



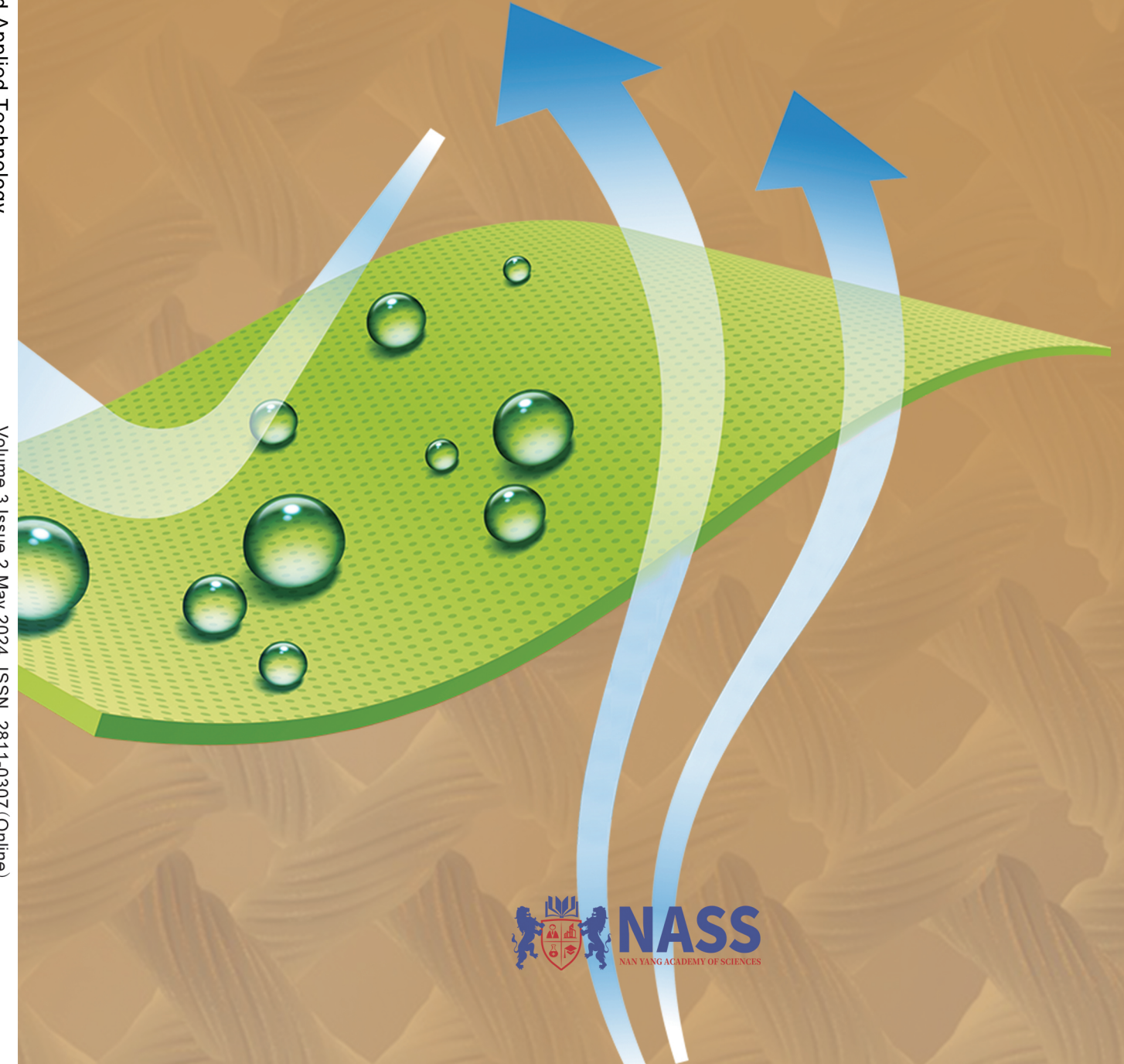
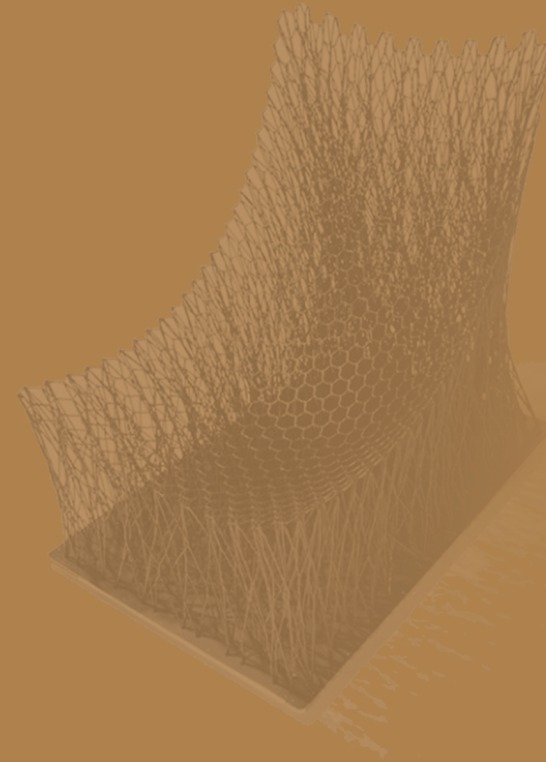
材料科学与应用技术 Materials Science and Applied Technology

Volume 3 Issue 2 May 2024 ISSN 2811-0307 (Online)

Volume 3 Issue 2 May 2024 ISSN 2811-0307 (Online)

材料科学与应用技术

Materials Science and Applied Technology



Nanyang Academy of Sciences Pte. Ltd.
Tel.:+65 65881289

E-mail:contact@nassg.org

Add.:12 Eu Tong Sen Street #07-169 Singapore 059819



中文刊名：材料科学与应用技术

ISSN: 2811-0307 (网络)

出版语言：华文

期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/msat

出版社名称：新加坡南洋科学院

Serial Title: Materials Science and Applied Technology

ISSN: 2811-0307 (Online)

Language: Chinese

URL: http://journals.nassg.org/index.php/msat

Publisher: Nan Yang Academy of Sciences Pte. Ltd.

《材料科学与应用技术》征稿函

Database Inclusion



Asia & Pacific Science
Citation Index



Creative Commons



MyScienceWork



Google Scholar



Crossref



China National Knowledge
Infrastructure

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：材料科学与应用技术

ISSN：2811-0307（Online）

出版语言：华文刊

期刊网址：http://journals.nassg.org/index.php/msat

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
- 中国知网（CNKI）、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。

材料科学与应用技术

Materials Science and Applied Technology

Volume 3 Issue 2 May 2024

ISSN 2811-0307 (Online)

主 编

邢宝林

河南理工大学, 中国

编 委

余 鹏 Peng Yu

刘恩超 Enchao Liu

高 飞 Fei Gao

郝名扬 Mingyang Hao

- | | | | |
|----|---|----|--|
| 1 | 利用新型材料改善土木工程工艺与施工质量
/ 张永 | 25 | 低温环氧固化胶的制备与性能研究
/ 杨蒙健 |
| 4 | 金属材料腐蚀及表面处理工艺研究
/ 张凤玲 | 28 | 工业建筑的腐蚀特性及防护措施
/ 李文翔 姚知君 陈一达 |
| 7 | 浅析硫酸亚铁铵滴定法测定钒氮合金中钒
/ 万林 李竞春 | 31 | 60Si2CrV 钢坯角部横向裂纹的研究
/ 朱小龙 |
| 10 | 基于化学工程的高分子材料分析
/ 崔友飞 陈为洪 | 34 | 尼龙材料增韧与耐热性协同提升的创新研究
/ 蔡彩云 |
| 13 | 基于材料工程与水资源工程的 SiO ₂ 干凝胶回收利用技术研究
/ 车明川 王子敬 | 37 | 单晶硅片化学机械抛光的表面损伤及对策阐述
/ 吴雄杰 江红卫 |
| 16 | 天然气安全管理中的化学材料选择与应用研究
/ 辛燕 | 40 | 棉秆纤维素 /Mg-MOF-74 复合凝胶的制备及对 CO ₂ 的吸附性能研究
/ 郑豪方 严金顺 周麟 张双辉 廖剑宇 |
| 19 | 略谈复合材料在机械结构中的应用与设计策略
/ 丛朋雨 | 44 | 高强度铝硅镀层板辊底炉加热输送辊的损伤研究
/ 任晓琪 王梁 |
| 22 | 碱锰电池的制造技术与成本效益分析
/ 史振华 | 47 | 聚集诱导发光材料负载蒙脱土显现潜指纹技术研究
/ 赵俊凯 王成成 顾子昂 法怡婷 金晓东 |

- 1 Improve the Technology and Construction Quality of Civil Engineering by Using New Materials / Yong Zhang
- 4 Research on Metal Material Corrosion and Surface Treatment Technology / Fengling Zhang
- 7 Determination of Vanadium in Vanadium Nitrogen Alloy by Ammonium Ferrous Sulfate Titration / Lin Wan Jingchun Li
- 10 Analysis of Polymer Materials Based on Chemical Engineering / Youfei Cui Weihong Chen
- 13 Research on Recycling Technology of SiO₂ Dry Gel Based on Material Engineering and Water Resources Engineering / Mingchuan Che Zijing Wang
- 16 Research on the Application of Intelligent Chemical Materials under Natural Gas Leakage Events / Yan Xin
- 19 The Application and Design Strategy of Composite Materials in Mechanical Structure are Briefly Discussed / Pengyu Cong
- 22 Manufacturing Technology and Cost Benefit Analysis of Alkaline Manganese Dioxide Batteries / Zhenhua Shi
- 25 Preparation and Properties of Low-temperature Epoxy Curing Adhesive / Mengjian Yang
- 28 Corrosion Characteristics and Protective Measures of Industrial Buildings / Wenxiang Li Zhijun Yao Yida Chen
- 31 Research on Transverse Crack of 60Si₂CrV Billet Corner / Xiaolong Zhu
- 34 Innovative Research on Synergistic Improvement of Toughening and Heat Resistance of Nylon Materials / Caiyun Cai
- 37 Surface Damage and Countermeasures of Chemical and Mechanical Polishing of Monocrystalline Silicon Wafer / Xiongjie Wu Hongwei Jiang
- 40 Preparation of Cotton Straw Cellulose/Mg-MOF-74 Composite Gel and Adsorption Properties of CO₂ / Haofang Zheng Jinshun Yan Lin Zhou Shuanghui Zhang Jianyu Liao
- 44 Damage Study of Heated Conveyor Rolls in Roller-hearth Furnaces for High-strength Steel Aluminum-silicon Coated Plates / Xiaoqi Ren Liang Wang
- 47 Research on the Latent Fingerprint Technology of Aggregation Induced Luminescent Materials Loaded with Montmorillonite / Junkai Zhao Chengcheng Wang Ziang Gu Yiting Fa Xiaodong Jin

Improve the Technology and Construction Quality of Civil Engineering by Using New Materials

Yong Zhang

Sujiaohe Chongqing Inspection and Testing Certification Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

Abstract

This study aims at some common engineering quality problems in the field of civil engineering, and introduces new materials to improve the research. In this paper, we selected three different types of new materials for experimental comparison, namely, high-performance cement-based materials, self-healing concrete, and nanocomposite materials. Through a large number of laboratory tests and field trials, the influence of new materials on the process flow, construction speed and ultimate quality of the project is compared and analyzed. The study found that these new materials showed obvious advantages in improving common quality problems such as subsidence, cracks, and leaks, with nanocomposites performing particularly well in terms of strength and durability. The research results show that the use of new materials can effectively improve the construction quality of civil engineering, improve the durability of the project and reduce the maintenance cost, and give a new direction for the field of civil engineering.

Keywords

civil engineering; new materials; engineering quality; material characteristics; maintenance costs

利用新型材料改善土木工程工艺与施工质量

张永

苏交科重庆检验检测认证有限公司, 中国·重庆 400000

摘要

本研究针对土木工程领域常见的一些工程质量问题, 引入新型材料进行改善研究。论文中, 我们选取了三种不同类别的新型材料进行实验对比, 分别是高性能水泥基材料, 自修复混凝土, 以及纳米复合材料。通过大量实验室检测和现场试用, 对比分析了新型材料对工艺流程、施工速度以及工程终极质量的影响。研究发现, 这些新型材料在改善沉陷、裂缝、渗漏等常见质量问题方面表现出了明显优势, 其中纳米复合材料在强度和耐久性方面的表现尤为出色。研究结果表明, 利用新型材料能够有效改善土木工程的施工质量, 提高工程的耐久性和降低维护成本, 对土木工程领域能给出一种新的改进方向。

关键词

土木工程; 新型材料; 工程质量; 材料特性; 维护成本

1 引言

土木工程在社会经济发展中具有不容忽视的作用, 其质量直接关系到许多重要设施的安全性和耐用性。然而, 由于各种因素, 常常会在施工过程中遭遇一系列典型问题, 如沉陷、裂缝、渗漏等, 严重影响了土木工程的施工质量, 甚至影响了工程的安全性和使用寿命。因此, 找到一种有效的方法来解决这些问题, 既可以提高施工质量, 也可以大大降低维护成本, 这对土木工程领域来说具有重要的实用价值。而新型材料, 因其优越的性能和广泛的适用性, 给我们提供了一个全新的解决方向。论文针对土木工程中的工程质量问题, 尝试引入新型材料进行改善研究。我们选择了三种新型材料进行实验对比, 包括高性能水泥基材料、自修复混凝土

和纳米复合材料, 通过实验室检测和现场试用, 对新型材料对工艺流程、施工速度以及工程最终质量的影响进行了深入研究。

2 土木工程施工中常见的质量问题

2.1 土木工程施工中的沉陷问题

沉陷是土木工程施工过程中常见的质量问题之一^[1]。由于土壤的固结和压缩, 土地表面会出现不均匀沉降现象, 导致地面不平整。这不仅影响土木工程的外观美观, 还可能导致结构破坏和功能障碍。沉陷问题主要来源于施工过程中土地改变、土壤填充和水分变化等因素, 在施工过程中需要进行精确的土壤调查和工程设计, 以避免沉陷问题的发生。

2.2 土木工程施工中的裂缝问题

土木工程施工中的裂缝问题是一个广泛关注的重要议题。裂缝是工程安全的潜在威胁, 极大地影响了建筑物的整体稳定性和使用寿命。衡量裂缝问题的严重性, 不仅取决于

【作者简介】张永 (1979-), 男, 中国湖北枣阳人, 本科, 高级工程师, 从事材料工程技术研究。

裂缝的数量，而且取决于裂缝的长度、深度和开口度。实际上，裂缝问题可能引发其他更严重的问题，如构件变形、水分渗透、气体渗透等，这些都可能导致土木工程的失效。

对于裂缝问题的发生，有多种原因，并且可能在工程建设的各个阶段发生。设计阶段，如果设计不合理，将可能引起结构的变形，进而引发裂缝的产生。施工阶段，施工工艺不当，混凝土搅拌比例不合适，能量输入过高等都可能导致裂缝的发生。施工错误也可能导致裂缝，比如混凝土浇筑层次过多，现浇混凝土面细部控制不良等。材料阶段，如采用质量不佳的材料，在施工或使用过程中，材料内部的压力或应力分布不均匀，都会对裂缝产生影响。使用阶段，受到环境影响或长期使用，都可能引起构件的收缩或温度变化，进而产生裂缝。

有些时候，即使采取了各种预防和修复措施，裂缝问题仍然可能发生。这时候，新型材料和新技术就派上了用场。这些新型材料和新技术已经在很大程度上改变了现有的建筑施工方式，提高了工程质量，减少了施工环节中的裂缝问题。例如，高性能混凝土和纳米复合材料已经在一些工程中得到了应用，这些材料能够提高混凝土的强度和抗裂性，从而减少裂缝的产生。新型材料和新技术可以说是解决土木工程裂缝问题的有效手段。

2.3 土木工程施工中的渗漏问题

渗漏是土木工程施工中常见的质量问题之一。渗漏指的是水或其他流体通过结构体的缝隙或裂缝进入结构内部的现象。渗漏问题可能引起结构的腐蚀、功能障碍、环境污染等一系列问题。渗漏问题的主要原因包括结构设计不合理、材料质量不达标、施工过程中接缝处理不当等。

