

化工工艺安全设计中的危险因素及解决对策

陈永福¹ 穆文波² 尹超²

1 山东京博农化科技股份有限公司, 山东 滨州 256500

2 山东京博石油化工有限公司, 山东 滨州 256500

[摘要]在化工产业的发展道路上,安全问题牵动着每个人的神经。频发的事故警示着化工工艺安全设计的重要性,要求业者不仅追求生产效率和经济效益,更需确保安全环保与可持续发展。化工工艺设计中潜藏的物理性、化学性与操作性危险因素如同挥舞的利剑,稍有不慎便可能引发灾难。面对这些潜在的威胁,如何通过深思熟虑的设计方案,构筑一道道坚固的安全屏障,成为了行业内延续讨论和改进的课题。文章旨在洞察化工工艺安全设计中各项危险因素,并探求有效的解决对策。

[关键词]化工工艺; 安全设计; 危险因素; 解决对策

DOI: 10.33142/sca.v7i3.11530

中图分类号: TQ2

文献标识码: A

Hazardous Factors and Solutions in Chemical Process Safety Design

CHEN Yongfu¹, MU Wenbo², YIN Chao²

1 Shandong Jingbo Agrochem Technology Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256500, China

2 Shandong Chambroad Petrochemicals Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256500, China

Abstract: On the development path of the chemical industry, safety issues are affecting everyone's nerves. Frequent accidents warn of the importance of chemical process safety design, requiring operators not only to pursue production efficiency and economic benefits, but also to ensure safety, environmental protection, and sustainable development. The hidden physical, chemical, and operational hazards in chemical process design are like wielding swords, and a slight mistake can lead to disasters. Faced with these potential threats, how to build strong security barriers through thoughtful design solutions has become a topic of ongoing discussion and improvement within the industry. The article aims to gain insights into various hazardous factors in chemical process safety design and explore effective solutions.

Keywords: chemical process; safety design; hazardous factors; solution measures

引言

化工工艺安全设计在遏制和预防生产事故中发挥着举足轻重的作用,生产安全不仅影响到企业的持续运营,更直接关系到员工的生命安全和周边环境的保护。化工工艺安全设计初期就需倾注极致关怀于安全设计的基本原则和目标,旨在以此引领工艺的每一步走向,确保危险源的管控和风险的最小化。安全设计不断截面操作风险,守护生产和人员的安全。通过系统化、层次化的方法,建立坚实的安全基础,该过程中更需注重安全性与经济性的平衡设计,实现了安全效益与经济效益的双赢。本文将深入研究化工工艺安全设计中的危险因素以及解决对策,以期对相关工作人员提供参考借鉴。

1 化工工艺中的危险因素概述

1.1 物理性危险因素

化工工艺安全设计中的物理性危险因素包括但不限于温度、压力、机械作用以及电和静电效应等。每一类因素都有其独特的危害特性,能对生产过程和操作人员造成不同程度的伤害。例如,异常的温度条件不仅可以引起原料的热分解或反应剧烈性增加,还可能导致设备材料性能

下降,从而带来潜在的爆炸和火灾风险。而压力的不当控制,则可能引致泄漏、喷射或设备破裂,这些事件一旦发生,将对周围环境和人员安全构成直接威胁。机械因素包括转动设备的不平衡、对接部件的误差以及由此产生的振动和噪音,这不仅影响设备的稳定性和使用寿命,还可能成为事故的导火索。电和静电效应虽然在日常运行中不太明显,但若管理不善,静电放电能够触发易燃物质的着火乃至爆炸,电气设备的短路或过载则可能成为火灾的直接原因。物理性因素在化工工艺中的普遍存在与潜在的危险性,要求设计师和操作人员必须具备高度的警觉性和专业素养^[1]。

1.2 化学性危险因素

在化工工艺安全设计中,化学性危险因素占据了一席重要的地位。这类因素涵盖了易燃、易爆、有毒、腐蚀性和反应活性物质。易燃物质在一定条件下会与氧气迅速反应,释放大热,造成火灾;易爆物质则有可能在物理作用下或者化学反应中激烈放能,引发爆炸。有毒物质的泄漏会对操作人员和周边环境造成长期性的健康风险;而腐蚀性物质能破坏容器材料,给设备安全运行带来隐患。

至于反应活性物质，由于其不稳定性，可能在特定条件下发生强烈化学反应，甚至是自发反应，从而引发事故。化学性危险因素的危害不仅局限于瞬间的物理伤害，更关键的是它们可能造成难以逆转的环境污染以及对人体健康的长远影响。例如，某些有毒化学品一旦泄漏，不但影响当下的作业人员，还可能通过食物链干扰广泛的生态系统，造成生物累积效应，对环境和公众健康构成了持久威胁。

