

化工工艺设计中安全危险的识别与控制研究

周金兵¹ 罗伟²

1. 中化蓝天氟材料有限公司 浙江 绍兴 312000

2. 浙江佑谦特种材料有限公司 浙江 绍兴 312000

摘要: 化工行业作为我国经济发展的重要支柱,在最近几年来得到了更大的发展空间,衍生出了多种新型的技术工艺。但是,在化工工艺的安全设计中仍然存在着一些不可忽视的危险性因素。本文深入探讨了化工工艺设计中安全危险的识别与控制策略。通过系统分析化工工艺中的物料性质、工艺流程、设备状态及环境因素,识别了潜在的安全风险点,并提出了针对性的控制措施,强调了科学的风险评估、合理的应急预案设计、严格的操作规程制定以及全面的安全防护设施规划,是确保化工工艺设计安全性的关键。

关键词: 化工工艺设计; 安全危险识别; 控制研究

引言: 随着化工行业的快速发展,工艺设计的复杂性和危险性日益凸显。在追求高效生产的同时,如何有效识别并控制化工工艺设计中的安全危险,成为保障生产安全、预防事故发生的重要课题。文章通过对化工工艺设计中安全危险的深入剖析,探讨科学有效的识别与控制方法,为化工企业提供安全设计的理论依据和实践指导,促进化工行业的安全、绿色、可持续发展。

1 化工工艺设计的重要性

化工工艺设计直接关系到化工装置能否顺利运行、达到预计的生产能力和产品质量,进而影响到工厂的经济效益和社会效益。第一,化工工艺设计是化工装置建设的基础,通过科学合理的设计,可以确保化工装置在投产后能够顺利运行。这包括选择合适的工艺流程、设备选型、管道布局等,以满足生产需求和安全要求。设计过程中,还需要考虑各种工况下的操作条件,确保装置在各种情况下都能稳定运行。第二,优秀的化工工艺设计能够显著提高化工装置的生产能力和产品质量。通过优化工艺流程和参数设置,可以最大限度地发挥设备潜能,提高生产效率。同时,精细的工艺控制还可以减少副产品的产生,提高产品的纯度和收率,从而满足市场需求和客户要求。第三,化工工艺设计在降低生产成本和能耗方面也发挥着重要作用^[1]。通过合理的流程布局和设备选型,可以减少原料和能源的消耗,降低生产成本。第四,化工工艺设计是化工行业技术进步的重要推动力。通过不断的研究和创新,可以开发出更加先进、高效、环保的化工工艺和设备,推动化工行业的转型升级和可持续发展。

2 化工工艺设计中安全危险的识别

2.1 物料危险性识别

化工工艺设计中所涉及的物料种类繁多,包括原材料、中间产品、副产品及最终产品等。这些物料往往具有易燃、易爆、有毒、有害等特性,一旦处理不当或发生泄漏,将可能引发火灾、爆炸、中毒等严重事故,对人员安全、设备完好及环境保护构成巨大威胁。因此,深入细致地识别物料的危险性,是确保化工工艺设计安全性的首要任务。(1)物理化学性质分析:需要对物料的物理化学性质进行全面分析,包括熔点、沸点、闪点、自燃点、爆炸极限、密度、粘度、腐蚀性、毒性等。这些性质是判断物料危险性的基础数据,对于后续的安全措施制定至关重要。(2)稳定性评估:评估物料在储存、运输和使用过程中的稳定性,包括是否容易分解、聚合或发生其他化学反应。不稳定的物料在特定条件下可能产生危险物质,增加事故风险。(3)相容性测试:检查物料之间以及物料与设备、管道等接触材料之间的相容性。不相容的物料混合可能导致剧烈反应或腐蚀,引发安全事故。(4)毒性及环境影响:评估物料的毒性级别和对环境的影响,包括急性毒性、慢性毒性、生态毒性等。有毒物料可能对人体健康和环境造成长期危害。(5)特殊危险性识别:针对某些具有特殊危险性的物料(如放射性物质、剧毒物质等),需要进行专门的危险性识别,并制定特殊的处理措施和应急预案。物料危险性识别的方法多种多样,包括查阅相关文献资料、进行实验室测试、运用专业软件进行模拟分析等。在实际操作中,应根据物料的特性和实际情况选择合适的方法进行综合评估。