上文主要介绍了土木工程施工中常见的质量问题，分别包括沉陷、裂缝和渗漏问题。这些问题对土木工程的安全性、可靠性和持久性都有较大影响，在施工过程中需要进行合理的工程设计、施工监测和维护措施来解决这些质量问题。

3 新型材料的选择和实验对比

3.1 高性能水泥基材料的实验对比

高性能水泥基材料是土木工程施工中的首选材料，其图表优异度，耐久性以及抗环境侵蚀能力在众多的建筑材料中均显得突出，但也面临着许多问题。在施工中经常会出现的沉陷、裂缝、渗漏等质量问题将施工阶段的工程师们所困扰。

出于对这些问题的考虑，高性能水泥基材料经过了多轮实验对比。围绕材料的生产过程，选择了数种可能影响终品性能的因素进行对比研究。在保证其他因素不变的前提下，单独改变草率、灰石粉含量、矿物掺合物种类和比例等参数，逐一检验其对高性能水泥基材料性能的影响。结果发现，各个因素都与水泥基材料的性能有直接的关系。

对比了不同制程下的高性能水泥基材料性能表现。研究了材料的早期强度、抗渗性、抗裂能力等多个重要性能指标，结果显示，高温养护、低水灰比、精细矿物掺合物等制程都能显著提高水泥基材料的各项性能，帮助其更好地应对施工中可能出现的沉陷、裂缝、渗漏等问题。

就目前施工现场常用的几种高性能水泥基材料，进行了性能对比。这些基材料包括硅酸盐水泥、矾土水泥、复合水泥等。通过对比试验，研究人员发现硅酸盐水泥具有很好的早期抗裂能力和抗渗能力，因而有利于改善施工速度和质量。而矾土水泥则具有较好的抗硫酸盐侵蚀能力，对于一些地下工程和海洋工程非常有利。至于复合水泥，由于其综合了多种类型水泥的特点，具有较好的通用性。

实验对比之后，高性能水泥基材料的选择与应用，显然无法一刀切，需要根据具体的工程需求、施工环境、经济预算等多方面因素来做出决策。而这也是未来土木工程领域需要深入研究的。将这些结果应用到施工实践中，有望为土木工程施工质量带来显著提升。

3.2 自修复混凝土的实验对比

近年来，自修复混凝土的研究在土木工程领域引起了广泛的关注。在实际应用中，自修复混凝土表现出了优秀的性能，并通过其自我修复的特性，降低了维护成本，提升了工程的运行寿命。对比普通混凝土，自修复混凝土在微裂缝的修复、缺陷调整以及防止水分进入及扩散等方面具有显著的优势。进一步的实验对比显示，自修复混凝土在抗压强度、抗折强度以及耐久性等方面超越了普通混凝土。

3.3 纳米复合材料的实验对比

相比之下，纳米复合材料因其独特的性质，在土木工程施工中占据了越来越重要的地位。纳米复合材料兼具了轻量化、高强度、防腐蚀等特性，尤其是在抗压、抗折、抗冲击等方面，纳米复合材料显示出了出色的性能。实验对比显示，纳米复合材料能够有效解决一些工程施工中常出现的沉陷、裂缝、水分渗漏等问题。在施工中，使用此类材料的工程结构更加稳定，抗震抗冻性能更加优秀。

4 新型材料对土木工程施工质量的影响

4.1 新型材料对施工速度和流程的影响

在施工过程中，新型材料的应用可以显著提高施工速度和优化施工流程，从而提升土木工程的施工质量。新型材料的特殊性能可以缩短施工时间。例如，高性能水泥基材料具有快速凝固的特点，可以缩短施工间隔时间，加快施工进度。自修复混凝土则可以减少施工的人工维修工作，提高施工效率。纳米复合材料的特殊性能可以加速材料的混合和固化过程，进一步提高施工速度。

另外，新型材料的应用还可以优化施工流程，从而减少施工中的人为错误和质量问题。新型材料具有更好的流动性和可控性，可以更好地适应不同的施工需求。通过控制施

新工艺和使用合适的新型材料,可以减少施工中的漏斗效应和浪费现象,提高施工的一次性成功率。新型材料的应用也可以减少不必要的工序和材料配比,降低施工风险,提高施工质量。

4.2 新型材料对工程耐久性的影响

新型材料是近年来土木工程领域的重要研究对象,其对土木工程耐久性的影响广泛而深远。新型材料在使用过程中可以有效提高工程的整体性能,尤其是在增强工程的耐久性方面。

对比传统材料,新型材料在抵抗环境腐蚀、承受天气变化和防止自然灾害方面表现出强大的能力。高性能水泥基材料、自修复混凝土以及纳米复合材料均具有更好的抗腐蚀性能。这些新型材料在变化复杂的气候条件下,如高温、寒冷、湿度变化等环境中,都能显示出优异的稳定性,保证工程的正常运行。再者,自修复混凝土和纳米复合材料在抵抗自然灾害,如地震、风雨侵蚀等方面也具有出色的性能。

综合分析,新型材料在提高土木工程耐久性方面发挥了巨大作用,使得工程抗劣化、耐久度显著提升。这些新型材料的综合优势使得土木工程施工发生了革命性的变化,对于土木工程行业的未来发展具有深远的影响。而这种影响不仅仅体现在工程质量的提高,还表现在工程维护成本的降低,施工效率的提升等多个层面,为新型材料在土木工程施工中的推广应用开辟了更广阔的空间。

4.3 新型材料对维护成本的影响

新型材料的应用可以降低土木工程的维护成本,从而提升施工质量。新型材料具有较低的维护需求和维护频次。高性能水泥基材料具有较好的抗水性和耐久性,可以减少维护工作中的漏水和渗漏问题,降低维护成本。自修复混凝土可以在施工后自行修复微小的损伤,减少维护工作的人力和物力投入。纳米复合材料则具有较好的抗腐蚀性能和抗紫外线性能,可以减少修补和更换工作,降低维护成本。

另外,新型材料的应用还可以延长工程的维护周期,减少维护频次。高性能水泥基材料和自修复混凝土具有较高的耐久性,可以延长工程的使用寿命,降低维护频次和维护

成本。新型材料的稳定性和耐候性也可以减少因自然因素引起的损坏和维护工作,进一步降低维护成本。

通过对新型材料的选择和应用,可以显著提高土木工程的施工质量。新型材料的特殊性能可以优化施工速度和流程,减少施工过程中的错误和质量问题。新型材料的应用还能够提高工程的耐久性,降低维护成本。新型材料在土木工程施工中的应用具有重要的意义,值得进一步研究和推广应用。

5 结语

通过论文的研究可知,新型材料在土木工程施工中发挥了重要作用。我们对高性能水泥基材料、自修复混凝土和纳米复合材料进行了详细的研究,且展现出了对工艺流程、施工速度以及工程最终质量的积极影响。尤其是纳米复合材料,在改善工程质量、提升工程耐久性和降低工程维护成本等方面呈现了显著效果。然而,新型材料在土木工程应用中,还存在一些局限性,如材料本身的特性以及使用方法等因素对工艺流程和施工速度的影响,需要我们进一步研究和解决。展望未来,新型材料在土木工程更广阔的应用前景仍有待我们不断探索。如何更有效地利用新型材料,以优化土木工程施工工艺、提高施工质量、降低工程维护成本,是我们接下来需要深入研究的课题。同时,我们期待有更多的研究者参与到这个领域,共同促进新型材料在土木工程中的应用,以适应现代土木工程的发展需求。

参考文献

- [1] 贾春红,张羽,王凯,等.高性能水泥基材料制备技术研究进展[J].新型建筑材料,2021,48(3):22-25.
- [2] 王俊杰,李志飞,徐艳华,等.自修复混凝土的制备及性能研究[J].混凝土,2021,33(8):28-32.
- [3] 马雅丽,孙艳华,刘杰.纳米复合材料在土木工程中的应用研究[J].新型建筑材料,2020,47(4):66-70.
- [4] 韩树亭,郭蔚,宋丙磊.新型高性能水泥基材料对土木工程质量影响的实验研究[J].建筑材料学报,2020,23(6):1020-1025.
- [5] 方荷,林文斌,陈安雄,等.自修复混凝土与纳米复合材料在土木工程中的应用对比[J].建筑结构,2019,49(23):47-51.

Research on Metal Material Corrosion and Surface Treatment Technology

Fengling Zhang

Xinxiang Aviation Industry (Group) Co., Ltd., Xinxiang, Henan, 453000, China

Abstract

Metal materials in the use of corrosion and wear and other consumption, in which the corrosion mechanism is mainly including chemical corrosion, physical corrosion, and electrochemical corrosion, showing a variety of corrosion types. In order to ensure metal materials can be used for a long time, in response to various environmental conditions need to surface treatment, improve material performance. Therefore, with the continuous improvement of the technical level, the surface treatment process is also constantly optimized and upgraded, as a metal material. Use and development to provide a certain help. The research work in this paper mainly analyzes the corrosion mechanism and corrosion of metal materials erosion type, to explore the applied surface treatment process, in order to provide a reference for the use of metal materials.

Keywords

metal materials; corrosion; surface treatment process

金属材料腐蚀及表面处理工艺研究

张凤玲

新乡航空工业(集团)有限公司, 中国·河南新乡 453000

摘要

金属材料在使用过程中会出现腐蚀和磨损等耗损情况,其中腐蚀机理主要包括化学腐蚀、物理腐蚀和电化学腐蚀,呈现出了多种腐蚀类型。为了确保金属材料能够长久地使用有效,应对各种环境条件需要进行表面处理,提高材料性能。因此,随着技术水平不断提升,表面处理工艺也在不断优化升级,为金属材料的使用和发展提供一定助力。开展论文的研究工作主要分析金属材料腐蚀机理和腐蚀类型,探究所应用到的表面处理工艺,以期能够为金属材料的使用提供参考。

关键词

金属材料; 腐蚀; 表面处理工艺

1 引言

金属材料在具体应用中受到环境、化学反应等多种因素影响,出现腐蚀情况会影响到整体的质量,因此做好表面处理工作尤为重要。可以根据金属类型使用环境和应用需求,选择合适的表面处理工艺,提高金属材料的性能和寿命,减少维护成本,发挥金属材料的各项功能优势。常用的表面处理工艺有表面改性工艺、表面覆膜工艺、表面合金化工艺和表面转化膜工艺。这些技术适用情况不同,能够起到一定的防腐作用。在具体应用中,需要加强对表面处理工艺的研究,不断更新技术性能,促进表面处理工艺的进一步发展。

2 金属材料腐蚀机理分析

2.1 化学腐蚀

化学腐蚀指的是金属与介质中的化学物质发生直接的化学反应,如氧化还原反应、酸碱中和反应等。金属与酸性介质中的酸性物质发生反应,会生成气体或者金属盐,使金属原有的表面结构被破坏,表层出现腐蚀情况,影响材料的整体性能。例如,金属表面的铁铝锌等离子与酸性介质相互接触发生反应。金属表面与氢氧化钠氨水等碱性介质发生反应,会引起表面脱层溶解^[1]。金属表面接触空气会被氧气氧化形成金属氧化物,使材料具体性能不断下降,影响正常使用。

2.2 物理腐蚀

物理腐蚀指的是通过物理因素引起的金属腐蚀现象,例如应力腐蚀、高温氧化、磨损腐蚀、疲劳腐蚀等多种情况。金属材料在使用过程中,金属表面受到摩擦或者机械划伤的影响,会出现磨损腐蚀情况。在特定应力和介质作用下会出

【作者简介】张凤玲(1988-),女,中国陕西凤翔人,本科,工程师,从事金属腐蚀与防护(表面处理)专业研究。

现应力腐蚀,高温与氧气发生反应生成氧化物导致材料的性能下降,出现高温腐蚀。循环加载下金属材料结构出现裂纹的情况,形成疲劳腐蚀。其中晶间腐蚀便是一种常见的腐蚀现象,是由于晶界处的缺陷或者杂质所导致的,降低了金属材料的强度和韧性,引发材料断裂情况。主要是受高温影响,在具体应用中,需要加强材料选择,把控加工工艺,有效防止腐蚀情况。

2.3 电化学腐蚀

电化学腐蚀指的是金属表面的电解质溶液,发生的一种氧化还原反应。在阳极处发生氧化反应,溶解释放出金属离子,同时产生电子。电子会传递到阴极在阴极处发生还原反应,将金属离子还原为金属原子形成电流的闭合循环,在循环往复下时表面被溶解和腐蚀。

3 金属材料表面处理工艺

金属材料常用的表面处理工艺有表面改性工艺、表面合金化工艺、表面覆膜技术和表面转化膜技术等,下面对每一种工艺进行详细分析。

3.1 表面改性工艺

表面改性技术是一种通过改变金属材料表面的微观结构、形貌特征和表面组成等特性的一种方法,它可以提高金属材料表面的耐腐蚀性。根据性质分为物理化学和复合处理技术。常见的技术类型有激光表面强化、表面淬火、拉丝、抛光、喷丸和滚压等多项技术。激光表面强化是使用聚焦的激光束射向金属材料的表面,在短时间内内层的材料加热到熔点以上的温度,在短时间内又快速冷却,使表面淬硬强化^[2]。该项技术的热影响区比较小,变形小操作十分简单,可以用于零件的局部强化处理中。表面淬火指的是使用快速加热方法,将表层奥氏体化后进行淬火,不会改变金属的化学成分,能够强化零件表面,达到良好的防腐性能。拉丝指的是在外力的作用下,使金属强行通过模具,压缩横截面积。根据装饰需求可以制作成波纹、旋纹、直纹等几种不同的形式。抛光指的是对表面进行修饰的一种光整加工方法。分为机械抛光和化学抛光。滚压指的是在常温条件下使用滚压轮滚压工件表面并沿母线的方向移动,表面会发生塑性变形硬化,从而获得准确光洁和强化的表面,完成表面处理,提高整体性能。喷丸工艺指的是将大量高速运转的弹丸喷射在零件的表面上,通过锤击金属表面,使表层发生一定塑性变化,从而强化的一种技术,它可以提高金属材料表面的耐磨性、抗疲劳性和耐腐蚀性。表面改性工艺混合应用于汽车、建筑、航空航天等多个领域中,对金属零件进行处理,可以提高机械零件耐高温和抗疲劳性,延长使用寿命,也能够充分发挥零部件的价值和优势,确保机械设备能够正常稳定运行,降低故障的发生概率。

3.2 表面合金化工艺

表面合金化工艺的典型代表工艺是表面热处理工艺,

在特定介质中加热保温金属材料使其中的活性原子渗入表层,改善表层化学成分和组织,从而强化整体性能,达到防腐的目的^[3]。化学薄膜表面渗透技术的应用,可以改善金属的表面性能。在具体应用中使用多种合金元素组成的化学材料作为介质,将金属工件放入此介质中进行加热处理,使合金元素很好地融入金属表层中,改善性能,优化工件的亮度和光洁度,增强材料的耐磨性。对化学表面进行渗碳处理,例如气体渗碳法、真空渗碳法和固体渗碳法来提高表面的硬度和疲劳强度。在飞机,汽车拖拉机等机械零件中的应用比较广泛。渗氮处理使用气体氮化法和离子氮化法,可以应用于含铬等中碳钢的材料,处理中提高表面的硬度和耐磨性,可以用于精度要求高的零件制作中。

3.3 表面覆膜技术

表面覆膜技术包括电镀、真空镀、复合镀、喷涂技术等方法。电镀法是一种电化学和氧化还原的过程。将金属键进入电解质中,可以在表面沉积一层金属,提高整体的耐腐蚀性,改善外观。电镀镍广泛应用于金属材料的镀层中,金属材料作为阴极,而镍是阳极将含镍盐的溶液作为电解液。镍盐在金属材料表面析出镍层。镀层十分细致,结合能力强,可以有效提升表面的耐腐蚀性和均匀性。可以选择镀锌,用量占全部电镀零件的1/3~1/2,有着成本低抗腐蚀性好的优势,在国防机电等工业中得到广泛应用^[4]。也可以选择镀铬在铝合金,铜合金,钢铁等金属材料表面上镀铬,可以保护材料不会受腐蚀的影响。真空镀指的是在真空条件下,通过蒸馏方式在表面沉积各种金属和非金属薄膜,形成良好的保护作用,而且处理速度快,附着力好。复合镀技术指的是在电镀化学溶液中加入固体颗粒与基质金属发生共沉淀,形成复合镀层。复合镀层的耐磨性和耐腐蚀性,比传统的镀层更加优良。目前镍基复合镀层是研究的热点,在具体项目中得到了一定的应用。喷涂技术是通过将涂料喷涂在金属表面形成一层保护膜,可以防止外部环境的侵袭,避免出现腐蚀情况。可以使用高分子环氧酚醛树脂涂敷层技术,环氧酚醛树脂属于高分子化合物,将其涂覆在材料表面,可以耐高温耐腐蚀,金属材料表面也更加光泽和美观。喷涂结束后要定时维护,及时对表面进行喷砂处理。考虑到金属材料的结构情况,选择合适的防腐工艺。

