

04
2024

化工技术与应用

Chemical Technology and Application

Volume 1 · Issue 4 · December 2024 3060-9291(Print) 3060-9283(Online)



化工技术与应用 Chemical Technology and Application

Volume 1 · Issue 4 · December 2024 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.

《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。

Database Inclusion



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



化工技术与应用

Chemical Technology and Applications

Volume 1 · Issue 4 · December 2024
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	化工行业低碳排放技术的开发与应用研究 / 杨志孟	1	Development and application research of low-carbon emission technology in the chemical industry / Zhimeng Yang
4	天然气管道内检测阻力及对天然气供应的影响 / 曹雷 宋士祥 张伟 王庆伟 张子涵	4	Detection of resistance in natural gas pipeline and its impact on natural gas supply / Lei Cao Shixiang Song Wei Zhang Qingwei Wang Zihan Zhang
7	化工工艺设计中的安全问题及管控策略研究 / 刘明钊 王艳杰 李忠贤	7	Study on safety problems and control strategy in chemical process design / Mingzhao Liu Yanjie Wang Zhongxian Li
10	化工工艺中常见的节能降耗技术措施 / 楼琪 崔必豪 陆盛舟 徐忠 郑莹莹	10	Common energy-saving and consumption-reduction techniques in chemical technology / Qi Lou Bihao Cui Shengzhou Lu Zhong Xu Yingying Zheng
13	基于 EIG 手册简述流体振动分析方法 / 张婕	13	Briefly describe the fluid vibration analysis method based on the EIG manual / Jie Zhang
16	压力容器设计与制造过程中常见问题处理 / 王丽真 郎大江 巴鸿儒 张峰	16	Common problem handling in the design and manufacturing-process of pressure vessels / Lizhen Wang Dajiang Lang Hongru Ba Feng Zhang
19	化工压力容器设计及不安全因素分析 / 巴鸿儒 王丽珍	19	Design of Chemical Pressure Vessels and Analysis of Unsafe Factors / Hongru Ba Lizhen Wang
22	以化工本质安全为核心的化工安全工程实施路径研究 / 徐海涛 张先琳	22	Research on the implementation path of chemical safety engineering with chemical essential safety as the core / Haitao Xu Xianlin Zhang
25	炼焦技术革新与煤气净化效率提升的实践探索 / 魏怀军	25	The practical exploration of coking technology innovation and the improvement of gas purification efficiency / Huaijun Wei
28	液氨制冷工艺在化工生产中的优化与应用研究 / 刘艺	28	Study on the optimization and application of liquid ammonia refrigeration process in chemical production / Yi Liu
31	化工产品生产过程中的安全隐患及预防措施 / 陈亚军	31	Safety risks and preventive measures in the production process of chemical products / Yajun Chen
34	人工智能技术在化工安全生产领域中的运用探索 / 耿玉妹 崔建峰 王建新	34	Exploration of the application of artificial intelligence technology in the field of chemical safety production / Yumei Geng Jianfeng Cui Jianxin Wang

Development and application research of low-carbon emission technology in the chemical industry

Zhimeng Yang

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

Abstract

With the increasingly severe global climate change problem, low-carbon economy has become the core goal of the development strategies of all countries. As an energy-intensive industry, the chemical industry accounts for a large proportion of the global total emissions of carbon emissions. Achieving low-carbon emissions in the chemical industry is not only an important measure to combat climate change, but also a key path to promote green and sustainable development. In this context, the development and application of low-carbon emission technology has become the core task of the transformation and upgrading of the chemical industry. By introducing advanced energy-saving technology, carbon capture and storage (CCS) technology, and green catalytic technology, chemical enterprises are expected to improve resource utilization efficiency and reduce production costs while reducing greenhouse gas emissions. Although some progress has been made in the application of low-carbon emission technology in the chemical industry, there are still many challenges in technological innovation, economic evaluation and industrialization promotion. Therefore, in-depth research on the development and application of low-carbon emission technology and the exploration of feasible solutions have become an important topic to be solved in the current chemical industry.

Keywords

low carbon emissions; chemical industry; carbon capture and storage; energy saving technology; green chemistry

化工行业低碳排放技术的开发与应用研究

杨志孟

歌尔股份有限公司, 中国·山东 潍坊 261000

摘要

随着全球气候变化问题的日益严峻, 低碳经济成为各国发展战略的核心目标。化工行业作为能源密集型产业, 其碳排放量占全球总排放的较大比例。实现化工行业低碳排放不仅是应对气候变化的重要措施, 也是推动绿色可持续发展的关键路径。在这一背景下, 低碳排放技术的开发与应用成为化工行业转型升级的核心任务。通过引入先进的节能技术、碳捕集与封存 (CCS) 技术、绿色催化技术等, 化工企业有望在减少温室气体排放的同时, 提升资源利用效率, 降低生产成本。尽管低碳排放技术在化工行业的应用取得了一定的进展, 但技术创新、经济性评估及产业化推广仍面临诸多挑战。因此, 深入研究低碳排放技术的开发与应用, 探索可行的解决方案, 已成为当前化工领域亟待解决的重要课题。

关键词

低碳排放; 化工行业; 碳捕集与封存; 节能技术; 绿色化学

1 引言

化工行业作为全球经济的支柱之一, 其碳排放对全球温室气体排放的贡献巨大。全球气候变化日益严峻, 国际社会呼吁加强温室气体减排, 以减缓全球气温升高。根据国际能源署 (IEA) 的数据, 化工行业的碳排放量占全球总排放的近三分之一, 成为减排目标中的“重中之重”。近年来, 随着低碳经济理念的普及, 化工行业的低碳转型逐渐成为产业发展的必然趋势。低碳排放技术, 作为化工行业绿色发展的核心动力, 涵盖了多种技术手段, 包括提高能源效率、开

发替代原料、实施碳捕集与封存技术等。这些技术不仅能够有效减少二氧化碳排放, 还能为企业提供节能降本的经济效益。然而, 低碳技术的开发与应用仍面临许多挑战, 包括技术研发的高投入、产业化的难度以及政策法规的支持不足。因此, 对低碳排放技术的深入研究, 尤其是其开发和应用的现实性分析, 具有重要的学术价值和实践意义。

2 化工行业低碳排放技术的开发现状

化工行业低碳排放技术的开发在近年来取得了显著进展。随着气候变化问题的日益严重, 全球各国纷纷提出减排目标, 化工行业作为能源消耗和碳排放的重要来源, 其低碳转型成为关键任务。当前, 低碳排放技术的研究主要聚焦于能效提升、碳捕集与封存 (CCS)、绿色催化、可再生能源

【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。

利用等领域。节能技术通过对生产工艺进行优化,提升能源利用效率,减少能源浪费,这一领域的技术发展较为成熟,许多化工企业已经开始应用节能设备和智能控制系统来降低能耗。碳捕集与封存技术则以捕捉和储存二氧化碳为核心,尽管这一技术在部分领域已取得一定应用,但其高昂的成本和技术瓶颈仍是广泛推广的主要障碍。绿色催化技术通过开发新型催化剂,提升反应效率,降低能耗和排放,这一技术在化学反应中发挥了重要作用。此外,可再生能源的引入,如太阳能、风能等,也开始在一些化工生产过程中得到应用,降低了对传统化石能源的依赖。尽管这些技术在某些领域取得了进展,但在大规模推广和产业化应用上仍面临经济性、技术可行性等多方面的挑战【1】。

3 低碳排放技术的关键技术及其开发技术分析

3.1 高效节能技术开发

高效节能技术在化工行业低碳排放中发挥了重要作用,尤其在提高能源利用率和减少碳排放方面取得了显著进展。根据国际能源署(IEA)报告,化工行业能效提升可减少约30%的能源消耗。通过优化工艺流程和引入先进的热能回收技术,许多企业实现了显著的节能效果。例如,通过改进反应器设计和使用新型热交换器,部分化工企业的能效提升幅度可达20%至30%。此外,智能化控制系统的应用进一步提高了生产过程中的能源管理水平,减少了能量浪费。据统计,智能化控制和自动化设备能够将能效提高15%至25%。高效节能技术的开发不仅降低了生产成本,也有助于减少温室气体排放。例如,通过能源管理系统的应用,一些企业的碳排放减少了约10万吨/年。尽管如此,技术的普及仍面临成本和技术实施难度等挑战【2】。

3.2 二氧化碳捕集、利用与封存技术(CCUS)

二氧化碳捕集、利用与封存(CCUS)技术是化工行业应对碳排放的关键技术之一。该技术通过捕捉二氧化碳并将其封存到地下或转化为有价值的产品,帮助减少温室气体排放。当前,全球已有多个CCUS项目投入运营,其中以北美和欧洲地区为主。例如,美国的Petra Nova项目每年捕捉约80万吨二氧化碳,欧洲的Drax Power Station项目也计划每年捕捉100万吨CO₂。尽管这一技术具有显著的减排潜力,但其成本仍较高,捕集二氧化碳的成本约为每吨50至100美元,且储存和运输费用也不容忽视。根据IEA的数据,全球实施CCUS技术的年减排潜力约为5亿吨二氧化碳,但目前的技术普及率相对较低,仅占全球总排放的不到0.1%。此外,二氧化碳的长期封存存在一定的技术和环境风险,如何保障封存安全仍是该技术广泛应用的瓶颈之一,图1为化工行业CO₂的排放分布图。

3.3 清洁生产与绿色化学技术的创新

清洁生产和绿色化学技术的创新在化工行业的低碳转型中扮演着越来越重要的角色。清洁生产通过优化工艺流

程、减少污染物排放、节约资源,从源头上降低环境影响。近年来,随着绿色化学理念的兴起,许多新型的绿色化学反应和催化剂得到了广泛应用。例如,在精细化学品生产中,采用绿色催化剂可以提高反应选择性,减少有害副产物的生成,降低溶剂和能源的消耗。根据化工联合会的研究,采用绿色催化技术的反应过程能使能效提高20%以上,污染物排放减少30%以上。清洁生产技术的应用在许多企业中已实现了废水、废气和固体废物的回收再利用。例如,某大型化工企业通过优化生产工艺和废气处理系统,年排放的有害气体减少了约10万吨。尽管如此,清洁生产和绿色化学技术在中小型企业中的普及仍面临技术和资金的双重挑战,亟需政策引导和支持【3】。

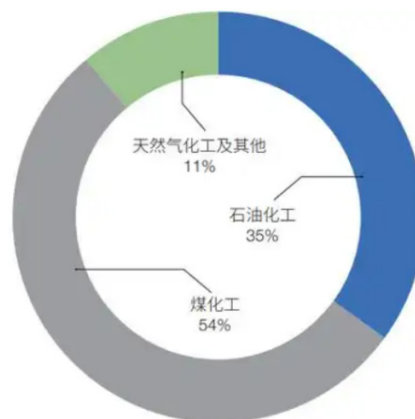


图1 化工行业 CO₂ 的排放分布

3.4 绿色催化技术的发展

绿色催化技术是化工行业降低能耗和排放的重要手段之一。该技术通过优化催化剂性能,提高反应的选择性和效率,减少副产物的生成,进而降低碳排放。在近年来的研究中,绿色催化剂的开发逐渐从传统金属催化剂转向更为环保的非金属催化剂和生物催化剂。根据最新的研究,采用绿色催化剂的反应过程比传统催化过程节能约15%至20%,同时减少了有害气体的排放。例如,在乙烯生产中,采用新型催化剂能够提高反应效率,减少约30%的能源消耗。生物催化技术在一些化学合成过程中也取得了突破,能够在温和的反应条件下进行高效的化学反应,减少了能源和原料的浪费。尽管绿色催化技术在实验室阶段取得了诸多进展,但在实际应用中仍面临催化剂稳定性差、成本较高等问题,亟需通过技术改进和产业化推进进一步解决【4】。

3.5 替代原料与可再生能源的应用

替代原料与可再生能源的应用在推动化工行业低碳化发展中具有重要意义。传统化工生产依赖于化石能源和石油原料,而替代原料和可再生能源的应用能够大幅减少对传统能源的依赖。近年来,生物质、太阳能、风能等可再生能源在化工行业的应用逐步增加。例如,一些化工企业开始采用生物质废料作为原料,生产化学品和燃料,减少了石油基原

料的使用。此外,太阳能和风能也在某些高能耗化工生产过程中得到应用,通过光电转化和风能发电提供清洁能源,降低了碳排放。在美国,某些化工厂已开始使用生物质能源替代传统煤炭,年减少二氧化碳排放约 50 万吨。尽管替代原料和可再生能源的应用潜力巨大,但目前的技术仍面临成本高、供应不稳定等挑战,如何在保持经济效益的同时实现技术普及,仍是化工行业低碳发展的难题之一【5】。

4 低碳排放技术的应用实践

4.1 典型化工企业低碳技术应用案例

在我国,多个化工企业已成功实施低碳技术,推动了碳排放的减少。例如,中石化(Sinopec)在其位于扬州的炼油厂实施了高效节能技术,结合热能回收和优化工艺流程,显著提高了能效。这一技术的应用每年节省了约 5 万吨标准煤的消耗,减少了近 20 万吨二氧化碳排放。此外,国内某大型石化企业通过改造其乙烯生产装置,采用先进的催化裂化技术,将能源消耗降低了 12%,每年减少了约 10 万吨的二氧化碳排放。另一个案例是在山西某煤化工企业,该企业通过引入二氧化碳捕集与封存(CCS)技术,成功实现了每年捕提并封存约 50 万吨二氧化碳。这些典型应用表明,低碳技术不仅能够减少碳排放,还能提高企业的能源利用效率,推动化工行业的绿色转型。

4.2 低碳技术在化工工艺中的集成应用

我国化工企业逐步实现了低碳技术的集成应用,提升了整体生产系统的能效。在某大型化肥厂,企业通过对生产工艺进行集成优化,结合先进的热交换系统和废气余热回收技术,成功降低了 15% 的能源消耗,并减少了超过 8 万吨的二氧化碳排放。该工艺改造通过优化氨合成和尿素生产过程,实现了能量的高效利用,整体能效提升了 18%。在另外一个例子中,某石油化工企业通过实施智能化控制系统,将各生产环节进行数据集成,优化了设备的运行调度。经过这一技术集成,企业年均节省了近 2 万吨煤炭的使用,并有效降低了 30% 的能源损耗。低碳技术的集成不仅提升了能源利用效率,还增强了企业在市场中的竞争力。

4.3 技术应用中的挑战与解决策略

尽管低碳技术在我国化工企业中逐步应用,但其推广

仍面临一定的挑战。首先,技术的高成本是制约其广泛应用的重要因素。例如,二氧化碳捕集与封存技术(CCS)需要巨大的初期投资和长期运行成本,这对于资金有限的小型化工企业尤其困难。针对这一问题,政府应加大对低碳技术的财政支持,提供更多的补贴和税收优惠,以降低企业的投资负担。其次,部分低碳技术的产业化应用尚不成熟,尤其是在传统高排放行业中的适用性较差。解决这一问题需要加强技术研发,推动低碳技术的不断创新和迭代。最后,技术实施的操作难度也较高,企业需要对员工进行系统培训,确保技术的高效实施和运行管理。通过完善政策、加大研发投入、提升企业技术管理水平,可以有效解决技术应用中的难题。

5 结论

低碳排放技术在化工行业的应用已取得一定进展,为减少碳排放和促进绿色发展提供了有力支持。通过高效节能技术、二氧化碳捕集与封存(CCS)、清洁生产工艺以及绿色催化技术等手段,企业在降低碳排放的同时,也提高了生产效率,减少了能源消耗。尽管低碳技术的经济性和技术可行性仍面临一定挑战,但随着技术不断成熟和政策支持的加强,低碳排放技术的应用前景广阔。通过加强技术研发、提高产业链的协同效应、优化市场激励机制,化工行业能够在实现减排目标的同时,推动产业转型和可持续发展。未来,低碳技术将在化工行业中发挥更加重要的作用,推动行业实现更加绿色、低碳的生产模式,助力国家应对气候变化的战略目标。

参考文献

- [1] 李文杰,周兴旺,陈瑞彬.基于循环经济理念的化工行业低碳排放技术研究[J].化学工程,2023,45(6):112-118.
- [2] 王子豪,邹翔宇,赵秋玲.高效能量转换技术在化工行业中的应用与发展[J].能源技术,2023,41(4):56-61.
- [3] 刘振国,谷阳,黄荣杰.低碳技术在化肥生产中的集成应用与经济性分析[J].化学工业与工程,2024,59(2):83-89.
- [4] 高杰,吴泽民,孙雅婷.二氧化碳捕集技术的现状与发展趋势[J].环境科学与技术,2023,50(5):29-34.
- [5] 孙海文,罗永强,杨欣怡.绿色催化技术在石化行业中的应用及其前景展望[J].绿色化学与工程,2024,38(1):45-51.

Detection of resistance in natural gas pipeline and its impact on natural gas supply

Lei Cao Shixiang Song Wei Zhang Qingwei Wang Zihan Zhang

CNPC Pipeline Testing Technology Co., Ltd., Langfang, Hebei, 065000, China

Abstract

Natural gas is a low-carbon, efficient, economical and convenient to use clean energy. Taking natural gas as an energy source can reduce the consumption of oil and coal, reduce the emission of dust and sulfur dioxide, and reduce the pollution to the environment. At present, natural gas transportation is mainly pipeline transportation. Safe and reliable pipeline transportation is directly related to industrial production, people's livelihood and social stability, and the help of internal detection means can help people grasp the health status of pipeline, which is of great significance for improving the safety and reliability of natural gas transportation. Based on this, this paper detects the resistance in the natural gas pipeline and explores the influence of the internal resistance on the natural gas supply.

