

03
2024

化工技术与应用

Chemical Technology and Application

Volume 1 · Issue 3 · October 2024 3060-9291(Print) 3060-9283(Online)



化工技术与应用 Chemical Technology and Application

Volume 1 · Issue 3 · October 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

Database Inclusion



Google Scholar

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>



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 1 · Issue 3 · October 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 | 油田酸化压裂施工设备管理对策分析
/ 魏耀虎 | 1 | Analysis of Management Strategies for Oilfield Acid Fracturing Construction Equipment
/ Yaohu Wei |
| 4 | 全膜法污水处理工艺技术的应用研究
/ 陈海肖 | 4 | Research on the Application of Full Membrane Wastewater Treatment Technology
/ Haixiao Chen |
| 7 | 微生物发酵技术在化妆品原料开发中的应用
/ 袁裕泉 | 7 | Application of Microbial Fermentation Technology in the Development of Cosmetics Raw Materials
/ Yuquan Yuan |
| 10 | 一氧化碳生产工艺过程风险分析
/ 韩帅 | 10 | Risk Analysis of Carbon Monoxide Production Process
/ Shuai Han |
| 13 | 钼铌萃取剂的研究进展
/ 吴建波 黄若辉 罗彦舟 周晓灵 陶周强 | 13 | Research Progress on Tantalum Niobium Extractants
/ Jianbo Wu Ruohui Huang Yanzhou Luo Xiaoling Zhou Zhouqiang Tao |
| 16 | 二次加砂工艺在东胜气田的应用分析
/ 陈鹏 | 16 | Application Analysis of Secondary Sand Addition Process in Dongsheng Gas Field
/ Peng Chen |
| 19 | 色谱分析在监测氢冷发电机氢气内漏的应用
/ 关键 于枫 | 19 | Application of Chromatographic Analysis in Monitoring Hydrogen Leakage in Hydrogen Cooled Generators
/ Jian Guan Feng Yu |
| 22 | 吸附技术在环保设备去除污染物中的应用研究
/ 朱圣洪 | 22 | Research on the Application of Adsorption Technology in Pollutant Removal of Environmental Protection Equipment
/ Shenghong Zhu |
| 25 | 三门峡市臭氧污染产生及扰动机理简析
/ 张华 赵明杰 梁军凤 | 25 | Analysis of Ozone Pollution Generation and Disturbance Mechanism in Sanmenxia City
/ Hua Zhang Mingjie Zhao Junfeng Liang |
| 28 | 化工项目施工阶段安全管理关键技术
/ 杨志孟 | 28 | Key Technology of Safety Management in the Construction Stage of Chemical Project
/ Zhimeng Yang |
| 31 | 化工企业火灾爆炸事故的特点与控制措施研究
/ 于佩文 | 31 | Research on the Characteristics and Control Measures of Fire and Explosion Accident in Chemical Enterprises
/ Peiwen Yu |
| 34 | 常压及低压储罐的氮封系统设计要点思考
/ 栗艳 | 34 | The Design Points of Nitrogen Sealing System for Atmospheric Pressure and Low Pressure Storage Tank
/ Yan Li |
| 37 | 二甲基二氯硅烷作为共沸剂在松节油蒎烯提取中的效率分析
/ 陈渭 丁文涛 周文莲 | 37 | Efficiency Analysis of Dimethyldichlorosilane as an Azeotropic Agent in Turpentine Alkene Extraction
/ Wei Chen Wentao Ding Wenlian Zhou |

Analysis of Management Strategies for Oilfield Acid Fracturing Construction Equipment

Yaohu Wei

Underground Operation Branch, Southwest Petroleum Engineering Co., Ltd., Deyang, Sichuan, 618000, China

Abstract

With the rapid development of the Chinese economy, energy demand is increasing day by day. As the main energy resources in China, the extraction and utilization of oil and natural gas are of great significance for ensuring national energy supply security. As an important means to increase oil and gas production and improve reservoir performance, oilfield acid fracturing construction technology has been widely applied in the development of oil fields in China, playing an increasingly important role. However, there are some problems in the management of oilfield acidizing and fracturing construction equipment, such as aging equipment, inadequate maintenance, and low technical level of operators, resulting in low construction efficiency and high equipment failure rate, which seriously affect oilfield development benefits. This paper aims to discuss the importance of oilfield acidizing fracturing construction equipment management, and analyze the current problems, and put forward the corresponding management countermeasures, in order to improve the operating efficiency and safety of equipment, reduce equipment maintenance costs, and provide guarantee for the smooth progress of oilfield acidizing fracturing construction.

Keywords

oilfield acidizing and fracturing; construction equipment; management countermeasure

油田酸化压裂施工设备管理对策分析

魏耀虎

西南石油工程有限公司井下作业分公司, 中国·四川 德阳 618000

摘要

随着中国经济的快速发展, 能源需求日益增长, 石油和天然气作为中国主要的能源资源, 其开采和利用对于保障国家能源供给安全具有重要意义。油田酸化压裂施工技术作为提高油气产量、改善油层性能的重要手段, 在中国油田开发中得到广泛应用, 发挥着越来越重要的作用。然而, 油田酸化压裂施工设备管理存在一定问题, 如设备老化、维护保养不到位、操作人员技术水平不高等, 导致施工效率低下、设备故障率高, 严重影响了油田开发效益。论文旨在探讨油田酸化压裂施工设备管理的重要性, 并分析当前存在的问题, 提出相应的管理对策, 以提高设备的运行效率和安全性, 降低设备维护成本, 为油田酸化压裂施工的顺利进行提供保障。

关键词

油田酸化压裂; 施工设备; 管理对策

1 引言

油田酸化压裂施工设备是通过酸化压裂施工进行增产增注、完井开发的重要基础, 其管理水平直接影响着施工效率、安全生产和经济效益。因此, 针对油田酸化压裂施工设备管理进行研究, 提高设备管理水平, 对于保障油田增产开发、提升效益具有重要意义。论文分析了油田酸化压裂施工设备管理目前存在的问题, 并从几个方面提出了设备管理对策, 旨在提高油田酸化压裂施工设备管理水平, 为中国油田开发提供有力保障。

2 油田酸化压裂施工设备概述

2.1 油田酸化压裂施工设备的种类和功能

压裂设备主要包括压裂机组(压裂泵车/撬、混砂车/撬、仪表车/撬)、压裂管汇、压裂液配制、存储和处理设备等。压裂设备作用是将高压液体挤入地层裂缝中, 使裂缝扩大, 提高地层渗透率, 从而提高油、气产量。酸化设备主要包括酸化泵(压裂泵)、酸化液处理设备、酸化液输送设备等。酸化设备用于将酸性溶液注入地层, 溶解地层中的堵塞物, 提高地层渗透率。混合设备包括混合罐、混合搅拌器等。混合设备用于将压裂液、酸化液等按照一定比例混合, 制备出符合要求的酸化压裂液。输送设备包括输送泵、输送管汇、输送阀门等。输送设备用于将酸化压裂液从地面输送至井口, 以及将地层返排液输送至地面。测量设备包括压力

【作者简介】魏耀虎(1986-), 男, 中国陕西咸阳人, 本科, 工程师, 从事设备管理研究。

计、流量计、温度计等。测量设备用于实时监测酸化压裂施工过程中的各项参数，确保施工安全、高效。控制设备包括控制系统、传感器等。控制设备用于对酸化压裂施工过程进行实时监控、调整，确保施工效果。

2.2 设备在油田酸化压裂施工中的重要性

酸化压裂施工设备能够实现自动化、智能化操作，减少人工干预，提高施工效率。先进的酸化压裂施工设备能够实时监测施工过程中的各项参数，及时发现并处理异常情况，确保施工安全。精确的酸化压裂施工设备能够确保压裂液、酸化液等混合均匀，提高施工质量^[1]。高效的酸化压裂施工设备能够缩短施工周期，降低施工成本。通过酸化压裂施工，提高地层渗透率，延长油气井寿命，增加油田产量。

3 油田酸化压裂施工设备管理存在的问题

3.1 设备管理体制和制度方面的问题

目前油田酸化压裂施工设备管理体制不够健全，缺乏统一的管理标准和规范，导致各施工单位在设备管理方面存在较大差异。这种管理体制的不完善容易造成设备配置不合理、设备运行效率低下等问题。虽然相关部室制定了相应的设备管理制度，但在实际执行过程中，设备使用单位存在制度执行不力的情况。如设备使用不规范、操作人员培训不足等，这些问题都会影响设备的正常运行和寿命。在设备管理体制中，监督机制不够健全，导致设备使用过程中的违规行为难以得到及时发现和纠正。此外，监督人员的专业素质和责任心有待提高，影响了监督工作的有效性。

3.2 设备维护保养方面的问题

目前，部分油田酸化压裂施工企业在设备维护保养方面，缺乏一套全面、系统、规范的制度。这导致在实际操作中，员工对设备维护保养的认识不足，未能按照规定程序进行，影响了设备的正常运行。部分油田酸化压裂施工企业在设备维护保养时间安排上不够科学，未能根据设备实际运行状况和保养需求，合理制定保养计划，导致保养工作滞后或过早进行。由于维护保养人员对设备结构和原理了解不深，维护保养过程中，容易出现遗漏或误操作，导致保养质量不高，未能有效延长设备使用寿命。部分油田酸化压裂施工企业在设备维护保养记录方面存在问题，如记录不完整、不及时更新等，无法为设备维护保养提供有效依据。在设备维护保养过程中，部分企业对成本控制不够重视，导致维护保养投入不足，影响了设备维护保养效果。

3.3 设备信息化管理方面的问题

目前，油田酸化压裂施工中的设备信息化管理系统与生产、经营、技术等其它信息系统之间存在着明显的信息孤岛现象。这导致了数据共享和交换不畅，影响了设备管理工作的整体效率和效果。在设备维护保养过程中，信息化手段应用不足，导致维护保养工作缺乏科学性和针对性。如设备故障诊断、预防性维护、备品备件管理等方面，信息化程度

较低。对设备管理数据的统计分析能力不足，难以从海量数据中挖掘有价值的信息，为设备管理决策提供有力支持。部分油田酸化压裂施工设备信息化管理系统功能不完善，如设备故障预警、设备寿命预测、设备维修优化等功能尚未实现，使得设备管理难以达到预期效果。

4 油田酸化压裂施工设备管理对策

4.1 完善设备管理体制和制度

4.1.1 建立健全设备管理制度

制定详细的设备管理制度，包括设备采购、验收、安装、调试、使用、维护、保养、报废等各个环节的规范流程。建立设备档案，详细记录设备的基本信息、技术参数、使用状况、维修记录等，确保设备管理信息的准确性和完整性。制定设备操作规程，明确设备操作人员的职责、操作步骤和注意事项，确保设备安全、高效运行^[2]。建立设备维护保养制度，修订完善预维修保养标准，明确设备定期检查、保养、维修的时间、方法和责任人，确保设备处于良好状态。建立设备更新改造制度，根据设备使用年限、技术更新和市场需求，制定设备更新改造计划，提高设备性能。

4.1.2 明确设备管理职责和流程

设备管理部门负责设备全生命周期管理，包括设备采购、验收、安装、调试、使用、维护、保养、报废等环节。设备操作人员负责设备的使用和维护保养，遵守操作规程，确保设备安全、高效运行。设备管理部门与操作人员之间建立良好的沟通机制，及时反馈设备使用情况，确保设备管理工作的顺利进行。设备管理部门定期对设备操作人员进行培训，提高其设备操作和维护保养技能^[3]。设备管理部门与设备维修服务建立良好的合作关系，加强沟通交流，确保设备采购、维修、保养等工作的顺利进行。设备管理部门定期对设备运行和保养情况进行监督检查，确保设备管理制度的执行和设备运行的合规性。

4.2 加强设备维护保养

4.2.1 制定科学的维护保养计划

针对油田酸化压裂施工设备管理的提升，首先应制定科学的维护保养计划，对酸化压裂施工中的各类设备进行全面评估，根据设备的类型、使用频率、技术状况等因素进行分类，确定不同类别设备的维护保养周期和重点。结合设备分类和实际运行情况，制定年度维护保养计划，明确每个设备的维护保养时间、内容、责任人及所需备件。针对不同设备，细化保养项目，包括但不限于润滑、清洗、紧固、调整、更换易损件等，确保设备始终处于良好运行状态。采取预防性维护策略，通过定期检查、检测和保养，及时消除设备的潜在隐患，避免突发性故障。利用先进的监控设备和技术，实时监测设备的运行状态，及时发现问题并进行处理。为每台设备建立详细的维护保养档案，记录每次保养的时间、内容、责任人及设备运行情况，便于追踪和评估^[4]。合理规划

备件库存,确保关键备件充足,降低因备件短缺导致的停工时间。对设备维护保养计划的执行效果进行定期评估,根据实际情况调整计划,不断优化维护保养流程。针对设备使用过程中的新问题和新情况,及时调整维护保养计划,确保设备管理的动态性和适应性。通过实施上述措施,可以有效提升油田酸化压裂施工设备的管理水平,降低设备故障率,保障生产安全,提高生产效率。

4.2.2 提高维护保养质量和效率

制定一套完整的设备维护保养规程,明确设备维护保养的责任主体、周期、方法及质量要求,确保设备始终处于良好的工作状态。根据设备使用说明书和操作规程,制定预防性维护保养计划,定期对设备进行清洁、润滑、检查、调整和更换易损件,降低故障发生率。简化维护保养流程,提高工作效率。例如,采用标准化作业指导书,减少不必要的环节;合理布局设备,方便操作和维护;采用信息化手段,实现设备维护保养的实时监控。合理选用润滑油脂,确保设备运行过程中的润滑效果。建立润滑油脂更换周期和标准,定期检测润滑油脂质量,防止设备因润滑不良导致故障。将设备维护保养纳入绩效考核体系,对设备维护保养质量、效率等方面进行考核,奖优罚劣,激发员工积极性。根据设备运行特点和使用情况,合理配置备品备件,确保设备在故障发生时能够及时更换,减少停机时间。定期组织设备维护保养技术交流活动,分享经验,提高整体维护保养水平。对于老旧、故障率高、维护成本高的设备,及时淘汰更新,提高油田酸化压裂施工设备的管理水平和效率。

4.3 推进设备信息化管理

4.3.1 建立设备信息化管理系统

针对油田酸化压裂施工设备管理的提升,建立设备信息化管理系统是至关重要的战略步骤。构建一个涵盖设备采购、安装、运行、维护、报废全生命周期的信息化管理系统。系统应具备良好的可扩展性和兼容性,以适应未来技术更新的需求。通过传感器、物联网技术等手段,实时采集设备的运行数据,如温度、压力、流量等关键参数,实现设备状态的远程监控^[9]。建立完善的设备档案,包括设备型号、规格、性能参数、安装日期、维修记录、操作手册等信息,确保设备信息准确无误。系统应具备故障诊断功能,通过历史数据分析和实时监测,对设备的潜在故障进行预警,减少停机时间。系统通过对设备运行数据的分析,找出设备性能提升的潜在点,为技术改造和设备升级提供依据。在油田内部实现设备资源的共享,避免设备闲置和重复投资,提高设备利用率。关注设备的环保性能和节能效果,通过信息化管理降低能耗,实现绿色生产。对设备运行过程中的安全风险进行识

别、评估和控制,确保生产安全。通过建立设备信息化管理系统,可以有效提升油田酸化压裂施工设备的管理水平,降低生产成本,提高生产效率,为油田的可持续发展提供有力保障。

4.3.2 实现设备信息的实时监控和管理

为提高油田酸化压裂施工设备的效率和安全性,应实现设备信息的实时监控和管理,建立设备信息数据库,对酸化压裂施工设备进行详细登记,包括设备型号、规格、性能参数、使用年限、累计台时、维护记录等,建立完善的设备信息数据库。实施设备智能化管理,利用物联网、大数据等技术,对设备进行实时监控,实现设备的运行状态、故障报警、维护保养等信息的自动采集和传输。建立定期巡检制度,对设备进行全面检查,确保设备安全运行。建立设备故障预警机制,对设备运行数据进行实时分析,发现异常情况及时预警,减少故障停机时间。实施设备信息化管理平台,利用信息化手段,建立设备管理平台,实现设备信息的实时查询、统计和分析。加强设备安全防护,防止设备因操作不当或环境因素导致的事故发生。对设备进行定期评估,了解设备性能变化,及时更新设备信息,确保设备性能满足施工需求。通过以上对策的实施,可以有效实现油田酸化压裂施工设备的实时监控和管理,提高设备运行效率,降低施工风险,为油田开发提供有力保障。

5 结论

要提高油田酸化压裂施工设备管理效果,应加强设备维护保养,定期对设备进行检查、保养,确保设备正常运行。加强操作人员培训,提高操作人员的技术水平,确保设备安全运行。优化设备配置,提高施工效率,降低施工成本。建立健全设备管理制度,明确设备管理责任,提高设备管理水平。通过实施以上对策,可以有效提高油田酸化压裂施工设备管理水平,为中国油田开发提供有力保障,促进油田开发效益的提升。

参考文献

- [1] 成浩.油田酸化压裂施工设备管理对策分析[J].信息系统工程,2023(3):61-63.
- [2] 卜掌印,刘志前.油田酸化压裂施工设备管理对策分析[J].清洗世界,2022,38(9):175-177.
- [3] 才志杰.浅谈油田压裂船的装备配置[J].中国修船,2022,35(4):71-72.
- [4] 路建萍,沈燕宾,王佳,等.油田酸化压裂返排液的回注处理技术研究[J].应用化工,2022,51(6):1685-1690.
- [5] 任永琳,王达,刘欣,等.浅析油田酸化压裂工艺技术[J].中国石油和化工标准与质量,2022,42(10):149-151.

Research on the Application of Full Membrane Wastewater Treatment Technology

Haixiao Chen

China Lianchuang Engineering Design Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract

The full membrane sewage treatment process is a commonly used technology in the sewage treatment process, which plays a crucial role in improving the efficiency and quality of sewage treatment. Clarifying the application points of the full membrane sewage treatment process and strengthening technical control can better improve the sewage treatment effect and provide more assistance for environmental protection. The paper also focuses on this topic, mainly discussing the technical points and application quality improvement strategies in the full membrane sewage treatment process. It is hoped that through exploration and analysis, more references and inspirations can be provided for relevant personnel to scientifically apply the full membrane sewage treatment technology to improve the sewage treatment effect and quality, better implement the concept of sustainable development, and enhance environmental protection effectiveness.

Keywords

full-film method; sewage treatment; environmental protection; application points

全膜法污水处理工艺技术的应用研究

陈海肖

中联创工程设计有限公司, 中国·广西 南宁 530000

摘要

全膜法污水处理工艺是污水处理过程中的常用技术,对于提高污水处理效率、提升污水处理质量都会起到至关重要的影响,明确全膜法污水处理工艺的应用要点加强技术管控可以更好地提高污水处理效果,为环境保护提供更多的助力。论文也将目光集中于此,主要讨论了全膜法污水处理工艺中的技术要点及应用质量提升策略,希望通过探讨和分析可以为相关工作人员提供更多的参考与借鉴,科学地应用全膜法污水处理技术来提高污水处理效果和污水处理质量,更好地贯彻可持续发展理念,提高环境保护效果。

关键词

全膜法; 污水处理; 环境保护; 应用要点

1 引言

经济社会的迅速发展以及人们素养的不断提升让现阶段人们对于环境保护问题的一个关注和重视变得越来越高,水资源作为人类生存发展的必备资源,合理应用污水处理工艺、提高水资源利用率是十分必要的,而全膜法污水处理技术的应用则可以较好地达成这一目标,必须明确全膜污水处理技术的技术要点及应用质量提升策略,更好地利用全膜污水处理工艺提高污水处理效果。

2 全膜污水处理技术的应用要点

全膜污水处理技术是利用超滤、反渗透、EDI三种膜分离的技术为污水处理提供更多的助力,如图1所示,在污

水处理中可以通过不同膜工艺的有机结合提高污水中污染物处理效果,更好地满足污水再利用需求,而在全膜法污水处理工艺应用的过程中其技术应用要点具体体现在如下几个方面。



图1 全膜法污水处理工艺的应用要点

2.1 反渗透

反渗透是现阶段较为精密的膜分离技术,该项技术在污水处理中有效应用可以更好地脱离分子量超过100的有机物,达到净化污水的效果,在反渗透技术应用的过程中可以

【作者简介】陈海肖(1988-),女,壮族,中国广西南宁人,本科,工程师、设计师,从事污水处理设计研究。

借助特殊加工方式配合特殊材料制造反渗透膜,该种膜属于半透膜,除了可以过滤筛出分子量超过100的有机物以外,还可以将溶解于水中的盐分脱离出来,净化、淡化和浓缩效果都是相对较好的。而就现阶段来看反渗透膜可以划分为反渗透复合膜、醋酸纤维素反渗透膜等不同类别,可以结合不同类别的膜特性,具体问题具体分析来对反渗透膜作出科学选择。例如,反渗透复合膜在污水脱盐中应用其脱盐率可以高达95%,而醋酸纤维素反渗透膜在脱盐中应用其脱盐率可以达到98%,因此如果脱盐要求相对较高时则可以引入醋酸纤维素反渗透膜达到较好的脱盐效果。在污水处理过程中可以借助反渗透技术建立反渗透系统,该种系统的系统优势在于运行成本相对较低,同时在其污水处理的过程中所产生的污染也相对较少,相较于传统污水净化方式反渗透系统的应用在节约成本的同时也大大降低了环境二次污染的风险,因此得到了广泛应用,如较具代表性的则是在电力行业运行期间循环水、锅炉补给水及废水产生体量都是相对较大的,这时在污水处理的过程中则可以引入反渗透系统,对循环水、锅炉补给水和废水进行回收处理,当然部分电厂受其运作模式等多重因素的影响,在其运行期间反渗透系统往往无法满足于废水治理要求,但是反渗透系统的功效和优势是不容忽视的,因此可以将其用于预先脱盐的程序当中,配合离子交换技术达到较好的污水处理效果,基本解决了废酸、废碱随意排放、处理不到位等相应问题。

2.2 超滤技术

对污水进行超滤即通过筛孔分离的方式来完成污水处理,一般情况下超滤可以根据其污水处理方式划分为外压式和内压式两种类别,在污水处理的过程中可以通过压力调节的方法,让小溶质粒子与溶剂水通过超滤膜的孔隙达到低压区,完成大分子组分的脱离工作,在去除污水中的胶体悬浮物和有机物甚至细菌和微生物等相应杂质的过程中应用超滤技术可以达到较好的净化效果。相较于传统的污水处理工艺超滤的优势也是较为鲜明的,如图2所示。



图2 超滤的优势

首先,超滤的应用可以更好地提高污水处理效果,保证出水水质,避免因水质不达标出现需要反复过滤处理的问题。其次,超滤技术在实践应用的过程中其所需要应用的仪器设备占地面积相对较小,对于空间的要求相对较低,这就意味着其使用场景限制是相对较小的。最后,随着技术研究的不断深化和发展,现阶段超滤技术在实践中应用的过程中

可以实现自动化控制,降低污水处理过程中对于人力的依赖性,同时也可以通过自动化控制的方式提高各项工作落实的精准性,达到更好的污水处理效果^[1]。

2.3 EDI 技术

EDI技术在污水处理的过程中可以通过半透膜的科学选择配合离子交换树脂,组合提高污水处理效果,相较于二级除盐加上反渗透系统或混床加反渗透系统的污水处理模式,EDI技术的应用可以更好地简化操作,同时可以有效解决酸碱排放问题。一般情况下,EDI系统是由不同模块并联组装而成,可以借助EDI技术实现污水的连续性处理,为了更好地提高EDI系统的应用效果可以在EDI系统前设置软化器或RO。