3.4 表面转化膜技术

表面转化膜技术有阳极氧化技术、化学转化膜技术、发黑处理技术。阳极氧化技术一般应用于铝及铝合金材料的保护工作中将材料放入酸性电解液中,外电流作用下,材料作为阳极,表面上会形成氧化膜层,可以起到很好的防腐性,绝缘性和耐磨性。硬质阳极氧化膜厚度为25~250 μm ,表面坚硬,硬度可以达到HV500左右^[5]。而且有着良好的附着力,有一半渗透在铝合金的内部。化学转化膜技术指的是借助化学方法在金属上产生氧化物、铬酸盐和磷酸盐等化合物,从而形成一定的屏障,可以防止发生腐蚀,起到一定的保护

作用。可以通过酸洗碱洗和淋洗等技术清除表面的污物氧化层和锈迹,提高金属的表面质量。在磷化的过程中,会在金属表面形成磷化膜,也能形成良好的保护层。铬酸盐转化膜技术是常用的一种方法,将铬离子水解,形成羟基离子,金属界面 pH 值升高,在含有三价和六价铬化物的表面上沉淀出一层薄膜,这层薄膜可以起到很好的保护作用。发黑处理技术是常用的一种表面处理手段,使金属表面产生一层氧化膜,有效隔绝空气。如果零件对外观的要求不高,可以使用发黑处理方法。在氧化膜的作用下,提高工件的耐腐蚀性和耐磨性。

4 金属材料表面处理工艺应用的管理措施

4.1 加强前期设计工作

为了确保金属材料表面的耐磨性和防腐性,符合要求,在前期设计阶段,要进行严格把控,优化整体设计,并选择合适的表面处理工艺。材料不同,使用途径不同,所选择的处理工艺不同,因此要综合分析这些特点内容,优化产品结构的设计,选择合适的结构类型,根据结构选择表面处理工艺,加强材料处理,可以减少环境对材料的损害和影响,提高表面性能,确保产品的合理使用,为各行各业的生产发展提供一定支持,规避风险因素。

4.2 合理维护与监测

定期开展金属结构的检查和维护工作做好监测管理,及时发现表面情况,采取适当的防腐措施,有效修复存在的损伤,弥补其中漏洞。在具体应用中可以使用无损检测技术,例如超声波、X 射线等技术检查金属表面情况进行科学评估。鉴定整体性能,根据这些数据信息,确定使用合适的金属表面处理工艺。在处理结束后也需要进行检查评估,并做好日常使用的监测工作,避免发生问题。

4.3 环境友好型材料和技术的应用

中国低碳环保理念的发展,推动各行各业进行绿色建筑,越来越多的环境,友好型材料应用于其中。在金属结构的表面处理工作中,环境友好型的防腐材料和技术也得到了应用。例如使用水性涂料,代替有机溶剂涂料,有效控制材料对环境的影响情况。使用纳米材料,提高防腐性能的同时,减少对环境的影响。加大对绿色材料的开发和应用,创新现有技术,为金属材料表面处理工艺的发展指引方向。各行各业在发展过程中应该注意低碳环保理念落实,通过引

进一些先进的绿色技术使用新材料,有效处理金属材料,深入挖掘表面处理工艺领域的发展情况,使用新技术来解决当前的处理难题。

4.4 做好监督管理工作

各行各业应用不同类型的金属材料,用于制作零部件组装机电设备,为工业生产发展提供一定支持。金属材料不同,性能不同,环境适应性具有一定的差异。因此在具体应用中还需要行业根据金属材料的特点,选择适当的工艺,加强监督管理工作,及时处理金属材料的表面,并做好性能测试检测处理前后的各项数据进行对比分析,从而掌握各项表面处理工艺的应用成效,通过不断试验选择最佳方法应用于金属材料的加工处理中,提高材料的整体性能。通过加强监督管理,制定详细方案,可以有效规避不同工艺所带来的影响情况,使金属材料的处理达到最佳的效果。

5 结语

综上所述,金属材料在使用中会受到多种因素影响,出现腐蚀情况。因此通过应用表面处理工艺,提高材料的耐磨性,耐腐蚀性和功能性。我国的表面处理工艺也越来越丰富,应用于不同类型的基础材料和多个领域中为增强材料性能解决其中弊端提供一定的帮助。因此在具体应用中需要结合材料情况,综合分析选择合适的表面处理工艺,并加强监督管理,了解处理后的相关情况,对比分析后选择最优的处理技术。也可从材料入手,选择环境友好型的材料和技术尽可能控制对环境的影响也能发挥新材料新技术的优势,提高金属材料表面的处理效率,增强整体性能优化各零部件的生产质量,为各行各业的发展贡献一份力量。

参考文献

- [1] 刘妍岑,鲜行,张从浩,等.金属材料腐蚀及表面处理技术研究综述[J].电子产品可靠性与环境试验,2023,41(4):7-12.
- [2] 高玉魁,王瑞,陶雪菲.高速冲击表面处理对金属材料表面完整性的影响[J].航空制造技术,2022,65(21):14-27.
- [3] 吴献斌.人工关节用金属材料的表面处理研究[J].中国设备工程,2021(17):102-103.
- [4] 张永军.对提高金属材料抗渗碳性能的表面处理技术的探析[J].世界有色金属,2021(4):119-120.
- [5] 任秀兰.实现金属材料表面除锈的一种加工处理装置[J].包头职业技术学院学报,2019,20(1):18-20.

Determination of Vanadium in Vanadium Nitrogen Alloy by Ammonium Ferrous Sulfate Titration

Lin Wan Jingchun Li

Wukun Shares Manufacturing Management Department, Kunming, Yunnan, 650302, China

Abstract

With the company's extremely efficient development pace, the requirements for daily inspection work are getting higher and higher. Based on the national standard method, the chemical wet analysis method of vanadium content in vanadium-nitrogen alloy is studied and developed in this paper. Some steps in the national standard method are optimized and simplified under the existing laboratory conditions, and a large number of experimental analysis and comparison are organized to verify the feasibility of the method. The results showed that the analysis results of this method were accurate, and the maximum deviation from the certified value of national standard substance was only 0.16%. The analysis is accurate and good, the relative standard deviation is between 0.092% and 0.166%, and the operation is simple and fast, which can meet the inspection requirements of the company.

Keywords

vanadium nitrogen alloy; vanadium content; ammonium ferrous sulfate titration method

浅析硫酸亚铁铵滴定法测定钒氮合金中钒

万林 李竞春

武昆股份制造管理部, 中国 · 云南 昆明 650302

摘要

随着公司极致高效的发展步伐, 对日常检验工作的要求也越来越高, 论文中的方法以国标方法为基础, 对钒氮合金中钒含量的化学湿法分析方法进行研究开发, 通过对国标方法中一些步骤在现有实验室条件下进行适合本实验室的优化和简化, 并组织进行大量试验分析比对, 以数据验证方法的可行性。结果表明, 此方法分析结果准确, 与国家标准物质认定值最大偏差仅0.16%; 分析精确良好, 相对标准偏差在0.092%~0.166%, 且操作简单快速, 能满足公司的检验要求。

关键词

钒氮合金; 钒含量; 硫酸亚铁铵滴定法

1 引言

钒氮合金在钢铁行业是作为一种合金添加剂使用, 可以替代钒铁用于微合金化钢的冶炼生产。钒氮合金在炼钢工艺中的用途主要是通过细化晶粒和沉淀强化作用的方式, 来大幅度提高钢材的强度、改善钢材的韧性以及抗热疲劳性等综合特性, 并能使钢材具有良好的可焊性; 钒氮合金的添加还能够形成高温下稳定的氮化物和钒氧化物, 提高钢铁的抗腐蚀性能, 有效地延长钢铁制品的使用寿命。加入钒氮合金的钢筋可以达到成本低、性能稳定、强度波动小、冷弯、焊接性能优良、基本无时效等特点。昆钢作为一个全流程、产业链齐全的全国特大型工业企业, 在很多工艺、产品中都有使用到钒氮合金, 因此, 钒和氮的含量是考核钒氮合金质量的主要技术指标。关于钒氮合金中钒含量的测定方法, 本实

验室目前暂无快速可靠的湿法分析方法。本实验室对钒氮合金中钒含量的湿法分析方法在对国标方法^[1]的再现性试验过程中, 测定结果偏差无法达到国家标准允许差, 且分析速度较慢, 不能满足生产需求。论文通过对国标方法中一些步骤在现有实验室条件下进行适合本实验室的优化和简化, 并组织进行大量试验分析比对, 达到了良好效果, 可满足公司对钒氮合金钒含量的检验要求。

2 实验原理

试验制定了以国标^[1]过硫酸铵氧化-硫酸亚铁铵滴定法为基础的分析方法。试样采用硝酸-硫酸-磷酸的混合酸进行消解, 在15%~25%硫酸介质中, 加入过硫酸铵, 将四价的钒(IV)氧化成为五价钒(V)后, 再加入硫酸锰溶液, 用N-苯代邻氨基苯甲酸作指示剂, 最后用硫酸亚铁铵标准溶液进行滴定, 根据硫酸亚铁铵标准溶液的消耗量就可以计算试样中钒的含量。由于现阶段已经有了认定值可靠的钒氮合金国家标准样品, 在确定了国标方法在试样分析过程中

【作者简介】万林(1982-), 男, 中国云南玉溪人, 本科, 助理工程师, 从事无机化学分析、仪器分析研究。

的细节部分与样品含量对应的各种试剂药品加入量的多少、加入时机(时间)、试液的温度控制、滴定速度对最终测定结果的影响等条件后,进行了较多的钒氮合金国家标准样品及站点样品的试验,最终确定了以国家标准样品中钒的质量分数除以该标准样品所消耗硫酸亚铁铵标准溶液的体积数值得到的一个换算因数 T_v ,之后每个试样的钒含量结果就可以用滴定消耗的硫酸亚铁铵标准溶液体积数值乘以这个换算因数 T_v ,从而可以快速得出测定数值。此方法根据分析方法的特点并结合以往的行业经验和实践,以国家标准样品为校正依据,避免了采用试剂校正的不确定性,减少了标准溶液的标定及空白值的测定实验,从而缩短了分析所用时间,实现了钒氮合金中钒含量的准确快速分析,满足了公司对钒氮合金钒含量的检验要求。

3 实验部分

3.1 分析所需化学试剂

分析中除另有说明外,仅使用认可的分析纯试剂和符合分析实验室用水规格和试验方法^[2]规定的三级及三级以上蒸馏水或去离子水或纯度相当的水。过硫酸铵,固体;磷酸, $\rho=1.69\text{g/mL}$;硝酸, $\rho=1.42\text{g/mL}$;硫酸,1+1;硫酸锰溶液,10g/L;N-苯代邻氨基苯甲酸指示剂,2g/L:称取0.2gN-苯代邻氨基苯甲酸溶于少量水中,加0.2g碳酸钠,低温加热溶解完全后冷却,加水稀释至100mL,混匀;重铬酸钾标准溶液, $c(1/6\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)=0.07000\text{mol/L}$:称取3.4322g已在120℃电热恒温干燥箱中干燥至恒重的基准重铬酸钾,置于400mL烧杯中,加水溶解完全后,移入1000mL容量瓶中,稀释至刻度,混匀;硫酸亚铁铵标准滴定溶液,约0.07mol/L:称取27.45g硫酸亚铁铵 $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}]$ 置于400mL烧杯中,加入适量硫酸(5+95),再用硫酸(5+95)稀释至1000mL,混匀;此溶液用 $c(1/6\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)=0.07000\text{mol/L}$ 的重铬酸钾标准溶液进行标定后用于对国标^[1]过硫酸铵氧化-硫酸亚铁铵滴定法的再现性实验。

标定及指示剂的校正:取三个500mL锥形瓶,各加入5mL磷酸($\rho=1.69\text{g/mL}$)、20mL硝酸($\rho=1.42\text{g/mL}$)、50mL硫酸(1+1),将锥形瓶置于低温电热板上加热至开始冒硫酸烟计时4~5min,取下稍冷后,沿瓶壁加80mL水,轻轻摇动后,加入5mL(0.07000mol/L)重铬酸钾标准溶液,冷却至室温,加入3滴N-苯代邻氨基苯甲酸指示剂(2g/L),用硫酸亚铁铵标准滴定溶液(约0.07mol/L)滴定至溶液由紫红色变为亮黄绿色为终点到达,此时不计消耗的硫酸亚铁铵标准滴定溶液体积,再次加入20mL(V)重铬酸钾标准溶液后,用硫酸亚铁铵标准滴定溶液(约0.07mol/L)滴定至溶液由紫红色变为亮黄绿色为终点到达,记录消耗的硫酸亚铁铵标准滴定溶液体积(V1)。3次重铬酸钾标准溶液所消耗的硫酸亚铁铵标准滴定溶液体积的极差值不能超过0.05mL,然后按下式计算硫酸亚铁铵标准滴定溶液浓度。

$$c_1=cV/V_1 \quad (1)$$

式中: c_1 ——硫酸亚铁铵标准滴定溶液浓度,单位为摩尔每升(mol/L);

C ——重铬酸钾标准溶液浓度,单位为摩尔每升(mol/L);

V ——分取重铬酸钾标准溶液的体积,单位为毫升(mL);

V_1 ——滴定重铬酸钾标准溶液所消耗硫酸亚铁铵标准滴定溶液的体积,单位为毫升(mL)。

3.2 分析所需器具及材料

分析中仅用通常的实验室仪器,所用的滴定管、容量瓶、吸量管应分别符合实验室玻璃仪器滴定管^[3]、实验室玻璃仪器单标线容量瓶^[4]、实验室玻璃仪器单标线吸量管^[5]要求。

3.3 实验方法

称取试样 $0.20\text{g}\pm 0.0001\text{g}$ 置于500mL锥形瓶中,沿瓶壁加少许水润湿试样,然后依次加入5mL磷酸($\rho=1.69\text{g/mL}$)、20mL硝酸($\rho=1.42\text{g/mL}$)、50mL硫酸(1+1),将锥形瓶置于低温电热板上加热至试样完全溶解,继续加热至开始冒硫酸烟,计时4~5min,取下,稍冷,沿瓶壁加100mL水,轻轻摇动后,冷却至室温。于已分解好的试液中依次加入5g过硫酸铵(固体),5mL硫酸锰溶液(10g/L)混匀,再次加热煮沸至冒大气泡后,计时2~3min,取下锥形瓶冷却至室温。加入3滴N-苯代邻氨基苯甲酸指示剂(2g/L)后,立即用硫酸亚铁铵标准滴定溶液(约0.07mol/L)滴定至溶液由紫红色变为亮黄绿色为终点到达。

3.4 分析结果的计算

按以下公式用换算因数计算钒的含量(%):

$$W_v=T_v \times V \times 100\% \quad (2)$$

式中: W_v ——钒的含量,数值以质量分数(%)表示;

T_v ——换算因数,标准样品钒的百分含量(%) / 该标准样品所消耗硫酸亚铁铵标准溶液的体积(mL);

V ——试样消耗硫酸亚铁铵标准溶液的体积,单位为毫升(mL);

