01
2025

化工技术与应用

Chemical Technology and Application

Volume 2 · Issue 1 · February 2025 3060-9291(Print) 3060-9283(Online)

Google Scholar
Crossref
ISSN 3060-9291
01
9 773060 929253

化工技术与应用 Chemical Technology and Application
Volume 2 · Issue 1 · February 2025 3060-9291(Print) 3060-9283(Online)

Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.
Tel.:+65 62233839
E-mail:contact@nassg.org
Add.:12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819

中文刊名：化工技术与应用
ISSN：3060-9291（纸质）3060-9283（网络）
出版语言：华文
期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/cta-cn
出版社名称：新加坡南洋科学院

Serial Title: Chemical Technology and Application
ISSN: 3060-9291 (Print) 3060-9283 (Online)
Language: Chinese
URL: http://journals.nassg.org/index.php/cta-cn
Publisher: Nan Yang Academy of Sciences Pte. Ltd.

Database Inclusion

Google Scholar

Crossref

版权声明/Copyright

南洋科学院出版的电子版和纸质版等文章和其他辅助材料，除另作说明外，作者有权依据Creative Commons国际署名－非商业使用4.0版权对于引用、评价及其他方面的要求，对文章进行公开使用、改编和处理。读者在分享及采用本刊文章时，必须注明原文作者及出处，并标注对本刊文章所进行的修改。关于本刊文章版权的最终解释权归南洋科学院所有。

All articles and any accompanying materials published by NASS Publishing on any media (e.g. online, print etc.), unless otherwise indicated, are licensed by the respective author(s) for public use, adaptation and distribution but subjected to appropriate citation, crediting of the original source and other requirements in accordance with the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license. In terms of sharing and using the article(s) of this journal, user(s) must mark the author(s) information and attribution, as well as modification of the article(s). NASS Publishing reserves the final interpretation of the copyright of the article(s) in this journal.

Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.
12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819
Email: info@nassg.org
Tel: +65-65881289
Website: http://www.nassg.org

NASS
NAN YANG ACADEMY OF SCIENCES

《化工技术与应用》征稿函

期刊概况：

中文刊名：化工技术与应用

ISSN：3060-9291 (Print) 3060-9283 (Online)

出版语言：华文刊

期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/cta-cn

出版社名称：新加坡南洋科学院

出版格式要求：

- **稿件格式：**Microsoft Word
- **稿件长度：**字符数（计空格）4500以上；图表核算200字符
- **测量单位：**国际单位
- **论文出版格式：**Adobe PDF
- **参考文献：**温哥华体例

出刊及存档：

- 电子版出刊（公司期刊网页上）
- 纸质版出刊
- 出版社进行期刊存档
- 新加坡图书馆存档
- 谷歌学术（Google Scholar）等数据库收录
- 文章能够在数据库进行网上检索

作者权益：

- 期刊为 OA 期刊，但作者拥有文章的版权；
- 所发表文章能够被分享、再次使用并免费归档；
- 以开放获取为指导方针，期刊将成为极具影响力的国际期刊；
- 为作者提供即时审稿服务，即在确保文字质量最优的前提下，在最短时间内完成审稿流程。

评审过程：

编辑部和主编根据期刊的收录范围，组织编委团队中同领域的专家评审员对文章进行评审，并选取专业的高质量稿件进行编辑、校对、排版、刊登，提供高效、快捷、专业的出版平台。

化工技术与应用

Chemical Technology and Applications

Volume 2 · Issue 1 · February 2025
ISSN 3060-9291 (Print) 3060-9283 (Online)

主　编

李雪辉

Xuehui Li

编　委

沈来宏　Laihong Shen

张小松　Xiaosong Zhang

钟文琪　Wenqi Zhong

侍洪波　Hongbo Shi

1 化工行业危险化学品管理现状及改进建议
/ 杨志孟
4 化工企业生产工艺中的安全管理与环保对策思考
/ 李忠贤 刘明钊 王艳杰
7 化工工艺安全设计中危险识别和控制策略分析
/ 王艳杰 李忠贤 刘明钊
10 基于风险理论的化工企业重大危险源安全性评估与应对策略
/ 徐海涛 张先琳
13 复分解两步转化法生产硫酸钾工艺研究
/ 王占明 李春义 库春海 马晓玉 王颖
16 化工压力管道的施工关键环节及质量控制重点探讨
/ 黄延运
19 化工行业钢结构厂房的制作分析
/ 张世和
22 聚合物驱采油技术相关研究
/ 范钰玮
25 化工企业过程安全管理策略思考
/ 王宏斌 刘帅
28 化工装置安全设计与风险评估研究
/ 张航健
31 化工企业安全培训存在的问题及对策
/ 张英军
34 压力容器制造过程中的防变形分析
/ 骆参升
37 危险化学品重大危险源企业存在的问题及双预防对策研究
/ 张先琳 徐海涛

1 Current status and improvement suggestions of hazardous chemicals in chemical industry
/ Zhimeng Yang
4 Thinking on safety management and environmental protection countermeasures in production process of chemical enterprises
/ Zhongxian Li Mingzhao Liu Yanjie Wang
7 Analysis of hazard identification and control strategy in chemical process safety design
/ Yanjie Wang Zhongxian Li Mingzhao Liu
10 Safety assessment and coping strategies of major hazards in chemical enterprises based on risk theory
/ Haitao Xu Xianlin Zhang
13 Study on the production of potassium sulfate by double decomposition and two-step conversion
/ Zhanming Wang Chunyi Li Chunhai Ku Xiaoyu Ma Ying Wang
16 Key points of construction and quality control of chemical pressure pipelines
/ Yanyun Huang
19 Analysis of the production of steel structure workshops in the chemical industry
/ Shihe Zhang
22 Research on polymer flooding and oil extraction technology
/ Yuwei Fan
25 Thinking on the enterprise process security management strategy
/ Hongbin Wang Shuai Liu
28 Study on the safety design and risk assessment of chemical plant
/ Hangjian Zhang
31 Problems and Countermeasures of Safety Training in Chemical Enterprises
/ Yingjun Zhang
34 Anti-deformation analysis in the manufacturing process of pressure vessels
/ Shensheng Luo
37 Research on the existing problems and double prevention countermeasures of the major hazardous source enterprises of hazardous chemicals
/ Xianlin Zhang Haitao Xu

 DOI: https://doi.org/10.12349/cta.v2i1.4757

Current status and improvement suggestions of hazardous chemicals in chemical industry

Zhimeng Yang

Goer Co., Ltd., Weifang, Shandong, 261000, China

Abstract

The chemical industry has long been a key area of safety production management because it involves a large number of hazardous chemicals. There are many kinds of dangerous chemicals, with high risk and complex management requirements. Once an accident occurs, it will often have a huge impact on personal safety, environment and society. With the rapid development of the chemical industry, the use and storage of hazardous chemicals are increasing, but the corresponding management level and the implementation of safety measures may not synchronize with it. This paper aims to analyze the current situation of hazardous chemicals management in the chemical industry, reveal the existing problems, and put forward feasible suggestions for improvement based on the actual situation, so as to provide theoretical support and practical guidance for promoting the improvement of the safety management level in the industry.

Keywords

chemical industry; hazardous chemicals; safety management; accident prevention; suggestions for improvement

化工行业危险化学品管理现状及改进建议

杨志孟

歌尔股份有限公司，中国·山东 潍坊 261000

摘　要

化工行业由于其涉及大量的危险化学品，长期以来一直是安全生产管理的重点领域。危险化学品的种类繁多，具有高度的危险性和复杂的管理要求，一旦发生事故，往往会对人身安全、环境和社会造成巨大的影响。随着化工行业的快速发展，危险化学品的使用和储存量不断增加，但相应的管理水平和安全措施的落实却未必与之同步。本文旨在分析当前化工行业危险化学品管理的现状，揭示其中存在的问题，并结合实际情况提出切实可行的改进建议，为推动行业安全管理水平的提升提供理论支持和实践指导。

关键词

化工行业；危险化学品；安全管理；事故防范；改进建议

1 引言

化工行业是国民经济的重要支柱之一，但因其特有的高危性质，成为各类安全事故频发的重点领域。危险化学品在生产、储存、运输和使用过程中可能引发火灾、爆炸、泄漏等事故，对企业员工及周围环境构成严重威胁。近年来，随着化工产品需求的不断增加，化工企业的生产规模逐渐扩大，危险化学品的使用量和存储量持续增加，随之而来的是管理和安全控制的压力不断增大。虽然我国在危险化学品管理方面已出台了多项制度和标准，并采取了一系列安全监管措施，但由于制度的执行力度不够，企业管理责任不清，部分安全操作规程未能得到严格落实，危险化学品事故时有发生。国内外的研究表明，化工行业的安全管理仍然面临诸多挑战，因此，如何完善危险化学品的管理体系，提高管理效率和安全性，已成为亟待解决的问题。

【作者简介】杨志孟（1989–），男，中国山东招远人，硕士，工程师，从事安全环保研究。

2 化工行业危险化学品管理现状

2.1 危险化学品的定义与分类

危险化学品是指具有爆炸、燃烧、腐蚀、毒性等危险性质的化学物质，可能对人体健康、环境和社会安全造成威胁。根据其危险性质，危险化学品可分为多种类别。常见的分类方式包括通过化学特性、物理性质以及毒性来划分。按照《危险化学品安全管理条例》的规定，危险化学品主要包括爆炸品、易燃液体、易燃气体、有毒气体、腐蚀性物质、放射性物质等。每种危险化学品具有不同的危害特性和管理要求。例如，易燃液体在高温下容易挥发并引发火灾，而有毒气体则会对人体造成致命性伤害。危险化学品的使用、储存和运输都需要严格控制，以减少事故发生的可能性。了解危险化学品的种类和性质是开展安全管理、制定相关规范和

安全操作规程的基础。通过正确分类和识别危险化学品，企业可以针对不同品种采取相应的安全措施，降低事故风险[1]。

2.2 现行管理体系与制度

我国针对危险化学品的管理，已建立了较为完善的法律制度体系。根据《危险化学品安全管理条例》和《化学品安全技术说明书编制指南》等法律制度，化工行业在生产、储存、运输和使用危险化学品时，必须严格遵守相关安全规定。此外，国家相关部门还发布了《危险化学品分类和标志通则》以及《化学品安全管理条例》等标准，规范了危险化学品的分类、标志、储存、使用等各个环节。这些法律制度要求企业必须建立完善的安全管理制度，确保危险化学品的安全存储和运输，并做好日常的检查与监控。同时，化工企业还需配备相应的应急处置设施和人员培训，以应对突发事故。尽管现有的法律体系已较为完备，但在实际执行过程中仍存在一定的困难，部分企业未能严格按照制度要求进行危险化学品管理，导致管理漏洞和事故隐患[2]。

3 化工行业危险化学品管理存在的问题

3.1 制度与标准不完善

尽管我国已出台了一系列针对危险化学品管理的制度与标准，但在执行过程中仍存在诸多不足。当前的法律制度体系在细化与具体化方面仍显不足，许多地方的执行力和监管力度较弱，导致一些企业未能严格遵循相关规定。此外，某些行业标准和技术规范的更新滞后，未能及时适应新技术、新产品以及新安全风险的出现。例如，在危险化学品的储存、运输和使用过程中，部分地方性的制度与全国性的标准存在不一致的情况，造成了管理的盲区。另一些标准也没有具体明确的操作指引，使得一些企业在实际操作中缺乏明确的规范依据。这些问题的存在，使得危险化学品管理体系无法充分发挥作用，影响了整体安全水平的提升。为了更好地预防安全事故的发生，亟需完善现有制度体系，并加强地方和企业的制度培训，确保法律制度能够及时适应行业的发展变化。

3.2 企业管理意识薄弱

化工行业部分企业在危险化学品管理方面存在管理意识薄弱的情况。许多企业对安全管理的重视程度不足，将其视为负担或只是应付监管的形式，缺乏长远的安全发展规划。尤其是在一些中小型化工企业，往往由于经营压力和成本控制，企业高层对危险化学品的安全管理投入较少。安全生产往往仅限于满足最低的法律要求，而缺乏深入的风险评估与预防性措施。这种管理意识的缺失，直接影响了企业在危险化学品管理中的积极性和有效性。此外，员工的安全意识和责任感也存在薄弱环节，部分操作人员对危险化学品的危害性认识不足，导致在生产过程中忽视安全操作规范，甚至违章作业。这些因素使得企业的安全管理体系难以高效运作，增加了安全隐患的发生概率。加强企业管理层对安全管理的重视，并推动全员安全文化建设，是提升整体安全水平的关键[3]。

3.3 安全操作规程执行不到位

虽然化工企业普遍制定了安全操作规程，并向员工进行培训，但在实际操作过程中，这些规程的执行往往不到位。一方面，一些企业对操作规程的制定存在漏洞，规程内容过于简略或未能涵盖所有安全风险。另一方面，即使有了完善的操作规程，部分企业在实际生产中并未严格执行。企业员工在繁忙的生产任务面前，可能因为时间紧迫、操作流程繁琐或个人意识淡薄等原因，忽视了安全规程。特别是在一些危险化学品的生产和储存环节，员工为了追求工作效率，常常忽略了必需的安全步骤或违规操作，导致安全隐患加大。此外，企业管理层对规程执行的监督不到位，缺乏有效的考核机制和惩罚措施，使得安全操作规程形同虚设。这种执行不到位的现象，导致危险化学品管理的实际效果大打折扣，成为引发事故的潜在因素。

4 化工行业危险化学品管理的改进建议

4.1 完善制度与标准体系

为了提高危险化学品管理的安全性，亟需完善现有的制度与标准体系。目前，尽管已有相关制度，但随着化工行业发展及新技术的不断出现，现有的法律体系和行业标准已逐渐显得滞后。因此，政府部门应加快对危险化学品相关制度的更新和修订，特别是在化学品的分类、标识、储存及运输方面，提供更加详细且符合现实需求的具体规定。同时，制度的实施应更加细化并加强地方与中央政府的协调，确保法律的统一性与执行力度。对于技术规范，也应引入更加先进和科学的技术标准，适应新型化学品和新工艺的应用。此外，还需要加强对地方政府和企业的培训，提高他们对最新制度和标准的理解与应用能力，确保所有化工企业都能按照最新的规定进行管理，从而实现更高的安全管理水平，图 1 为危险化学品储存保管员的概述图。

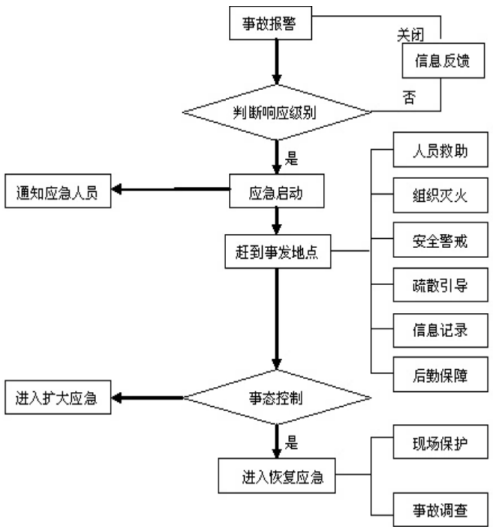

图 1 危险化学品储存保管员的概述图

4.2 强化企业安全管理责任

化工企业应切实增强对危险化学品管理的责任感，企业高层应认识到安全生产对公司长远发展的重要性。当前，一些企业由于管理层对安全的轻视，导致安全措施无法落实到位，甚至存在降低成本、忽视安全的情况。因此，企业应建立健全安全管理制度，将安全生产责任明确到每个层级，并通过定期检查、评估等方式确保各项管理措施得到有效执行。企业管理层应积极投入资金和资源，提高安全设施和设备的建设，同时注重安全文化的培养，营造全员参与的安全生产氛围。此外，企业还需与监管部门保持密切沟通，主动应对可能存在的安全隐患和风险，定期进行风险评估与审查，制定切实可行的整改措施，做到预防为主，杜绝事故发生 [4]。

4.3 提升员工安全意识与操作技能

员工的安全意识和操作技能直接影响到危险化学品管理的效果。为了提高员工的安全素养，企业应开展定期的安全培训，不仅仅是在入职时，而是要形成常态化、系统化的教育培训机制，确保员工在任何时候都能掌握最新的安全知识和操作技能。培训内容应包括危险化学品的性质、安全操作规程、应急处理流程等，同时结合实际案例进行学习，提升员工的应变能力和操作熟练度。此外，企业还应建立奖惩制度，对遵守安全规程的员工给予奖励，对违反安全操作的行为进行严格处罚，形成良好的安全生产氛围。通过多层次、多维度的安全培训和管理，确保每一位员工都能树立起强烈的安全责任意识，减少人为失误引发的安全事故。

4.4 完善应急管理机制

化工行业中，危险化学品管理的一个重要方面是应急管理。事故发生时，如何快速、有效地进行应急处置决定着事故的影响程度。因此，企业必须建立完善的应急管理机制，包括完善的应急预案、充足的应急物资储备和专业的应急队伍。在应急预案方面，企业应根据可能出现的不同危险化学品事故类型，制定详细的应急处置流程，明确各部门的职责与分工，并定期进行演练，提高应急响应能力。此外，企业还应确保应急物资的储备充足，包括灭火器、泄漏处理材料、防护装备等，以便在事故发生时能够迅速采取有效措施。同时，应加强对应急队伍的培训和考核，确保其在面对突发事件时能够迅速反应、科学处置。通过这一系列措施的落实，能够显著提升应对危险化学品事故的能力，减少事故对人员和环境的危害 [5]。

4.5 推动信息化与智能化管理

随着科技的不断发展，信息化和智能化手段在危险化学品管理中的应用逐渐成为提升管理效率与安全性的关键。企业应积极推进信息化管理系统的建设，利用现代化技术手段对危险化学品的使用、存储、运输等环节进行实时监控和数据记录。通过建设化学品信息管理平台，企业能够及时获取化学品的相关信息，追踪化学品的使用与流向，确保各项管理规定得到遵守。此外，智能化技术的应用也能有效提升安全预警能力。例如，通过安装传感器、气体泄漏监测仪等智能设备，能够实时监控危险化学品的环境变化，自动报警，提前预警可能的安全风险。通过大数据分析，企业还可以对安全隐患进行预测，并进行及时整改。信息化与智能化管理不仅能够提高工作效率，还能极大地降低人为因素带来的管理漏洞，从而提升整体安全管理水平。

5 结论

化工行业在危险化学品管理中仍面临诸多挑战，尽管国家已出台相关法规和标准，但由于执行不到位、企业安全意识薄弱等原因，事故频发，影响行业的可持续发展。因此，完善法规与标准体系、强化企业安全管理责任、提升员工安全意识与操作技能、完善应急管理机制以及推动信息化与智能化管理，成为提升安全管理水平的关键措施。企业应重视安全管理，从管理层到基层员工都应增强责任意识和操作技能，确保各项安全制度落实到位。同时，政府应加大监管力度，加强法规的执行和更新，促进行业健康发展。

参考文献

[1]李弘,杨瑞.基于全生命周期的危险化学品管理体系优化研究[J].化学工程与装备,2024,45(3):89-94.

[2]沈志宏,冯家铮.化工企业安全管理中常见问题与对策分析[J].环境保护与安全工程,2023,50(5):112-117.

[3]刘晓东,周建民.危险化学品管理中的应急预案编制与实施策略[J].安全生产技术,2024,52(1):22-26.

[4]郭华,黄炜.化工行业危险化学品安全监管体系的完善路径[J].现代化学与安全,2024,43(6):133-138.

[5]冯胜杰,李敏.化工企业危险化学品安全管理信息化建设研究[J].化工技术与应用,2023,41(7):155-160.

 DOI: https://doi.org/10.12349/cta.v2i1.4758

Thinking on safety management and environmental protection countermeasures in production process of chemical enterprises

Zhongxian Li[1] Mingzhao Liu[2] Yanjie Wang[3]

1. Qingdao Zhengwei Safety and Environmental Protection Technology Service Co., Ltd. Binzhou Branch, Binzhou, Shandong, 251900, China
2. Shandong Boxing County Lubo Chemical Plant, Binzhou, Shandong, 256501, China
3. Binzhou Yimin Gas Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256500, China

Abstract

The chemical industry is the pillar industry of the steady development of China's economy, but at the same time, there are some safety risks, causing serious pollution and damage to the environment, limiting the further development of the industry and the economy, safety accidents will also affect the steady development of society. Therefore, it is necessary to strengthen the safety management construction in the production process of chemical enterprises to form a certain safety guarantee. Take appropriate environmental protection countermeasures, energy conservation and emissions reduction, clean production, upgrade the existing process equipment, achieve the expected development goals, in view of this, to carry out the research work of this paper, a simple overview of the importance of safety management and environmental protection, analysis of the specific factors, and put forward some effective countermeasures, reference for relevant enterprises and personnel.

