

Study on safety problems and control strategy in chemical process design

Mingzhao Liu¹ Yanjie Wang² Zhongxian Li³

1. Shandong Boxing County Lubao Chemical Plant, Binzhou, Shandong, 256501, China

2. Binzhou Yimin Gas Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256500, China

3. Qingdao Zhengwei Safety and Environmental Protection Technology Service Co., Ltd. Binzhou Branch, Binzhou, Shandong, 251900, China

Abstract

Chemical industry, namely the chemical industry, where the use of chemical methods to change the composition or structure of substances or the synthesis of new substances, all belong to the chemical production technology, that is, chemical engineering. In the design link, because some chemicals are dangerous, the safety of the design link has always been the key to the development of the industry. It is necessary to design personnel hunger, design requirements and objects, in-depth analysis of the possible safety risks in the design link, and develop targeted control strategies. Starting with chemical process design, this paper analyzes the potential safety risks in the design link, and formulates feasible prevention and control strategies to ensure the safety of chemical design.

Keywords

chemical process design; safety risks; quality management

化工工艺设计中的安全问题及管控策略研究

刘明钊¹ 王艳杰² 李忠贤³

1. 山东省博兴县鲁博化工厂, 中国·山东 滨州 256501

2. 滨州益民燃气有限公司, 中国·山东 滨州 256500

3. 青岛正维安全环保技术服务有限公司滨州分公司, 中国·山东 滨州 251900

摘要

化工, 即化学工业, 凡运用化学方法改变物质组成或结构或合成新物质的, 都属于化学生产技术, 也就是化学工程。在其的设计环节, 由于部分化学品具有危险性, 设计环节的安全问题一直是行业发展的关键。需要设计人员饥饿和设计要求以及对象, 深入分析设计环节可能存在的安全隐患, 并且制定针对性地管控策略。本文就从化工工艺设计入手, 对设计环节可能存在的安全隐患进行分析, 制定切实可行的防控策略, 保证化工设计的安全性。

关键词

化工工艺设计; 安全隐患; 质量管理

1 引言

工艺设计是指工艺规程设计和工艺装备设计的总称, 在化工中, 化工设计是根据一个化学反应或过程设计出一个生产流程, 并研究流程的合理性、先进性、可靠性和经济可行性, 再根据工艺流程以及条件选择合适的生产设备、管道及仪表等, 进行合理的工厂布局设计以满足生产的需要, 最终使工厂建成投产的流程。然而实际设计环节, 部分化工原料具有易燃易爆的特点, 设计中还存在安全隐患。此背景下, 则要求设计人员结合设计需要, 对设计环节的难点隐患进行分析, 阐述隐患的类型以及成因, 并且综合这些信息, 通过

引进专业设备与技术, 制定切实可行的解决策略, 保证化工工艺设计的安全性。

2 化工工艺设计概述

2.1 概念

化工工艺设计是化学工程的一个核心领域, 旨在通过科学和工程方法, 合理选择和设计工艺流程、设备、操作参数等, 以实现化学反应过程的经济、可持续和安全化^[1]。化工工艺设计不仅涉及对原料、能源、环境影响的优化, 还要确保产品质量和生产效益。

2.2 工艺设计的流程

化工工艺设计的主要流程主要包括以下几种。一是要明确工艺的目标, 包括产量、质量、经济性和环保要求; 二

【作者简介】刘明钊(1987-), 男, 中国山东滨州人, 本科, 工程师, 从事化工生产安全管理研究。

是要确定生产过程中所需的原材料种类、来源及其处理方法；三是要选择适当的反应器类型（如连续式、间歇式反应器）以及反应条件（温度、压力、催化剂等）；四是要设计合适的分离单元（如蒸馏、吸收、萃取、膜分离等），以从混合物中分离出所需产品或去除杂质；五是要评估化学反应；此外还需要合理规划能源利用，包括蒸汽、冷却水、压缩空气等的需求及回收利用。总的来说，化工工艺设计是一项复杂的系统工程，涉及化学、机械、热力学、经济等多个学科的知识，需要工程师综合运用这些知识，解决实际问题。



图1 化工工艺设计步骤

3 化工工艺设计中的安全问题

在化工工艺设计中，安全问题是指那些可能导致事故或伤害的潜在危险因素。化工生产过程涉及各种高温、高压、腐蚀性物质以及易燃易爆的化学品，因此设计阶段必须识别并消除或控制这些安全隐患。以下是化工工艺设计中常见的安全隐患及其原因分析：