4 结果与讨论

4.1 试验条件选择

①试样在低温电热板上加热溶解至冒硫酸烟时,时间控制在4~5min是从开始冒烟就计时,不能缩短或延长时间,时间过长会导致测定结果偏低。

②试样溶解完全并冒硫酸烟时间到后取下冷却时,需冷至室温再加水,且加水时一定要沿着瓶壁慢慢加入,以免液体喷溅伤人。

③过硫酸铵氧化剂加入5g已足够,过量的过硫酸铵要加热煮沸除去,所以在溶液冒大气泡后需再煮沸2~3min。

④用硫酸亚铁铵标准溶液滴定在接近终点前都应保持串珠状滴定速度,接近终点时应逐滴或半滴的滴定,并持续

摇动锥形瓶观察颜色变化,否则极易滴定过量。

4.2 准确度与精密密度试验

4.2.1 准确度试验

因现阶段已经有了认定值可靠的钒氮合金国家标准样品,在确定了国标方法在试样分析过程中的细节部分与样品含量对应的各种试剂药品加入量的多少、加入时机(时间)、试液的温度控制、滴定速度对最终测定结果的影响等条件后,本实验室选用了四个国家标准样品进行试验,并用换算因数公式进行计算,结果见表1。

通过表1数据可见,4个国家标准样品的检测结果与标准值间的偏差最大值为0.16%,最小值为0.06%,均小于国

标法中给出的重复性限 $r=0.30\%$ 和再现性限 $R=0.40\%$,说明该方法明显优于国标方法所规定的要求,准确度较高。

4.2.2 精密密度试验

用2个国家标准样品和6个本实验室的样品进行精密密度试验,结果见表2。

通过表2试验数据可知,试验的8个样品的测定值,其标准偏差SD在0.0716~0.1291,相对标准偏差RSD在0.092%~0.166%,说明其精密密度满足要求,检测结果稳定可靠。

5 结语

表1 钒氮合金国家标准样品中钒的测定结果(%)

样品编号	标准值	本法测定值(n=6)	平均值	偏差
GBW(E)010299	77.73	77.76 77.61 77.45 77.45 77.61 77.53	77.57	-0.16
YSBC28648-2015	75.98	75.87 75.96 75.78 76.04 75.87 75.87	75.90	-0.08
YSBC19607-2014	76.56	76.38 76.53 76.45 76.30 76.45 76.30	76.40	-0.16
YSBC28647-2015	77.58	77.61 77.53 77.70 77.53 77.78 77.70	77.64	0.06

表2 钒氮合金国家标准样品及本实验室样品中钒的测定结果(%)

样品编号	标准值	本法测定值(n=6)	平均值	标准偏差SD	相对标准偏差RSD
YSBC19607-2014	76.56	76.38 76.53 76.45 76.30 76.45 76.30	76.40	0.0920	0.120
YSBC28647-2015	77.58	77.61 77.53 77.70 77.53 77.78 77.70	77.64	0.1019	0.131
样品1 [#]		78.09 78.01 77.84 77.76 78.01 77.84	77.93	0.1291	0.166
样品2 [#]		77.53 77.53 77.61 77.45 77.45 77.61	77.53	0.0716	0.092
样品3 [#]		76.53 76.30 76.38 76.53 76.30 76.45	76.42	0.1052	0.138
样品4 [#]		76.62 76.45 76.62 76.53 76.62 76.45	76.55	0.0838	0.109
样品5 [#]		75.69 75.78 75.87 75.61 75.78 75.61	75.72	0.1046	0.138
样品6 [#]		75.01 75.10 75.18 75.10 74.92 75.01	75.05	0.0916	0.122

①本实验研究证明以过硫酸铵氧化-硫酸亚铁铵滴定法测定钒氮合金中钒含量的分析方法,通过对国标方法中一些步骤在现有实验室条件下进行适合本实验室的优化和简化,确定了最佳分析条件及所使用的计算方法。

②以数据验证了方法的可行性,取得了令人满意的效果。其分析结果准确度高,与国家标准物质认定值最大偏差仅0.16%;分析精确良好,相对标准偏差在0.092%~0.166%,且操作简单快速,能满足公司的检验要求。

参考文献

[1] 杨新能.GB/T 24583.1—2019 钒氮合金 钒含量的测定 硫酸亚铁

铵滴定法[S].北京:中国标准出版社,2019.

[2] 陈浩云.GB/T 6682—2008 分析实验室用水规格和试验方法[S].北京:中国标准出版社,2008.

[3] 刘柏军.GB/T 12805—2011 实验室玻璃仪器 滴定管[S].北京:中国标准出版社,2011.

[4] 吴文玲.GB/T 12806—2011 实验室玻璃仪器 单标线容量瓶[S].北京:中国标准出版社,2011.

[5] 周宝红.GB/T 12808—2015 实验室玻璃仪器 单标线吸量管[S].北京:中国标准出版社,2015.

Analysis of Polymer Materials Based on Chemical Engineering

Youfei Cui Weihong Chen

Ningxia Ruitai Technology Co., Ltd., Zhongwei, Ningxia, 755000, China

Abstract

Chemical engineering polymer materials are widely used in chemical production in China, and their application in chemical production plays an important role in promoting chemical engineering production. China's industrial development speed is fast, the demand for chemical engineering polymer materials is also increasing. In the production and use of chemical engineering polymer materials, there are often some quality problems, such as the lack of high temperature resistance and easy aging of chemical engineering polymer materials, which affect the performance of products. Therefore, strengthening the research on the analysis and detection technology of polymer materials in chemical engineering is conducive to promoting the improvement of China's chemical production level. Compared with other types of materials, chemical engineering polymer materials have their own unique functions and high irreplaceability, and have a positive role in promoting the development and technological progress of various industries and fields in China. Based on this, this paper focuses on the analysis of polymer materials in chemical engineering.

Keywords

chemical engineering; chemical engineering polymer materials; application analysis

基于化学工程的高分子材料分析

崔友飞 陈为洪

宁夏瑞泰科技股份有限公司, 中国·宁夏 中卫 755000

摘要

化工工程高分子材料在中国化工生产中应用广泛, 其在化工生产中的应用对促进化工工程生产起到了重要作用。我国工业发展速度较快, 对化工工程高分子材料的需求也在不断增加。在化工工程高分子材料的生产和使用中, 往往会出现一些质量问题, 如化工工程高分子材料缺乏耐高温性和易老化等, 从而影响产品的使用性能。因此, 加强对化工工程高分子材料分析检测技术的研究, 有利于促进中国化工生产水平的提高。与其他类型的材料相比, 化工工程高分子材料具有自身独特的功能和较高的不可替代性, 对中国各个行业和领域的发展和科技进步具有积极的促进作用。基于此, 论文针对化工工程高分子材料进行重点分析。

关键词

化学工程; 化工工程高分子材料; 应用分析

1 化工工程高分子材料分析

化工工程高分子材料是由高分子化合物制成的一种新型材料, 具有较高的分子量, 通常由多个原子以共价键的方式组成, 具有重复的结构单元。如今, 中国有各种各样的高分子复合材料, 在生产和生活的各个方面得到了广泛的推广和应用。根据分子来源, 化工工程高分子材料通常分为两类: 一类是人工合成的化工工程高分子材料; 另一类是天然化工工程高分子材料, 其中人工合成的天然化工工程高分子材料具有分子密度低、耐化学腐蚀等优点; 而天然化工工程高分子材料可以通过化学反应改变其物理性质, 因此其使用范围

非常广泛。化工工程高分子材料按功能用途可分为功能化工工程高分子材料和通用化工工程高分子材料。功能聚合物是指具有快速转换或储存物理能量等功能的高分子聚合物, 具有广泛的应用前景和广阔的发展前景。通用化工工程高分子材料可以实现批量生产, 成为农业、工业、建筑等行业不可缺少的材料。

化工工程高分子材料的性能是由其化学组成、结构和制备工艺等诸多因素决定的。因此, 化工工程高分子材料的分析与测试涉及到有机化学、物理、化学工程、机械工程等多学科的交叉, 需要综合运用各种分析测试方法和设备。化工工程高分子材料分析检测通常采用无损的检测方法, 如红外光谱、核磁共振、扫描电镜等, 避免对化工工程高分子材料的损伤, 保持原材料的完整性和结构, 也提高了检测效率和再现性。由于化工工程高分子材料结构复杂, 需要高精度的分析测试, 这就对分析测试方法、测试仪器、操作规程

【作者简介】崔友飞(1985-), 男, 中国江苏徐州人, 本科, 工程师, 从事农药化工产品中间体成品质量检测、尼龙材料质量检测、在线过程分析技术应用等研究。

提出了很高的要求。只有保证精度，才能保证化工工程高分子材料产品的质量。化工工程高分子材料的性能与其制备工艺、材料来源等因素密切相关。因此，需要大量的实验数据和数据处理技术来支持更准确的材料性能和使用寿命的评估。

2 化工工程高分子材料分析流程

2.1 集合方法

收集是化工工程高分子材料分析和测试过程中的第一步。为了更好地检测和分析化工工程高分子材料，所采集的化工工程高分子材料样品应具有代表性和规范性。目前化工工程高分子材料的检测一般采用定量分析的方法，因此在取样时可以选择少量的原料进行材料分析，通常以克为单位选择样品材料。在检测过程中，为了保证取样的科学性，一方面要注意化工工程高分子材料分析部分与整体的关系，两者必须保持一致性。另一方面，要注意多组化工工程高分子材料的采样方法，通过多组比较减少样本差异，尽量减少采样过程中产生的误差。高分子材料的分析测试技术是获取材料性能数据的最重要途径。通过对材料的取样和测试，可以对高分子材料的物理性能、机械性能、耐老化性能等性能进行研究，从而保证化工工程高分子材料的使用效能。

2.2 预处理方法

高分子材料主要是指以高分子化合物为基础，添加其他助剂的复合材料。塑料、橡胶和粘合剂在当前社会发展中发挥着重要作用。如今，随着化学研究的不断深入，相关技术水平比过去有了明显的提高。这使得化学超分子材料朝着高性能、功能化、生物降解的方向发展，为中国工业、农业、医药等多个领域的研究和生产做出了重要贡献。预处理是化工工程高分子材料制备的关键过程，通常与制备过程同时进行。在对化工工程高分子材料样品进行初步粉碎、筛选、混合后，检验人员需要根据化工工程高分子材料的特性对其进行预处理。预处理往往需要根据化工工程高分子材料的特性对处理条件进行科学的分析。例如，湿分析是将取样的聚合物材料制成溶液的后续分析。一些易受溶液影响的化工工程高分子材料在预处理过程中不适合湿法分析。在化工工程高分子材料的前处理过程中，为保证前处理的科学有效，工作人员应控制可能影响实验结果的各种干扰物质和环境因素，确保化工工程高分子材料的性能在前处理阶段保持稳定。此外，某些化工工程高分子材料的预处理可能需要 pH 配位工作。在实施相应的前处理工作时，需要根据材料的具体特性进行综合分析。

3 化工工程高分子材料中的应用挑战

高分子材料是人们生产生活中非常常见的物质。在化工工程领域得到了广泛的推广和应用，为社会经济发展和人们的日常生活提供了极大的便利。化工工程高分子材料的可

降解性是可持续发展的重要方向，但可降解材料的性能往往存在局限性。如何在保持化工工程高分子材料功能的同时实现可降解性，已成为技术研究和工程设计中的一个挑战。例如，可生物降解塑料需要在稳定性和可控性之间取得平衡，以确保其使用寿命内所需的性能。化工工程高分子材料的可降解性为解决环境问题提供了一条途径。发展可生物降解材料、可生物降解包装等有望减少塑料垃圾的产生和对环境的影响。此外，化工工程高分子材料的循环利用也是可持续发展的重要途径。推进塑料回收再利用技术创新，可以有效降低资源消耗和环境压力。化工工程高分子材料领域正在积极探索新材料，如生物基高分子材料和可生长材料。这些材料具有良好的可降解性和环境适应性，为解决环境问题提供了新的方向。

4 化工工程高分子材料分析技术

4.1 热分析技术

热分析技术是根据材料的热性能对其进行分析的一种方法，主要包括热重分析、差热分析和热膨胀分析。在化工工程高分子材料的研究和应用中，热分析技术被广泛用于检测化工工程高分子材料的热稳定性、热力学性质和热流行为。热重分析可以监测样品在不同温度下的质量变化，了解聚合物材料的热分解过程、热分解反应速率和热稳定性。差热分析测量样品和参考样品之间的热差，以了解聚合物材料的热反应性、热容性质和热力学特性。热膨胀分析通过测量样品在不同温度下的线性膨胀系数，可以了解化工工程高分子材料的热膨胀性能和热漏斗特性。这些热分析技术不仅可以表征和评价化工工程高分子材料的性能，还可以在制备过程中对材料进行控制和改进。此外，它们还广泛应用于化工工程高分子材料的耐热性、可燃性、导热性等领域的研究与开发。

4.2 色谱分析技术

色谱分析技术是一种常用的分离和检测化学物质的方法，主要包括气相色谱法和液相色谱法两种常见形式。在化工工程高分子材料的研究和应用中，色谱分析技术广泛应用于化工工程高分子材料中有机成分、低分子量添加剂、催化剂等物质的分离、检测和结构鉴定。气相色谱法是一种基于毛细管柱分离技术的分析方法，在惰性气体载气条件下，在毛细管柱上对样品进行分离，实现对不同组分的分离和检测。相反，液相色谱法是一种在色谱柱中使用溶液作为稀释相进行分离和检测的方法。这两种方法都可以广泛应用于化工工程高分子材料分析领域，有效地分离和检测化工工程高分子材料中的有机小分子、添加剂、残留物等复杂混合物，并确定其结构和含量信息。色谱分析技术分离检测能力强，分离效果好，结果准确可靠。此外，这些技术还可以与其他分析技术相结合，如质谱、红外光谱等，形成更全面的分析方法。

4.3 物理测试技术

物理测试技术是评价化工工程高分子材料物理性能、形态特征和加工性能的重要手段。其中,动态力学分析通过测试化工工程高分子材料在固体状态下的物理性能,如刚度、弹性、阻尼等,来确定化工工程高分子材料的力学性能和变形行为。扫描电镜可以对化工工程高分子材料的表面形貌、纤维结构、晶体结构等进行观察和分析,从而获得化工工程高分子材料的形态特征和结构信息。粘度测量和拉伸测试可以分别评价化工工程高分子材料的粘度和拉伸性能,这些测量方法可以用来确定化工工程高分子材料的加工性能和合适的加工方法。这些物理测试技术在化工工程高分子材料的研究和应用中起着至关重要的作用。通过测量和分析材料的物理性能和结构特性,可以更好地了解材料的性能和特性,从而为材料的应用设计、生产工艺的优化和质量的提高提供有力的支持。此外,这些技术往往与其他分析和测试方法相结合,形成一个更全面的分析系统。

4.4 光谱学技术

光谱技术作为一种重要的研究工具,在各种物质的研究中得到了广泛的应用。在化工工程高分子材料的研究和应用中,光谱技术已被用于检测化工工程高分子材料的分子结构、官能团、链长、分子量等。其中,红外光谱利用分子振动和旋转产生的光子能量差来分析化工工程高分子材料的一些官能团和成键类型。紫外光谱仪可以利用样品中特殊电子跃迁引起的吸收信号来测定化工工程高分子材料中某些特殊的共轭结构。通过对样品的核磁共振波形进行处理,可以确定化工工程高分子材料的分子结构和分子量。此外,荧光光谱还可用于检测化工工程高分子材料中特定发光基

团的存在和分子结构的变化。由于光谱技术的高分辨率和高灵敏度,可以快速、准确地获得化工工程高分子材料的微观结构,为化工工程高分子材料的研发提供了坚实的支持和保障。同时,该技术与色谱、质谱等其他分析技术相结合,形成更完整的分析体系。

5 结语

综上所述,化工工程高分子材料是现代化工生产中的重要原材料,具有非常重要的作用。随着经济社会的不断发展,对化工工程高分子材料的需求量也在不断增加,为了满足人们日益增长的需求,加强对化工工程高分子材料的检测和分析是至关重要的。同时化工工程高分子材料是人们生产生活中非常常见的物质,在化工工程中得到了广泛的普及与应用,为社会经济发展提供了极大的便利。

参考文献

- [1] 贾园,张鹏,刘振,等.阻燃化工工程高分子材料的开发及其应用研究进展[J].中国塑料,2019,33(10):120-127.
- [2] 罗建新,张春燕,李艳花,等.面向工程应用的化工工程高分子材料创新综合实验教学探索[J].科技创新导报,2013(25):83-84.
- [3] 梁飞飞.基于化工工程高分子材料分析检测技术的探讨[J].中国新技术新产品,2019(14):19-20.
- [4] 成子茂,赵秋兰.浅析化工工程高分子材料发展现状和应用趋势[J].科技创新导报,2022,14(32):69-70.
- [5] 李宁,邓廷昌.形状记忆化工工程高分子材料的应用现状和发展趋势[J].甘肃科技,2022,29(15):30-32+99.
- [6] 李测.医用化工工程高分子材料的临床应用:现状和发展趋势[J].中国组织工程研究与临床康复,2022,14(8):1408-1409.