Keywords

chemical enterprises; production process; safety management; environmental protection

化工企业生产工艺中的安全管理与环保对策思考

李忠贤[1] 刘明钊[2] 王艳杰[3]

1. 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
2. 山东省博兴县鲁博化工厂，中国 · 山东 滨州 256501
3. 滨州益民燃气有限公司，中国 · 山东 滨州 256500

摘　要

化工行业是我国经济稳步发展的支柱性产业，但与此同时也存在一定的安全隐患，对环境造成严重的污染和破坏，限制了该行业和经济的进一步发展，发生安全事故也会影响社会的稳步发展。因此，在化工企业生产过程中需要加强安全管理建设，形成一定的安全保障。采取适当环保对策，节能减排，清洁生产，升级现有的工艺设备，实现预期的发展目标，鉴于此，开展本文的研究工作，简单概述安全管理与环保的重要性，分析具体的影响因素，并提出几点有效的对策，以供相关企业和人员参考。

关键词

化工企业；生产工艺；安全管理；环保

1 引言

化工企业生产工艺越来越复杂、生产原料多样性等特点，使得生产过程中面临诸多风险隐患。企业需要重视安全管理方面的建设，落实安全生产责任制，制定完善应急预案，可以有效应对各类影响因素和风险隐患，避免发生安全事故。同时采取适当的环保措施，升级现有的工艺不仅可以实现节能减排，也能保护环境。实现经济与环境并重，从而促进化工行业的进一步发展。

【作者简介】李忠贤（1971–），男，中国山东滨州人，高级工程师，从事安全生产技术服务研究。

2 化工企业生产工艺中安全管理与环保的重要性

化工生产工艺过程中存在诸多不确定的因素，这些因素引发安全事故。通过开展安全管理工作，完善各方面的建设，明确存在的影响因素，建立针对性的预案，可以强化风险控制排除隐患，避免安全事故的发生，保障企业稳定运行和社会的稳步发展。

化工企业在发展过程中面临愈发激烈的竞争环境，由于自身特殊性，也对生态环境造成严重影响。我国越来越重

视环保工作建设，提出了“双碳”目标。在这一背景下，化工企业需要提高对环保工作的重视。通过加强环保管理，制定一系列对策，实现源头控制、工艺升级和末端治理，减少污染物的产生量，控制化工生产对环境的影响程度 [1]。不仅可以实现预期目标，也能保护生态环境，实现经济与环境的并重。

3 化工企业生产工艺中安全与环保的影响因素

3.1 在安全管理方面的现状

首先，化工工艺本身的安全风险系数高。化工生产中的原材料中间产品和产品具有易燃易爆、有毒、腐蚀性等特点，危险程度高。很多产品是在高温高压或低真空温度下生产的，也存在较高的安全隐患。化工企业的安全管理意识比较薄弱，并未建立全面的安全管理机制。对整个生产工艺的流程把控不严，因此会受到诸多因素影响，增加风险概率。其次，管理难度不断增加。在生产过程中越来越复杂，自动化的速度在不断加快，很多企业已经实现了全天候自动化，提高了生产周期的效率。但设备的自动化程度对日常管理和技术人员提出了更高的要求，导致管理工作越来越复杂，难度程度高 [2]。第三，人员素养参差不齐。化工企业需要专业性人才的支持，但一些企业的培训机制建设不全，尤其是在安全教育培训方面落实不到位。因此导致部分人员的安全生产意识比较薄弱，但在日常工作中并未严格遵守相关章程，操作比较随意，难以及时发现隐患，增加了整体的危险系数。

3.2 环保管理的现状

化工企业的一些领导层忽略了对节能环保方面的投入，重视经济发展，因此相关理念不成熟，技术不到位，增加了环境风险。尤其是现阶段各种节能环保技术方式的应用，推动化工企业朝着绿色生产和清洁化生产方面发展。这就需要企业与时俱进做好更新工作。然而一些化工企业由于理念比较滞后，并不重视自身技术的进一步升级管理，以及相关新模式的尝试，因此限制了节能环保工作的建设进程。

4 化工企业生产工艺中的安全管理对策

4.1 健全安全生产管理机制

化工企业在生产工艺中存在一定的影响因素，因此要健全安全生产管理机制，明确各部门各人员的安全责任，提高全员重视程度，从而推动安全管理工作的建设，及时识别风险，早预防早治理，达到良好的控制效果，避免引发安全事故。首先化工企业领导重视安全生产管理，完善各方面的建设，安排专门部门和人员负责整体的安全生产管理建设，落实责任制。其次，重视信息化建设，搭建信息平台，确保安全管理人员与各部门加强联系。开展全过程动态跟踪管理工作，及时发现化工工艺中的问题 [3]。第三，做好教育宣传工作，提高员工的综合素养。企业定期开展教育培训，尤其针对化工工艺的各项内容，强化全体人员的安全生产意识，掌握技术要点。要求工作人员严谨操作，遵循相关的技术章程，出现问题也要及时上报规避风险，避免发生重大事故。

图 1 安全生产标准化流程

4.2 加强设备管理

化工企业需要强化对市场供应设备的管理工作，针对其特性开展全方位的检查，编制详细的计划定期巡检，排查故障问题，解决老化问题，更换新设备，从而有效规避风险。通过安全管理可以掌握设备的工作状况，分析工艺设备的性能情况，及时更换一些新设备，实现升级换代，也能进一步提升化工生产的效率，减少污染物的排放，对实现环保工作的目标要求也有着重要的作用。

4.3 制定安全应急预案

建立完善的应急预案，可以有效应对化工工艺中的一些突发事件，控制事故的发生与蔓延。首先成立应急预案编制小组，安排专门人员来负责圆的编制和实施。其次，根据化工工艺事故风险评估，制定相应等级的应急预案。与风险防范机制相结合，通过识别评价风险，了解化工企业生产过程中存在的各类风险隐患，编制不同等级的应急预案 [4]。定期组织人员进行演练，做好记录工作评估演练效果，不断地调整方案，确保应急预案更加完善。从应急管理方面入手，提高员工对突发事件的应对能力，可以有效控制事故对人员造成的伤害。

4.4 建设安全文化

企业要重视安全文化的建设，可以形成良好氛围，完善环境建设。将安全管理落实到企业的价值观、管理理念和行为规范等各个方面，通过日常宣传教育，使每位员工认识到安全是企业发展的基石，并自觉遵守安全章程。定期开展安全交流会，强化员工之间的沟通交流，针对存在的安全隐患和问题，及时追责，加大惩处力度，产生一定的警示作用。从各个方面入手，强化企业安全文化的建设，为企业的可持续发展提供保障。

5 化工企业生产工艺中的环保对策

5.1 节能型生产工艺的应用

节能环保技术的应用，有助于推动化工企业实现节能减排的目标，促进化工企业的可持续发展。现阶段的生产工艺能源消耗量大，因此可以尝试进一步完善生产制造流程，控制能耗。例如，可以引入干法乙炔工艺。该方法应用下生成的电石渣水分为 4% ~ 10%，电石水解率高于 99%，而水

资源的耗用量不足传统的 10%，有效控制能耗 [5]。节能型生产工艺是化工企业的主要发展方向，加强相关技术研发，引进先进节能型工艺，促进化工企业朝着集约化、自动化和规模化的方向发展，实现环保目标。

5.2 能源高效应用技术

化工企业生产的过程中离不开各种能源的使用，因此通过提高能源的利用率，降低化工生产能耗，实现节能环保的要求。化工企业要加强自身情况的调研工作，结合实际需求，编制相配套的能源指标，加大能耗的考核监督力度。获得精准度更高的能耗信息，作为参照开展管理工作，优化生产工艺调整后的投入。例如化工生产过程中需要使用大量的水资源，大量的间接冷却水重复利用装置的设置，可以有效降低一次供应水资源的使用量，也能减少间接冷却水的外排量。应用多级串联工艺处理工艺废水，通过初级沉淀、过滤、净化等各项操作，有效处理废水实现回用。

5.3 余能资源的二次使用

化工生产中消耗掉的一部分能量，转变为新的产品形成化学能，一部分流失在空气中。因此做好余能资源的二次使用，可以提高资源的利用率，实现节能环保的目标要求。可以引进专业的仪器设备，回收在化学工艺生产过程中产生的多余的压力和热量资源。一些余热资源可以用于制冷领域，或者替换电能、蒸汽等，可以达到良好的节能效果 [6]。

5.4 实现清洁化生产

清洁化生产是化工企业发展的重点方向，需要化工企业领导在思想上提高重视加大各方面的投入，完善企业生产组织机构的建设，设置专门的小组，编制合适的工作内容，加强对清洁生产方案的监督工作，引进清洁能源，优化生产流程。其次，建立清洁生产的制度，可以对相关工作提供保障。在制度内容中要明确日常管理的各项要点，均按照清洁化生产要求进行规范操作。第三，加强清洁生产计划的执行管理。通过审核后的方案需要技术落实到位，加强日常的监督管理工作，可以实现传统生产工艺的有效升级。应用清洁能源改善生产工艺方案，可以有效减少污染物的产生量，实现环保目标。例如，可以把环氧丙烷车间和生化车间作为重点审核对象，将环氧丙烷氯醇化生产工艺改造为氧化法生产工艺，有效回收其中的废水，降低能耗节能减排，控制生产工艺对环境的影响。

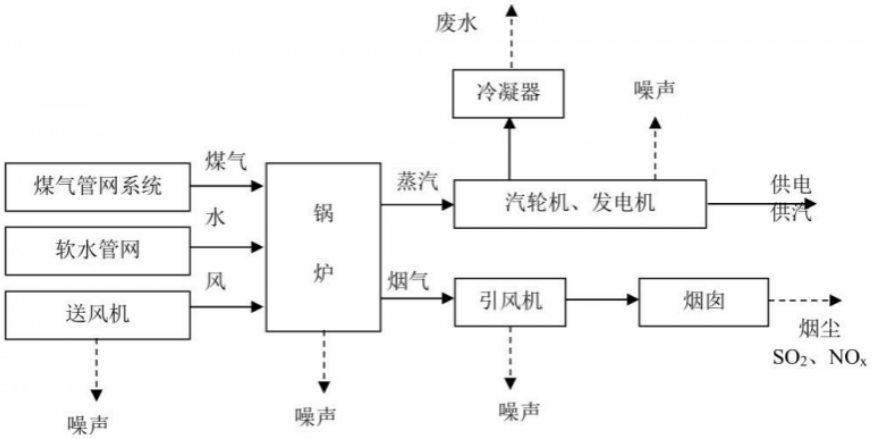

图 2 余能余热回收流程

6 结语

综上所述，化工企业在生产工艺中开展安全管理与环保管理工作，可以有效应对各类风险因素，形成全员安全生产和节能环保的意识，促进化工企业的可持续发展。在具体的工作中，需要健全安全生产责任制，完善应急预案的建设，形成良好的工作氛围，在节能环保方面，需要引进节能型生产工艺，提高资源的利用率，加强余能资源的二次使用，并推进清洁化生产的进程，可以达到良好的节能环保效果，创造出更理想的效益。从安全和环保方面入手，为化工企业生产形成一定保障，使企业获得更多的经济效益，实现长久发展。

参考文献

[1] 蒋利超. 化工企业生产工艺中的安全管理与环保措施研究[J]. 山东化工,2024,53(1):233-234,237.

[2] 闫明,张海涛,许刚. 化工企业生产中的节能环保措施分析[J]. 造纸装备及材料,2021,50(12):96-97,129.

[3] 倪亮. 精细化工企业环保设施的安全问题分析[J]. 化工设计通讯,2023,49(3):133-135.

[4] 杨文婧. 化工企业安全生产的影响因素及管理对策[J]. 化工设计通讯,2023,49(2):150-152.

[5] 邵旭,王越,张明杰. 探析化工企业生产中节能环保的策略[J]. 天津化工,2022,36(6):125-127.

[6] 闫勋栋,步长千. 化工企业生产过程节能环保的思考探究[J]. 化工管理,2022(9):53-56.

 DOI: https://doi.org/10.12349/cta.v2i1.4759

Analysis of hazard identification and control strategy in chemical process safety design

Yanjie Wang[1] Zhongxian Li[2] Mingzhao Liu[3]

1. Binzhou Yimin Gas Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256500, China
2. Qingdao Zhengwei Safety and Environmental Protection Technology Service Co., Ltd. Binzhou Branch, Binzhou, Shandong, 251900, China
3. Shandong Boxing County Lubo Chemical Plant, Binzhou, Shandong, 256501, China

Abstract

This paper analyzes the hazard identification and control strategy in the safety design of chemical process. Chemical process safety design is the key link to ensure the safe and efficient operation of chemical production, involving chemical process, equipment, materials and personnel. This paper first summarizes the concept, classification and characteristics of chemical process safety design; then discusses the hazard identification process and measures in detail; and finally proposes the optimization control strategy in chemical process design, including strengthening the management and training of chemical process designers, so as to reduce the risk in chemical production process and improve the safety and efficiency.

Keywords

safety design of chemical process; risk factors; identification measures; control strategy

化工工艺安全设计中危险识别和控制策略分析

王艳杰[1] 李忠贤[2] 刘明钊[3]

1. 滨州益民燃气有限公司，中国 · 山东 滨州 256500
2. 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
3. 山东省博兴县鲁博化工厂，中国 · 山东 滨州 256501

摘　要

本文分析了化工工艺安全设计中的危险识别和控制策略。化工工艺安全设计是确保化工生产安全、高效运行的关键环节，涉及化工工艺、设备、材料和人员等多个方面。文章首先概述了化工工艺安全设计的概念、分类和特征；然后详细讨论了化工工艺安全设计中的危险识别流程及措施；最后提出了化工工艺设计中的危险隐患优化控制策略，包括优化化工工艺设计路线、熟悉化工物料特性和完善化工实验设计环节安全体系、加强对化工工艺设计人员的管理及培训等，旨在降低化工生产过程中的风险，提高安全性和效率。

关键词

化工工艺安全设计；危险因素；识别措施；控制策略

1 引言

在当代化学工业领域，安全议题始终被置于企业运作与成长的核心位置。化工生产过程中的安全设计，不单影响到企业的生产速率和经济效益，更是与员工的生命健康及生态环境的持续发展息息相关。伴随着化工技术的持续革新和产业规模的逐步拓展，化工生产安全设计所遭遇的挑战也在不断上升。因而，深度研究在化工生产安全设计过程中的风险辨识与管控手段，对于有效预防及降低化工领域的意外事件、保障自然环境和员工的生命安全有着至关重要的作用。

【作者简介】王艳杰（1973–），男，中国山东滨州人，本科，高级工程师，从事化工生产安全管理研究。

基于此，下面就化工工艺安全设计中的危险识别及控制问题做具体分析。

2 化工工艺安全设计概述

2.1 化工工艺安全设计概念

化工工艺安全设计是化工生产过程中确保安全、高效运行的关键环节。它涉及化工工艺、设备、材料和人员等各个环节，旨在预防事故的发生，最大程度地降低事故的损失[1]。

2.2 化工工艺安全设计分类

①基础设计。通常在化工生产技术的研发阶段，会着手进行初步设计，旨在验证研究成果的实际可行性，确保为接下来的工作阶段奠定坚实可靠的基础。

②初步设计。本阶段的核心成果包括编写设计说明书

和制定总体预算。此环节需基于基础设计的内容，重点完成项目任务书的拟定、选址报告的编制等任务，同时以实际状况为基准，对建设计划进行细致的审核与验证。初步设计阶段几乎覆盖了化工项目全过程中的各项关键环节，涵盖了项目评估、筹备、物资、设备采购以及招投标等多个方面，为投资决策提供了不可或缺的参考依据[2]。

③图纸设计。在初始设计方案的基础上，本阶段着重于提出改进建议，旨在深化并提升方案的品质。对施工各阶段的执行标准进行复核，确保逐项解决该阶段所面临的根本性问题。

2.3 化工工艺安全设计特征

复杂性是化工工艺设计的一大显著特征。受到原料性质、化工反应环境和外部条件等因素的影响与限制，化工工艺设计过程中存在许多不确定性，因此必须依赖实验研究和模型仿真双管齐下，来实现对流程的准确预测及管理。在设计时，还需兼顾经济效益与可持续发展的原则，在确保产品性能达标的同时，力求减少生产成本和对环境的影响[3]。

3 化工工艺安全设计中的危险识别措施

3.1 化工工艺安全设计中的危险识别流程

化工工艺安全设计中，各类风险具有复杂性、隐蔽性等特征，必须制定科学标准的识别流程，按照有关规范完成风险识别工作。危险识别流程如下图所示。

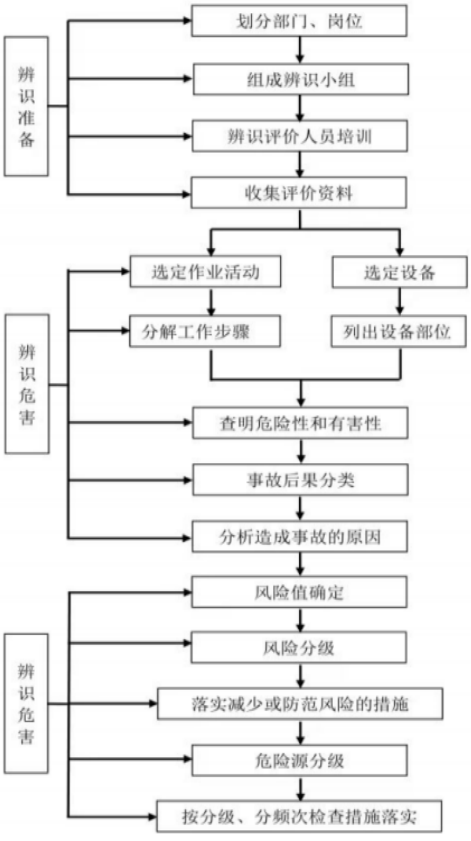

图 1 化工工艺安全设计中危险识别流程

3.2 化工工艺安全设计中的危险识别措施

3.2.1 物料风险识别

①掌握制作工序中所用物资并进行归类。这包括对各类物资，诸如原材料、半成品、制成品等的特性、成分、物理化工属性等进行详尽剖析，以便全面评估它们可能带来的风险。

②针对物料的不同属性进行风险分级，依据其毒性、易燃性、腐蚀性以及爆炸性等特征，实施具体的安全管理措施，以确保有效的风险防控。

③进行物料的适应性评估。针对那些可能替代原料或副产品的材料，必须对其可能对生产流程安全带来的影响进行周密的评估，并实施必要的管控策略。同时，要深入分析不同材料之间的相互作用及其潜在风险，还要结合物料在不同环节、不同环境下的存放、搬运、处理等环节对安全的潜在影响。特定条件下，某些物料可能产生化工反应，导致危险物质的形成或能量的释放，这需要引起足够的关注，并实施相应的防范手段[4]。对于易燃、易爆、含毒的物料，必须严格管理，以避免发生安全事故。

3.2.2 生产设备风险识别

①全方位审查与分析生产环节中使用的各类生产机械。涵盖对机械的种类、规格、用途、运作机制以及可能存在的安全风险进行深入探究，目的是对可能的风险进行全面性的评估。

②负责生产设备运行状况及维修状况的检查与评估。确保制造机械处于平稳运作状态是确保生产过程安全的关键，所以必须按时对机械的运作情况进行监测与保养，以便于及时识别并解决潜在的问题与风险。

③对设备间的协作关系进行全面的评价。还需关注机械之间的配合和联动效应，以及它们之间可能产生的相互作用。为了确保机械的安全运作，对机械配合的全面评估变得尤为必要。

3.2.3 设计流程风险识别

①深入探究生产流程的每一个细节，包含对各个环节的深入研究和潜在风险因素的详尽排查，以便全方位地评估其中的风险程度。

②分析各个环节之间可能产生的交互作用及其影响。生产流程中的特定步骤可能对其他步骤产生影响，因此必须全面考量这些环节间的联系，确保生产安全。遵循相关的安全准则和规范，制定并实施操作规程和应急响应计划，以减少事故发生的可能性。

③在确保生产安全的过程中，要全面考虑生产环境的特点以及外部条件对安全的潜在影响，并适时实施必要的控制措施，以维护生产流程的安全与稳定。在适当的情况下，运用生产流程模拟等高科技手段，进一步对生产安全性进行评估和优化，增强风险识别的准确性和信赖度。

4 化工工艺设计中的危险隐患控制策略

4.1 优化化工工艺设计路线

设计风险管控流程，按流程全方位审视现行生产流程，深入剖析各环节的原材料使用、能源消耗及废物排放情况，细致评估潜在的不足与风险。借助计算机模拟及工艺改进软件等高科技手段，对生产流程进行深度优化。通过模拟实验和流程改进，揭示生产流程中的制约因素和不当之处，并提出相应的优化策略，旨在削减成本、提高生产效率[5]。

引入创新工艺与设备，增强生产的稳定性和安全性。新一代的制程技术与设备能够更有效地管理风险因素，减少生产安全威胁，从而提高产品质量和产量。针对产品的特性及市场的需求，对生产流程作出适应性调整，以增强产品的市场竞争力，扩大市场份额。同时，在生产活动中，亦需重视可持续发展和生态保护的重要性。优化生产流程时，不仅要平衡生产效率与产品质量，还要考虑资源利用与环境保护，确保符合可持续发展的要求。

4.2 熟悉化工物料特性

在化工工程的设计阶段，充分掌握原料、中间产物及成品的属性、变化趋势以及反应特性对于理解化工材料本质至关重要。这涉及对原料的成分、物理和化工特性、热力学行为以及毒性等方面的深入了解，以便预测其在加工环节可能出现的影响和变化。

对中间产物和最终产品的性质进行深入的探究也是必不可少的。这些物质在生产流程中起着关键作用，它们的特性直接关系到生产的稳定性和产品质量的高低。因此，对它们进行详尽的分析和研究显得尤为关键。在了解化工材料的基本属性基础上，利用计算机模拟、实验测试等现代技术手段来进一步探究和确认材料的特性，确保所获得测试数据的精确度和可信度。

4.3 完善化工实验设计环节安全体系

在开展化工实验活动的策划阶段，所用药品、设备以及实验步骤等均潜藏一定的安全风险。为此，打造一套完备的实验室安全监管体系至关重要。该体系应涵盖如下要素：指派专门的实验室安全负责人、拟定详尽的实验安全操作规范、实施标准化的管理流程、创设实验安全教育和评价机制。通过完善实验管理架构，明晰各参与方的责任，加强实验室安全监管力度，从而提升实验操作的总体安全水平。

实施实验室安全风险评估及管理。在着手化工实验方案设计之初，必须对实验潜在的安全隐患进行深入的分析与评估，同时拟定出切实可行的安全防范方案和紧急应对策略。比如，针对剧毒、易燃易爆等高风险化学品，必须实施必要的防护操作，包括穿着防护服装、使用防护眼镜等，从而减少安全事故的发生概率。强化对实验器械和设备的安检与保养。周期性地对实验室装备和设施进行安全性能的检测与维护，确保设备运行在最佳状态，排除一切安全风险。对于那些可能出现故障或者存在安全隐患的设备，要及时进行维修或替换，以保障实验活动的顺畅进行。

4.4 加强对化工工艺设计人员的管理及培训

制定全面的培训计划，包括化工工艺设计基础理论、化工工艺设计工具及软件的操作、化工工艺设计实践操作以及化工工艺设计创新与实践。通过理论讲解、实践操作、案例分析和团队合作等多种培训方式，全面提升设计人员的专业能力[6]。

强化实践操作训练，通过模拟或真实工作环境中的实际操作训练，由经验丰富的员工进行现场指导，确保设计人员能够熟练掌握化工工艺设计的实际技能。同时，定期进行安全事故应急演练，提高员工在紧急情况下的反应能力和处理能力。

建立培训评估机制，通过知识考核和技能评估，收集员工对培训的意见和建议，根据评估结果和反馈，调整和优化培训内容和方式。此外，合理规划培训预算，包括培训师费用、场地租金、设备耗材等，确保培训的顺利进行。

5 结语

综上所述，化工工艺安全设计是化工行业安全生产的重要组成部分。通过对化工工艺安全设计中的危险识别和控制策略的深入分析，能够更好地理解化工生产过程中潜在的风险，并采取有效的措施来预防和控制这些风险。本文通过研究提出：通过优化化工工艺设计路线、熟悉化工物料特性、完善化工实验设计环节安全体系，加强对化工工艺设计人员的管理及培训，将有助于提高化工工艺设计的安全性和可靠性。

参考文献

[1] 胥学松.化工工艺设计中安全危险的识别与控制措施[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(22):4-6.

[2] 马健,朱国强.化工工艺安全设计中风险因素识别与控制[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(20):179-181.

[3] 田素朝.化工工艺设计中安全管理危险的识别及其控制[J].全面腐蚀控制,2024,38(06):69-71.

[4] 段清健,魏静,席建涛,等.化工工艺安全设计中风险因素识别与控制[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(08):7-9.

[5] 韩洪亮,郑国栋,肖子强,等.化工工艺设计中安全危险的识别与控制[J].山东化工,2023,52(15):217-219.

[6] 何杰.化工工艺设计中安全管理危险的识别及其控制[J].化工设计通讯,2023,49(06):64-66.