3.1 高温与高压问题

在许多化学反应过程中，反应器和设备会处于高温或高压环境下，若设计不当，可能导致设备破裂、泄漏或爆炸等事故。一般来看，反应热、压力控制失误、设备材料不符合要求、缺乏适当的安全阀和压力释放装置等因素，均会导致高温高压问题。

3.2 易燃易爆问题

许多化工过程涉及易燃或爆炸性气体、液体或固体，如氢气、甲烷、氨气、溶剂等。泄漏、火花或静电放电都可能引发火灾或爆炸。设备老化、密封不良、管道泄漏、操作失误等均可能导致易燃物质的释放。而且某些化学品在特定条件下可能发生剧烈反应，导致爆炸、火灾或毒气泄漏。设计中未充分考虑物料的反应性和不稳定性，可能导致灾难性后果。

3.3 有毒有害物质

许多化工原料和产品都可能有毒、有害的，例如氯气、一氧化碳、硫化氢等。在泄漏或事故发生时，可能对员工健康、环境和设备造成严重危害。操作不当、设备泄漏、管道老化、材料腐蚀等可能导致有毒物质的外泄。

3.4 设备腐蚀与老化

化工生产中的设备通常长时间暴露在腐蚀性物质、强

酸、强碱或高温环境下，长期使用容易出现设备腐蚀、泄漏或破损。材料选择不当、设计考虑不周、环境变化等因素可能加速设备的腐蚀或老化。

3.5 操作失误与人为因素

操作员操作不当、误操作、设备调试不当等都可能导致事故发生。例如，错误的反应物添加、反应条件控制不当等。

3.6 泄漏与溢出

化工过程中的管道、阀门、储罐等部件可能因设计不当、维护不良、操作失误或设备故障而发生泄漏或溢出，尤其是气体、液体、颗粒等物质。常见原因主要有管道密封不良、设备损坏、维修不及时、老化等。

3.7 危险化学品的储存与运输

危险化学品的储存和运输是化工企业中常见的安全隐患，特别是在存储易燃、易爆、腐蚀性物质时。错误的储存方式或运输条件不符合安全要求，可能导致严重事故。常见因素主要有储存设施不符合标准、储存条件不当、运输途中管理疏忽等。

综上，化工工艺设计中的安全隐患多种多样，涉及物料、设备、操作、环境等各个方面。识别和消除这些隐患需要设计阶段的充分考虑和后期的细致维护。



图2 化工安全管理要素

4 化工工艺设计中的安全管控策略

化工工艺设计中，安全问题较多，所以安全问题的管控策略至关重要，能够有效预防和减少事故的发生，保护人员安全、设备完好和环境健康，需要相关人员通过以下手段进行设计。

4.1 应开展风险评估与安全分析

相关人员可以在工艺设计初期进行全面的风险评估，识别潜在的安全隐患和风险，评估其可能的影响和发生概率，制定针对性的安全措施。首先，应通过小组讨论和分析，识别设计中可能存在的安全隐患，评估反应条件、设备、操作参数等对安全的影响；其次，还需要分析系统中各个组件的故障模式，评估其对系统整体安全的影响，优化设计以降低风险；此外，还需要评估化学反应过程中的火灾、爆炸风

险,采用防爆设计、气体检测、自动灭火等措施^[2]。通过风险评估与安全分析,就能够及时发现设计环节的难点,从而针对性地制定解决策略,以保证化工工艺设计的安全性。

4.2 重视安全设计与工艺优化

相关人员可以从工艺设计的角度,通过优化设计确保安全性。合理选择设备、材料和工艺条件,确保工艺安全可靠。作业环节,对于关键设备和控制系统(如反应器、泵、阀门、压力容器等),需要设计冗余备份系统,确保出现故障时能够自动切换或停止,避免安全事故发生;其次,应根据反应物的特性和工艺要求,设计适宜的反应温度、压力、流量等条件,避免出现过高温、过高压等极端情况;此外,还需要确保高风险设备配备防护设施,如安全阀、泄压装置、防爆墙、隔离系统等。通过工艺的优化,可以协调设计的流程,规避可能出现的安全隐患。