Research on Recycling Technology of SiO₂ Dry Gel Based on Material Engineering and Water Resources Engineering

Mingchuan Che¹ Zijing Wang²

1. University of Jinan, Jinan, Shandong, 250200, China

2. Jinan Hydrology Center, Jinan, Shandong, 250200, China

Abstract

SiO₂ dry gel is a new material with a wide range of application prospects, but the waste material generated in the production process is facing the problem of ineffective treatment and recycling. Aiming at this problem, based on materials engineering and water resources engineering, the recycling technology of SiO₂ dry gel waste material was studied. Firstly, SiO₂ dry gel waste is treated by physical and chemical methods to achieve effective separation and purification. Secondly, based on the characteristics of SiO₂ dry gel waste material, its application potential in water resources engineering was discussed. The results showed that the treated SiO₂ dry gel waste showed good adsorbability in the water treatment process, and had efficient removal effect on heavy metal ions in water. Finally, this study proposed the novel use of SiO₂ dry gel waste materials to prepare composite materials, and verified the stability and performance of this new material. It is expected that this study will provide an effective recycling approach for SiO₂ dry gel waste materials.

Keywords

SiO₂ dry gel waste material; recycling; water resources engineering; adsorbability; composite material

基于材料工程与水资源工程的 SiO₂ 干凝胶回收利用技术研究

车明川¹ 王子敬²

1. 济南大学, 中国·山东 济南 250200

2. 济南市水文中心, 中国·山东 济南 250200

摘要

SiO₂干凝胶是一种具有广泛应用前景的新型材料,但其生产过程中产生的废弃料却面临着无法有效处理和回收的问题。本研究针对该问题,以材料工程与水资源工程为基础,开展了SiO₂干凝胶废弃料回收利用技术的研究。首先,通过物理和化学方法处理SiO₂干凝胶废弃料,实现其有效地分离和提纯。其次,基于SiO₂干凝胶废弃料的特性,探讨其在水资源工程中的应用潜力。研究表明,经处理后的SiO₂干凝胶废弃料在水处理过程中显示出良好的吸附性,对水中的重金属离子具有高效去除效果。最后,该研究新颖地提出利用SiO₂干凝胶废弃料制备复合材料,并验证了这种新材料的稳定性和性能。期望本研究为SiO₂干凝胶废弃料提供了一条有效的回收利用途径。

关键词

SiO₂干凝胶废弃料; 回收利用; 水资源工程; 吸附性; 复合材料

1 引言

在当前的科学与工程应用领域中, SiO₂ 干凝胶被广泛认为是一种具有巨大前景的新型材料。然而, 这种新型材料在生产过程中产生的废弃料, 却面临着一大挑战, 那就是如何有效地进行处理和回收。针对这一问题, 本文将复合材料工程与水资源工程两大领域, 对 SiO₂ 干凝胶废弃料的回收利用技术进行了深入的研究。首先, 本研究通过物理和化

学方法对废弃干凝胶材料进行处理, 实现其有效的分离和提纯。其次, 我们探索了这些处理后的废材在水资源工程中的应用潜力, 尤其是其在水处理过程中的吸附性能及对水体中重金属离子的去除能力。最后, 本研究也创新地将处理后的 SiO₂ 干凝胶废弃料用于复合材料的制备, 并验证了复合材料的稳定性和性能。这些颠覆性的研究, 打开了新的技术和思考途径, 不仅为 SiO₂ 干凝胶废弃料提供了高效的回收利用新方向, 也为相关领域提供了全新的材料开发和利用视角。

【作者简介】车明川(2002-), 男, 中国山东济南人, 本科, 从事复合材料科学与工程研究。

2 SiO₂ 干凝胶废弃料的处理与提纯

2.1 SiO₂ 干凝胶废弃料的性质分析

SiO₂ 干凝胶是一种无机纳米材料，具有较大的比表面积和孔径，在吸附、催化等领域具有广泛的应用潜力^[1]。本节主要对 SiO₂ 干凝胶废弃料的物理化学性质进行分析，包括表面积、孔径分布、化学组成等方面的研究。

通过氮气吸附—脱附法表征 SiO₂ 干凝胶废弃料的比表面积和孔径分布。该方法可以测定材料的比表面积、孔径分布以及孔容等重要参数。通过测量得到的比表面积和孔径分布可以了解废弃料的吸附性能和传质特性。

使用透射电子显微镜 (TEM) 和扫描电子显微镜 (SEM) 对废弃材料的形貌和微观结构进行观察和分析。通过 TEM 可以观察到废弃料的纳米结构以及颗粒的形貌和分布情况，而 SEM 则可以提供更详细的表面形貌和形状信息。

通过 X 射线衍射 (XRD) 和傅里叶红外光谱 (FTIR) 分析废弃材料的化学组成和晶体结构。XRD 可以确定材料的晶体结构，而 FTIR 可以通过谱峰分析确定材料的官能团和化学键的存在情况。

2.2 物理处理方法研究

物理处理方法是指利用物理原理或技术手段对废弃材料进行处理和提纯的方法。主要研究 SiO₂ 干凝胶废弃料的物理处理方法，包括热处理、超声处理和机械处理等，具体如下：

①研究热处理方法对废弃料的影响。热处理可以通过控制温度和时间来改变废弃料的晶体结构和孔隙结构，进而调控其吸附性能和催化性能^[2]。通过热重分析 (TGA) 等手段可以确定热处理条件对废弃料的影响。

②研究超声处理方法对废弃材料的影响。超声处理可以通过产生空化现象和微观涡流等效应，提高废弃料的表面活性和传质速率，从而增强其吸附和催化性能。通过超声功率密度和处理时间的调节，可以优化超声处理条件。

③研究机械处理方法对废弃料的影响。机械处理可以通过研磨、球磨和压缩等手段改变废弃料的形貌和微观结构，进而调控其吸附性能和传质特性。通过研究机械处理的参数和条件，可以确定最佳的处理方法。

2.3 化学处理方法研究

化学处理方法是指利用化学反应或化学物质对废弃材料进行处理和提纯的方法。具体的化学处理方法研究包括以下几个方面：

①研究酸碱处理方法对废弃料的影响。酸碱处理可以通过改变废弃料的表面电荷和官能团，调控其吸附能力和表面活性。通过调节酸碱处理的浓度和 pH 值，可以实现废弃料的表面修饰和提纯^[3]。

②研究氧化还原处理方法对废弃料的影响^[4]。氧化还原处理可以通过改变废弃料的氧化态和还原态，调控其吸附和催化性能。通过添加氧化剂或还原剂，可以实现废弃料的

氧化或还原反应。

③研究氨化处理对废弃料的影响。氨化处理可以将废弃料的表面官能团引入氨基，增强其与有机物的相互作用和吸附能力。通过调节氨化处理的氨源和反应条件，可以实现废弃料的修饰和功能化。

3 SiO₂ 干凝胶废弃料在水资源工程中的应用研究

3.1 废弃料对水中重金属离子的吸附性能研究

SiO₂ 干凝胶废弃料具有很好的吸附性能，成为处理水中重金属离子的一种有效材料。本节将针对 SiO₂ 干凝胶废弃料在水资源工程领域中的重金属离子吸附性能进行研究。

对废弃料进行表面性质分析。通过扫描电子显微镜 (SEM) 和能量散射谱 (EDS) 对干凝胶废弃料进行表面形貌和元素分析，得出其表面特征和成分信息。利用比表面积测定技术 (BET) 对废弃料进行比表面积、孔径分布和孔容分析，以了解其孔结构特征，为后续吸附性能研究提供基础数据。

采用标准溶液法测定不同重金属离子 (如铜、铅、镉等) 在废弃料上的吸附效果。通过调整初始溶液中重金属离子的浓度、废弃料的用量和接触时间等实验条件，评估废弃料对重金属离子的吸附容量和吸附速率。通过动力学模型和等温吸附模型对实验数据进行拟合和分析，以揭示吸附过程中的吸附机制和行为。

对吸附后的废弃料进行再生和回收利用研究。通过酸碱溶液、盐溶液、活化剂等物质的处理，去除吸附在废弃料上的重金属离子，实现废弃料的再生利用。对废弃料再生后的吸附性能进行测试，评估其再生利用效果和长期稳定性。

3.2 废弃料处理水资源的效率和稳定性分析

SiO₂ 干凝胶废弃料在水资源工程中的应用除了吸附重金属离子外，还可用于水资源的处理，本节将探讨废弃料在处理水资源方面的效率和稳定性。

选择不同的水资源样品进行处理，包括自来水、污水、地下水等，并对水样进行基本参数分析，如 pH 值、浊度、有机物含量等。按照一定比例将废弃料加入水样中，并通过一系列处理工艺 (如搅拌、静置、过滤等) 来研究废弃料对水资源处理的效果。利用标准方法测定处理后水样的基本参数和水质指标，评估废弃料在处理水资源中的去除效果和处理效率。

研究废弃料处理过程中可能存在的变化和影响因素。通过监测废弃料的物化性质变化、吸附饱和度、再生次数等参数，评估废弃料的稳定性和抗污染性能。考虑废弃料与水样中其他成分 (如溶解离子、悬浮颗粒等) 之间的相互作用，探究其对废弃料处理水资源的影响。

3.3 SiO₂ 干凝胶废弃料在水处理过程中的应用机制分析

SiO₂ 干凝胶废弃料在水资源工程中的应用机制是理解

其应用效果和优化处理过程的关键。本节将对废弃料在水处理过程中的应用机制进行分析和解释。

基于表面性质分析和吸附性能研究的结果,探讨废弃料与重金属离子之间的相互作用机制。通过元素分析、吸附热力学分析、吸附动力学分析等方法,揭示废弃料表面活性位点的存在和对重金属离子的亲和力。考虑废弃料孔结构对重金属离子吸附的影响,分析吸附过程中的物理和化学机制。

研究废弃料处理水资源过程中的降低水质的机理。通过分析废弃料与水样中有机物、微生物、颗粒物等污染物的相互作用,探究废弃料对水质提升的机制和效果。考虑废弃料再生和回收利用过程中可能产生的副产物和环境风险,进行综合评估和分析。

基于对 SiO₂ 干凝胶废弃料在水处理过程中的应用机制的分析,提出进一步优化废弃料应用效果的建议和方案。结合废弃料的特性和目标水质要求,确立合理的处理工艺和条件,提高废弃料的应用效率和稳定性。

4 SiO₂ 干凝胶废弃料复合材料的制备与性能研究

4.1 研究复合材料的制备方法

为了有效利用 SiO₂ 干凝胶废弃料,如何制备 SiO₂ 干凝胶废弃料复合材料以改善其性能是关键,以下是几种常用的复合材料制备方法,并对它们的优缺点进行了比较:

第一种制备方法是溶胶-凝胶法。通过溶胶-凝胶法制备复合材料是一种常见且经济的方法。将 SiO₂ 干凝胶废弃料粉末与溶剂(如水、醇类溶剂)混合,形成可溶解的溶胶。加入适量的交联剂或阻链剂,将溶胶转化为凝胶。经过干燥和热处理,得到 SiO₂ 干凝胶废弃料复合材料。溶胶-凝胶法制备的复合材料具有优异的结构稳定性和机械性能,适用于多种应用。

第二种制备方法是热浸渍法。该方法基于 SiO₂ 干凝胶废弃料具有良好的吸附性能。将 SiO₂ 干凝胶废弃料与溶剂进行适度搅拌,使废弃料充分吸附溶液中的目标物质。通过热处理或其他技术将溶液从废弃料中去除,得到 SiO₂ 干凝胶废弃料复合材料。该方法操作简单,且能有效利用 SiO₂ 干凝胶废弃料的吸附性能。

第三种制备方法是机械混合法。该方法的基本原理是将 SiO₂ 干凝胶废弃料与其他材料(如聚合物、金属等)进行机械混合。将 SiO₂ 干凝胶废弃料和其他材料粉末混合,并进行适度的机械搅拌,使两种材料充分混合。通过压制、热处理或其他方法,将混合物形成复合材料^[5]。机械混合法具有简单、易于操作的特点,并且适用于制备各种不同性质的复合材料。

4.2 复合材料的性能测试与分析

为了深入了解 SiO₂ 干凝胶废弃料复合材料的性能,

需要进行一系列的性能测试和分析。通过扫描电子显微镜(SEM)观察复合材料的微观结构,可以评估 SiO₂ 干凝胶废弃料与基体材料的结合情况,并观察是否存在明显的缺陷和界面剥离现象。通过能谱分析(EDS)揭示复合材料中不同元素的分布情况,有助于了解 SiO₂ 干凝胶废弃料在复合材料中的分布状态。

利用 X 射线衍射仪(XRD)测试复合材料的晶体结构,可以确定 SiO₂ 干凝胶废弃料是否影响了基体材料的结晶性能。通过热重分析(TGA)和差示扫描量热仪(DSC)分析复合材料的热稳定性和热降解过程,评估 SiO₂ 干凝胶废弃料对复合材料热性能的影响。

进行拉伸强度和弯曲强度测试,评估 SiO₂ 干凝胶废弃料复合材料的力学性能。了解材料的强度和韧性可以帮助评估其在实际应用中的可靠性和稳定性。进行水资源工程领域相关性能测试,如复合材料对重金属离子的吸附性能、水处理效率等测试,验证 SiO₂ 干凝胶废弃料复合材料在水资源工程中的应用潜力。通过这些性能测试和分析,可以全面评估 SiO₂ 干凝胶废弃料复合材料的性能特点,为其在实际工程中的应用提供参考依据。

5 结语

本研究从材料工程和水资源工程的角度,对 SiO₂ 干凝胶废弃料的回收利用技术进行了深入分析和实验研究。通过物理和化学的处理方法,我们成功地将 SiO₂ 干凝胶废弃料进行了有效地分离和提纯。基于废弃料的特性,我们研究了它在水资源工程中的应用潜力,并发现处理后的废弃料在水处理过程中具有优异的吸附性。值得一提的是,这项研究还探讨了利用 SiO₂ 干凝胶废弃料制备复合材料的可能性,这项创新性研究不仅验证了新材料的稳定性和性能,同时也开启了一种全新的材料开发和利用方式,从而为废弃料的处理和利用提供了一条有效途径。然而,目前来看,该技术仍存在可行性和经济性等方面的问题需要进一步研究和优化,这也将是我们未来的努力方向。总的来说,本研究的成果为 SiO₂ 干凝胶废弃料带来了崭新的处理视角,同时也对相关领域的废弃料处理提供了有益的参考。

参考文献

- [1] 田海波,王娜,李琛琛,等.SiO₂干凝胶对重金属离子的吸附性研究[J].环境科学与技术,2020,43(2):72-78.
- [2] 孙文婷,庞亮.结合材料工程和水资源工程的废弃物回收利用技术[J].环保科技研究,2023,41(8):20-26.
- [3] 赵海燕,郭靖.SiO₂干凝胶废弃料的处理及回收技术研究[J].环保科技研究,2021,39(12):33-38.
- [4] 张剑秋,刘辉.基于SiO₂干凝胶废弃料的复合材料研究[J].材料科学与工程研究,2024,46(5):10-14.
- [5] 杜明峰,刘路.水资源工程中SiO₂干凝胶废弃料应用研究[J].水处理技术,2018,44(10):45-50.

Research on the Application of Intelligent Chemical Materials under Natural Gas Leakage Events

Yan Xin

Yantai PetroChina Kunlun Gas Co., Ltd., Yantai, Shandong, 264600, China

Abstract

As a kind of new energy, natural gas is widely used in gas power generation, urban gas supply, industrial production and other fields. However, natural gas has flammable, explosive, toxic and other risks, and its safety management is particularly important. In natural gas safety management, the choice of chemical materials to consider the nature and risk of natural gas, and the influence of chemical materials, and the application of chemical materials according to the specific situation of natural gas pipeline and equipment, choose the appropriate sealing, corrosion, support and other materials, to ensure the safety of natural gas transportation and use. Based on this, the paper aims to explore the selection and application of chemical materials in natural gas safety management, so as to ensure the safety and reliability of natural gas safety management.