Safety assessment and coping strategies of major hazards in chemical enterprises based on risk theory

Haitao Xu[1]　Xianlin Zhang[2]

1. Sichuan Tiancheng Safety Technology Evaluation and Consulting Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China
2. Shaanxi Liangtai Safety Technology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China

Abstract

Chemical enterprises as an important pillar of the national economy, its production process involves a large number of dangerous chemicals and complex processes, there are many major hazards. If these hazards get out of control, they may lead to serious accidents and cause huge losses to people, the environment and the economy. Therefore, to evaluate the safety of major hazard sources in chemical enterprises and formulate corresponding countermeasures is the key to ensure the safe production of chemical enterprises. Based on the risk theory, this paper discusses the definition of major hazard sources, safety assessment methods and steps of chemical enterprises, and puts forward corresponding countermeasures, aiming at providing theoretical support and practical guidance for the safety management of chemical enterprises.

Keywords

chemical enterprises; Major hazard sources; Security assessment; Risk theory; Coping strategy

基于风险理论的化工企业重大危险源安全性评估与应对策略

徐海涛[1]　张先琳[2]

1. 四川天成安全科技评估咨询有限公司，中国 · 四川 成都 610000
2. 陕西良泰安全技术有限公司，中国 · 陕西 西安 710000

摘　要

化工企业作为国民经济的重要支柱，其生产过程中涉及大量危险化学品和复杂工艺，存在诸多重大危险源。这些危险源一旦失控，可能导致严重的事故，对人员、环境和经济造成巨大损失。因此，对化工企业重大危险源进行安全性评估，并制定相应的应对策略，是确保化工企业安全生产的关键。本文基于风险理论，探讨了化工企业重大危险源的定义、安全性评估方法及步骤，并提出了相应的应对策略，旨在为化工企业的安全管理提供理论支持和实践指导。

关键词

化工企业；重大危险源；安全性评估；风险理论；应对策略

1 引言

化工企业的生产过程因其高度的复杂性和潜在的危险性，使得重大危险源的安全管理成为行业内不可忽视的重点。随着科技的飞速发展与安全管理理念的持续革新，基于风险理论的安全性评估方法日益凸显其重要性，成为化工企业安全管理的得力助手。通过全面、系统地评估重大危险源，我们能够精准地识别出潜藏的风险点，为构建行之有效的应对策略奠定坚实的科学基础[1]。本文将从化工企业重大危险源的定义着手，深入剖析其安全性评估的方法及步骤，并结合实践提出具体的应对举措，旨在为化工企业的安全生产筑起一道坚实的防线。

【作者简介】徐海涛（1988–），男，中国陕西延安人，工程师，从事安全工程相关研究。

2 化工企业重大危险源安全性评估

2.1 重大危险源定义

化工企业重大危险源，指的是在生产过程中那些可能导致重大人员伤亡、财产损失或环境破坏的危险因素或设施，如易燃易爆物质、有毒有害物质以及高压高温设备等。这些危险源潜藏着巨大的风险，一旦失控，便可能触发火灾、爆炸、中毒等灾难性事故，给人员安全、环境生态以及经济发展带来无法估量的损害，因此，重大危险源与事故之间有着直接的关系（如下图）。重大危险源的定义，不仅关乎物质本身的固有危险性，还深刻体现了物质在特定工艺条件下的危险状态变化。比如，某些化学物质在常温下或许表现稳定，但一旦遭遇高温、高压或与其他物质不当接触，就可能瞬间变得极度危险。因此，识别和管理重大危险源，必须全面考量物质的化学特性、物理状态以及生产工艺的复杂条

件，这是化工企业确保安全生产不可或缺的首要任务 [2]。

2.2 重大危险源安全性评估方法

2.2.1 定性评估方法

化工企业重大危险源的安全性评估中，定性评估方法扮演着重要角色。它主要依赖于专家的丰富经验和深厚知识，对重大危险源进行主观而深入的判断与分析。具体而言，定性评估方法涵盖了安全检查表法和风险矩阵法等多种手段。安全检查表法通过精心设计的检查表，对重大危险源的各项安全指标进行全面而细致的逐一检查，旨在及时发现并揭示潜在的安全隐患。而风险矩阵法则通过构建科学的风险矩阵，将重大危险源的风险程度予以量化处理，使得其危险性得以更加直观、清晰地展现。定性评估方法虽简便易行，能迅速对重大危险源做出初步评估，但其主观性较强，评估结果易受专家经验和知识水平影响，故需选择经验丰富、专业知识扎实的专家进行评估，并采用多种方法相互验证，以确保评估的准确可靠。

2.2.2 定量评估方法

化工企业重大危险源的安全性评估中，定量评估方法以其精确性和科学性而备受青睐。这一方法依托于数学模型和精密的计算技术，对重大危险源的风险程度展开深入的量化分析。故障树分析、事件树分析以及概率风险评估等，均是定量评估方法中的佼佼者。故障树分析通过构建逻辑严密的故障树模型，细致剖析重大危险源潜在的故障模式及其根源，进而精准计算故障发生的概率及可能带来的后果。事件树分析则通过模拟重大危险源可能遭遇的一系列事件，系统分析这些事件发生的概率及后果，以全面评估其风险水平。概率风险评估则综合考虑多重风险因素，运用概率统计的利器，科学计算重大危险源的整体风险水平。定量评估方法虽客观准确，为应对策略提供有力依据，但其数据需求量大，计算过程复杂，故需确保数据准确无误，模型选择恰当，方法运用得当 [3]。

2.2.3 定性 - 定量结合评估方法

化工企业重大危险源的安全性评估，采用定性 - 定量结合评估方法，旨在融合两种评估方式的长处，实现优势互补。这一方法先以定性评估为先导，对重大危险源进行初步的筛选与分类，凭借专家的经验和知识，迅速锁定潜在的风险点。随后，运用定量评估方法，对筛选出的重点危险源展开深入细致的研究与分析，通过数学模型和计算技术，精确量化其风险程度。此结合方法不仅能快速识别风险，还能准确评估风险大小，为制定应对策略提供了坚实支撑。在实际运用中，需根据化工企业的生产特性和安全管理实际，灵活选择定性、定量方法，并依据评估结果的重要性和紧迫性，制定差异化应对策略，同时，通过持续反馈与修正，不断提升评估的准确性和可靠性。

3 化工企业重大危险源应对策略

3.1 工程控制措施

3.1.1 改进化工生产设备和工艺

化工企业针对重大危险源的应对策略中，改进生产设备和工艺至关重要。为确保安全生产，企业需采纳先进生产技术和设备，提升生产过程的自动化水平，通过自动化控制系统实现精确控制与监测，有效应对异常情况，预防事故发生。同时，必须对现有生产设备实施定期检查与维护，确保设备状态良好，对老旧或存在安全隐患的设备及时更换或升级，消除风险点，并加强日常管理与监督，保障设备正常运行。此外，优化生产工艺流程同样关键，需减少危险物质产生与积累，通过改进工艺降低原料消耗和废物产生，减少危险物质排放与储存，并考虑采用替代原料或工艺，以降低生产过程中的危险性，全面提升化工企业的安全生产水平 [4]。

3.1.2 设置安全防护设施

化工企业面对重大危险源，设置安全防护设施是防范事故、减轻后果的关键策略。在关键部位和环节，必须配置必要的安全防护设施，以有效降低风险程度。具体而言，易燃易爆区域需部署防火墙、防爆门等隔离设施，这些设施能有效阻隔火势蔓延，防止爆炸事故发生；在有毒有害物质储存及使用区域，则需安装泄漏检测报警装置和紧急切断装置，一旦发生泄漏，能迅速发现并立即处理，控制事态发展。同时，高温高压设备附近应设置安全阀、爆破片等泄压设施，确保设备在超压时能及时泄压，避免爆炸风险。在设置这些安全防护设施时，需综合考虑设施的有效性、可靠性和经济性。设施必须满足安全要求，具备足够的强度和稳定性，确保在紧急情况下能发挥应有作用。

3.1.3 加强设备设施维护

化工企业重大危险源应对策略中，加强设备设施维护是至关重要的一环。为确保安全生产，企业必须建立健全的设备设施维护制度，明确维护周期、内容及标准，通过制度化的定期维护，及时发现并处理设备设施存在的隐患和问题，保证其始终处于良好工作状态。同时，加强对设备设施的监督检查与考核评估也必不可少，定期检查能督促相关部门及人员严格按制度执行维护工作，而考核评估则能激励他们提升维护工作的质量和效率，确保维护措施得到有效落实。此外，还应重视设备设施维修人员的培训和教育，通过系统的培训和教育活动，提高维修人员的专业技能和素质，使他们能更熟练地掌握维修技术，更有效地完成设备设施的维修任务。

3.2 管理控制措施

3.2.1 建立健全安全管理体系

化工企业应对重大危险源，建立健全安全管理体系是根本之策。安全管理体系作为企业安全管理的基石与核心，其完善与否直接关系到风险程度的降低。为此，企业需制定

周密的安全管理制度和操作规程，明晰各级人员的安全职责及操作规范，以制度化管理约束员工行为，杜绝违章作业与违规操作。同时，强化对安全管理制度和操作规程的执行与监督至关重要，通过定期检查、巡查及审计等手段，确保制度得以有效执行，对违反制度的行为及时纠正处理，维护制度权威性。此外，构建完善的安全管理组织机构和网络体系也是必不可少，设立专门的安全管理部门或委员会，全面负责企业安全管理工作，并加强各部门间协调配合，形成上下联动、齐抓共管的安全管理格局，共同筑牢化工企业安全防线，有效降低重大危险源风险 [5]。

3.2.2 加强安全教育培训

化工企业面对重大危险源，加强安全教育培训是提升员工安全防范能力的关键举措。企业需依据员工的岗位特性与实际需求，精心制定安全教育培训计划，确保培训内容的全面性与针对性。培训内容应广泛涉及安全法规、操作规程以及事故案例等诸多方面，通过系统讲解、现场演示及实际操作等多种教学方式，促使员工深入理解和掌握安全知识与技能。同时，企业必须建立健全安全教育培训的考核机制，通过严格考核确保培训效果得到切实落实，避免培训流于形式。

3.2.3 完善应急预案

化工企业面对重大危险源，完善应急预案是保障安全、减少损失的关键措施。企业需针对可能遭遇的各类安全事故，精心制定详尽的应急预案，其中应明确应急组织的架构与职责，确保通讯联络的畅通无阻，细化现场处置的流程与步骤，规划医疗救护的迅速响应，以及后勤保障的充足到位。同时，企业必须将应急演练纳入日常管理，通过定期组织实战演练，全面检验应急预案的实用性与有效性，借此提升员工的应急反应速度与协同作战能力，确保在真实面对突发事件时，能够沉着冷静、迅速准确地采取应对措施。

3.3 个体防护措施

3.3.1 配备必要的个人防护用品

化工企业在应对重大危险源时，配备必要的个人防护用品是确保员工个人安全不可或缺的一环。企业需依据员工的岗位特性及可能接触到的各类危害因素，精心选配符合国家安全标准的个人防护用品，诸如安全帽以防护头部免受伤害，防护眼镜以阻挡有害物质的侵入，防尘口罩以过滤空气中的尘埃，以及防护服以隔绝有害物质的直接接触。同时，企业应承担起对个人防护用品的管理与维护责任，定期检查用品的完好状况，确保其处于有效使用状态。员工在作业过程中，必须严格遵守安全规范，正确佩戴并使用个人防护用品，将此视为职业生涯中不可或缺的一部分，从而养成良好的职业卫生习惯，有效抵御职业病的风险，为自身的健康与安全筑起一道坚实的防线。

3.3.2 设立安全警示标志

化工企业在应对重大危险源的过程中，设立安全警示标志是一项至关重要的措施。企业应当针对存在安全风险的区域以及关键设备，精心设置醒目且易于识别的安全警示标志，如设置警示牌以明确标注安全风险提示，安装警示灯以在特定情况下发出视觉警报，以及使用警示带以界定危险区域，防止人员误入。这些安全警示标志的内容设计需简洁明了，确保能够准确、直接地传达安全信息，迅速引起员工的注意并激发其警惕心。

3.3.3 加强员工个体健康监测

化工企业在面对重大危险源时，加强员工个体健康监测是确保员工身体健康、预防职业病的关键环节。企业应当建立起完善的职业健康检查制度，定期对员工进行全面的职业健康检查，通过科学的医学检测手段，及时发现并妥善处理职业病及疑似职业病病例，有效防止职业病的扩散和恶化。同时，企业还需建立健全员工健康档案管理体系，详细记录每位员工的职业史、健康状况以及职业病危害接触史等关键信息，确保数据的准确性和完整性。

4 总结

企业安全管理是一项系统工程，需要综合运用管理控制措施和个体防护措施，确保员工的人身安全和健康。通过建立健全安全管理体系、加强安全教育培训、完善应急预案等管理控制措施，提高企业的安全管理水平；通过配备必要的个人防护用品、设立安全警示标志、加强员工个体健康监测等个体防护措施，保障员工的个人安全和健康。企业应不断加强安全管理，提升员工的安全意识和技能，为企业的稳定发展提供有力保障。

参考文献

[1] 王海娥.保护层分析法在化工企业重大危险源罐区的应用研究[J].现代职业安全,2023(09):71-74.

[2] 陈团刚.刍议化工企业危险化学品重大危险源的监控和管理对策[J].当代化工研究,2023(14):185-187.

[3] 王文浩.危险化学品重大危险源的风险管控与环境安全设计[D].天津工业大学,2023.

[4] 张岚.化工企业危险源辨识与风险评估[J].化工管理,2020(18):102-103.

[5] 杨锐.基于重大危险源风险分析的城市规划方案优选研究[D].沈阳航空航天大学,2016.

 DOI: https://doi.org/10.12349/cta.v2i1.4761

Study on the production of potassium sulfate by double decomposition and two-step conversion

Zhanming Wang Chunyi Li Chunhai Ku Xiaoyu Ma Ying Wang

Qinghai Taiqi Potash Co., Ltd., Golmud, Qinghai, 816000, China

Abstract

In order to further study the process of producing potassium sulfate by two-step conversion method of complex decomposition, this paper systematically studied the two-step conversion method of complex decomposition through in-depth analysis of reaction principle, optimization of process flow and discussion of influencing factors. The results show that the process can effectively produce high purity potassium sulfate, and has the advantages of simple operation, low cost and environmental friendliness. This study provides a theoretical basis and practical guidance for the process optimization and application of the two-step conversion process for the production of potassium sulfate.

Keywords

compound decomposition; Two-step transformation method; Production of potassium sulfate technology

复分解两步转化法生产硫酸钾工艺研究

王占明 李春义 库春海 马晓玉 王颖

青海泰齐钾肥有限公司，中国·青海 格尔木 816000

摘 要

为深入研究复分解两步转化法生产硫酸钾的工艺过程，本文通过深入分析反应原理、优化工艺流程和探讨影响因素，采用实验和理论分析相结合的方法，对复分解两步转化法进行了系统研究。结果表明，该工艺能够有效地生产出高纯度的硫酸钾，且具有操作简便、成本低廉、环境友好等优点。本研究为复分解两步转化法生产硫酸钾的工艺优化和应用提供了理论依据和实践指导。

关键词

复分解；两步转化法；生产硫酸钾工艺

1 引言

随着全球对钾肥需求的不断增长，硫酸钾作为一种重要的钾肥原料，其生产技术的研究与开发显得尤为重要。传统的硫酸钾生产工艺存在能耗高、环境污染等问题，因此，开发高效、环保的硫酸钾生产新工艺成为当前研究的热点。复分解两步转化法作为一种新型生产工艺，具有反应条件温和、产品纯度高、环境污染小等优点，具有广阔的应用前景。本文通过对复分解两步转化法生产硫酸钾的工艺过程进行深入研究，旨在优化该工艺，提高硫酸钾的产量和质量，降低生产成本，减少环境污染。

2 复分解两步转化法生产硫酸钾的原理

2.1 第一步反应原理

复分解两步转化法生产硫酸钾的第一步反应原理，主要是基于离子交换和沉淀反应的化学原理。首先，将磷石膏作为原料，加入含有碳酸氢铵和氧化钾的溶液中。磷石膏中的主要成分是硫酸钙，它与碳酸氢铵和氧化钾发生反应 [1]。在反应过程中，硫酸钙中的钙离子（Ca2+）与碳酸氢铵中的铵离子（NH4+）和氧化钾中的钾离子（K+）发生离子交换，生成碳酸钙（CaCO3）沉淀和硫酸铵（(NH4)2SO4）溶液。

化学方程式如下：

$$CaSO4 + 2NH4HCO3 \rightarrow CaCO3 \downarrow + (NH4)2SO4 + CO2 \uparrow + H2O$$

生成的碳酸钙沉淀通过离心分离或过滤等方法从溶液中分离出来，得到纯净的碳酸钙。将第一步反应得到的硫酸铵溶液进行进一步处理，加入氯化钾作为原料。硫酸铵与氯化钾发生反应，生成硫酸钾（K2SO4）和氯化铵（NH4Cl）。

化学方程式如下：

$$(NH4)2SO4 + 2KCl \rightarrow K2SO4 + 2NH4Cl$$

至此，复分解两步转化法生产硫酸钾的第一步反应完成。在第二步反应中，硫酸钾将继续与其他物质发生反应，最终得到所需的硫酸钾产品。

【作者简介】王占明（1978–），男，藏族，中国青海互助人，本科，工程师，从事无机盐化工研究。

2.2 第二步反应原理

在第一步反应中生成的钾芒硝（Na2SO4 · 3K2SO4）和氯化钾（KCl）。将钾芒硝和氯化钾按一定比例混合，加入适量的水，在一定的温度和压力下进行反应。钾芒硝与氯化钾发生复分解反应，生成硫酸钾（K2SO4）和氯化钠（NaCl）。

反应方程式如下：

$$Na2SO4 \cdot 3K2SO4 + 2KCl \rightarrow 4K2SO4 + 2NaCl$$

复分解反应是一种离子交换反应，其中反应物中的阳离子和阴离子相互交换，生成新的化合物。在这个反应中，钾芒硝中的钾离子（K+）与氯化钾中的氯离子（Cl-）发生交换，生成硫酸钾和氯化钠。反应结束后，硫酸钾和氯化钠以固液两相存在。通过过滤、洗涤、干燥等工艺，将硫酸钾从氯化钠中分离出来，得到纯净的硫酸钾产品。

3 复分解两步转化法生产硫酸钾的工艺流程

3.1 原料准备

3.1.1 原料的选择与要求

在进行硫酸钾的生产过程中，原料的选择至关重要。理想的原材料应具备以下要求：①富含钾元素，如钾长石、钾盐湖卤水等；②杂质含量低，特别是对硫酸根离子、钙、镁等有害成分的含量要求严格；③原料来源稳定，价格合理。

3.1.2 原料的预处理方法

为了提高硫酸钾的生产效率和产品质量，对原料进行预处理是必不可少的步骤。常见的原料预处理方法包括破碎、洗涤、干燥、溶解、过滤、浓缩等。破碎将原料破碎至一定粒度，便于后续的溶解、反应等操作。破碎过程中，要控制好破碎粒度，避免过细或过粗 [2]。洗涤对原料进行洗涤，去除表面的灰尘、杂质等。洗涤过程中，要注意不要破坏原料的结构，以免影响后续的反应。干燥将洗涤后的原料进行干燥，去除水分，提高原料的纯度。干燥过程中，要控制好温度和湿度，避免原料烧焦或结块。溶解将干燥后的原料溶解于水中，形成一定浓度的溶液。溶解过程中，要控制好溶解温度和搅拌速度，确保溶解充分。过滤将溶解后的溶液进行过滤，去除未溶解的固体颗粒。过滤过程中，要选择合适的过滤设备，确保过滤效果。浓缩将过滤后的溶液进行浓缩，提高溶液的浓度。浓缩过程中，要控制好温度和蒸发速度，避免溶液过热或过浓。

3.2 第一步反应过程

3.2.1 反应条件的控制

反应条件主要包括温度、浓度及时间。

反应温度控制在 60℃ ~80℃之间，此时反应速率和产率较高。温度过高会导致副反应增加，温度过低则反应速率慢，产率降低。在实际生产中，硫酸浓度一般控制在 25%~30%，氯化钾浓度控制在 20%~30%。过高或过低的浓度都会导致反应速率和产率下降。反应时间控制在 2~3 小时为宜。时间过长，会导致副反应增加；时间过短，反应不完全，产率降低。

3.2.2 反应设备的选择与设计

反应釜是进行硫酸与氯化钾反应的主要设备。反应釜应选用耐腐蚀、耐高温、耐压的材料，如不锈钢或碳钢。反应釜内壁应进行抛光处理，以减少副反应的发生。搅拌系统用于保证反应物充分混合，提高反应速率。搅拌系统应选用高效、低噪音的搅拌器，如涡轮搅拌器。搅拌速度控制在 300-500r/min 为宜。反应过程中会产生大量热量，冷却系统用于将热量带走，保证反应温度。冷却系统可选用冷却水循环系统，冷却水温度控制在 20℃ -30℃之间。反应结束后，需将硫酸钾与氯化氢分离。分离设备可采用离心分离机、旋流分离机等。分离后的硫酸钾进行洗涤、干燥等处理，得到成品硫酸钾 [3]。反应过程中，需对温度、浓度、时间等参数进行实时监控和调整。控制系统可采用 PLC 或 DCS 等自动化控制系统，实现生产过程的自动化、智能化。

3.3 第二步反应过程

3.3.1 反应条件的优化

第二步反应为硫酸钾的生成过程，通常在 80-100℃的温度下进行，这个温度范围有利于反应的进行，同时避免高温导致的副反应发生。反应时间应控制在 1~2 小时，过长或过短都会影响硫酸钾的产率和纯度。适当的搅拌速度有助于提高反应速率，一般控制在 100~200rpm。在反应中加入适量的催化剂，如硝酸铅、硝酸镍等，可以加速反应速率，提高硫酸钾的产率 [4]。硫酸和氯化钾的浓度应控制在一定范围内，过浓或过稀都会影响硫酸钾的产率和纯度。

3.3.2 产物的分离与提纯方法

冷却结晶法将反应混合液冷却至室温，硫酸钾在水中溶解度较小，会逐渐结晶析出。通过过滤、洗涤和干燥等步骤，可得到较纯的硫酸钾产品。离子交换法将反应混合液通过离子交换树脂，去除其中的杂质离子，得到较纯的硫酸钾溶液。然后将溶液浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤和干燥，得到硫酸钾产品。电渗析法利用电渗析原理，将反应混合液中的杂质离子去除，得到较纯的硫酸钾溶液 [5]。通过浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤和干燥等步骤，得到硫酸钾产品。蒸发结晶法将反应混合液加热蒸发，浓缩至一定浓度后，冷却结晶、过滤、洗涤和干燥，得到硫酸钾产品。超滤法将反应混合液通过超滤膜，去除其中的杂质，得到较纯的硫酸钾溶液。然后通过浓缩、冷却结晶、过滤、洗涤和干燥等步骤，得到硫酸钾产品。