EDI系统的系统特点是较为鲜明的,具体体现为如下几个方面:首先,经过EDI系统处理后的污水并不会出现酸碱再生的问题,可以更好地满足相应的污水处理标准和治理要求,且在其他污染物质处理的过程中也可以达到较好的处理效果,其产出水质是较为稳定的。其次,其树脂可以通过酸碱平衡再生,EDI系统的相关装置就是产生OH⁻和H⁺,从而达到再生树脂的效果。再次,与超滤技术一样,EDI技术在实践应用的过程中其所应用到的设施设备占地空间相对较小,且因为EDI技术的综合性相对较强,因此并不需要设置再生酸碱中和及储存设备。最后,随着技术研究的不断深化和发展以及人们对于污水处理给予的关注和重视不断提高,现阶段EDI技术在实践应用的过程中也可以实现自动化控制,更好地降低对人力的依赖性,减少人为操作失误的可能性,同时其处理后的污水可以回收再利用^[2]。

3 全膜法污水处理工艺的应用质量提升策略

将更好地提高全膜法污水处理工艺的应用效果,提升污水治理能力和治理水平,还需紧抓如下几个关键点加强管理。

3.1 加强人才建设

工作人员始终是工作开展的最终落脚点和第一执行人,工作人员的素养能力、观念意识对于工作落实的效率质量都会起到至关重要的影响,想要更好地发挥全膜法污水处理技术的技术优势,提高污水处理效果,确保所排放的污水符合于相应的规范要求,加强人才建设是十分必要的,可以从如下几个方面做出优化和调整^[3]。

首先,需调节人才遴选机制,提高人才准入门槛,招收更多具备专业素养和专业能力的专业性人才走入到对应的工作岗位,这就需要在人才选聘的过程中提高考核标准,明确考核要求,筛选出一批专业素养过硬、业务能力较强的人才队伍,为全膜法污水处理工艺的科学应用奠定良好的基础和保障。其次,需建立完善的培训机制,通过系统化、理论化、周期性培训工作的有效落实帮助相关工作人员更好地明确在全膜法污水处理过程中应当注意哪些问题以及相应

的机械设备和工艺技术应用过程中需抓住的关键重点,提高相关工作人员对于技术的掌握能力和应用能力,必要的情况下可以结合所属机构污水治理的实际需求和常见问题对培训内容作出完善和扩充,保障培训的针对性与有效性,确保全膜法污水处理工艺能够有效应用于实践当中并发挥其应有的作用和影响。最后,在培训结束之后可以通过考核机制的有效建设来分析相关工作人员是否掌握了培训内容,必要的情况下可以配合奖惩机制让相关工作人员更加积极主动地参与到学习当中,并且在学习中有所收获,有所成长,提高培训的效益和质量^[4]。

3.2 确定水处理原则

确定水处理原则也可以为全膜法污水处理工艺的应用效果提升提供更多的助力和保障,而在规范原则确定的过程中也需秉承着具体问题具体分析的理念,结合污水治理的实际需求来制定相关参数,同时需要引起关注和重视的则是在原则和规范确定的过程中需依托所属机构接触污水的特性及所使用的仪器设备特性来对原则规范作出适当调整,确保原则规范建立的科学性与有效性^[5]。

3.3 加强设备管理

设施设备是全膜法污水处理过程中的重要物质依托,对于污水处理效果也会产生较大的影响,在设施设备管理的过程中应当抓住如下几个关键点做出优化和调整,提升管理效果。

首先,相关单位需加大资源投入,购入更多的先进仪器设备,在此之前首先需要做好数据调查和实验分析,对于污水的构成特点有较为全面的了解和认识,分析在污水处理过程中面临的主要问题和困境,在此基础上做好市场调查,分析不同污水处理设备与污水处理实际需求之间的适配性及应用的可行性。并在市场调查的过程中做好商家考察,明确不同商家的供货能力、商业信誉以及货品质量和售后服务,购买质优价廉且售后有保障的商品。其次,相应工作人员需建立完善的设施设备维修保养计划,结合不同设施

设备购买的时间、老化的程度、常出的问题来对维修保养规划做出针对性的调节,确保维修保养规划的科学性、有效性和针对性,定期定向落实周期性维护工作,及时发现设施设备存在的运行问题并对其进行解决。最后,在设施设备维修保养的过程中可以建立设施设备维修保养台账,明确不同设施设备维修的时发现的问题及解决方法,为后续维修计划的调整以及维修管理工作的有效落实提供更多的信息参考,以此来确保分设备始终处于最佳运行状态,为污水治理工作的开展提供更多保障^[6]。

4 结语

全膜法污水治理技术在污水治理中有效应用可以更好地提高污水治理的效率和质量,降低污水治理成本,应当引起关注和重视,相关工作人员可以紧抓反渗透、超滤技术以及EDI技术等相应的关键重点来加强技术分析,结合实际情况科学应用选择和应用技术,在此基础上则可以通过加强人才队伍建设、建立工作规范原则、加强设施设备维修保养等方式更好地发挥全膜法污水处理技术的技术优势,提高污水治理效果。

参考文献

- [1] 黄友辰.全膜法及双膜法在新钢全厂污水深度处理中的应用[J].新疆钢铁,2024(3):51-53.
- [2] 刘永君.全膜法水处理系统在钢铁行业的应用[J].冶金动力,2024(3):46-49.
- [3] 田珍.全膜法水处理工艺技术在环境保护中的应用研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(10):7-9.
- [4] 管苏建,沈阳,张景乐,等.全膜法在工业污水处理设计中的应用[J].建材与装饰,2017(41):92-93.
- [5] 王英展.全膜法处理城市二级生活污水处理厂出水中试研究[D].大连:大连交通大学,2011.
- [6] 杨树雄,陆善忠.全膜法在城市污水处理厂二级出水深度处理中的应用[J].给水排水,2008(5):38-41.

Application of Microbial Fermentation Technology in the Development of Cosmetics Raw Materials

Yuquan Yuan

Quanhou (Guangzhou) Biotechnology Research Institute Co., Ltd., Foshan, Guangdong, 528000, China

Abstract

As a green production means, microbial fermentation technology plays a key role in the development of cosmetic raw materials. By exploring the fermentation process of different microorganisms, and using a variety of biological molecules, such as peptides, polysaccharides, microbial lipids, etc., a variety of natural molecules that can not be prepared with anti-oxygen, anti-aging, anti-microbial and other activities. It is found that some specific microorganisms in solid state fermentation, such as actinomycetes, can efficiently produce good raw materials for the control of early production, such as moisturizing, moisturizing and whitening. At the same time, the alcoholic fermentation and yogurt fermentation produced by liquid fermentation also provide excellent application prospects. Through this method, the research and production of cosmetics more natural, safe and environmentally friendly. This provides a new scientific basis for cosmetics enterprises to develop products with unique advantages that are beneficial to the health of consumers, and will bring a huge impetus to the green transformation of the global cosmetics industry.

Keywords

microbial fermentation technology; cosmetic raw material development; antioxidant and anti-aging; solid state fermentation; green transformation

微生物发酵技术在化妆品原料开发中的应用

袁裕泉

泉后(广州)生物科技研究院有限公司, 中国·广东佛山 528000

摘要

微生物发酵技术作为一种绿色生产手段,在化妆品原料开发中扮演着关键角色。通过探究不同微生物的发酵过程,以及利用各种生物分子,如肽、多糖、微生物脂质等,能制备出多种人工合成无法完成的自然分子极具的抗氧、抗衰老、抗微生物等活性。研究发现,进行固态发酵的一些特定微生物,如放线菌等,能高效生产出对生产前期控制的良好疗效原料,如润肤、保湿和美白等。同时,液态发酵产生的酒精发酵和酸奶发酵也提供了极好的应用前景。通过这种方法,能让化妆品的研发和生产更加天然、安全和环保。这为化妆品企业研发具有独特优势、对消费者健康有益的产品提供了新的科学依据,并将为全球化妆品加工业的绿色转型带来巨大的推动力。

关键词

微生物发酵技术; 化妆品原料开发; 抗氧抗衰老; 固态发酵; 绿色转型

1 引言

化妆品原料就是做化妆品的材料,以前我们主要是用化学方法来做,但有时这样做会对环境不友好,也可能对人不安全。现在我们找到了一个新的方法,叫作微生物发酵技术。就是用自然界的微生物来做化妆品原料,这样做到的化妆品不仅安全,而且还是环保的,符合我们保护环境,可持续发展的理念。例如,有一种微生物叫放线菌,我们优化管理,用微生物发酵技术来生产化妆品原料,产出的原料有保湿、滋润、美白等功效。同样,我们也可以发酵酒精和酸奶,因为它们有很多复杂的生物活性,我们无法人工复制,能为

化妆品带来更多可能性。微生物发酵技术为化妆品研发提供了新的方法,同时为我们消费者提供了一种更接近自然,更安全的选择。

2 微生物发酵技术在化妆品原料开发的现状

2.1 微生物发酵技术的基本概念

微生物发酵技术作为一项古老而先进的生物工程手段,是指利用微生物的活动,在特定条件下,通过生物化学反应转化原料为目标产物的过程。这一技术依赖于微生物的代谢特性,以产生各种具有功能性和增值特性的化合物。微生物发酵广泛应用于食品、药品以及化妆品等多个领域,其过程涉及复杂的生物化学机制,能够对原料进行深度加工和改造,从而提升产物的活性和稳定性。

【作者简介】袁裕泉(1988-),男,中国江西吉安人,硕士,工程师,从事化妆品研发和生产工艺研究。

在化妆品原料的开发中,微生物发酵被用作一种绿色生产技术,因为其产物通常是天然的、生物降解性好的,并且使用过程中更为温和安全。这使得其与传统的化学合成方法相比,具备了显著的环境友好性和生物相容性。发酵过程中,微生物可以通过分泌酶类、调节 pH 值、分解复杂分子等方式生成具有特定生物活性的成分,如抗氧化剂、抗衰老的多肽、抗菌化合物等。这些天然成分的获取不仅提高了化妆品的生物效能,还为制备新一代高功效、低刺激性的美容产品提供了技术上的可行性。

2.2 微生物发酵技术在化妆品原料开发的应用现状

微生物发酵技术在化妆品原料开发中正展现出显著的应用潜力。近年来,随着消费者对天然成分需求的增加,科学界将微生物发酵技术引入了化妆品领域。这种技术通过利用微生物的生物转化能力,可以高效生产出各种具有功能活性的天然化合物。例如,发酵过程能够改良化妆品原料的感官特性和稳定性,进而提升产品的使用体验和保存期限。而在具体应用上,利用乳酸菌的发酵生产氨基酸、小肽等有益成分,已被证明能够改善皮肤屏障功能和滋润度。通过酵母菌发酵产生的 β -葡聚糖,具备优秀的保湿及抗氧化特性,广泛用于抗衰老产品中。固态发酵与液态发酵的结合,更是为化妆品开发提供了多样化路径,如固态发酵的放线菌能够有效产出美白成分曲酸。微生物发酵技术的应用突破了传统化妆品原料的限制,成为行业应对市场需求及环境友好挑战的重要工具,为化妆品行业的创新注入了新动力。

2.3 微生物发酵技术在化妆品原料开发的限制与挑战

微生物发酵技术在化妆品原料开发中面临若干限制与挑战。微生物发酵过程依赖于特定微生物的生长条件和代谢特点,不同的微生物需要精细控制的发酵参数,包括温度、湿度、pH 值及营养成分,这对生产过程的稳定性和可重复性提出了高要求。目前部分微生物发酵产品较为昂贵,因而限制了其在化妆品大规模生产中的应用,如何降低生产成本是一个亟待解决的问题。微生物发酵生产的化妆品原料在纯度和质量控制方面也面临挑战,需保证最终产品的安全性和有效性。生物技术和法规标准的不断变化要求对微生物发酵产品进行持续评估和优化。在化妆品行业,合规性与创新性必须得到满足,这使得化妆品企业在应用该技术时需要严格遵循相关法律法规,具备灵活的研发能力和市场适应能力。

3 微生物发酵技术中的关键生物分子和过程

3.1 不同种类微生物发酵过程的介绍

微生物发酵技术在化妆品原料开发中的应用,涉及多种细菌、酵母和真菌等微生物的发酵过程。这些微生物通过不同的代谢途径进行发酵反应,催化生成多种生物活性化合物,赋予化妆品原料新功能。常见的发酵类型包括乳酸发酵、酒精发酵和混合酸发酵。

乳酸发酵是由乳酸菌进行的,作为美容护肤产品中重要的生物过程之一。其产物乳酸不仅能调节 pH 值,还可以

增加皮肤保湿能力,提升肌肤光滑度与弹性。酒精发酵主要涉及酵母菌属的活动,酵母在无氧环境下将葡萄糖转化为酒精和二氧化碳。在化妆品中,酒精发酵的产物不仅可以作为防腐剂,也能促进其他活性成分的渗透吸收。混合酸发酵涉及多种有机酸的产生,包括乙酸、甲酸与丁酸等,其多样化的发酵产物增加了化妆品的杀菌及抑菌效果。

放线菌等微生物通过固态发酵表现出独特优势,能大规模生产抗氧化和抗衰老分子。例如,从红曲霉中提取的天然色素,如红曲红,已被证实具有强抗氧化活性,有助于抵抗自由基损伤。研究中还发现,利用黑曲霉进行固态发酵可以释放活性多糖,这些多糖在化妆品中展现出卓越的保湿及增稠效果。在液态发酵中,许多真菌和细菌在液体培养基中快速生长,通过调节培养基成分和发酵条件,可以有效合成不同目的的活性物质,包括多种有益的酶和脂质分子等。

3.2 合成抗氧化抗衰老抗微生物活性分子的微生物发酵

微生物发酵技术在合成抗氧化、抗衰老、抗微生物活性分子方面具有显著优势。在抗氧化活性分子的合成中,微生物发酵能够有效引导酚类化合物和多酚类物质的生成,这些分子具备显著的清除自由基能力,能够减缓氧化反应链的进行。微生物发酵过程能够提高原料中的抗氧化成分含量,为化妆品带来持久的抗氧化效果。对于抗衰老活性分子而言,发酵过程促进短肽和寡糖的合成,这些生物分子通过深层滋润和促进胶原蛋白合成改善皮肤弹性,从而实现抗衰老的效果。

在抗微生物活性分子的制备中,微生物发酵产生的次生代谢产物,如某些特定的抗菌肽和有机酸等,具有很强的抑菌作用。特别是在护肤品中,这些活性分子不仅能有效减少感染风险,还能维持皮肤微生态平衡。微生物发酵不仅为化妆品原料开发提供了新的生物活性分子,而且为产品的多功能性和安全性创造了条件。

3.3 固态发酵和液态发酵在化妆品原料中的应用

固态发酵和液态发酵各自以其独特的优点在化妆品原料的开发中展现出广泛的应用潜力。固态发酵通过利用固体基质提供微生物生长环境,使得微生物能高效生产具有特殊活性的化合物,如滋润和保湿的多糖等。这一过程常借助特定微生物,如放线菌,以提高活性成分的产量和质量。液态发酵则通过控制溶液环境促进微生物代谢,广泛应用于酒精发酵和酸奶发酵等,能够生成抗氧化和抗衰老活性物质,对用于美容类产品和益生菌类产品开发具有突出贡献。这两种发酵方式,结合其特有的过程参数和生物反应,不仅展示了强大的生产能力与灵活性,还为安全环保的化妆品原料供应提供了保障,为行业的持续创新奠定了基础。

4 微生物发酵技术对化妆品工业绿色转型的影响

4.1 使用微生物发酵技术的研发和生产方式分析

使用微生物发酵技术已经在化妆品行业的研发和生产

过程中展现出明显的优势。这种技术通过利用微生物的高效代谢能力,可以大幅度降低传统化学合成的环境负担,并提高生产过程的环保性。微生物发酵技术能够利用天然原料,通过微生物的代谢路径合成出具有生物活性的分子,如抗氧化剂、多糖和脂质等,这些成分对提高化妆品的功能性具有不可替代的作用。

在研发方面,微生物发酵技术为合成天然生物活性成分提供了一种创新而可持续的途径。这项技术可以通过筛选和优化特定的微生物菌种及其发酵条件,获得更高效的生产过程,并确保持续高效地产出目标产物。发酵过程相较于化学合成路径更易于控制反应条件,减少副产物的产生,提高了产品的纯度和安全性。尤其是运用基因工程改造的工程菌,利用其发酵生产目标产物,可以做到更高效、纯度更高、安全性更好。

在生产方面,微生物发酵技术能够显著减少化妆品生产过程中对化石燃料和化学原料的依赖,降低能耗和污染。这不仅符合环保生产的要求,还能够提升企业在可持续发展道路上的竞争力。随着消费者对天然和健康产品需求的增加,微生物发酵技术为化妆品行业提供了一种低碳、环保的解决方案,助力行业向绿色化、可持续化的方向转型。

4.2 微生物发酵技术对化妆品行业绿色转型的推动力度

微生物发酵技术在推动化妆品行业绿色转型方面具有显著作用。其核心优势在于能以低能耗和低污染的方式高效生产出天然活性成分,降低了对石化原料的依赖,减少了化学合成过程中可能产生的环境污染。微生物发酵可以提供更优质、安全的原材料,如滋润、保湿和美白成分,可以减少化学合成添加剂和人工色素的使用,增强了产品的生态友好性,响应了消费者对环保和健康的追求。发酵过程中形成的副产物对环境几乎没有负担,这进一步支持了其在可持续发展中的地位。微生物发酵技术不断创新和成熟,使得化妆品生产商更易于通过生物技术手段实现工艺的现代化、绿色化转型。在经济效益与环保之间架构起一座平衡的桥梁,为化妆品产业的可持续发展提供了有力支持。

4.3 采用微生物发酵技术开发天然化妆品的前景与期待

微生物发酵技术在天然化妆品开发中的前景广阔且充满期待。这种技术不仅能够生产出天然、安全的活性成分,还能有效减少化学合成物质的使用,降低对环境的污染。通过发酵技术获得的生物活性成分,如抗氧化剂和保湿剂,在确保产品功效的同时提升了消费者的安全感。微生物发酵技

术能够促进多样化化妆品原料的开发,满足不同消费者的个性化需求。凭借其可持续性和环保特性,该技术有望在全球化妆品市场中占据重要地位,推动行业向绿色、健康、可持续发展方向。化妆品企业应当加强与科研机构合作,以进一步探索和优化发酵工艺,实现更高效的生产 and 更卓越的产品性能。微生物发酵技术的发展势必成为未来化妆品行业的关键驱动力,为消费者带来更多福祉。

5 结语

通过本次研究,我们可以看到微生物发酵技术在化妆品原料开发中的重要性和应用价值。无论是固态发酵还是液态发酵,都能通过微生物的生物分子制备出多种功能活性强,对人体健康有益的护肤成分,如抗氧化剂、保湿成分、美白成分等。这不仅让化妆品的研发和生产更加自然、安全和环保,而且还有助于化妆品企业制造出具有独特优势、对消费者健康有益的产品。然而,尽管发酵技术具有许多优势,但微生物的培养以及发酵过程的控制仍然存在一定的挑战。未来的研究应更加深入探讨发酵过程的 **molecular mechanisms**,以优化产物的质量和产量,使其更好地适应化妆品工业的需求。此外,发酵技术与其他绿色生产技术的结合,应用于化妆品原料开发,也是一个值得探讨的方向。

参考文献

- [1] 张雨彤,魏梦雅,任倩倩,等.化妆品植物原料(VI)——在抗衰老化妆品中的研究与开发[J].日用化学工业,2021,51(11):1052-1059.
- [2] 张婧.化妆品卫生微生物检验研究[J].中国科技期刊数据库 工业 A,2021(5).
- [3] 钟杰.化妆品微生物检测[J].石子科技,2020(4):33-35.
- [4] 刘婷,姚凌云,王彩霞,等.生物发酵技术在化妆品中的应用研究进展[J].香料香精化妆品,2021(3):114-119.
- [5] 李憬昱,王凤山.低分子质量和寡聚透明质酸制备、活性与应用研究进展[J].药物生物技术,2019,26(1):64-68.
- [6] 李敬敬,马超,王帆,等.生物合成高性能蛋白及材料应用[J].合成生物学,2022,3(4):638-657.
- [7] 何会霞.重组胶原蛋白及其生物材料的制备和性质研究[D].兰州大学,2023.
- [8] 蔡思泽.人源Ⅲ型胶原蛋白在毕赤酵母中的重组表达优化及性质研究[D].华南理工大学,2022.
- [9] 余霞,胡家逢,黄晓东,等.植物发酵活性物在美妆中应用研究进展[J].现代食品科技,2024,40(3):373-378.
- [10] 杨娟,刘新琳,郑雅莉,等.二裂酵母发酵产物溶胞物在化妆品中的功效评估[J].日用化学品科学,2022,45(12):24-26.

Risk Analysis of Carbon Monoxide Production Process

Shuai Han

Zhongsha (Tianjin) Petrochemical Co., Ltd., Tianjin, 300270, China

Abstract

Carbon monoxide production process is an important part of chemical production process, is also the national key supervision of the dangerous chemical process, its process is complex, the operation difficulty is high, if the production safety accident, the loss, caused by the social impact. In order to ensure the safe and stable operation of the carbon monoxide production unit and avoid production safety accidents, it is necessary to conduct a risk analysis of the carbon monoxide production process and identify the risks existing in each link. According to the analyzed risks, take corresponding control measures from various stages such as design, process control, operation and maintenance of equipment, and operation method, so as to control the risks of the production process.