2.2 工艺路线危险性识别

化工生产中的工艺路线往往复杂多样,一种化工产品可能通过多种工艺制法得到,而不同的工艺路线在安

全性、效率、成本等方面可能存在显著差异。首先，需要对所选工艺路线的整体流程进行详细分析，明确各个环节的化学反应、操作条件、物料状态等关键要素。这有助于识别出潜在的危险点和风险因素。在流程分析的基础上，采用科学的方法对工艺路线的危险性进行评估。这包括但不限于对化学反应的剧烈程度、温度压力条件的敏感性、物料泄漏的风险等进行定量或定性分析。针对识别出的危险点和风险因素，制定相应的安全控制措施。这些措施可能包括优化工艺流程、改进设备设计、加强安全监控等，以确保工艺路线在生产过程中的安全性^[2]。为了应对可能发生的紧急情况，还需要制定完善的应急预案。这包括明确应急响应流程、配备必要的应急设备和物资、定期组织应急演练等，以提高应对突发事件的能力。另外，在实际操作中，工艺路线危险性识别面临着诸多挑战，如工艺路线的复杂性、不确定性以及安全风险的隐蔽性等。为了有效应对这些挑战，可以采取以下策略：加强专业知识培训，提高设计人员的安全意识和识别能力；引入先进的科技手段，如模拟仿真、大数据分析等，提高风险评估的准确性和可靠性；建立完善的安全管理体系，确保各项安全控制措施得到有效执行；加强与行业协会、科研机构等的合作与交流，共同推动化工工艺设计安全性的提升。

2.3 设备选型与布置的危险性识别

设备选型需充分考虑其物理性能是否与工艺要求相匹配，如压力、温度、流量等参数的适应性。若设备性能不足或过剩，均可能引发安全事故。例如，反应釜的耐压能力若低于工艺要求，可能导致超压爆炸；反之，若耐压过高则增加制造成本，且可能因材料浪费而引发其他问题。化工工艺中涉及的物料往往具有腐蚀性、易燃易爆等特性。因此，在设备选型时，必须确保设备与物料的化学兼容性，防止因设备腐蚀而导致的物料泄漏或设备失效。设备的安全性与可靠性直接关系到生产过程的稳定性和安全性。在选型时，应优先考虑具有良好安全记录和可靠性的设备，避免使用存在安全隐患的型号或品牌。另外，设备布置需充分考虑空间布局的合理性，确保设备之间的安全距离和通道畅通。不合理的布局可能导致操作不便、物料输送困难或引发安全事故。例如，易燃易爆设备与热源或火源过近，可能增加火灾或爆炸的风险。设备布置应便于操作和维护。操作人员的活动空间应充足，便于进行日常巡检、紧急处理和设备维护。在设备布置时，还需考虑紧急应对措施的可操作性。例如，设置紧急停车系统、安装可燃气体和有毒气体检测报警装置等，以便在发生紧急情况时能够及时采

取措施，防止事态扩大。

2.4 操作条件危险性识别

在化工工艺设计中，操作条件的危险性识别是确保生产过程安全性的关键步骤之一。操作条件涵盖了温度、压力、流量、浓度等多个方面，这些参数的异常变化都可能对生产安全造成严重影响。

2.4.1 温度危险性识别

温度是化工生产过程中至关重要的操作条件之一。过高或过低的温度都可能引发安全事故。例如，在高温条件下，某些物料可能变得不稳定，易于分解或产生有毒有害气体；而在低温条件下，则可能出现物料凝固、堵塞管道等问题。因此，在工艺设计中，必须准确设定各反应步骤的温度范围，并采取相应的控制措施，确保温度波动在允许范围内。

2.4.2 压力危险性识别

压力同样是化工生产中需要严格控制的操作条件。在高压环境下，设备和管道的承压能力受到严峻考验，一旦超过其设计极限，就可能发生爆炸等严重事故。此外，压力波动还可能影响化学反应的平衡和速率，进而影响产品质量和安全性。因此，在工艺设计中，需要对各设备的承压能力进行准确评估，并设置合理的压力控制点和报警装置，确保压力在安全范围内波动。

2.4.3 流量与浓度危险性识别

流量和浓度也是化工生产中需要关注的操作条件。流量过大可能导致设备超负荷运行，甚至引发泄漏等事故；而流量过小则可能影响反应效果，降低生产效率。同样地，物料浓度的变化也会影响化学反应的平衡和速率，进而影响产品质量和安全性。因此，在工艺设计中，需要准确设定各物料的流量和浓度范围，并采取相应的控制措施，确保流量和浓度在允许范围内波动。

2.4.4 综合危险性评估与应对措施

在识别了各操作条件的危险性后，还需要进行综合危险性评估，以全面评估生产过程中的安全风险。评估过程中应充分考虑各操作条件之间的相互影响和制约关系，以及可能发生的连锁反应和次生灾害^[3]。针对评估结果，应制定相应的应对措施和应急预案，确保在发生异常情况时能够及时、有效地进行处置和救援。