4 复分解两步转化法生产硫酸钾实验结果与讨论

4.1 单因素实验结果分析

4.1.1 反应浓度对反应的影响

在本次实验中，当反应物浓度从 0.1mol/L 增加到 0.5mol/L

时，硫酸钾的产率从 30% 增加到 60%。当反应物浓度从 0.5mol/L 增加到 1.0mol/L 时，硫酸钾的产率从 60% 增加到 75%。当反应物浓度从 1.0mol/L 增加到 1.5mol/L 时，硫酸钾的产率从 75% 增加到 80%。当反应物浓度超过 1.5mol/L 时，产率增长幅度减小。由此可见，最佳反应浓度为 1.5mol/L。

4.1.2 反应温度对反应的影响

在本次实验中，通过改变反应温度，观察其对硫酸钾生产的影响。当反应温度从 20℃升高到 40℃时，硫酸钾的产率从 45% 增加到 65%。当反应温度从 40℃升高到 60℃时，硫酸钾的产率从 65% 增加到 75%。当反应温度从 60℃升高到 80℃时，硫酸钾的产率从 75% 增加到 80%。当反应温度超过 80℃时，产率增长幅度减小。由此可见，最佳反应温度为 80℃。

4.1.3 反应时间对反应的影响

在本次实验中，当反应时间从 1 小时增加到 2 小时，硫酸钾的产率从 50% 增加到 70%。当反应时间从 2 小时增加到 3 小时，硫酸钾的产率从 75% 增加到 80%。当反应时间从 3 小时增加到 4 小时，硫酸钾的产率从 65% 增加到 75%。当反应时间超过 4 小时，产率增长幅度减小。因此，最佳反应时间为 3 小时。

4.2 正交实验结果分析

4.2.1 正交实验设计方案

正交实验是一种统计方法，通过合理安排实验因素的水平组合，以较小的实验次数获得较多的信息，从而对实验结果进行科学分析和预测。针对本实验，设计了三因素四水平正交实验，以浓度、温度和时间作为影响因素，旨在找出最佳实验条件。根据三因素四水平的要求，共进行 12 次实验。

表 1 正交实验设计表

因素	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4
浓度	0.1mol/L	0.5mol/L	1.0mol/L	1.5mol/L
温度	20℃	40℃	60℃	80℃
时间	1 小时	2 小时	3 小时	4 小时

4.2.2 实验结果的直观分析

在相同温度和时间条件下，1.5mol/L 浓度的反应速率明显快于 0.1mol/L 和 0.5mol/L 浓度的反应。在相同浓度和时间条件下，80℃温度下的反应速率最快，其次是 60℃和 40℃，而 20℃温度下的反应速率最慢。在相同浓度和温度条件下，3 小时时间下的反应速率最快，其次是 4 小时，2 小时和 1 小时时间下的反应速率相对较慢。综合以上结果，可以得出最佳反应条件为：浓度 1.5mol/L、温度 80℃、时间 3 小时。

4.2.3 实验结果的方差分析

为了进一步验证直观分析的结果，我们对实验数据进行了方差分析。浓度对反应速率的影响极显著（$p < 0.01$），说明浓度是影响反应速率的主要因素。温度对反应速率的影响显著（$p < 0.05$），说明温度是影响反应速率的次主要因素。时间对反应速率的影响不显著（$p > 0.05$），说明时间对反应速率的影响较小。

5 结论

复分解两步转化法生产硫酸钾的工艺流程合理，操作简便，具有较高的生产效率。反应条件对硫酸钾的产量和质量有显著影响。优化反应条件，如控制反应温度、pH 值、反应时间等，可以有效提高硫酸钾的纯度和产量。通过对工艺参数的优化，可以降低生产成本，提高经济效益。复分解两步转化法生产硫酸钾具有环保优势，减少了传统工艺中的环境污染问题。该工艺具有较好的应用前景，可为硫酸钾的生产提供一种高效、环保的新途径。

参考文献

[1] 熊峰.曼海姆法硫酸钾生产工艺发展趋势与优化浅议[J].中氮肥,2023,(02):70-73.

[2] 热沙来提·司马义.我国硫酸钾下游产品生产工艺及其产业发展前景[J].化工矿物与加工,2022,51(08):39-42.

[3] 麻晓明,邱建伍.复分解两步转化法生产硫酸钾工艺研究[J].煤炭与化工,2022,45(04):123-125.

[4] 廖秋实,黄天钦,肖林波,等.闭路循环低成本生产硫酸钾的工艺研究[J].辽宁化工,2021,50(09):1367-1369+1377.

[5] 廖恩鑫,陈丽芳,张泽亚,等.硫酸钠与氯化钾制备硫酸钾实验研究[J].无机盐工业,2020,52(10):106-109.

 DOI: https://doi.org/10.12349/cta.v2i1.4762

Key points of construction and quality control of chemical pressure pipelines

Yanyun Huang

China National Petroleum Sixth Construction Co., Ltd., Guilin, Guangxi, 541000, China

Abstract

Chemical pressure pipelines play an important role in the petroleum, chemical, electric power and other industries, and the construction of chemical pressure pipelines is a vital link in the production of chemical industry, and its quality directly affects production safety and efficiency.

Keywords

chemical pressure pipeline; key aspects of construction; Quality control focus

化工压力管道的施工关键环节及质量控制重点探讨

黄延运

中国石油天然气第六建设有限公司，中国 · 广西 桂林 541000

摘　要

化工压力管道在石油、化工、电力等行业中承担着重要的输送任务，化工压力管道的施工，是化学工业生产中至关重要的环节，其质量直接影响生产安全与效率。本文从施工过程中的关键环节出发，探讨了管道施工中的质量控制重点，包括现场准备工作、管道焊接与连接、管道安装与支撑系统，以及压力测试与试运行，重点阐述了每个环节中的质量控制措施与技术要求，旨在提供对化工压力管道施工过程中关键问题的解决方案，为保证管道系统安全可靠运行提供参考。

关键词

化工压力管道；施工关键环节；质量控制重点

1 引言

化工压力管道在石油、化工、电力等行业中承担着重要的输送任务，其施工质量直接影响着设备运行的安全性和生产过程的稳定性。化工压力管道施工过程中，质量控制环节繁多而复杂，涉及材料的选购与检验、施工技术的实施、设备的调试与测试等多个方面。因此，文章将重点研究化工压力管道的施工关键环节，以及质量控制重点，这对于保障施工顺利进行和后期系统正常运行具有重要意义。

2 化工压力管道施工的重要性

化工压力管道在化工生产中发挥着至关重要的作用，用于输送化学原料、液体、气体等流体，是确保生产线正常运行的关键组成部分。由于涉及高压流体的输送，这些管道不仅要承受内外部压力，还会暴露在高温、腐蚀性环境或是易燃易爆的条件下。因此，化工压力管道的设计、施工和维护必须遵循严格的标准，确保其安全、可靠的运行。化工压力管道的作用不仅限于物料的输送，它还在整个生产过程中起着保障工艺稳定性和生产效率的重要作用。管道的流体传输是否顺畅，直接影响到反应器、储罐等设备的运行状态，进而影响到整个生产系统的效率与安全性。

化工压力管道承载的是高温、高压、腐蚀性等具有危险性的介质，施工质量直接关系到生产的安全性和环境的保护。如果施工过程中出现质量问题，如管道连接不牢固、焊接存在缺陷或支架设置不合理等，都会导致泄漏、爆炸等严重事故，给企业和环境带来极大的危害。为了防范风险，必须对管道施工的每一个环节进行严格控制，确保所有材料、焊接工艺、安装方式等符合技术规范和安全标准。因此，压力管道施工中的质量控制不仅仅是技术问题，更是安全和经济效益的保障。实施严格的质量管理措施，确保施工过程中的每一项操作都达到高标准，是确保管道系统长期稳定运行、降低安全隐患的关键所在 [1]。

3 施工关键环节及质量控制重点

3.1 现场准备工作

在化工压力管道施工中，现场准备工作是确保工程顺

【作者简介】黄延运（1997–），男，中国广西贵港人，本科，助理工程师，从事化工设备制造、压力管道研究。

利推进和质量达标的基础。充分的现场准备工作不仅能够有效避免施工过程中的突发问题，还能为后续各项施工环节的顺利开展提供保障。其一，材料采购与检验。所有管道材料、焊接材料、支架等，必须符合设计要求及相关标准。在采购过程中，要确保供应商提供符合规范的材料，并对其进行严格检验，以防出现不合格材料流入施工现场。具体来说，管道材料应通过外观检查、物理性能测试及化学成分分析，确保其满足使用要求。例如，管道钢材的抗拉强度和耐腐蚀性能，必须符合化工行业的要求。对于焊接材料，尤其需要注意焊丝、焊条的材质和规格是否符合标准，以保证焊接质量。其二，设备与工具的检查与准备。施工前，应该对所有涉及施工的设备进行详细检查，包括焊接机、切割机、压力测试设备等，确保其技术性能处于最佳状态。例如，焊接机的电流、电压设置要符合操作要求，压力测试设备的校准和精度检查也至关重要。施工现场应配备齐全的手工具，如扳手、螺丝刀、测量工具等，以便随时进行精确操作。设备和工具的定期检查和维护，也是保证工程质量的必要措施，确保其在高负荷运行下不发生故障。其三，施工现场的安全管理与防护。化工压力管道施工属于高危工程，安全管理和防护措施不可忽视。施工现场首先需要合理规划，确保管道施工的各个环节都有足够的空间，并远离高压电线和易燃易爆物品。在施工前，所有施工人员必须进行安全培训，熟悉现场安全操作规程，并配备必要的安全防护设施，如安全帽、防护眼镜、手套等。施工现场应设立明显的安全标识，定期进行安全检查，尤其是在高空作业、热焊接操作和压力试验时，要特别注意防护。对于管道施工中的危险源，如高温作业、气体泄漏等，应该提前制定详细的应急预案，定期进行应急演练，确保发生突发情况时能够迅速应对。

3.2 管道焊接与连接

在化工压力管道施工过程中，焊接工艺和连接质量，是决定管道整体安全性和可靠性的重要因素。焊接是管道连接的关键步骤，也是保障管道使用寿命的重要环节。确保焊接工艺的合理性和严格的质量控制，是防止管道泄漏、腐蚀等事故的核心措施。

3.2.1 焊接工艺的选择与控制

在化工压力管道的施工中，常用的焊接方法，包括手工电弧焊、气体保护焊和埋弧焊等。根据管道材质、管径及施工环境的不同，选择合适的焊接工艺非常关键。对于高压化工管道，通常选择埋弧焊和气体保护焊，因其焊接效率高，质量稳定，特别适合于大口径管道的连接。选择焊接工艺时，还需根据设计规范和管道工作压力进行判断。焊接过程中的电流、电压、焊接速度和焊接温度等参数，都需要严格控制。例如，对于高强度合金钢管道，焊接电流一般控制在 100~150A，电压保持在 18~22V，焊接速度要保持在 5~8 cm/min，以确保焊接质量和管道的强度。

3.2.2 焊接前后的准备工作与质量要求

焊接前，管道端口需要进行清理，去除焊接面上的油污、锈迹和其他杂质。清理工作能提高焊接质量，还能避免气孔、夹渣等缺陷的产生。对于管道连接的两端，要求保证平整和垂直度，误差应控制在 1mm 以内，确保焊接接头的平稳过渡。在焊接过程中，应根据设计要求，控制焊接的层数和焊道宽度，一般来说，每层焊缝的焊道宽度要控制在 2~3mm。焊接后，则需要采取目视检查、超声波检测和 X 射线检测等方式，对焊缝质量进行确认。焊接缝的尺寸、形状、气孔、裂纹、夹渣等缺陷必须得到控制，以保证管道的承载能力和密封性能 [2]。

3.2.3 焊接缺陷的检测与修复

焊接缺陷的检测，是保证管道质量的重要环节。常见的焊接缺陷，包括气孔、裂纹、夹渣、未熔合等。对于这些缺陷的检测，通常采用无损检测方法，最常用的检测手段包括超声波探伤、X 射线检测、磁粉检测和渗透检测等。超声波探伤能够有效检测出焊接缝内部的缺陷，而 X 射线检测则可以发现焊缝中的微小裂纹和气孔，借助这些检测方法，就可以及时发现焊接缺陷并进行修复。对于焊接缺陷的修复，应根据缺陷的类型和大小，采取不同的措施。小面积的气孔或夹渣，可以通过局部修补进行修复，而较为严重的裂纹和未熔合现象，则需要对焊缝进行重新焊接，确保修复后的焊接质量符合设计要求。在修复后，焊缝还需再次进行无损检测，确认修复部位没有缺陷 [3]。

3.3 管道安装与支撑系统

管道安装是化工压力管道施工中的关键步骤，而支撑系统的设计和安装，直接关系到管道的稳定性、安全性和使用寿命。合理的支架与固定点布置，能够保证管道在工作中的承载能力，还能有效防止管道在长期使用中的变形和损坏。

3.3.1 支架与固定点的合理设置

支架的布置，需要依据管道的直径、材质、重量以及使用的介质来设计，确保支撑系统能够承受管道的自重及内部压力所产生的负荷。对于化工压力管道，支架的设置应考虑到管道的热膨胀问题，尤其是在高温环境下，管道膨胀后会产生较大的位移，因此需要合理设置膨胀补偿装置。固定点的设置，要求管道固定位置稳定，避免在运行过程中产生过多的运动。固定点一般设置在管道的转角或接头位置，防止管道因热膨胀或外力作用发生位移。管道的支架间距，通常根据管道的类型和规格进行确定。对于小直径管道（如 DN50 以下），支架间距一般为 2~3 米；而对于大直径管道（如 DN400 以上），支架间距可以适当增加，通常为 4~5 米。

3.3.2 安装过程中的偏差控制

管道安装的平直度、垂直度、水平度以及与固定点的配合度，都会直接影响到管道的长期使用性能和安全性。在安装时，必须严格遵循设计要求，并利用测量工具进行实时检查，确保管道安装的准确性。通常，管道的水平度误差不应超过 1/1000，垂直度误差不应超过 2mm/m。对于大口径管道的安装，偏差控制尤为重要，因为大口径管道的变形对

整个管道系统的影响更为显著。在安装过程中，应使用激光水平仪、全站仪等精密设备，确保管道的定位准确。对于每个管段的焊接接头，必须确认与相邻管段的对接角度符合设计要求，偏差应控制在 5mm 以内。在管道安装完成后，还应进行复测，确保整体系统的对接精度，避免由于安装偏差导致的管道系统受力不均或运行不畅。

3.3.3 安全防护与防腐措施

在施工过程中，首先要确保所有施工人员配备安全防护装备，包括安全帽、防护眼镜、防护手套等，尤其是在高空作业和焊接作业中，安全防护更为重要。另外，化工压力管道由于长期处于腐蚀性环境中，因此必须采取有效的防腐措施。常见的防腐方法，包括涂层防腐、热浸镀锌、防腐带缠绕，以及使用防腐合金材料等。管道防腐涂层应具有良好的附着力和耐化学腐蚀性，在施工时应特别注意涂层的均匀性，确保无漏涂、脱落等现象。管道的支架、固定点等部位，也需要进行防腐处理，避免长期暴露在外界环境中产生锈蚀和腐蚀问题。

3.4 压力测试与试运行

3.4.1 水压试验与气压试验

水压试验和气压试验是常见的压力测试方法，用于验证管道的密封性和强度。在化工压力管道施工中，首先要进行水压试验，确保管道在高压下的承载能力和密封性。水压试验通常按照设计压力的 1.5 倍进行。例如，如果设计压力为 10 MPa，则水压试验压力应为 15 MPa。试验时，管道内部充满水并进行加压，逐渐提升至规定压力，然后保持一定时间，一般为 1 小时以上，观察管道是否出现泄漏、变形或其他异常现象。水压试验的温度一般保持在 5° C-40° C，避免因温度过低导致水结冰，影响试验结果。气压试验通常用于不能充水的管道系统，尤其适用于气体管道。气压试验时，管道内充入空气或氮气，测试时压力一般控制在设计压力的 1.1-1.2 倍，试验持续时间为 30 分钟至 1 小时。气压试验的压力应控制在较低范围内，避免因压力过高造成管道破裂。与水压试验不同，气压试验更容易通过压力表读数，判断压力变化情况，因此需要特别小心控制压力上升的速度，防止发生危险。

3.4.2 试验设备的选择与安装

在进行水压试验时，通常使用高压水泵、压力表、阀门和排水系统等设备。水泵的流量应能够满足管道系统充水的需求，压力表需具备较高的精度和稳定性，最好选用具有数字显示功能的高精度压力表。试验过程中，水泵应稳定供水，确保试验压力稳定可控。在气压试验时，需要使用高压气体瓶、调压阀、压力表及泄压装置等设备。调压阀需要能够精准调节气体压力，确保管道压力稳定在规定范围内。同时，气体供应系统需要具备泄漏报警功能，防止气体泄漏引发安全事故。

3.4.3 试验过程中的数据采集与分析

在进行水压和气压试验时，应不断监测管道内的压力变化，记录每一分钟的压力读数，并与试验规范进行对比。压力变化的速率、波动幅度以及维持时间等数据，都能为管道的稳定性和质量提供重要信息。在水压试验中，尤其需要注意管道的泄漏情况，若出现微小的压力下降，则应立即检查管道接头、焊缝等关键部位，确保无漏水现象。对于气压试验，气体泄漏的检测需特别小心，通常可以使用泡沫溶液涂抹在管道接头等位置，观察是否有气泡产生，进一步确认是否存在泄漏。所有采集的数据都需要进行详细分析，比较试验前后的压力变化情况，并运用科学方法评估管道的强度和密封性。如果测试结果显示管道压力保持稳定，且无泄漏、变形等异常情况，表明管道质量合格，能够进入试运行阶段。

4 结语

总之，化工压力管道施工不仅要求工程技术人员具备高水平的专业技能，还要求在每一个施工环节中落实严格的质量控制措施，从现场准备工作到压力测试与试运行，每个步骤都需要精确把控，才能保证管道系统的安全与高效运行。随着施工技术的不断发展与质量标准的逐步完善，未来化工压力管道的建设将更加安全、可靠，为工业生产的持续发展提供有力保障。

参考文献

[1] 王为民. 化工工艺管道安装质量控制要点分析[J].大科技, 2021, (12): 321-322.

[2] 李洋, 张金喜, 马岳旺. 焊接质量内控法在管道施工中的应用[J]. 石油天然气, 2022, 44(4): 203-208.

[3] 黄本金. 石油化工压力管道安装工艺及质量控制措施[J].石化技术, 2023, 31(10): 272-274.

Analysis of the production of steel structure workshops in the chemical industry

Shihe Zhang

China National Petroleum Sixth Construction Co., Ltd., Guilin, Guangxi, 541000, China

Abstract

The production process of the chemical industry often involves hazardous chemicals and complex technological processes, requiring factories to have good safety, stability, and durability. The design and production of steel structure factories in the chemical industry involve multiple aspects. This article first explores the design requirements of steel structure factories in the chemical industry, including the basic principles of structural design, safety and stability requirements. Then, a detailed analysis was conducted on the selection, manufacturing process, assembly and installation process of steel structure materials, as well as the special structural design of chemical plants, especially fire and explosion prevention design, anti-corrosion design and coating technology, as well as spatial layout and equipment installation, all of which play an important role in the safety and functionality of the plant, ultimately ensuring the safety, durability and adaptability of the steel structure plant.

Keywords

chemical industry; steel structure workshop; make

化工行业钢结构厂房的制作分析

张世和

中国石油天然气第六建设有限公司，中国·广西 桂林 541000

摘　要

化工行业的生产过程，常常涉及危险化学品和复杂的工艺流程，要求厂房具有良好的安全性、稳定性与耐用性。化工行业钢结构厂房的设计与制作涉及多个环节，本文首先探讨了化工行业钢结构厂房的设计要求，包括结构设计的基本原则、安全性和稳定性要求。然后详细分析了钢结构材料的选择、制作工艺、装配与安装流程，以及化工厂房的特殊结构设计，特别是防火防爆设计、防腐蚀设计与涂层技术，以及空间布局与设备安装等方面，均对厂房的安全性和功能性起到重要的作用，最终确保钢结构厂房的安全性、耐用性和适应性。

关键词

化工行业；钢结构厂房；制作

1 引言

化工行业的生产过程，钢结构厂房在设计与制作，必须充分考虑到化工生产环境的特殊性，如防火防爆、防腐蚀等。随着钢结构技术的发展，其在化工厂房中的应用越来越广泛，为提高厂房的安全性与使用寿命，钢结构厂房的设计与施工必须严格遵守相关标准与技术要求。文章将详细分析化工行业钢结构厂房的设计要求及制作工艺，旨在提高厂房的整体性能和安全性。

2 化工行业钢结构厂房的设计要求

在化工行业钢结构厂房的设计中，需要关注结构设计的基本原则。设计应遵循结构的经济性、安全性和适用性原则。经济性要求在保证结构强度和安全的前提下，采用合理的材料和施工方式，以降低成本。安全性则是钢结构设计的核心，必须考虑到厂房在使用过程中可能受到的各种力作用，如荷载、风力、地震等，确保结构能够长期稳定运行。适用性原则，要求设计应根据具体的使用需求进行，充分考虑厂房的功能性、空间布局以及设备安装等方面的要求。

化工行业的特殊环境，要求钢结构厂房在设计时具备一定的适应性。化工厂房往往面临腐蚀性气体、液体及其他危险化学物质的影响，因此在材料选择和设计方案上，需要特别考虑耐腐蚀性。常采用不锈钢、涂层钢或耐腐蚀合金钢等具有较高抗腐蚀性能的材料。厂房内会涉及危险化学品的储存和生产过程，设计时需考虑到防火防爆的措施，确保厂房在极端情况下能有效应对火灾、爆炸等风险。另外，钢结构厂房必须承受长期的使用荷载和环境荷载，设计时要充分

【作者简介】张世和（1995–），男，中国广西平南人，本科，助理工程师（机电），从事化工设备制造、钢结构制造研究。

考虑荷载的变化和可能的极端情况。为了确保结构的稳定性，设计师需要对地基土壤、风力、地震等因素进行详细计算，并采用合适的结构形式和连接方式，确保厂房在各种环境条件下的稳定性。同时，设计还应考虑到出现的老化、疲劳等因素 [1]。

3 化工行业钢结构厂房的制作

3.1 钢结构材料的选择

3.1.1 常用钢材种类及其特点

在化工行业钢结构厂房的制作过程中，钢材的选择是重要一步，直接关系到厂房的结构强度、耐久性以及安全性。常用于钢结构厂房制作的钢材，主要有碳钢、不锈钢、合金钢等。其中，碳钢是最常见的钢材类型，具有较好的强度和塑性，适用于承载要求较高的结构。碳钢又可分为低碳钢、中碳钢和高碳钢，不同类型的碳钢具有不同的机械性能和适用范围。低碳钢强度较低，但焊接性和塑性较好；高碳钢强度较高，但塑性较差，通常用于需要高强度的部位。不锈钢广泛应用于腐蚀性环境下，特别是在化学品的生产和存储区域。不锈钢具有优异的耐腐蚀性和较强的耐候性，适用于面对酸、碱、盐等腐蚀性物质的环境。常见的不锈钢类型，包括奥氏体不锈钢和马氏体不锈钢。其中，奥氏体不锈钢具有较好的耐腐蚀性和塑性，广泛用于化工厂房的结构部分。合金钢用于需要较高强度和耐高温性能的环境，如高温作业区。合金钢通过添加特定元素，如铬、镍、钼等，增强钢材的性能，能够满足化工厂房对强度、耐磨性和耐高温性的要求 [2]。