Keywords

carbon monoxide; production process; risk

一氧化碳生产工艺过程风险分析

韩帅

中沙(天津)石化有限公司, 中国·天津 300270

摘要

一氧化碳生产工艺是化工生产工艺的重要组成部分,也是国家重点监管的危险化工工艺,其工艺复杂、操作难度大、危险性高,若发生生产安全事故,造成的损失大、造成的社会影响大。为了保证一氧化碳生产单元安全、平稳运行,避免发生生产安全事故,需要对一氧化碳生产工艺过程进行风险分析,识别各个环节存在的风险。根据分析出的风险从设计、工艺控制、设备运行及维护、操作方法等各个阶段采取相应的管控措施,进而控制该生产工艺的风险。

关键词

一氧化碳; 生产工艺; 风险

1 研究背景

化工行业是国民经济发展的基础行业,在国民经济中占有重要地位。由于化工行业工艺复杂、原料产品多样化,化工原料毒性大,易发生中毒、火灾爆炸事故,事故造成的影响大、损失惨重。一氧化碳作为一种重要的化学物质,在化学工业、冶金工业和作为燃料方面有着广泛用途,既可以用于合成甲醇、乙酸、光气、碳酸二甲酯等多种基础有机化工产品 and 中间体,又可以作为还原剂,用于提取铁和镍等金属材料,还可以用作燃料、颜色固定剂。所以,保证一氧化碳的生产工艺的安全性变得尤为重要,论文就着重分析一氧化碳生产工艺各个阶段、环节的危险性,为控制风险提供理论基础。

2 一氧化碳生产技术的分类

工业上常见的生产一氧化碳的方法有:煤气化法、焦化法、燃烧法和化学合成法生产一氧化碳。随着科技的发展

和环保意识的不断提高,这些技术也在不断改进和优化,以满足更加严格的环保要求和工业要求。生产工艺技术不同,所含的风险不同,此次研究以燃烧法为例,即天然气和氧气发生部分氧化反应生成一氧化碳。该工艺技术属于清洁生产工艺,不会对环境造成污染。

3 燃烧法生产工艺过程的风险性分类

3.1 燃烧法生产工艺介绍

论文介绍的燃烧法以中沙(天津)石化有限公司一氧化碳生产工艺为例。来自界外的高压氧气和高压天然气通过管道输送至高温反应器中,天然气在欠氧环境中发生燃烧反应,生成目标产物一氧化碳和释放大量的热量,同时也会生产二氧化碳、氢气、甲烷等副产物。为了得到纯净的一氧化碳,再利用脱碳剂脱除掉二氧化碳,利用深冷分离的方法将氢气、甲烷分离出来。

3.2 生产工艺的风险

3.2.1 氧化工艺的危险性

该生产工艺反应属于氧化工艺,符合国家安全监管总局《关于首批重点监管的危险化工工艺目录的通知》(安监总管三〔2009〕116号)^[1]、《第二批重点监管危险化工工

【作者简介】韩帅(1989-),男,中国山东人,硕士,工程师,从事石油化工研究。

艺目录和调整首批重点监管危险化工工艺中部分典型工艺的通知》(安监总管三〔2013〕3号)的要求^[2],属于国家重点监管的氧化工艺。该工艺具有如下危险特性:①反应原料及产品具有燃爆危险性;②反应气相组成容易达到爆炸极限,具有闪爆危险;③部分氧化剂具有燃爆危险性,如氯酸钾、高锰酸钾、铬酸酐等都属于氧化剂,如遇到高温或撞击、摩擦以及与有机物、酸类接触,皆能引起火灾爆炸。

3.2.2 氧化工艺生产单元的风险等级

采用危险度法评价法对生产一氧化碳的单元进行危险性评价,依据 GB/T37243—2019《危险化学品生产装置和储存设施外部防护距离确定方法》^[3]。根据一氧化碳生产单元中存在危害最大的物质及其容量、操作温度、操作压力、操作特点等指标进行分类,每个指标又分四个级别 A、B、C、D 进行评比,A 对应 10 分,B 对应 5 分,C 对应 2 分,D 对应 0 分。最后根据得分评定危险度等级,分值 ≥ 16 分时属于高度危险,分值 11~15 分时属于中度危险,总分 ≤ 10 分属于低度危险。

依据一氧化碳生产单元危险气体及易蒸发的液体的现场实际存量,利用危险度评价法评价,该单元含一氧化碳、甲烷、氢气等甲类可燃气体,取值 10;气体在 500~1000m³之间,取值 5;该单元操作最高温度 1000℃以上,且处于燃点以上,取值 10;工作压力 2.8MPa,取值 2;氧化反应,取值 5,最终得分 32。根据 GB/T37243—2019 附录 A^[3],一氧化碳生产单元属于高度危险单元,一氧化碳生产工艺危险性为高度危险。

3.3 物料泄漏造成的风险

3.3.1 物料泄漏造成火灾爆炸的风险

中沙(天津)石化有限公司一氧化碳生产单元的主要

原料为天然气和氧气,产品为富含一氧化碳的合成气(主要组分:一氧化碳、氢气、甲烷、二氧化碳、氮气),其中天然气、一氧化碳、氢气均属于国家重点监管的危险化学品,天然气、氢气均属于甲类气体^[4],具有易燃易爆的危险特性。如果运行管线的法兰、阀门、仪表密封不好或发生故障,造成物料泄漏,泄漏的高压物料急速喷向周围环境,极易形成爆炸性混合环境,泄漏的高压气体遇到静电,进而引发火灾爆炸事故。同时,氧气是一种助燃性气体,同时还是一种氧化性气体,纯氧可以加剧燃烧或发生爆炸,与可燃物和还原性物质接触,有引起着火、爆炸的危险。在富氧环境下,非可燃材料(包括防火材料)也会发生剧烈燃烧。油、油脂在富氧环境中特别危险,可以氧发生剧烈反应导致起火或爆炸。所以,生产一氧化碳的氧气管线及连接法兰的螺栓、垫片在投用前必须进行除油脱脂操作,以防发生火灾爆炸事故。该一氧化碳生产工艺系统属于高温高压反应系统,一氧化碳反应器如果发生泄漏,泄漏的高温物料因超过其自燃点而发生着火,进而会引发爆炸事故。

①物料泄漏造成火灾爆炸危险的严重程度。

利用 FLACS (Flame Accelerate Simulator) 软件模拟计算一氧化碳生产单元气体泄漏后蒸汽云的爆炸压力。中沙(天津)石化有限公司所在地区年平均风速为 4.1m/s,模拟时取风速 4.1m/s、大气稳定度 F (稳定)、泄漏孔径取 50mm,泄漏类型为水平有阻碍。高压天然气在加氢反应器 V-201 中进行加氢脱硫,然后再和氧气发生部分氧化反应,取合成气发生器前含有危险介质的加氢反应器 V-201 作为爆炸模拟研究对象,输入以上模拟条件,根据模拟数据,得出加氢反应器 V-201 发生泄漏爆炸的超压曲线分布图,如图 1 所示。

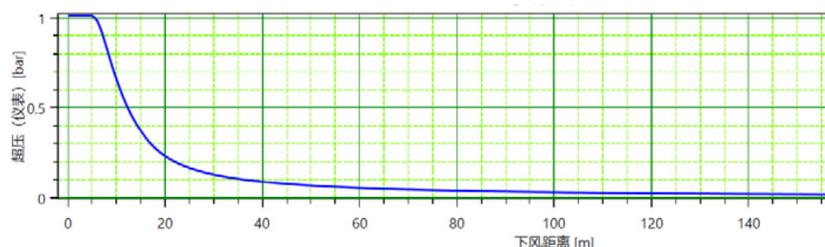


图 1 加氢反应器爆炸超压值与距离关系

由图 1 可以看出,当加氢反应器 V-201 发生泄漏引发爆炸时,爆炸点周围压力可达到 100kPa,30m 处爆炸压力 12.5kPa,距离爆炸点 50m 处爆炸压力仍可达 6.9kPa。根据图 1 压力与距离的关系,在 30m 处设置一点 P 作为压力监测点,利用模拟软件模拟 P 点承受的压力与时间的关系,如图 2 所示。

由图 2 可知,0.7s 后 P 点压力即可达到 12.5kPa。根据图 1 和图 2 可知,一氧化碳生产单元加氢反应器 V-201 发生泄漏爆炸时,爆炸超压值之大和空气冲击波传输的速度之快。由此可知,物料发生泄漏引发的火灾爆炸的危害程度。

3.3.2 物料泄漏造成中毒的风险

一氧化碳不仅属于易燃易爆的危险物质,而且还属于

有毒有害的危险物质。根据国家卫生部 2003 年颁布的《高毒物质名录》^[5]的分类,一氧化碳属于高毒物质。一氧化碳在血液中极易与血红蛋白结合,且不易分离,进而造成组织缺氧。轻度中毒者出现剧烈头痛、头晕、呕吐、无力,中度中毒者除出现上述症状外还会出现浅至中度昏迷。长时间接触高浓度的一氧化碳,会造成深度昏迷、休克、呼吸衰竭直至中毒死亡。一氧化碳的最高容许浓度为 20mg/m³,若浓度超过此值,就会对环境中的人员造成伤害,直至死亡。一氧化碳生产单元设备及管线内充满富含一氧化碳的合成气,若发生设备及管线泄漏,一氧化碳会伴随合成气泄漏至周围环境中,进而对周围环境中的人员造成中毒的风险。

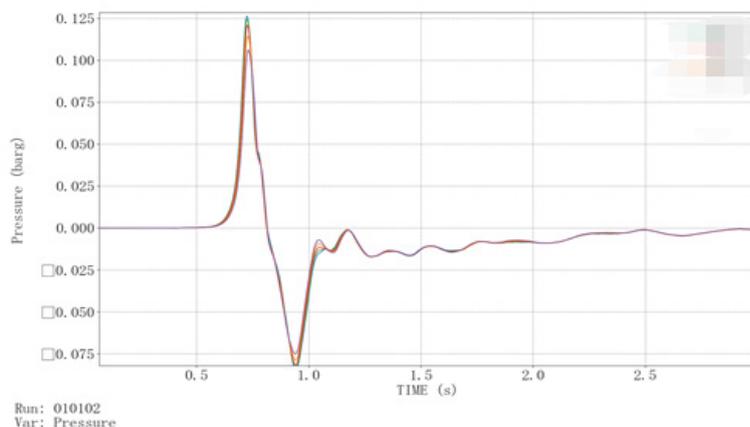


图2 加氢反应器爆炸超压值与距离关系

3.4 设备运行带来的风险

3.4.1 高温烫伤、低温冻伤风险

一氧化碳生产单元具有天然气加热炉、合成气反应器，天然气加热炉利用天然气作为燃料将高压原料天然气加热至600℃，同时炉膛温度可达680℃，合成气反应器温度高达1300℃，高温物料、设备会造成人员烫伤。为了得到纯净的一氧化碳产品，采用深冷分离的方法将一氧化碳分离提纯。冷箱系统最低温度可达-200℃，低温物料、设备会造成人员冻伤。

3.4.2 触电、机械伤害、噪声风险

一氧化碳生产单元具有有机泵、压缩机，空冷器等转动设备，驱动方式为电力，若电缆维护不当、接触不良、绝缘老化、保护装置失灵会造成触电危险。同时设备运行过程中会产生噪音，也会带来噪声危险。若操作不当、设备防护设施损坏或设备维修过程中，会造成机械伤害的危险。

3.4.3 静电风险

物料在管线内部输送过程中易产生静电，静电若不及时导出系统，就会越积越多。静电能量虽然不大，但因其电压很高容易发生放电，产生静电火花，引起燃烧、爆炸事故。产生的静电必须及时导出物料管线系统。

3.5 人的不安全行为带来的风险

化工生产分为日常操作、开停车操作、事故应急处置操作，每个操作都需要严格执行操作规程和操作标准，严格控制温度、压力、液位在工艺指标范围内。如果操作中存在人的不安全行为，未按操作规程执行，未合理控制温度、压力，轻则会发生超温、超压，触发联锁停车，影响生产运行，重则会发生火灾爆炸事故，危险性非常大。所以生产过程中，要坚决制止人的不安全行为，严格按照操作规程执行生产操

作，重视一伸手，严防误操作。

直接作业环节是安全事故多发环节，尤其是设备检维修过程中人员的不安全行为。未严格执行检维修作业前进行工艺处理、能量隔离，未严格执行检维修作业过程的规章制度，未严格执行作业管理制度进行作业管理，作业环节违章频发，以上人的不安全行为都将直接导致事故发生，所以，直接作业环节人要坚决制止人的不安全行为。

4 总结

论文通过分析，总结了一氧化碳生产过程中存在风险，主要有生产工艺风险、物料泄漏风险、设备运行带来的风险、人的不安全行为带来的风险。风险不一样造成的影响也不一样，生产过程中，需要严格控制各个环节的风险，根据识别出的不同风险，采取相应的风险管理措施，就可以大大降低事故发生的概率。

参考文献

- [1] 中华人民共和国卫生部,国家安全生产监督管理总局.关于首批重点监管的危险化工工艺目录的通知(安监总管三〔2009〕116号)[Z].2009.
- [2] 中华人民共和国卫生部,国家安全生产监督管理总局.第二批重点监管危险化工工艺目录和调整首批重点监管危险化工工艺中部分典型工艺的通知(安监总管三〔2013〕3号)[Z].2009.
- [3] GB/T31243—2019 危险化学品生产装置和储存设施外部安全防护距离确定方法[S].中国质检出版社,2019.
- [4] GB/T50493—2019 石油化工可燃气体和有毒气体检测报警仪设计标准[S].北京:中国标准出版社,2019.
- [5] 中华人民共和国卫生部.高毒物品名录(卫法监发〔2003〕142号)[Z].2003.

Research Progress on Tantalum Niobium Extractants

Jianbo Wu Ruohui Huang* Yanzhou Luo Xiaoling Zhou Zhouqiang Tao

Jiangxi Sanshi Nonferrous Materials Co., Ltd., Xinyu, Jiangxi, 338000, China

Abstract

As a new type of strategic metal, tantalum and niobium have an irreplaceable role in energy, national defense, high technology, etc., and their use is also growing rapidly with the continuous expansion of the scale of use. Niobium and tantalum are a homogeneous matter, and the most common is niobium-tantalum concentrate. This paper reviews the basic characteristics and applications of tantalum and niobium, briefly introduces the commonly used extractants in the hydrometallurgical and extraction process of tantalum and niobium, and points out the future development trend.

Keywords

tantalum; niobium; extraction; catalyst; progress

钽铌萃取剂的研究进展

吴建波 黄若辉* 罗彦舟 周晓灵 陶周强

江西三石有色金属有限公司, 中国·江西 新余 338000

摘要

钽和铌作为一种新型的战略金属,在能源、国防、高科技等方面有着无可取代的作用,并且随着使用的规模不断扩大,其使用量也在迅速增长。钽和铌是一种同相物,目前最常见的是铌钽精矿。论文综述了钽铌的基本特性和应用,并简要介绍了钽铌湿法冶炼和提取工艺中常用的萃取剂,并指出了今后的发展趋势。

关键词

钽; 铌; 萃取; 催化剂; 进展

1 钽、铌元素的性质及用途

1.1 钽元素的基本性质

钽是一种元素符号为 Ta、原子序数为 73、密度约为 16.68g/cm^3 、VB 族的一种稀有金属元素,熔点可以达到 2980°C 。纯钽微蓝,韧性极好,无需进行中间热处理,可直接冷却加工成薄片状(小于 0.01mm)。钽的众多氧化物(Ta_6O 、 Ta_4O 、 Ta_2O 、 TaO 、 TaO_2 、 Ta_2O_5)中,低价氧化物具有还原性质,高价氧化物具有氧化性质, Ta_2O_5 是最稳定的氧化物。当温度超过 500°C 时,金属钽的氧化反应会加速 Ta_2O_5 的生成。钽熔点高,蒸汽压低,冷加工性能好,化学稳定性好,耐液体金属腐蚀能力强,表面氧化膜介电常数高,在高科技领域有广泛的应用^[1]。

1.2 钽的用途

钽的主要产品种有:碳化钽、钽酸钽、氧化钽、钽铌、

钽板、钽棒、钽丝、钽粉等。由于碳化钽易于在温度下成形,不易形成纹路,因此经常用于加工刀具;钽酸钽能增强电子讯号,使声音及影像更为清楚,在表面声波、手机过滤器、高品质音响及电视机等方面均有优异的性能;由于氧化钽可以调整光学玻璃的折光率、降低 X 线曝光率、改善图像质量、提高机身电容器的耐磨性能,广泛应用于望远镜、相机、手机、X 光片、喷墨打印机等领域;钽粉末性能可靠,故障率低,能在 -55°C 至 $+200^\circ\text{C}$ 之间工作,能经受强烈的振动,具有很强的储存性能,广泛用于钽电容:医用电器、安全气囊活化、引擎控制模组、笔记本电脑、手机、平板电视、电池充电器、功率二极管、油井探针等;由于其优良的耐腐蚀性能,广泛应用于镀膜、阀门、内热换热器、阴极保护系统、水箱、耐腐蚀固件钽板材上;钽丝和钽棒由于其良好的生物相容性,可以用于髋关节的修复、骨骼的修复、缝合夹、支架的修复。钽铌在靶材、高温合金(如喷气式发动机叶片和叶片)、计算机硬件驱动光盘、TOW-2 成形子弹等方面有着重要的用途^[2]。

1.3 铌元素的基本性质

铌为 VB 族的一种元素,原子序数为 41。密度 8.57g/cm^3 ,熔点是 2477°C ,沸点达到 4744°C 。铌是一种高熔点的银灰

【作者简介】吴建波(1990-),男,中国江西抚州人,硕士,工程师,从事化学工程与工艺研究。

【通讯作者】黄若辉(1987-),男,中国江西赣州人,本科,工程师,从事特种能源工程与烟火技术研究。

色稀有金属，它的结构很软，而且很有弹性铌在常温条件下几乎不能直接和氧空气中进行还原化学反应，在纯氧空气中呈棕红色热焰时，铌也不会被完全氧化。铌能直接与硫、氮、碳反应。铌在王水中不溶于无机酸和碱，但在氢氟酸中溶解。铌含量高达 20ppm，铌资源分布较为集中^[1]。铌具有良好的导电性、高熔点、耐腐蚀、耐磨等特性，在钢铁、超导、航天、原子能等领域得到了广泛的应用。

1.4 铌的用途

铌是铁基、镍基、钴基等超级复合材料中的一类添加剂。铌应用于核能行业的反应堆内部材料、核燃料外壳材料、宇航行业的热保护复合材料等结构材料。铌容量和钽电容类似，不过由于铌密度较低，单尺寸电容量也很大。铌钛、铌钼合金、铌锡、铌铝锆等高超导性的金属材料，除用作输电、发电、超导磁体、核融合材料以外，还可以用作宇宙飞船、高速潜水艇、超导列车。但是，铌的抗酸蚀能力优于钽，但它可以作为换热器、冷凝器、空气滤清器、搅拌器。碳化铌可以单独使用，也可以与碳化钨、碳化钼配合使用，适用于热锻造模具、金属切削刀具、喷气引擎的涡轮叶片、气门、机尾围裙、火箭喷嘴等。在石油管道输送管道中，铌钢具有强度高、韧性高、抗冷淬性好等特点。用于彩电的单晶体铌酸锂^[4]。

铌钽冶金工艺的重要组成部分，是通过从浓缩物的溶剂中分离铌钽，从而生产出单一铌和单一钽的中间产物。铌与钽的分离阶段，同时也是将铌钽和杂质分离及纯化的最后过程。选择了适当的分离方法后，将能够更加高效地分离铌钽。主要分离的方法包括有机溶剂萃取法、氟化物分步结晶法、离子交换法、氯化物精馏法以及化学选择性还原法，现在有机溶剂萃取法运用得比较广泛^[5]。

2 有机溶剂萃取法

有机溶剂萃取是一种高效、高效地萃取分离技术，在稀有金属中得到了广泛的应用。萃取是一种通过有机溶剂将各种混合液相中的物质分离出来的一种工艺，它是利用物质从一种溶液到另一种溶液中的溶解性或分布因子的差异。在重复的过程中，大部分的成分都被提炼了出去。在工业上，用有机溶剂提取技术对铌钽矿进行了精炼，其具有较好的分离和脱杂作用，能得到高纯度的铌钽类金属。该工艺共分 4 个阶段，第 1 阶段是钨 - 铌分离段，也就是俗称的酸洗段。采用有机相原料，分馏法提取，用酸性溶液冲洗出含杂质的有机相中的钨，再用有机相进行萃取，以确保更高的产率。第 2 部分为铌钽分离段，通常称作反铌精钽分段。在有机相中，仍然是分馏法，通常使用试剂纯硫酸来配制反铌剂，通过精炼的有机溶剂进行萃取，使铌钽的分离得到最大程度的保障。第 3 阶段为反钽段，采用反向萃取法，采用纯水反萃取的方法对钽进行反萃取。第 4 阶段为精洗部分，也就是所谓的有机相再生部分，采用逆流法，用特定的洗涤剂清洗掉

金属中的杂质，以防止铌钽分离部分的有机相进入杂质，从而影响铌产品的质量^[6]。

国内使用的铌钽萃取剂主要有 MIBK（甲基异丁基甲酮）、TBP（磷酸三丁酯）、乙酰胺、仲辛醇四种。

2.1 MIBK（甲基异丁基甲酮）

MIBK（甲基异丁基甲酮）是一种透明的、无色的液体。有一股芬芳的香气。能与乙醇，乙醚，丙酮，苯等相混合，在水中溶解（1%~91%）。其蒸汽与大气发生爆炸，遇明火或高热，可发生爆炸。能和氧化剂产生强烈的反应。在高温下，罐体内部压力增加，有破裂、爆炸的风险。可溶解某些塑料，树脂和橡胶。

MIBK 作为最早用于工业生产的铌钽浸出剂，在世界范围内也得到了广泛的使用。MIBK 具有高选择性、高分离率、高纯度、高质量、高密度、低粘度、高操作稳定性等优点。利用 HF-H₂SO₄-MIBK 系统，国内已成功进行了矿浆的提取。然而，MIBK 是一种很高的可溶性物质，在常温下溶解度为 16~20g/L，它的溶解率很高，而且它的沸点仅为 116.5℃，而且它的挥发损耗也很大，MIBK 的成本比较高，因此会造成很大的损失。MIBK 的闪点仅为 87℃，很容易引起自燃。

自 20 世纪 90 年代中期起，国内 MIBK 的消费增长迅速，在中国 MIBK 消费中，溶剂类产品占据了 50.30% 的市场份额；在其他行业中，橡胶添加剂和其他行业分别占 18.30%。中国 MIBK 的快速发展主要是由于涂料行业的快速发展以及橡胶防老剂 4020 的发展。2008 年 MIBK 的实际消耗量为 61,700t，2012 年为 100,000t，2008—2012 年年均增长 13% 左右。中国 MIBK 的生产能力发展较慢，不能满足市场的需求，仍然需要大量的进口产品来弥补国内的不足。因此，MIBK 不能广泛应用于提取液，而且 MIBK 在南方也不适合^[7]。

2.2 TBP（磷酸三丁酯）

磷酸三丁酯是一种无色、几乎无味的有机化合物，其化学结构为 C₁₂H₂₇O₄P。它是一种主要的溶剂，也是常用的硝基纤维素、醋酸纤维素、氯化橡胶、PVC、稀有金属提取物等。它具有较低的表面张力和微溶性，可以在工业上用作消泡剂，能有效地消除泡沫薄膜的不稳定性和快速消泡。不可在食物 / 化妆品中使用。

TBP 在 60 年代首次用于提取铌钽矿，由于其挥发性低、操作条件好，所得产物纯度高达 99%。然而，由于原料液的熔点和闪点比较高，不容易发生爆炸危险，在水中溶解度比较小，损失小；但是其所占比重加大，粘度较高，必须使用稀释剂稀释，但是其选择性较差，当料液成分过于复杂的时候，有时需要二次萃取才能合格，会造成产品质量不稳定^[8]。

2.3 乙酰胺

乙酰胺一种无色的结晶，它含有一种羟基，用氨基代替了醋酸。沸点 221.2℃，熔点 82.3℃。超纯乙酰胺无异味，

而商品中含有少量的杂质,则会发出刺鼻的味道。具有普通的酰胺性质。在工业生产中,用150℃~200℃的高温干燥醋酸乙烯。它是一类无机化合物,被广泛应用于各种有机溶剂。该产品为一种弱碱性的防酸剂,适用于油漆和化妆品。还可用作染料润湿剂、塑胶塑化剂、药物及消毒剂。由氯化法或溴法得到的一种N-卤代乙酰胺。

中国最早用于钽铌提取的乙酰胺,包括N,N-二烷基乙酰胺,N,N-二甲庚基乙酰胺等,也是中国合成成功的萃取剂。由于乙酰胺的可溶性很低,所以在提取时,溶剂的损耗很低。由于胺类萃取液的粘度较高,需要用二乙苯进行稀释,约为40%。二乙苯因水相中的水解反应,使萃取液失去,并且具有一定的毒性。由于乙酰胺的选择性较低,不能用纯水进行反萃取,会造成很大的损耗^[9]。