Keywords

natural gas pipeline; gas supply stability; internal detection resistance; friction resistance

天然气管道内检测阻力及对天然气供应的影响

曹雷 宋士祥 张伟 王庆伟 张子涵

中油管道检测技术有限责任公司, 中国 · 河北 廊坊 065000

摘 要

天然气是一种低碳高效、经济实惠、使用方便的清洁能源。将天然气作为能源,能够减少石油、煤炭的用量,可以减少粉尘、二氧化硫的排放量,减少对环境的污染。目前,天然气运输以管道运输为主,安全可靠的管道运输直接关乎着工业生产、民生以及社会稳定,而借助内检测手段能够帮助人们掌握管道的健康状况,这对于提升天然气运输的安全性与可靠性具有重要意义。基于此,本文了天然气管道内检测阻力,并就内检测阻力对天然气供应的影响进行探究。

关键词

天然气管道; 供气稳定性; 内检测阻力; 摩擦阻力

1 引言

经济快速发展使得国家对能源的需求量也在不断加大。天然气是一种低碳高效的清洁能源,并且具有经济实惠以及使用方便等方面的优势,因此得到了广泛应用。近年来我国天然气消费量逐年上升,相应地也对天然气管道运输提出了更高的要求。天然气管道运输具有效率高、成本低、安全性高以及稳定性好的特点。应用管道内检测技术掌握管道健康状况对于保障天然气安全可靠运输具有重要意义。而探究内检测器的受力情况以及对天然气供应的影响对于保证检测工作顺利进行以及保障正常供气等均具有重要意义。

2 天然气管道内检测阻力分析

影响管道内检测器运行阻力的原因是多方面的,但整体来讲可以将相关影响因素分为外扰与内扰两个方面。

2.1 外扰因素

在管道运行过程中,二氧化碳以及硫化氢等有害气体与管道基体之间发生腐蚀后会形成一定的沉积物,存在于管道内壁之中,借助清管器对管道进行清理,可以在一定程度上减少沉积物,但难以完全将其清除干净。由于沉积物的存在会在一定程度上增加管道的摩擦力,严重时还会导致管道堵塞,使内检测器难以正常通过管道。另外,管道所输送的介质也具有一定的腐蚀性,这会导致管道内壁出现缺陷,使得管道内径不均匀,相应地也会使内检测器运行过程中受到的摩擦力不断变化,进而影响检测结果的准确性。

在管道制造过程中,管道连接位置的处理不仅会影响管道的性能,而且还会对内检测器的运行产生一定的影响。通常情况下,为了给管道的更换、拆卸以及防腐处理提供便利,管道通常会借助法兰连接,有的管道也会采用焊接连接的方式施工。无论应用哪种方式连接,都会在一定程度上影响管壁厚度的均匀性,而管壁厚度不均匀必然会导致内检测器运行过程中受到的摩擦力发生变化。

【作者简介】曹雷(1981-),男,中国河北沧州人,本科,高级工程师,从事管道内、外检测研究。

天然气管道通常埋设于地下,施工过程中受地势的影响使得管道不可避免地出现高低起伏的状况。在内检测器运行过程中,如果经过上坡管道,受重力的影响会导致其运行速度降低,如果经过下坡管道,则会使内检测器的运行速度加快。另外这种重力效应还会影响到流体的运动速度,进而影响管道输送性能。除此之外,管道内的介质也会对内检测器的运行速度产生重要影响。例如受温度变化的影响,流体介质的粘性系数也会随之发生改变,粘性阻力增大,内检测器的运行速度便会降低,反之内检测器的运行速度便会加快。

2.2 内扰因素

天然气管道内检测器运行阻力内扰因素主要涉及泄流装置的影响与动力结构的影响两方面。在泄流装置是内检测器的关键装置之一,其发挥着速度控制的作用,同时也能起到保证内检测器在管道中稳定运行的重要作用。泄流装置通过对内检测器前后压力的方式来影响其速度。内检测器的驱动皮碗的尺寸会直接影响到内检测器的运行阻力。驱动皮碗设置在内检测器的前端,需要结合管道的实际条件来合理设计驱动皮碗的尺寸与形状。在内检测器运行过程中,驱动皮碗会与管道内壁之间产生摩擦力,这种摩擦力是内检测器行驶中的主要阻力。驱动皮碗尺寸大,能够与管道内部充分接触,同时也会产生较大的阻力,进而导致内检测器的运行速度降低。如果驱动皮碗的尺寸较小,则与管道内壁之间的摩擦力较小,相应的内检测器运行速度也更快。除此之外,驱动皮碗的材质也会在一定程度上影响内检测器的运行速度。材质不同,与管道内壁之间的摩擦系数也不相同,相应地产生的阻力也存在一定的差异^[1]。摩擦系数小的材质能够减小驱动皮碗与管道内壁之间的摩擦力,减小内检测器的运行阻力,有助于提升检测效率。

3 内检测阻力对天然气供气的影响

燃气管网包括枝状管网与环状管网两种类型,内检测器在枝状管网中借助管道的前后压力差向前运动,并在向前运动过程中完成对管道缺陷的勘测。由于环状管网中能够借助多条管线对同一用户供气,因此管道中的压力方向不固定,这使得内检测技术在环状管网中的应用难度较高。因此本文以枝状管网为例进行探究。

3.1 内检测器两侧供气压力分析

内检测器在管道中运动,其前后气流之间的压力差是其运动的动力来源。为保证内检测工作的顺利开展,需要掌握内检测器在管道中的位置变化情况、运动速度情况以及两种情况对管道内气体流场分布的影响,以便最大程度地降低内检测对正常供气的影响。

在上游与下游处将管道划分为长度相等的元素,在CFL约束下合理选择采样距离与采样时间,在此基础上进

行迭代计算,计算出内检测器正常工作情况下的位置与速度,之后再结合内检测器动力学数值推导其前后两端的边界条件,用于求解管道流畅的边界^[2]。同时计算各时间间隔下的内检测器与管道流体状态,直至内检测器到达管道末端为止。

3.2 边界条件

管道进出口边界的给定方式有两种,一种是给定管道压力,另一种是给定管道流量。内检测器的头部与外部的边界条件决定了内检测器在管道中的运行状态,在上下游边界上分别表现为向后特征与向前特征。边界条件的变化会导致内检测器的运动状态也随之发生变化,只有在确定合适的边界条件的情况下才能确定内检测器的运动状态。本文将内检测器的头部与尾部、管道的入口与出口作为边界条件。

3.3 内检测器运动力学模型

结合内检测器在管道中的运动过程构建运动方程,利用方程掌握其运行过程中相关变量之间的关系情况。但实际上,在内检测器运行过程中,其状态比较复杂,为便于进行状态分析,需要对运动方程进行一些假设。首先,内检测器在管道中运动的过程中,管道前后流体会对其产生一定的阻力,进而对内检测器产生一定的阻尼力。为便于计算,可以将内检测器前后的管段假设为足够长,这样的假设能够使内检测器前后两端的流体压力保持恒定,保障内检测器的运动始终处于稳定状态。其次假设管道内的流体为理想流体,同时假设内检测器在管道中运动的过程中,内检测器与管道内壁之间的摩擦力是其遇到的主要摩擦阻力。假设粘性阻力较小,或者假设管道中无粘性流体,因此管道内的粘性阻力对内检测器运动产生的影响相对较小。最后假设流体的温度保持恒定。鉴于上文分析我们可以认识到管道内流体的温度会对流体的粘性系数产生较大的影响,随着温度的变化,流体介质的粘性系数也会随之发生改变,粘性阻力增大,内检测器的运行速度便会降低,反之内检测器的运行速度便会加快。为便于计算和研究,假设流体温度恒定,同时将流体的密度假设为恒定参数。

在水平管道中,在不受内检测器自身重力影响的情况下,前端压力与后端压力将直接施加在内检测器上。因为流体在管道内存在阻力损失,因此在内检测器的两端的压力也会出现一定的差异。受这种压力差的影响,会使内检测器在管道中向前运动。最初内检测器会从静止开始运动,在此过程中,受流体惯性作用的影响,内检测器下游气体的压力会逐渐下降,相应的上游气体的压力则会逐渐升高,相应的内检测器两端的气体压力差也会进一步拉大。这种压力差增加至与静摩擦力最大值相同时,便会驱动内检测器在管道内开始移动^[3]。最初内检测器会加速运动,之后便逐渐趋于稳定。在其运动速度稳定之后,内检测器前后两端的压力也会保持稳定。

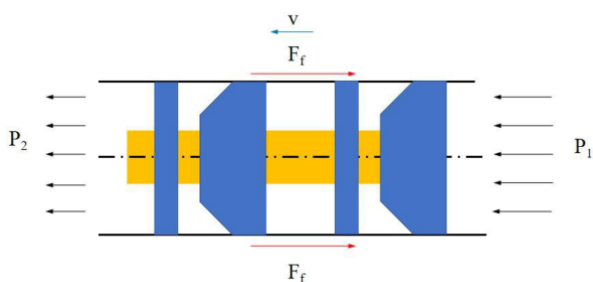


图1 内检测器运动力学分析

图1中 V 表示内检测器在管道内的运动方向， F 表示内检测器在管道内运动过程中受到的摩擦阻力； P_1 与 P_2 分别表示上游与下游气体压力。对于长输输气管道而言，其管道的纵向尺寸要远大于管道截面的横向尺寸，因此可以将输送的气体以及内检测器的流动与运动假设为一维流动，内检测器面向气体流动的一侧会产生压力 P_1 ，背向气体流动的一侧产生的压力为 P_2 ，两端的压力差为 ΔP ， ΔP 是内检测器在管道内运动的动力。为便于计算，假设内检测器的运动速度相对较慢，并且假设管道为无限长，这种情况下压力差变化所产生的影响非常小，因此可以忽视这方面产生的影响。在内检测器运行速度稳定之后，内检测器前后的气体压力差也将保持恒定。在此基础上再结合牛顿第二定律，可以确定内检测器的运动模型，即 $M(d^2x/dt^2) = F_p(t) + F_f(t)$ 。 M 即内检测器自身的质量， $F_f(t)$ 即内检测器在管道内运动过程中受到的内摩擦阻力^[4]。

在捏检测器的动力学计算过程中，首先导入数据，设置时间步长与空间步长，计算上下游初始边界。之后判断内检测器是否到达边界，如果到达边界则直接导出结果完成计算。如果内检测器未到达边界，则需要进一步更新内检测器位置，并在此基础上对检测器进行运动力学分析，再计算检测器上下游压力，之后再判断检测器是否达到边界。到达边界直接导出结果完成计算，如果未达到边界继续按照上述流程进行计算。

3.4 结果分析

内检测器由静止状态开始运动，受检测器阻碍的影响，使得管道上游积攒了大量气体，受惯性作用的影响，使得管道中的下游气体持续向前运动，因此此时内检测器前方的压力下降，其后方的压力则有所增加，内检测器前后的压力差

进一步加大。受这种前后压力差的影响，促使内检测器开始加速，并且加速度较大，其速度峰值为每秒钟34.85米，并且内检测器能够在短时间内便达到速度峰值。之后由于内检测器快速向前运动，使得管道下游气体不断被压缩，相应的内检测器头部的压力也会随之不断提高。内检测器尾部的压力则会逐渐下降，内检测器的运动速度也会逐渐放缓，并最终每秒钟1.1米的速度稳定运动。由此可见，在天然气管道检测过程中，前期内检测器的运动速度会发生比较大的变化，并且这种变化比较剧烈，但在经过剧烈变化之后，内检测器的变化速度会最终保持恒定。

在内检测器运动过程中，其受到的摩擦力与气压之间也存在密切的关系，在内检测器前后气压差大于其阻力压力的情况下，内检测器便会开始运动，为保证检测工作的顺利进行，需要保证内检测器前后的最低压力差高于0.156兆帕。在管道中的气压超过允许值时，安全阀会自动打开，排除部分气体，以便降低管道中的气体压力。内检测器在管道内运动的过程中，在阻力的影响下，会导致载气前后端形成压力差，容易出现压力降级现象。在实际的管道检测过程中，管道前后压力只能降一级。

4 结语

天然气管道检测是保证天然气运输安全与可靠的重要举措，同时也是保障居民生命财产安全的关键措施。应用内检测器对天然气管道进行检测，不仅实现了无损检测，而且能够帮助人们了解并掌握管道缺陷情况，对于保障天然气管道健康以及保障天然气安全稳定供应等均具有重要意义。内检测器在管道中运动会受到阻力的影响，通过对天然气管道内检测阻力以及对天然气供应的影响的分析，能够更好地保障保证检测工作顺利进行以及保障正常供气。

参考文献

- [1] 曹学文,曹恒广,赵湘阳,等.直板清管器与管壁间摩擦阻力的模拟研究[J].石油机械,2021,49(05):138-146.
- [2] 徐大伟,李薇,叶咸,等.天然气管道顶管穿越高速公路安全影响分析[J].公路交通科技(应用技术版),2019,15(12):314-316.
- [3] 裴茂,杨晴雯,卫杰.天津液化天然气管道填海段吹填土不均匀沉降量[J].科学技术与工程,2018,18(11):170-175.
- [4] 王瀚霖,黄卫星.基于可压缩流体的天然气管道泄漏量预测模型[J].安全与环境工程,2015,22(04):136-141.

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和安全管理,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,要建立设备定期检查制度,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.

Common energy-saving and consumption-reduction techniques in chemical technology

Qi Lou¹ Bihao Cui¹ Shengzhou Lu² Zhong Xu² Yingying Zheng³

1. Third Age Technology, Quzhou, Zhejiang, 324000, China

2. Quzhou Hangyang Special Gas Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China

3. Zhejiang Quzhou Beilide Coatings Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324000, China

Abstract

In the process of the development of China's chemical industry, the consumption of energy is increasing, and in the process of reform and development, the party and the government attach great importance to energy conservation and environmental protection, so the chemical industry to adjust and optimize the use of the corresponding technical means of energy saving and consumption reduction. Only in this way can chemical enterprises follow the pace of national development and achieve the requirements of sustainable development. Of course, in order to really do this, the application of energy saving and consumption reduction technology in chemical process should be more effective and scientific, so this paper will analyze some common energy saving and consumption reduction technology measures in chemical process.

Keywords

chemical process; energy saving and consumption reduction technology; measures

化工工艺中常见的节能降耗技术措施

楼琪¹ 崔必豪¹ 陆盛舟² 徐忠² 郑莹莹³

1. 衢州三时纪新材料有限公司, 中国·浙江 衢州 324000

2. 衢州杭氧特种气体有限公司, 中国·浙江 衢州 324000

3. 浙江衢州贝利德涂料有限公司, 中国·浙江 衢州 324000

摘 要

在我国化工产业发展的过程当中, 对于能源的消耗量不断增加, 而在目前改革发展的进程中, 党和政府都非常重视节能环保工作, 因此化工产业进行调整优化, 采用节能降耗的相应技术手段具有一定的必要性。这样才能够保障化工企业跟随国家发展的步伐, 达成可持续发展的要求。当然想要真正做到这一点, 在化工工艺当中对于节能降耗技术的应用要更为有效科学, 因此本文将分析在化工工艺当中一些常见的节能降耗技术措施。

关键词

化工工艺; 节能降耗技术; 措施

1 引言

目前我国化工行业发展速度在不断加快, 但是相应的市场上的竞争也更加的激烈, 为了能够占据在竞争当中的优势地位, 那么各个化工企业都需要努力提高自身的核心竞争能力, 达成生产增效的主要目标, 在保证生产质量的同时控制在其中的成本消耗, 这样才能够使得化工企业获得更高的经济收益, 获得更多的贡献。化工企业在进行化工生产的过程当中, 需要全方位应用节能降耗的相关技术。

2 化工工艺应用的现状

目前化工生产当中, 需要将化工技术以及生产的技术两者有效结合借助技术的帮助, 从而转化化工生产的原材料, 使其成为人们所需要的化工产品。在生产化工产品时污染是不可避免的, 而且对于能源的消耗是相对较多的。所以需要未来的发展当中注意节能和环保, 要尽量节约对于能源的消耗, 做到对于现有资源的优化管理, 减少在生产过程中的浪费, 杜绝产生的各项污染。

3 化工工艺中节能降耗的必要性

从理论的角度进行分析, 能够了解到在化学生产当中能源的损耗涵盖最小功以及能量的损耗, 能量的损耗更多的是指在化工产品生产的过程当中设备本身存在问题, 在其中

【作者简介】楼琪(1984-), 男, 中国浙江东阳人, 工程师, 从事化工工艺研究。

采取的节能降耗措施不达标,所以消耗的能源会不断增加。而在其中的最小功是指部分生产工作中会过度消耗能源,而通过采用节能的相关技术以及有效的措施可以产生良好的节能降耗举措,也能够实现节约能源的主要目标。

一方面化学生产工艺应用的能源是不可再生能源,并且对于这些能源的消耗相对较多,它的数量会不断减少,而无法再次产生。因此针对目前我国存在着的能源紧缺的这种情况来分析,能够了解到这是未来需要解决的关键问题,我国的能源紧缺问题已经相对严峻。另一方面因为在其中化工生产并没有停止,它在持续运行,所以能源消耗也会不断增加,能耗越大,消耗的资金成本也就越大。另外在实际生产当中,化工工艺生产也会污染我国的生态环境,使得我国的生态环境质量不断下降。

4 化工工艺中常见的节能降耗技术

4.1 降低生产中的动力消耗

在化工生产当中,动力能耗的使用是关键要点,在引进先进的节能降耗技术时,对于动力能源的严格把控起到了关键的作用。如果说在化学生产工艺应用的过程当中可以减少动能的消耗,那么可以起到良好的节能作用。而想要达到这方面的目标可以从节能频率的有效调节这步开始,在生产过程当中,电机的操作与系统需要稳定地运行,而这需要借助阀门的帮助。在生产当中,阀门的稳定运行也就是化工生产的稳定运行。企业在实际生产过程当中设备装载相对较低,可以通过调节节能频率控制实际系统生产运行的具体状态,也可以优化供热体系,改变生产的这一过程。一般情况下在实际化工生产工作中,在实际化工生产工作中,静态的阀门调节方案一般会转变成为动态节能方案,其中电机的拖动系统无论是输入还是输出,都需要参考实际生产的需求进行调整,这有利于电机拖动系统运行的实际情况形成改善,而且还可以尽量地规避在其中一些不必要的能源消耗。对此还需要化工企业结合生产的实际需求形成组合配置,找到最佳的生产应用方案,希望能够实现良好的化工生产运行及发展。

4.2 完善化学污染物处理技术

目前我国多数地区经济发展速度不断加快,已经基本能够达成小康社会的稳定发展目标,在医疗条件以及经济收入都得到了显著改善的背景下,能源消耗以及环境污染也变得更加剧烈。在我国石油化工生产过程当中废气排放量正在快速增长,这是导致我国环境污染加剧的主要原因。在实际生产化工产品当中泄露的有毒有害气体,对于大气环境的污染非常明显,人们的日常生活当中对于化学产品的应用会不断增加,并且应用完成后还会随意丢弃这些化学物品,造成的污染更为严重。如果个别企业在生产的过程当中,没有科学地处理在化学生产当中排放的有毒气体,还有一些液体,那么环境污染情况会更加剧烈,动植物会死亡,人体也会面

临有毒有害的生存环境。在行业发展当中,化工企业想要有良好的形象及声誉,那么就需要引进节能降耗技术,加强环保工作,减少化学污染,满足绿色文明生产的一系列需求,对生态环境形成充分保护。

同时化工企业还需要做的是严格控制在生产活动当中产生的废渣及废弃物,尽量控制生产污染物的排放,这样才能够强化其中的控制效果,也可以使得废弃泄漏的可能性不断降低。需要主动的强化对于这些废弃物的有效回收以及综合利用,这样才能够达到可利用资源的循环发展,才能够尽量减少在其中浪费的能源。化工企业可以主动地选择一些污染较少的创新工艺技术,这符合节能降耗的主要目标,因此节能降耗也是未来化工行业发展的一个必然趋势。

4.3 改良反应的工艺条件

在化工生产当中应用的先进技术也会影响到整体生产的能源消耗,对于反应的工艺条件形成优化改善,可以严格控制对于能源的消耗以及应用。其中化学生产当中反应的工艺条件也会对其压力还有温度,包括转化率等各个方面的情况产生一定的影响,生产过程当中的整体能源消耗都会随之而出现一定的改变。

在反应的压力等各个方面优化压力结构具有关键的作用,合理地计算反应的压力,尽量控制这一压力,可以在保证反应体系高效推进的同时优化其中的能源消耗,减少压缩功耗,达到降低综合功耗的最终目的。从反应的最终温度能够了解到,化工工艺在反应的过程当中温度区间的变化比较关键,需要合理的评估这一温度,严格的控制这一温度,降低在其中的吸热量,这样才能够尽量减少在生产过程当中所产生的供热量,还可以使得化工工艺热能的利用效率水平不断提升。在化学反应的基本转化率方面,可以借助抑制反应过程的副反应,尽量减少在其中所出现的副产物,使得化学反应转化效率水平提高的同时,也可以尽量减少在其中产生的压力,使得生产过程的能耗可以不断减少。