3.1.2 材料选择的影响因素

在化工行业钢结构厂房的材料选择中，耐腐蚀性是最为重要的因素之一。由于化工厂房常常暴露在腐蚀性气体、液体或蒸汽中，选择具备较强耐腐蚀性的材料尤为关键。例如，采用耐腐蚀合金钢、不锈钢等材料，可以有效延长厂房的使用寿命。强度是选择钢材的一个重要指标。钢结构厂房需要承受一定的荷载、风荷载、地震荷载等，选材时必须确保钢材的强度符合设计要求。高强度钢材，通常适用于需要承受较大荷载的结构部分。焊接性同样是钢材选择中的关键因素之一。由于钢结构的制作通常依赖于焊接技术，钢材的焊接性直接影响到结构的施工难度和连接质量。一般来说，低碳钢具有较好的焊接性，而高强度钢材和合金钢，则需要特殊的焊接工艺和材料。

3.1.3 钢材的质量控制与检测

在采购阶段，钢材的生产厂家应提供合格证书和材料测试报告，确保其化学成分和机械性能符合设计要求。钢材到达施工现场后，应进行现场验收，包括外观检查、尺寸核对以及材料认证等。常见的钢材检测方法，包括超声波探伤、X 射线检测、拉伸试验、硬度试验等。超声波探伤用于检测钢材内部是否存在裂纹或其他缺陷，X 射线检测则可检查焊接接头是否有缺陷。拉伸试验和硬度试验，可用于检测钢材的力学性能，确保其强度、延展性等指标符合设计要求。此外，焊接过程中应进行焊缝检查，确保焊接质量达到规定标准。焊接接头的检测，可以采取射线检测、超声波检测等方式进行，必要时还应该对焊接过程进行监控和记录，确保每一条焊缝的质量符合要求。

3.2 钢结构的制作工艺

3.2.1 钢材的加工工艺

钢材的加工，通常包括切割、焊接、打孔等多个工艺步骤，每一个环节都需要严格控制，以保证加工后的部件符合设计要求。钢材切割是钢结构制作的第一步，切割工艺通常采用氧气切割、等离子切割、激光切割等技术，具体选择哪种切割方式，取决于材料的厚度和精度要求。氧气切割适用于厚度较大的钢材，而激光切割则能够达到更高的精度，适用于精密部件的切割。焊接是钢结构制作中的核心工艺之一。化工厂房的制作过程中，由于经常需要承受较大的荷载和外部环境的影响，因此钢材焊接的强度和精度要求较高。常见的焊接方法，包括电弧焊、气体保护焊、埋弧焊等。焊接过程中，必须保证焊接接头的牢固性、均匀性，并防止出现裂纹、气孔等缺陷。打孔是钢结构加工中的一个常见工艺，通常用于制作连接件和孔位安装。打孔工艺主要有钻孔和冲孔两种方式。钻孔适用于较小直径的孔，而冲孔则适用于大批量生产时的高效加工。在实际生产中，还需要注意孔位的精确定位，确保加工后的孔与设计图纸一致。

3.2.2 精度控制与质量检验

为了确保每个钢材部件的尺寸、形状和位置准确无误，要精度控制贯穿整个制作过程。加工前，需对钢材进行尺寸测量，确保其符合设计要求。在切割、焊接和打孔过程中，要对每道工序进行严格监控，确保加工精度。焊接过程中，焊接接头的尺寸、焊缝的均匀性、焊接深度等都需要精确控制。同时，焊接后的接头，要经过严格的质量检验，如无损检测、拉伸试验等，确保焊接接头具有足够的强度和可靠性。对于钢结构的制作工艺而言，质量检验也是不可忽视的环节。在制作过程中，每个加工步骤都需要进行相应的质量检测。切割、焊接、打孔等工艺完成后，需进行外观检查，检查是否存在裂纹、变形等问题。对于焊接接头和切割部位，需采取超声波探伤、X 射线探伤等无损检测方法，确保内部没有潜在缺陷 [3]。

3.2.3 生产过程中的标准化管理

采取标准化管理，是提高生产效率、确保质量稳定和控制成本的有效手段。生产过程的各个环节，应严格按照规范操作，确保每一步都有明确的标准和流程。例如，切割、焊接和打孔等操作，应该有具体的技术要求和操作规程，确保每个工序的操作员都能够按照标准执行。标准化管理有助于提高生产效率和减少浪费，通过制定标准化的工作流程，可以优化资源配置，减少不必要的停工时间和材料浪费。另

外，标准化管理还涉及设备和工具的管理。在生产过程中，使用的切割机、焊机等设备，应定期检查和维护，确保其处于良好的工作状态，以免因设备故障影响生产进度和产品质量。

3.3 钢结构的装配与安装

3.3.1 现场装配流程

在进行现场装配之前，需要对施工现场进行清理和平整，确保地基的稳定性和施工区域的安全性。接着，按照设计图纸进行基础的标定与测量，确定各个构件的安装位置。现场装配的第一步是钢结构的构件预组装，通常在厂房内进行，采用专门的机械设备和吊装工具，将各个部件（如梁、柱、支撑等）组装成模块化结构。预组装完成后，进行初步的焊接或螺栓连接，然后将模块化结构运输到安装现场。在安装现场，装配工人根据施工图纸和施工计划，使用吊车等设备，将预装配好的构件吊装到指定位置。吊装过程需要严格遵循相关操作规程，确保结构的精度和连接的准确性。构件吊装完成后，进行最终的固定，采用螺栓连接或焊接的方式，将各部分牢固连接，确保结构的整体稳定性。

3.3.2 钢结构的吊装与定位技术

钢结构吊装作业，通常使用塔吊、履带吊等大型吊装设备。在吊装前，必须对吊装路径、吊装顺序和设备布置进行详细规划，确保吊装过程中各部件的平稳提升与精准定位。吊装作业的顺序，一般遵循从大到小、从重到轻的原则，避免超载或设备不稳定造成的安全隐患。在实际操作中，常见的吊装技术包括“先吊装大梁，再吊装次梁”“分段吊装”等。在吊装过程中，使用钢丝绳、吊带等工具进行吊装，并通过吊装设备的精准操作，将钢结构构件准确地放置到预定位置。在吊装完成后，构件需要精确定位，确保与其他构件的连接符合设计要求。常见的定位技术，包括激光测量定位技术、水平仪与水准仪的结合使用等，通过这些技术手段，能够确保构件的位置精度达到 ±5mm 以内，确保钢结构的稳定性。

3.3.3 安装过程中安全防护措施

施工现场应设置明显的安全标识，禁止非工作人员进入施工区域，防止发生事故。现场要配置完善的个人防护设备，包括安全帽、安全带、防护鞋等，确保施工人员在高空作业时的安全。吊装作业是现场安装中的高风险环节。在吊装前，必须对吊装设备进行严格检查，确保设备性能良好，避免因设备故障造成意外。吊装过程中，指挥人员应清晰指挥，确保吊装作业的顺利进行。吊装作业人员需要配带通信设备，保持与地面指挥人员的实时联系，以应对突发状况。安装过程中，还应采取防护措施，以防止物体掉落。对于高空作业的工人，应佩戴安全带，并采取双重保护措施。对于吊装下方的工作人员，应保持一定的安全距离，避免发生意外。

3.4 特殊结构设计

3.4.1 防火防爆设计

建筑材料必须选用具有高耐火等级的钢材，并在重要部位进行防火涂层处理，以增强钢结构的抗火能力。在设计中，合理划分防火区域，设立防火隔断，确保火灾发生时能够有效遏制火势蔓延。针对易爆气体或液体泄漏的风险，厂房内应设置防爆通风设备，确保空气流通，并定期检测气体浓度。钢结构厂房的外墙和屋顶，需要具备一定的抗爆强度，防止爆炸事故造成的二次伤害。此外，需要配备自动灭火系统，如喷水灭火、气体灭火系统，以及手动灭火器材，确保火灾发生时能够迅速扑灭。

3.4.2 防腐蚀设计与涂层技术

应采用耐腐蚀性能较强的钢材，如不锈钢或经过镀锌处理的钢材。对于钢结构的连接部位，涂覆防腐涂层，以提供额外的保护。涂层技术是防腐蚀设计中的重要组成部分。常用的涂层材料，有环氧富锌底漆、聚氨酯防腐涂料等，这些涂料能够有效防止钢材与空气、水分及腐蚀性气体直接接触，延长钢结构的使用寿命。在涂层的选择上，需要根据厂房所处的具体环境，选择抗腐蚀性最强的涂料，并定期进行检查和维护，确保涂层的完整性。

3.4.3 空间布局与设备安装考虑

在设计阶段，应根据生产工艺流程，合理规划厂房内的功能区域，确保每个设备和操作区域的位置合理，避免互相干扰或不便操作。设备之间需要留有足够的操作和维修空间，以便日常的检修和维护。此外，钢结构厂房的空间布局，要考虑到设备安装的特殊要求。

4 结语

总之，化工行业钢结构厂房的设计与制作，不仅要求结构坚固、安全性高，还需适应化工生产中的特殊环境需求。从钢材选择到制作工艺，再到安装与安全防护，均需要严格把控，确保厂房在长期运行中的稳定性与耐用性。防火防爆设计、防腐蚀处理及空间布局的优化，是保障厂房安全生产的重要保障。通过合理的设计与标准化管理，就可以有效降低化工厂房运行中的风险，提高经济效益与安全性能。

参考文献

[1] 李日恩. 厂房钢结构的制作安装研究[J].防护工程, 2022, 5(1): 119-121.

[2] 郑月. 工业厂房结构设计中钢结构设计应用研究[J].建筑工程与管理, 2022, 2(6): 24-26.

[3] 周贤发, 卓志远. 钢结构工业厂房施工技术及质量控制要点探析[J].工程建设与设计, 2022, (22): 150-152.

 DOI: https://doi.org/10.12349/cta.v2i1.4764

Research on polymer flooding and oil extraction technology

Yuwei Fan

Petroleum Engineering Technology Research Institute of Henan Oilfield Company of Sinopec, Nanyang, Henan, 473132, China

Abstract

As an important method to improve the oil recovery rate, it has been widely used and deeply studied in the oil industry in recent years. This paper systematically discusses the basic principle and application strategy under different reservoir conditions. Through a detailed analysis of the polymer solution properties, the injection mechanism, and its flow behavior in the reservoir, the key factors affecting the polymer flooding effect are revealed. In addition, this paper also evaluates the economic and environmental impact of polymer flooding technology, and points out the current technical challenges and future development direction. The results show that rational selection of polymer type and injection scheme can significantly improve oilfield recovery while reducing extraction costs and environmental burden. The research in this paper provides theoretical basis and practical guidance for further optimization of polymer flooding technology, which is of great significance for improving the efficiency of oilfield development.

Keywords

polymer flooding; oil recovery; flow behavior; economy; environmental impact

聚合物驱采油技术相关研究

范钰玮

中石化河南油田分公司石油工程技术研究院，中国 · 河南 南阳 473132

摘　要

聚合物驱采油技术作为提高油田采收率的重要方法，近年来在石油工业中得到了广泛应用和深入研究。本文系统地探讨了聚合物驱技术的基本原理、应用现状及其在不同油藏条件下的优化策略。通过对聚合物溶液性质、注入机制及其在油藏中的流动行为进行详细分析，揭示了影响聚合物驱效果的关键因素。此外，本文还对聚合物驱技术的经济性和环境影响进行了评估，指出了当前技术面临的挑战与未来发展方向。研究结果表明，合理选择聚合物类型和注入方案能够显著提高油田采收率，同时降低开采成本和环境负担。本文的研究为进一步优化聚合物驱技术提供了理论依据和实践指导，对于提升油田开发效率具有重要意义。

关键词

聚合物驱；采收率；流动行为；经济性；环境影响

1 引言

随着全球石油资源的日益枯竭和油田开发难度的不断增加，提升油田采收率成为石油工业面临的重要课题。聚合物驱技术作为一种有效的提高采收率的方法，因其优越的流变性能和改进的驱油效果而备受关注。聚合物驱通过提高注入水的黏度，改善水油界面的驱替效率，从而增加油田的最终采收率。近年来，随着高分子材料科学的发展，聚合物驱技术在聚合物种类、注入方式及优化策略等方面取得了显著进展。本文旨在系统分析聚合物驱技术的基本原理、应用现状及优化策略，探讨其在不同油藏条件下的适用性和经济性，为油田开发提供科学依据和技术支持 [1]。

【作者简介】范钰玮（1989–），女，中国河北邯郸人，硕士，助理研究员，从事聚合物分注研究。

2 聚合物驱技术的基本原理与发展

2.1 聚合物溶液性质对驱油效果的影响

聚合物溶液的黏度和分子量是影响聚合物驱效果的关键因素。高分子量的聚合物能够显著提高溶液的黏度，从而改善水驱的扫油效率。然而，聚合物分子在高温高盐环境下容易发生降解，导致黏度降低。因此，选择耐温耐盐的聚合物是提高聚合物驱效果的关键。此外，聚合物的浓度也直接影响其流变性能和驱油效果。适当提高聚合物浓度可以增强溶液的黏度，但过高的浓度可能导致聚合物在岩石孔隙中的堵塞，影响流动性。因此，优化聚合物浓度是实现高效聚合物驱的必要步骤。

2.2 注入机制及其对油藏采收率的影响

聚合物驱的核心机制是通过提高注入水的黏度，改善水油界面的驱替效率，从而增加油田的采收率。在注入过程中，聚合物溶液能够均匀分布于油藏中，减少水的偏流现象，

增加驱油前线的推进速度。此外，聚合物还能够在油水界面形成一层薄膜，降低界面张力，促进油滴的破碎和移动，提高油的可采性。然而，实际应用中，聚合物驱的效果受到多种因素的影响，如油藏的渗透性、孔隙结构及驱油流体的相互作用等。因此，深入研究聚合物驱的注入机制及其在不同油藏条件下的表现，对于优化驱油方案和提高采收率具有重要意义。

3 聚合物驱技术在不同油藏条件下的应用

3.1 高渗透性油藏中的聚合物驱应用

高渗透性油藏由于其较高的渗透率和良好的流动性，适合采用聚合物驱技术。在此类油藏中，聚合物溶液能够迅速流动，覆盖较大范围的油层，提高驱油效率。然而，高渗透性油藏的均质性较好，水驱的偏流现象较少，聚合物驱在此类油藏中的增效空间有限。因此，在高渗透性油藏中，聚合物驱的应用更多地依赖于优化注入方案和聚合物性质，以实现最大化的采收率提升。此外，高渗透性油藏中聚合物驱的经济性相对较高，因为较低的聚合物用量和较少的注入次数能够达到理想的驱油效果 [2]。

3.2 低渗透性油藏中的聚合物驱应用

与高渗透性油藏不同，低渗透性油藏由于其复杂的孔隙结构和低渗透率，导致聚合物溶液在油藏中的流动性较差，容易发生堵塞和吸附现象，影响驱油效果。因此，在低渗透性油藏中应用聚合物驱技术需要克服诸多技术难题，如选择低吸附性的聚合物、优化注入流量和压力，以及采用分阶段注入策略等。此外，低渗透性油藏中的聚合物驱效果通常需要较长的注入时间和较高的聚合物浓度才能显现，这也增加了技术实施的复杂性和成本。因此，针对低渗透性油藏的聚合物驱技术研究，重点在于提高聚合物溶液的流动性和稳定性，减少聚合物在油藏中的损失，以实现高效的驱油效果。

3.3 高温高盐油藏中的聚合物驱应用

高温高盐油藏由于其苛刻的地质条件，对聚合物驱技术提出了更高的要求。高温会加速聚合物的降解，降低其黏度和流变性能，而高盐环境则可能引发聚合物的沉淀和析出，影响驱油效果。因此，在高温高盐油藏中应用聚合物驱技术，需要选择具有优异耐温耐盐性能的聚合物，如某些改性聚丙烯酰胺和天然高分子聚合物。此外，还需优化注入方案，如采用缓慢注入和分阶段注入策略，以减少聚合物在高温高盐环境中的损失。近年来，随着新型高分子材料的研发和聚合物改性技术的进步，高温高盐油藏中的聚合物驱效果得到了显著提升。然而，如何进一步提高聚合物在极端条件下的稳定性和流动性，仍然是未来研究的重点方向。

4 聚合物驱技术的优化策略与数值模拟分析

4.1 聚合物浓度与注入方案的优化

聚合物浓度是影响聚合物驱效果的重要参数。适当提高聚合物浓度能够显著提高注入水的黏度，改善水驱的扫油效率。然而，过高的聚合物浓度可能导致聚合物在孔隙中的堵塞和吸附，降低其流动性和驱油效果。因此，优化聚合物浓度需要在提高黏度和保证流动性之间找到平衡点。数值模拟分析表明，在典型高渗透性油藏中，聚合物浓度在 0.5% 至 1.5% 之间时，采收率提升效果最佳，超过 1.5% 浓度后，增效效果趋于平缓，且可能引发聚合物堵塞问题。通过建立多物理场耦合模型，研究不同浓度聚合物溶液在油藏中的流动行为，可以指导实际注入方案的设计和优化，提高聚合物驱的经济性和效率，图 1 为优化的聚合物驱替机理。

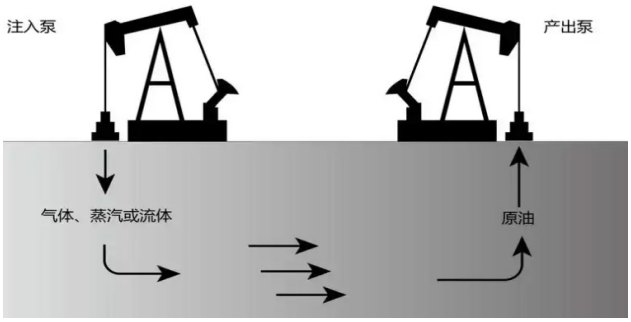

图 1 优化的聚合物驱替机理

4.2 聚合物注入速率与压力的优化

聚合物注入速率和压力是影响聚合物驱效果的另一个关键因素。适当的注入速率能够确保聚合物溶液在油藏中的均匀分布，减少水偏流现象，提高驱油效率。数值模拟结果表明，在不同渗透性油藏中，聚合物注入速率应控制在 1 至 3 立方米 / 天 / 油井的范围内，以确保聚合物溶液能够充分覆盖油藏，提高驱油效果。此外，注入压力的控制也至关重要，过高的注入压力可能导致聚合物溶液在油藏中产生湍流，增加聚合物的剪切降解，降低其黏度和驱油效果。通过建立注入压力与聚合物流动性的关系模型，可以优化聚合物注入压力，提高聚合物驱的稳定性和有效性 [3]。

4.3 聚合物种类与改性技术的优化

不同种类的聚合物具有不同的流变性能和稳定性，选择适合特定油藏条件的聚合物种类是优化聚合物驱效果的关键。数值模拟分析显示，改性聚丙烯酰胺（HPAM）在高温高盐条件下表现出较好的稳定性和流动性，而天然高分子聚合物如黄原胶则在低温低盐条件下具有更优的驱油效果。通过改性技术，如引入耐温耐盐基团和提高聚合物分子量，可以显著提升聚合物在极端条件下的性能。数值模拟结果表明，改性后的 HPAM 在高温高盐油藏中的黏度保持率可达到 80% 以上，而未改性的 HPAM 则仅为 50%。因此，针对不同油藏条件选择和优化聚合物种类，是实现高效聚合物驱的关键策略之一。

5 聚合物驱技术的经济性分析与环境影响评估

5.1 聚合物驱的成本效益分析

聚合物驱技术的经济性在油田开发中占据关键地位，

其成本效益比（CER）直接影响项目的可行性。以某大型油田为例，聚合物驱项目的初期投资约为 5000 万美元，其中聚合物材料成本占 40%，注入设备和基础设施投资占 30%，其余 30% 为运营维护费用。根据统计数据，实施聚合物驱后，油田的采收率从 20% 提升至 35%，年增产约 50 万桶原油。按当前油价每桶 60 美元计算，年增收为 3 亿美元，相较于初期投资，CER 达到 6:1，显示出显著的经济效益。综合来看，聚合物驱技术在大多数油田中展现出较高的经济效益，但其实际应用效果仍需结合具体油藏条件进行详细评估和优化设计，以确保投资回报的最大化。

5.2 聚合物驱的环境影响评估

聚合物驱技术在提升油田采收率的同时，对环境的影响不可忽视。主要环境影响包括聚合物残留、注入水的消耗及其排放。以某油田为例，实施聚合物驱后，每年注入聚合物约 10 万吨，预计其中约 5% 残留在油藏中，剩余部分通过产出水排放。根据环境监测数据，残留聚合物对地下水质量的影响有限，主要通过生物降解过程减少其浓度。此外，注入水量增加约 20%，对水资源的需求显著上升，每年需额外使用约 5000 万立方米水。通过采用循环水注入技术，水资源消耗量可以降低至原来的 70%，即每年节约约 1500 万立方米水资源。排放方面，经过处理的产出水中聚合物浓度控制在 5 毫克 / 升以下，符合国家排放标准，不会对地表水体造成显著污染。总体而言，聚合物驱技术在环境影响方面具有可控性，通过优化注入方案和加强环境管理，可以有效减少其对环境的负面影响，实现油田开发与环境保护的协调发展 [4]。

5.3 聚合物驱技术的可持续发展策略

实现聚合物驱技术的可持续发展，需要从材料创新、成本控制和环境保护等多方面入手。首先，材料创新是关键。当前市场上高性能聚合物的研发投入逐年增加，预计到 2025 年，耐温耐盐聚合物的研发成本将降低 20%，同时性能提升 30%。通过引入新型高分子基团和改性技术，聚合物的稳定性和流变性能得到显著增强。例如，改性聚丙烯酰胺（HPAM）的分子量提高至 15 万道尔顿，黏度保持率提高至 85% 以上，显著延长了聚合物在高温高盐油藏中的使用寿命。其次，成本控制方面，通过规模化生产和技术优化，聚合物价格预计在未来三年内下降 15%，从而提升经济性。此外，优化注入方案，如分阶段注入和智能注入控制技术的应用，可以减少聚合物用量约 10%，进一步降低运营成本。在环境保护方面，推广绿色聚合物和循环水注入技术，每年可减少约 3000 吨聚合物残留和 1500 万立方米水资源消耗，制定严格的环保标准和操作规范，确保聚合物驱过程中的环境影响最小化 [5]。

6 结语

聚合物驱采油技术作为一种有效的提高油田采收率的方法，在全球油田开发中发挥了重要作用。本文通过系统分析聚合物驱的基本原理、应用现状及优化策略，揭示了影响聚合物驱效果的关键因素，并通过数值模拟和经济性分析，评估了聚合物驱技术在不同油藏条件下的适用性和经济性。未来，随着高分子材料科学的发展和聚合物驱技术的不断优化，聚合物驱将继续在油田开发中发挥重要作用，为石油资源的高效利用和可持续发展提供坚实保障。

参考文献

[1] 李华,王磊.聚合物驱油技术的研究进展[J].石油勘探与开发,2024,51(3):45-52.