2.4 仲辛醇

仲辛醇又称2-辛醇,又称己基甲基乙酰丙基酰胺、1-甲基庚醇、2-羟基辛烷醇。它的分子式是C₈H₁₈O,不溶于水,能与各种有机溶剂如乙醇、乙醚、氯仿等进行充分的反应。本品有毒,对皮肤、黏膜有刺激作用,可用作塑料、乳化剂、溶剂等。

仲辛醇是一种较为新型的钽铌萃取剂,也是现在南方运用得比较广泛的萃取剂。仲辛醇是在蓖麻油生产癸二酸时的副产品,通过回收得到仲辛醇,因此,仲辛醇的成本较低。同时仲辛醇有着水溶性小,选择性好的优点,可以更加有效地进行萃取,同时在萃取过程中的消耗低。仲辛醇的粘度大,在反萃取时会出现乳化现象,使操作难以控制的缺点。同时,仲辛醇也存在着气味难闻,不利于操作的缺点^[10]。

3 钽铌矿的分布

在大自然中生存的钽是一种稀有的金属,在整个地球地壳结构中它的平均含量仅约为0.0002%,在整个自然界地壳中常与金属铌相共存,铌金属在整个地球地壳结构中它的相对平均的含量仅约为0.002%。主要伴生矿物主要为铌铁矿、烧绿岩、黑钨稀金矿、褐钨铌矿、钽铁矿和钽铌钙铈矿等。从全世界范围内考虑,目前世界上的已发现钽资源主要分布于澳洲和巴西,两个地区的资源储备都能够满足预测需要。仅澳大利亚一国就占全球钽储量近62%之多,其次是巴西,占总量36%。世界铌资源储量的分布都比较的集中,仅在巴西这一国铌资源储量就已经占比超过了整个世界铌总资源储量比例的约95%左右。从全中国分布范围上分析,中国的钽铁矿资源主要分布集中于中国江西省、内蒙古自治区、广东省、湖南省、广西、四川、福建、湖北、新疆、河南、辽宁、黑龙江、山东等共约13个省区,其中江西省、内蒙古自治区、广东三个省就占了72.6%。中国的铌锂矿床一般均表现为一种多元素金属共生矿床,江西省的

宜春等地区发现的是钽、铌、锂、铷、铯、钾共生矿床;广西麻栗木地区钽、铌、锡、钨共生矿床、内蒙古及包头地区铁矿、稀土、钽铌矿^[11]。

钽铌是很难溶解的矿石,它分为两个步骤:一是将钽铌精矿分解成溶解的化合物,二是将铌和钽从溶液中分离出来。酸分解法和溶剂萃取法技术已经比较成熟,但酸分解污染严重,设备腐蚀严重,对低品位钽铌矿石的分解效率很低,存在着废气问题。因此,探索一种新的分解途径,并发展一种对环境友好的钽铌分离技术,将成为钽铌冶金领域的一个重要课题。

4 结尾与展望

从1956开始,到2022年,经过60多年的发展,从小到大,从军到民,从内到外的转型。尽管国内钽、铌工业取得了长足的发展,但仍存在诸多问题。首先是资源紧缺,中国是钽、铌的主要消费国,但由于中国的钽、铌矿品位较低,生产规模较小,因此必须大量进口。同时,由于中国钽、铌类的高科技产品研发水平较低,缺乏行业发展的引导与调节。同时,要加强科技创新,加快新技术的研究和推广。同时,还要加强对钽、铌企业的改革与改造,以提高公司的经济效益,推动中国钽、铌产业的健康、快速发展。

参考文献

- [1] 何季麟,王向东,刘卫国.钽铌资源及中国钽铌工业的发展[J].稀有金属快报,2005,24(6):1-5.
- [2] 陈家铺.湿法冶金手册(精)[M].冶金工业出版社,2008.
- [3] 何季麟,王向东,刘卫国.钽铌资源及中国钽铌工业的发展[J].稀有金属快报,2005.
- [4] 刘建迪,王静静,李伟,等.钽的提取研究进展[J].矿产保护与利用,2021.
- [5] 何季麟.中国钽铌工业的进步与展望[J].中国工程科学,2003,5(5):7.
- [6] 张向楠,张宇.钽铌冶金生产流程及其提升措施探究[J].中国金属通报,2020(20):2.
- [7] 谢凯汁.钽铌萃取分离工艺与设备进展[J].工程技术(文摘版)·建筑.
- [8] 张耀华,陈既明.不同浓度的仲辛醇对钽铌的萃取与反萃取性能的影响[J].稀有金属与硬质合金,1996(2):4.
- [9] 潘万成.溶剂萃取法从钽铌废料中回收钽,铌[J].化学世界,1991,32(6):3.
- [10] Kunming University of Science and Technology, Kunming, Kunming, et al. Separating Methods and Resource Present Situation of Tantalum and Niobium[J]. Hydrometallurgy of China, 2006.
- [11] Joachim E, ヨアヒムエツケルト, Walter B, et al. METHOD FOR ISOLATION OF TANTALUM AND NIOBIUM, JP特開平6-10074A[P]. 1994.

Application Analysis of Secondary Sand Addition Process in Dongsheng Gas Field

Peng Chen

Research Institute of Engineering Technology, SINOPEC North China Oil and Gas Company, Zhengzhou, Henan, 450006, China

Abstract

Some blocks in Dongsheng gas field have poor interlayer conditions and developed lower water layers. Conventional fracturing can easily communicate with water layers, resulting in high fracture height and low fracture support efficiency, which affects the fracturing effect. However, the conventional fracturing methods that control the fracture height have certain limitations. Therefore, the high technology of secondary sand addition and water control proppant fracturing control was studied and applied. Water control proppant was used as the sinking agent, and water blocking agent was used to block the lower water layer, changing the path of reservoir fluid flow in the reservoir. Optimization studies were conducted from the aspects of secondary sand addition ratio and pump stoppage time, thus determining the key parameters for secondary sand addition fracturing construction. The fracturing results indicate that the fracture height has been effectively controlled, increasing the sand concentration in the reservoir fractures and achieving the goal of controlling water and increasing gas while avoiding communication with the water layer.

Keywords

secondary sanding; Dongsheng Gas field; water control proppant; sand laying concentration

二次加砂工艺在东胜气田的应用分析

陈鹏

中国石化华北油气分公司石油工程技术研究院, 中国·河南郑州 450006

摘要

东胜气田部分区块隔层条件差, 下部水层发育, 常规压裂改造易沟通水层, 导致缝高过高, 裂缝支撑效率低, 影响压裂效果, 而普遍采用控制缝高度的压裂方法都具有一定的局限性。因此, 研究并应用了二次加砂+控水支撑剂压裂控缝高技术, 采用控水支撑剂作为下沉剂, 采用堵水剂封堵下部水层, 改变储层流体在储层当中所流经的路径, 分别从二次加砂比例、中途停泵时间等方面进行了优化研究, 从而确定了二次加砂压裂施工的关键参数。压裂结果表明, 缝高得到了有效控制, 提高储层缝内铺砂浓度, 在避免沟通水层的同时达到控水增气目标。

关键词

二次加砂; 东胜气田; 控水支撑剂; 铺砂浓度

1 引言

东胜气田主力气藏盒1段部分区域底水发育, 储层气水层间遮挡层较薄或无有效遮挡, 压裂改造过程中极易压穿隔层, 从而沟通水层, 同时下部水层易通过纵向天然裂缝沟通上部气层, 后期生产过程中下部底水通过裂缝快速锥进, 导致气井出水, 产气量降低。

2 缝高影响因素分析

对于天然气储集层水力压裂改造, 从压裂工艺设计的要求出发, 要求裂缝仅局限在生产层内而不允许裂缝穿过隔层延伸进别的高渗层中去, 特别是针对垂直裂缝, 就要求对裂缝的高度进行有效的控制, 通过数值模拟确定缝高影响因素。

2.1 储隔层应力差

储隔层应力差是控制压裂裂缝高度增长的主要影响因素。通过模拟不同储隔层应力差下的缝高延伸情况进行对比分析。研究表明: 裂缝高度随储隔层应力差值的增大而减小当储隔层应力差小于 4MPa 时缝高不易控制, 容易压穿隔层, 当储隔层应力差大于 6MPa 时, 缝高被控制在隔层内。

2.2 储隔层厚度

为了研究储层厚度对裂缝穿层的影响, 分别模拟了储

【基金项目】中国石化科技项目“提高单井产能压裂关键技术”(项目编号: P23156-4)。

【作者简介】陈鹏(1983-), 男, 中国河南西平人, 硕士, 助理研究员, 从事油气藏增产与测试技术研究。

层厚度 5~25m 条件下,缝高延伸情况。研究结果表明:当储层厚度小于 10m 时,缝高容易穿透隔层;当储层厚度大于 10m 时,缝高被控制在隔层以内,缝高随储层厚度增大而增大。同时分别模拟了隔层厚度 2~10m 条件下,缝高沿伸情况。研究结果表明:裂缝高度随隔层厚度的增大而减小;当储层应力差小于 4m 时缝高不易控制,容易压穿隔层,当隔层厚度大于 6m 时,缝高被控制在隔层内,当隔层厚度大于 8m 时,缝高不易压穿隔层。

2.3 杨氏模量

为了研究储层杨氏模量对裂缝穿层的影响,在区块平均参数模型的基础上,分别设置储层最小杨氏模量值 12.8GPa 和隔层最大杨氏模量值 25.9GPa,模拟不同储层杨氏模量差值情况下裂缝延伸分布。研究结果表明:储层杨氏模量差值并不是影响隔层缝宽变化的主要因素,隔层缝宽的缩小主要来源于较小的储层杨氏模量值;杨氏模量较小的储层,人工裂缝穿过隔层时缝宽突变减小,人工裂缝穿层能力较弱;隔层杨氏模量变化时,隔层中人工裂缝缝宽变化不大,对人工裂缝穿层影响不大。

2.4 施工排量

为了研究施工排量对裂缝穿层的影响,分别模拟了施工排量 2~6m³/min 条件下,缝高延伸情况。研究结果表明:缝高随施工排量增大而增大,当施工排量小于 3m³/min 时,缝高随排量增大而迅速增大,排量 3~4m³/min 时,缝高增长减缓;当排量大于 4m³/min 时,缝高随排量增大而迅速增大,但增速低于 2~3m³/min 时。

高排量施工压裂有助于人工裂缝在高度方向上的延伸和隔层中最小缝宽的增加,达到穿层压裂的储层改造要求,但在排量穿层临界点附近存在一个最优排量,来满足穿层压裂和裂缝参数优化设计的共同要求,需要根据具体单井储层情况,结合水平井分段压裂模拟计算来确定其具体数值。

2.5 施工液量

为了研究入地液量对裂缝穿层的影响,在区块平均参数模型的基础上,分别模拟了入地液量 100~450m³/min 条件下,缝高延伸情况。研究结果表明:缝高随入地液量增大而增大;但缝高增长并不是无限的,缝高增速逐渐减缓,因此存在最优值,压裂设计需要对入地液量进行合理优化。

2.6 压裂液粘度

在考虑薄土层影响的情况下,考虑储层应力差为 8MPa,以 2m³/min 排量注入施工总液量 285m³,分别模拟压裂液视粘度为 12mPa·s、60mPa·s、110mPa·s、200mPa·s、300mPa·s 时的裂缝扩展情况。研究结果表明:高粘度的压裂液容易导致人工裂缝在高度方向上的延伸和隔层中最小缝宽的增加,同时有助于支撑裂缝尺寸的增加,在地层温度条件下粘度小于 60mPa·s 的压裂液不利于裂缝穿层延伸,综合缝高及缝长扩展情况,杭锦旗区块穿层压裂应考虑使用粘度介于 60~100mPa·s 粘度的压裂液体系进行控缝高压裂作

业施工。

3 二次加砂参数优化

3.1 二次加砂原理

二次加砂技术是在压裂过程中,完成第一级加砂后停泵,待裂缝闭合后,开始进行第二级加砂,每级加砂都是相对独立完整的泵注过程。支撑剂沉到裂缝底部,在裂缝周围产生应力集中,同时降低了压裂液滤失,提高了第二阶段压裂液的造缝效率。由于受裂缝上下端部应力集中的影响,尤其是下部沉淀的支撑剂影响,水力裂缝垂向延伸受阻,迫使水力裂缝向宽度及长度方向扩展,形成一条较宽的高导流能力的支撑裂缝。

3.2 二次加砂比例优化

将二次加砂比例定义为第二次加砂量与第一次加砂量的比值,利用压裂分析软件 FracproPT 分别模拟 J1 井盒 1~3 层(砂厚 33m)不同加砂比例下的裂缝形态,以优化缝高和缝宽为目标,优化二次加砂比例为 60%~70%。不同比例二次加砂模拟结果如表 1 所示。

表 1 不同比例二次加砂模拟结果

模拟裂缝参数	二次加砂比例 (%)						
	20	30	40	50	60	70	80
支撑缝 (m)	182.3	178.5	174.6	170.2	167.4	165.4	171.6
支撑缝 (m)	38.5	37.6	36.8	36.2	35.7	35.4	35.1
支撑缝 (mm)	3.85	4.12	4.22	4.35	4.47	4.52	4.58

3.3 堵剂加注用量优化

工艺设计上以提高裂缝长度为设计目标,不考虑缝高失控沟通底水层的影响;通过二次加砂工艺,在沟通下部水层的裂缝内,注入遇水固结堵剂,阻挡储层内水流入裂缝,遇气溶解,避免对封堵材料对储层的影响。

“堵剂+支撑剂”混合物的用量等于水层中人工裂缝的体积,按照缝长 150m,水层厚度 6m,计算暂堵剂用量;将封堵剂装入混砂车的漏斗中,由混砂车的绞轮输送至混砂罐内,其中一个混砂绞轮输送堵剂,另一个绞轮输送支撑剂,可精确控制堵剂浓度和用量。优选全程加注模式,可使堵剂分布在较长裂缝区域,沉降之后便能有效封堵最终压裂裂缝的底部,实现底水的封堵。

3.4 停泵时间优化

停泵关井时间 \approx 堵剂下沉时间 \approx 缝高/沉降速度,通过建立堵剂沉降模型,优化停泵时间。停泵关井时间过短,堵剂还未完全沉降就被重新冲刷悬浮;停泵关井时间过长,堵剂已固结并被主压裂高泵压损伤。

沉降速度受破胶液粘度的影响极大,低粘度下沉降速度远高于高粘度,堵剂密度越大、沉降速度越大。相同缝高下,1.15g/cm³堵剂沉降时间较长(是高密度沉降时间的 1.5~2 倍),其他高密度堵剂沉降时间较为接近。单颗粒沉降速度通过校正得到最终沉降速度。不同破胶液粘度下堵剂沉降速

度如图1所示,不同缝高下的沉降时间如图2所示。

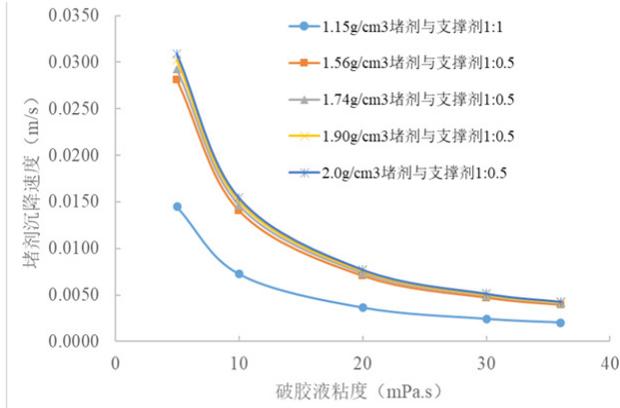


图1 不同破胶液粘度下堵剂沉降速度

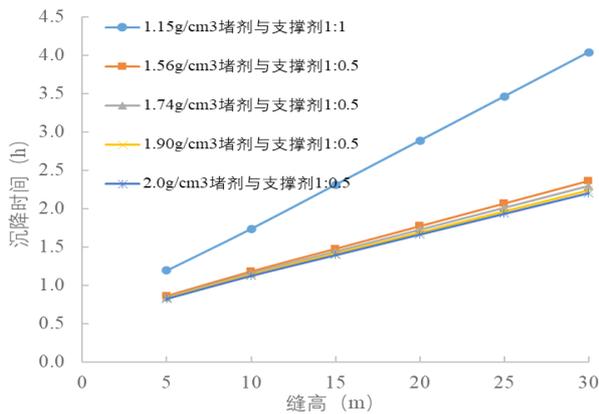


图2 不同缝高下的沉降时间(破胶液中沉降)

堵剂在破胶液沉降时间小于基液,综合携带堵剂能力、沉降时间,在堵水阶段采用冻胶携带堵剂;20m 缝高在破胶液中的优化关井停泵时间约2h。

3.5 二次加砂现场试验

J1 井储层埋藏深度 2030m, 储层砂体厚度 18m, 气层孔隙度 15.5%, 渗透率 1.32mD, 含气饱和度 50.0%。本井下隔层厚度 2m, 应力差值小, 缝高控制难度大, 易沟通下部水层, 设计采用二次加砂工艺进行储层改造, 第一次加砂采用 40/70 目陶粒, 第二次加砂采用控水支撑剂, 通过低

粘液起裂+变排量控制缝高,控水支撑剂实现阻水增气。J1 井现场施工第一次施工排量 4.0m³/min, 加入陶粒支撑剂 21m³, 第二次施工排量 4.0m³/min, 加入控水支撑剂 38m³, 施工顺利。压后日产气 1.1 万方, 日产液 0.9 方, 达到了增气控水的目的。

4 压后拟合分析

利用压裂分析软件 FracproPT 对 J1 井停泵曲线进行了 G 函数分析和裂缝净压力拟合。

G 函数分析结果表明:在停泵阶段末期出现拐点,此时裂缝已闭合,闭合压力为 33.56MPa, 梯度为 0.013MPa/m, 隔层闭合应力 35.6MPa, 储隔层应力差 2MPa, 闭合时间为 118.2min, 原胶液造缝效率 49.8%, 净压力 7.7MPa。

依据支撑剂沉降规律计算该井 18m 储层厚度支撑剂沉降时间为 108min, 在裂缝闭合时间内实现了支撑剂完全沉降, 从而在裂缝底部形成了人工隔层。

第一次加砂裂缝净压力拟合结果:裂缝长度 156.3m, 缝高 29.3m, 上缝高 11.59m, 下缝高 17.7m, 缝高穿透盒 2-1 层时间为 9min, 液量为 24m³。

第二次加砂裂缝净压力拟合结果:裂缝长度 183.3m, 缝高 34.7m, 上缝高 17.18m, 下缝高 17.5m, 隔层应力差增大 4.8MPa。与偶极声波测井缝高监测结果基本一致, 均未穿透盒 1-4 层隔层。

参考文献

- [1] 卢修峰,王杏尊,吉鸿波,等.二次加砂压裂工艺研究与应用[J].石油钻采工艺,2004,26(4):57-61.
- [2] 王宇宾,刘建伟.二次加砂压裂技术研究与实践[J].石油钻采工艺,2005,27(5):81-85.
- [3] 刘力铭,郭建春,卢聪,等.二次加砂压裂技术在樊131区块樊134-1井的应用[J].油气地质与采收率,2014(1):107-110.
- [4] 李宪文,唐梅荣,陈宝春,等.特低渗厚油层多级加砂压裂工艺试验[J].石油钻采工艺,2010,32(3):68-71.
- [5] 徐兵威,王世彬,刘城成.致密低渗底水气藏控水二次加砂压裂技术研究与应用[J].油气藏评价与开发,2022(4):12.
- [6] 谷文彬,裴玉彬,赵安军,等.人工隔层技术在控缝高压裂井中的应用[J].石油钻采工艺,2017,39(5):6.

Application of Chromatographic Analysis in Monitoring Hydrogen Leakage in Hydrogen Cooled Generators

Jian Guan Feng Yu

Qinghuangdao Power Plant Co., Ltd., Qinghuangdao, Hebei, 066003, China

Abstract

Most large capacity steam turbine generators use hydrogen cooling method, and also use two cooling media, water and hydrogen. Hydrogen leakage has become a special problem in the operation of large capacity generators. The large amount of hydrogen leakage not only reduces the economic efficiency of generator operation, but also seriously threatens the safety of the generator itself. The paper introduces the application of gas chromatography analysis technology in monitoring hydrogen gas leakage during operation of generators, starting from online leak detection in two directions: cooling water and sealing oil.