4.4 提高投入成本控制的有效性

我国城市经济发展速度正在不断加快,城市居民以及农民工的生活水平得到了显著的改善和提升,人们已经明确认识到了节能降耗的积极作用和关键价值。在各个领域当中只有引进这些先进的节能降耗技术,才能够尽量减少其中各项能源的使用,使得能源控制的效果更好,避免出现浪费情况。化工生产的各个环节都需要消耗足够的能源,而想要实现这一行业的可持续发展及稳定进步,就需要企业负责人引进先进的节能降耗技术,明确这些技术的价值和作用,阐明这些技术应用的优势和意义,并且还需要了解其中的能耗应用效率以及投入的资金成本等,明确技术应用产生的积极价值和负面作用,探索在生产链当中的具体问题情况,提高化工生产加工设备的主要性能,加快燃料设备生产的速度,尽量减少在实际运行过程当中能量的损失,严格控制废气的排放,确保化工企业从中获取的经济效益可以不断提升。

4.5 余能和余热的回收利用

对于余能余热要形成高效合理的利用,这也是节能降耗的一种有效举措。在现有资金允许的情况下,通过对水热能的余能进行回收利用,可以优化企业的功能体系,也能够使得能源的利用效率水平不断提升。同时,化工反应的污水回收利用还可以尽量减少在生产过程当中对环境形成的负面作用以及污染,随着这些回收利用的稳定发展,在未来可以借助这些能源的有效回收,尽量减少在化工生产当中的能源消耗,达到低碳环保的最终目标,还可以提高企业的经济效益,进而达到一举两得的主要目的。

4.6 合理控制化工生产的外部压力

以往化工生产当中,因为外部压力不符合生产的具体需求,所以化工反应生产的稳定性和高效性都不符合目标,达不到生产的要求,导致能源的消耗不断加重。因此在对化工反应的工艺条件进行改善时,应该重视外部压力的基本问题,要结合化工生产的具体要求,还有各方面的不同标准,精准地计算生产的压力,确定标准的生产压力。在具体推进化工反应生产当中对于外部压力形成严格的控制,这样才能够确保化工反应生产更加稳定,效率不断提高,还可以使得反应物的反应效益不断增长,减少在其中的能源消耗。

5 化工工艺中节能降耗措施

5.1 引进先进设备

对于化工工艺当中常见的节能降耗措施来说,先进设备的引进是其中的关键要点,也是其中的典型。这里的先进设备综合代表着新的工艺技术以及新的设备,具体分析,在化工企业实际生产中,由新的工艺技术以及新的设备所组成的节能降耗措施能够改善化工工艺中的化学反应效率,也可以改善化学原料的应用情况,这就使得在化工企业当中的能源浪费问题以及材料问题不断减少,顺利解决。值得注意的是,在新的工艺技术以及新的设备引进的过程当中,化工企业需要考虑在其中的工艺效率以及环保程度,还有生产性能等不同的因素,这样才能够确保化工企业在节能降耗措施的有效支持下,在自身发展当中达成可持续进步的主要目标。

在引进其中先进设备以及技术手段的同时,对于这些设备的维护以及管理非常的关键。在化工生产当中,机械设备的应用非常多,但是不可否认的是在实际应用这些机械设备中会出现锈蚀的情况,还有结垢的情况,这会导致设备的使用效率显著下降,会影响正常的生产工作,还会浪费大量的能源资源,使得企业的生产成本不断增加。因此要制定更加合理的设备装置维护计划,主动的维护反应装置,使得能源的转化效率水平可以不断提高,稳定地延长设备运转的周期,保证化工生产的安全性及稳定性。

5.2 严格控制原材料的应用

在化工生产过程当中所应用的化学原料,种类非常的丰富比较全面,这些原料在生产过程当中的比例也会影响到生产的整体效率水平,而且还会控制整个生产的过程。为了能够尽量减少这部分能耗,节约其中的能源,企业需要参照设计生产的具体需求和特点,选择合理的生产比例,分析在内部生产的过程当中这些原材料作用的价值,从而更加充分地发挥这些原材料的积极作用。要对原材料的具体比例进行科学把控,使得化工生产的效率水平可以不断提高,达到对这些原材料科学利用的主要目的。

5.3 提高化工生产管理水平

人为的因素以及设备的因素,都会影响到化学工艺应用的良好效果,会导致其中的节能效果不断下降。为了能够尽量规避出现这种情况,化工生产管理水平的提高就更为关键,要达到提高生产效益以及节能降耗的主要目的,就需要充分结合具体的生产情况,明确其中生产的主要目标,了解在其中的部署及缺陷,开展针对性更强的生产管理工作。比如说可以加强对工作人员的培训,还可以落实相关的责任以及具体生产制度等等。这可以确保化工生产进行得更加标准、更加规范,而且还可以有效提高能源的利用率,在化工生产当中创造更高的经济效益。

5.4 实现化学制造工艺的循环利用

在化学生产工作中,有效节约能源的消耗,有效提高现有资源的利用率,并且还能够达到二次利用的主要目的。当下在化学企业内部也在持续研发新型的节能降耗技术手段,希望能够找到很多替代性的资源,或者某种形式,做到对于资源的再利用,可以尽量减少整体的资源消耗,整体的资源利用率也会有效提升,这是化工企业内部提高经济效益的重要手段。这一标准可以尽量减少企业内部的生产成本支出,可以帮助化工企业在行业内实现高效稳定的发展目标。

6 结语

总的来说,在化工工艺当中节能降耗技术的应用可以加强对环境的保护,减少对环境的污染。因此应该进一步强化在化工工艺中节能降耗的理念,在产品制造的过程当中,减少动能的消耗,更新其中工艺技术,满足节能高效生产的相关目标,进而提高我国化工企业的经济效益,并且也希望能够借此稳定地促进我国工业行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 褚衍佩,刘婷婷.节能降耗技术在化工工艺中的应用研究[J].化纤与纺织技术,2024,53(05):64-66.
- [2] 黎伟.化工工艺中节能降耗技术应用与优化[J].中国石油和化工,2024,(01):81-83.
- [3] 张瑶,李媛,崔燕,等.化工工艺中节能降耗技术及应用[J].天津化工,2023,37(06):61-63.

Briefly describe the fluid vibration analysis method based on the EIG manual

Jie Zhang

Sinopec Petroleum Engineering Design Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257026, China

Abstract

Process pipeline systems have traditionally been designed based on static analysis, with little or no attention paid to fatigue caused by vibration. Because most pipeline design specifications consider pipeline vibration as temporary or passive. The vibration analysis report in overseas projects is independent of the stress calculation report, with the aim of identifying vibrating pipelines and providing solutions. The basis for vibration analysis in overseas projects is the Pipeline Vibration Analysis Guidelines of the London Energy Institute. This guide can also provide analysis methods for small diameter pipeline vibration and turbulent pipeline vibration, and provide ideas for solving pipeline analysis. This article briefly describes the causes and influencing factors of pipeline vibration based on the Guidelines for Pipeline Vibration Analysis, and also introduces the analysis methods of fluid vibration. Provide application reference for the determination of pipeline fluid vibration.

Keywords

fluid vibration; Vibration analysis; Process pipeline

基于 EIG 手册简述流体振动分析方法

张婕

中石化石油工程设计有限公司, 中国 · 山东 东营 257026

摘 要

工艺管道系统传统上是在静态分析的基础上设计的, 很少或根本不注意振动引起的疲劳。因为大多数管道设计规范将管道振动被视为临时或被动的。海外项目中振动分析报告独立在应力计算报告外, 目的是识别出振动管道并给出解决措施。海外项目中振动分析依据是伦敦能源研究所的管道振动分析指南。该指南也可以为小口径管线振动、紊流管线振动提供分析方法, 为解决管道分析提供思路。本文依据管道振动分析指南简述管线振动的原因和影响因素外, 还介绍了流体振动的分析方法。为管线流体振动的判定提供应用参考。

关键词

流体振动; 振动分析; 工艺管道

1 引言

管道振动是指输送介质流经管道时, 由于各种原因产生的管道、管支架和管道连接件的振动。管线振动不仅会造成金属疲劳还会引发安全事故。常见的事故包括声音污染、漏水漏气、磨损加剧等。在项目运行过程中, 以下原因是常见的管线振动引发金属疲劳的主要因素: ①管道内的介质进行安全释放, 例如危险或易燃的加压流体的突然释放等。②生产停机时间。③纠正振动管道造成其他管道振动。④环境影响。

通常情况下, 工艺管道系统的设计只是基于静态分析, 很少或根本不考虑振动引起的疲劳。这主要是因为大多数管道设计规范没有有效的方式分析出振动问题。这导致管道振

动被视为临时性或触发性的。

结合石化厂管道系统中与振动相关的疲劳故障发生率越来越高的情况, 发生管线振动大多源于两个方面。一是侵蚀速度限制的放宽, 流速增加, 导致过程系统中流速更高, 湍动能相应更大。二是薄壁管道(如双相不锈钢合金)的应用导致管道柔性增强, 应力集中变高, 振动往往反映在小口径连接处。

为了降低上述问题带来的风险, 伦敦能源研究所编制的管道振动分析指南(Energy Institute Guideline, EIG)针对不同的振动原因各自提供了一套分析方法简单、可操作性强的理论计算公式, 目的是从设计前端开始降低管道的运行中引发的风险。本文将依据伦敦能源研究所的管道振动分析指南^[1]从定量到定性简述流体振动(Flow Induced Vibration, FIV)的分析方法。

【作者简介】张婕(1988-), 女, 中国山东聊城人, 本科, 高级工程师, 从事石化类、力计算、振动分析研究。

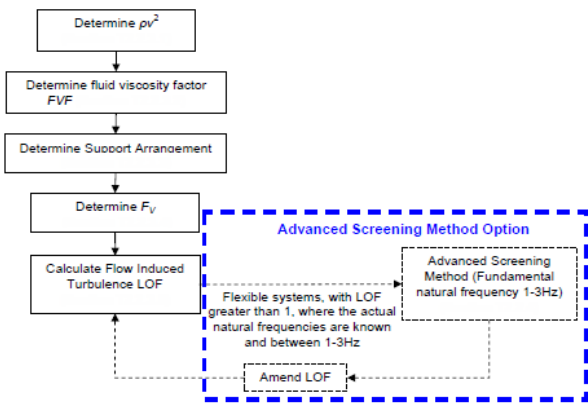


图 1 EIG 提供的 FIV 计算 workflow

2 FIV 分析方法

由于项目运行中遇到的大多数管道系统都会存在湍流。在直管中，它是由管壁处的湍流边界层产生的。大多数情况下，湍流的主要来源是系统中的主要流动不连续性。典型的例子是工艺设备、部分关闭的阀门、短半径或斜接弯头、三通或异径管。针对上述问题，EIG 中提供了针对流体振动的分析方法，即通过对管道密度和流速的计算分析出管道发生振动的可能性，在 EIG 中也称作失效可能性（Likelihood of Failure, LOF）。

在实际项目运行中，由于管道的振动会导致动态应力，如果超过临界水平，可能会导致疲劳裂纹的产生或扩展，详见图 2。如果不加以检查，疲劳裂纹会导致全厚度断裂和随后的破裂，部件的疲劳寿命可能会缩短（在某些情况下为几分钟或几天）。然而，如果振动是间歇性的，则部件的疲劳寿命可能会更长，具体取决于动态应力幅度和振动频率。



图 2 小口径管线连接处发生金属疲劳

疲劳最敏感的位置是与主线和螺孔连接相关的焊接处。通常，小口径连接的疲劳失效发生在与母管的连接处，也有可能发生在小口径管道转向处，疲劳失效可能发生在其他焊接位置。详见图 3。



图 3 弯头处金属疲劳

2.1 LOF 的评估方法

管道振动最常见的原因是流动引起的湍流。为了定性井场中的流体振动管线，根据 EIG，LOF 值作为所有管道是否发生振动的筛选标准^[2]。流体振动的 LOF 由以下公式确定：

$$LOF = \frac{\rho v^2}{F_v} FVF$$

ρ ——流体密度， kg/m^3 。

其中 ρv^2 须根据流体是单相流还是多相流确定，如果是单相流：

$$\rho v^2 (\text{实际密度}) \times (\text{实际速度})^2$$

如果是多相流：

$$\rho v^2 = (\text{有效密度}) \times (\text{有效速度})^2$$

2.2 验收标准

2.2.1 LOF 分值及相关措施

LOF 是一种用于最终定性评估的评分形式。目的是根据 LOF 的分值给出对应的纠正措施。

分值	措施
$LOF \geq 1.0$	须纠正措施，并进行应力计算
$1.0 > LOF \geq 0.5$	须纠正措施
$0.5 > LOF \geq 0.3$	须纠正措施
$LOF < 0.3$	无纠正措施

如果管线的 $LOF \geq 1$ 时，必须采取纠正措施，将 LOF 值降至 1 以下。除此之外，该管线必须进行应力计算，复核其各个节点的应力情况是否满足应力要求。

如果 $LOF < 1$ 无法实现，则应将该情况视为“特殊”情况，必须与客户进行进一步讨论。

2.2.2 预筛选标准 ρv^2

在计算 LOF 之前， ρv^2 值可作为 FIV 管线预筛选标准。由于湍流能量的大部分取决于流体的粘度。因此，对于液体和多相流体，FVF 等于 1。但是对于气体，FVF 使用以下公式计算。

$$FVF = \sqrt{\mu_{gas} / \sqrt{1 \times 10^{-3}}}$$

FVF——Fluid Viscosity Factor，流体粘度系数。

μ_{gas} ——Gas dynamic viscosity，气体动态粘度，Pa.s。

分值	分级	结论
$\rho v^2 < 5000 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$	低	无 FIV
$5000 \text{ kg/m} \cdot \text{s} \leq \rho v^2 < 20000$	中	须计算 LOF
$\rho v^2 \geq 20000$	高	须计算 LOF

2.2.3 固有频率验证

为了确认纠正措施的有效性，有必要验证固有频率是否符合应力计算要求。支架跨度根据 EIG 由固有频率确定，固有频率的确定应与应力计算报告一致。进行管道应力分析，以确保达到所需的频率。基本固有频率取自 CAESAR II。

2.2.4 计算流致振动

流致振动系数通常由下表确定。

支架布置	支架跨距判据	固有频率
Stiff	$L_{span} < -1.2346 \times 10^{-5} D_{ext}^2 + 0.02 D_{ext} + 2.0563$	14 to 16 Hz
Medium stiff	$L_{span} > -1.2346 \times 10^{-5} D_{ext}^2 + 0.02 D_{ext} + 2.0563$ $L_{span} < -1.1886 \times 10^{-5} D_{ext}^2 + 0.025262 D_{ext} + 3.3601$	7 Hz
Medium	$L_{span} > -1.1886 \times 10^{-5} D_{ext}^2 + 0.025262 D_{ext} + 3.3601$ $L_{span} < -1.5968 \times 10^{-5} D_{ext}^2 + 0.033583 D_{ext} + 4.429$	4 Hz
Flexible	$L_{span} > -1.5968 \times 10^{-5} D_{ext}^2 + 0.033583 D_{ext} + 4.429$	1 Hz

支架布置	管线外径 mm	F_v	α	β
Stiff	60-762	$\alpha(\frac{D_{ext}}{T})^\beta$	$446187 + 646D_{ext} + 9.17 \times 10^{-4} D_{ext}^3$	$0.1 \ln(D_{ext}) - 1.3739$
Medium stiff	60-762	$\alpha(\frac{D_{ext}}{T})^\beta$	$283921 + 370D_{ext}$	$0.1106 \ln(D_{ext}) - 1.3739$
Medium	273-762	$\alpha(\frac{D_{ext}}{T})^\beta$	$150412 + 209D_{ext}$	$0.0815 \ln(D_{ext}) - 1.3269$
Medium	60-219	$\exp[\alpha(\frac{D_{ext}}{T})^\beta]$	$13.1 - 4.75 \times 10^{-3} D_{ext} + 1.41 \times 10^{-5} D_{ext}^2$	$-0.132 + 2.28 \times 10^{-4} D_{ext} - 3.72 \times 10^{-7} D_{ext}^2$
Flexible	273-762	$\alpha(\frac{D_{ext}}{T})^\beta$	$41.21 D_{ext} + 49397$	$0.0815 \ln(D_{ext}) - 1.3842$
Flexible	60-219	$\exp[\alpha(\frac{D_{ext}}{T})^\beta]$	$1.32 \times 10^{-5} D_{ext}^2 - 4.42 \times 10^{-3} D_{ext} + 12.22$	$2.84 \times 10^{-4} D_{ext} - 4.62 \times 10^{-7} D_{ext}^2 - 0.164$

2.3 高级分析方法

高级分析方法仅适用于固有频率大于 1 Hz 且小于或等于 3 Hz 的管道。此处需要重新计算。

$$F_v = \exp[\alpha(\frac{D_{ext}}{T})^\beta]$$
$$\alpha = (1.3175 \times 10^{-5} D_{ext}^2 - 4.4213 \times 10^{-3} D_{ext} + 12.217)(0.0529 \ln(f_n) + 1)$$
$$\beta = (-4.622 \times 10^{-7} D_{ext}^2 + 2.835 \times 10^{-4} D_{ext} - 0.164)(-0.1407 \ln(f_n) + 1)$$
$$\exp[z] = e^z.$$

2.4 纠正措施

完成 LOF 计算后，还需要对有振动风险的管道进行纠正，以下是常见的纠正措施。

- ① DN50 以下的管道减振措施：在小口径连接处增加两个方向的斜撑；减少直管段长度；减少阀门或者仪表的重量。
- ②大口径管道的减振措施：增大管线壁厚；增大管线口径；降低。

3 结语

在项目运行中，工艺管线作为连接各个装置的主要方式，承担着介质输送的重要任务，也是工艺系统的命脉。传统的振动分析通常集中在机械振动源上，比如泵的振动、压缩机的振动。这种振动往往比较明显，容易发现。很多项目在设计初期就提前进行了预分析。因此，连接动设备的管道

往往得到了有效的保护。但是除了机械振动源外，管道内流体造成的振动常常被忽视。在实际工程项目中，有些管道发生振动与动设备没有关联，而是受到了流体振源的影响。管道振动应从振源入手，从根源解除金属疲劳的风险。

流体振动的分析是复杂的。对于工程项目来说，使用一个有效且操作性强的方法可以提高管道应力计算的深度，还能降低管道发生金属疲劳的风险。而 EIG 手册已在海外的工程项目中可是推广应用，该手册从流体密度、流速入手，提供了计算公式和相关联的判据，将流体振动具象化，在工程应用中具有可操作性。值得注意的是 EIG 提供的振动分析只是应力计算的辅助分析。由于振动与固有频率相关，通过振动分析得出的结论必须在 CII 软件中进行验证。也就是说该分析方法不能脱离应力计算独立存在^[3]，不过该方法也为国内的类似振动分析需求提供了参考。

参考文献

[1] ENERGY INSTITUTE, LONDON, Guidelines for the Avoidance of Vibration Induced Fatigue Failure in Process Pipework, 2008.1.

[2] 孟丹,郭海燕,徐思朋.输流管道的流体诱发振动稳定性分析[J].振动与冲击, 2010.DOI:CNKI:SUN:ZDCJ.0.2010-06-022.