[2] 张建国,刘洋.高分子聚合物在油田采收率提高中的应用分析[J].石油化工,2023,52(4):123-130.

[3] 陈明,赵刚.聚合物驱油技术的经济性分析与优化策略[J].石油工程,2024,26(2):89-95.

[4] 孙丽,周强.高温高盐条件下聚合物驱油性能的实验研究[J].高分子学报,2025,36(1):67-74.

[5] 朱晓东,黄蕾.聚合物驱油技术的环境影响与可持续发展研究[J].环境科学与技术,2024,47(5):112-118.

 DOI: https://doi.org/10.12349/cta.v2i1.4765

Thinking on the enterprise process security management strategy

Hongbin Wang Shuai Liu

Shaanxi Yanchang Petroleum Yan'an Energy and Chemical Industry Co., Ltd., Yan'an, Shaanxi, 727500, China

Abstract

Petrochemical enterprises occupy an important pillar role in China's economic development, but because of the production process of petrochemical industry is relatively special, especially raw materials, products and there are many explosive and flammable dangerous substances, it is easy to cause serious safety accidents. Process risk management is to conduct proactive and forward-looking control of all kinds of risks in the production process of petrochemical enterprises through comprehensive risk analysis to effectively prevent the occurrence of major safety accidents. This paper mainly analyzes the problems of process safety management in petrochemical enterprises, and puts forward feasible management strategies, so as to effectively guarantee the level of enterprise process safety management, increase the economic benefits of enterprises, and promote the improvement of the market competitiveness of petrochemical enterprises.

Keywords

enterprise; process safety management; strategy

化工企业过程安全管理策略思考

王宏斌 刘帅

陕西延长石油延安能源化工有限责任公司，中国 · 陕西 延安 727500

摘 要

石油化工企业在我国经济发展中占据重要的支柱性作用，但是由于石油化工生产过程较为特殊，尤其是原材料、产品等存在很多易爆易燃等危险物，很容易引起严重的安全事故。过程风险管理就是通过全面风险分析，对石油化工企业生产过程中的各类风险进行主动性、前瞻性管控，有效预防重大安全事故的出现。文章主要对石油化工企业过程安全管理问题进行分析，并提出可行性的管理策略，进而有效保障企业过程安全管理水平，增加企业经济效益，促进石油化工企业市场竞争能力的提高。

关键词

企业；过程安全管理；策略

1 引言

随着我国工业水平的提高，化工企业数量逐渐增多，为经济发展提供了更多的发展动力，但是石油化工生产过程存在很大风险性，再加上危险化学品生产企业数量较多、规模不一，致使安全监管不到位，加大了过程安全事故的发生几率，影响石油化工企业的长远发展。因此要开展全面的过程安全管理工作，对化工生产各个环节中潜在的风险进行精准识别和评估，进而提出针对性的预防和控制措施，保障化工生产安全。

2 企业过程安全管理问题

2.1 缺乏安全生产责任制

在化工企业过程安全管理中需要严格按照国际通用的过程安全生命周期实现本质安全，如图 1 所示。但是，部分化工企业虽然建立了安全生产责任制，但是落实不到位，缺乏动态跟踪和监控，且考核流于形式，难以在实际工作中真正落实[1]。此外，部分化工企业构建安全生产责任制，存在抄袭现象，且各个部门之间缺乏合作，致使责任制与实际需求不符，严重降低过程安全管理效果。

2.2 安全生产管理体系运行不到位

当前部分化工企业缺乏完善的安全生产管理体系，过程安全管理工作仅仅停留在表面，在过程安全管理方面的投入不足，缺乏完善的安全设备；且部分化工企业忽视安全培训工作，甚至存在走过场问题，过程安全培训内容不合理、缺乏完善的考核机制，难以保障安全管理人员持证上岗[2]；此外部分化工企业的风险管控意识不足，缺乏风险辨识、评估、管控体系，难以执行可行性的风险 防控措施，对化工企业各个生产环节留下严重的安全隐患；企业隐患辨识、排查工作不到位，难以合理分类潜在风险隐患，限制后续风险防控工作的开展。

【作者简介】王宏斌（1968–），男，中国陕西延安人，注册安全工程师，从事化工安全研究。

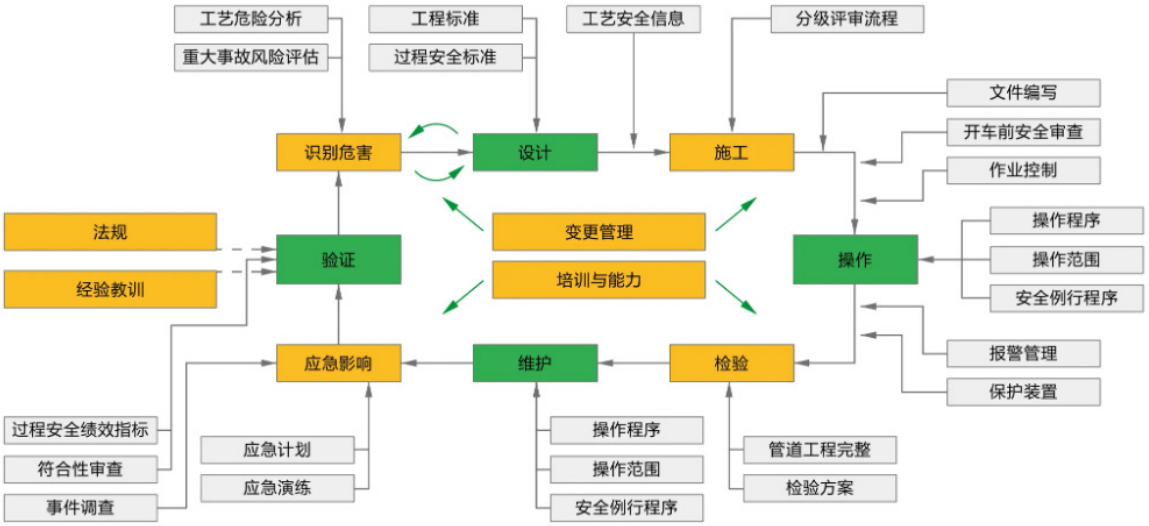

图 1 过程安全生命周期模型

2.3 其他方面

在推行过程安全管理方面还存在一定的问题，当前部分化工企业执行的是安全生产标准化，如果推行过程安全管理，会形成多种体系并行的现象，加大企业员工负担，不利于企业安全管理工作的有序进行；此外化工企业数量众多，且规模差异较大，加大了过程安全管理难度，部分条件不足的企业甚至存在走过场的现象，没有结合实际情况制定完善的过程安全管理模型（如图 2 所示），致使过程安全管理难以充分渗透到化工生产的各个环节；部分化工企业对过程安全管理的重要性认识不足，对其理解仅仅停留在表面，严重限制过程安全管理的有效推行[3]；此外，过程安全管理推行过程中需要投入大量的人力、物力，加大了企业负担；部分企业缺乏专业的人才队伍，现有管理人员的过程安全管理意识不足，缺乏过程安全管理素质。

图 2 过程安全管理模型

3 企业过程安全管理策略

3.1 安全信息管理

为了对能量释放源进行有效性控制，需要做好过程安全信息管理工作，实现化工生产过程中各类信息的全面收集和整理，并在各个化工生产环节中进行即时共享，确保安全信息能够精准传递，进一步提高信息利用率。在化工过程安全管理中，需要结合相关法律法规要求，并分析化学品危害特点、工艺安全、操作手册等信息进行全面收集和整理，构建针对性的安全信息档案，实现统一管理。在此基础上，还需要结合不同行业的发展需求，构建相对应的风险数据库，为后续化工生产风险精准评估提供数据依据[4]。通过安全生产信息管理，能够帮助工作人员详细了解整体化工过程，且结合分析结果，及时解决生产过程中的安全问题，并制定针对性的应对，优化化工过程安全管理制度，实现危险物品的规范性管理，强化安全管理意识。随着信息技术的发展，危险化学品安全管理工作中逐渐融入信息化技术，推动化工企业数字化、智能化发展，以便实现各类过程风险的智能化、精准性预测，且还可以通过无人方式对危险作业进行操作，在远程操作的辅助作用下，保障安全生产管理的可控性。

3.2 过程风险管控

强化化工过程风险的有效性管控，是开展过程安全管理的重要基础和前提。因此要做好化工过程风险分析工作，其中主要包含以下内容：对生产系统中安全风险问题进行全方位分析，同时对化工过程事故状况进行及时性评估和审查，同时分析化工风险的控制技术可行性[5]。为了进一步提高过程安全管理效率，需要结合实际情况，持续性完善风险管控制度，确保化工企业树立科学合理的安全风险管理意识，并对风险辨识方式、频次进行灵活性调控，明确具体的责任人，提高企业员工的风险辨别意识，以便第一时间防控安全事故隐患，进而保障化工企业的安全可靠性发展，减少人员生命安全威胁。

3.3 化工设备的安全管理

化工设备在化工生产中占据重要地位，同时也是过程安全管理的关键内容。在化工设备管理中，需要建设更加高

效完善的设备台账，对相关设备有序编号，强化设备技术的规范性、制度性管控，并明确设备维护、操作规则要求。为了保障设备的安全操作，需要定期组织操作人员培训活动，使其详细了解化工设备的结构、原理、操作、维修等知识技能，并定期考核设备操作人员、维修人员，做好考核记录，进行存档[6]。要规范性安装报警仪器，并安排专业人员对其定期检查和维护，防止毒气泄露，减少安全事故的发生几率。工作人员需要结合化工生产需求，适当加大化工设备的日常检查频率和次数，并对各个方面进行综合性检查维护，保障检查有效性，尤其要精准分析设备使用寿命，科学预测潜在的应用风险，进而保障化工设备的安全可靠性运行。此外还需要引进自动化控制系统，以便对设备运行状态进行动态化监控和管理，保障仪表自动化控制功能的正常发挥。化工企业需要对仪表设备进行定期维护和保养，保障化工企业安全生产。

3.4 强化承包商管理

在化工企业生产管理中，承办商负责企业检测、维修、施工等工作，但是当前承包商管理工作还存在一定的问题，如人员不稳定、积水水平不足、缺乏安全意识等，严重影响整体企业安全生产管理水平。基于此，要结合实际情况，完善承包商管理制度，使其严格执行化工企业安全管理制度，尤其要对招投标企业资质进行严格审查，提前签订安全生产管理协议，并定期组织开展安全教育培训，预先审查施工方案可行性[7]。同时还需要构建更加系统完善的承包商档案，设置准入机制，定期拷克承包商工作效果，对业绩不达标的承包商进行淘汰。在承包商进入化工企业前，需要接受化工企业的安全培训，对承包商工作人员进出情况进行详细记录。此外还需要把承包商在生产中的安全事故纳入化工企业业务管理范围，强化对承包商的审核、考察力度，明确具体的安全管理责任，保障安全管理工作的有序进行。

3.5 作业施工安全管理

在具体管理过程中，需要结合化工生产需求，建立健全危险作业施工许可制度，优化审批流程，严格落实审批程序；此外要需要强化危险作业施工安全管理责任的贯彻执行，提前做好潜在风险分析工作，确认环境条件，确保符合相关技术规范要求后才能开展施工作业；施工人员需要对各个施工条件进行全面分析，如作业风险、作业环境、防控措施等，确认现场环境是否安全，保障符合标准要求后才能开展作业施工。要强化施工作业人员的专业培训力度，要求持证上岗，使其详细掌握施工范围、工艺、设备等，并制定可行性的应急预案，以便对各类安全事故进行有效防控，并对施工过程进行动态监控，严禁私自离开作业现场。

3.6 变更管理

在化工企业生产中，变更管理也是引起安全事故的重要因素，因此在过程安全管理中，要强化变更管理力度，结合化工生产实际情况，制定精细化的变更管理制度，完善变更管理程序，对变更管理范围界限进行明确，同时对变更类型进行合理分类和分级，结合变更类型、级别的差异性，采取相对应的变更审批、验收程序；此外还需要加强变更管理培训与宣传力度，强化管理层的重视程度，给予更多支持和配合，进而实现变更管理工作的规范性、正确性开展[8]。此外还需要强化全体员工对变更管理制度要求的正确理解，详细掌握变更内容，进而保障风险管控工作的贯彻执行；要成立专门的变更管理部门，以便对变更审批、作业风险、风险辨识等工作进行专门负责，保障变更验收、文件补充等工作的有序开展。通过变更管理工作的开展，能够对潜在事故进行有效预防和控制，因此化工企业要定期排查变更管理执行情况，保障变更程序合法性、合规性。

4 结语

综上所述，化学企业生产运行中往往存在大量的风险因素，危害化工生产安全性。因此要加大化工企业对过程安全管理工作的重视程度，精准识别化工生产各个环节中的风险因素，并提出针对性的风险控制措施，进而保障化工生产安全可靠性进行。在具体实施中，需要化工企业结合自身情况，制定完善的过程安全管理制度，强化作业生产过程监督管理，注重作业人员安全管理培训，保障过程安全管理工作的贯彻执行，为化工企业的健康长远发展创建良好条件。

参考文献

[1] 徐立春. 工贸企业生产过程中的安全风险控制[C]// 广西信息化发展组织联合会. 第四届工程技术管理与数字化转型学术交流会论文集. 西安高新区应急管理局;, 2024: 3.

[2] 田超. 企业安全管理系统性思维研究 [J]. 石油化工安全环保技术, 2024, 40 (05): 5-7+34+79.

[3] 陈景,陈唤军. 危化品生产企业过程安全管理探讨 [J]. 化工安全与环境, 2024, 37 (06): 66-68+72.

[4] 李长寿,张素君. 石油化工企业过程安全文化建设要素的思考 [J]. 化工安全与环境, 2024, 37 (04): 31-34.

[5] 郑盛朋. 危化企业安全管理存在的问题与改进策略 [J]. 四川劳动保障, 2023, (06): 21-22.

[6] 胡瑚. 石油化工过程安全技术探究 [J]. 化工管理, 2022, (06): 56-58.

[7] 米雄明. 化工过程安全管理信息化与炼化企业安全文化建设融合应用 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42 (02): 46-47+50.

[8] 朱国强. 过程安全管理在企业中的应用 [J]. 化工管理, 2021, (28): 119-122.

 DOI: https://doi.org/10.12349/cta.v2i1.4766

Study on the safety design and risk assessment of chemical plant

Hangjian Zhang

Dubang Xingda (Wuxi) Single Silk Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu, 214183, China

Abstract

The safety design and risk assessment of chemical equipment are the important links to ensure the smooth progress of chemical production. This study is a comprehensive study on safety design and risk assessment, and the practical evaluation model is proposed and established. First of all, for all kinds of chemical devices, the possible safety risks are classified and sorted out, and the key units for safety strategy design are identified. Secondly, a risk assessment model based on scientific quantification is proposed to comprehensively evaluate various risk factors through multi-dimensional and multi-angle quantitative analysis. Finally, according to the evaluation results, the safety design scheme and risk prevention measures are formulated to manage and control risks more effectively. This study will help the continuous operation of chemical equipment in a safe environment, reduce the risk of safety accidents in chemical production, improve equipment efficiency and reduce economic losses.

Keywords

chemical plant; safety design; risk assessment; quantitative assessment model and risk prevention measures

化工装置安全设计与风险评估研究

张航健

杜邦兴达（无锡）单丝有限公司，中国 · 江苏 无锡 214183

摘　要

化工装置的安全设计和风险评估是保障化工生产顺利进行的重要环节。本研究针对化工装置进行了全面深入的安全设计与风险评估研究，提出并建立了具有实用价值的评估模型。首先，针对各类化工装置，对其可能存在的安全风险进行分类和整理，确定了需要进行安全策略设计的关键单元。其次，提出了基于科学量化的风险评估模型，通过多维度和多角度的定量分析，对各类风险因素进行全面评估。最后，依据评估结果，针对性研究制定了安全设计方案与风险防范措施，以更有效地管理和控制风险。此研究将有助于化工装置在安全的环境下持续运行，降低化工生产中的安全事故发生风险，提高设备效率，减少经济损失。

关键词

化工装置；安全设计；风险评估；量化评估模型；风险防范措施

1 引言

化工装置的安全难题一直是化工领域关注的焦点，其涵盖的问题既有技术性，也有管理性。人为失误及设备故障是化工领域事故出现的主要原因，设计的合理性、设备运行的安全性决定了化工装置是否能经受住各种风险的考验。对于化工装置的安全设计与风险评估，急需展开深度研究。

2 化工装置安全风险现状及挑战

2.1 化工装置安全事故的类型和影响

化工装置安全事故具有多样性，其类型主要包括火灾爆炸事故、有毒有害物质泄漏事故、设备失效事故以及操作失误引发的事故等。这些事故的发生通常伴随着严重的经济损失、环境污染以及人员伤亡。火灾爆炸事故是化工行业中常见且破坏性最强的事故类型，往往导致连锁反应，造成大面积设施损坏和物资损失。危险化学品的泄漏不仅对作业人员的生命安全构成威胁，还可能造成周边环境的长期污染。设备失效事故则常因长期运行和维护不当导致，可能引发整个工艺流程的中断，导致企业生产效率降低。操作失误引发的事故则普遍涉及人为因素，往往具有不可预测性和复杂性。上述事故的社会影响显著，包括对公众安全感的冲击和对区域经济的负面影响。化工装置的安全事故类型及其重大影响强调了加强安全设计和风险管理的必要性，以降低潜在危害并增强系统的稳定性。

2.2 化工装置安全设计与防范的挑战

化工装置安全设计与防范面临多重挑战，包括复杂多样的工艺环境、安全风险因素的动态变化、设备老化与维护不足，以及人员操作不当等，需针对风险特性制定科学的防控策略以确保安全运行。

【作者简介】张航健（1992–），男，满族，中国吉林松原人，本科，工程师，从事安全工程研究。

3 化工装置的安全风险分类和识别

3.1 化工装置的主要安全风险类型

化工装置的主要安全风险类型可分为多种，涉及生产、操作及环境等多个领域。在生产过程中，化学反应的不稳定性及物料泄漏是重要的风险源，可能导致爆炸或火灾等严重事故。操作过程中，由于设备老化或人为操作失误，常引发系统故障，对生产安全构成潜在威胁。环境因素如高温高压以及腐蚀性物质的影响，会加速设备的磨损，导致设备性能下降，从而增加事故发生率。化工装置的控制系统若出现故障或失灵，可能导致整个生产过程失控，进而引发重大安全事故 [2]。随之而来的连锁反应，可能造成更大范围的人员伤亡和经济损失。

3.2 化工装置的关键单元和设备

化工装置的关键单元和设备在安全风险评估中占据重要地位。关键单元通常包括反应器、分离器、储罐、输送管道及其附属设备。这些单元由于其复杂的工艺流程和操作条件，容易诱发事故。反应器作为化工生产的核心，承载着进行化学反应的任务，其运行状态对整个系统的安全至关重要。分离器用于分离产品或杂质，操作不当可能导致泄漏或意外反应。储罐作为物料储存的主要设施，一旦发生泄漏，可能引发严重的环境和安全问题。输送管道连接各关键单元，故障可能导致大面积停产和安全事故。对这些设备的风险识别和管理至关重要，以确保化工装置的整体安全运行。

3.3 化工装置的风险识别过程和结果

化工装置的风险识别过程包括关键单元的筛选、潜在风险源的识别以及风险影响的评估 [3]。通过系统分析和数据收集技术，确定了易引发安全事故的设备及流程环节。结合历史事故案例与专家判断，应用危险与可操作性研究 (HAZOP)、故障树分析 (FTA) 等方法，对可能的风险因素进行深入分析。在识别过程中，明确了不同风险源的作用机制和关联关系，形成了系统性的风险分布图。结果表明，高温高压作业、腐蚀性化学物质泄漏以及关键设备失效是主要风险因素，需重点关注并采取针对性防范措施。

4 基于科学量化的化工装置风险评估模型

4.1 多维度多角度的风险因素分析

多维度多角度的分析是进行化工装置风险评估的基础，旨在识别并量化多种风险因素对装置安全运行的影响。风险因素主要涵盖物质危险性、操作条件、设备可靠性、环境条件和人因影响等方面。在物质危险性方面，需要分析所涉及化工原料及中间体的物理化学性质，包括可燃性、毒性、爆炸性和反应活性等特征 [4]。在操作条件方面，重点关注温度、压力、流量等工艺参数的变化范围及其对风险的诱发可能性。设备可靠性方面，需综合评估关键设备的故障模式、失效后果以及维护状况对系统整体安全性的作用。环境条件则强调外部因素如自然灾害、周边环境和场地条件的潜在影响。人因分析深入研究操作人员的知识水平、行为模式和应急能力对安全事件发生的干预作用。通过多角度观察和多参数关联分析，能够为后续量化评估模型提供科学支撑。

4.2 化工装置风险的量化评估指标

化工装置风险的量化评估指标是建立科学量化评估模型的基础，其设计需充分体现风险的关键属性，包括可能性、严重性和暴露度等核心维度。可能性指标通过对设备故障率、工艺参数波动频率及失效历史数据的分析确定，用于表征风险事件发生的概率。严重性指标主要评估事故对人员、设备、环境及经济的潜在影响，结合泄漏量、毒性、易燃性等参数进行计算。暴露度指标则根据危险状态出现的时间长度及频率来量化。为提高评估的准确性，还应考虑设备老化程度、环境条件、操作习惯等外在因素，并通过加权方法整合各指标。上述指标体系为化工装置的全面风险评估提供了定量依据，可实现对风险的深入理解和科学管理。

4.3 量化评估模型的建立和参数选择

在化工装置风险评估模型的建立过程中，需选取精准的量化指标，以全面评估风险因素。模型构建应综合考虑设备的物理状态、操作条件和历史事故数据，采用数学和统计方法进行风险量化。参数选择应基于数据的可靠性和相关性，确保模型的准确性和可操作性。通过灵敏度分析优化模型参数，以提高评估结果的可信度，为安全设计提供指导。

5 化工装置安全设计方案与风险防范措施

5.1 安全设计方案的确定和优化

安全设计方案的确定和优化是化工装置安全管理中的关键环节。为有效降低风险并保障生产安全，需要在设计方案中融入先进的安全理念与技术。对装置进行全方位的风险评估，识别高风险单元和关键设备，确保设计方案的针对性和可操作性。通过使用多维度的风险分析工具，细致评估各类潜在风险的概率和影响，形成量化的风险地图，以指导设计方案的具体实施。综合考虑化工装置的复杂性和生产特点，结合最优工艺流程和防护措施，实施动态优化设计。在设计过程中，还需考虑技术的可升级性和适应性，以便在新技术和实践经验的影响下进行持续改进。只有在确保设计全面和有效的基础上，才能为装置的安全稳定运行提供有力保障，并提升其整体效率和经济效益。