Keywords

Hydrogen; leak detection; gas chromatography

色谱分析在监测氢冷发电机氢气内漏的应用

关键 于枫

秦皇岛发电有限责任公司, 中国·河北 秦皇岛 066003

摘要

大容量汽轮发电机多数采用氢气冷却方式,同时也采用了水和氢气两种冷却介质,漏氢成为大容量发电机运行中特殊存在的问题,漏氢量大不但降低了发电机运行经济性,而且使发电机本身的安全受到严重威胁。论文从发电机内冷水、密封油两个方向运行中在线检漏出发,介绍气相色谱分析技术在运行中发电机氢气内漏监测中的应用。

关键词

氢气; 泄漏监测; 气相色谱

1 引言

大容量汽轮发电机多数采用氢气冷却方式,同时也采用了水和氢气两种冷却介质。由于氢气分子小、质量轻、扩散快、渗透能力强,加上密封油携带漏氢等,在实际运行过程中发电机内氢气是在持续泄漏的;漏氢成为大容量发电机运行中不可忽视的问题,漏氢量大不但降低了发电机运行经济性,而且使发电机本身的安全受到严重威胁。

2 发电机漏氢分类

我公司一期发电机为哈尔滨电机厂制造 QFSN-220-2 型汽轮发电机。二期发电机为上海电机厂制造 QFSN-320-2 型汽轮发电机。四台发电机均采用水—氢—氢冷却方式。定子线圈冷却水由励端进入汽端排出,与水系统构成密闭循环冷却,出线套管亦采用水冷却。发电机运行中氢气纯度低于 96% 时,需要向发电机内补充纯度不低于 99.5% 的氢气(表 1)漏氢是氢冷发电机运行中普遍存在的现象,漏氢量是氢冷发

电机安全运行的主要技术指标之一,氢冷发电机运行中氢气泄漏可分为内漏和外漏两种情况。

表 1 秦电氢气用量(2022 年 1-9 月)

机组	排补氢量(m ³)	补氢量(m ³)	总补氢量(m ³)
#1	458.12	179.04	637.16
#2	132.86	179.62	312.48
#3	1717.26	0	1717.26
#4	2039.24	22.68	2061.92

2.1 发电机氢气内漏

定子线圈水回路(由于发电机运行中氢压大于水压,氢气通过水电连接管和定子线棒漏至定冷水内)、油密封(密封油系统、密封瓦座密封垫老化,氢气漏入油室内;密封瓦间隙过大或轴颈磨损严重以及油氢压差不够,导致氢气沿轴颈泄漏。密封油也可通过密封瓦间隙进入发电机,引起发电机进油,空倾侧微量串油带入空气进入发电机引起氢气纯度下降)、转子导电杆及导电螺钉、氢气冷却器、出线套管、安装在发电机定子机座上的监测仪表、仪器内漏;氢气控制系统管路上的阀门、仪表、设备内漏等。

【作者简介】关键(1968-),男,满族,中国辽宁辽阳人,本科,高级工程师,从事发电厂化学监督研究。

2.2 发电机氢气外漏

定子机座以及机座上的各处焊缝、人孔门，发电机与外部管路连接法兰处、出线套管与出线罩把合部位；氢气冷却器与机座把合面；发电机测温插座、定子端部及出线测振法兰处；端盖与机座把合面；端盖水平合缝面；发电机与辅助系统各连接部位及辅助系统管道上的仪表、阀门以及各连接部位等；外漏可通过肥皂液、卤素检漏仪等多种检漏方法找到漏点并加以消除。

3 在线监控氢冷发电机氢气内漏

影响发电机漏氢量的因素很多，若想从根本上控制漏氢量的大小，发电机运行中需要注意调整密封油压，时刻注意保持密封瓦氢气、空气侧的油压平衡；必要时检测排烟风机管路口氢气的浓度，确认是否大量氢气漏入油系统中日常漏氢检测、漏氢量数据分析方面需要不断探索采用先进的检测手段和防范措施，并严密监视发电机的漏氢，以便及时发现漏氢并处理，防止事故扩大，保证氢冷发电机组的安全运行。论文的分析重点是运行中监测发电机氢气漏入内冷水系统、密封油空侧回油系统。

3.1 在线内冷水溶解氢检测

定子水箱气侧的氢气来源于内冷水，氢气在内冷水中及水箱气侧存在动态平衡，水中的氢含量波动平缓（黄色曲线），但气侧（红色曲线）的氢含量经常在0-4%之间波动，（见图1），说明定子水箱在线漏氢检测仪（漏氢检测仪的安装位置在内冷水箱顶部排空管道中）已失灵，原因是基于电化学检测原理的在线漏氢检测仪存在先天问题，当该类型的传感器长期处于较高浓度的氢气中时，传感器中的固体电解质和氢气反应消耗后，传感器很快失灵，无法起到准确连续监测作用；由于内冷水箱液位的波动造成内冷水箱压力波动频

繁，会造成发电机内冷水箱排空管道中气体排出很不均匀，线漏氢检测仪检测的数据也会有波动。

蕊奥博公司借鉴气相色谱分析仪传感器设计理念，设计研制了一种应用于电厂水汽系统微量溶解氢含量测定的热导监测池；水中溶解氢的测定采用热导（TCD）检测原理，是基于不同气体具有不同的导热性能，在惠斯通电桥中利用热丝具有电阻随温度变化的特性，载气中待测组分的浓度越大，测量池中气体热导率改变就越显著，温度和电阻值改变也越显著，电压信号就越强。此时输出的电压信号与样品的浓度成正比。上述发电机内冷水中的氢含量为 NEW-6860 在线水中氢测量仪检测的结果。

3.2 溶解氢数据发现泄漏点实例

秦电公司从2016年12月到2017年7月，通过溶解氢曲线发现#1发电机停机后趋势一直在增长，对比氢气压力及温度变化，经分析判定#1发电机内部定子水管法兰处存在渗漏点。确认隐患成因后，该厂抽调人力精心策划进行发电机气体置换、定子水压试验、内部检查、法兰处螺栓紧固，连续24小时处理完毕。#1发电机运行后氨水检测装置数值反馈良好（见图2），确认消除渗漏点。

广东某电厂通过在线内冷水溶解氢检测发现1、2号600 MW 发电机线棒有漏氢点，并利用机组停机检修机会成功查找到漏点，消除了漏点。2号机组发电机线棒更换后，发电机内冷水溶解氢数值超过400 $\mu\text{g/L}$ ，停机查找到的漏点明显，如不能及时发现消除势必造成发电机损坏事故。在这么大漏点漏氢情况下，内冷水箱上部的漏氢检测仪表没有报警（指示0.005%），可见发电机内冷水溶解氢数据可靠性较发电机内冷水箱上部漏氢检测仪表要高很多。国内其他电厂也曾发生过几起运行中发电机损坏的事故，其中不排除发电机线棒泄漏造成事故的可能性。

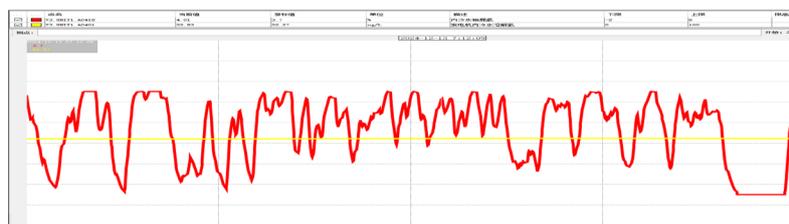


图1 秦电 #1 机内冷水含氢量 ($\mu\text{L/L}$) 及水箱上部漏氢量 (%) 对比图

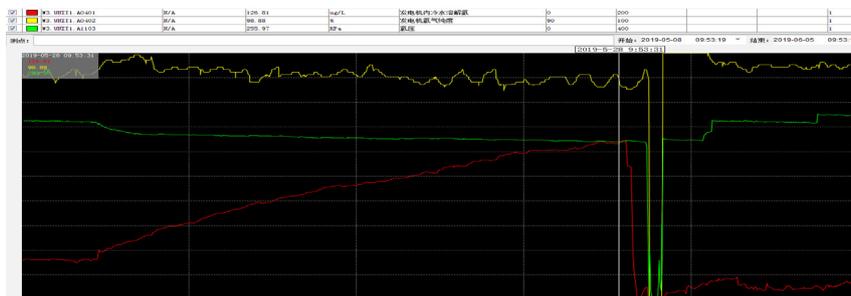


图2 秦电 1 号发电机漏氢隐患处理前后的溶解氢趋势（红色曲线）

3.3 发电机密封油中气体组分监测

西安热工院检测了4台发电机密封油中气体组分：除氢气外的气体组分与氢气纯度下降后、排补氢前发电机内氢气中的杂质气体组分相对应，说明密封油中的空气等组分是发电机内氢气的污染源。

3.3.1 单流环密封油系统

发电机密封油直接来自主机汽轮机油，可直接通过密封油中总含气量的水平来体现密封油中各气体组分含量水平(图3)。

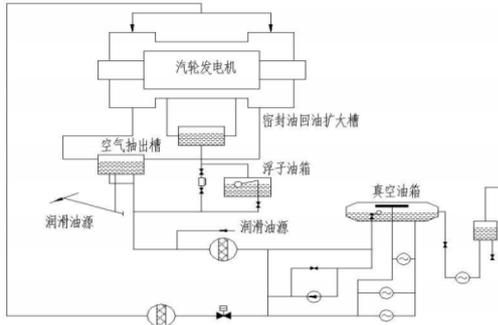


图3 单流环密封油系统

3.3.2 双流环密封油系统

空侧密封油直接来自主机汽轮机油，因主机汽轮机油含有较多空气，故空侧密封油中除氢气外的其他气体含量基本等于或略少于空侧密封油的总含气量，可直接通过密封油中总含气量的水平来体现密封油中各气体组分含量水平；氢侧密封油来自空侧密封油，因其在相对独立的氢侧油路中循环，与外界大气及空侧密封油进行交换的气体的量较少，受到的污染相对较少，故氢侧密封油中除氢气外的其他气体含量少于氢侧密封油的总含气量，且两者均少于空侧密封油含气量(图4)。

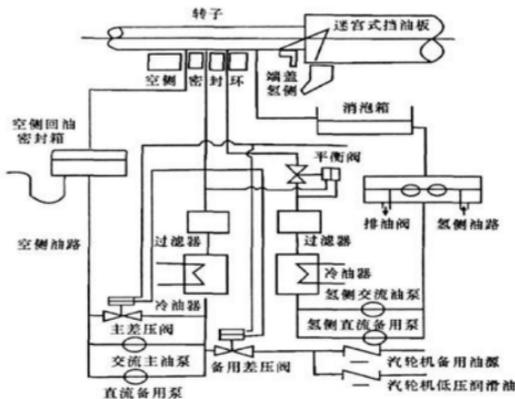


图4 双流环密封油系统

从表2~表4的数据可以看出：密封油中的氢气含量较高(因为氢侧密封油直接接触氢气，且氢气在油中的溶解度远高于在水中的溶解度)，远高于内冷水中的含氢量(一般<50μL/L)，通过在线对发电机密封油中溶解氢含量的监测，可以实现对密封油系统内漏程度的在线评价，对于保证密封油系统安全有着重要意义。

表2 西安热工院检测密封油气体组分含量(μL/L)

检测日期	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂
500MW 机组	2861.98	30.41	1.31	722.14
500MW 机组	—	2.45	1.35	358.22
600MW 机组	10108.74	18.35	1.13	178.01

表3 秦电#3机密封油气体组分含量(μL/L)

检测日期	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂
2024.5.28	37,643.9	7.6	1.4	202.4
2024.6.10	39,605.9	8.0	0.3	205.8
2024.7.22	34,428.9	19.2	2.5	296.3
2024.8.22	40,636.8	15.6	2.4	313.8

表4 秦电#4机密封油气体组分含量(μL/L)

检测日期	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂
2024.5.14	54256.0	5.9	1.8	208.9
2024.5.28	68352.1	3.3	0.8	227.0
2024.6.10	42183.6	2.3	0.5	245.2
2024.7.22	36148.8	6.7	0.6	263.5
2024.8.22	35490.8	2.9	0.6	308.4

4 结语

通过准确在线监测发电机内冷水和密封油两方面的漏氢状态，及时发现发电机内部的隐蔽性较强的故障，保障发电机安全运行，避免恶性事故发生；还可以提高发电机运行的经济性，据文献估算得出秦电4台机组风摩损耗与氢气纯度的关系为：纯度下降1%，损耗平均增加105kW，按年运行4000小时计算，增收约150万元。

参考文献

- [1] 王笑微,刘永洛,尹文波,等.密封油含气量对氢冷发电机氢气纯度影响研究[J].热力发电,2021,50(4):5.
- [2] 吴曙笛.热力设备水汽系统含氢量连续测定[J].陕西电力,2000,28(2):28-31+64.
- [3] 曹洪宇,李志成,王丹.在线溶解氢仪表在潮州电厂发电机氢气系统泄漏监督的应用[J].华北电力技术,2017(8):6.

Research on the Application of Adsorption Technology in Pollutant Removal of Environmental Protection Equipment

Shenghong Zhu

Jiangxi Jinxiushan Engineering Consulting Co., Ltd., Ganzhou, Jiangxi, 341000, China

Abstract

This paper focuses on the application of adsorption technology in the removal of pollutants in environmental protection equipment. The physical and chemisorption principles were described, and the properties of common adsorbents such as activated carbon, molecular sieve and resin were discussed. In-depth analysis of the application in the treatment of organic, heavy metals and gaseous pollutants, analysis of adsorbent selection and regeneration, temperature, pressure, pH value and other influencing factors, research with biological, membrane separation, photocatalysis technology combined application mode and advantages. It aims to provide theoretical and practical guidance for the progress and innovation of adsorption technology in the field of environmental protection, and help improve the effectiveness of environmental pollution control.

Keywords

adsorption technology; environmental protection equipment; pollutant removal; adsorbent

吸附技术在环保设备去除污染物中的应用研究

朱圣洪

江西锦绣山工程咨询有限公司, 中国·江西 赣州 341000

摘要

本文聚焦吸附技术于环保设备去除污染物的应用。阐述其物理与化学吸附原理, 探讨活性炭、分子筛、树脂等常见吸附剂特性。深入剖析在有机、重金属、气态污染物处理中的应用, 分析吸附剂选择与再生、温度、压力、pH值等影响因素, 研究与生物、膜分离、光催化技术的联合应用模式及优势。旨在为环保领域吸附技术的进步与创新提供理论与实践指引, 助力提升环境污染治理成效。

关键词

吸附技术; 环保设备; 污染物去除; 吸附剂

1 引言

随着全球工业化和城市化进程的加速, 环境污染问题日益严重, 对人类健康和生态平衡构成了巨大威胁。在众多的环境污染治理技术中, 吸附技术因其高效、灵活、操作简单等特点而备受关注, 并在环保设备中得到了广泛应用。吸附技术能够有效地去除废气、废水以及土壤中的各种污染物, 将有害物质从一种介质转移到吸附剂表面, 从而达到净化环境的目的。

2 吸附技术的基本原理

吸附技术基于吸附剂与污染物间的相互作用实现污染物去除。物理吸附依靠范德瓦耳斯力, 此力较弱且可逆, 在低温下即可迅速发生, 吸附热小, 无明显选择性, 如活性炭对有机气体的常温吸附。化学吸附则因化学反应形成化学

键, 作用力强, 具不可逆或半可逆性, 常需较高活化能, 多在高温下较快进行且选择性强, 像金属氧化物对重金属离子的吸附涉及离子交换等化学过程^[1]。实际吸附常是二者并存并随条件相互转化, 低温时物理吸附为主, 升温后部分可转为化学吸附, 这种特性使吸附技术能适应多样的污染物处理需求, 在环保领域发挥重要作用(如图1)。

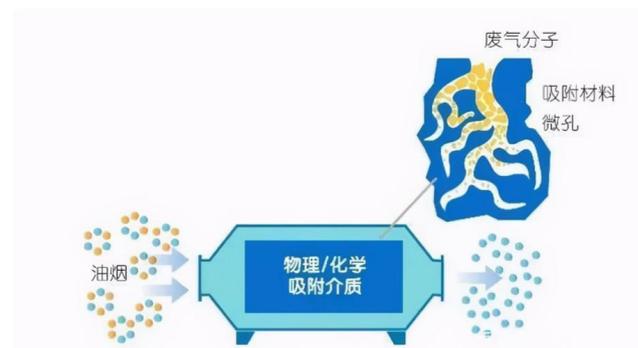


图1 吸附技术原理

【作者简介】朱圣洪(1985-), 男, 中国江西南康人, 本科, 工程师, 从事化工技术在环保领域的应用研究。

3 常见吸附剂的种类与特性

常见吸附剂包括活性炭、分子筛、树脂等。活性炭孔隙结构发达,比表面积巨大,来源广泛,能吸附多种有机和部分无机污染物,表面官能团可增强吸附力,但吸附容量有限且再生后性能下降。分子筛具规则孔道与均匀孔径,可依分子大小形状筛分,骨架酸性位点利于吸附,热稳定性和水热稳定性佳,不过合成成本高且对大分子有机物吸附欠佳。树脂吸附剂分离子交换树脂与吸附树脂,前者靠离子交换除离子型污染物,交换容量大、选择性强;后者依官能团和高分子链作用吸附有机物,可调节性能且可再生,但易受干扰、机械强度低,在不同环保场景各有优劣与适用范围^[2]。

4 吸附技术在不同污染物处理中的应用

4.1 在有机污染物处理中的应用

在废水处理中,吸附技术可有效去除废水中的各种有机污染物,如染料、农药、酚类、多环芳烃等。活性炭是常用的吸附剂之一,其对有机染料具有良好的吸附脱色效果。将活性炭投加到废水中,有机染料分子被吸附在活性炭的孔隙表面,从而使废水的颜色变浅,同时降低了废水中有机污染物的浓度^[3]。对于一些难生物降解的有机农药废水,吸附树脂可发挥重要作用。吸附树脂选择性地吸附农药分子,将其从废水中分离出来,经过再生后可回收农药,减少资源浪费。在处理含酚废水时,大孔树脂由于其对酚类物质的高选择性吸附能力,可有效地降低废水中酚的含量,并且树脂吸附后可以通过解吸再生,实现酚的回收利用;对于有机废气的处理,吸附技术同样具有重要地位。活性炭纤维吸附剂因其具有较大的比表面积和丰富的微孔结构,对挥发性有机化合物(VOCs)如苯、甲苯、二甲苯等具有较高的吸附容量。在废气处理设备中,有机废气通过活性炭纤维吸附床时,VOCs被吸附在纤维表面,净化后的气体达标排放。当活性炭纤维吸附饱和后,可以通过热再生或其他再生方法使其恢复吸附能力,循环使用。此外,分子筛也可用于有机废气的处理,特别是在一些对废气净化精度要求较高的场合,分子筛的分子筛作用,更精准去除特定的有机污染物分子,提高废气处理的效果。

4.2 在重金属污染物处理中的应用

吸附技术在去除废水中重金属污染物方面应用广泛,离子交换树脂是处理重金属废水的常用吸附剂之一,例如,强酸性阳离子交换树脂可以有效地吸附废水中的铜、铅、镉等重金属阳离子,通过离子交换反应,将重金属离子固定在树脂上,使废水得到净化。经过吸附饱和后的树脂可以用酸溶液进行再生,回收重金属离子并重复利用树脂^[4]。此外,一些生物吸附剂如某些微生物细胞表面含有丰富的官能团,如氨基、羧基、巯基等,这些官能团能够与重金属离子发生络合、离子交换等作用,对重金属离子具有良好的吸附能力。例如,某些藻类可吸附废水中的汞离子,将其从水溶液中转

移到藻类细胞表面,降低废水中汞的浓度。在土壤修复领域,吸附剂可用于固定土壤中的重金属污染物,减少其在土壤中的迁移性和生物可利用性。例如,向污染土壤中添加黏土类吸附剂或生物炭,可以吸附土壤中的重金属离子,使其被固定在吸附剂表面,从而降低重金属对土壤生态系统和农作物的危害。一些改性后的吸附剂,如对膨润土进行有机改性后,其对重金属离子的吸附能力显著增强,可以更好地应用于土壤修复工程中。

4.3 在气态污染物处理中的应用

除有机废气外,吸附技术还可用于处理其他气态污染物,如酸性气体和含汞蒸气等。对于酸性气体的处理,碱性吸附剂如碱性分子筛、石灰等可借助化学反应将酸性气体吸附并转化。例如,石灰吸附二氧化硫的过程中,二氧化硫与石灰发生化学反应生成亚硫酸钙或硫酸钙,从而将二氧化硫从废气中去除。在处理含汞蒸气时,一些金属硫化物吸附剂具有较好的吸附性能,汞蒸气与金属硫化物表面发生反应,形成稳定的汞化合物被吸附在吸附剂表面,防止汞蒸气进入大气环境造成污染。

5 吸附技术应用的影响因素

5.1 吸附剂的选择与再生

吸附剂的种类和性能直接影响吸附效果。在实际应用中,需要根据污染物的类型、浓度、性质以及处理要求等因素选择合适的吸附剂。例如,对于低浓度有机废气的处理,活性炭纤维可能是较好的选择;而对于高浓度重金属废水的处理,离子交换树脂可能更为合适。同时,吸附剂的再生能力也是一个重要考虑因素。吸附剂吸附饱和后,如果不能有效地进行再生,不仅会增加处理成本,还会产生大量的固体废弃物。再生方法包括热再生、化学再生、生物再生等,不同的吸附剂适用的再生方法不同。例如,活性炭通常采用热再生方法,通过高温将吸附在活性炭上的污染物吸解出来,使活性炭恢复吸附能力;而离子交换树脂则一般采用化学再生方法,用适当的化学试剂将树脂上吸附的离子置换下来,实现再生。

5.2 温度

温度对吸附过程有显著影响。对于物理吸附,一般来说,温度越低,吸附效果越好,因为低温有利于吸附剂与污染物分子之间的范德瓦耳斯力作用。随着温度升高,物理吸附量会逐渐减少,部分被吸附的污染物分子可能会解吸出来。而对于化学吸附,温度的影响较为复杂。在一定范围内,温度升高可能会促进化学吸附的进行,因为化学吸附需要一定的活化能,较高温度有助于克服活化能障碍,使吸附反应加快。但当温度过高时,将导致吸附剂表面的活性位点发生变化或吸附剂结构遭到破坏,从而降低吸附效果。在某些金属氧化物吸附剂对重金属离子的化学吸附过程中,适当提高温度可以提高吸附速率,但温度过高会使金属氧化物发生相变或烧

结,影响其吸附性能。

5.3 压力

压力主要影响气态污染物的吸附过程,对于气体吸附,在一定温度下,压力升高有利于气体分子向吸附剂表面的吸附,因为压力增加会使气体分子的浓度增大,从而增加与吸附剂接触的机会,提高吸附量。例如,在变压吸附(PSA)技术中,通过改变压力实现气体的吸附与解吸过程。在高压下,气态污染物被吸附在吸附剂上,然后通过降低压力,使被吸附的气体解吸出来,达到分离和净化气体的目的。但压力对吸附的影响也存在一定的限度,当压力过高时,可能会对吸附剂的结构造成破坏,或者增加设备的成本和操作难度。

5.4 pH 值

pH 值对吸附过程的影响,主要体现在对污染物的存在形态和吸附剂表面性质的改变上。在处理废水时,pH 值会影响重金属离子的水解和沉淀平衡,从而影响其吸附效果。对于某些金属离子如铜离子,在酸性条件下主要以离子形式存在,容易被离子交换树脂吸附;而在碱性条件下,形成氢氧化铜沉淀,不利于吸附。同时,pH 值也会影响吸附剂表面的官能团的电离状态,进而影响吸附剂与污染物之间的相互作用。活性炭表面的羧基在碱性条件下电离程度增加,使其带负电,有利于吸附带正电的污染物分子;而在酸性条件下,电离程度减小,吸附能力可能会减弱。

6 吸附技术与其他环保技术的联合应用

6.1 与生物处理技术的联合

吸附技术与生物处理技术联合应用,可发挥各自的优势,提高污染物的去除效果。在废水处理中,先利用吸附剂去除废水中的难生物降解的有机污染物或重金属污染物,降低其对微生物的毒性,然后再将经过吸附处理后的废水进行生物处理,如活性污泥法、生物膜法等,进一步去除水中的可生物降解的有机物。例如,对于含有高浓度酚类和少量重金属的废水,先使用吸附树脂吸附酚类和重金属,然后将处理后的废水进入生物处理系统,微生物可以有效地分解剩余的有机污染物,使废水达标排放。这种联合应用方式,不仅提高处理效果,还可以减少生物处理过程中的污泥产生量,降低处理成本。

6.2 与膜分离技术的联合

吸附技术与膜分离技术联合,可实现对污染物的深度分离和回收。在废水处理或气体处理中,先通过吸附剂吸附污染物,然后利用膜分离技术将吸附剂与处理后的介质分离,同时可以进一步截留未被吸附的微小污染物颗粒或分

子。例在处理含有纳米颗粒和有机污染物的废水时,先使用活性炭吸附有机污染物,然后利用超滤膜或纳滤膜将活性炭和处理后的水分离,超滤膜或纳滤膜还可以截留废水中的纳米颗粒,使水得到更彻底的净化。在气体处理中,吸附剂与膜分离技术联合可用于回收一些有价值的气体污染物,如从废气中回收二氧化碳或氢气等,先通过吸附剂选择性地吸附目标气体,然后利用膜分离技术,将吸附有目标气体的吸附剂与其他气体分离,再通过解吸等方法回收目标气体。

6.3 与光催化技术的联合

吸附技术与光催化技术联合应用,在处理难降解有机污染物方面具有独特的优势。光催化技术利用光催化剂在光照下产生的强氧化性自由基,如羟基自由基、超氧自由基等,将有机污染物降解为无机物质。当吸附技术与光催化技术联合时,吸附剂可以先将有机污染物吸附在其表面,使有机污染物在光催化剂周围富集,提高光催化反应的效率。同时,光催化剂产生的自由基,也可将吸附在吸附剂表面的有机污染物进一步降解,实现吸附与降解的协同作用。例如,二氧化钛光催化剂与活性炭联合应用于处理含有多环芳烃的废水,活性炭吸附多环芳烃后,在光照条件下,二氧化钛产生的羟基自由基,将活性炭表面的多环芳烃降解为二氧化碳和水,活性炭又可继续吸附废水中的其他多环芳烃,提高整个系统对多环芳烃的去除效率。

7 结论

吸附技术在环保设备去除污染物方面具有不可替代的重要性。通过深入理解其物理吸附和化学吸附原理,合理选用活性炭、分子筛、树脂等吸附剂,并充分考量吸附剂再生、温度、压力、pH 值等影响因素,能高效处理有机、重金属、气态污染物等多种污染类型。与生物、膜分离、光催化技术的联合应用进一步拓展了其应用效能与范围。未来,新型吸附剂的研发、智能化吸附设备的开发以及在新兴污染物处理中的应用拓展,将持续推动吸附技术的进步,为全球环境保护事业提供更为强大、精准与可持续的技术支撑,助力构建清洁、健康的生态环境。

参考文献

- [1] 王继新.基于变压吸附方法针对VOCs分离回收涉LPG罐车清洗技术应用[J].特种设备安全技术,2024(5):20-21+34.
- [2] 王一鸣,蔡聪,巩瑞奇,等.基于太阳能吸附式制冷技术的新型冷链物流设备[J].物流工程与管理,2015,37(8):118-119.
- [3] 张立德.激光清理技术在核岛主设备制造中的应用研究[J].中国化工装备,2024,26(5):44-48.
- [4] 胡小旭.浅谈环保机械设备脱硫、脱硝一体化装置技术[J].工程技术与管理,2023,7(24).