Keywords

natural gas safety management; chemical materials; selection; applications

天然气安全管理中的化学材料选择与应用研究

辛燕

烟台中石油昆仑燃气有限公司, 中国·山东 烟台 264600

摘要

天然气作为一种新能源,被广泛应用于燃气发电、城市燃气供应、工业生产等领域。然而天然气具有易燃、易爆、有毒等危险性,其安全管理显得尤为重要。在天然气安全管理中,化学材料的选择要考虑到天然气的性质和危险性,以及化学材料对其产生的影响,而化学材料的应用则要根据天然气管道和设备的具体情况,选择合适的密封、防腐、支撑等材料,以确保天然气的安全输送和使用。基于此,论文旨在探究天然气安全管理中化学材料的选择与应用,以确保天然气安全管理的安全性和可靠性。

关键词

天然气安全管理; 化学材料; 选择; 应用

1 引言

化学材料作为天然气安全管理的重要组成部分,在选择和应用时需要综合考虑多个因素,如性能、可靠性、成本、环保等,以确保天然气安全管理的安全性和可靠性。同时,在实际生产中还需要注重材料的维护和保养,确保材料能够在长期使用过程中保持其原有的性能。因此化学材料的选择和应用对于天然气安全管理至关重要,需要引起高度重视。

2 天然气安全管理中化学材料选择的标准和指导

2.1 对化学稳定性的要求

化学稳定性是指物质在储存、搬运、使用等过程中不

会因内部化学反应而失去其原有物理特性的能力。在选用化学材料时,首要考虑其化学稳定性,对于天然气储存罐、输气管道等重要构件,应该选用具有高化学稳定性的材料,例如在选用管道材料时,必须考虑管材在输送天然气过程中是否会发生压缩变形或拉伸变形,从而影响管道的使用寿命,常规使用的管道材料有钢质、铜质和塑料等,其中钢质管道材料具有较好的物理性能和化学稳定性,但是在输送高压气体时容易发生腐蚀,因此需要进行防腐处理;铜质管道材料具有良好的耐腐蚀性能,但是其成本较高;塑料管道材料具有较好的化学稳定性和耐腐蚀性能,但是其抗压强度较差。综合考虑安全性和经济性,选用合适的管道材料至关重要,需要根据具体情况进行综合权衡。

2.2 物理性能—耐温性、强度和韧性

天然气储存罐、输气管道等构件在长期使用过程中需要承受一定的压力和拉伸力,因此对于化学材料的物理性能要求也比较高。在选择管道材料时,要考虑其耐温性、强度

【作者简介】辛燕(1981-),女,中国山东济南人,博士,工程师,一级安全评价师,从事天然气安全管理、QHSE管理、企业EAP研究。

和韧性，耐温性是指管道材料在输送高温气体时，不会因温度升高而发生软化或熔化，而强度和韧性是指管道材料在承受压力和拉伸力时，能够保持其原有的物理性能。因此在选择管道材料时，需要根据气体输送的参数，如温度、压力等条件，选用具有适当强度和韧性的材料，以确保管道的使用寿命和安全性。

2.3 兼容性—抗腐蚀和抗氧化

天然气在输送和储存的过程中会接触到各种化学物质，如空气、水蒸气、灰尘等，容易导致管道材料的腐蚀和氧化，从而影响管道的使用寿命和安全性。因此在选用管道材料时，需要考虑其抗腐蚀和抗氧化能力，铜质管道材料具有良好的抗腐蚀性能，但是其成本较高；钢质管道材料需要进行防腐处理以增强其抗腐蚀能力；塑料管道材料具有较好的抗腐蚀和抗氧化能力，但需要根据具体情况选用适当的聚合物材料，以确保其在高温高压环境下的使用安全性。

2.4 法规标准和行业准则

天然气输送管道必须符合国家标准《天然气管道工程设计规范》和《天然气工业安全技术规程》的要求，这些标准和规程对于管道材料的选择、安装和使用等方面都有明确的规定和要求，以确保天然气输送系统的安全和稳定运行^[1]。

3 天然气安全管理中化学材料的应用

3.1 管道和容器的材料

3.1.1 钢材和合金的选择与应用

天然气输送和储存系统材料的选用不仅要能够承受天然气高压和高流速，还需要满足如可塑性、可焊性、耐腐蚀性和高温强度等方面的要求，其中钢材和铸造合金是主要的材料选择，具有良好的强度和可靠性，能够承受天然气的高压和高流速。钢材是一种非常常见的材料，具有良好的可塑性和可焊性，能够制造出各种形状的管道和容器，铸造合金是一种高强度和耐腐蚀性能较好的材料，通常用于制造承受大压力的天然气管道和容器。一般来说，输送压力较低的天然气管道采用低合金钢，或经过热处理的碳素钢；而输送压力较高的天然气管道则需要采用高强度和抗腐蚀能力强的高合金钢。

还有一些特殊的合金可以用于天然气管道和容器中，如铜合金、镍合金等，具有良好的耐腐蚀性和高温强度，可以用于特殊的天然气输送和储存系统中。铜合金由铜和其他元素合金化而成，耐腐蚀性和导热性能较好，因此适用于输送高温天然气的管道；镍合金由镍和其他元素合金化而成，具有极高的高温强度和耐腐蚀性，因此适用于承受极高压力和高温的天然气管道和储存罐和管道。

3.1.2 非金属（聚合物、橡胶、塑料等）材料的应用

天然气输送和储存系统中非金属材料的应用越来越普遍，不仅具有良好的抗腐蚀性能和重量轻的特点，而且能够降低系统的成本和维护费用，具有非常显著的经济和环保优

势。其中聚合物材料可以用于制造天然气输送和储存系统中的管道和容器中的密封件、垫片等，此种材料具有良好的柔韧性和耐磨性，能够承受一定的压力和温度使得聚合物材料在天然气输送和储存系统中的应用非常广泛。橡胶材料可用于制造天然气输送和储存系统中的管道和容器中的密封件、垫片等，具有良好的弹性和耐腐蚀性，能够在高温、高压下保持其性能。塑料材料是一种轻质、抗腐蚀的材料，在天然气输送和储存系统中，塑料材料可以用于制造衬里等，然而塑料材料应用时需要注意其热膨胀系数和耐温性，在高温和高压下，塑料材料的性能可能会受到影响^[2]。

3.1.3 新型材料和复合材料的研究与发展

新型材料包括碳纤维、陶瓷材料等，具有高强度、高温性能和良好的耐腐蚀性，可以用于制造天然气输送和储存系统的关键部件。以碳纤维为例，作为一种轻质高强、高刚度的材料，其密度约为钢的四分之一，但抗拉强度却是钢的五倍以上，在天然气输送和储存系统中，碳纤维材料广泛应用于管道、储罐、阀门等关键部件的制造中。由于碳纤维具有较高的强度和刚度，可以减少管道和储罐的厚度和重量，降低了制造成本，同时也提高了系统的安全性能。复合材料是由两种或多种不同材料组成的材料，具有多种材料的优点如轻质、高强度、高刚度、耐腐蚀、耐磨损等，在天然气储存和输送系统中，复合材料广泛应用于管道和容器等关键部件的制造中，特别是在衬里材料的选择上更是占据重要的地位。

3.2 密封和润滑材料

3.2.1 不同类型的密封材料及其应用领域

在天然气管道系统中，密封材料主要用于防止气体泄漏和外界杂质进入系统而引起污染。不同的工作条件和压力等级需要选择适当的密封材料，以确保管道系统的安全和有效运行。其中硅橡胶密封材料是一种高温、高压下应用广泛的密封材料，具有很好的耐油性、耐高温性、耐臭氧和臭氧分解性等特点，主要应用领域是高温和高压气体管道系统，如天然气热力发电站和炼油厂等，能够在高温条件下保持良好的机械性能和化学稳定性，使得其在高温环境下具有卓越的密封性能。氟橡胶密封材料具有很好的耐腐蚀性、耐高温性和耐油性等特点，使得氟橡胶密封材料在天然气输送管道系统中有广泛的应用。在液化天然气、天然气压缩机和阀门等重要设备中，氟橡胶密封材料能够在高压、高温和强腐蚀环境下保持良好的密封性能，与其他密封材料相比，氟橡胶密封材料能够更好地适应极端的气体和液体介质。此外，天然气管道系统中还使用了许多其他材料，如聚氨酯、聚四氟乙烯（PTFE）等，在不同的应用环境中都具有独特的优势，可以根据具体应用要求进行选择^[3]。

3.2.2 润滑材料的选择与性能要求

润滑材料主要是用于减少摩擦和磨损，保护设备的正常运行，在天然气安全管理中，润滑材料的选择要根据具体

的工作条件和设备要求进行选择。石墨润滑剂是一种在高温和高压下具有很好润滑性能的材料,由石墨和润滑剂油混合而成,具有很好的耐高温性、耐腐蚀性和耐压性等特点,在液化天然气、天然气压缩机和阀门等设备中得到了广泛的应用。对于天然气压缩机,石墨润滑剂的主要作用体现在减少摩擦磨损、降低机器噪音、提高设备效率、降低能源消耗、保护设备等方面。石墨润滑剂具有优异的润滑性能,可以降低摩擦系数,减少机器表面间的磨损,从而保护机器的结构,延长设备寿命。

齿轮油是一种常见的润滑材料,主要应用于天然气压缩机和泵等设备中,其具有很好的抗氧化性、抗乳化性、低泡性和耐高温性等特点,可以有效地减少设备的磨损和延长设备的使用寿命。在天然气安全管理中,齿轮油的应用主要集中在天然气压缩机和泵等设备上。齿轮油既可以被用于润滑轴承也可以被用于润滑和保护齿轮系统,能够有效地吸附在机器表面,形成润滑膜,减少机器间的摩擦和磨损。与石墨润滑剂不同的是,齿轮油的主要作用是减少齿轮系统的磨损,从而延长机器的使用寿命。齿轮油具有很好的抗氧化性和耐高温性能,抗氧化性能主要表现在齿轮油能够有效地抵御氧化作用,防止机器表面生锈和腐蚀,而耐高温性能则表现在齿轮油能够在高温环境下保持稳定性能,不会因为高温而失效,保证设备的正常运行。

3.2.3 安全使用和更换密封润滑材料的准则

天然气管道是输送天然气的重要通道,而管道的安全运行是必须严格控制的。而保障管道系统安全运行的关键之一就是建立稳健的安全使用和更换密封润滑材料的准则,具体包括以下几点:

①严格控制密封和润滑材料的质量,确保产品符合执行标准要求。密封和润滑材料的质量会对管道系统的安全运行产生重要影响,因此为了防止产品质量出现问题,需要采用一套严谨的质量控制措施,包括对材料的送检、检测和测试等环节,确保产品能够通过质量标准要求。

②进行精细的材料选择。材料的选择是管道系统安全运行的前提条件,选择材料时需要根据管道系统的工作条件和压力等级进行适当的选择,同时还需要注意材料的抗氧化性、抗老化性、耐腐蚀性和耐高温性等特点。

③定期检查和更换密封和润滑材料。具体来说,管道系统应按照规定的时间和计划对密封和润滑材料进行定期检查,包括检查密封材料的密封性和润滑材料的润滑性,如果发现材料已经到达设计寿命或已经出现安全隐患,需要及时更换密封和润滑材料。

3.3 火灾和爆炸防护材料

3.3.1 防火材料的种类和特性

在天然气的使用、储存和运输过程中,最常用的防火材料包括石棉、玻璃纤维、硅酸钙板、岩棉板、聚氨酯泡沫板等,这些材料具有良好的防火性能,能够有效地阻止火势的传播和扩散,起到保护设备和人员的作用。其中,石棉是一种非常常见的防火材料,具有高耐热性、低导热系数和优异的隔热性能,在高温环境下表现出色,但由于石棉会释放出有害的纤维物质,对人体造成的健康危害比较大,现已逐渐淘汰。与石棉相比,玻璃纤维材料没有有害物质的释放,同时具有较高的耐火性能和隔热性能,是一种非常理想的防火材料,硅酸钙板和岩棉板也具有非常好的隔热防火性能,聚氨酯泡沫板则具有较好的保温性能,同时也有一定的防火特性。

3.3.2 爆炸防护材料和技术

除了防火材料外,还需要采取爆炸防护措施,以保证天然气的安全使用,主要采用的技术包括防爆壳体、防爆配电箱、防爆电缆等。其中防爆壳体是一种将易爆气体和火源隔离开来的装置,其主要作用是在爆炸事件发生时,吸收或减缓爆炸冲击波的冲击力,限制其扩散,从而降低事故的危害程度,防爆壳体的结构一般为立方体或矩形,并且内部必须具有足够的强度和耐高温性能,以承受爆炸冲击的力量。防爆配电箱的主要作用是防止在电力系统中引起火花、电弧和爆炸,其主要构造包括配电箱、开关箱、箱体等。防爆电缆则采用一系列特殊的材料 and 设计,能够在高温、高压、高湿、高强度和大变形等恶劣环境下稳定工作,从而有效地防止电缆的短路和爆炸。

4 结语

综上所述,在天然气安全管理中,需要充分考虑化学材料的选择,将化学稳定性、物理性能、兼容性以及法规标准和行业准则等因素进行综合考虑,选用合适的化学材料,以确保天然气输送和使用的安全性和稳定性。天然气安全管理中,通过合理地选择管道和容器的材料、使用密封和润滑材料以及火灾和爆炸防护材料等化学材料,可以有效地提高天然气输送的安全性。

参考文献

- [1] 刘大伟,陈霏佳,郭莉辉,等.天然气管道储运的安全管理探究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(1):58-60.
- [2] 张建军.燃气管网中新材料和先进技术的应用探讨[J].石化技术,2023,30(5):193-195.
- [3] 申晋益.高层和超高层建筑燃气管道材料及连接方式[J].煤气与热力,2022,42(11):31-33.

The Application and Design Strategy of Composite Materials in Mechanical Structure are Briefly Discussed

Pengyu Cong

Jiangsu Xinyang New Material Co., Ltd., Yangzhou, Jiangsu, 225100, China

Abstract

Composite material is composed on the basis of two or more materials, its mechanical properties are good, it has obvious lightweight characteristics, in the design of mechanical structure should be optimized, can further strengthen the use of mechanical structure. Therefore, it is necessary to analyze the application points of composite materials in mechanical structure, and put forward scientific and reasonable design strategies to effectively improve the quality of machinery manufacturing products and promote the sustainable development of machinery manufacturing industry. This paper mainly analyzes the application points and design strategies of composite materials in the mechanical structure, so as to further improve the design level of the mechanical structure design, and then strengthen the strength, stiffness and durability of the mechanical structure, and realize the lightweight design of the mechanical structure, to ensure the continuous optimization of the performance of the mechanical structure.