5.2 风险防范措施的选择和实施

风险防范措施的选择和实施在化工装置的安全设计中至关重要，直接关系到装置的安全运行和事故预防。有效的风险防范措施需要综合考虑化工装置的具体特性、风险评估结果及外部环境因素。针对识别的风险类型，需制定针对性的防范策略，确保措施的科学性与实效性。风险消减技术、自动化控制系统和防护设备等技术手段在防范措施中应用广泛。实施过程中应依据合规标准和最佳实践，确保良好的设备管理和人员培训。信息监控和预警系统的建立，可实现

对潜在风险的实时监控与早期预警。通过以上措施的全面实施，能有效增强化工装置的抗风险能力。

5.3 风险管理和控制的关键步骤

风险管理和控制的关键步骤是确保化工装置在安全设计中持续发挥作用的核心。应制定详细的风险管理计划，明确各个阶段的风险控制目标和责任。对于识别出的风险，应采用科学的量化评估方法进行优先级排序，确保资源合理配置。制定并实施针对特定风险的控制措施，确保其在操作中得到有效应用。实时监控和定期审查控制措施的效果是必要的，可以通过数据采集和分析及时调整策略。加强员工培训，提高其对风险的认识和应对能力，确保所有措施和计划有效落实。

6 化工装置安全设计与风险评估的应用与效果

6.1 化工装置安全设计与风险评估的应用领域

化工装置安全设计与风险评估的应用领域涵盖多个关键工业环节和领域，广泛应用于化工、石油、天然气、制药以及材料加工等行业。这些领域中，化工装置因涉及多种高温、高压、易燃、易爆、有毒等危险介质，其设计与运行需要严格的安全保障体系。在石油和天然气领域，通过风险评估模型对管道输送、储存装置进行安全分析，有助于提高设备可靠性并降低事故发生概率。在制药工业中，利用科学量化的风险评估对涉及反应釜和精馏装置的工序进行安全设计，可有效避免因操作失误或设备故障引发的安全问题。在材料加工和新工艺开发中，风险评估可用于识别潜在安全隐患，为新技术的工程化实施提供安全保障。该方法的广泛应用显著增强了化工装置的系统安全性，推动了工业生产的可持续发展。

6.2 安全设计与风险评估的经济效益分析

安全设计与风险评估的经济效益主要体现在事故防范、资源优化和生产效率提升等方面。通过全面的安全设计，可以有效降低化工装置运行中的事故发生率，减少因事故引发的人员伤亡、设备损毁及停工损失，从而节约巨额经济成本。基于科学量化的风险评估模型能够精确识别高风险因素，使得资源分配更加合理，有助于优化化工装置的管理和运行流程。安全设计和风险防范措施的实施提高了设备稳定性和使用寿命，减少了维护和更换成本，保障了化工企业的长期稳定收益。优化的安全策略还能够促进企业的绿色、可持续发展，提升市场竞争力与品牌公信力。

6.3 技术应用和持续改进的重要性

技术应用和持续改进在化工装置的安全设计与风险评估中至关重要。通过实施先进的技术应用，可以显著提高装置的安全性和运行效率，最大限度地减少事故发生的可能性。在安全评估实践中不断融入最新的技术进步，有助于及时识别和应对新兴风险。持续改进的过程确保了安全设计方案能够动态适应环境和技术的变化，保持其有效性和科学性。这种动态适应性对于实现长期的安全和经济效益至关重要。保证技术始终处于前沿位置，不仅提高了安全标准，也增强了企业的竞争优势。

7 结语

总结来看，本研究主要从三个方面阐述了化工装置的安全设计与风险评估 : 首先对各类化工装置的安全风险进行了彻底的分类和整理，并确定了需要进行安全策略设计的关键单元；其次开发了一种基于科学量化的风险评估模型，该模型通过多维度和多角度进行定量分析，全面评估了各类风险因素；最后，根据评估结果，定制了特定的安全设计方案和风险防范措施，以更好地管理和控制风险。通过这一研究，能够为化工装置在安全环境下的持续运行提供依据，降低化工生产中的安全事故发生风险，提高设备效率，并减少经济损失。然而，该研究的评估模型仍存在一些局限性。例如，模型可能没有考虑到所有可能的风险因素，或者一些风险因素可能被高估或低估。同时，安全设计方案和风险防范措施的实施效果还需要在实际生产中进行验证。未来的研究可以继续深化和扩展该研究，例如，可以进一步改进和完善风险评估模型，使其更加准确地预测潜在的风险；或者可以探索更多的安全设计策略和风险防范措施，以适应不断变化的生产环境。总的来说，本研究为化工装置的安全设计与风险评估提供了一种新的视角和方法，未来的研究可以在此基础上进一步发展和提升。

参考文献

[1] 丁都林成杰.化工装置SIS系统功能安全评估体系的研究与应用[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(01):1-3.

[2] 林琅.基于模糊综合评价法的石油化工装置安全风险评估研究[J].能源与环保,2021,43(07):100-104.

[3] 韩凯.石油化工装置设计与安全[J].化工设计通讯,2020,46(05):84-84.

[4] 陈硕胡苏.典型化工装置安全完整性评估验证[J].现代化工,2020,40(05):10-13.

Problems and Countermeasures of Safety Training in Chemical Enterprises

Yingjun Zhang

Beijing Yanshan Petrochemical Company Party School (Education and Training Center), Beijing, 102511, China

Abstract

Safety training is crucial for chemical enterprises, but there are currently problems such as insufficient systematic content, mechanized training methods, and superficial assessment and evaluation, resulting in low knowledge conversion rates and weakened accident prevention effectiveness. Suggest building a "three-dimensional integrated" training system: implement job risk profiling in terms of content, and design courses in a graded and classified manner; Introduce immersive methods such as VR accident simulation, digital twin factories, and emergency sand table simulation in terms of methodology; The evaluation adopts a four-dimensional assessment of "theoretical testing+practical exercises+behavioral observation+process tracing". At the same time, industry associations should develop modular training standards and establish a dynamic update mechanism. Government departments should strengthen online supervision and on-site supervision, and enterprises should improve the digital management of training records. Through multi-party collaboration, a "teaching learning practice examination" closed-loop system should be constructed to effectively enhance employees' safety literacy and emergency response capabilities, laying a solid safety foundation for the high-quality development of the chemical industry.

Keywords

Chemical enterprises; Safety training; Problem; countermeasure

化工企业安全培训存在的问题及对策

张英军

北京燕山石化公司党校（教育培训中心），中国 · 北京 102511

摘　要

安全培训对化工企业至关重要，但当前存在内容系统性不足、培训方式机械化、考核评估流于形式等问题，导致知识转化率低、事故预防效能弱化。建议构建"三维一体"培训体系：内容上实施岗位风险画像，分级分类设计课程；方法上引入VR事故模拟、数字孪生工厂、应急沙盘推演等沉浸式手段；评估上采用"理论测试+实操演练+行为观察+过程追溯"四维考核。同时，行业协会应制定模块化培训标准并建立动态更新机制，政府部门加强线上监管与实地督导，企业完善培训档案数字化管理，通过多方协同构建"教-学-练-考"闭环体系，切实提升员工安全素养与应急处置能力，为化工行业高质量发展筑牢安全根基。

关键词

化工企业；安全培训；问题；对策

1 引言

化工企业在生产过程中所面临的安全风险众多，稍有操作不当都可能导致安全事故的发生，如有毒物质泄露、釜内超压爆炸、设备突然起火、受限空间作业中毒等。通过安全培训，不仅可以增强员工的安全意识，使其在实际操作中规范自身操作，避免不安全行为的出现，有效降低安全事故的发生，给化工企业创造一个安全、稳定的生产环境，推动化工企业高质量发展。[1]

【作者简介】张英军（1971–），男，中国山东济南人，本科，中级经济师，从事教育培训研究。

2 当前化工企业安全培训的主要问题

2.1 培训形式单一，针对性不强

当前，化工企业常用的安全培训方法，就是对安全生产法律法规、安全操作规程、安全技术标准等内容进行理论式的讲解与灌输，虽然有时也会辅以简单的模拟与演示培训，但往往只是浅尝辄止，培训效果不理想。同时，这种单一的培训方式，很难调动起参训职工的积极性，员工慢慢将安全培训视作为无关紧要的"差事"，甚至认为是一种变相的负担，从而产生反感和抵触心理，导致培训目标常常无法实现。另外，许多化工企业在开展安全培训时，通常都是要求全员参与，没有考虑到不同岗位、不同部门、不同层级职工的差异化需求，这种"无差别"式的安全培训往往难以达到预期的培训效果。中国化学品安全协会 2023 年调研显示，

63% 的化工企业安全培训满意度低于 60%，其中中小型企业培训资源匮乏问题尤为突出。某省应急管理厅事故分析报告指出，近五年 86% 的化工事故直接原因涉及员工违规操作，而背后深层原因则是培训失效导致的安全意识薄弱。

2.2 相关机制不健全，员工参训动力不足

化工企业的安全培训之所以投入了大量的人力、物力和财力却依旧收效甚微，很大原因在于缺乏相关机制作为保障，导致很多员工无法从思想上重视每次的安全培训，课堂参与度较低，参与培训的动力不足，同时员工也无法认识到安全培训的价值和意义，使得安全培训效果不理想；还有一部分化工企业缺乏科学的培训评估机制，安全培训并非一次性活动，后续的监督和评估同样尤为关键，但不少企业却忽略了这点，导致员工在培训中获得的知识和技能得不到强化与内化，难以在工作中体现及应用，时间一长，员工便会将所学内容遗忘殆尽，最终导致企业为安全培训付出的努力付之东流。同时，企业由于无法及时获取培训效果与意见反馈，才难以对培训中的不足进行针对性的改进，导致安全培训一直陷入低效的层面，强调过多次的安全问题仍旧一而再的出现，给企业安全生产埋下了巨大隐患。[2]

2.3 培训目标模糊不明，培训过程混乱无序

培训目标是否明晰在很大程度上决定培训的成败。当前，许多化工企业在开展安全培训时，仅仅对培训内容及时间做了简要的说明，但并未明确表达培训的目标。一方面会导致难以衡量培训是否达到预期成果，影响后续培训计划的制定与改进；而另一方面也很可能会导致培训过程东拉西扯，混乱无序，呈现出较大的随意性，员工听得晕头转向，无法准确把握培训的重点，最后也没有从中获取到有用的安全知识与技能，致使员工心生困惑，不清楚培训的目的何在，从而严重打击了他们参训的积极性。在这种情况下，安全培训自然难以达到预期的效果，而这无疑是对企业时间、资金和资源的巨大浪费。

2.4 培训师资力量薄弱，培训质量无法保证

培训师资力量的强弱直接决定着培训质量的高低。[3] 当前，大部分化工企业的安全培训师资力量较为薄弱，由于缺乏专业素养过硬的优质培训师资作为支撑，导致培训质量无法得到有力保证。一些化工企业不惜花费重金从外部聘请专业的讲师，但却忽略了这些外聘讲师对企业的生产情况知之甚少，这也就导致授课内容严重脱离员工的实际需求，不能解决员工在实操中遇到的问题，而且内容以理论知识为主，实用性不强，企业根本的安全问题依旧未能得到解决。还有一些企业选择内部人员作为讲师，但是其并未接受过系统的培训，专业性不强，授课水平有限，致使安全培训效果平平，甚至很可能会误导员工，并引发安全事故。因此，建立一支高素质的培训师资队伍成为保证安全培训质量的关键所在。

3 提高化工企业安全培训效果的具体对策

3.1 结合员工实际需求，灵活选择培训方式

安全培训的质量要想得到切实保证，那么就必须根据员工的实际需求有的放矢的开展培训工作，这样才能确保每一场安全培训都实效满满。对此，化工企业在开展安全培训前，必须对员工的需求有深度的了解和掌握，因为不同岗位和层级的职工对安全培训的需求通常也是大相径庭，例如，一线操作工更倾向于掌握一些与本岗位相关且较为实用的安全知识、安全操作技能以及突发事件的应对方案等；而管理人员则更倾向于能掌握一些与安全管理相关的新思维、新理念、新方法等。因此，化工企业应事先通过必要的手段来对员工的需求进行调研和分析，常用的调研手段有面谈、现场观察、意见箱、问卷调查等，以此来掌握员工真实的想法、需求和期望，洞悉他们在本岗位中遇到的安全问题及困惑。根据员工的实际反馈，以此来选择最为适宜的培训方式、培训内容等，确保能够满足不同员工的需求，可以切实解决他们在工作中遇到的问题与困惑。

另外，培训方式也应力求灵活多样，避免单一的培训方式挫伤职工的参与热情。[4] 对此，化工企业应结合培训内容及员工实际情况，为员工提供多元化的培训方式。例如，企业可以开发内部的在线安全培训课程，让员工的培训不再受时间和空间的约束；还可以利用虚拟仿真技术建立高度逼真的化工生产环境，让员工在虚拟环境中去亲身进行安全操作实践以及各种突发情况的应急处理等，使其可以切实体验到因操作不当而引发的严重后果，从而能够帮助员工及时纠正自身的不安全操作行为，增强安全意识，并提升应急处置能力，为企业安全生产提供有力保障。以万华化学为例，其构建的“岗位风险矩阵培训体系”值得借鉴：针对反应操作岗开发“异常工况处置 VR 实训系统”，利用数字孪生技术模拟 30 种事故场景；为维修人员设计“能量隔离实景沙盘”，通过物理模型演练上锁挂牌流程；管理人员则通过“安全领导力工作坊”学习瑞士奶酪模型、屏障管理等前沿理论。这种精准化培训使员工违规率下降 57%，应急响应时间缩短 40%。

总之，安全培训的形式应丰富多变，从而最大程度激发员工的参训热情。

3.2 不断完善相关机制，为培训效果保驾护航

为了切实保证企业安全培训的实效性，就必须依赖于完善的机制作为坚实保障。首先，建立科学的奖惩机制。奖惩机制能够对员工的行为发挥卓有成效的规范和约束作用，同时也是激励员工最强有力的武器。在安全培训过程中，许多参训职工之所以积极性不高，就在于缺乏必要的奖惩机制。对此，这就需要化工企业针对安全培训着手建立一套强而有力的奖惩机制。比如，可以通过知识问答竞赛、书面考核、实操演练、技能大比拼等方式，以此来检验参训职工对

安全知识与技能的掌握情况，对于各方面表现突出的职工要给予奖励，奖励手段多种多样，如荣誉奖励、经济奖励、提供晋升和培训机会、调整福利待遇、改善工作环境、给予评优评先资格等，以此激励员工以更加高涨的热情参与培训；对于表现不佳的员工，则要进行适当的惩处，如给予通报批评、调离当前工作岗位、扣发奖金、暂停晋升和加薪机会、留用查看等，以此来端正员工的参训态度，从思想上重视并认真对待每一次安全培训，确保培训目标的实现。其次，要建立健全的监督机制。通过对员工的课堂表现、作业完成情况、态度以及行为的改变、知识以及技能水平的提升等安全培训情况实施持续而有力的监督，从而最大程度保证安全培训的质量与效果。最后，建立有效的评估机制。通过对安全培训的实际效果进行科学评估，及时发现培训工作中所存在的不足，以便对培训计划、内容、形式等进行优化改进。

3.3 精准制定培训目标，促进培训计划达成

清晰的培训目标是培训计划成功达成的前提保障。一个明确的目标如同指明灯，可以为安全培训活动的顺利开展指明方向，从而更容易达到理想的效果。但是，目前不少化工企业在开展安全培训时却漫无目的，培训内容东拉西扯，员工难以感受到培训的价值和意义，所以便渐渐丧失了参训的动力。对此，企业在制定培训计划时，首要一点就是必须精准定位培训目标，明确培训的最终目的和意义，让员工深切体会到安全培训不是“逢场作戏”，而是能在关键时刻切切实实保障自己和同事的生命安全，从而摆正态度，积极参与培训，变被动学习为主动学习，进而促进培训计划的顺利达成。[5] 化工企业要结合自身的行业特点、生产实际还有存在的风险因素等，并在此基础上设定明晰可行的、易于衡量的、能够实现的培训目标。

3.4 加强师资队伍建设，推动安全培训走深走实

培训师资水平的高低与培训效果的好坏密切相关。因此，要想实现高质量的安全培训目标，就必须打造一支综合素养过硬的培训师资队伍。对此，化工企业可以从一线员工和管理人员中进行合适的人才选拔，要尽量选择那些安全素养较高、实践经验充足、安全知识丰富、谈吐能力出众的人员来担任培训讲师。内部培训讲师通常对企业的生产特性及现场情况有一个深入的了解，同时对员工现有的安全知识、技能、工作环境等情况掌握得较为清楚，因此可以根据企业实情及员工需求来针对性开展培训。与此同时，也要不断为他们提供培训和进修的机会，使其学习先进的安全管理经验，掌握最新的安全理念，不断提高安全培训水平，并鼓励他们深入基层现场，对现场不安全因素进行深入调查和分析，及时纠正所发现的安全问题，从而最大程度遏制事故的发生，确保安全生产无死角，同时在此基础上设计的培训内容也更贴近企业实际生产，实用性更强，能够解决员工遇到的现实问题，因此更容易被员工所接纳，培训效果自然也更加理想。

4 结语

安全问题一直都是化工企业最为重视的问题。尤其随着近几年化工安全事故的频频发生，安全问题开始备受化工企业的关注，并深刻意识到了安全培训的重要性，并加大了培训力度。然而，当前化工企业的安全培训却存在培训形式单一，针对性不强、相关机制不健全，员工参训动力不足、培训目标模糊不明，培训过程混乱无序、培训师资力量薄弱，培训质量无法保证等问题。为了解决这些问题，化工企业应当积极采取相应的对策：结合员工实际需求，灵活选择培训方式、不断完善相关机制，为培训效果保驾护航、精准制定培训目标，促进培训计划达成、加强师资队伍建设，推动安全培训走深走实。通过以上措施，能够有效提升安全培训的质量，从而为化工企业的长远发展筑牢安全基石。

参考文献

[1] 黄陈.化工企业安全培训存在的问题及对策[J].常州工程职业技术学院学报, 2011(8):71-72.

[2] 李伟.化工企业员工安全教育培训存在的主要问题及改进措施[J].中国化工贸易, 2020(6):34-35.

[3] 史越.构建化工企业安全培训体系的探讨与研究[J].工业安全与环保, 2021, (9):3.

[4] 陈朝华.化工企业员工安全教育培训存在的主要问题及改进措施[J].信息周刊, 2020(10):2.

[5] 王海娥.化工企业员工安全培训方法探究[J].现代职业安全, 2023(5):54-55.

 DOI: https://doi.org/10.12349/cta.v2i1.4768

Anti-deformation analysis in the manufacturing process of pressure vessels

Shensheng Luo

China National Petroleum Sixth Construction Co., Ltd., Guilin, Guangxi, 541000, China

Abstract

Pressure vessels are widely used in industrial production, and their performance and safety are crucial to the production process. As an important industrial equipment, the pressure vessel carries the extreme conditions such as the pressure and temperature in the production process, and its structure and performance are directly related to the production safety. This paper analyzes the main types of deformation during pressure vessel manufacturing, such as welding deformation, machining deformation and heat treatment deformation, and discusses the reasons. In view of these problems, a number of anti-deformation measures are put forward, including the selection of welding sequence and method, stress control in the cutting process, uniform heating and cooling, etc., including the optimization of the overall structural design, to reduce the deformation risk by improving the stiffness and reasonable selection.

Keywords

pressure vessel; manufacturing process; Anti-deformation; Effective measures

压力容器制造过程中的防变形分析

骆参升

中国石油天然气第六建设有限公司，中国·广西 桂林 541000

摘　要

压力容器在工业生产中广泛应用，其性能和安全性对生产过程至关重要。压力容器作为重要的工业设备，承载着生产过程中的压力和温度等极端条件，其结构和性能直接关系到生产安全。本文分析了压力容器制造过程中变形的主要类型，如焊接变形、机械加工变形和热处理变形，并探讨了其原因。针对这些问题，重点研究提出了多项防变形措施，包括焊接顺序与方法的选择、切削过程中的应力控制、均匀加热与冷却等，还包括整体结构设计优化，通过提高刚度和合理选型，减少变形风险。

关键词

压力容器；制造过程；防变形；有效措施

1 引言

压力容器在制造过程中，常常会遭遇不同类型的变形问题，导致产品质量下降，甚至发生事故。如何有效防控变形问题，成为压力容器制造领域的关键课题，文章将对此重点研究，旨在减少变形风险，确保压力容器的稳定性和安全性。

2 压力容器变形问题的危害

压力容器在现代工业生产中扮演着重要的角色，广泛应用于石油化工、电力、冶金、天然气等行业。其主要作用是承受高压或低压环境下的液体或气体，确保化学反应、物料储存和运输等过程中安全、高效的进行。例如，在石油化工厂，压力容器用于储存和反应化学品，在发电厂中，用于热交换、蒸汽生成等关键环节，这些容器往往涉及到高温、高压条件下的操作，因此其结构安全性至关重要。

压力容器在制造和使用过程中，容易会出现变形问题，导致严重的安全隐患。首先，变形会影响容器的结构强度。由于焊接、机械加工等工艺过程中的不当操作，压力容器会发生局部或整体的形变，如弯曲、变扭或膨胀，这会使其承受的应力分布不均，从而影响容器的承压能力。一旦发生极端变形，容器就会无法承受内部的压力，进而导致爆裂或泄漏，产生重大安全事故。其次，变形还会影响压力容器的密封性。容器的密封性能，对于防止气体或液体泄漏至关重要，任何形变都会破坏密封面，导致泄漏。这不仅会造成物料浪费，还会对环境造成污染，甚至引发火灾或爆炸等二次灾害。最后，压力容器的变形，还会影响其长期稳定运行。变形导致应力集中，会引发疲劳裂纹的形成，进而加剧材料老化和破裂风险，这对设备的维护和使用寿命提出了更高要求，增加了维护成本和安全隐患。因此，确保压力容器在制造过程

【作者简介】骆参升（1999–），男，中国广西防城人，本科，助理级工程师，从事化工设备制造、钢结构制造研究。

中避免变形问题的发生，是保障生产安全的必要措施，也是维护环境安全和经济效益的重要手段。

3 压力容器制造过程中变形问题的类型及原因

压力容器在制造过程中，变形是一个常见的问题，主要表现为焊接变形、机械加工变形和热处理变形，这些变形会影响容器的结构稳定性和安全性。具体而言：（1）焊接变形。焊接变形由焊接过程中产生的热应力引起。由于焊接区域的金属加热至高温，再冷却时收缩，导致焊接接头区域和邻近区域的应力不均匀分布。尤其是在厚壁压力容器的焊接过程中，局部加热会使金属膨胀，焊缝两侧的冷却速率不同，造成拉应力和压应力的变化，从而导致变形 [1]。不同的焊接方法，如手工电弧焊、气体保护焊等，在热输入和冷却速度上有所不同，因此会对变形程度产生影响。例如，气体保护焊由于其较小的热输入，变形较轻，而手工电弧焊由于热输入较大，易造成较严重的变形。（2）机械加工变形。在机械加工过程中，如切削、铣削等操作，工件的应力状态会发生变化。切削过程中，由于刀具与工件接触，产生了局部高温和切削力，这些因素会导致工件发生微小的形变，尤其是对薄壁压力容器来说，更易产生变形。工件形状与刚度的关系密切相关，较薄的工件在加工时容易受到变形，而厚壁工件则较为稳定。工件的支撑方式和夹具设计，也对加工过程中的变形程度有重要影响，不合理的支撑容易导致工件变形。（3）热处理变形。热处理过程中的变形，通常由加热和冷却过程中的温度梯度造成。在加热阶段，由于金属材料内部的温度分布不均匀，温度差异导致膨胀不一致，从而引发应力。而在冷却过程中，外部温度较低时，工件表面会迅速冷却，而内层温度较高，导致金属表面收缩速率较快，进而产生收缩变形。温度梯度对变形的影响特别显著，尤其是在大型压力容器的热处理过程中，较大的温差会导致显著的形变。因此，合理的加热与冷却方案，对于控制热处理变形至关重要。