4.3 开展危险化学品管理

化工生产涉及大量危险化学品,设计时必须特别关注这些化学品的储存、运输、反应、处置等环节的安全。管理环节,首先要对所有使用的化学品进行分类,明确每种化学品的危险性,评估可能的泄漏、反应风险,并采取相应的安全措施;其次要确保危险化学品的存储设施符合相关安全标准,避免易燃、易爆物品接触高温、高压等危险源;设计专用通道、隔离设施和防护装置,确保运输安全;此外还需要设计化学品泄漏监测系统,实时监控设备和管道的泄漏情况,并准备应急处理方案和设备。危险化学品是化工工艺设计中问题产生的关键,就需要相关人员加强对危险化学品的管理。

4.4 需要设计自动化控制与监控系统

行业人员也可以采用先进的自动化控制技术和实时监控系統,确保化工工艺过程中的关键参数(如温度、压力、流量、浓度等)始终处于安全范围内,防止人为操作错误或设备故障导致的安全事故。具体设计环节,可以利用DCS(分布式控制系统)、PLC(可编程逻辑控制器)等自动化设备,实时监控和调整工艺过程中的关键参数。也可以为关键设备和系统设计紧急停机装置,确保出现异常情况时能够自动停机,避免事故扩展。还需要设计多级报警系统,并与应急响应系统联动,确保一旦发生异常情况,能够及时启动应急措施^[3]。通过自动化控制,可以规避人为作业中可能存在的失误,保证化工设计的安全性。

4.5 开展人员安全管理与培训

人员技术直接影响设计水平与安全性,所以操作人员是工艺安全的关键,必须通过严格的培训 and 安全管理,确保其具备必要的安全意识和应急处理能力。培训环节,需要对

所有操作人员进行定期的安全培训,确保其了解化工过程中的安全隐患、操作规程、应急措施等,提升其安全意识和应急处置能力;然后,要编制详细的操作规程、维修规程和应急预案,确保操作人员按照标准流程操作,减少人为失误的可能;此外,还需要为员工提供必要的个体防护装备(如防护服、手套、呼吸器、防毒面具等),并定期进行检查和更新^[4]。人员安全培训可以提升相关人员的技术水平,从而规避人为作业可能存在的失误。

4.6 需要开展定期检查与维护

化工工艺设备和设施必须定期检查和維護,以确保其安全性能和工作状态,及时发现并消除潜在的安全隐患。首先,要建设备定期检查制度,检查内容包括设备的物理状况、运行参数、泄漏情况等,确保其处于正常、安全的工作状态;其次,需要定期进行设备保养和更换,特别是对于高风险、易老化和易损坏的设备部件(如阀门、泵、管道等),确保其可靠性;此外,还需要对容易发生腐蚀和磨损的部件进行监测和评估,及时进行防腐和更换,以延长设备使用寿命。

4.7 需要开展应急预案与演练

工艺设计中应包括详细的应急预案,以便在发生突发事件时能够迅速有效地处理,避免事故蔓延和扩大。要求相关人员根据可能发生的安全事件(如火灾、爆炸、泄漏等),制定详细的应急预案,明确各方责任和应急响应流程。还需要定期进行应急演练,模拟各种紧急情况,检验应急响应能力和预案的有效性,确保人员熟练掌握应急操作。

5 结语

化工工艺设计中的安全管控策略需要全方位考虑,从风险评估、工艺设计、设备选型、操作管理到应急处理等多个环节进行全程管控。通过优化设计、加强监控、增强员工安全意识和技术培训,建立健全的安全管理体系,可以大幅度降低工艺设计中的安全风险,确保生产的安全、高效与可持续性。

参考文献

- [1] 马鹏,刘振贵,王志勇,等. 关于化工工艺设计中的安全问题及控制措施研究[J]. 山西化工, 2024, 44 (02): 208-209.
- [2] 王仕勇. 化工工艺设计与安全评价对安全生产的影响分析[J]. 化工设计通讯, 2023, 49 (06): 141-143.
- [3] 张光,张茂富,张风廷,等. 精细化工工艺的安全管理措施研究[J]. 山东化工, 2023, 52 (09): 176-177.
- [4] 徐唯唯,吴婷. 化工工艺设计中的安全问题及控制措施探讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43 (03): 123-125.