Keywords

composite material; mechanical structure; application; design strategy

略谈复合材料在机械结构中的应用与设计策略

丛朋雨

江苏新扬新材料股份有限公司, 中国·江苏 扬州 225100

摘要

复合材料是在两种或者多种材料基础上构成的, 其力学性能较好, 其具有明显的轻质化特征, 在机械结构设计中, 对复合材料进行优化应用, 可以进一步强化机械结构的使用性能。因此, 要对复合材料在机械结构中的应用要点进行分析, 并提出科学合理的设计策略, 有效提高机械制造产品质量, 推动机械制造行业的可持续发展。论文主要对复合材料在机械结构中的应用要点以及设计策略进行分析, 从而进一步提高机械结构设计水平, 进而强化机械结构的强度、刚度和耐久性, 并实现机械结构的轻量化设计, 保障机械结构的性能的持续性优化。

关键词

复合材料; 机械结构; 应用; 设计策略

1 引言

在机械设计制造中, 对复合材料进行优化应用, 可以进一步提高机械设备使用性能, 提高机械产品质量。主要是因为复合材料刚度较大, 且质量较轻, 可以满足新时期机械结构设计制造要求。当前, 复合材料在航空航天、汽车工业、建筑领域获得了良好的应用, 可以有效改善机械结构的抗拉强度、弯曲刚度、疲劳寿命等, 为机械制造行业的可持续发展奠定良好的基础。

2 复合材料分析

复合材料主要是在物理、化学方式基础上, 对两种以上、性质不同的材料进行组合, 其中包含基体相、增强相, 前

者是连续分布, 后者为离散分布。复合材料的应用, 可以对多种材料优势进行优化融合, 进一步提升复合材料的强度、刚度和耐久性。当前, 复合材料在航空航天、汽车工业、建筑等领域发挥了重要作用。结合复合材料不同组分性质、组织方式的不同, 即增强相形式的差异性, 可以将其划分为颗粒增强复合材料, 该类材料的颗粒状增强相均匀分散在基体中, 其中颗粒包含金属、陶瓷、聚合物等, 能够强化基体硬度、强度等特性; 纤维增强复合材料, 该类材料需要把纤维状增强相嵌入到基体相中, 其中较常使用的纤维有玻璃纤维、碳纤维、有机纤维等, 能够进一步强化复合材料强度、刚度等力学性能; 层叠复合材料, 对多层纤维增强复合材料进行交替叠放而成, 该材料在航空航天、汽车领域获得了良好的应用^[1]。

【作者简介】丛朋雨(1997-), 男, 中国辽宁盖州人, 本科, 助理工程师, 从事复合材料结构设计研究。

3 复合材料在机械结构中的应用要点

3.1 航空航天领域

①复合材料在飞机结构中的应用，可以有效控制飞机整体结构的质量，且优化燃油率，进一步提高飞机结构的抗腐蚀性能，并优化结构刚度。当前，新型复合材料在飞机机身、机翼等关键部位得到了有效性应用，可以进一步实现飞机结构设计的现代化和科学化。复合材料的刚度和强度较强，质量较轻，能够进一步提升飞机结构的载荷能力，并优化机动性能，提升燃油率，有效控制飞机运营成本^[1]。其中，在飞机机翼中应用复合材料，能够提高机翼展弦比，并实现翼型设计的轻薄化，减少飞机在飞行过程中的气动阻力，优化升力效率，强化飞机运行。此外，复合材料耐久性较强，且抗侵扰能力较好，能够提升飞机在高湿度、盐雾等环境因素的抵抗能力，减少飞机病害问题的出现，减少维护成本，延长飞机使用寿命。

②航天器结构，航天器的运行环境较为复杂，需要高速运行，且需要经受重力加速度变化，同时还需要受到太空环境的严酷考验，同时在航天器中使用复合材料，能够发挥其质量较轻的优势，减少整体航天器结构质量，强化航天器使用性能，增强运载能力；在航天器发射、返回过程中，往往需要面临复杂的振动环境，且承受极大的力学负荷，因此，可以对复合材料的强度、刚度等优势性能进行优化应用，从而强化航天器对各种力学挑战的抵抗能力，确保航天器结构始终保持稳定的运行状态，避免结构完整性受到影响。此外，复合材料具有较强的抗裂纹扩展能力，且抗疲劳特性较强，可以在很大程度上增加航天器结构的耐久性，保障航天器在使用过程中的安全性与可靠性；复合材料的热稳定性较好，可以确保航天器结构在各种环境中进行良好适应，如极端温度变化、高能辐射、化学物质腐蚀等，从而确保航天器结构、性能的稳定性和可靠性，减少航天器的损坏几率，既可以降低维护成本，且还可以延长航天器使用寿命，为中国航天事业的可持续发展奠定良好的基础^[2]。

3.2 汽车工业领域

①汽车结构，复合材料在汽车结构中的应用，能够进一步优化汽车性能、安全性和环保性能。复合材料质量较轻，可以减轻汽车结构质量，从而提高燃油率，减少碳排放量，延长汽车续航里程；复合材料强度和刚度好，能够保障汽车结构的稳定性，强化乘客的舒适体验，确保汽车能够对各种力学负荷、振动环境进行良好性适应；此外复合材料吸能特性较强，一旦汽车受到碰撞，能够对冲击力能够有效吸收和分散，保障汽车安全；复合材料耐腐蚀性较强，可以提高汽车结构对潮湿、盐雾、化学物质等运行环境的抗腐蚀能力，延长使用寿命^[4]。

②汽车零部件，新时期，在汽车零部件设计制造中，主要在车身、底盘组建、悬挂系统、内饰件等零部件中对复

合材料进行优化应用。其中在车身结构中的应用，可以充分发挥其轻质化特性，优化车身结构设计，减少车身质量，提高燃油率，充分体现整体汽车运行的经济性和环保化。此外，还可以在悬挂系统、制动系统中进行优化应用，可以实现悬挂臂、悬挂弹簧、制动盘等零部件的轻质化设计和制造，强化整体悬挂系统的响应能力，避免出现制动系统热膨胀，强化整体悬挂系统的可操控性，促进汽车的安全运行。

3.3 建筑领域

①建筑结构，在建筑结构的外墙、屋顶、门窗中对复合材料进行优化应用，能够充分发挥其强度、刚度优势，确保建筑结构的轻巧化、坚固化，强化梁、柱等建筑结构的耐久性，实现建筑结构的轻量化设计，减少材料消耗，保障建筑物能够具有良好的抗震性能；在外墙装饰中对复合材料进行优化应用，能够发挥其耐候性、防水性能特征，减少气候、环境等因素对建筑物的侵蚀，且能够实现外墙装饰的多样化，提升外墙装饰效果，提升其美观性；在屋顶、门窗系统中进行优化应用，能够充分利用其轻质化、抗腐蚀性、隔热性能等优势，进一步减少建筑物的能源消耗，强化保温效果，且能够有效隔音，保障室内舒适度^[5]。

②建筑装饰，在建筑装饰中，需要在外墙装饰、内饰装饰、立面系统对复合材料进行优化应用，从而强化建筑物美感。在底板、墙板、天花板等室内装饰材料中应用复合材料，可以体现装饰材料风格的多样化，满足个性化的室内设计需求。尤其是复合材料地板耐磨性较强，方便清洁，具有较强的抗菌性能，可以在室内空间得到有效应用，且安装费用较低，具有良好的经济性优势；在建筑立面系统对复合材料进行优化应用，能够设计成多种形状、尺寸，强化建筑立面设计效果，具有良好的抗紫外线效果，能够提高抗腐蚀性、隔热保温性能，能够进一步提高建筑物的舒适性。

4 复合材料在机械结构中的优化设计

4.1 材料选择与结构优化

在机械结构设计中，需要结合实际情况，对复合材料进行合理选择，并优化组合结构设计，从而进一步提高机械结构的性能和效能。在实际的设计作业中，要对机械产品应用环境进行调查分析，并明确具体的应用标准要求，从而针对性选择复合材料类型。当前新型复合材料类型有很多，如碳纤维增强复合材料、蜂窝结构复合材料等，不同类型的性能、特征存在很大差异性，要对各类复合材料的强度、耐腐蚀性等因素进行综合性考量，从而实现复合材料选择方案的最优化，为机械结构负荷性能的提升创建良好条件^[6]。此外，为了对复合材料性能进行有效性发挥，需要优化结构设计，对机械结构的形状、布局、层压序列等进行科学性调整与优化。在具体设计中，尽量减小结构质量，强化整体机械结构的强度和刚度，避免出现集中应力现象，并进一步提升机械结构的抗疲劳性能。同时为了实现机械结构的准确性、高效

化设计,要对有限元分析、优化算法等计算方式进行合理应用,并引进现代化的仿真技术,保障机械结构设计的最优化。

4.2 设计复合材料层合板

在机械结构设计中,常常需要应用到复合材料层合板这一结构元件。复合材料是结合特定的层压序列,对两层以上的材料进行组合形成,通过这种方式能够对各种材料的优势进行集中体现,保障机械结构、性能的最优化设计。在对复合板进行设计时,要结合复合材料的具体类型,对复合材料进行优化选择。此外,复合材料层厚、层序的差异性,能够对机械结构各个方向的力学性能进行针对性调控,其中主要涉及到强度、刚度、耐久性等特性。因此,可以结合实际情况,对复合材料层合板各种材料比例、层厚、层序等进行个性化调整,从而满足实际的机械结构设计需求,如增强抗冲击性能等^[7]。此外还需要注重对复合材料层合板结构进行优化设计,以便对层合板几何形状、层数、层序等要素进行针对性调整,实现复合材料性能的最大化呈现。通过层合板结构优化,能够实现层合板质量的最小化控制,并强化整体结构的刚度、强度等力学性能,并减少集中应力问题的出现,进一步强化结构抗疲劳寿命。在对层合板结构进行优化设计中,要对材料力学性能、制造工艺、环境适应性等要素进行全方位考量,并尽量控制经济成本。同时,还需要对层合板在各类工况下的温湿度变化、动态载荷等响应情况进行全面性考虑,确保层合板能够在机械结构中始终保持最佳的应用状态,为整体机械结构性能的提升奠定良好的基础。其中,复合材料层合板结构如图1所示。

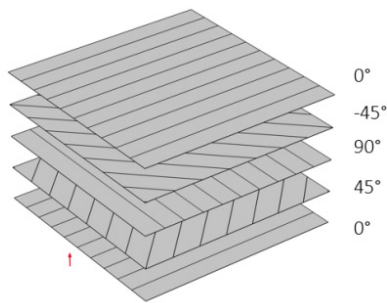


图1 复合材料层合板结构示意图

4.3 优化结构拓扑

结构拓扑的优化设计,能够进一步提升整体机械结构

的使用性能和效能。在具体的结构拓扑优化过程中,要结合实际情况,对结构拓扑形状、布局等进行针对性优化和改变,从而有效提升整体结构性能,此外,通过这种方式还能够减少机械结构质量,强化结构强度和刚度^[8]。此外,还需要对拓扑优化算法、演化算法进行合理应用,实现复合材料结构形状的科学性设计,优化整体结构布局。此外还需要对先进的自动化技术进行合理应用,实现设计算法的科学性与合理性,积极探索多元化的结构形状,实现结构拓扑、结构性能的最佳化。通过结构拓扑的优化,能够实现结构形态的优化创新,尽量减少材料使用量,减少材料浪费,并推动整体结构的轻量化。

5 结语

综上所述,复合材料的强度、刚度优势较强,且具有良好的抗腐蚀性、优异的疲劳寿命等,可以进一步提升机械结构的性能优势,因此在航空航天、汽车工业、建筑领域发挥了越来越重要的作用。随着材料科学、工程技术的持续性发展,复合材料在机械结构中得到了优化应用,进一步实现了结构设计创新,为机械设计制造行业的长远发展奠定良好基础。

参考文献

- [1] 黄慧伶,袁洪彩.新型材料在机械设计与制造中的应用研究[J].模具制造,2024,24(2):169-171+174.
- [2] 张伟.机械设计过程中机械材料的选择和应用[J].普洱学院学报,2023,39(6):45-47.
- [3] 刘小珍.复合材料在汽车机械制造中的应用[J].汽车测试报告,2023(16):86-88.
- [4] 陈春雨.复合材料孔成形过程中的机械加工问题[J].产品可靠性报告,2023(8):85-86.
- [5] 黄文君,郭葳.浅析机械设计中材料的选择与应用[J].石河子科技,2023(4):30-31.
- [6] 张晋寅,李西育,韦晓星,等.干式套管芯体复合材料的机械损伤性能研究[J].电瓷避雷器,2023(6):226-233.
- [7] 张博.Cf/Mg复合材料的力学与热物理性能和机械加工分析[J].冶金与材料,2023,43(7):112-114.
- [8] 刘小华.建筑起重机械新型材料的选择与应用分析[J].中国机械,2023(20):71-74.

Manufacturing Technology and Cost Benefit Analysis of Alkaline Manganese Dioxide Batteries

Zhenhua Shi

Zhejiang Changhong Feishi Electrical Industry Co., Ltd., Jiaxing, Zhejiang, 314001, China

Abstract

Alkaline manganese battery is developed on the basis of alkaline zinc manganese battery, because the mercury-free zinc powder and new additives, makes the battery in the original alkaline battery discharge characteristics at the same time, can be dozens of to hundreds of times of use, significantly improve its economical, also has a good future development in the future. The paper starts from the overview of the development of alkaline manganese battery. By analyzing the problem of increasing the cost of alkaline manganese battery production, it puts forward the scientific strategy of optimizing the manufacturing technology of alkaline manganese battery to reduce the cost.

Keywords

alkaline manganese dioxide battery; cost effectiveness; enterprise management; technological innovation

碱锰电池的制造技术与成本效益分析

史振华

浙江长虹飞狮电器工业有限公司, 中国 · 浙江 嘉兴 314001

摘要

碱锰电池是在碱性锌锰电池的基础上发展起来的, 由于采用了无汞化的锌粉及新型添加剂, 使得这种电池在保持原有碱性电池放电特性的同时, 能够进行几十次到几百次的充电使用, 显著提高了其经济实惠性, 在未来也有良好的发展前途。论文从碱锰电池发展概述开始, 通过分析碱锰电池生产中遇到增加成本的问题, 提出科学的碱锰电池优化制造技术, 降低成本的策略。

关键词

碱锰电池; 成本效益; 企业管理; 技术创新

1 引言

碱锰电池作为一种常见的化学电源, 其制造技术和成本效益对于制造商来说是非常重要的考量因素。制造商需要不断优化制造技术以提高生产效率和产品质量, 同时也需要降低生产成本以增加竞争力并提高利润。

2 碱锰电池发展概述

2.1 碱锰电池概述

碱锰电池, 也被称为碱性锰电池或碱性二氧化锰电池, 是一种广泛使用的化学电源。它利用碱性电解液和锰氧化物作为正极材料, 锌作为负极材料, 通过化学反应将电能转化为化学能并存储起来。当电池放电时, 这个化学反应会逆向进行, 化学能被转化为电能。碱锰电池具有一系列优点, 使其在许多应用领域中具有重要地位。首先, 它具有较高的

能量密度, 即单位体积或重量的电池所能提供的电能较高。其次, 碱锰电池能够提供持久且稳定的电能供应, 这意味着即使在长时间使用或存储后, 电池的性能也不会显著下降。最后, 碱锰电池具有较长的使用寿命, 经过数百次充放电循环后, 电池的性能仍然保持良好。在未使用的情况下, 碱锰电池也能保持相对较低的自放电率, 这意味着即使在存储期间, 电池也会损失较少的电量。其受到电池行业及广大消费者的欢迎, 被誉为是 21 世纪仍受欢迎的电池产品之一^[1]。

而在具体制造环节, 碱锰电池可以根据不同的应用需求进行设计和制造。例如, 不同规格的碱锰电池可以适应不同设备的电源需求。这些规格可以根据设备的要求进行定制, 例如 AAA、AA、C、D 等不同尺寸的电池。在制造过程中, 碱锰电池使用了无汞、无镉等环保材料, 这意味着它对环境的污染较小, 符合相关的环保法规要求。同时, 由于其低廉的价格和良好的稳定性, 碱锰电池在许多领域仍然具有重要意义。随着技术的不断发展, 碱锰电池的制造技术和性能也在不断进步。新的制造工艺和材料不断涌现, 为碱锰

【作者简介】史振华 (1982-), 男, 中国河南周口人, 本科, 高级工程师, 从事碱锰电池工艺和制造技术研究。

电池的未来发展提供了更多的机遇和挑战。尽管市场上出现了更高能量密度和更环保的锂离子电池等竞争对手，但碱锰电池因其广泛应用的特点和良好的性能表现，在某些特定领域仍然具有不可替代的地位。碱锰电池是一种可靠、环保且具有高能量密度的化学电源。无论是在家庭用电器、办公设备、移动通信设备还是太阳能、风能的储能系统中，都可以看到碱锰电池的身影。尽管面临激烈的竞争和技术的快速发展，碱锰电池仍然凭借其独特的优势和广泛应用的特点，在未来化学电源的发展中占据重要的地位。

2.2 碱锰电池在我国发展程度

碱锰电池在中国的发展程度相对较高。提高产品质量是企业永恒的追求。10 多年来，国产碱锰电池在增加容量、无汞化、适应大功率使用、提高贮存和安全性能等方面都取得了长足的进步^[2]。中国是全球最大的碱性电池生产和消费国家之一，其中包括了碱锰电池。在中国，许多知名的电池生产企业生产出大量的碱锰电池产品满足中国需求，并且也出口到其他国家和地区。中国在碱锰电池制造技术方面取得了显著进步。这些进步包括生产工艺的改进，电池性能的提升，以及使用寿命的延长。这些成果得益于中国的电池制造企业不断进行研发和创新，同时也与中国政府的大力支持密不可分。