4 压力容器制造的防变形的措施

4.1 焊接变形防控

在压力容器的制造过程中，焊接变形是最常见的变形类型之一。为了防止焊接过程中出现变形问题，必须采取一系列有效的防控措施。具体包括：（1）焊接顺序与方法选择。合理的焊接顺序，可以确保焊接过程中应力的均匀分布，避免因局部加热而引发过大的热应力。常见的焊接顺序方法，包括对称焊接和交替焊接方法。在对称焊接中，焊接操作从容器的两端或两侧开始，逐步向中间进行，这样可以在一定程度上平衡热应力，减少局部变形。在交替焊接法中，焊接操作分阶段进行，每次只焊接局部区域，焊接热量较为分散，避免了热量过度集中导致的热变形。焊接方法的选择，也会影响变形的程度。低热输入的焊接方法，如气体保护焊、埋弧焊等，能够有效减小焊接热应力，相较于高热输入的焊接方法，如手工电弧焊，能够有效减少变形 [2]。（2）预热与焊后处理。预热能在焊接前减少焊接区域和母材之间的温差，从而避免热应力的急剧变化。特别是在厚壁压力容器的焊接中，预热可以有效降低焊接过程中由于温差过大导致的裂纹和变形的风险。焊后处理，如应力消除退火，也可以有效减小焊接残余应力，避免因应力集中导致的变形或开裂。通过控制焊后冷却速率，就可以避免因冷却过快引发的塑性变形，同时保持材料的机械性能。（3）使用夹具和支撑装置。在焊接过程中，使用夹具可帮助固定工件，确保工件在焊接过程中保持正确的位置，避免由于焊接热膨胀和冷却收缩造成的变形。支撑装置则可以帮助承受焊接过程中产生的热应力，防止工件弯曲或变形。在焊接厚壁压力容器时，支撑装置尤其重要，它能为工件提供额外的支撑力，使其在焊接过程中不易发生形变。此外，合理的支撑位置和夹具设计，应根据工件形状、焊接顺序以及焊接过程中的热输入进行优化，确保最大限度地减少变形。

4.2 机械加工变形防控

机械加工是压力容器制造过程中的重要环节。机械加工变形主要来源于切削过程中产生的应力、加工时的热量积累，以及加工精度的控制。为了有效防控机械加工变形，可以采取下列措施：（1）切削过程中的应力控制。在机械加工中，切削力和切削热是导致变形的主要因素。当刀具与工件接触时，切削力会产生局部应力，尤其是在切削过程中，力的集中作用会导致工件表面产生不均匀的应力分布，进而引发变形。为了有效控制切削应力，就需要合理选择切削参数，如切削速度、进给速度和切削深度等。高切削速度和适当的进给速度，有助于减少切削力，同时降低变形的风险。采用合适的刀具材料和几何形状，也能有效减小切削力，降低应力集中。刀具材料需要具备较高的硬度和耐磨性，以保证加工精度并减少变形。（2）加工过程中的冷却与润滑。切削过程中产生的热量，会导致材料膨胀，还会改变材料的微观结构，从而影响加工精度和工件的形变。为了有效控制加工过程中的温度，应使用冷却液进行冷却。冷却液的作用是降低切削区域的温度，减小热膨胀，并帮助排除加工过程中产生的切屑。合理选择冷却液类型和喷洒方式，就可以提高加工质量，减少变形。此外，润滑也是防控变形的关键，适当的润滑就能减少摩擦，还能有效降低切削力和热量积聚。通过优化冷却与润滑方案，可以有效降低因温度升高所引发的变形问题。（3）精密加工技术应用。精密加工技术能够有效提高加工精度，减少变形风险。在压力容器的制造中，尤其是对于薄壁或复杂形状的工件，精密加工技术显得尤为重要。常用的精密加工技术，包括电火花加工、激光加工、超声波加工等，这些技术能在加工过程中提供更高的控制精度，减少因切削力过大或温度过高引起的变形。此外，还可以通过高精度的测量与控制系统，实时监控工件的加工状态，及时调整加工参数，确保工件在加工过程中保持稳定

的形状与尺寸[3]。

4.3 热处理变形防控

热处理是压力容器制造中的重要工艺过程，通过加热和冷却的方式，改善金属的组织和性能。然而，热处理过程中不当的加热或冷却方式，会导致工件发生变形。因此，防控热处理变形，需要关注：（1）均匀加热与冷却控制。在热处理过程中，金属材料的加热和冷却过程，是决定变形程度的关键因素。如果加热或冷却不均匀，材料的不同部分将受到不同程度的热膨胀或收缩，导致内外应力差异，从而引发变形。为了确保热处理过程中变形的最小化，必须严格控制加热和冷却的均匀性。在加热过程中，应确保炉内温度均匀分布。加热时，工件的不同部位，应尽可能同时达到所需温度，避免温度梯度过大。特别是在厚壁压力容器的热处理过程中，均匀加热更为重要，可以采用温控设备，调整加热炉的温度分布，确保工件的各部分均匀加热。在冷却过程中，冷却速率应均匀，避免局部过快冷却，快速冷却会导致局部区域材料收缩过快，从而引发变形和裂纹。具体可以使用定向喷雾、气流冷却或油淬等方式，有效控制冷却速率，减少变形的风险。（2）合理的热处理工艺设计。热处理工艺的合理性，直接关系到温度变化的平衡、应力的释放以及材料性能的提高。在热处理前，需要根据工件的材质、形状和使用要求，选择合适的加热温度、保温时间和冷却方式。设计合理的加热和冷却速率，是防止变形的基础。过快的加热或冷却，会导致热应力的不均匀分布，增加变形风险。针对不同材料和工件形状，可以通过实验或理论计算，确定最佳的加热和冷却速率。在热处理过程中，还可以采取分段加热或分步冷却的方法，以减少工件表面和内部的温差，避免因急剧的温差变化产生变形。热处理工艺的设计，还需考虑到应力的释放。通过控制加热和冷却的过程，使金属内部的应力逐渐释放，避免过大的内应力造成变形。例如，采用退火工艺时，可以在加热过程中保持一定时间，从而让材料中的内应力逐渐放松，并保证冷却时的应力分布均匀。

4.4 整体结构设计优化

合理的结构设计，能够有效提高容器的刚度与稳定性，避免在承受压力或外部负荷时发生不必要的形变。具体要关注：（1）提高容器刚度与稳定性。在设计阶段，要考虑容器在使用过程中可能遇到的各种载荷，包括内部压力、外部机械载荷、温度变化等，这些载荷会导致容器发生变形，甚至引发破裂或泄漏。合理的结构形状设计，有助于均匀分布内部应力。通常，圆柱形和球形容器具有较高的刚度，能有效分散内外压力，减少局部变形。因此，在设计时，应根据容器的使用要求和内部介质的性质，选择合适的形状。增加容器的支撑点，也是提高刚度的有效手段。合理布置支撑结构，可以分担容器承受的压力，减少容器在受力过程中的变形。选用高强度、高刚性的材料，也是提高容器刚度的一种途径。（2）合理的厚度和结构选型。过薄的壁厚，会导致容器在承受高压时产生较大变形，甚至发生破裂；而过厚的壁厚虽然能增加容器的强度，但也会导致制造成本的增加，以及热处理时的温差问题。因此，在设计过程中，需要根据容器的工作条件合理选择壁厚。一般来说，厚度的选择，应基于容器的内外压力差、容器的材质以及使用温度等因素。通过计算应力与变形的关系，可以得出最优的厚度值。在实际设计中，常常需要通过有限元分析等方法对容器进行模拟，评估不同厚度下容器的变形情况，从而确保容器在规定的工作条件下既能满足强度要求，又能避免过度变形。另外，在压力容器的设计中，应根据容器的具体功能和承受的载荷，选择适当的结构形式。

5 结语

总之，通过对压力容器制造过程中变形问题的深入分析可以看出，这是影响其质量和安全性的重要因素。为了解决这一问题，必须在焊接、机械加工和热处理等各个环节采取科学的防控措施。优化设计结构，提高容器刚度与稳定性，合理选择材料和工艺参数，都是防止变形的有效方法。只有从多个方面入手，全面提升压力容器的制造水平，才能确保其在实际应用中的安全性与可靠性。

参考文献

[1] 廖建明. 压力容器制造工艺及其质量控制研究[J].工程学研究与实用, 2023, 4(2): 40-41.

[2] 保武蓉. 压力容器制造过程中变形问题的控制对策分析[J].机械强度, 2022, 44(2): 409-415.

[3] 曲道波. 压力容器制造过程中的防变形分析[J].石油和化工设备, 2021, 24(07):44-45+48.

 DOI: https://doi.org/10.12349/cta.v2i1.4769

Research on the existing problems and double prevention countermeasures of the major hazardous source enterprises of hazardous chemicals

Xianlin Zhang[1] Haitao Xu[2]

1. Shaanxi Liangtai Safety Technology Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi, 710000, China
2. Sichuan Tiancheng Safety Technology Evaluation and Consulting Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

The safety problem of major hazardous chemical source enterprises has attracted much attention. This paper discusses the existing problems of such enterprises and the dual prevention countermeasures. At present, the safety management system of enterprises is not perfect, the implementation of the system is weak, and the safety management organization and personnel are insufficient. Incomplete risk identification and assessment, improper methods and inaccurate assessment; Hidden danger investigation and management is not in place, the investigation method is not scientific and the management measures are not implemented; Safety training and education is not effective, the content is not targeted and the way is single; The emergency management ability is weak, the emergency plan is not perfect and the drill effect is poor; The level of safety technology is backward, the equipment and facilities are aging and the automation control level is low. In response to these, it is proposed to build a dual prevention mechanism, including improving the safety management system, strengthening risk identification and assessment, optimizing hidden danger investigation and management, improving the effectiveness of safety training and education, strengthening emergency management, and improving the level of safety technology, so as to improve the level of enterprise safety management, prevent accidents, and ensure safety production and social stability.

Keywords

hazardous chemicals; Major hazard sources; Enterprise; Dual prophylaxis

危险化学品重大危险源企业存在的问题及双预防对策研究

张先琳[1] 徐海涛[2]

1. 陕西良泰安全技术有限公司，中国 · 陕西 西安 710000
2. 四川天成安全科技评估咨询有限公司，中国 · 四川 成都 610000

摘 要

危险化学品重大危险源企业安全问题备受关注，本文探讨此类企业现存问题及双预防对策。当前，企业存在安全管理体系不完善，制度执行不力且安全管理机构与人员配备不足；风险辨识与评估不全面，方法不当且评估不准确；隐患排查治理不到位，排查方法不科学且治理措施不落实；安全培训与教育效果不佳，内容缺乏针对性且方式单一；应急管理能力薄弱，应急预案不完善且演练效果差；安全技术水平落后，设备设施老化且自动化控制水平低等问题。针对这些，提出构建双重预防机制，包括完善安全管理体系、加强风险辨识与评估、优化隐患排查治理、提升安全培训与教育效果、加强应急管理以及提升安全技术水平等措施，以提升企业安全管理水平，预防事故发生，保障安全生产与社会稳定。

关键词

危险化学品；重大危险源；企业；双预防

1 引言

危险化学品重大危险源企业由于其生产、储存、使用的危险化学品具有易燃、易爆、有毒、有害等特性，一旦发生事故，会造成严重的人员伤亡、财产损失和环境污染。随着我国化工行业的快速发展，危险化学品重大危险源企业的数量不断增加，安全管理面临着严峻的挑战。构建双重预防机制，即安全风险分级管控和隐患排查治理双重预防机制，是提升危险化学品重大危险源企业安全管理水平，预防事故发生的重要举措。研究此类企业存在的问题，并提出有效的双预防对策，具有重要的现实意义。

2 危险化学品重大危险源企业的预防重要性

2.1 危险化学品的特殊危险性

危险化学品具有易燃、易爆、有毒、有害等特性，一

【作者简介】张先琳（1985–），女，中国陕西兴平人，本科，工程师，从事安全工程研究。

旦发生泄漏、爆炸或中毒等事故，其危害范围广泛且破坏力巨大。许多危险化学品在遇到火源、高温或氧化剂时极易燃烧爆炸，瞬间释放出巨大的能量，对周边的人员、建筑物和环境造成毁灭性打击。有毒有害的危险化学品泄漏后，会在空气中迅速扩散，污染空气、水源和土壤，导致人员中毒、动植物死亡，生态环境遭受严重破坏，且这种破坏是长期且难以恢复 [1]。

2.2 事故后果的严重性

危险化学品重大危险源企业一旦发生事故，造成严重的人员伤亡和财产损失。大量的危险化学品泄漏或爆炸，导致周边工厂、居民区的人员被烧伤、中毒甚至死亡。同时，事故还会对周边的基础设施，如道路、桥梁、电力设施等造成严重损坏，影响正常的生产生活秩序。企业自身也将遭受巨大的经济损失，包括直接的生产设备损坏、原材料损失，以及间接的停产整顿、赔偿受害者、恢复环境等费用 [2]。

2.3 对社会稳定和经济发展的影响

危险化学品重大危险源企业的安全事故会引发社会公众的恐慌情绪，对社会稳定造成严重威胁。事故发生后，周边居民对自身的生命安全产生担忧，进而引发一系列社会问题，如群体性事件等。从经济发展角度看，此类事故不仅会影响企业自身的生存和发展，还会对相关产业链产生连锁反应，导致上下游企业生产受阻，影响区域经济的正常运行。而且，政府在事故后的救援、善后处理以及环境修复等方面需要投入大量的人力、物力和财力，这无疑会加重社会经济负担。

3 危险化学品重大危险源企业存在的问题

3.1 安全管理体系不完善

部分危险化学品重大危险源企业虽构建了安全管理体系，但实际执行存在诸多漏洞。安全生产责任制落实不力，员工职责模糊，出现问题时相互推诿。安全管理制度陈旧，未随法规政策更新和企业发展调整，无法有效指导实际工作。一些企业安全管理机构形同虚设，人员配备不足且专业素养欠缺，难以承担安全监管重任 [3]。

3.2 风险辨识与评估不全面

在风险辨识环节，企业多依赖简单方法，对复杂化工工艺和特殊作业场景的风险挖掘不深入。对危险化学品在储存、运输过程中的潜在风险考虑不周，忽视了温度、压力等环境因素变化带来的影响。风险评估时，缺乏科学标准，主观性强，致使风险等级判定不准确。高风险区域未得到足够重视，管控措施针对性差，无法有效降低风险 [4]。

3.3 隐患排查治理不到位

隐患排查方法落后，多依靠人工巡检，难以发现隐蔽性隐患，如设备内部腐蚀、管道连接处微泄漏等。排查标准不明确，检查人员随意性大，容易遗漏关键隐患。在隐患治理方面，整改措施缺乏实操性，整改期限不明确，且跟踪监督机制缺失。部分企业对隐患敷衍整改，导致隐患长期存在，成为事故导火索。

3.4 安全培训与教育效果不佳

安全培训内容缺乏针对性，未根据不同岗位特点和风险制定课程，理论与实践脱节。培训方式单一，以集中授课为主，员工参与度低，缺乏互动性和趣味性。培训考核不严格，无法真实检验员工对安全知识和技能的掌握程度。员工安全意识淡薄，违规操作频发，对潜在危险认识不足 [5]。

3.5 应急管理能力薄弱

应急预案缺乏科学性和实用性，与企业实际情况脱节。对可能发生的事故类型、危害程度预估不足，应急处置流程混乱，部门间协同机制不顺畅。应急演练流于形式，参演人员不熟悉流程和职责，应急设备操作生疏。演练后总结评估不深入，未能及时完善应急预案，导致应急能力无法有效提升。一旦发生事故，难以迅速、有效地开展救援，造成更大损失。

4 危险化学品重大危险源企业双预防对策

4.1 完善安全管理体系

一方面，企业应加强对安全管理制度的宣传和培训，确保全体员工熟悉并理解各项制度的内容和要求。建立健全安全管理制度执行的监督机制，定期对制度执行情况进行检查和考核，对违反制度的行为进行严肃处理。同时，鼓励员工对制度执行过程中发现的问题提出改进建议，不断完善安全管理制度；另一方面，企业应根据自身规模、生产特点和安全管理需求，合理设置安全管理机构，明确其职责和权限。按照规定足额配备具备相应专业知识和技能的安全管理人员，并定期对其进行培训和考核，不断提高其业务水平。此外，企业还应建立安全管理团队的激励机制，充分调动安全管理人员的工作积极性和主动性。

4.2 加强风险辨识与评估

为解决危险化学品重大危险源企业风险辨识与评估不全面的问题，需采取一系列有力措施。在风险辨识方面，企业应摒弃单一、简单的辨识方法，采用多样化且科学的手段。综合运用工作危害分析法（JHA）、危险与可操作性分析法（HAZOP）等，全面梳理生产流程、设备设施以及作业环境。针对危险化学品储存、运输环节，要深入分析温度、压力、湿度等环境因素变化时可能引发的风险，考虑运输路线周边人口密度、交通状况等潜在影响因素。在风险评估时，要建立科学合理的评估标准体系。结合行业规范和企业实际，确定风险发生可能性、后果严重性的量化指标，减少主观判断。运用风险矩阵等工具，准确划分风险等级，确保高、中、低风险区域清晰明确。对于评估出的高风险区域，要重点关注并制定针对性强的管控措施。如增加巡检频次，安装先进的监测设备，实时掌握风险动态。同时，定期对风险辨识与评估结果进行更新和完善，随着企业生产工艺改进、设备更新

等情况，及时调整风险内容和等级，确保风险管控始终处于有效状态，为企业安全生产筑牢根基。

4.3 优化隐患排查治理

对于危险化学品重大危险源企业而言，优化隐患排查治理是保障安全生产的关键环节。在排查方法上，要摒弃传统单一的人工检查模式，积极引入先进技术手段。利用物联网技术，对危险化学品储存设施、生产设备等进行实时在线监测，通过传感器精准采集压力、温度、液位等关键数据，一旦数据异常立即发出警报，极大提高隐患发现的及时性和准确性。同时，结合大数据分析技术，对历史隐患数据进行深度挖掘，找出隐患发生的规律和趋势，为制定更具针对性的排查计划提供依据。在制定隐患治理措施时，务必确保其具体、可行且具有时效性。明确整改责任人和整改期限，对于能够立即整改的隐患，要当场整改到位；对于短期内难以整改的，要制定详细的整改方案，明确阶段性目标和防护措施，确保在整改期间风险可控。此外，健全隐患排查治理的监督机制也，成立专门的监督小组，定期对隐患排查治理工作进行检查和评估，对工作落实不到位的部门和个人进行严肃问责。最后，还要建立隐患排查治理的反馈渠道，鼓励员工积极举报安全隐患，形成全员参与隐患排查治理的良好氛围，从而有效降低事故发生的风险，保障企业的安全稳定运行。

4.4 提升安全培训与教育效果

首先，在培训内容上，要突出针对性。根据不同岗位的风险特点和实际需求，量身定制培训课程。例如，对于一线操作人员，重点培训危险化学品的操作流程、应急处置技能以及安全防护用品的正确使用；对于管理人员，则侧重于安全法规、安全管理理念和风险管控方法的培训。同时，引入真实的事故案例进行深度剖析，让员工深刻认识到违规操作的严重后果；其次，培训方式需多样化创新。摒弃单一的集中授课模式，采用线上线下相结合的混合式培训。线上利用网络平台，提供丰富的安全知识学习资源，员工可随时随地进行自主学习；线下开展现场实操培训、模拟演练等活动，增强员工的实际操作能力和应急反应能力。此外，还可组织安全知识竞赛、安全主题演讲等趣味性活动，激发员工的学习兴趣和参与度；最后，完善考核机制是确保培训效果的关键，建立严格的培训考核制度，考核内容不仅涵盖安全理论知识，还要包括实际操作技能。对于考核不合格的员工，安排补考或重新培训，直至其掌握相关知识和技能。同时，将培训考核结果与员工的绩效挂钩，对表现优秀的员工给予奖励，激励员工积极主动地参与安全培训与教育，从而全面提升企业员工的安全意识和技能水平，为企业安全生产奠定坚实的基础。

4.5 加强应急管理

一方面，企业应根据自身实际情况，制定科学合理、切实可行的应急预案。应急预案应包括综合应急预案、专项应急预案和现场处置方案，明确应急组织机构、职责分工、应急响应程序、应急处置措施等内容。同时，加强应急预案之间的衔接和协调，确保在发生事故时能够迅速、有效地开展应急救援工作；另一方面，企业应制定详细的应急演练计划，定期组织开展实战性强的应急演练。演练前应进行充分的准备，明确演练目的、内容、流程和参演人员的职责。演练过程中，要注重模拟真实的事故场景，检验和提高参演人员的应急处置能力和协同配合能力。演练结束后，要对演练效果进行全面总结和评估，针对演练中发现的问题，及时对应急预案进行修订和完善。

5 结论

危险化学品重大危险源企业的安全管理工作，关系人民群众的生命财产安全和社会的稳定。当前，此类企业在安全管理方面存在诸多问题，如安全管理体系不完善、风险辨识与评估不全面、隐患排查治理不到位、安全培训与教育效果不佳、应急管理能力薄弱、安全技术水平落后等。构建和实施双重预防机制，即完善安全管理体系、加强风险辨识与评估、优化隐患排查治理、提升安全培训与教育效果、加强应急管理、提升安全技术水平等措施，可以有效预防和控制事故的发生，提高企业的安全管理水平。在未来的发展中，危险化学品重大危险源企业应不断加强安全管理，持续改进和完善双预防机制，确保企业的安全生产和可持续发展。

参考文献

[1] 侯赛军. 危险化学品重大危险源企业消防安全管理对策[J]. 化工管理,2022(23):97-99.

[2] 闫浩. 危险化学品重大危险源企业的消防安全管理[J]. 化工管理,2021(34):111-112.

[3] 邓方辉. 危险化学品重大危险源企业消防安全管理现状和问题分析[J]. 化工管理,2022(19):117-120,159.

[4] 陈团刚. 刍议化工企业危险化学品重大危险源的监控和管理对策[J]. 当代化工研究,2023(14):185-187.

[5] 马建. 危险化学品企业重大危险源应急管理问题及解决措施分析[J]. 中国石油和化工标准与质量,2022,42(12):10-12.