[3] 税朗泉,刘永寿,顾致平,等.轴向周期激励下含脉动流体简支管道横向振动稳定性分析[J].振动与冲击, 2012, 31(7):133-136.

Common problem handling in the design and manufacturing-process of pressure vessels

Lizhen Wang Dajiang Lang Hongru Ba Feng Zhang

Henan Xinlianxin Chemical Industry Group Co., Ltd., Xinxiang, Henan, 453700, China

Abstract

In the design and manufacturing of pressure vessels, common problem handling involves rational material selection, optimized design parameters, precise welding processes, strict quality inspection, configuration of safety accessories, stress analysis control, implementation of anti-corrosion measures, standardized operations, and energy-saving and environmental protection requirements. Careful consideration should be given to material properties, welding quality, residual stress, safety devices, and corrosion protection to ensure structural strength and durability, while complying with relevant standards to improve overall safety and efficiency. These measures work together to ensure the reliable operation and long-term stable use of pressure vessels under various working conditions. This article aims to explore the manufacturing process technology of pressure vessels, selecting materials, adjusting design parameters, and ensuring that pressure vessels can maintain stability and reliability in diverse working environments.

Keywords

pressure vessel; design; manufacture

压力容器设计与制造过程中常见问题处理

王丽真 郎大江 巴鸿儒 张峰

河南心连心化学工业集团股份有限公司, 中国·河南 新乡 453700

摘 要

在压力容器设计与制造中, 常见问题处理涉及合理选材、优化设计参数、精确焊接工艺、严格质量检测、配置安全附件、应力分析控制、防腐措施执行、标准化作业和节能环保要求。需针对材料性能、焊接质量、残余应力、安全装置及腐蚀防护等方面进行细致考量, 确保结构强度和耐久性, 同时遵循相关标准, 提高整体安全性和效率。这些措施共同作用, 以保障压力容器在各种工况下的可靠运行和长期稳定使用。本文旨在探讨压力容器制造过程技术, 选择材料、调整设计参数等方面确保压力容器能够在多样化的工作环境下保持稳定性和可靠性。

关键词

压力容器; 设计; 制造

1 引言

压力容器在化工、石油和能源等行业中扮演着至关重要的角色, 铬钼钢因其出色的抗腐蚀性、高强度和机械性能而成为其制造的优选材料, 尤其在恶劣的工作环境中表现卓越。然而, 随着工业技术的进步和应用领域的拓宽, 高强度压力容器的设计和制造正面临日益增多的挑战。在极端环境下, 如高温、高压、强腐蚀等, 对其安全、可靠运行提出了极其严苛的要求。与此同时, 环境保护、能源节约等方面的法规也在不断地提高着材质的选择与生产技术。所以, 深刻地剖析高强压力容器的优点和问题, 探讨相应的对策和改善措施, 对提高高强压力容器的安全性、可靠性和经济性, 有着重要的意义。

2 高强度压力容器相关概述

在石油、化工和电力等工业领域, 高强度压力容器作为核心设备, 因其高强度和优异的耐腐蚀性能而备受青睐。这些容器能够在高温和高压的极端环境下长期保持稳定的工作性能。铬钼钢是一种含铬和钼的合金钢, 它因其出色的抗氧化能力和抗蠕变特性而适用于制造压力容器。这种材料不仅能够保持良好的机械强度, 还能在厚壁容器的设计中发挥重要作用, 使其能够承受巨大的内外压力差, 从而确保容器在长期使用中的安全性^[1]。此外, 高强度压力容器还具有优良的焊接性能, 这为现场安装和日常维护工作提供了极大的便利。这些特性使得高强度压力容器成为这些行业中不可或缺的关键设备。

【作者简介】王丽真(1986-), 女, 中国河南荥阳人, 本科, 工程师, 从事化工设计研究。

3 铬钼钢的材料特性

3.1 耐腐蚀性

铬钼钢在压力容器制造领域的广泛应用，得益于其卓越的耐腐蚀性能。这种性能主要归功于钢中所含有的铬和钼元素。铬能够形成一层坚硬的氧化铬保护膜，有效防止钢进一步氧化，增加材料的耐腐蚀性。钼则有助于提升材料的强度和韧性，使其在受到腐蚀因素作用时仍能保持良好的性能。因此，铬钼钢成为制造压力容器的重要材料，确保容器在复杂环境下的安全运行。铬在钢表面形成一层致密的氧化膜（ Cr_2O_3 ），有效防止氧化和腐蚀的进一步发展，增强了抗氧化能力。这些特性使得铬钼钢成为制造耐高温高压压力容器的理想材料。

3.2 高强度

铬钼钢的高强度主要是由于添加了合适的合金成分，使其点阵结构得到了最大程度的改善。C、Cr、Mo的比例是影响钢材的强、硬性能的关键因素，其中C的提高有利于提高钢材的硬度，而C的过量则会造成钢材的脆性和塑性下降。加入适当的Cr、Mo，不但可以使材料的强、硬性能得到改善，而且具有良好的耐氧化性、耐蚀性。另外，Cr-Mo钢中晶粒组织对其力学性质也起着重要作用^[2]，细小且均一的晶体组织有利于强化其塑性，并由此获得更大的强度。

4 高强度压力容器设计与制造中存在的问题

4.1 材料选择与腐蚀问题

选择不适当的材料会导致高强度压力容器加速老化与腐蚀，从而对其安全和寿命构成威胁。例如，碳含量较高的铬钼合金钢在焊接区域容易出现腐蚀和晶界侵蚀问题，尤其在腐蚀环境中更为显著。焊接过程中碳化物的形成会加剧接缝侵蚀，削弱整体防腐性能。材料生产中的品控失误或合金成分搭配不当也会导致防腐效果不达标，增加腐蚀风险。腐蚀性介质如氯离子或硫化物能显著加速材料侵蚀，缩短容器寿命，并带来安全风险。

4.2 设计不合理

在高压容器的设计过程中，任何设计上的缺陷都可能引入安全隐患。例如，如果受力分布不均匀，可能会加剧疲劳裂纹的产生，从而缩短容器的使用寿命。此外，连接部分的设计如果不合理，可能会导致应力集中，进一步影响容器的整体安全性。因此，在设计压力容器时，必须综合考虑其在各种操作条件下的负载特性，确保容器能够承受预定的压力和温度条件，防止塑性变形或破坏的发生。同时，设计参数的选择需要恰到好处，既不能过弱导致容器强度不足，也不能过强导致资源浪费或增加不必要的开裂风险。总之，合理的设计是确保压力容器安全可靠运行的关键。

4.3 焊接工艺问题

在高压容器制造中，焊接进度的管理是关键，

过快或过慢的焊接速度均可能影响焊缝品质。快速焊接可能导致未融合和焊缝内部空洞，而缓慢焊接则可能使焊接熔池过大，金属晶体粗大，从而降低焊缝的强度。焊接过程中，电流和电压的稳定性对焊接质量有着重要影响。如果电流过大，可能会导致过热现象，而电流不足则会降低焊缝的承载能力。这些因素都可能影响到焊缝的牢固度和气密性，进而影响容器的稳定性和密封性能^[3]。因此，确保焊接过程中的电流和电压稳定是非常重要的。

焊接材料的品质也不容忽视。劣质焊接材料会影响焊缝的塑形和特性，引发焊接缺陷。在铬钼钢制压力容器焊接中，常见缺陷包括孔洞、夹杂物和裂痕。孔洞通常由焊接过程中未释放的气体造成，焊接过程中，夹杂物通常是由于熔渣未能完全清除而产生的。而裂纹则可能是由焊接区域应力集中或材料硬化引起的。这些焊缝缺陷在容器使用过程中可能会逐渐扩展，从而损害其密封性和结构完整性，减少抗疲劳能力，并可能在极端情况下导致泄漏甚至爆裂，对设备和人员安全构成威胁。因此，确保焊接质量至关重要。

5 改进措施

5.1 优化材料选择策略

在压力容器的设计与制造中，选择耐腐蚀、耐压强度高的材料至关重要。比如ASTMA240TP316L不锈钢，含18%的铬，10%的镍，具有优良的抗腐蚀性及力学特性。通过调节合金成分比例，提高Cr/Mo的用量，提高Cr含量，提高Cr/Mo合金的耐蚀性能。

通过对金属进行化学、电镀等表面改性，可以提高其耐腐蚀性能。通过酸洗、打丸法，使被测物体表面生成一种均匀、紧密的保护层，从而增强了其耐腐蚀性。

为了检验该不锈钢ASTMA240TP316L的抗腐蚀性能，可以在试验室中用氯化物溶液检验其抗腐蚀性能。根据《用氯化铁溶液测试不锈钢和相关合金抗点蚀和隙间腐蚀性能的标准试验方法》（ASTMG48-11）^[4]对不锈钢及有关合金的点蚀及间隙侵蚀进行试验，并对其侵蚀速度及强度进行评价。采用多功能试验机等装置，对试样进行了抗拉实验，测试了试样的压缩、屈服强度。试验数据（表1假定）表明，经优选的材料在抗腐蚀和力学性质上都有明显改善。

表1 材料优化结果

材料	耐腐蚀性能 (抗氯离子腐蚀)	抗压强度 /MPa	屈服强度 /MPa
优化前	100 h 无明显损伤	700	500
优化后	200 h 无明显损伤	750	550

实验结果揭示了一个重要的趋势：通过对合金元素配比的精心优化以及表面处理技术的巧妙应用，能够显著提高压力容器材料的抗腐蚀性能和机械强度。这种材料的改进对于延长压力容器的使用寿命至关重要，因为它能够在长期的

运行过程中抵抗各种腐蚀性介质的侵蚀,从而减少维护频率和更换成本。同时,增强的机械强度确保了压力容器在面临来自内部压力和外部环境压力时,能够保持结构完整性和稳定性。此外,耐腐蚀性和机械强度的提升还有助于减少事故风险,防止设备故障引发的潜在危害^[5]。在工业生产中,压力容器的稳定性直接关联到生产流程的连续性和产品质量的控制。通过这些技术改进,可以确保压力容器在极端条件下依然能够可靠地运行,从而保障整个生产过程的安全性和稳定性。

5.2 调整设计参数

5.2.1 优化壁厚

为了提升高强度压力容器的性能,对其设计参数进行了优化,特别是将壁厚从 20mm 提升至 25mm。此项技术的目的在于提高压力容器的抗压力及抗疲劳性能,保证其在压力作用下不会发生形变,降低由应力集中引起的破坏。由于采用了较大的壁厚,经过最佳处理的集装箱具有较高的压缩强度,可以更好地适应不同的压力和工作负载^[6]。这意味着在极端工况下,容器能够保持结构的完整性,避免塑性变形,从而提高整体的安全性和可靠性。

5.2.2 优化焊缝设计

在高强度压力容器的结构优化中,原有的直角焊缝连接方式已被倒角焊缝连接所替代。为了解决直角焊缝容易出现应力集中和裂纹问题,从而提高焊缝的强度和稳定性,采用了倒角焊缝的设计。这一改进显著降低了焊缝缺陷的风险,提升了焊缝的整体可靠性及耐久性。通过采用倒角焊缝连接方式,压力容器的设计得到了显著改善,使其在面临复杂负荷和环境挑战时,能够更加稳健和耐用。这种优化措施为压力容器的安全运行提供了有力保障,有助于降低维护成本,并提升工业生产的安全性。

5.2.3 调整安全阀参数

在压力容器安全性能的优化过程中,安全阀的启动压力从原先的 1.5MPa 上调至 1.8MPa。这一调整是为了增加压力容器的安全储备,同时提高安全阀的启动灵敏度,从而降低容器超压的可能性。通过这种优化,安全阀在保障压力容器安全运行方面起到了更为关键的作用。它能够在关键时刻快速有效地发挥作用,保护容器和整个系统的安全,从而确保了生产过程的安全性,减少了潜在的损失和停机时间。

5.3 改进焊接工艺

为了提升焊接作业的整体水平,采取了一系列综合性措施。专注于开发创新的焊接材料和工艺,通过采纳前沿

技术,显著提升了焊接的效率和质量。严格控制焊接参数,确保焊接过程的稳定性和精度,同时优化焊接速度以减少残余焊接应力,增强构件的可靠性。在焊接过程中,强化了每个步骤的监测和质量控制,建立了一个全面的焊接工艺监测体系,便于及时发现并解决焊接过程中的任何缺陷。此外,高度重视提升焊工的专业技能,通过加强焊工和工程师的培训,不断提高焊接团队的整体素质和技能水平,从而保证焊接质量的同时,也提高了工作效率和安全性,提高了团队的专业素质。最后,强调了焊接工艺的标准化工作,制定并执行了一套严格的焊接工艺标准,以确保焊接质量不仅满足国家标准,而且达到行业领先水平,不仅提升了焊接作业的效率和质量,也为企业的可持续发展奠定了坚实的基础,确保了焊接产品的高标准和一致性,增强了企业的市场竞争力。

6 结语

在设计和制造高强度压力容器时,关键环节包括焊接技术、材料选择和结构设计,它们对容器的安全性至关重要。通过合理选材、调整设计参数和焊接流程,可以显著提升容器的耐腐蚀性能、力学强度和安全可靠性。这些精细的优化措施,确保压力容器能在各种工作环境中稳定运行,为工业生产和日常生活提供了坚实的安全保障^[7]。通过精确的材料选用与工艺改进,压力容器不仅能够抵抗腐蚀和机械损伤,还能在各种压力条件下安全运行,从而降低了故障风险,提升了使用效率。

参考文献

- [1] 闫海亮,袁伟,姚呈祥,等. 基于损伤模式分析的超设计使用年限压力容器合于使用评价研究[J]. 化工设备与管道, 2024, 61 (06): 1-6.
- [2] 范磊,李亚坤,郝胜,等. 压力容器汽提塔回流罐的设计思路与制造要点[J]. 机械管理开发, 2024, 39 (11): 241-242.
- [3] 张雷. 压力容器设计中减少应力集中的策略分析[J]. 机械管理开发, 2024, 39 (11): 261-263+285.
- [4] 梁元月,董富荣,王建刚,等. 压力容器用整体设备法兰结构优化设计分析[J]. 大众标准化, 2024, (22): 50-52.
- [5] 左安达,罗从仁,姜凤银. 塑性垮塌二元评定准则在压力容器分析设计中的应用[J]. 石油化工设备技术, 2024, 45 (06): 18-23+35+80.
- [6] 王繁华. 开孔补强技术在石油化工压力容器设计中的应用研究[J]. 中国设备工程, 2024, (19): 202-204.
- [7] 祁一信. 复合材料高压气瓶设计、监测及失效模式的研究进展[J]. 塑料科技, 2024, 52 (09): 144-14

Design of Chemical Pressure Vessels and Analysis of Unsafe Factors

Hongru Ba Lizhen Wang

Henan Xinlian Xin Intelligent Equipment Technology Co., Ltd., Xinxiang, Henan, 453700, China

Abstract

This article provides an in-depth analysis of the design of chemical pressure vessels and their unsafe factors. Firstly, the basic concepts, classifications, and important roles of chemical pressure vessels in the chemical industry were introduced. Subsequently, the main principles and key aspects of pressure vessel design were elaborated, including material selection, structural design, and configuration of safety devices. On this basis, the article analyzes the unsafe factors that exist during the operation of chemical pressure vessels, such as design defects, material problems, operational errors, external environment, etc., and explores the impact of these factors on the safety performance of pressure vessels. Finally, targeted improvement measures and suggestions were proposed to reduce the risk of accidents and ensure the safe operation of pressure vessels.

Keywords

chemical industry; Pressure vessel; Unsafe factors; security

化工压力容器设计及不安全因素分析

巴鸿儒 王丽珍

河南省心连心智能装备科技有限公司, 中国 · 河南 新乡 453700

摘 要

本文针对化工压力容器的设计及其不安全因素进行了深入分析。首先, 介绍了化工压力容器的基本概念、分类及其在化工行业中的重要作用。随后, 详细阐述了压力容器设计的主要原则和关键环节, 包括材料选择、结构设计、安全装置的配置等。在此基础上, 文章分析了化工压力容器运行过程中存在的不安全因素, 设计缺陷、材料问题、操作失误、外部环境等, 并探讨了这些因素对压力容器安全性能的影响。最后, 提出了针对性的改进措施和建议, 以降低事故发生风险, 确保压力容器的安全运行。

关键词

化工; 压力容器; 不安全因素; 安全

1 引言

化工压力容器作为石油、化工、制药等行业的关键设备, 其安全性对于保障企业安全生产和员工生命安全具有重要意义。随着我国经济的快速发展和工业化的深入推进, 化工行业对压力容器的需求日益增长, 压力容器的设计、制造和使用安全问题日益凸显。化工压力容器在高温、高压、腐蚀性介质等苛刻环境下工作, 容易产生材料疲劳、应力腐蚀、机械损伤等问题, 导致事故的发生。近年来, 我国化工压力容器事故频发, 不仅给企业造成了巨大的经济损失, 而且严重威胁到员工的生命安全和环境安全。加强对化工压力容器设计及不安全因素的分析研究, 探讨如何提高压力容器的安全性能, 降低事故风险, 对于促进化工行业的健康发展具有十

分重要的意义。本研究旨在分析化工压力容器设计中的关键环节, 识别不安全因素, 提出相应的改进措施, 以为化工压力容器的设计、制造和使用提供理论支持和实践指导。

2 化工压力容器的基本概念、分类及其在化工行业中的重要作用

化工压力容器是指在石油、化工、医药等行业的生产过程中, 用于盛装气体、液体或者气液混合物, 并且能够承受一定压力的密闭设备。它是化工生产中的重要组成部分, 其安全性直接关系到整个化工生产过程的安全与稳定。

根据其承受压力的高低, 化工压力容器可以分为低压容器、中压容器、高压容器和超高压容器四类。低压容器的最高工作压力一般在 1.6MPa 以下^[1], 中压容器的工作压力在 1.6MPa 至 10.0MPa 之间, 高压容器的工作压力在 10.0MPa 至 100.0MPa 之间, 而超高压容器的工作压力则超过 100.0MPa。此外, 根据其使用功能和结构特点, 化工压

【作者简介】巴鸿儒(1987-), 女, 中国河南新乡人, 工程师, 从事压力容器设计研究。

力容器还可以分为反应容器、换热容器、分离容器、储运容器等。

化工压力容器在化工行业中的重要作用主要体现在以下几个方面：

1. 反应过程：许多化工产品的生产过程需要在特定的温度和压力条件下进行，化工压力容器为这些化学反应提供了一个稳定的环境。在合成氨、石油裂化等过程中，压力容器作为反应器，承受着高温高压的工作条件，保证了化学反应的顺利进行。

2. 传热过程：化工生产中常常需要将热量从一个介质传递到另一个介质，化工压力容器可以作为换热设备，换热器、加热炉等，实现热量的高效传递^[2]。

3. 分离过程：在化工生产过程中，需要将混合物中的不同组分进行分离，化工压力容器可以作为分离设备，蒸馏塔、吸收塔等，完成物质的分离任务。

4. 储存和运输：化工压力容器还可以用于储存和运输各种化工原料和产品，液化石油气储罐、化学品储罐等，确保物料在储存和运输过程中的安全。

5. 安全保护：化工压力容器通常配备有安全装置，安全阀、爆破片等，这些装置可以在压力异常升高时自动启动，释放多余的压力，防止设备超压爆炸，保障生产安全。

由于化工压力容器的工作环境复杂，承受的压力和温度变化大，因此在设计和制造过程中需要严格遵守相关的标准和规范，确保其结构强度和密封性能，防止因设计不当、材料缺陷、制造工艺不合理等原因导致的泄漏、爆炸等事故发生。化工容器的安全运行对于整个化工行业的安全生产至关重要。