Analysis of Ozone Pollution Generation and Disturbance Mechanism in Sanmenxia City

Hua Zhang Mingjie Zhao Junfeng Liang

Sanmenxia Ecological Environment Monitoring Center, Sanmenxia, Henan, 472000, China

Abstract

Based on the air pollutants and meteorological observation data of Sanmenxia City in 2023, analyzed the the correlation between atiotemporal distribution characteristics of ozone, the characteristics of ozone concentration changes and meteorological elements, volatile organic compounds (hereinafter referred to as VOCs), nitrogen oxides and other elements in Sanmenxia City. The results show that: 1) Ozone concentration is positively correlated with temperature and solar radiation, and there is a significant negative correlation between ozone concentration and atmospheric relative humidity. 2) The concentration of ozone is high in summer and low in winter. The concentration of ozone is high during the day and low at night. 3) The daily average concentration of ozone shows a gradual decreasing trend from east to west. 4) The hourly concentration of ozone is negatively correlated with the concentration of nitrogen dioxide, and it has no obvious correlation with other pollutants in a single day in summer; the daily average concentration of ozone is positively correlated with the concentration of nitrogen dioxide. 5) Ozone concentration is positively correlated with local VOCs emissions and it's related to regional industrial distribution.

Keywords

ozone; precursors; perturbations; mechanisms

三门峡市臭氧污染产生及扰动机理简析

张华 赵明杰 梁军凤

河南省三门峡生态环境监测中心, 中国·河南 三门峡 472000

摘要

基于三门峡市2023年大气污染物与气象观测数据, 分析了三门峡市臭氧时空分布特征, 臭氧浓度变化特征与气象要素、挥发性有机物(以下简称VOCs)、氮氧化物等要素的关联性。结果表明: ①臭氧浓度和气温、太阳辐射呈正相关, 和大气相对湿度呈现负相关。②臭氧夏季浓度高, 冬季浓度低, 白天浓度高、夜间浓度低。③臭氧日均浓度自东向西呈现逐级递减趋势。④夏季单日臭氧小时浓度和二氧化氮浓度呈负相关, 和其他污染物无明显相关性; 日均臭氧浓度与二氧化氮浓度呈正相关。⑤臭氧浓度与当地VOCs排放量呈正相关, 与区域产业分布有关。

关键词

臭氧; 前体物; 扰动; 机理

1 引言

近几年, 三门峡市臭氧污染呈加重趋势, 以臭氧为首要污染物的污染天数占比呈上升趋势, 臭氧已成为影响三门峡市环境空气质量的重要因素。臭氧是排放的氮氧化物和挥发性有机物等进行一系列光化学反应产生的二次气态污染物, 且对气象要素中的气温、太阳辐射和相对湿度异常敏感。利用2023年三门峡市环境监测数据和气象观测数据分析气象条件、前体物与臭氧的关联性, 探讨三门峡市臭氧污染产生及扰动机理分析。

2 臭氧污染整体形势

臭氧及其前体物影响范围广、持续时间长、传输距离远, 呈现明显的区域性污染特征。区域内城市间及区域间臭氧相互影响显著。近5年三门峡市臭氧污染超标天数和年均浓度整体呈上升态势, 其中臭氧超标天数31~41天, 臭氧年均浓度158~163 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。最早出现臭氧污染天月份也呈现提前趋势, 2019年臭氧污染最早出现在5月份, 2023年第一个臭氧污染天出现在3月份, 其中以义马市、渑池县最为典型。臭氧污染已成为三门峡市优良天数持续增加、空气质量持续改善的重要短板。

3 臭氧污染影响因素分析

臭氧是大气中VOCs和氮氧化物等污染物在太阳紫外线辐射作用下, 通过光化学反应生成的二次污染物。臭氧形

【作者简介】张华(1987-), 男, 中国河南三门峡人, 本科, 工程师, 从事生态环境监测数据综合分析研究。

成机理十分复杂,不同地区、不同时段其成因存在较大差异。臭氧生成的三个关键影响因素:紫外辐射、前体物排放浓度和扩散条件,恰是这个组合关系构成了万变的臭氧污染现象。臭氧污染对光照、温度、相对湿度和降水等气象因素异常敏感,在不同的外界条件和前体物配比下,快、慢两个反应存在交替或者共同作用,导致臭氧浓度的变化。

3.1 日变化对臭氧生成的影响

选取6月7—13日臭氧小时变化情况进行分析,臭氧浓度具有明显的日变化特征。图1显示,每日清晨5—7时

臭氧浓度达到谷值,8—10时臭氧浓度受空气垂直对流的影响快速上升,14—16时臭氧浓度达到一天中最高水平,18时后臭氧浓度持续下降并维持较低水平。

臭氧日变化机理:早间紫外线逐渐增强,臭氧生成加强,在大气上下对流混合的作用下形成叠加,臭氧快速上升;午间混合均匀的污染层与受紫外辐射发生的新一轮光化学臭氧不断积累形成峰值;傍晚紫外线减弱,臭氧浓度持续下降;夜间臭氧污染在近地面混合层受一氧化氮滴定效应影响会快速下降并保持较低水平,并于第二日清晨达到谷值。

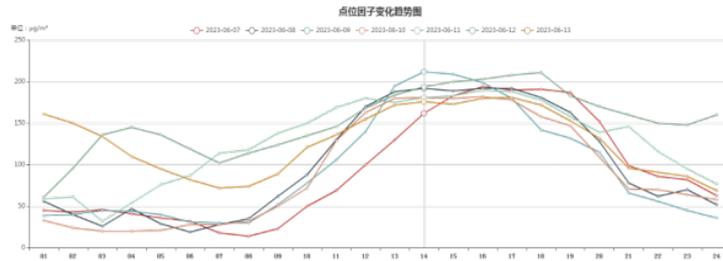


图1 臭氧小时浓度日变化趋势

臭氧地面监测所看到波动状况并不能完全反映臭氧在水平和垂直方向的整体状况,三门峡市部分时段会出现夜间臭氧浓度维持较高水平的现象,造成当日臭氧超标。造成这种现象的原因主要是臭氧的高空沉降和水平输送。高空沉降一般是通过垂直方向风力作用,臭氧从高空的残余层进入近地面的夜间混合层,而且高空缺少一氧化氮等臭氧的“滴定剂”,导致夜间地面臭氧浓度显著上升。水平输送即臭氧从高浓度地区向低浓度地区传输的过程,该传输与地形有较大关联。2023年夏季以东风为主,全省中东部地区若出现大面积臭氧污染,受持续东风影响,三门峡市区会在18—20时段出现二次高值,形成双头峰,极易出现臭氧超标,因此东部臭氧高值的传输影响是造成超标的主要原因之一。

3.2 月变化对臭氧生成的影响

对2023年臭氧浓度及污染天数月变化进行分析,臭氧浓度季节变化特征明显。图2显示,臭氧污染主要集中在5—8月,臭氧浓度最高、污染天数最多的月份为6月、7月,8月次之,11月一次年1月浓度最低。

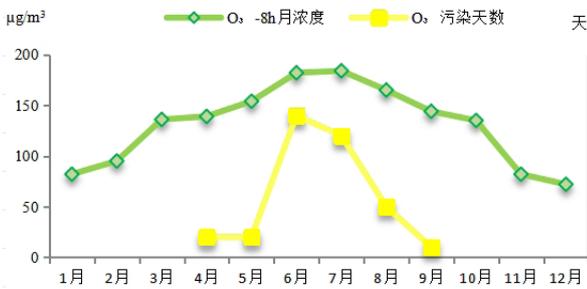


图2 2023年03—8h百分位浓度及污染天数变化趋势

臭氧月变化机理:一年中6月、7月紫外辐射最强,臭

氧生成最为有利,易形成区域范围性臭氧污染,且夏季多偏东气流,有东部臭氧高值区域的传输影响,再叠加高空臭氧垂直传输影响,加重臭氧污染,因此6月、7月臭氧污染最为严重。

3.3 前体物浓度变化对臭氧生成的影响

3.3.1 氮氧化物(一氧化氮、二氧化氮)影响分析

根据反应机理,昼间二氧化氮整体平均水平的抬升将助力臭氧的生成。采用 Pearson 相关分析方法,分析三门峡市2023年6—7月臭氧日均浓度与二氧化氮日均浓度、臭氧小时浓度和二氧化氮小时浓度的相关关系。结果表明:臭氧日均浓度与二氧化氮日均浓度呈正相关,见图3。臭氧小时浓度和二氧化氮小时浓度呈高度负相关,见图4。负相关原因:进入高温时段,一氧化氮与臭氧争夺氧原子,形成对臭氧的破坏,出现臭氧滴定效应,同时生成二氧化氮。

从以上因果关系看,臭氧和二氧化氮不管是正相关,还是负相关,都说明了二氧化氮管控对臭氧防治的重要性。在臭氧管控中应适当调整二氧化氮排放量较大的移动源作业、生活源排放活动时间,通过严控夜间二氧化氮排放,减少日均值,调整至高温低端作业,利用一氧化氮对臭氧的滴定效应,达到降低臭氧生成速率的目的。

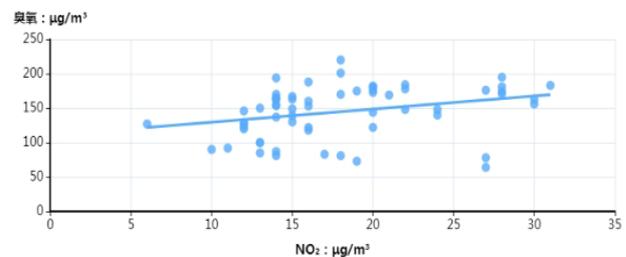


图3 臭氧日均浓度与二氧化氮日均浓度相关性

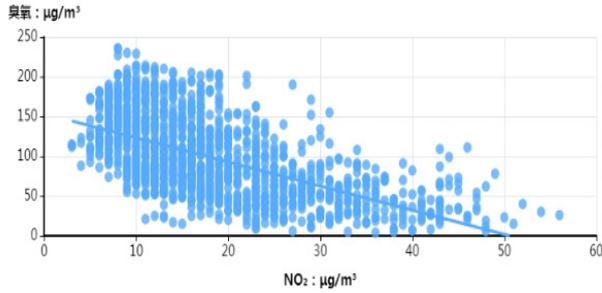


图4 臭氧小时浓度与二氧化氮小时浓度的相关性

3.3.2 VOCs 影响分析

VOCs 排放来源、构成极为复杂,从排放来源看,涉 VOCs 排放的工业门类多达 460 余个,还有大量来自交通源、生活源、天然源的 VOCs 排放; VOCs 排放总量大且集中的重点区域是导致臭氧污染较重的根本原因。三门峡市涉 VOC 企业共 80 家,加油站在营 261 家,加之其他源的污染排放,三门峡市污染呈现偏二次型复合污染。

三门峡市臭氧污染在空间分布上东部高西部低。表现为:① 2023 年位于三门峡市东部的义马市最早 3 月就出现臭氧污染天,义马市、渑池县最晚 10 月仍出现臭氧污染天;②义马市、渑池县臭氧污染天和臭氧浓度均最高,市区、陕州区、灵宝市次之,卢氏县最低,见图 5、见图 6。

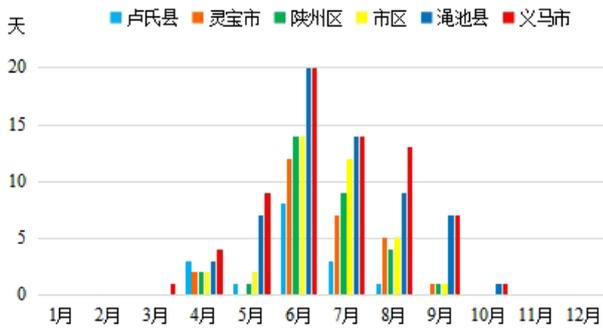


图5 2023 年各县市区臭氧污染天分布

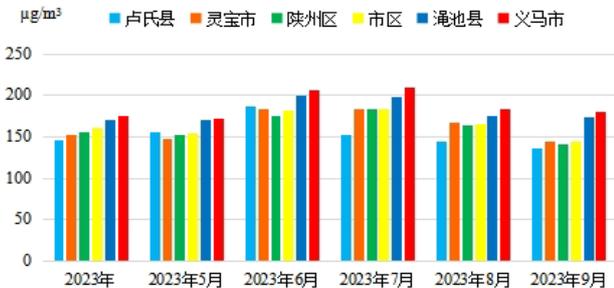


图6 各县(市)区臭氧浓度对比

原因分析:①臭氧日均浓度与当地 VOCs 排放量呈显著正相关,区域 VOCs 排放量大,则臭氧浓度整体偏高;义马市化工企业偏多,渑池县重工业较多, VOCs 排放量整体偏高;陕州区化工企业集中于观音堂镇,与渑池县域相邻;灵宝市以金属冶炼加工业为主,卢氏县以矿业为主, VOCs 排放量相对偏小。②与地形地貌结构相关,义马、渑池临近洛阳、济源高值区域,持续东风作用下,臭氧输入影响明显(臭氧可以在空气中稳定存在 8 小时),往西,受观音堂南北向山脉阻挡,东部污染输入转弱。

3.4 环境因素变化对臭氧生成的影响

太阳辐射、气温、相对湿度、风速等气象要素是影响臭氧浓度的重要因素,采用 Pearson 相关分析方法,分析三门峡市 2023 年 6—7 月各气象要素与臭氧浓度的相关关系,结果表明:臭氧浓度与气温、太阳辐射呈正相关,与大气相对湿度呈现负相关,与风速相关性较小。说明太阳辐射越强,温度越高、相对湿度越低,越有利于光化学反应的进行,臭氧浓度普遍较高。

4 结语

①臭氧对太阳辐射、温度、相对湿度高度敏感,臭氧浓度和气温、太阳辐射呈正相关,和大气相对湿度呈现负相关。

②三门峡市臭氧浓度季节变化、日变化特征明显,夏季浓度高,冬季浓度低,白天浓度高、夜间浓度低。

③日均浓度自东向西呈现逐级递减趋势,受地形地貌影响,在持续东风作用下,东部臭氧高值区域传输效应同样不容忽视。

④夏季单日臭氧小时浓度和二氧化氮浓度呈负相关,和其他污染物无明显相关性;日均臭氧浓度与二氧化氮浓度呈正相关,当日浓度偏高,未来臭氧浓度出现高值概率增加。

⑤臭氧浓度与当地 VOCs 排放量呈正相关,受地区产业分布影响, VOCs 排放量东高西低,臭氧浓度空间分布上呈现东部高,西部低趋势。

参考文献

- [1] 党超琪,张曦,王华媛,等.西安市臭氧污染特征及天气分型研究[J].陕西气象,2024(5):32-37.
- [2] 郭鹏,曾立民,陆克定.2021年春季昆明市臭氧污染来源解析相关研究[J].环境科学学报,2023,43(8):202-213.
- [3] 李晨,张芝娟,叶翠平.山西省PM2.5与O3污染特征及影响因素分析[J].环境科学报,2024,4(5):299-309.
- [4] 胡元浩,张佳音,陈静.2016—2020年西安市近地面臭氧污染变化趋势及分布特征[J].中国环境监测,2022,38(3):74-82.

Key Technology of Safety Management in the Construction Stage of Chemical Project

Zhimeng Yang

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

Abstract

The construction stage of chemical projects usually involves complex process and a large number of dangerous factors. The effectiveness of safety management is directly related to the smooth progress of the project and the life safety of workers, and the safety management in the construction stage of chemical projects is paid more and more attention. However, due to the complex operating conditions of the chemical construction site, the dangerous construction environment, and safety accidents occur from time to time, which not only causes serious economic losses, but also brings incalculable social and environmental impact. Therefore, how to effectively prevent and control the safety risks in the construction stage of chemical projects has become a key problem to be solved urgently. This paper will discuss the key technology of safety management in the construction stage of chemical project, and analyze its application in practical engineering, in order to provide theoretical basis and technical support for chemical construction safety management, and promote the improvement of the safety production level of the industry.

Keywords

chemical project; construction stage; safety management; risk assessment; safety technology

化工项目施工阶段安全管理关键技术

杨志孟

歌尔股份有限公司, 中国·山东 潍坊 261000

摘要

化工项目的施工阶段通常涉及复杂的工艺流程和大量的危险因素, 安全管理的有效性直接关系到项目的顺利进行以及工人的生命安全, 而化工项目施工阶段的安全管理问题愈加受到重视。然而, 由于化工施工现场作业条件复杂, 施工环境危险, 安全事故时有发生, 这不仅造成了严重的经济损失, 也带来了不可估量的社会和环境影响。因此, 如何在化工项目施工阶段有效预防和控制安全风险, 成为当前亟待解决的关键问题。论文将探讨化工项目施工阶段安全管理的关键技术, 并分析其在实际工程中的应用, 以期能为化工施工安全管理提供理论依据和技术支持, 促进行业的安全生产水平提升。

关键词

化工项目; 施工阶段; 安全管理; 风险评估; 安全技术

1 引言

随着全球化工行业的快速发展, 化工项目施工规模不断扩大, 施工环境日益复杂, 安全管理面临的挑战也愈加严峻。尤其是在一些大型化工工程中, 施工过程中存在着高温、高压、易燃易爆等潜在危险因素, 传统的安全管理模式已经难以应对日益增长的安全风险。同时, 化工项目的施工阶段涉及的工艺技术和设备种类繁多, 管理体系庞大, 事故隐患多样化, 这对施工现场的安全管理提出了更高要求。近年来, 虽然国家相关部门和企业加强了安全管理制度的建设, 但由于技术手段不足、人员素质参差不齐、管理措施落实不到位等原因, 事故频发, 导致了巨大的人员伤亡和财产损失。因

此, 化工项目施工阶段安全管理技术的创新与优化, 成为提高施工安全水平和保障社会公众安全的重要途径。

2 化工项目施工阶段安全管理的现状分析

随着化工项目规模不断扩大, 施工阶段的安全管理压力日益增加。由于化工项目施工过程中涉及大量的高风险工艺和危险化学品, 施工现场的安全隐患较为复杂, 管理工作面临着巨大的挑战。尽管中国近年来在化工行业安全管理方面加强了政策法规的建设, 推动了安全管理体的完善, 但仍存在许多问题。安全管理水平参差不齐, 部分企业和项目未能全面贯彻落实国家安全生产法律法规, 甚至在一些施工过程中, 因管理不到位、安全设施缺失、风险评估不充分等原因, 安全事故频繁发生。此外, 施工现场工人安全意识较为薄弱, 安全培训不到位, 未能形成全员、全过程的安全管理机制。现有的安全管理模式主要依赖人工检查, 效率较

【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。

低,无法及时发现和消除潜在风险。尽管一些先进的安全管理技术正在逐步推广,但仍未在大多数化工项目中得到广泛应用。因此,化工项目施工阶段的安全管理亟须引入更加系统化、科技化的管理手段,提高施工现场的安全保障能力^[1]。

3 化工项目施工阶段安全管理的关键技术分析

3.1 安全风险评估技术

安全风险评估是化工项目施工阶段安全管理的重要基础。通过对施工过程中可能出现的各类危险源进行系统分析,可以提前识别潜在的风险因素,为采取相应的防范措施提供依据。在化工项目中,由于作业环境复杂且工艺多变,传统的安全管理方式往往难以做到全面、深入的风险控制。风险评估技术的引入,可以对每一个环节、每一项工序进行细致的风险分析,评估出潜在的安全隐患,量化其可能造成的危害及后果。这一过程通常包括危险识别、风险评估、风险分析与评定、风险控制等步骤。通过科学的风险评估,可以为项目制定科学的安全管理方案,提前制定应急预案、合理分配安全资源,降低施工阶段可能发生的安全事故率。随着计算机模拟技术和大数据分析技术的快速发展,安全风险评估的准确性和及时性得到显著提升,为施工安全管理提供了更强有力的技术支撑^[2]。

3.2 安全生产标准化与规范化管理

化工项目施工阶段的安全管理必须依赖于科学的生产标准化和规范化管理。标准化管理可以确保每一项施工任务、每一项工艺操作都严格按照规定的安全流程进行,从而有效降低操作风险和施工现场的事故发生率。在实践中,化工项目施工单位需要根据项目的具体特点和相关安全法规,编制详细的安全操作规程和施工规范,确保所有作业人员在施工过程中遵循统一的安全标准。通过标准化的操作流程和规范化的管理,能够实现对施工全过程的全覆盖、全过程的管控,避免因操作不规范而引发安全事故。此外,规范化管理还可以通过制定明确的责任制度和奖惩机制,提高施工人员的安全意识和执行力,形成全员参与的安全管理氛围。随着技术的发展,标准化管理体系也逐步向信息化、智能化方向发展,为施工阶段的安全管理提供了更加高效和可靠的保障^[3]。

3.3 安全培训与应急预案

安全培训与应急预案技术是化工项目施工安全管理的重要组成部分。化工项目施工现场的人员常常面临各种危险源,如果缺乏有效的安全培训和应急响应能力,将增加事故发生风险。安全培训的目标不仅是让工人了解操作规程和安全常识,还要通过培训使其具备辨识和应对潜在危险的能力。培训内容通常涵盖安全操作规范、危险源识别、防护措施及事故应急处理等方面。在此基础上,企业还应建立完善的应急预案管理体系,针对可能发生的各类安全事故制定详尽的应急预案,并通过模拟演练等方式提高员工的应急反应

能力。应急预案技术的应用使得施工单位在面对突发事件时,能够迅速反应、有效处置,最大限度地减少事故对人员、财产和环境的损害。此外,随着技术的进步,一些虚拟现实(VR)技术、模拟训练平台等新型工具的使用,可以使安全培训和应急演练更加真实和高效^[4]。