1.3 操作性危险因素

在化工生产过程中，操作性危险因素往往是因人为失误而诱发的一类重要隐患。这些因素涵盖了从原料搬运、设备操作到产品贮存等各个环节，它们的触发点多种多样，但共同的特征在于其依赖性对人的因素极为敏感。毕竟，任何再完备的安全系统，也难以完全避免操作失误造成的安全事故。操作失误源于人为操作不当，主要包括误操作、操作遗漏和不恰当的维护保养等，这些失误有时会引发严重的后果，比如原料或产品的泄漏、火灾和爆炸事故、有毒物质的暴露等，不仅危及操作人员生命安全，也可能对周边环境造成不可逆的破坏。针对操作性危险因素，提高操作人员的专业素质和安全意识是基础，而对操作程序和保养维护指南的制定应更注重人因工程学的应用^[2]。

1.4 外部环境因素

外部环境因素通常超出工厂自身控制的范畴，包括自然环境与人为环境两大类。自然环境因素涵盖极端气候、地质活动等，而人为环境因素则可能包括周边工业活动造成的影响、恶劣的社会环境等。在化学工业中，外部环境因素的危害不容小觑。例如，当工厂临近地震带时，地震造成的震动可能引发储罐等设施的损坏，导致有毒化学物质泄漏，甚至引发火锅效应，造成灾难级的事故。此外，极端天气如台风和洪水对化工厂直接造成的不仅是物理损害，更有可能的是行业内部生产调度的混乱与物流停摆，深远影响到整个供应链的稳定性。人为环境因素所带来的危害则更为多变，周边其他工业区的污染物可能通过空气或者地下水渠道影响到厂区内部，对生产过程和工作人员的健康构成威胁。更有甚者，社会环境的不稳定如罢工、社会冲突等可引致原料供应中断，甚至直接冲击生产安全。应对这些外部环境因素带来的危险，化工工艺安全设计中应包含全面的风险评估和应变措施。

2 化工工艺安全设计的一般原则

化工工艺安全设计对于避免灾难性的工业事故至关重要，它涉及到保护人员、设备和环境免受潜在危害的影响。深刻理解和准确实施安全设计原则，可以显著减少工作场所的危险并防止生产过程中的意外发生。在化工工艺的复杂系统中，危险因素无处不在，从原料储存到最终产品的制造，每一个环节都隐藏着潜在的风险，良好的安全设计则是缓解这些风险的关键。

综合安全性与经济性的思想是指在确保安全的前提

下，寻求成本效益的最佳平衡点。合理的设计能够在不牺牲安全标准的基础上，有效地控制成本，同时实现工艺流程的优化。这是化工企业竞争力和可持续发展的基石^[3]。

预防为主，防护为辅，这一原则强调在设计阶段就应该着手消除或控制危险因素，减少事故发生的可能性。比如通过采用先进的自动控制系统，可以在出现异常情况时自动调节或关闭工艺流程，以避免事故扩大。

关于安全屏障与安全距离，安全设计需配置多层次的防护措施来应对不同程度的危险情况，如设置应急泄压系统，确保工厂内外安全距离的合理规划，减少在一旦发生泄漏或爆炸时对周边区域的影响。

安全设计的层次性和系统性则要求设计者把握全局，确保所有的安全措施能够协同工作，并在整个生命周期内有效。这包括对潜在的变化和未来工艺上的改进保持警惕，以及确保安全措施在实际操作中的有效性和可靠性。通过这样的系统化设计，可以建立一个即使在最不利情况下也能运行安全的工业体系。

3 化工工艺安全设计的解决对策

3.1 过程控制策略

化工工艺的安全设计，离不开过程控制这一环节的巧妙运用，它就像是万能药丸，在复杂化学品的生产过程中守护着安全生产的每一步。原理上，过程控制牵涉到对原材料输入、生产环境、设备运行状态等诸多要素的精确监测和调控，其目标在于维持工艺条件的稳定，防止偏离预设设计的安全范围，以此减小或消除可能的风险。现场实时监控作为过程控制的核心，通过高精度传感器对温度、压力、流量、浓度等关键参数不间断采样，保证反应在可控状态下进行。然而，安全情况下的反应是个理想状态，应对偏差，需要设备自动调节功能快速介入，例如PID（比例-积分-微分）控制器，可以实时调整操作条件，确保系统迅速恢复平衡。另一方面，采用先进的过程控制算法，例如模型预测控制，可以在预见到潜在风险时，提前做出调整，从源头阻断事故发生的可能。化学品生产中不可忽视的是安全仪表系统（SIS），它在控制系统预警不足以应对复杂风险时，作为最后防线自动启动，如紧急切断阀门，避免了事态的进一步恶化^[4]。

3.2 设备与材料的选择

在化工工艺的世界里，设备与材料是防止生产事故的坚固盾牌。适宜的选择宛如一座防火墙，守护着复杂化工流程的安全与稳固。荧光屏前，工程师的每一次决策，都密切相关着未来可能爆发的危机与挑战。化工生产中设备与材料选择涉及一系列原则和标准，核心在于匹配化工过程需求与物料性质。首先得确保选用的设备可以承受加工物料的化学腐蚀性和热稳定性要求。例如，在高酸性物料处理中使用碳钢材料便显得不当，而选择耐腐蚀的不锈钢或其他合金材料可以显著提升整个系统的安全指标。在温