3 压力容器设计的主要原则

3.1 材料选择

材料必须满足设计压力、设计温度和介质的特殊要求。对于不同的工作条件，高温、高压、腐蚀性介质等，需要选择具有相应力学性能和化学稳定性的材料。此外，材料应具备良好的焊接性能，在满足安全性能的前提下，应选择成本效益高的材料，以降低整体生产成本。同时，应优先考虑标准化和通用化的材料，便于采购和加工。环保性日益成为设计中的重要考量。选择环保材料不仅有助于减少生产过程中的污染，还能在容器寿命周期结束时降低废弃物的处理难度。材料的选择还应遵循相关的国家标准和行业标准，以确保其质量符合规定要求^[3]。

3.2 结构设计

在设计规范方面，必须严格遵守现行的国家规范和行业标准，《压力容器设计规范》等。这些规范包含了设计压力容器所需遵循的基本原则和计算方法，是确保设计安全性的基础。结构简化是提高设计效率、降低成本的有效途径。在满足功能和使用要求的前提下，应尽量简化结构，减少不

必要的部件和接口，以提高容器的可靠性和制造效率。设计时，必须通过精确的计算和合理的结构布局，保证容器具有足够的强度和刚度，以抵御各种载荷的影响。疲劳寿命是考虑容器在长期运行中的疲劳损伤。设计时应通过合理的材料和结构设计，延长容器的疲劳寿命，减少维护和更换的频率。密封性能是压力容器设计的另一个重要方面。必须设计合理的密封结构，法兰、垫片等，合理配置安全阀、爆破片等安全装置，可以在压力异常升高时自动启动，释放多余的压力，防止容器超压爆炸^[4]。检查和维修的便利性也是设计时必须考虑的因素。容器的检查孔、清洗孔等设计应方便操作，以便于定期检查和维修。材料适应性要求在设计中考虑材料性能和结构特点，合理选择焊接方法、热处理工艺等，以充分发挥材料的性能。

3.3 安全装置的配置

对于易爆介质或者毒性程度较高的介质，应配置安全阀、爆破片等装置，以确保在压力超过设计值时能够迅速释放压力，防止容器破坏。安全装置的排放能力应大于或等于压力容器的安全泄放量。这意味着安全装置必须能够在压力异常升高时，迅速排放足够的介质，以降低容器内的压力，防止超压现象，安全装置应具备足够的可靠性和灵敏度。在紧急情况下，安全装置能够及时响应，迅速启动，保证压力容器的安全。为此，设计时需考虑安全装置的维护和检查，确保其始终处于良好的工作状态。

4 化工压力容器运行过程中存在的不安全因素

4.1 设计缺陷

设计缺陷是化工压力容器安全风险的一个重要来源。设计人员对介质的腐蚀性、毒性、易燃易爆性等特性认识不足，未能采取相应的防护措施。设计规范和标准更新换代，设计人员未能及时掌握最新的设计标准，可能会导致设计出的容器不符合最新的安全要求。设计缺陷还可能源于设计计算错误，包括对容器强度的计算失误、对材料性能的误解、对载荷的评估不准确等。这些计算错误可能导致容器在运行中因无法承受实际工作条件下的压力、温度等载荷而失效^[5]。

4.2 材料问题

材料质量不合格也是一个常见问题。材料在制造过程中可能存在微观缺陷，夹渣、裂纹、气泡等，这些缺陷在压力作用下可能会扩展，最终导致容器失效。材料的问题还可能源于材料在运输、储存过程中的不当处理。材料在运输过程中受到污染或损伤，或者在储存过程中因环境因素（湿度、温度）的影响而变质。焊接材料的质量也是化工压力容器安全的一个关键因素。焊接材料的不合格或焊接工艺的不当都可能导致焊缝质量不佳，焊缝是容器中应力集中的区域，一旦焊缝出现问题，很容易引发容器失效。材料在长期运行中可能出现的性能退化也是一个不可忽视的问题^[6]。材料在高温高压的环境下可能发生脆化、疲劳、腐蚀等，这些都会降

低材料的性能,增加容器失效的风险。

4.3 外部环境

地震、洪水、台风等,可能导致压力容器受损。这些灾害不仅直接破坏容器结构,还可能引起电网故障、燃料中断等次生灾害,进一步影响容器安全。长期的温度变化、湿度变化等可能导致材料性能的退化,增加容器失效的风险。工业环境中的腐蚀性气体、粉尘等也可能对压力容器造成损害。这些腐蚀性介质可能会加速材料的腐蚀速率,缩短容器的使用寿命。压力容器附近有其他设备或建筑物发生泄漏、火灾等事故,可能会对容器造成连锁反应。外部环境的物理和化学变化也可能影响容器的安全。地基沉降可能导致容器支撑结构变形,影响容器的稳定性。

5 化工压力容器运行安全建议

5.1 设计建议

设计前应应对化工工艺流程有全面深入的了解,确保容器设计能够满足实际生产需求,包括压力、温度、介质特性等。依据最新的国家和行业标准,确保设计符合当前的安全要求。对容器结构细节进行精心设计,避免尖角和应力集中,确保足够的腐蚀余量,合理设计接管和支撑结构。在设计计算中,应考虑足够的安全系数,以应对可能的异常工作条件。合理配置安全装置,安全阀、爆破片等,并确保它们能够在紧急情况下迅速启动。

5.2 材料建议

根据容器的工作条件和介质特性选择合适的材料,确保材料具有良好的机械性能和耐腐蚀性能。对材料进行全面的检验,包括化学成分分析、力学性能测试、无损检测等。对材料在特定工作条件下的耐久性进行评估,考虑长期运行下的性能退化。随着技术的进步,新型材料不断出现^[7],应根据具体情况评估新材料的适应性。考虑环境因素对材料性能的影响,温度变化、湿度变化、化学侵蚀等。

5.3 操作建议

操作安全对于化工压力容器的运行安全至关重要。在化工生产中,压力容器是存储和运输危险介质的关键设备,任何操作上的失误都可能导致严重的后果。

操作安全还涉及对操作环境的优化,确保操作界面直观易用,减少操作人员的认知负荷,以及利用自动化控制系统来辅助操作,降低人为错误的可能性。通过这些措施,操作人员能够在日常工作中更加安全地管理压力容器,从而保障化工生产的连续性和安全性。总之,操作安全是确保化工压力容器运行安全的关键环节,必须给予高度重视。

5.4 外部环境建议

外部环境的优化对于化工压力容器的运行安全同样具有显著影响。外部环境包括自然条件、周边设施、地质状况等多种因素,这些因素的不稳定性可能成为压力容器安全的潜在威胁。某化工企业位于地震多发区,在一次地震中,由于地基不稳导致压力容器发生位移,管道接口断裂,泄漏出的化工原料引发了火灾和周边环境的污染^[8]。

为了避免类似事件,外部环境建议的实施至关重要。首先,应进行周密的地质和环境评估,选择合适的厂址,确保压力容器安装在稳固的基础上。其次,建立自然灾害预警系统,对地震、台风等灾害进行实时监控,提前采取预防措施。

对于周边设施,应确保其安全距离和防护措施符合规定,防止因周边设施的事故而影响压力容器的安全。确保足够的防火间距,安装防护墙和隔离带,以及定期检查和维护周边设施。

6 结语

化工压力容器作为化工行业的重要设备,其安全性能直接关系到企业的生产安全和员工的生命财产安全。本文的研究表明,压力容器的设计环节是确保其安全性的关键,合理的设计能够有效降低事故发生风险。然而,在压力容器的实际运行过程中,仍然存在诸多不安全因素,这些因素可能导致压力容器的失效甚至事故的发生。

参考文献

- [1] 王繁华. 开孔补强技术在石油化工压力容器设计中的应用研究[J]. 中国设备工程, 2024, (19): 202-204.
- [2] 陈振伟. 化工压力容器的设计、制造及检验检测中的质量监督控制[J]. 山东化工, 2024, 53 (14): 221-223.
- [3] 赵倩茹. 化工压力容器设计的成本效益及安全性分析[J]. 化工设计通讯, 2023, 49 (12): 45-48.
- [4] 李勤,朱小平,李福宝,等. 过程装备机械基础[M]. 化学工业出版社: 202309. 320.
- [5] 李彬楠. 试论化工设备压力容器规范设计及发展[J]. 当代化工研究, 2023, (17): 147-149.
- [6] 李林,朱健. 化工压力容器设计及不安全因素分析[J]. 山东化工, 2023, 52 (09): 233-234+247.
- [7] 李家雄. 煤化工压力容器设计要点及质量要求[J]. 化工管理, 2023, (08): 111-113.
- [8] 郑顺城. 化工压力容器设计及不安全因素的研究[J]. 化工管理, 2022, (26): 138-140.

Research on the implementation path of chemical safety engineering with chemical essential safety as the core

Haitao Xu¹ Xianlin Zhang²

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

With the rapid development of the global chemical industry, the importance of chemical safety engineering is becoming increasingly prominent. This paper focuses on the core of chemical essential safety, and discusses the implementation path of chemical safety engineering. Starting from the concept of the essential safety of chemical industry, a series of specific implementation paths and methods are put forward in combination with each links of the whole life cycle of chemical production, including research and development, design and operation. Through the introduction of advanced technology and concept, it aims to improve the safety of chemical production, reduce the accident risk, and provide a strong guarantee for the sustainable development of the chemical industry.

Keywords

chemical industry is intrinsically safe; chemical industry safety engineering; full life cycle; technological innovation

以化工本质安全为核心的化工安全工程实施路径研究

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

随着全球化工行业的快速发展, 化工安全工程的重要性日益凸显。本文围绕化工本质安全这一核心, 探讨化工安全工程的实施路径。从化工本质安全的概念出发, 结合化工生产全生命周期的各个环节, 包括研发、设计、运行等, 提出了一系列具体的实施路径和方法。通过引入先进技术和理念, 旨在提高化工生产的安全性, 降低事故风险, 为化工行业的可持续发展提供有力保障。

关键词

化工本质安全; 化工安全工程; 全生命周期; 技术创新

1 引言

化工行业作为国民经济的重要支柱, 在推动经济增长的同时, 也面临着严峻的安全挑战。化工生产过程中涉及的原料多属于易燃、易爆、有腐蚀性的物质, 且工艺流程复杂, 操作要求严格, 一旦发生事故, 往往会造成严重的人员伤亡和财产损失。因此, 化工安全工程的重要性不言而喻。化工本质安全作为化工安全工程的核心, 旨在从源头上消除或减少化工生产过程中的安全风险, 实现化工生产的安全、高效、可持续发展^[1]。

2 化工本质安全的概念及原则

2.1 化工本质安全的概念

化工本质安全 (Inherent Safety) 最早由英国的 Trevor Kletz 于 1976 年提出, 强调的是从设计阶段就从根本上消除潜在的风险源, 而非依赖于控制、报警或联锁系统来降低事故发生的可能性及减轻其后果。这种完全无风险的状态是一

种理想化的追求, 在实际操作中难以实现。因此, 在实践中, 通常采取一系列技术手段来提升过程的安全性, 使化工生产活动更接近于本质安全的理想状态, 即通过实施更为安全的设计原则和技术措施来减少工艺流程中的危险因素。

2.2 化工本质安全的原则

在化工领域, 本质安全的核心原则主要包括最小化、替代、缓和与简化。最小化原则旨在减少危险化学品的存储量, 并尽可能地降低对高风险设备 (例如高温或高压装置) 的需求, 通过减小这类设备的规模及数量来实现这一目标。替代原则提倡采用更安全或较低风险的原材料、设施或工艺流程来代替那些潜在危害较高的选项。缓和原则是通过调整生产条件, 例如降低温度、压力或是物料流动速度等方法, 以减轻操作过程中的风险水平。简化原则强调去除不必要的复杂环节, 从而有效降低人为失误和技术故障的可能性; 相较于复杂的系统配置而言, 结构较为简单的单元由于其出错概率相对较小, 因此被认为具有更高的本质安全性。

3 化工安全工程实施路径

3.1 研发阶段的本质安全实施路径

3.1.1 本质安全反应路径的选择和优化

在化工产品开发的研究与设计阶段,选择并优化本质安全的反应路径至关重要,这直接关系到整个化工过程的安全性和环境友好性。

在化学反应的设计与实施过程中,首要任务是对所有相关物质进行详尽而周密的评估。这包括原料、中间产物及溶剂等的物理化学性质及其安全特性,这些因素构成了整个工艺流程的基础。为了确保实验的安全性和效率,研究者必须借助先进的分析技术和广泛的数据支持,来深入考察每种材料的潜在风险,如其易燃性、爆炸倾向、腐蚀作用以及毒性水平;同时也要关注它们在特定条件下的化学活性、热稳定性以及与其他成分之间的相容性。例如,在处理某些有机合成步骤时,如果检测到某组分具有高度挥发性和较低闪点,容易产生危险的蒸汽云,则应考虑采取替换策略以降低风险。寻找更加安全可靠的替代方案对于提高整体安全性至关重要,这意味着需要筛选出那些不仅具备更高安全系数,而且符合当前环保标准、能够在生产过程中保持良好稳定性且易于与其他成分共存的新材料或溶剂。一个典型例子是在油漆制造领域,通过将传统上使用的高挥发性有毒溶剂更换为水基溶液,不仅可以有效减少火灾隐患,同时也大大降低了对环境和工作人员健康的负面影响,从而实现了环境保护与安全生产的双重目标^[2]。

其次,深入理解反应系统的复杂性对于确保安全至关重要。在这些系统中,不同物质间可能发生的失控反应、副反应或二次反应构成了潜在的风险源,它们犹如暗藏的“定时炸弹”。开发并应用具有高选择性的催化剂可以有效降低副反应的发生率,成为解决这一问题的有效手段。这种类型的催化剂能够引导化学反应更准确地朝向预期的主要路径发展,显著减少不必要的副产物生成,从而简化了后续处理步骤,并降低了由副产物积累所带来的安全隐患。例如,在某些石油化工过程中的加氢裂化环节,采用新型分子筛催化剂后,目标产物的选择性得到了大幅提升,同时抑制了如焦炭等副产物的形成,保证了工艺流程既高效又安全。此外,探索温和条件下的反应策略同样重要。通过调整反应参数,例如温度、压力或是原料流动状态,可以在不牺牲产品质量的前提下减轻操作风险。一些需要在高温高压条件下进行的聚合反应实验表明,适当优化反应条件,降低温度和压力水平,不仅减少了设备的压力负担与能耗,还有效预防了因过热或过压导致的安全事故,使整个生产过程得以在一个更加稳定且安全的环境中运行^[3]。

3.1.2 依托过程强化技术的安全装备研制

过程强化技术凭借提升生产效能、减小设备体积、降低危险化学品存储量和削减能耗等优势,为增强化工流程安全性带来新契机。近年来,基于微通道、超重力环境、膜分

离技术、反应精馏方法、紧凑与微型换热装置等技术研发的新型设备,以及利用微波、超声波、等离子体等手段的过程强化技术不断涌现,为解决传统化工设施安全隐患提供了有效方案。

以微通道反应器为例,基于微过程强化原理设计的它,液体承载量相较于传统釜式反应器降低幅度超 90%。在处理加氢、氧化、氯化、氟化和硝化这类放热多且涉及强腐蚀性或有毒物质的化学反应时,优势显著。根据应急管理部《化工企业硝化工艺全流程自动化改造工作指南(试行)》,对于安全风险等级达 3 级及以上的硝化工艺,优先推荐采用微通道反应器或者管式反应器等技术。此外,借助微气泡技术实现高效气液混合并推动化学反应的设备,在液相氧化、加氢、卤化和臭氧化等高风险化学过程中广泛应用,极大提升了反应过程的安全性。

3.1.3 工艺操作安全临界条件的界定与管理

明确工艺的安全界限并加以有效管控,是保障工艺安全的关键。在化工工艺开发阶段,当化学反应路径与相关设备确定后,需全面评估温度、压力和浓度等因素对反应失控的影响,进而确定本质安全的操作区间。同时,掌握气体或粉尘爆炸极限、最低氧含量以及爆炸超压等关键数据,严格把控工艺中的浓度条件。在考虑扩大生产规模时,必须考虑物料自加速分解的温度特性,据此合理规划物料的安全储存方案。

例如,在《醋酸乙烯聚合》《环己烷富氧氧化》以及《乙烯氧化制环氧乙烷》等存在较高失控和燃爆风险的工艺研发中,深入研究不同浓度下以及含有不同杂质时物质的行为方式和潜在燃烧爆炸特性,能够精准识别安全操作的临界点。通过严格控制这些参数,确保整个工艺流程安全稳定运行^[4]。

3.2 设计阶段的本质安全实施路径

3.2.1 基于本质安全的设计

在工艺设计、设备选择、安全设施规划以及装置布置等环节,都应充分融入本质安全策略。以 EVOH 生产工艺为例,针对醋酸乙烯—乙烯共聚过程中可能出现的失控风险,通过配置多层次报警系统、紧急冷却机制、应急抑制措施以及主动与被动泄压方案,聚合反应器的安全性能得到显著提升。这些措施从根源上降低了事故发生的可能性,减少潜在风险,保障生产过程安全。

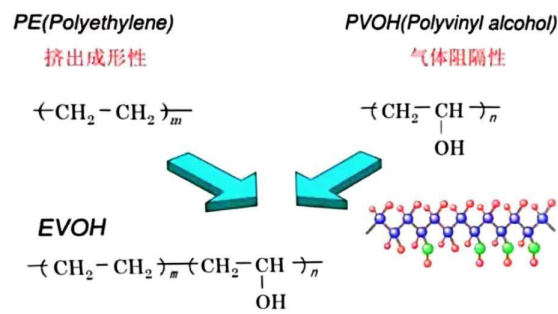


图 1 EVOH 的结构设计

3.2.2 基于风险的设计理念

风险评估在本质安全设计管理体系中占据核心地位,贯穿设计全程。在设计各个阶段,都要将本质安全研究与风险评估作为重点,全方位开展安全设计工作。构建“安全-设计”协同优化机制,以此提升整体的本质安全水平。

在风险识别阶段,可运用安全检查表、故障假设分析法、危险及可操作性研究以及安全审查等工具,全面查找潜在风险;进入风险分析阶段,对泄漏、火灾、爆炸等潜在事故的后果进行量化分析;在风险评价环节,借助故障树分析、保护层分析等手段,判断风险是否处于可接受范围。对于不可接受的风险点,依照保护层原则制定详细防护策略,切实降低安全隐患。比如,在精细化工领域,针对配备硝化、氯化、氟化、重氮化、过氧化工艺的生产设备,开展全面反应风险评估并实施风险管理措施,增强工艺流程的本质安全性。