3 化工工艺设计中安全危险的控制措施

3.1 本质安全设计

在化工工艺设计中，本质安全设计通过设计手段使生产设备或系统本身具备防止事故发生的能力，即使在误操作或设备故障的情况下也能保持安全状态。（1）工艺路线优化：选择稳定、安全的工艺路线，避免使用

高风险的化学反应和工艺条件。在工艺设计中,应充分考虑反应机理、反应速率、反应热等因素,确保工艺过程的稳定性和可控性。(2)设备选型与布置:选用高品质、可靠性强的设备,并确保设备与物料的化学兼容性。在设备布置上,应合理规划空间布局,确保设备之间的安全距离和通道畅通。同时,应设置必要的安全装置和防护措施,如防爆门、安全阀、紧急停车系统等。

(3)操作条件控制:通过精确控制温度、压力、流量等操作条件,确保工艺过程在安全范围内运行。采用先进的自动化控制系统和监测技术,实时监测工艺参数的变化,并及时采取措施进行调整和干预。(4)物料管理:对工艺过程中使用的物料进行严格管理,确保物料的纯度、质量和储存条件符合安全要求。对于易燃易爆、有毒有害等危险物料,应采取特殊的储存和运输措施,防止泄漏和事故发生。

3.2 安全防护设施设计

安全防护设施的设计必须针对具体的工艺过程、危险源和潜在事故类型进行。通过科学的风险评估和分析,确定需要防护的对象和防护等级,确保设计的针对性和有效性。防护设施应选用高质量、可靠耐用的材料和设备,确保在恶劣的生产环境下仍能正常运行。设计应考虑整个生产系统的安全性和协调性。不同设施之间应相互补充、相互协调,形成完整的防护体系。应充分考虑操作人员的安全和便利。设施的操作界面应清晰明了、易于操作;同时,应提供必要的安全培训和指导,确保操作人员能够正确使用和维护设施。另外,在高压、易燃易爆的设备上设置安全阀和防爆装置,以防止超压和爆炸事故的发生^[4]。在关键部位设置紧急停车系统,当发生异常情况时能够迅速切断物料和能源供应,防止事态扩大。设置灵敏可靠的报警与联锁控制系统,对工艺参数进行实时监测和预警。一旦参数超出安全范围,系统能自动触发报警并采取相应的控制措施。为操作人员提供必要的个人防护装备,如防毒面具、防护服等,以减轻有毒有害物质对人员的伤害。

3.3 应急预案的设计

在化工工艺设计中,应急预案的设计首要任务是对化工工艺过程中可能存在的风险进行全面、细致的识

别。这包括对物料性质、工艺流程、设备状态、环境因素等多方面的考量。在风险识别的基础上,进行科学的评估,确定各风险点的危险等级和可能引发的后果,为应急预案的制定提供基础数据支持。设计应急响应机制时,应明确应急指挥体系、应急队伍构成、应急物资储备等关键要素。确保在事故发生时,能够迅速启动应急预案,组织相关人员和物资进行救援。制定详细的应急响应流程,包括事故报告、初步处置、应急启动、现场救援、善后处理等环节,确保应急响应工作有序进行^[5]。针对不同类型的风险,设计具体的应急处置措施。例如,对于火灾事故,应明确灭火方法、疏散路线、救援装备等;对于泄漏事故,应明确堵漏方法、泄漏物处理、人员防护等。强调应急处置措施的科学性和有效性,确保在事故发生时能够迅速控制事态发展,减少损失。接着,对应急预案的相关人员进行培训,使其熟悉预案内容和应急处置流程。通过模拟演练,检验预案的可行性和有效性,提高应急响应能力。强调培训与演练的常态化、制度化,确保应急预案始终处于可用状态。

结语

总之,通过科学的风险评估、全面的安全设计、严格的操作规程和有效的应急预案,可以显著降低安全事故的发生概率,保障人员生命财产安全,促进化工行业的健康发展。未来,随着技术的不断进步和安全管理理念的深化,化工工艺设计的安全性将得到进一步提升,为构建安全、绿色、可持续的化工生产环境贡献力量。

参考文献

- [1]陈聪,郭在进.化工工艺设计中安全危险的识别与控制研究[J].当代化工研究,2021(8):1-2.
- [2]林再福.化工工艺安全设计中的危险识别与控制策略[J].化工管理,2020(19):2-3.
- [3]房金龙.浅谈化工工艺安全设计中的危险识别和控制策略[J].中小企业管理与科技,2020(9):2-3.
- [4]桂永.化工工艺设计中安全危险问题与防控策略[J].工程技术发展,2020,1(1):110-111.
- [5]王治忠.化工工艺设计中安全危险的识别与控制措施探讨[J].低碳世界,2020,10(2):2-3.