度压力匹配上,工程师必须开展精确计算,确保材料能承受极限工况,不出现热疲劳或者压力爆破现象。材料的抗磨损性也不容忽视。处于高速旋转或颗粒冲刷的环境中,耐磨材料的使用能有效延长设备寿命,减少维护频率与潜在的风险点。进而在材料选择上,还应兼顾环境因素,比如便于回收再利用或减少环境污染的材料,如今日益显得重要。在潜在的易燃、易爆的化工场合,防静电材料的使用是必不可少的安全防护。最后在锁定了最佳设备与材料之后,必须制定周密的检查与维护流程。因为即使是最高标准的材料与设备,也难逃磨损和老化的宿命。相关人员进行定期的监测与评估,确保这些设备始终处于最佳状态,这样才能真正地发挥防线的作用。

3.3 人员培训与管理

在化工领域,每个操作员就像是机器上的一个螺丝钉,看似微小却至关重要,但他们的决策、操作直接关系到生产的安全和效率,稍有差池可能引发严重的安全问题。在培训与管理方面,首要任务是提高工作人员的安全意识。定期举办安全教育培训,这一过程中不仅仅是传授硬知识,更要运用情景模拟等交互式教学手段,使员工在模拟场景中学会紧急情况下的正确反应与处置,进而加深他们对潜在危险的认识,从心底里树立安全第一的指导原则。有效的管理须搭建一个完善的激励与约束体系,以确保培训成果的转化。表现优异者应给予奖励,为其他员工树立榜样;对于违反作业规程的行为必须严格处罚,构建严密的安全防线。并且,随着技术的不断进步,操作员的技能培训也应当跟上时代的步伐。引入新技术、新工艺必须同步更新培训内容,保证每位员工都能够理解并正确应用最新的操作方法。最终,安全并非由单一因素决定,而是需要综合作用下的多方面努力。将人员培训与管理作为化工工艺安全的基石,是实现无悔生产的关键步骤^[5]。

3.4 安全防护措施

化工行业时刻与潜在危险为伍,其中,安全防护措施的缺失往往是导致事故频发的重要原因。在魔方的世界中,安全防护措施就如同魔方每一块小方格间的连接——缺一不可,每一步漏洞都可能导致整个结构崩溃。在化学工艺中确保工艺安全,不仅仅是保护员工生命的基本保障,同样也关乎社会责任和企业的可持续发展。在化工工艺的安全防护中,重视化学品本质危害的评估是基础,实施的细节必须包括对所有化学反应的严密监控,确保反应条件——包括温度、压力、浓度等——都在安全运行的范围内;信息反馈系统是关键,当出现偏离正常工艺参数时,系统

应能够实时警报并采取应急措施,这包括自动调节或完全中止工艺流程以避免可能的事故。在构建应急预案时,必须基于风险评估的结果,详细讲述可能发生的事故类型、相应事故的具体应对措施及逃生路线图等,确保在紧急状况下,各项措施都能迅速而正确地得到执行。例如,针对高温高压反应器的潜在风险,应急预案需包括压力释放系统的自动启动、断电和紧急冷却等措施;事故响则要求员工接受定期的安全培训,以熟悉应急预案并能在极短时间内做出反应。对于化学品泄漏等特殊事故,工厂应制定详尽的处置指南,明确泄漏化学品的性质、危害、控制和清理步骤。使用吸附材料、中和剂以及防护装备的具体方法,也应包含在预案内,并定期进行模拟演习,检验预案的可操作性和员工的应急能力。总之,安全防护和应急预案的制定体现了对生命敬畏和对环境责任的坚持。化工企业通过这一策略构建起对潜在危害的多层防护网,不仅为员工提供了安全保障,也为社会和环境带来了可靠的安全承诺。化工工艺安全的守望者必须做到精心设计,万无一失^[6]。

4 结语

随着技术进步和管理理念的不断刷新,化工工艺安全设计已成为业界的热点话题。从工艺流程到设备材质选择,从人员培训到应急预案,每一项对策都是对安全这件事的深度思考与无止境追求。安全设计要因地制宜,审时度势,危险因素的有效识别与评估是保证生产安全的前提,而解决对策的实施是保障的关键。总之,化工工艺的每一步都应坚守安全设计的防线,不断优化与创新,以确保这项世界经济的重要支柱能够稳健、安全地发展下去。

[参考文献]

- [1]丁健. 化工工艺安全设计中的危险因素及解决对策分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(15): 48-50.
- [2]王力强. 化工工艺安全设计中的危险因素及防范措施[J]. 化工设计通讯, 2022, 48(12): 80-82.
- [3]雷仲波. 化工工艺安全设计中的危险因素及解决对策分析[J]. 清洗世界, 2022, 38(11): 57-59.
- [4]郭翠. 化工工艺安全设计中的危险因素及解决对策分析[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(1): 23-25.
- [5]王清凯. 浅谈化工工艺安全设计中危险因素及相关解决措施的研究[J]. 山东化工, 2021, 50(5): 162-163.
- [6]孙健. 化工工艺安全设计中的危险因素及防范措施[J]. 化学工程与装备, 2021(2): 225-226.

作者简介: 陈永福(1976—), 男, 汉族, 本科, 研究方向为: 化工安全与工程技术。