3.2.3 基于性能的设计要点

传统按标准规范设计的方法,在精确风险控制方面存在一定局限。为更好满足实际需求,在遵循现有规范的基础上,还需依据具体性能要求,对本质安全防护层进行精确的定量设计。

例如,运用激光、红外等先进技术探测火焰和气体,通过模拟剖析气体扩散以及火焰传播规律,优化探测器布局,缩小盲区范围;运用数值仿真技术,综合考虑事故影响、防护措施有效性以及设备独特风险特性,科学确定安全间距;研发高效灭火材料和技术,改进灭火设施配置,提升应对火灾等紧急情况的能力;引入微纳级气敏传感器和高灵敏度气体检测装置,强化对微量泄漏的快速识别能力,进而提升企业整体风险管理能力。

3.3 运行阶段的本质安全实施路径

3.3.1 数智化赋能专业安全

随着安全生产和数智化技术的日益融合,石化行业的转型正经历着深刻的革新。借助物联网装置及大数据分析手段,企业能够实现生产流程的即时监控,从而快速识别设备故障或工艺异常情况,有效防止事故的发生。此外,人工智能技术的应用为提升本质安全开辟了新路径,通过利用AI进行预测性分析,企业能够提前发现生产过程中的潜在隐患,并采取预防性维护措施,以避免因设备故障而导致的安全事件。

3.3.2 构建企业安全文化

尽管技术手段对于提升安全水平至关重要,但要达到

根本性的安全保障,构建企业内部的安全文化同样必不可少。每位员工都应当深刻理解安全生产的价值,并在日常工作中严格遵循相关的安全规定。因此,定期向员工提供安全教育成为了企业的必要举措之一;同时,通过建立一套系统化的安全管理机制来确保所有操作环节均符合既定标准也显得尤为重要。在此过程中,管理层的角色尤为关键——他们不仅需要从战略高度给予安全问题足够的重视,还要为实施具体的预防措施提供必要的资源与支持。

3.3.3 设备的全生命周期管理

在设备管理领域,除了确保生产过程中设备的安全性外,企业还应加强对设备从采购到报废整个生命周期的管理。设备老化及维护不当往往是导致多种安全问题的关键因素之一。因此,定期评估设备状态并依据其使用情况实施预见性的保养措施显得尤为重要。此外,随着监控技术的发展,采用基于风险的维护(RBM)策略可以帮助企业更早地识别出潜在的故障点,从而有效预防意外事件的发生。

4 结语

总而言之,化工安全工程的实施路径需要从研发、设计到运行的全生命周期进行综合考虑,以化工本质安全为核心,通过技术创新和管理优化,实现化工生产的本质安全化。这不仅需要在技术层面进行深入研究和应用,还需要在企业文化和管理层面进行相应的变革和提升。通过数智化技术赋能专业安全,构建企业安全文化,以及实施设备全生命周期管理,可以有效降低化工生产过程中的安全风险,保障员工的生命安全和企业的可持续发展。

参考文献

- [1] 许健.化工环保事件看危机公关中新闻信息的有效传播——评《化工安全工程实验教程》[J].化学工程,2024,52(08):108.
- [2] 谈朋,刘畅,吴宏描,朱育丹,朱家华,孙林兵.以化工本质安全为核心的化工安全工程专业建设[J].化工高等教育,2024,41(03):14-18.
- [3] 王桂香,吉明波,巫瑞智,薛云,冯静,马福秋.案例教学法在材料与化工安全工程教学中的应用探索[J].高教学刊,2024,10(13):122-125.
- [4] 张军亮,金侃.面向行业职业需求的双环增长式应用型课程教学改革——安全工程专业化工安全学课程[J].化学教育(中英文),2024,45(06):76-82.
- [5] 张光.化工安全工程存在的问题与采取措施[J].化学工程与装备,2023,(08):238-239+31.

The practical exploration of coking technology innovation and the improvement of gas purification efficiency

Huaijun Wei

National energy Group coal coking Co., Ltd. Xifeng Branch Coking Plant, Wuhai, Inner Mongolia, 016000, China

Abstract

The innovation of coking technology and the improvement of gas purification efficiency are the key to the green development of the current steel and coal chemical industry. The traditional coking process has low gas purification efficiency and high pollutant emission, so it is urgent to use technological innovation and process optimization to improve the comprehensive benefits. This paper discusses the coking process and gas purification technology, analyzes the innovation path of coking technology and its influence on gas purification, and puts forward the new coking technology combined with the new process of gas purification. In view of the trend of future technology development, this paper puts forward the direction of further improving gas purification efficiency and energy saving and emission reduction. The linkage innovation of coking and gas purification provides a new technical path for the sustainable development of steel and coal chemical enterprises.

Keywords

coking technology; gas purification; technological innovation; energy saving and emission reduction

炼焦技术革新与煤气净化效率提升的实践探索

魏怀军

国家能源集团煤焦化有限责任公司西来峰分公司焦化厂，中国·内蒙古 乌海 016000

摘 要

炼焦技术革新与煤气净化效率提升是当前钢铁和煤化工行业实现绿色发展的关键。传统炼焦工艺中的煤气净化效率低、污染物排放高，亟需借助技术革新和工艺优化来提升综合效益。本文从炼焦工艺和煤气净化技术两个方面进行探讨，分析了炼焦技术的革新路径及其对煤气净化的影响，结合煤气净化的新型工艺进行联合优化提出了低碳、高效的炼焦新技术。针对未来技术发展的趋势，本文提出了进一步提升煤气净化效率与节能减排的方向，炼焦与煤气净化的联动创新为钢铁和煤化工企业可持续发展提供了新的技术路径。

关键词

炼焦技术；煤气净化；技术革新；节能减排

1 引言

全球对环境保护和可持续发展的关注日益增强，焦化行业作为高能耗、高排放的传统行业，面临着严峻的环保压力和经济转型挑战。炼焦技术与煤气净化成为了提升资源利用效率、减少污染排放、实现绿色生产的核心领域。传统炼焦工艺在提高焦炭产量的同时，常常伴随着高能耗、高排放等一系列问题。借助对炼焦技术和煤气净化技术的联合创新，可以降低生产过程中的环境污染，还能提高煤气的回收利用率，进一步降低能源消耗，提升整体生产效益。本文的目的是探讨炼焦技术革新与煤气净化效率提升的最新进展与实践经验，分析技术创新如何推动行业绿色转型，为焦化

行业的技术创新与可持续发展提供一定的参考价值。

2 炼焦技术的革新与发展

2.1 传统炼焦技术概述

传统的炼焦工艺中的配合煤借助焦炉加热至高温 950 ~ 1050℃进行干馏，在无氧或低氧条件下发生热解反应，生成焦炭、煤气、煤焦油、焦粉等副产品。焦炉煤气中主要成分包括氢气、一氧化碳、甲烷、二氧化碳、氮气、硫化氢、氨气和苯等，而煤焦油则包含多种芳香烃类化合物，是重要的化学原料。传统炼焦技术在降温速度、能量消耗等方面表现不尽如人意。高温高压操作下，焦炉内煤的燃烧和热解过程难以实现高效的能量利用和气体回收，导致大量的煤气不能得到充分利用。煤气的污染物排放问题突出，特别是硫化氢、氨氮等有害气体排放。

【作者简介】魏怀军（1972-），男，中国山西朔州人，本科，助理工程师，从事焦化厂炼焦工艺管理研究。

2.2 炼焦技术革新路径

焦炉的设计方向逐渐向“高效能、低排放”发展，使用新型清洁快速干法熄焦系统和优化的焦炉结构设计，提升了煤的转化效率和焦炭的产量，同时有效减少煤气燃烧过程中无组织排放。引入双联火道和废气循环设计，能够更好地优化炉内气流分布，提升热能的利用效率，并减少对外部能源的依赖。传统焦炉产生的煤气中含有大量可回收的能量和组分，但由于回收技术不完善，许多热量未能有效利用。借助引入气体冷凝技术和高效的煤气净化工艺，煤气中的可燃成分可以充分利用并转化为热能和化工原料，用于供给炼焦加热生产过程使用。剩余煤气可以作为甲醇厂、硝铵等下游产业链条生产原料。

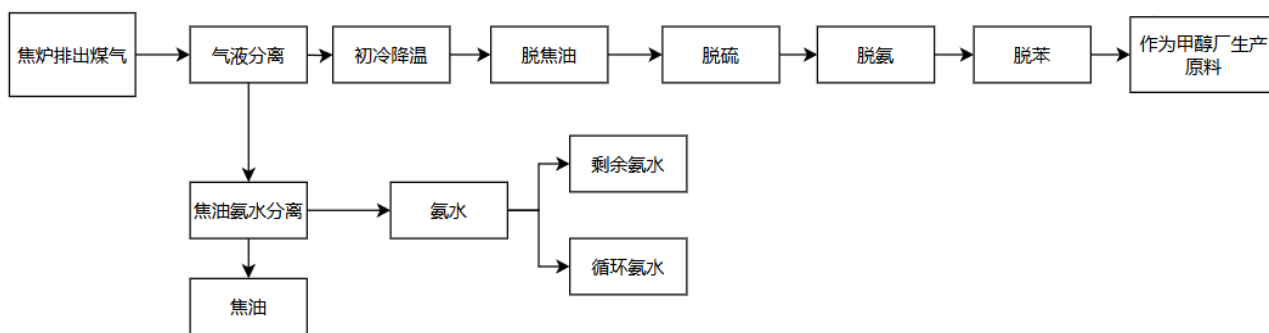


图 1：煤气净化的基本过程

3.2 煤气净化面临的主要技术问题

高浓度硫化物的脱除问题仍是煤气净化中的技术难点。传统的湿法脱硫技术在实际应用中得到广泛应用，但由于煤气中硫的浓度较高，湿法脱硫仍面临硫酸盐处理容量不足的问题，且存在设备腐蚀和运行成本高等问题。对于脱硫催化剂的稳定性和寿命，现有技术尚未能有效解决催化剂中毒和反应速率降低的问题。煤气中颗粒物的去除效率也是制约煤气净化效果的关键因素^[1]。煤气中含有的微细颗粒物（如煤尘和焦油）会堵塞过滤装置，影响焦炉荒煤气导出、导致焦炉操作环境恶劣和减少化产品回收。电除尘器和布袋除尘器在高温高湿环境下的稳定性较差，处理效率难以长期保持导致对微米级细颗粒的去除效率有限。氨氮的脱除同样面临技术瓶颈。煤气中的氨氮常常呈现较高浓度，且其去除难度较大。

3.3 环保要求与政策压力

中国的《大气污染防治行动计划》明确提出到 2025 年焦化行业需大幅降低二氧化硫和氮氧化物的排放。为了达到这一目标，焦化企业必须使用先进的煤气净化技术，以符合日益严格的环保要求。欧盟则借助实施《工业排放指令》（IED），对大气污染物排放进行了更加严格的控制，要求包括钢铁厂、炼焦厂等所有大型工业设施，必须使用最佳可行技术（BAT）进行污染控制，并减少污染物的排放量^[2]。《清洁空气法案》以及《巴黎气候协定》也对工业排放提出了更

3 煤气净化技术的现状与挑战

3.1 煤气净化的基本过程与技术

煤气净化的主要技术包括洗涤降温、脱焦油、脱硫、脱氨、脱苯等，其中脱焦油则是通过冷凝、电离等方法去除煤气中的焦油成分。除尘技术一般使用电除尘器、布袋除尘器等设备去除煤气中的固体颗粒物。脱硫作为煤气净化中的重要步骤，常见的技术包括湿法脱硫、干法脱硫和催化脱硫，湿法脱硫使用碳酸钠或氢氧化钠溶液与催化剂去除煤气中硫化氢的后置脱硫以及利用煤气中的氨作为碱源去除煤气中硫化氢的前置的脱硫，而干法脱硫则借助吸附材料吸附硫化氢，脱氨技术主要通过酸吸收法去除煤气中的氨，减少对环境的污染。以提高煤气质量。

为苛刻的标准，以此推动低碳技术和污染控制技术的应用。

4 炼焦技术与煤气净化联动创新

4.1 炼焦煤气成分特性分析

炼焦过程中产生的煤气主要包括一氧化碳、氢气、甲烷、苯、二氧化碳、氮气、硫化氢、氨气、烯烃和焦油等化学物质。煤气的成分特性直接影响着后续的煤气净化和资源化利用过程。煤气中的甲烷，可作为能源供给后续甲醇厂生产甲醇等。煤气中含有的二氧化碳和氮气则对能源回收的利用效率造成一定影响，需要借助气体分离和回收技术进行有效控制。硫化氢和氨氮是煤气中最为常见的有害成分，其高浓度排放不仅会对环境造成污染，还会影响煤气的燃烧性能和净化效果，因此需通过脱硫和脱氨处理降低其含量。焦油是煤气中另一个重要的污染物，其包含芳香烃和多环芳烃等多种有机化合物，这些化合物在煤气净化过程中需要经过冷凝或吸附处理去除，否则会影响下游设备的运行，从而对环境造成污染^[3]。

4.2 联动工艺优化

炼焦工艺与煤气净化工艺的结合借助优化炼焦工艺和精细化的煤气回收系统设计，可以有效提高煤气的质量并降低生产过程中的污染排放，其中炼焦工艺的优化有助于提高煤气的回收率，借助调节煤种、炉温、加热方式等操作参数来减少煤气中有害成分的生成，而焦炉操作过程中合理控制

炉内温度和煤料配比。炉顶空间温度偏低：主要影响到焦炭的不成熟，不能炼出合格的焦炭。炉顶空间温度偏高：高温使煤气中的一些成分发生裂解反应，从而减少煤气中的有效组成成分，降低了煤气的有效产率。同时，由于甲烷等大分子化合物的分解，重烃含量降低，氢含量增加，煤气的热值也会下降。精细化的煤气回收系统设计借助调整气体的流速和流向，最大程度地提高煤气的回收效率，为后续净化提供更为清洁的煤气来源^[4]。煤气净化工艺的优化则更好地配合炼焦工艺，保证煤气中的污染物被高效去除，特别是在脱硫、脱氨和脱焦油等净化环节中，使用先进的催化剂技术和膜分离技术可以提高污染物去除效率，减少操作成本，其中膜分离技术是一种基于膜材料的分离方法，借助选择性渗透的膜分离特定成分，实现气体或液体中不同物质的分离和提纯。

5 技术应用与实践探索

5.1 某焦化企业炼焦技术革新案例

某焦化企业近年来在炼焦技术上进行了一系列革新，目的是提高资源利用率、降低环境污染并提升生产效益，借助先进的焦炉设计和煤气回收技术，实现了煤气质量的提升，并在焦炉操作中引入了更为精确的控制系统，以提高焦炭产量和质量。该企业在炼焦工艺方面使用了清洁快速湿法熄焦系统，优化炉内气流分布和提升加热温度均匀性，提高了煤气的回收率，还能提升焦炭的质量。借助精准控制炉内加热温度、气流速度及煤料配比，使得焦炉内煤的热解过程更加高效，能源利用率得到了大幅提升，技术投入运行后，焦炭产量提高了约 4.9%，煤气回收率也提高了 2%。从而得到高质量的煤气。

5.2 煤气净化效率提升实践

上述案例中的煤气净化效率的提升主要得益于煤气回收系统和先进净化技术的结合应用。焦化企业引进膜分离技术和催化脱硫技术可以有效提升煤气的净化效率，借助智能化控制系统实时调整操作参数，保证煤气净化过程的高效稳定运行。表 1 显示了该企业在使用新技术后的煤气净化前后污染物的浓度变化。经过脱硫、脱氨和脱焦油的净化处理后，

煤气中的硫化氢浓度从原来的 150 mg/m³ 降至 130 mg/m³ 以下，达到国家环保标准。煤气中有害物质的有效去除，使得煤气能够更好地满足生产中的能源需求，并且减少了对环境的污染。

表 1：煤气净化前后污染物浓度对比

污染物	净化前浓度 (mg/m ³)	净化后浓度 (mg/m ³)	净化效率 (%)
硫化氢 (H ₂ S)	≤ 150	≤ 130	13.3
氨 (NH ₃)	≤ 60	≤ 50	16.7
焦油	≤ 50	≤ 20	60

6 结语

炼焦技术与煤气净化技术的革新与联动优化，作为焦化行业实现绿色转型和高效生产的关键所在，也是推动低碳经济发展的重要驱动力。在面对全球日益严峻的环保要求和资源紧张背景下，提升煤气净化效率、减少能源消耗和污染物排放已成为焦化行业亟待解决的问题，钢铁企业借助优化炼焦工艺，使用膜分离、催化脱硫和生物处理等新型煤气净化技术，可以提升煤气质量，从而提高能源回收率和降低环境污染，实现经济效益与环保目标的双重提升。未来技术的进一步创新与完善将使得炼焦与煤气净化技术在更广泛的范围内得到应用，进而推动焦化行业在环保压力和市场竞争力中获得更大的优势。

参考文献

[1] 苗露阳,葛龙龙.降低焦炉煤气净化工序能源消耗的具体措施[J]. 广州化工,2024,52(21):184-186.

[2] 何有林,张保忠,徐凌霄,等.智能配煤技术在炼焦配煤中的应用进展[J].煤化工,2024,52(05):80-84.

[3] 李文吉.基于智能配煤技术的配煤炼焦性能研究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(18):170-171+174.

[4] 杨庆彬,安钢,闫焕敏,等.高产能及炼焦煤资源剧烈波动形势下铁焦平衡的技术攻关[J].燃料与化工,2024,55(05):9-13.

[5] 张静波,付强.焦炉煤气净化系统工艺优化研究[J].冶金与材料, 2024,44(08):37-39.

Study on the optimization and application of liquid ammonia refrigeration process in chemical production

Yi Liu

Tianjin North Human Resources Management Consulting Co., Ltd., Tianjin, 300011, China

Abstract

Liquid ammonia refrigeration technology, as a mature and widely used in the field of chemical production, plays an important role in improving production efficiency, ensuring product quality, energy saving and emission reduction. However, with the continuous improvement of the requirements for energy saving and consumption reduction, environmental friendliness and refrigeration efficiency in the chemical industry, the optimization research of liquid ammonia refrigeration process is particularly important. From the working principle of liquid ammonia refrigeration process, analyzes its application in chemical production, discusses the main problems existing in liquid ammonia refrigeration system, such as system energy efficiency, operation stability and environmental protection challenges, and puts forward the corresponding optimization strategy, such as improving liquid ammonia cycle efficiency, optimize the evaporator design, adopt advanced heat exchange technology, etc. Through the research and practice of these optimization measures, this study aims to improve the overall performance of liquid ammonia refrigeration system, reduce energy consumption, and promote its more extensive application in chemical production.