4 施工安全保障体系建设

4.1 安全管理组织架构

化工项目施工阶段的安全管理离不开高效的组织架构。为了确保施工安全,必须建立明确的安全管理组织体系,将安全管理职责落实到每个岗位和环节。一般来说,化工项目施工的安全管理架构由项目负责人、施工负责人、安全管理人员等多个层级组成。项目负责人对整体安全工作负有首要责任,施工负责人则负责具体施工环节的安全执行。为了强化安全管理的效果,安全管理人员要具备专业的安全知识和丰富的施工经验,负责监督、检查、评估施工现场的安全状况。项目安全管理体系不仅要满足公司内部管理要求,还需配合政府及行业监管部门的相关法规和标准,确保各项安全管理措施的有效落实。组织架构的清晰分工和职能划分有助于提高管理效率,确保施工过程中每一项安全措施都有专人负责和执行,从而有效预防和减少安全事故的发生。

4.2 安全文化建设与员工参与

安全文化建设是提升化工项目施工安全水平的重要途径。通过培养和强化全员的安全意识,使每个员工都能自觉地将安全作为日常工作的核心内容,进而在项目施工中形成共同的安全价值观。安全文化的建设包括制定安全管理制度、开展安全宣传教育、建立安全行为规范等。尤其是通过定期的安全培训和安全演练,让员工在实际操作中体验和掌握安全知识与技能,增强他们的自我防护能力。在此基础上,鼓励员工积极参与安全管理工作,通过员工提出安全建议、参与安全检查、共同讨论安全改进措施等形式,增强员工对安全工作的归属感和责任感。通过员工的广泛参与,企业能够及时发现和消除施工现场的潜在隐患,提升整体施工安全水平。安全文化建设不仅要依赖企业的顶层设计,还要通过实际的行动和落实,确保安全文化真正深入人心,形成长效机制^[5]。

5 化工项目施工阶段安全管理的重点实施内容

5.1 施工阶段关键工艺与设备的安全管理

化工项目施工过程中,涉及到许多关键工艺和设备的操作,其中许多工艺环节具有较高的危险性,因此对其安全管理尤为重要。关键工艺的安全管理包括对工艺流程的严格把控,确保每个环节符合安全操作规范,避免因操作不当或设备故障引发事故。例如,在施工中,涉及化学反应、物料搬运、热交换等环节时,必须对每个流程进行安全评估和监控,确保各项措施得以执行。同时,对施工中使用的设备要进行严格的安全检查,确保其符合使用标准和技术要求。施

工前对设备进行预检,并对设备的使用进行全过程监控,及时发现和排除故障,避免设备故障导致的安全事故。通过对关键工艺和设备的严格管理,可以有效控制施工过程中可能引发的安全风险,保障施工现场的安全运行。

5.2 施工现场安全监督与检查技术

施工现场安全监督与检查是确保施工安全的重要环节。为了有效防范事故的发生,施工现场需要进行严格的安全检查,确保每一项安全措施都能够落实到位。安全检查技术包括对施工现场各项安全防护设施的检查,对施工人员的安全行为和操作规范的监督,对施工设备和工具的安全状态进行排查等。安全监督员在现场巡视时,要通过定期和不定期的检查,发现施工中的安全隐患,并及时采取措施进行整改。检查技术的实施不仅依赖人工巡查,还可以借助现代化的技术手段,如安全监控系统、智能传感器等,对施工现场进行实时监控,提高安全检查的效率和准确性。施工现场的安全检查要做到全面、细致、持续,确保所有隐患能够被及时发

现并消除,为施工安全提供有力保障。

5.3 安全事故应急处理与事故预防技术

在化工项目施工过程中,尽管采取了多种安全管理措施,但由于施工现场的特殊性和不确定性,仍然有可能发生安全事故。因此,建立有效的安全事故应急处理机制至关重要。应急处理技术包括事故发生后的迅速响应、现场处置、人员救援等内容,关键是要有一个清晰的应急预案,并且每个施工人员都要经过应急演练,掌握应急处理的基本技能。预防技术则侧重于事故发生前的防控措施,例如通过细致的安全检查、强化危险源辨识、引入先进的安全检测设备等手段,减少事故发生的概率。事故应急处理与预防技术的结合,能够在事故发生时迅速有效地进行处置,同时通过预防手段减少安全隐患的存在,降低事故的发生率。通过完善应急响应机制和强化事故预防,化工项目施工阶段的安全保障能力将得到显著提升,图1为化工项目工程事故安全防范层次分析。



图1 化工项目工程事故安全防范层次分析

6 结论

化工项目施工阶段的安全管理至关重要,涉及的风险因素复杂多变,必须采用系统化、专业化的安全管理技术来进行有效控制。通过安全风险评估技术,可以提前识别潜在危险,采取科学的措施进行防控;而安全生产标准化与规范化管理的实施,能够有效提升施工现场的安全保障水平;安全培训与应急预案的技术应用则有助于提高员工的安全意识和应急处置能力;信息化技术的引入则为施工现场的安全监控提供了更为高效和精准的手段。同时,建设完善的安全保障体系也是确保施工安全的重要环节,通过优化组织架构、明确安全责任、加强安全文化建设,可以大大提高管理的落实效果。化工项目施工安全管理需要从技术、制度、人员等各方面进行多维度的优化,不仅要遵循国家法规,还要

结合实际情况进行灵活调整,从而达到降低安全风险、确保施工顺利进行的目標。

参考文献

- [1] 李海涛,赵晨曦.基于风险管理的化工项目施工安全控制策略[J].化学工程与技术,2023,42(6):52-58.
- [2] 陈维扬,刘星.化工建设工程施工安全管理的关键技术分析[J].建筑安全与健康,2024,38(3):44-50.
- [3] 余剑平,吴光辉.化工企业施工阶段的安全生产标准化研究[J].安全科学与技术,2023,45(5):118-123.
- [4] 高新宇,郑锦程.化工项目施工安全管理体系优化策略研究[J].工程管理学报,2023,40(1):89-95.
- [5] 孙泽宇,王晓辉.信息化技术在化工项目施工安全管理中的应用[J].智能建筑与城市信息,2024,46(2):112-118.

Research on the Characteristics and Control Measures of Fire and Explosion Accident in Chemical Enterprises

Peiwen Yu

Celanese Xingda (Wuxi) Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu, 214100, China

Abstract

Chemical enterprises have a certain particularity, the use of raw materials, intermediates and products have a strong flammable and explosive characteristics, in the process of production and operation has a large fire and explosion safety risks. Therefore, in the process of development, chemical enterprises need to improve their understanding of fire and explosion accidents, set up a special team to study the characteristics of accidents, strengthen source control, improve emergency plan, establish linkage mechanism, enhance the safety production awareness of all staff, so as to eliminate hidden dangers and ensure the safety of employees and enterprise equipment. In view of this, to carry out the research work, mainly analyze the characteristics of fire and explosion accidents, put forward several effective control measures for the reference of relevant enterprises.

Keywords

chemical enterprise; fire and explosion accident; control measures

化工企业火灾爆炸事故的特点与控制措施研究

于佩文

塞拉尼斯兴达(无锡)单丝有限公司, 中国·江苏 无锡 214100

摘要

化工企业具有一定的特殊性,使用的原材料、中间体及产品具有较强的易燃易爆特性,在生产经营的过程中存在较大的火灾爆炸安全隐患。因此,化工企业在发展的过程中,需要提高对火灾爆炸事故的认识,成立专门的小组,研究事故特点,加强源头管控,完善应急预案,建立联动机制,增强全员的安全生产意识,从而排除隐患,保障员工和企业设备的安全。鉴于此,开展本文的研究工作,主要分析火灾爆炸事故的特点,提出几点有效的控制措施,以供相关企业参考。

关键词

化工企业; 火灾爆炸事故; 控制措施

1 引言

近些年来化工企业迅猛发展,集群化发展明显加快,其中存在的火灾隐患也不断增多,加大了消防安全的难度,一旦发生火灾爆炸事故,不仅会对人员安全和环境造成影响,还会威胁社会的稳定发展。因此,化工企业需要提高对火灾爆炸事故的重视,具备消防安全建设的相关责任意识。从特点方面分析,充分掌握火灾爆炸事故的特点,采取适当的控制措施,编制方案,组建专业队伍,发挥技术优势,达到良好的控制效果。通过强化消防管控建设,从而保障化工企业能够安全稳定运行,实现企业的进一步发展。

2 化工企业火灾爆炸事故的特点

2.1 内部的三多特点

化工企业火灾爆炸事故存在三多特点,指的是潜在因

素多、本质安全隐患多和基础支撑缺失多。现阶段化工园区规模不断扩大,存在诸多化工场所。为了满足日常生产需求,常见有生产装置、输油管线、成品和半成品储罐等相关的设施。整体布局比较密集,一旦发生火灾事故,具有连续性的特点。而这些装置存在潜在的影响因素比较多,例如高温高压容器泄漏介质会呈现喷射状燃烧;竖向塔罐是立体式布局,液体流动火会快速蔓延沉降,形成立体火;地面流淌火焰,管沟排污渠会迅速扩散,形成跳跃式发展,临近的装置容器很容易被破坏,物料流淌容易发生连环爆炸^[1]。

由于行业滞后、监管力度不足等诸多因素影响,在早期的建设过程中,化工企业的早期设计并不合理,消防意识比较淡薄,缺乏安全生产的相关观念和认知,这就导致整体布局存在先天性的隐患。缺乏相关保护工艺措施的支持,导致整个设备处于失控漏管的状态。

一些化工企业存在重经济轻管理的情况,因此在消防安全方面投入力度不足,基础设施建设不完善,缺乏有力的支撑。采取的处理措施也相对单一,一旦引发火灾爆炸事故

【作者简介】于佩文(1990-),男,中国江苏南通人,本科,工程师,国家注册安全工程师,从事化工安全管理研究。

难以达到良好的控制效果。信息化建设程度不足,缺乏有效信息支撑,也会影响到初期力量的部署效率。各地区各部门的联动不到位,一旦发生事故,赶赴现场耗费时间比较长,难以发挥整体力量的优势。

2.2 现场处置的三高特点

在化工企业火灾爆炸事故的现场中存在三高特点,指的是现场处置危险程度高、技术要求高和联勤联战的效能标准高。化工企业本身存在一定的特殊性,在生产原料、生产工艺、生产装置等各个方面都存在一定的安全隐患。在装置区存在易燃易爆、有毒有害、高温高压等各种危险因素。需要根据原料的各项性能特点,选择合适的储存方式,并做好防护措施。由此可见,化工企业本身的安全隐患较多,在事故的现场处置中还存在较高的危险程度。一旦工艺措施不合理,强度不足很有可能会引起连环爆炸,造成巨大的损失。例如储罐区域的各储罐工况不同,受到高温高压、爆炸等的影响,导致储罐失稳变形,会牵连周边的管线,导致油气油液大量泄漏发生喷射火流淌火,进而引发大规模的火灾爆炸事故导致灾情失控^[2]。

在化工企业的日常生产经营中涉及了不同的工艺流程,要求不同使用的装置管线设备多,存在诸多的安全隐患。因此对相关的处置技术也提出了更高的要求,必须具体情况具体分析,综合考虑各类影响因素,选择合适的技术,同时又确保控制技术不会带来二次影响。在生产区配置的灭火器宜选用干粉或者泡沫灭火器,而在电信站、控制室、化验室等需要设置气体型灭火器。在储存区储存介质多种多样,爆炸后的特点也各不相同,因此要根据储存方式和燃烧介质,选择合适的灭火药剂,达到良好的控制效果。

在现场处置工作中需要开展联勤联战工作,多部门联动达到良好的控制效果,因此对现场的指挥体系也提出了更高的标准要求,需要综合分析研判,制定科学决策,加强力量调度和组织协调,确保各项专业力量参与其中。加强上下级联动和横向的沟通交流,实现多方信息交流会通,并根据现场情况及时应变,达到良好的控制效果。

2.3 灾情影响的三大特点

化工企业火灾爆炸事故灾情影响具有三大特点:社会影响大、经济损失大、人员伤亡大。化工企业一旦出现火灾爆炸事故,会造成严重的社会影响。而且,当单体事故对象发生爆炸燃烧时,很容易造成连锁的爆炸燃烧反应,导致化工产业链的整体经济受损严重,对周边环境工作人员等造成严重影响,导致人员伤亡大。

3 化工企业火灾爆炸事故的控制措施

3.1 落实三同步原则

三同步原则指的是化工企业生产工艺相关的安全设施在设计、施工和投入使用的程序方面实现同步,在该原则的支持下,可以确保安全设施设备与主体工程深度融合,有效落实控制措施,达到良好的防火效果^[3]。化工企业要提高对

三同步管理原则的认识,从前期设计方案入手,选择合适的工艺路线。对工厂各区域进行合理规划与布设,与防火工作同步进行。在选择路线时考虑防火需求,保障生产质量,尽可能地选择火灾危险性小的工艺技术。将防火工作作为工厂修建规划的前提,优化整体布局,合理设计防火安全间距。在施工的过程中也需要加强对设备材料的重点检验工作,确保设备的型号、规格、耐高温性、耐腐蚀性等各项性能完全符合要求,从而合理购入设备,完善整体规划,加强施工管理,从而有效排除化工企业的一些先天性隐患。将整体建设与防火工作同步落实到位,规避风险,达到良好的控制效果。

3.2 突出防火主次

在化工企业的生产区和原材料存储区存在大量的化工产品,防火压力更高。企业需要划定出重点的防火区域,突出防火的主次,根据区域程度不同,设置不同的规章制度,加强对员工的培训,提高员工重视^[4]。在原材料存储区和生产区要严禁员工携带火种进入,并制定针对性的巡视巡查措施,加强日常巡检工作,排除隐患,督促员工认真操作。发现问题及时上报,将隐患扼杀在摇篮中。而行政区的防火压力比较小,资源紧张的情况下,可以更加倾向于核心重点区域进行重点管控,加强防火建设。通过优化主次,可以编制更加详细的方案,也督促各部门之间加强沟通交流,积极配合。重点配置防火资源,选择不同的防火措施,从而提高整体的消防安全管理效率。

3.3 制定应急预案, 加强培训

化工企业开展火灾防范工作需要编制完善的应急预案,并进行演练与培训,确保火灾事故发生后,全体人员快速反应,正确处理,能及时救援,有效控制火灾事故的蔓延,避免造成更大的损失。参照各种资料,针对不同原因、不同程度的火灾事故编制相应的应急预案。可以按照泄漏、燃烧、爆炸三类灾情,分为初期、难控、失控、灾难性四个等级,并将预案设置为总体预案、战术预案、单项预案和专项预案4个方面^[5]。从这些方面入手,可以构建更加完善的应急管理机制。可以有效应对不同程度、不同类型的火灾爆炸事故。在预案的支持下组织化工企业开展日常演练,强化单元作战效能。相关部门需要发挥联动作用,组织各部门和企业参与到演练工作中,发挥各部门的职能优势,提高各主体的重视程度以及处置火灾爆炸事故的应急能力,可以拿到良好的控制效果,有效控制火灾事故造成的损失和破坏。

3.4 完善联动机制建设

构建完善的联动机制,优化指挥管理建设,遇到较大的灾情事故,相关部门组织迅速参与到救援行动中,从而达到良好的控制效果。在队伍内部要建立高度融合的救援联动机制。办公室、人事处、防火监督处、社会消防工作处、后勤装备处需要加强联络,建立相关组织。出现问题后,可以及时启动该机制,确保各主体参与到灭火救援行动中。遵循统一指挥,着急指挥的原则,明确分工落实到具体的人身

上,可以提高各部门各人员的重视,协同作战,落实救援方案。还要重视社会联动机制的建设,整合优势资源,扩大联动联动的覆盖面,建立跨部门、跨行业、跨警种的指挥体系^[6]。可以实现多部门的资源共享、统一调度和指挥。定期进行应急预案的研判和演练活动,总结分析,发现问题解决问题,从而不断地完善联动措施,细化方案,制定完善的工作机制,有效应对各类别各程度的火灾爆炸事故。化工生产火灾预警与消防联动程序图如图1所示。

3.5 完善基础设施建设

化工企业在防火工作中需要重视相关基础设施的建设,为各项措施和技术的落实提供保障。也能确保日常生产经营的稳定运行,有效排除隐患,提高消防安全的管理效率。首先,考虑到现阶段化工企业的生产工艺特点,完善基础设施建设。并加强对设备设施的日常管理,提高安全生产水平,有效降低风险。在特种设备状态、附件状态、防爆泄压设施等各方面强化管理,制定完善的管理方案,定期开展检查与

监管工作,确保各装置处于完好的状态。定期开展防腐性能的检查工作,确保各项性能达标,有效规避腐蚀隐患带来的影响。定期对特种设备状态进行检测和管理,确保这些设备长期处于安全稳定运行的状态。其次,重视信息化的建设。在信息化技术的支持下,可以实现设备之间、人员之间、各主体之间的有效联动。不仅可以开展实时监测工作,也能实现信息共享,为防火工作提供技术保障和工作依据。在技术方面可以通过物联网等相关设备实现有效连接。实时监测下掌握设备的运行状态。可以应用报警联锁设备,生产过程中如果出现异常和故障问题能及时报警,并对故障自动联锁处理,达到良好的防范效果^[7]。最后,构建信息化平台,实现数据共享,加强各主体的沟通交流,共享数据,编制详细方案,为管理工作提供重要依据。而且在信息技术的支持下,可以实现有效的防火宣传教育,定期开展网上培训,增强职工的防火意识,掌握安全防护措施,从而达到良好的宣传教育效果。

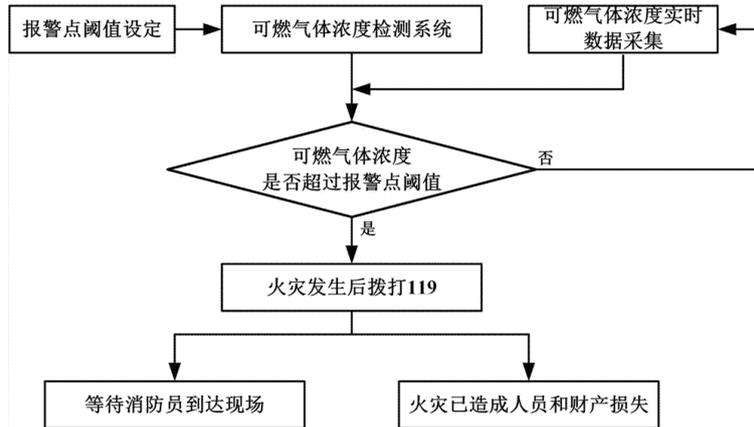


图1 化工生产火灾预警与消防联动程序图

4 结语

综上所述,化工企业发生火灾爆炸事故会造成较大的直接或间接的损失,并不利于企业的进一步发展。因此,在日常工作中,化工企业需要明确火灾爆炸事故的特点。落实三同步原则,从源头上管控去除隐患。编制应急预案,定期开展演练,增强职工的防火意识。完善基础设施建设,构建联动机制,可以有效排查安全隐患,应对火灾爆炸事故。从多方面入手,强化化工企业的消防安全管理建设,降低事故的发生概率,保障人员的生命安全和企业的经济效益。

参考文献

[1] 吕彦杰.化工企业火灾爆炸事故特性及对策建议[J].消防科学与

技术,2022,41(6):856-859.

[2] 刘帆.化工企业火灾事故的调查与关键技术[J].化工管理,2024(1):71-73.

[3] 纪巧林.化工企业火灾爆炸事故安全防护措施分析与研究[J].化工管理,2020(10):123-124.

[4] 骆晓阳.石油化工企业火灾事故特点及预防措施[J].化工管理,2023(5):95-97.

[5] 徐敏.中小型石油化工企业火灾事故特点及防火对策[J].化工管理,2021(14):122-123.

[6] 刘道春.石化企业如何防止火灾爆炸事故[J].现代班组,2021(6):24.

[7] 马刚.化工设备火灾爆炸事故模式与灭火救援对策[J].化工管理,2022(14):75-77.

The Design Points of Nitrogen Sealing System for Atmospheric Pressure and Low Pressure Storage Tank

Yan Li

Shandong Fuhai Petrochemical Engineering Co., Ltd. Nantong Branch, Nantong, Jiangsu, 255095, China

Abstract

In the operation process of light oil storage tank, there are often problems such as respiratory loss, severe waste of oil, and even increase the oil and gas explosion space in the storage tank. In addition, when the concentration of hydrogen sulfide in the oil is high, a large amount of ferrous sulfide is easy to produce, increasing the risk of material spontaneous combustion. In view of the above situation, the nitrogen sealing system of the storage tank can be fully utilized to increase the sealing of the storage tank through the nitrogen pipeline, breathing valve, nitrogen valve, emergency pressure relief valve and other devices, so as to ensure that the oil and gas space in the tank is moderate to maintain the nitrogen sealing state of positive pressure, and realize the safe operation of the storage tank. The paper mainly on the atmospheric pressure and low pressure tank nitrogen sealing system design analysis, especially for the nitrogen sealing system principle, pressure design principle, gas supply calculation method, considerations, so as to effectively play the role of the application of tank nitrogen sealing system, ensure the safety of the tank, avoid outside gas pollution tank material, has played an important role in the petrochemical industry.

