示标志、制定安全操作规程、加强人员培训等。通过这些措施的实施,可以延长设备的使用寿命,提高其运行效率和安全性。

3.4 完善管理体系

管理体系的完善是确保化工生产安全的基础。(1)

推行变更管理追溯制度。为规范工艺变更的管理,应推行变更管理追溯制度。这意味着对每一次工艺变更都进行详细的记录和跟踪,确保变更的过程可追溯、可验证。这有助于及时发现和解决变更过程中存在的问题,确保变更的安全性和有效性。(2) 加强员工培训与应急演练。员工是化工生产安全的直接参与者。应加强员工的培训和应急演练工作,提高员工的安全意识和应急处理能力。培训内容包括安全操作规程、危险源辨识与风险评估、应急响应措施等。通过定期的应急演练,可以检验员工的应急处理能力和团队协作水平,进一步提升整体的安全防范能力。(3) 构建全员参与的安全文化。安全文化是企业安全管理的重要组成部分,它体现了企业对安全生产的重视和承诺。要构建全员参与的安全文化,需要从高层领导到基层员工都树立“安全第一”的理念。这包括制定明确的安全目标和政策,鼓励员工积极参与安全活动,提供安全培训和教育资源,以及建立有效的安全激励机制。

结束语

综上所述,生产工艺变更对化工安全评价指标的影响是多方面且深远的。为确保化工生产的安全性与稳定性,企业必须从物料管理、工艺稳定性、设备可靠性及管理体系等多个维度出发,实施全面的安全优化方案。通过科学的风险评估、严格的变更管理、先进的技术应用及系统的安全管理,企业能够有效降低生产过程中的安全风险,提升整体安全绩效。未来,随着化工行业的不断发展,生产工艺变更与安全管理的融合将成为企业持续稳健发展的关键所在。

参考文献

- [1] 史小兵.新时期化工安全生产与管理的新模式研究[J].全面腐蚀控制,2025,(05):49-50.
- [2] 王永宾.石油化工安全仪表系统检验评估方法研究[J].石化技术,2025,(04):36-37.
- [3] 李海涛.化工安全生产与化工生产技术管理的关联性探究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,(10):103-104.
- [4] 郑丽.化工工艺设计与安全评价对安全生产的影响分析[J].建筑技术科学,2023,(08):86-87.