Keywords

liquid ammonia refrigeration; chemical production; system optimization; energy saving and heat exchange technology

液氨制冷工艺在化工生产中的优化与应用研究

刘艺

天津市北方人力资源管理顾问有限公司, 中国·天津 300011

摘要

液氨制冷工艺作为一种成熟且广泛应用于化工生产领域的制冷技术, 在提高生产效率、保障产品质量、节能减排方面发挥了重要作用。然而, 随着化工产业对节能降耗、环境友好及制冷效率的要求不断提升, 液氨制冷工艺的优化研究显得尤为重要。本文从液氨制冷工艺的工作原理入手, 分析了其在化工生产中的应用现状, 探讨了液氨制冷系统中存在的主要问题, 如系统能效、操作稳定性及环保等方面的挑战, 并提出了相应的优化策略, 如提高液氨循环效率、优化蒸发器设计、采用先进的热交换技术等。通过对这些优化措施的研究与实践, 本研究旨在提高液氨制冷系统的整体性能, 降低能耗, 推动其在化工生产中的更加广泛的应用。

关键词

液氨制冷; 化工生产; 系统优化; 节能; 热交换技术

1 引言

液氨制冷工艺在化工行业中广泛应用, 尤其在低温制冷及温控领域, 如化学反应、物料存储及运输等方面。液氨具有较高的蒸发潜热、良好的热导性和较低的操作压力, 使其成为工业制冷的首选介质之一。然而, 随着化工生产规模的扩大和环境保护要求的提高, 液氨制冷工艺的效率 and 环保问题逐渐成为亟待解决的关键课题。传统液氨制冷系统存在一些如能效低、系统稳定性差、环境污染等问题, 这使得液氨制冷的应用面临较大挑战。因此, 研究如何在保证液氨制

冷系统性能的同时, 提升其经济性和环保性, 已经成为化工行业的重要研究方向。

本研究通过对液氨制冷工艺的分析, 探讨了现有技术中的问题, 并提出了针对性的优化措施。通过优化液氨制冷系统的设计, 提升系统的热交换效率, 采用新型的节能技术, 以及强化系统的智能控制, 本文为液氨制冷工艺的进一步优化提供了理论依据和实践指导, 旨在推动液氨制冷技术在化工生产中的广泛应用, 提升行业整体的能源利用效率和环境友好性^[1]。

2 液氨制冷工艺概述

液氨制冷工艺的基本原理是利用液氨的蒸发潜热进行热量交换, 通常通过蒸发器将液氨从液态转化为气态, 吸收

【作者简介】刘艺(1989-), 女, 中国河北保定人, 硕士, 工程师, 从事化工安全研究。

周围介质的热量，然后通过压缩机将气态氨气压缩至高温高压状态，并通过冷凝器将其冷凝为液态，释放热量，完成一个循环过程。液氨制冷系统一般包括压缩机、冷凝器、膨胀阀、蒸发器等核心组件，依靠这些部件的协同作用实现热量的转移和制冷效应。

2.1 液氨制冷系统的工作原理

液氨制冷的基本过程可概括为：液态氨在蒸发器中吸热蒸发成气态氨，然后被压缩机吸入，经过压缩机的高压作用，气体被压缩至高温高压状态，进入冷凝器中与外界介质交换热量，气态氨冷凝成液态氨，最后通过膨胀阀调节氨的压力进入蒸发器，再次开始制冷循环。整个过程通过压缩机、冷凝器、蒸发器及膨胀阀的相互配合，完成制冷任务。

2.2 液氨的特点及优势

液氨作为一种常用的制冷剂，具有显著的热力学优势。液氨的蒸发潜热较大，能够在较小的体积变化下吸收大量的热量，提高了制冷效率。同时，液氨的热导性较好，在相同条件下能够更有效地传递热量。此外，液氨的沸点较低，符合低温制冷环境的要求，尤其在化工行业中的低温反应过程和物料存储中，液氨制冷工艺显示出强大的适应性。

2.3 液氨制冷的应用领域

液氨制冷工艺在化工生产中的应用广泛，尤其在需要低温环境的场合，如化学品的冷却与贮存、气体的液化、反应过程中的温控等。液氨制冷不仅可以在常规工业制冷系统中使用，也常常被用于一些特殊的低温领域，如天然气液化、低温合成气体等的生产过程中。液氨制冷工艺的高效性、经济性和适应性，使其在化工生产中占据了重要位置^[2]。

3 液氨制冷工艺中的主要问题

液氨制冷系统虽然在化工生产中具有广泛的应用，但在其实际运行过程中，仍然存在着一系列亟待解决的问题。主要问题包括能效低、系统稳定性差、环保问题以及运行成本较高等。这些问题不仅影响了液氨制冷系统的整体性能，还可能导致系统运行成本的增加，甚至可能对环境造成一定的负面影响。

3.1 能效问题

液氨制冷系统的能效问题一直是工业界关注的重点。尽管液氨具有较高的制冷效率，但在传统的液氨制冷系统中，由于压缩机的工作效率低、热交换效率不足等原因，整体能效较低。随着对节能减排的要求不断提高，如何提高液氨制冷系统的能效，成为亟待解决的问题。

3.2 系统稳定性问题

液氨制冷系统在运行过程中，可能会出现系统不稳定的问题。例如，蒸发器和冷凝器的热交换效果差，导致液氨的蒸发和冷凝过程不能高效进行。此外，液氨系统的压力控制不当、膨胀阀调节不精准等，也会影响系统的稳定性，导致制冷效果不理想^[3]。

3.3 环保问题

液氨作为一种制冷剂，虽然相较于一些氟利昂类制冷剂来说环保性较好，但在使用过程中仍然存在一些潜在的安全隐患。例如，液氨泄漏可能会对周围环境和人体健康造成危害，因此，如何降低液氨泄漏的风险，提高系统的安全性，也是液氨制冷工艺亟待解决的问题。

4 液氨制冷工艺的优化策略

为了克服液氨制冷工艺中的上述问题，提升其整体性能，研究者们提出了一系列的优化策略。这些策略包括提高液氨循环效率、优化系统设计、采用先进的热交换技术、加强智能化控制等方面。

4.1 提高液氨循环效率

提高液氨循环效率是提升液氨制冷系统能效的关键之一。为此，可以通过优化蒸发器和冷凝器的设计，增大热交换面积，改善热交换效果，从而提升系统的整体效率。此外，采用高效的压缩机和膨胀阀，减少能量损失，也有助于提高液氨的循环效率。通过优化循环过程中的各个环节，可以有效地降低能耗，提高液氨制冷系统的整体效能。

4.2 优化蒸发器与冷凝器的设计

蒸发器和冷凝器作为液氨制冷系统中的核心部件，其设计的合理性直接影响到制冷效率。为了提高热交换效率，可以采用换热管的优化设计，如增加管道表面面积、使用高导热材料等。此外，可以考虑采用分段式蒸发和冷凝设计，确保液氨在整个换热过程中能够得到充分的热交换，从而提高系统的整体性能。

4.3 应用先进热交换技术

为了进一步提升液氨制冷工艺的性能，可以采用一些先进的热交换技术，如微通道换热器、板式换热器等。这些新型换热技术能够提供更高的热交换效率，降低能量损失，提升制冷效果。同时，采用先进的热交换技术，还能够减小系统体积，降低占地面积，为化工生产提供更为灵活的解决方案。

5 液氨制冷工艺的未来发展方向

随着全球工业化进程的加速，能源消耗与环境污染问题日益严峻，对制冷系统的优化提出了更高的要求。液氨制冷工艺作为一种传统且高效的制冷方式，正在面临着来自能效提升、环保要求和系统智能化方面的压力。未来，液氨制冷工艺的优化不仅仅局限于提高能效和系统稳定性，还将朝着更加环保、智能化、节能的方向发展。随着科学技术的持续进步和社会对绿色发展需求的增长，液氨制冷工艺的未来将朝着多维度的方向发展。

5.1 智能化控制系统的应用

随着信息技术、物联网和人工智能的飞速发展，液氨制冷工艺也迎来了智能化控制的新时代。智能化控制系统在液氨制冷工艺中的应用，将是未来发展中的关键趋势之一。

液氨制冷系统通常由多个关键部件组成,如压缩机、蒸发器、冷凝器等,这些组件的高效运作直接影响到制冷系统的整体性能。智能化控制系统可以实时监控这些部件的运行状态,收集并分析运行数据,通过数据挖掘与智能算法自动优化各个环节的参数设置,实现全流程自动化调控^[4]。

例如,在智能化控制系统的支持下,液氨制冷系统能够根据外部环境温度、负荷变化等因素,自动调节压缩机的运转速度和膨胀阀的开度,从而保持系统在最佳工作状态,提高制冷效率。通过精准的实时控制,可以大幅减少液氨制冷过程中能量的浪费,降低能源消耗。此外,智能化系统还能够通过传感器和数据分析提前识别潜在故障,进行智能预警。这样一来,系统的安全性和稳定性得到了有效保证,也降低了人工干预的频率,减少了人为操作错误导致的安全隐患。

智能化控制系统的另一个优势在于其自我学习和优化的能力。随着运行时间的积累,智能系统能够通过数据的积累和分析,逐步优化控制策略,不断提升系统的运行效率。例如,基于历史运行数据,系统可以自动调整温度和压力参数,避免过度冷却或过度负荷,确保系统长期稳定运行。未来,随着5G、边缘计算等技术的应用,液氨制冷系统的智能化程度将进一步提高,可能会实现远程监控和调度,进一步提升操作的便捷性和效率。

总的来说,智能化控制系统的广泛应用,不仅能够优化液氨制冷工艺的运行效率,提升系统稳定性,还能够推动制冷系统向更加高效、安全、环保的方向发展。随着智能化技术的不断成熟,液氨制冷工艺在化工生产中的应用将更加智能化、灵活化,适应未来工业发展的需求。

5.2 环保型制冷剂的使用

随着全球对环境保护要求的不断提高,各种环保法规和标准陆续出台,液氨制冷工艺也面临着环保压力。液氨虽然相较于一些传统的氟利昂类制冷剂具有较低的环境危害性,但其本身作为一种有毒气体,仍存在着泄漏对环境 and 人员健康的潜在威胁。因此,未来液氨制冷工艺的优化方向之一就是探索更加环保、安全的制冷剂替代方案,进一步降低液氨制冷过程对环境的影响。

首先,随着液氨泄漏技术和控制手段的不断进步,液氨制冷系统将采用更为严格的泄漏监控和防护措施,以减少

液氨泄漏的概率。例如,使用更加精密的泄漏检测仪器和传感器,实现系统的全程监控。一旦发生泄漏,系统能够及时发出警报,并通过自动化装置及时关闭阀门或启动紧急处理程序,从源头上遏制液氨泄漏带来的安全隐患。

另外,环保型制冷剂的研发也成为未来液氨制冷工艺优化的重要方向。近年来,许多学者和科研机构对替代液氨的低毒、低能耗的制冷剂进行了研究。例如,某些天然气体如二氧化碳和氮气等被提议作为液氨的潜在替代品。这些替代制冷剂不仅具有较低的毒性和环境污染潜力,而且在许多应用场景下,能够提供与液氨相当的制冷效果。同时,二氧化碳和氮气等天然制冷剂的制冷性能和环境友好性,符合当前全球对绿色低碳技术的需求,有望成为液氨制冷工艺的替代方案。

6 结语

液氨制冷工艺作为化工生产中一种重要的制冷技术,其高效性和经济性使其在许多低温应用中得到了广泛的推广和应用。然而,随着环境保护和节能减排要求的提升,液氨制冷工艺面临着系统能效、环保安全等方面的挑战。未来,液氨制冷工艺的发展将不再仅仅局限于传统的技术优化,还将向着更加智能化、环保化的方向发展。

通过引入智能化控制系统,液氨制冷工艺不仅能够实现实时监控和自动化调节,还能够提高系统的稳定性与安全性,进一步提升能效并降低能源消耗。同时,随着环保要求的日益严格,液氨制冷系统将通过改进泄漏控制技术、研究环保型制冷剂等方式,降低液氨对环境的潜在影响。液氨制冷工艺的未来发展前景广阔,不仅能够为化工生产提供更加高效、环保的解决方案,还将推动工业制冷技术朝着更加智能化、绿色化的方向发展,为可持续发展做出贡献。

参考文献

- [1] 杨晨.合成氨工艺增效改善与节能降耗策略研究[J].山西化工,2024,44(06):216-218.
- [2] 师少杰.LNG装置MRC混合制冷系统运行问题及应对[J].中氮肥,2023,(04):78-80.
- [3] 袁聆彬,刘安琪,郑文军.斥资一亿元置换液氨制冷系统黄冈伊利乳业:安全是最大的共赢[J].湖北应急管理,2022,(10):52-53.
- [4] 李瑞申,李坤,叶芬,等.国家雪车雪橇中心氨制冷系统工艺过程控制探讨[J].冷藏技术,2022,45(03):31-35+53.

Safety risks and preventive measures in the production process of chemical products

Yajun Chen

Jiangsu Changqing Agrochemical Nantong Co., Ltd., Nantong, Jiangsu, 226407, China

Abstract

With the continuous development of the production technology of chemical products, the chemical safety problem has attracted more and more attention. Through the detailed investigation and study of all kinds of safety risks in the production process of chemical products, this paper analyzes the causes deeply, and also puts forward the corresponding preventive measures. Research found that the safety risks mainly come from the aging of production equipment, non-standard operation and other aspects. In order to effectively prevent potential safety risks, we put forward a number of preventive measures, including regular inspection of production equipment and strengthening the safety training of operators. Practice has proved that the effective management and control is an important way to prevent the potential safety risks in the chemical production process. Through the formulation of scientific safety system and the implementation of preventive measures, the accident risk can be minimized in the production of chemical products. The research results provide an important reference for the safety production of other similar chemical enterprises.

Keywords

chemical safety; safety risks; preventive measures

化工产品生产过程中的安全隐患及预防措施

陈亚军

江苏长青农化南通有限公司, 中国 · 江苏 南通 226407

摘 要

随着化工产品的生产技术不断发展, 化工安全问题也越来越受到大家的关注。本文通过详细调查和研究化工产品生产过程中的各类安全隐患, 对其产生的原因进行了深入分析, 同时也提出了相应的预防措施。研究发现, 安全隐患主要来自于生产设备老化、操作不规范等几个方面。为了有效防范安全隐患, 我们提出了包括定期对生产设备进行检查、加强操作人员的安全培训等多项预防措施。实践证明, 有效的管理与控制是防范化工生产过程中安全隐患的重要途径。通过制定科学的安全制度, 通力配合落实预防措施, 可以在化工产品生产中最大程度地降低事故风险。研究结果对其他类似化工企业的安全生产提供了重要参考。

关键词

化工安全; 安全隐患; 预防措施

1 引言

近年来, 化工产品在人们生活中的应用越来越广泛, 不论是家用清洁品、食品添加剂, 还是高新技术材料, 背后都离不开化工产品的支持。然而, 伴随着化工产品生产的高效率和高质量, 化工生产过程中的安全问题也日益凸显。据相关统计, 化工产品生产过程中的安全事故在所有工业事故中占比较高。这其中, 生产设备老化、操作不规范等因素成为诱发安全事故的主要隐患。事实上, 一旦在化工生产过程中发生安全事故, 从而可能引发毒气泄漏、火灾、爆炸等重大灾害, 危害于公共安全甚至损失人员生命。因此, 探索化工产品生产过程中的安全隐患, 研究有效的防

范措施, 对保障生产安全、提升化工产品质量具有重要意义。本研究以此为出发点, 对化工产品生产过程中的安全隐患及预防措施进行深入研究与探讨, 力求为化工产品生产提供更多策略性的安全防范措施。

2 化工生产现状及安全问题概述

2.1 化工生产的现状

随着全球经济的快速发展, 化工产业在国民经济中占据了重要地位^[1]。化工生产不仅涵盖了传统的基础化学品、专用化学品, 还包括快速发展的新材料、精细化工等领域。这些产品在农业、医药、建筑等多个行业中扮演了关键角色, 推动了技术革新和社会进步。近年来, 化工生产技术不断更新升级, 自动化和信息化程度显著提高, 生产效率和产品质量得到了大幅提升。化工生产在给社会带来巨大经济效益的

【作者简介】陈亚军(1975-), 男, 中国江苏扬州人, 本科, 注册安全工程师, 从事化工安全研究。

也产生了严峻的安全挑战。复杂的生产工艺、危险化学物质的广泛使用、设备设施的高负荷运转,使得化工生产面临较高的事故风险。一些企业在快速生产的驱动下,可能忽视了基础安全管理的重要性。整体而言,化工生产现状呈现出技术进步与安全隐患并存的局面,需要各方高度重视并采取有效措施加以应对,对生产过程中的每个环节都应进行严格把控和科学管理。

2.2 化工生产中存在的主要安全问题

化工生产中存在的主要安全问题涉及多个方面。生产设备和设施的老化会导致设备故障频发,增加事故风险。操作人员的操作不当或操作失误常常成为事故发生的重要因素,而这种情况往往与员工缺乏足够的安全培训和技能教育有关。化学物质处理和存储不当是另一个关键问题,不仅可能导致化学反应失控,还可能引发爆炸或中毒事故。部分化工企业由于管理制度不完善或执行不力,导致安全隐患长期存在,难以及时消除。这些问题的叠加使得化工生产过程中的安全风险始终处于一个较高的水平^[2]。

2.3 化工安全问题的重要性

化工安全问题的重要性体现在对人身安全、环境保护和经济效益的显著影响。在化工生产过程中,安全隐患可能导致严重的事故,造成人员伤亡和财产损失^[3]。化学品泄漏和处理不当会对生态环境产生长期负面影响,污染水源、土地和空气,危害生物多样性和公共健康。确保化工生产的安全性不仅是企业社会责任的体现,也是保障生产持续性和提升经济效益的关键。加强安全管理和风险控制对于促进行业可持续发展具有不可或缺的作用。

3 化工生产过程中的主要安全隐患

3.1 生产设备及设施老化

生产设备及设施老化是化工生产过程中一个显著的安全隐患。随着时间的推移,化工设备在长期高负荷运转和复杂环境中容易出现磨损、腐蚀等问题。一旦设备部件老化或失效,可能导致设备运行不稳定,进而增加化学品泄漏或爆炸等风险。老化的设备常常难以满足日益严格的安全标准,可能无法发挥有效的防护作用,进一步加剧潜在的安全隐患风险。许多化工生产企业在设备更新和维护方面投入不足,这使得老化设备继续服役,从而增加了生产过程中的不确定因素。为此,需高度重视设备的定期维护和更新,确保其在最佳状态下运行。通过引入先进的监测技术,可以实现对设备运行状况的实时监控,及时发现和预防因老化带来的安全隐患。设备及设施的现代化改造和及时更换不仅有助于提高生产效率,还能有效提升安全水平,减少事故发生的可能性。

3.2 操作行为不规范

操作行为不规范是化工生产过程中常见的安全隐患之一。操作人员对工艺流程不熟悉,可能导致误操作;忽视安全规程会引发化学品泄漏或设备故障。操作习惯不当,如未

佩戴防护装备、违章作业,增加了直接接触有害物质的风险。这些不规范的操作行为通常源于操作人员安全意识薄弱、培训不足以及现场管理松懈,导致潜在危险未能及时识别和规避,对生产安全构成严重威胁。规范操作行为对于确保化工生产的安全至关重要,需要引起重视并实施相应的改进措施。

3.3 化学物质处理和存储不当

化学物质处理和存储不当是化工生产过程中普遍存在的安全隐患之一。处理不当可能导致化学物质之间发生危险反应,产生有毒气体或引发火灾爆炸等事故。存储条件不符合安全标准,如温度、湿度控制不当,可能导致化学物质变质或泄漏,增加风险。许多企业由于储存空间不足或管理不善,将不同性质的化学物品混合存放,增加了危险系数。化学物质的标签不清或信息不全,使操作人员在使用过程中无法及时辨识和处理,进一步加大了安全隐患的发生概率^[4]。这些问题强调了正确处理和存储化学物质的重要性。