Keywords

atmospheric pressure storage tank; low-pressure storage tank; nitrogen sealing system; design key points

常压及低压储罐的氮封系统设计要点思考

栗艳

山东富海石化工程有限公司南通分公司, 中国·江苏 南通 255095

摘要

在轻质油储罐运行过程中, 往往存在储罐呼吸损耗等问题, 油品大量挥发浪费严重, 甚至加大储罐内油气爆炸空间; 此外当油品中的硫化氢浓度较高时, 容易产生大量的硫化亚铁, 加大物料自燃风险。针对以上情况, 可以充分利用储罐氮封系统, 通过氮气管线、呼吸阀、氮气阀、紧急泄压阀等装置, 增加储罐密封性, 确保罐内油气空间始终保持正压的氮气封存状态, 实现储罐安全运行。论文主要对常压及低压储罐的氮封系统设计要点进行分析, 尤其对氮封系统的原理、压力设计原则、供气量计算方法、注意事项等进行详细分析, 从而有效发挥储罐氮封系统的应用作用, 保障储罐安全, 避免外界气体污染罐内物料, 在石油化工行业发挥了重要作用。

关键词

常压储罐; 低压储罐; 氮封系统; 设计要点

1 引言

在石油化工企业运行中, 物料在存储、运输过程中往往会发生挥发现象, 不仅造成极大的物料浪费, 还会致使外界气体进入储罐造成物料污染。此外, 由于储罐内物料外输、温度变化等因素影响, 致使罐内气体压力波动较大, 危害储罐稳定运行。基于此, 需要利用氮封系统增加储罐密封性, 保障整体氮气处于封存状态, 实现常压、低压储罐的灵活性处理, 减少罐内有氧环境, 减少自燃风险。

2 氮封技术原理

通常情况下, 氮封系统包含氮封阀、呼吸阀、泄氮阀、紧急泄放装置等构成。当需要把储罐中的物料输送出来时, 储罐内的液面会下降, 气相容积增大, 罐内气相压力减小^[1]。这种情况下, 为了保障储罐安全运行, 需要打开氮封阀, 并向储罐内持续注入氮气, 确保储罐内的氮气压力增高到氮封阀压力设定值时, 就需要自动关闭氮封阀; 当需要向储罐内输送物料时, 储罐内的气相容积会逐渐降低, 罐内压力越来越高, 当压力值超过泄氮阀设定值, 就需要打开阀门, 把储罐内的氮气向外界释放, 这样可以降低储罐内的氮气压力, 当储罐内的氮气压力达到泄氮阀压力设定值时, 就会自动关闭泄氮阀。如果氮封阀和泄氮阀不能正常运行时, 需要利用呼吸阀代替氮封阀、泄氮阀对整个储罐安全进行保护。当发

【作者简介】栗艳(1985-), 女, 中国山东德州人, 硕士, 工程师, 从事化工工艺设计、化工管道设计研究。

生火灾时,储罐内液体在热气影响下温度升高,蒸发量加大,这时候就需要利用紧急泄放装置把储罐内的气体释放出来,进而控制储罐内的压力,避免储罐受到损坏。在氮封系统实际应用中,需要结合实际情况,优化改造内浮顶储罐,如封堵储罐罐壁通气口,通过安装呼吸阀进而保障氮封系统安全性;此外还需要安装紧急泄放阀,进而避免氮封系统发生故障问题,避免储罐发生超压、负压问题,防止发生抽瘪事故^[2]。其中氮封系统主要引用在内浮顶储罐和固定顶储罐中。其中,氮封系统流程如图1所示。

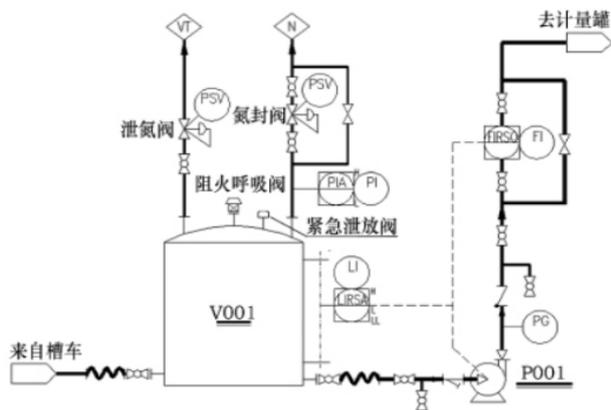


图1 氮封系统流程

3 氮封系统压力设计原则

钢制立式圆筒形固定顶储罐的设计压力通常需要设置在 $-0.5\sim 2\text{kPa}$ 。为了保障氮封系统安全运行,需要确保各个安全附件压力区间没有交集。一旦不同安全附件定压误差过大或者压力区间出现交集等问题,就会影响氮封系统的正常运行。通常情况下,在氮封系统设计过程中,需要确保泄氮阀压力值在氮封阀压力值以上,这样可以减少供氮装置、泄氮装置的启动频率,减少氮气浪费,且能够进一步提升整体设备装置的使用寿命^[3];呼吸阀呼出设定值需要在泄氮阀压力值以上,且在氮封阀压力设定值以下;灌顶呼吸阀能够对储罐安全进行良好保护,尤其是在氮封阀、泄氮阀不能正常工作的状态下,需要呼吸阀发挥其保护功能,避免储罐受到损坏。

4 氮封系统供气量计算

氮封装置的供气量影响因素主要有物料外输量、气相冷凝、收缩量等。其中氮封装置供气量控制原则如以下公式所示:氮封装置供气量 \geq 物料外输储罐需补充气量+罐内气体冷凝和收缩所需补充的气量。罐内外输补充气量就是最大输出能力;在气温骤降影响下致使储罐内的气体收缩、迅速冷凝等引起罐内气相降低,就要结合实际需求向储罐内补充气量^[4]。按照相关规范要求,当储罐有效容积超过 3180m^3 ,补充起量和储罐罐体表面积呈现比例关系,最小补充气量为 $0.6\text{m}^3/\text{m}^2$;当有效容积在 3180m^3 以下时,最小

补充气量为 $0.178\text{m}^3/\text{m}^2$;以上所需气量的总量再加上一一定量的损耗,就是单个储罐氮封系统所需消耗的氮气的量。以上气量允许储罐内气体每小时温度变化 37.8°C 。

5 氮封系统使用工况

储罐系统往往需要结合实际生产需要对罐内的气体进行外输或者内输,为了避免这一过程中储罐内物料受到外界气体污染产生化学反应,需要充分发挥氮封系统的作用,利用补充、释放储罐内的氮气等方式,确保储罐内的压力始终保持稳定,避免储罐内物料与外界气体相接触^[5]。氮封系统主要在不同大型储罐气封保护系统中进行使用,如储存介质闪点在 60°C 以下,且物料易燃易爆;储存介质毒性大且挥发性较强;储存介质含硫且储罐材质为碳钢时,会生成硫化亚铁,此时需要利用氮封系统避免该物质出现自燃问题;对水溶性介质进行储存时需要利用氮封系统控制水分;储存介质与空气接触发生聚合等。

6 氮封系统的应用优势

储罐氮封系统属于自力式微压力控制系统,能够保障容器顶部保护气体压力的稳定性,避免储罐内出现可燃环境,同时能够结合储罐内压力情况对罐内气体进行排放,如当气温突然下降时会引起储罐内物料蒸汽出现冷凝现象,或者当储罐内物料外输致使液面降低时,会致使储罐内压力降低,这时候需要开启氮封阀,并向储罐内补充氮气,这样可以防止常压储罐出现真空问题,防止内外压差过大致使储罐被压瘪的问题^[6];氮封系统的应用,还能够保护储存物料,尤其可以避免外界气体进入到储罐内对罐内物料造成污染,进而保障物料的安全性,使其能够长期保存;氮封系统的应用能够减少大气环境污染,该系统的应用能够确保储罐内部始终处于微正压状态,这样可以降低物料蒸发量,减少物料挥发。氮封装置应用较为灵活,且节能效果较好,能够保障整体装置可靠性运行,方便后期维修和操作,在石油化工行业获得了良好的应用前景。在氮封装置应用过程中不需要额外消耗能源,可以在没有电、没有燃气的情况下,充分利用被调介质能量作为动力源,充分利用压力阀指挥器针对性控制压力阀芯位置,这样可以通过调节流经阀门介质流量的途径,保障阀门后端压力的稳定性和可靠性,使其压力保持恒定。还可以结合实际情况对氮封装置的供氮压力进行灵活性设置,并能够使其连续运行,此外还能够利用调节氮封阀顶部调节螺丝的方式,改变弹簧受力情况,实现设定压力范围工艺值的灵活性调整。

7 氮封技术的影响因素

储罐中的物料往往受到物料性质、密度、作业环境等因素的影响,致使物料蒸发损耗严重。因此,在氮封系统设置中需要充分考量以下因素:①温度变化,室外环境温度变化会引起储罐内物料温度的变化,进而改变物料饱和蒸汽

压。当储罐内物料温度持续增高时,会导致液面上部的气体出现膨胀现象,液面物料蒸发量也越来越高,进而致使储罐气体压力过高,引起膨胀呼气问题。当储罐内的物料温度降低时,液面上部气体出现收缩凝结现象,罐内气压降低,引起收缩吸气问题^[7]。②液位变化,在储罐进料、输料过程中,会引起罐内液位出现改变,进而引起储罐压力改变。当向储罐内输入物料时,液位逐渐升高,气相空间压缩,罐内压力升高,一旦储罐排气不顺畅,很有可能引起鼓罐现象;外输物料时,罐内的液位降低,气相空间越来越大,气压降低,这是就要向罐内补气,不然会加大瘪罐事故。③隔绝空气,如果储罐内的物料属于易燃易爆品、有毒品等,为了减少呼吸因素引起的物料损耗,避免有毒有害气体泄露到空气中污染环境,需要引进氮封系统,利用呼吸阀、紧急泄放阀等装置对储罐进行保护,进而避免外界气体进入储罐,避免物料受到污染,避免储罐超压、负压损坏等问题引起储罐损坏。

8 注意事项

在氮封系统设计过程中,为了保障氮气供气管的安全运行,需要将其接管位置设置在与泄氮管接口较远的位置,同时需要从罐顶部插入储罐内20cm左右,这样可以避免氮气出现短路问题。呼吸阀需要安装在储罐气源的最高点,这样可以减少物料蒸发引起的损耗,只有这样才能确保储罐呼吸能够在火灾事故中与最大通道直接连接。此外需要在灌顶中心对称安装两个呼吸阀,且要优化选择呼吸阀规格,尽量选择全开启式的呼吸阀。此外,要结合环境温度、物料性质等优化选择物料类型,尤其可以通过防冻、防结晶等措施对呼吸阀进行保护。当在寒冷天气使用时,需要使用全天候呼吸阀进行安装。在氮封系统设计中,需要将氮封阀前压力设计在2.5kPa以下,如果现场压力较高,需要在阀前安装一个特定型号的自力式压力调节阀,这样可以对现场压力进行有效调节,使其不超过1kPa,这样可以保障整体储罐的安全性使用。在氮封系统设计中,需要结合实际情况,把氮封阀、泄氮阀安装在与灌顶不远的位置,尽量不要安装在罐底部,这样可以防止因为背压管线过长引起较大的压力调节误差等问题。在氮封系统设计中,需要因地制宜,根据当地地形、气候条件,选择针对性的保温隔热措施,此外还需

要对氮气储罐容量进行科学设置,这样可以实现供气量最小化,有效控制设备投资,减少整体设备运行费用,最大程度上节省成本^[8]。虽然氮封系统能够减少储罐内组分挥发,但是当饱和蒸汽超过76kPa时,需要使用压力容器进行储存,这样可以源头控制氮封系统稳定性;此外还需要做好密封系统的改造工作,针对液位计密封、检尺孔密封、泡沫发生器密封等部分进行针对性改造处理,减少泄露问题,尤其要在使用前开展正负压试验,保障储罐密实性。要优化回收装置设计,减少油品损耗程度,对温度进行合理控制,优化氮封系统的回收系统,减少油品损耗程度,同时与尾气回收系统联合应用,减少油品挥发损失,降低环境污染。

9 结语

综上所述,为保障常压及低压储罐的安全运行,减少油品挥发浪费,需要对氮封系统进行优化应用,充分发挥呼吸阀、紧急泄放阀等装置的功能作用,进而降低物料损耗,减少外界气体进入储罐内,避免内部物料受到污染,同时降低环境污染,保障整体储罐的安全性和可靠性。因此要结合石化化工行业的实际需求,优化设计常压及低压储罐的氮封系统,使其在石油化工行业发挥重要作用。

参考文献

- [1] 邢健全.常压及低压储罐安全泄放系统设计分析[J].云南化工,2021,48(12):116-118.
- [2] 韩志萍.低压储罐三级压力保护的设置与计算[J].石油化工安全环保技术,2021,37(5):22-26+37.
- [3] 兰曙阳,王子伟,蔡世昌.低压液体化工品储罐氮封装置的常见故障和维修应用[J].港口科技,2020(8):4-5+10.
- [4] 伊建华.常压、低压储罐压力泄放设施设定压力及呼吸量精确计算[J].化工设计,2018,28(6):35-37+1-2.
- [5] 李雪娟.石油化工常压及低压储罐的氮封系统设计[J].低碳世界,2018(6):359-360.
- [6] 冯浩.浅析低压储罐设计[J].石化技术,2018,25(2):110.
- [7] 范丛峰,张梦华.可燃介质低压储罐氮封系统设计和呼吸气量的计算[J].山东化工,2017,46(6):114-115.
- [8] 王佰亮.石油化工常压及低压储罐的氮封系统设计[J].化工设计,2016,26(5):14-16+21.

Efficiency Analysis of Dimethyldichlorosilane as an Azeotropic Agent in Turpentine Alkene Extraction

Wei Chen Wentao Ding Wenlian Zhou

Zhejiang Zhengrong Spice Co., Ltd., Quzhou, Zhejiang, 324300, China

Abstract

This paper studies the use of dimethyldichlorosilane as a coboiling agent in the extraction of turpentine alkene. The effects on the extraction efficiency and ene purity were analyzed in depth. The experimental design considerations include different temperatures, the dimethyldichlorosilane concentration, and the extraction time, which are optimized for the ene extraction rate. Dimethyldichlorosilane was found to have the ability to reduce the ene extraction temperature and increase the separation efficiency. Find out the advantages of the azeotropic extraction method, and reveal its potential in solvent recovery and environmental protection. After multiple extraction and distillation, the purity and recovery rate of ene are optimized, providing a new technical path for the efficient extraction of turpentine ene.

Keywords

dimethyldichlorosilane; azeotropic extraction; ene extraction; extraction efficiency; purity control

二甲基二氯硅烷作为共沸剂在松节油蒎烯提取中的效率分析

陈渭 丁文涛 周文莲

浙江正荣香料有限公司, 中国·浙江 衢州 324300

摘要

本文研究了二甲基二氯硅烷作为共沸剂在松节油蒎烯提取中的使用。深入分析了其对提取效率和蒎烯纯度的影响。实验设计的考虑包括不同温度、二甲基二氯硅烷浓度以及提取时间, 这些因素对蒎烯提取率是有优化作用的。发现二甲基二氯硅烷具备降低蒎烯提取温度并增加分离效率的能力。为共沸萃取方法找出优势所在, 并揭示其在溶剂回收和环保方面存在潜力。经过多次提取与精馏结合, 优化了蒎烯的纯度与回收率, 为松节油蒎烯的高效提取提供了新的技术路径。

关键词

二甲基二氯硅烷; 共沸萃取; 蒎烯提取; 提取效率; 纯度控制

1 引言

松节油作为一种重要的天然有机溶剂和香料源, 广泛应用于化妆品、医药、食品等行业, 其中蒎烯是其主要的活性成分之一。尽管水蒸气蒸馏、溶剂萃取等作为传统的蒎烯提取方法存在, 但常被低效率、高能耗和溶剂残留问题困扰。因此, 对于新兴分离技术—共沸萃取法来说, 由其提升的提取效率并解决了现有技术不足赢得了日益增多的关注度。二甲基二氯硅烷, 作为一种常见的共沸剂, 具有良好的挥发性和溶解性, 可以有效地与蒎烯形成共沸混合物, 从而降低提取过程中的温度要求, 减少能源消耗, 并且提高蒎烯的纯度。研究二甲基二氯硅烷在松节油蒎烯提取中的应用, 能够优化现有的萃取工艺, 提升提取效率, 并为工业化生产提供理论依据和技术支持。因此, 探讨二甲基二氯硅烷共沸萃取在蒎

烯提取中的效率及优化策略, 具有重要的实际意义和应用价值。

2 二甲基二氯硅烷共沸提取原理

2.1 共沸现象的基本原理

通常在特定的液体混合物中会出现共沸现象, 其定义为液体混合物中的溶质和溶剂, 在一定温度和压力条件下, 蒸气组成保持恒定, 使得液体与蒸气的构成无异。这种混合物的沸腾点被称为共沸点, 它指的是在固定压力下, 混合物同时达到最大热度喷发状态的极值点。而此时由于达到了临界状态, 故即便是温度升高也不再影响它们构成比率的变化。分子间相互作用差异大可引起挥发性显著改变。对于松节油中的蒎烯提取, 共沸现象的引入能够通过选择适当的共沸剂来降低蒎烯的提取温度。共沸剂在萃取过程中与蒎烯形成低沸点的共沸混合物, 从而在较低温度下实现蒎烯的蒸发和分离。

【作者简介】陈渭(1985-), 男, 中国浙江衢州人, 本科, 工程师, 从事林产化工研究。

2.2 二甲基二氯硅烷作为共沸剂的特性

二甲基二氯硅烷(DMDCS)有机硅化合物,在其化学结构中,存在着硅-氯键。这种特性赋予了它在某些条件下与多种有机化合物制成共沸混合物的能力。其低沸点和强挥发性展现了令人瞩目的物理特性——在萃取过程中,作为一种策略,它能够与蒎烯非常迅速地同步蒸发,有效精确地降低提取温度并减少消耗能量。选择如此紧密相关且绝妙无比:对松节油中蒎烯溶解度高的二甲基二氯硅烷作为媒介,在温度偏低时也可推动蒎烯的挥发,并实现优良分离效果。与松节油中的蒎烯相互作用时,二甲基二氯硅烷通过形成共沸混合物降低了蒎烯的沸点,使得蒎烯可以在低于其常规沸点的条件下被提取出来,避免了高温对蒎烯本身及其他热敏性成分的破坏。

2.3 共沸剂在蒎烯提取中的作用机制

在蒎烯提取过程中,共沸剂的作用通过降低沸点、增强挥发性和促进溶解性等方面展现出来。对于蒎烯的蒸发与分离,往往需要其与溶剂或共沸剂之间的相互关系,更重要的是,在低沸点溶剂存在时,高效分离蒎烯变得行之有效。原本属于共沸萃取环节里的步骤,由共沸剂与蒎烯生成一种混合物,导致了对应问候温度下较少受损失而做到了减少让自身转化为气态所需高温带给成草香素不必要的影。蒎烯的萃取效果得以增强,二甲基二氯硅烷的高溶解性和良好挥发性居功至伟,同时也提升了一定程度上的选择性。在蒎烯萃取过程中,温度和压力成为共沸现象与提取效率影响最大的关键因素。将温度保持在较低状态可以有效减少蒎烯损失,并降低能耗,使整个萃取过程更显节能高效。而通过适当调节压力,则有助于控制共沸点变化,优化共沸萃取过程并进一步提升其提取效率。

3 二甲基二氯硅烷共沸萃取实验设计与结果

3.1 实验设计与操作步骤

蒎烯提取过程,透过实验室规模的共沸萃取设备完成。玻璃搅拌反应釜扮演了实验使用反应器的角色,其容积为1L,并能加热、冷却以及搅拌。在精密控制温度和压力上,反应釜配备了温度传感器和压力表。水浴恒温装置负责维持常态与温度调节同时自动调节阀对压力进行调整。该次实验在60℃至120℃的温度范围内操作,而压力则保持在常压至1.2 MPa之间,这样做是为了观察并探究温度与压力如何影响共沸萃取效果的变化情况。

在不同的实验组中,二甲基二氯硅烷的浓度分别设定为5%、10%、15%和20%(体积比),实验温度为80℃、100℃、120℃,提取时间设定为1小时、2小时和3小时。样品收集方式为定时取样,提取后的液相通过分液漏斗进行分层处理,分离出萃取相。每次实验完成后,收集蒎烯溶液并进行分析。样品分析使用气相色谱(GC)法,采用毛细管柱(30m × 0.25mm × 0.25μm)进行分离,载气为氮气,

流速设定为1.0 mL/min,进样口温度为250℃,检测器温度为280℃,进样量为1μL。

3.2 提取效率的计算与分析

提取效率是衡量共沸萃取过程效果的重要指标,通常通过计算提取物中目标成分的质量与原料质量之间的比值来得出。提取效率的公式如下:

$$\eta = \frac{m_{\text{蒎烯}}}{m_{\text{原料}}} \times 100\%$$

其中, η 为提取效率; $m_{\text{蒎烯}}$ 为提取的蒎烯质量,g; $m_{\text{原料}}$ 为原料松节油的质量,g。在每次实验中,取样后使用气相色谱分析得到蒎烯的质量,通过与原料松节油的质量进行比较,计算出提取效率。

3.3 实验结果与数据分析

通过对不同实验条件下的蒎烯提取效果进行系统分析,得出了一系列实验数据。不同二甲基二氯硅烷浓度与温度条件下的蒎烯提取率如表1所示。

表1 不同二甲基二氯硅烷浓度与温度下蒎烯提取效率

二甲基二氯硅烷浓度 /%	温度 /℃	提取效率 /%
5	80	48.2
5	100	52.5
5	120	49.6
10	80	56.8
10	100	62.3
10	120	61.1
15	80	65.4
15	100	70.9
15	120	68.5
20	80	67.8
20	100	72.5
20	120	71

从上面表格可以看出,随着温度的提高,提取效率显著上升,尤其在10%和15%的二甲基二氯硅烷浓度下,100℃时提取效率达到最高。

4 二甲基二氯硅烷共沸萃取的效果优化与分析

4.1 影响因素的系统分析

在共沸萃取过程中,温度、时间和二甲基二氯硅烷浓度是影响蒎烯提取效果的关键因素。提取效率与温度和时间呈现密切的正相关关系。在一定范围内,温度的升高能够显著增加蒎烯的挥发速率,从而提高提取效率。然而,温度过高时,二甲基二氯硅烷及蒎烯的蒸发损失会增加,导致提取效率的下降。从实验结果可以看出,100℃是一个优化温度,既能够充分挥发蒎烯,又能避免溶剂的过度损耗。

4.2 二甲基二氯硅烷共沸萃取的优势

传统的水蒸气蒸馏法和溶剂萃取法,相对于二甲基二氯硅烷共沸萃取法,其优势并不明显。前者虽有较高的温度

需求,也容易引发目标成分与水分共同蒸馏出来,致使得提取效率不稳定且低纯度问题突出;后者虽能提升目标成分的提取效率,但大量使用有机溶剂,并困扰着溶剂回收利用难以实现与环境污染几个问题。在这样一种情况下,二甲基二氯硅烷共沸萃取法在较低温度下即可有效分离蒎烯,在挥发性强的溶剂中留有极少残余量,并节约了处理环境污染的资源及时间。

4.3 提取过程中纯度与回收率的控制

在本实验中,通过控制共沸萃取的操作条件,可以有效地提高蒎烯的纯度并优化其回收率。蒎烯的纯度主要取决

于共沸萃取过程中蒎烯与其他挥发性成分(如松节油中的其他萜烯类化合物)的分离效率。在实验过程中,随着二甲基二氯硅烷浓度和提取温度的优化,蒎烯的纯度得到了显著提高。尤其在温度为100℃、二甲基二氯硅烷浓度为10%时,蒎烯的纯度可达到98%以上。不同提取条件下蒎烯的纯度和回收率如表2所示。

从上面表格可以看出通过精细化控制共沸萃取的操作条件,蒎烯的纯度与回收率得到了进一步优化。温度和时间的合理组合不仅提高了蒎烯的提取效率,也改善了蒎烯的纯度。

表2 不同提取条件下蒎烯的纯度与回收率

二甲基二氯硅烷浓度 /%	提取温度 /℃	提取时间 /h	蒎烯纯度 /%	蒎烯回收率 /%
5	80	1	89.5	68.3
10	100	2	96.3	72.5
15	120	2	98.1	78.2
20	100	3	97.8	83.6

5 结论

本文对二甲基二氯硅烷在松节油蒎烯提取中作为共沸剂的应用进行了深入探索,同时对共沸萃取的原理、影响元素及其优点做出系统性分析。实验结果明确展示出温度、时间和二甲基二氯硅烷浓度对提取效率产生重大影响,而其中温度和浓度经过优化后能有效提升蒎烯的纯度与提取效果。以传统提取方式比较,使用二甲基二氯硅烷共沸萃取法会在规模上、纯净度上提升,并且在溶剂回收方面展现出显著的优越性。进一步分析还指出,通过优化操作情况可使得蒎烯纯净程度及回收水平达到理想状态。该研究为松节油蒎烯的高效提取提供了理论支持和实践指导,具有重要的工业应用潜力。

参考文献

- [1] 周立刚,阮金俊,胡晓雨,等.提高二甲基二氯硅烷水解物裂解效率的方法探讨[J].云南化工,2024,51(8):90-92.
- [2] 王鑫.直接法合成二甲基二氯硅烷的反应机理与收率影响研究[J].粘接,2023,50(11):118-121.
- [3] 辛海亮.二甲基二氯硅烷水解物本体法裂解反应的研究[J].精细与专用化学品,2023,31(10):62-64.
- [4] 杨典,王芳,万焯,等.分离三氯氢硅中甲基二氯硅烷的研究进展[J].无机盐工业,2021,53(3):30-33+72.
- [5] 钟伟.萃取精馏分离纯化二甲基二氯硅烷的研究[D].青岛:青岛科技大学,2012.