4 导致安全隐患的根本原因

4.1 设备和设施的维护不足

设备和设施的维护不足是造成化工生产过程中安全隐患的主要原因之一。随着设备逐渐老化,其性能和可靠性不可避免地下降,增加了事故发生的可能性。不及时进行维护和检查,可能导致设备故障,进而引发生产事故。维护工作不足还可能导致设备运行效率降低,增加能源消耗和生产成本。某些化工企业在设备管理上存在重购置、轻维护的倾向,忽视设备的定期维护和保养活动,导致潜在风险累积。为有效降低由此带来的安全隐患,企业应建立完善的设备管理体系,严格执行设备维护计划。落实设备定期检查、更换老旧部件、对故障进行及时修复等措施,可以显著提升设备的安全性和可靠性,为化工生产的安全保障提供重要支持。可在一定程度上减少由于设备失效而导致的安全事故。

4.2 操作人员培训和教育不足

操作人员培训和教育不足是化工生产过程中产生安全隐患的关键因素之一。许多化工企业为了追求生产效率,忽视了对员工的充分培训与教育,导致操作人员对化学品性质、处理方法以及紧急事故的应对措施缺乏深入了解。这种知识和技能的欠缺增加了误操作的可能性,使工人难以及时、准确地识别和应对潜在的安全问题。加强员工的安全培训和教育,建立定期考核与持续学习机制,是降低安全隐患的重要措施。

4.3 安全管理和制度执行不力

安全管理和制度执行不力是化工生产过程中的关键风险因素之一。许多企业对安全管理制度的重视程度不足,导致制定的规章制度未能切实执行。管理层在制度监管方面的疏漏,使得员工在操作过程中缺乏严格的指导和约束,进而增加了安全隐患的发生概率。制度更新缓慢或不符合实际生

产需求,也导致安全管理无法适应快速变化的生产环境。这些缺陷在长期积累下,可能导致潜在隐患未被及时发现与纠正,从而造成严重的安全事故。

5 化工生产安全隐患的预防措施

5.1 定期进行设备和设施的维护和检查

设备和设施的定期维护和检查是确保化工生产安全的首要措施。通过定期检查,可以及时识别和排除潜在的设备故障,从源头减少安全隐患。维护过程应包括对设备磨损情况的全面评估,及时更换老化部件,以保障设备的正常运行。检查应涵盖设备的各个方面,包括机械部件、电气系统以及控制系统等。为提高检查的有效性,应制定详细的检查计划,明确检查频次和内容,并建立设备维护记录档案,以便跟踪设备状态和维修记录。结合先进技术,可利用智能监测系统对设备进行实时监控,迅速发现异常情况并采取应对措施。企业应配备专业人员负责设备的维护和管理,确保其具备必要的技术能力和安全意识。

5.2 加强操作人员的安全培训和教育

操作人员的安全培训和教育是预防化工生产安全隐患的重要措施之一。提高操作人员的安全意识和应对紧急情况的能力,能够有效减少人为错误导致的事故。安全培训需覆盖操作规程、安全管理制度以及常见风险应对措施,并根据不同岗位的职责进行针对性设计。定期组织安全演练,让工作人员亲身体验安全操作流程,有助于提高其实践能力。应建立长效的培训机制,及时更新培训内容以适应不断发展的技术和设备变化^[5]。

5.3 建立完善的安全管理制度并严格执行

建立完善的安全管理制度并严格执行是化工生产安全隐患预防的关键措施之一。制度应包含全面的安全操作规范,明确各级人员的安全责任,并定期更新以适应新的技术和环境变化。主要内容应包括安全操作规程、事故应急预案、安全检查制度等。执行过程中,需确保责任落实到人,强化激励和惩罚机制,鼓励员工主动报告和纠正安全隐患。

6 实施预防措施的效果及改进方向

6.1 实施预防措施后的效果评估

实施预防措施后的效果评估显示,在化工生产过程中制定和执行一系列安全预防措施有效提升了整体安全水平。通过定期对生产设备和设施进行检测与维护,设备故障率显著下降,运行稳定性提高,大幅减少了因设备老化引发的安全事故。操作人员的安全培训计划逐步落实后,操作规范性和安全意识显著提升,违规操作和人为失误的发生频率降

低。在完善的安全管理制度的指导下,各级管理层的安全责任意识增强,制度执行的严格程度得到加强,营造了良好的安全生产氛围,保护了员工和生产环境的安全。通过数据对比分析,事故发生率较之前减少了近30%,化工产品生产的安全系数得到显著提高。

6.2 预防措施的优化和改进方向

在实施预防措施后,化工产品生产的安全性显著提高。为了进一步优化这些措施,需考虑多个改进方向。设备检查频率和标准需根据设备老化程度和使用频率进行调整,以提高检查的有效性和针对性。安全培训应结合最新案例和技术,增强操作人员应对突发事件的能力。鼓励实际操作与理论知识的结合,以提高培训效果。

7 结语

本研究亮点在于结合实际化工生产过程,对化工安全问题进行全面、深入的研究,并从设备老化、操作不规范等角度,揭示了化工产品生产过程中存在的安全隐患及其成因。同时,针对每种隐患类型都设计了相应的预防措施,具有很强的可操作性,如定期对生产设备进行检查、加强操作人员的安全培训等等。这将为化工行业的安全管理工作提供了可行性指导和新的视角,要经得起实践检验,还需要进一步的研究与试验。然而,化工产品的生产过程复杂,生产设备种类众多,操作人员行为规范的标准化,以及管理措施的落实等,仍具备一定的挑战性。未来研究还需结合多元化的研究视角,考量设备、人员、管理、环境等多方面因素,进一步细化安全隐患类型,提出更加具针对性和实效性的预防和治理措施。总的来说,本研究极大地丰富了化工生产安全管理的理论体系,并期望通过化工产品生产全过程的安全隐患管理,能够进一步提高化工生产安全的水平,减少化工产品生产过程中的事故发生,从而积极推动了化工产品的生产和研发的安全性能。

参考文献

- [1] 官育杰.化工产品装车过程中存在的安全隐患及防护措施[J].化工设计通讯,2019,45(01):172-172.
- [2] 陈元安.化学化工实验室安全隐患和预防措施[J].化工设计通讯,2020,46(06):174-174.
- [3] 姜海涛.燃气领域安全隐患及预防措施探析[J].中国科技期刊数据库 工业A,2019,(02).
- [4] 何艳娟.骨科护理安全隐患的预防措施[J].中国科技期刊数据库 医药,2019,(02).
- [5] 王博.研究化学化工实验室安全隐患和预防措施[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2020,(11):0157-0157.

Exploration of the application of artificial intelligence technology in the field of chemical safety production

Yumei Geng¹ Jianfeng Cui² Jianxin Wang³

1. Dongying Huatai Chemical Industry Group Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257000, China

2. Shengli Oilfield Shengli Chemical Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257000, China

3. Shandong Xinbang New Material Technology Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257000, China

Abstract

In the development of chemical industry, because some chemicals have the characteristics of inflammable and explosive, there are some dangers in chemical production, and chemical safety production has become the key to the development of the industry. With the development of science and technology, artificial intelligence technology has gradually entered the chemical industry, through intelligent technology and automation technology to avoid the safety risks of personnel, it requires the chemical industry to strengthen the attention to artificial intelligence technology, to replace human operation through machinery, to ensure the safety of production. This paper starts with the artificial intelligence technology, analyzes the application of the technology in the chemical safety production, and makes the appropriate application strategies to ensure the safety of production.

Keywords

artificial intelligence; chemical safety; quality management; hidden dangers

人工智能技术在化工安全生产领域中的运用探索

耿玉妹¹ 崔建峰² 王建新³

1. 东营华泰化工集团有限公司, 中国·山东 东营 257000

2. 胜利油田胜利化工有限责任公司, 中国·山东 东营 257000

3. 山东欣邦新材料科技有限公司, 中国·山东 东营 257000

摘 要

化工行业发展环节, 由于部分化学品具有易燃易爆的特点, 化工生产就存在一些危险性, 化工安全生产就成为行业发展的关键。而随着科学技术的发展, 人工智能技术逐渐进入化工行业, 通过智能化技术与自动化技术规避人员安全隐患, 就要化工行业加强对人工智能技术的重视, 通过机械取代人力作业, 保证生产的安全性。本文就从人工智能技术入手, 分析该技术在化工安全生产中的应用, 并且制定合适的应用策略, 保证生产的安全性。

关键词

人工智能; 化工安全; 质量管理; 隐患

1 引言

安全生产是指在生产经营活动中, 为了避免造成人员伤害和财产损失的事故而采取相应的事故预防和控制措施, 使生产过程在符合规定的条件下进行, 保证生产经营活动得以顺利进行的相关活动。化工行业中, 由于化学品的危险性, 就更需要进行安全生产。要求化工行业管理者加强对新技术的重视, 积极引进人工智能技术, 通过人工智能技术, 对整个化工生产流程进行协调设计, 尽可能地规避生产环节可能存在的安全隐患。而针对危险度较高的生产流程, 还可以通过自动化作业减少人力的参与, 进一步降低安全隐患对工作

人员的影响。所以化工安全生产中, 管理人员就需要积极引进人工智能技术, 充分发挥其优势。

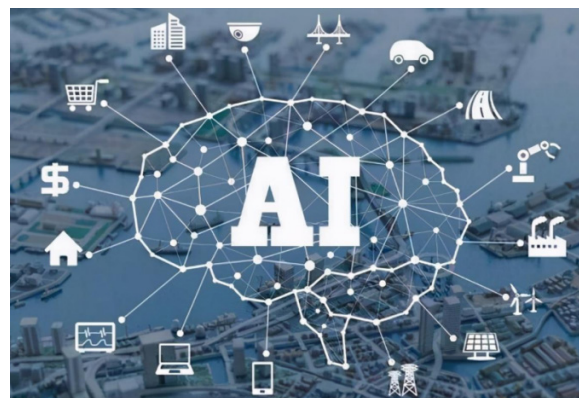


图1 人工智能技术

【作者简介】耿玉妹(1977-), 女, 中国山东东营人, 助理工程师, 从事化工自动化控制研究。

2 人工智能与化工安全生产概述

2.1 概念

人工智能（AI）技术是通过模拟人类智能行为来执行任务的技术领域。AI的核心目的是让机器能够完成通常需要人类智慧才能完成的任务，如学习、推理、问题解决、语言理解和感知。

化工安全生产是指在化工行业中，通过采取科学、有效的管理措施和技术手段，预防和控制化学生产过程中可能出现的安全风险，确保员工、设备、环境及社会的安全^[1]。化工行业因其涉及大量化学品、高温高压操作和复杂的工艺流程，安全生产尤为重要。

2.2 主要内容

化工安全生产的主要内容涉及生产的整个流程，主要包括安全管理制度、安全技术措施、人员安全培训与管理、危险化学品管理、应急管理以及环境保护等内容，需要相关人员加强对其的重视。

3 化工安全生产中常见的风险

第一，化工生产中存在大量易燃易爆物质，火灾与爆炸是最常见且最严重的安全隐患之一。主要原因包括操作不当、设备故障、化学反应控制不当等；第二，化工生产中使用的原料和产品有很多是有毒、腐蚀性或挥发性化学品，泄漏可能引发中毒、腐蚀、污染等事故，造成严重的环境危害；第三，许多化工过程需要在高温高压下进行，若设备出现故障或操作不当，容易发生泄漏、爆炸等事故；第四，化工生产中的设备通常较为复杂，存在许多机械、电子设备故障的风险，特别是管道老化、阀门失灵、控制系统故障等，可能引发安全事故；第五，操作人员的失误、疏忽或缺乏安全意识是化工安全事故的重要原因^[2]。包括未按操作规程执行、忽视安全检查和维护等。

4 人工智能技术在化工安全生产中的优势

人工智能（AI）技术在化工安全生产中具有显著的优势，能够提升事故预测、风险管理、应急响应等方面的能力。

4.1 实现了风险预测与预警

人工智能技术通过分析生产过程中实时数据、历史数据以及设备状态信息，能够识别潜在的安全风险。例如，人工智能可以监控温度、压力、流量等变量，及时发现异常趋势，并提前预警，从而避免事故的发生。之后，就能够结合机器学习算法，通过对设备的运行数据进行分析，预测设备的故障风险和维护需求。这种“预测性维护”可以帮助企业在设备故障发生之前进行检修，减少因设备故障引发的安全事故。

4.2 实现了实时监控与数据分析

人工智能技术可以集成传感器和监控系统，对化工厂内各类关键设备和环节进行24小时实时监控。通过对多维

度数据（如温度、压力、流量、液位等）的分析，人工智能能够识别潜在的安全隐患，及时采取行动。还可以通过深度学习技术自动识别生产过程中出现的异常模式，判断是否存在安全隐患。通过智能算法，人工智能能够快速识别出不符合正常工艺流程的行为，从而发出警报或自动调节设备运行参数，避免事故发生。

4.3 可提供智能决策支持

人工智能技术可以为安全管理人员提供实时的数据分析和决策建议，帮助其判断是否需要调整生产工艺、检修设备或进行其他安全防范措施。通过结合历史数据和实时数据，人工智能能够提供科学且精确的决策支持，减少人为判断误差。人工智能技术还可以通过模拟不同生产工艺和安全防护措施的效果，帮助管理者优化生产过程，提前预见和规避可能的风险。例如，通过模拟不同操作条件下的反应过程，人工智能可以评估最安全的操作条件，并提出优化建议。

4.4 实现了自动化监控与控制

人工智能可以通过自动化控制系统，根据实时监测的数据自动调整生产参数，确保生产过程在安全范围内。例如，人工智能可以自动调节反应釜的温度和压力，避免因人为操作不当引发安全事故。而且，人工智能能够减少由于人为因素（如操作不当、疏忽等）导致的安全隐患。特别是在一些危险性较大的操作中，人工智能可以辅助操作人员自动执行高风险任务，从而降低人员暴露在危险环境中的风险。

5 人工智能技术在化工安全生产领域中的运用

5.1 通过数据驱动优化化工的安全管理

在化工安全生产领域，人工智能（AI）技术的数据驱动安全管理正逐步成为提升安全性和优化运营效率的重要手段。人工智能利用大量的实时生产数据、历史数据和环境监测信息，通过智能分析、预测和优化，能够帮助企业识别潜在的安全风险、实施有效的应急响应，并优化生产过程中的安全管理。

首先，人工智能能够通过分析设备的运行数据，识别设备出现故障的前兆，如异常的振动、温度波动、压力变化等。基于大数据分析，人工智能能够识别出潜在的安全趋势。例如，通过对历史事故数据和生产过程数据的分析，人工智能可以识别出易发生事故的高风险时段、环境条件或生产工艺，从而为决策者提供安全预警，帮助采取有效的防范措施。

然后，人工智能技术可以辅助企业进行自动化的安全检查，确保生产过程始终符合国家和行业的安全标准。通过分析设备状态和生产环境数据，人工智能能够自动识别不符合安全要求的环节，并发出警告，帮助企业避免因合规问题而产生的安全隐患。还能够帮助企业规范安全操作流程和管理制度，确保所有操作都符合标准化要求。人工智能系统能够自动记录和追踪所有操作和变更，保证生产过程的可追溯性和合规性^[3]。

5.2 实现智能监测与风险预测

在化工安全生产领域,人工智能(AI)技术的智能监控与风险预测正逐步成为提升安全性、提高生产效率和降低事故发生率的重要手段。

首先,化工生产环境中的许多变量(如温度、压力、流量、气体浓度等)会影响生产过程的安全性。人工智能技术可以与现场传感器、PLC(可编程逻辑控制器)等设备配合,通过边缘计算、云计算等手段,收集和整合多种传感器数据。这些数据包括设备运行状态、环境监测数据以及安全防护设施的运行情况等。

其次,通过对实时数据的分析,人工智能能够自动识别出生产过程中的异常情况。例如,利用机器学习(ML)或深度学习(DL)模型,人工智能可以将传感器数据与正常的运行状态进行对比,及时发现如温度、压力、流量等指标的偏差。一旦发现异常,人工智能系统可触发报警机制,提示操作人员采取相应的安全措施。

然后,化工生产过程中涉及多个变量,人工智能可以通过数据挖掘技术对历史数据进行分析,从中发现潜在的风险模式。例如,人工智能可以分析过去发生的安全事故数据,识别出与事故相关的特征和因素,如设备故障、操作失误、环境条件变化等,从而建立风险预测模型。

5.3 实现化工生产流程的智能化设计

在化工安全生产领域,人工智能(AI)技术的智能化生产流程控制是提高生产效率、保证生产安全、优化资源利用和实现可持续发展的关键手段之一,就需要相关人员通过以下手段进行设计。

第一,化学反应过程是化工生产的核心,反应条件(如温度、压力、浓度、流速等)需要严格控制,以确保反应的稳定性和产品的质量。人工智能通过实时监控反应过程中的关键参数,可以自动调整控制策略,保持反应过程的最优状态。

第二,在化工生产中,催化剂的使用直接影响反应速率和选择性,因此催化剂的管理和控制非常重要。人工智能能够基于催化剂的使用情况和反应数据,优化催化剂的添加量和使用周期。

第三,在化工生产中,蒸馏与分离过程通常涉及高能耗、精密的物料分配和温控。人工智能可以优化这些过程,控制塔内的温度梯度、液相和气相的分布,确保分离效率和产品纯度。

综上,人工智能技术在化工安全生产中的智能化生产流程控制,能够极大地提高生产的自动化,确保产品质量和生产安全。

5.4 开展智能化人员培训

在化工安全生产领域,人工智能技术的应用使得安全培训能够更加个性化、互动性强、模拟场景多样、学习进度可调,并能够实时评估学员的学习效果和安全意识,提升整体安全水平。

首先,可以通过人工智能技术,对学员的学习过程、答题情况、操作表现等数据进行实时分析,评估其安全意识和技能掌握程度。通过机器学习,系统能根据学员的学习进度和薄弱环节,自动调整培训内容和难度,确保每个学员都能获得适合自己的培训。在此基础上根据学员的学习行为、错误决策或操作,提供实时反馈和改进建议,帮助学员纠正错误,巩固学习成果。

其次,借助VR技术,学员能够身临其境地模拟化工生产过程中的各种潜在安全风险和事故情境,如火灾、爆炸、泄漏等,进行操作和应急响应训练。通过虚拟演练,学员能够在安全的环境下熟悉危险情境,提高实际操作能力。

然后,可以通过大数据技术分析学员的历史学习数据、考试成绩、错误类型等,为每位学员量身定制个性化的培训内容和学习计划,帮助学员克服知识盲点,增强培训效果。而且利用数据分析,人工智能能够发现学员在模拟操作过程中常犯的错误或遗漏的安全注意事项,提前识别潜在的风险点,并在实际操作中进行纠正。

6 结语

人工智能技术在化工安全生产中的应用对于提高生产安全性、生产效率和创造更加可持续的生产方式都有着积极的影响。化工企业应充分利用人工智能技术的优势,完善安全控制系统,加强故障监测和诊断,并建立智能化风险预警和分析机制,以实现更加安全、高效、智能的生产模式。

参考文献

- [1] 刘浩,范梦婷,郑谊峰,等. AI技术在化工领域的前沿和基础技术情报研究[J]. 化工管理, 2021, (04): 98-101.
- [2] 高艳,郭永利,吕良伟. 机械智能制造在化工工程中的应用[J]. 内蒙古石油化工, 2024, 50 (05): 25-29.
- [3] 赵跃东,郭警中. 基于人工智能技术的现代化工生产工艺优化融合应用研究[J]. 电脑知识与技术, 2023, 19 (24): 21-23.