碱锰电池在中国被广泛应用于许多领域。首先，在家庭生活和工作中，碱锰电池被广泛应用于遥控器、计算器、闹钟、手电筒、无线麦克风和便携式收音机等设备中。这些设备在日常生活中的使用频率较高，因此对电池的能量密度、寿命和稳定性有较高的要求，而碱锰电池以其优秀的性能和适中的价格，在这些领域得到了广泛应用。此外，碱锰电池在战略储备、仪器设备、通信设备等领域也有需求。在这些领域，碱锰电池的稳定性和长寿命使得它们成为了设备的理想选择。

中国政府一直致力于环境保护和可持续发展，对电池行业也有相应的环保法规。这些法规要求电池的生产和使用应当符合环保要求，同时也鼓励电池回收和再利用。在近年来，中国逐渐推进电池回收利用体系建设，包括碱锰电池在内的废旧电池回收系统趋于完善。这一方面有利于减少废旧电池对环境的污染，另一方面也为电池行业的可持续发展提供了保障。总的来说，碱锰电池在中国的发展状况良好，不仅满足了国内的需求，还大量出口到其他国家和地区。同时，随着技术的不断进步和政策的持续支持，碱锰电池在中国未来的发展前景也十分广阔。发展无污染、无公害的无汞碱锰电池，实现发展与环保相协调，是电池产品可持续发展的必由之路^[3]。

3 碱锰电池生产中遇到增加成本的问题

在碱锰电池的生产过程中，可能会遇到一系列增加成本的问题。碱锰电池的生产需要大量的原材料，如锰、碱性

电解质、电极材料等。这些原材料的供应商可能会因为市场价格波动、供应链问题、天气影响等原因而提高价格，从而导致生产成本增加。而电池生产过程中需要大量的能源，包括电力和热能。随着能源价格的上涨，如煤炭、天然气等价格的上涨，会导致生产成本的增加。碱锰电池的生产需要高度熟练的技术工人和操作员参与。如果劳动力成本上涨，如工资水平的提高、社保费用的增加等，将增加生产过程中的人工成本开支。

同时，为了符合环保要求，碱锰电池生产企业可能需要购买昂贵的废气、废水的处理设备，同时还需要承担污染物排放控制的相关费用。这些治理措施的成本也会直接增加产品的生产成本。碱锰电池的生产需要先进的设备和工艺流程，这涉及设备的购置和维护成本。如果设备价格高昂或维护成本较高，如设备故障、更新换代等，都会增加产品的生产成本。

4 碱锰电池优化制造技术，降低成本的策略

4.1 优化技术工艺，自动化生产

通过优化技术工艺和自动化生产碱锰电池可以降低成本。首先，在工艺方面，可以采用更高效的生产流程和设备，减少能耗和原材料损耗，从而降低制造成本。对生产线进行一定改造，使其既能制造有汞碱锰电池，也能制造无汞碱锰电池，既能制造一次碱锰电池；也能制造可充碱锰电池^[4]。其次，在材料方面，可以研发具有高能量密度、高导电性和良好稳定性的新材料，如锂硫电池、固态电池等。这些新材料可以提高电池的性能，并且相对于传统材料来说，也能够降低生产成本。最后，采用新的工艺技术也是一种有效的降本增效的方法。例如，利用纳米材料制备技术可以在材料层面提高电池的能量转化效率，并减少材料浪费。同时，采用绿色制造技术可以减少环境污染，提高生产过程的可持续性。

同时，在电池生产过程中引入人工智能、大数据和物联网技术可以实现电池生产过程的智能化和自动化。通过收集、分析和应用大量的数据，可以优化生产计划和控制参数，提高生产效率和稳定性，进而降低生产成本。同时，引入机器人和自动化设备可以实现电池生产过程的自动化，减少人力投入，并且降低制造过程中的人为误差，提高生产效率。可以有效降低碱锰电池的生产成本，并提高电池的性能和质量稳定性。

4.2 优化供应链，严格管控品质

企业可以与供应商建立长期稳定的合作关系，确保原材料的稳定供应，并避免供应链中断或不稳定带来的成本增加。定期评估供应商，确保其能够提供高质量、低成本的原材料。从原材料采购到产品检测等各个环节进行严格把控，确保产品质量稳定，减少不合格品的产生。明确原材料和产品质量标准，强化生产工艺控制和质量检测，以降低生产成

本。通过与供应商协商采用灵活的采购方式，合理安排生产计划，减少库存积压和资金占用成本。

在企业日常运行中，建立完善的回收体系，推动电池回收产业发展，提高回收率和资源再利用率，减少废旧电池对生产成本的影响。通过精确计划和准确控制生产过程，减少浪费现象，提高原材料和能源的利用率，降低生产成本。设计生产计划时，针对不同客户需求，提供定制化的碱锰电池产品，以减少库存积压和浪费，降低生产成本。综上所述，通过优化供应链、严格管控品质等策略，可以帮助碱锰电池实现降低生产成本的目标。这些措施不仅有助于提高企业的竞争力，也有利于推动整个碱锰电池行业的可持续发展。

4.3 坚持改革创新，鼓励节能减排

企业需要在生产活动中坚持改革创新，鼓励节能减排来降低成本。企业可以建立自己的科研团队，投资研发优化碱锰电池生产。通过改进生产工艺控制，采用先进的生产工艺，提高生产效率和质量，减少生产过程中的废品和次品率。这不仅可以降低废物处理成本，还可以提高生产效率和产品质量。此外，企业应该加强质量管理体系建设，通过严格的质量检测和控制，减少生产过程中的废品和次品率，降低质量成本。

在环境保护方面，碱锰电池生产企业应该遵守环境法规和标准，采取有效的污染防治措施，减少对环境的负面影响。这不仅是可持续发展的要求，还能够降低环境治理成本。同时，企业可以积极参与市场竞争，通过提供优质的产品和服务，获得更多的市场份额。增加销售量可以实现规模效益，从而降低生产成本。

通过坚持改革创新、鼓励节能减排，碱锰电池可以在

降低成本的同时实现科技进步和可持续发展。这些策略不仅有助于提高企业的竞争力，也为整个行业的发展做出贡献。同时，这些策略也有利于推动整个碱锰电池行业的可持续发展，促进经济的绿色转型和升级。

5 结语

随着技术的不断进步，碱锰电池的制造技术和成本效益也在不断发展。电解质是碱锰电池的重要组成部分，其性能直接影响到电池的放电特性和寿命。因此，开发新型的电解质材料可以进一步提高电池的性能和可靠性，如开发出高温环境下更稳定的电解质。通过开发新的电极材料和优化电池结构设计，可以提高碱锰电池的能量密度，从而使其在相同的重量和体积下能够储存更多的电能。这可以使得碱锰电池在更广泛的领域得到应用。随着电动汽车、可穿戴设备等新兴领域的快速发展，碱锰电池有望在这些领域得到更广泛的应用。因此，开发针对这些特定领域所需的电池技术和产品将有助于提高碱锰电池的市场份额和成本效益。未来，碱锰电池有望在更广泛的领域得到应用，并成为一种更为经济实惠、环保和可持续的能源储存和转换技术。

参考文献

- [1] 杨林.碱锰电池引进设备及工艺特点[J].电池,2000(2):65-67.
- [2] 陈来茂,陈永心.碱性锌锰电池发展综述[J].电池工业,2006(2):119-124.
- [3] 陈来茂,陈永心,王金良.加快大型号碱锰电池发展的探讨[J].电池,2006(6):438-440.
- [4] 谢成润.我国碱锰电池生产线的研制与发展[J].电源技术,1999(2):40-42.

Preparation and Properties of Low-temperature Epoxy Curing Adhesive

Mengjian Yang

Shanghai Xibo Chemical Co., Ltd., Shanghai, 201101, China

Abstract

This paper aims to explore the preparation process and performance optimization of low-temperature epoxy curing adhesive. By introducing the special structure of thiol curing agent and silicone rubber hardening agent, the stability, damp-heat resistance and toughness of the low-temperature epoxy curing adhesive have been significantly improved. This paper discusses the influence of thiol curing agent of different structures on the performance of low temperature epoxy curing adhesive, while the addition of silicone rubber toughening agent significantly improves the stripping strength, toughness and impact resistance of low temperature epoxy curing adhesive. This paper comprehensively evaluates the performance of low-temperature epoxy curing adhesive through experimental methods of preparation process optimization, performance testing and microstructure analysis. The results showed that the low-temperature epoxy curing adhesive with excellent performance can be prepared by reasonably controlling the addition amount of thiol curing agent and silicone rubber toughening agent.

Keywords

low temperature curing; thiol curing agent; stripping strength

低温环氧固化胶的制备与性能研究

杨蒙健

上海西博化学有限公司, 中国·上海 201101

摘要

论文旨在探索低温环氧固化胶的制备工艺及其性能优化。通过引入特殊结构的硫醇固化剂和有机硅橡胶增韧剂, 低温环氧固化胶的稳定性、耐湿热性和韧性得到了显著提升。论文详细讨论了不同结构的硫醇固化剂对低温环氧固化胶的性能影响, 而有机硅橡胶增韧剂的加入则显著提高了低温环氧固化胶的剥离强度、韧性和耐冲击性能。论文通过制备工艺优化、性能测试和微观结构分析等实验方法, 对低温环氧固化胶的性能进行了全面评估。结果显示, 通过合理控制硫醇固化剂和有机硅橡胶增韧剂的添加量, 可以制备出性能优异的低温环氧固化胶。

关键词

低温固化; 硫醇固化剂; 剥离强度

1 引言

低温环氧固化胶作为一种重要的工程材料, 在航空航天、船舶制造、电子封装等领域具有广泛的应用。特别是在极端环境下, 如高温、高湿等条件下, 其稳定性、耐湿热性和韧性就显得尤为重要。因此, 如何通过合理的制备工艺和添加剂的引入来提升低温环氧固化胶的性能, 已成为当前研究的热点^[1]。已有研究显示, 硫醇固化剂能够有效促进环氧树脂的固化反应, 而有机硅橡胶增韧剂则因其独特的硅氧键结构和优异的弹性, 能够显著提高环氧树脂的韧性和耐冲击性能^[2]。然而, 关于硫醇固化剂和有机硅橡胶增韧剂在低温环氧固化胶中的协同作用及其优化机制, 尚缺乏深入的研究^[3]。

因此, 论文旨在解决以下关键问题:

①如何选择合适的硫醇固化剂, 以提高低温环氧固化胶的稳定性和耐湿热性?

②有机硅橡胶增韧剂的加入如何影响低温环氧固化胶的韧性、耐冲击性和剥离强度?

论文首先通过对比实验, 筛选出性能优异的硫醇固化剂和有机硅橡胶增韧剂。其次通过调整添加剂的含量, 制备出不同性能的低温环氧固化胶样品。最后通过力学性能测试、热性能测试、耐湿热性能测试等方法, 全面评估样品的性能。

2 实验部分

2.1 材料与方法

2.1.1 主要原料

环氧树脂、硫醇固化剂、有机硅橡胶增韧剂等。

【作者简介】杨蒙健(1982-), 男, 中国四川泸州人, 本科, 工程师, 从事新材料研究。

2.1.2 低温环氧电子胶的制备

首先,将环氧树脂和有机硅橡胶增韧剂按照一定比例预混合。这一步骤通常在低速搅拌下进行,以确保两种材料均匀混合。其次,在预混合的材料中加入硫醇固化剂等其他原料。由于硫醇固化剂与环氧树脂的反应是放热反应,因此这一步骤需要在控制温度下进行,以防止局部过热。最后,将脱泡后的物料灌装到适当的容器中,从而制备出具有优良韧性、优异耐湿热性的低温环氧固化胶。

3 实验结果与讨论

实验结果显示,所制备的低温环氧固化胶可以在较低温度下固化,固化后的材料具有较高的韧性和耐湿热性,且对多种基材均具有优秀粘附力和较高剥离强度。

3.1 环氧树脂的选择

低温环氧固化胶需要具有优良的高低温耐受性,还要有较低的粘度。论文考虑到环氧电子胶的卤素含量有限制,因此选择了 DIC 公司的低卤低粘 BPA/BPF 液态环氧树脂作为基础树脂,方便实验对比性能。实验结果显示, DIC 公司的 EXA-835LV 作为 BPA/BPF 混合型环氧树脂,其耐高温

性能较好,粘度较低,卤素较低,可以做到低粘度且有优良的高低温耐受性。

3.2 有机硅橡胶增韧剂含量对环氧电子胶力学性能的影响

论文使用的有机硅橡胶增韧剂表面经过环氧改性,这使得其能够与环氧树脂有优秀的相容性^[4]。受益于有机硅橡胶增韧剂本身的低粘度特性,与环氧树脂混合后的体系粘度相对较低。此外,因其主链结构呈现树枝状结构,从而赋予了环氧电子胶出色的韧性。

使用有机硅橡胶增韧剂可以在保持环氧电子胶玻璃化温度的同时,明显提高其力学性能,从而得到耐热性好的强韧的环氧树脂固化产物^[5]。而且经过表面改性的有机硅橡胶增韧剂可以在有机硅与环氧树脂界面产生桥接的效果,间接提升了力学性能。

使用有机硅橡胶增韧剂改性的环氧电子胶,相较于未使用有机硅橡胶增韧剂的体系,搭接剪切强度提高大约 1.2 倍, T 型剥离强度提高大约 3.3 倍,并且粘结层的破坏形态随着有机硅橡胶增韧剂的含量增加出现界面剥离向凝聚破坏转变, T 型剥离强度从 2N/cm 变为 6.6N/cm,如表 1 所示。

表 1 有机硅橡胶增韧剂含量对环氧电子胶力学性能的影响

单组分胶	有机硅橡胶增韧剂 (10%)	环氧树脂
剪切强度	铁: 33.97MPa	铁: 27.06MPa
	3003 铝: 21.91MPa	3003 铝: 18.08MPa
	不锈钢: 30.28MPa	不锈钢: 25.43MPa
剥离强度	铝: 20.97MPa	铝: 16.99MPa
	铁: 6.5N/cm	铁: 1.9N/cm
摆锤冲击	36%/35%/37%	26%/20%/22%
弯曲强度	111.5/118.2/113.8/114.5MPa	107.6/108.1/120.7/115.3MPa
断裂挠度	1.12/1.21/1.132/1.221mm	0.925/0.934/0.948/1.067mm

3.3 有机硅橡胶增韧剂含量对环氧电子胶玻璃化温度的影响

实验结果显示,适量添加有机硅橡胶增韧剂可有效提高环氧电子胶的韧性,同时对其玻璃化温度产生显著影响。已有研究显示,有机硅橡胶增韧剂可以通过与环氧树脂分子链的相互作用,提高环氧电子胶韧性的同时略微提升玻璃化温度。然而,关于有机硅橡胶增韧剂对环氧树脂玻璃化温度的具体影响及机理,目前仍存在争议。

论文制备了不同比例的有机硅橡胶增韧剂/环氧树脂复合材料,通过差热扫描量热仪(DSC)测定其玻璃化温度,实验结果显示,随着有机硅橡胶增韧剂含量的增加,环氧电子胶的玻璃化温度呈现出先升高后降低的趋势。这可能是由于有机硅橡胶增韧剂与环氧树脂分子链之间的相互作用,限制了分子链的位移,从而提高了玻璃化温度。然而,当增韧剂含量过高时,可能导致分子链之间的相互作用衰减,使得玻璃化温度降低。实验显示,适量添加有机硅橡胶增韧

剂可有效提高环氧树脂的韧性,并对其玻璃化温度产生显著影响。

3.4 有机硅橡胶增韧剂分散效果对环氧电子胶粘接性能的影响

有机硅橡胶增韧剂的增韧效果在很大程度上取决于其在环氧电子胶中的分散效果。良好的分散效果意味着增韧剂能够均匀地分布在基体中,形成均匀的网络结构,从而有效地传递应力,提高材料的韧性。相反,如果增韧剂的分散效果不佳,可能会导致材料内部存在应力集中点,使得材料的韧性无法得到有效提升。

为了研究有机硅橡胶增韧剂分散效果对环氧电子胶粘接性能的影响,论文进行了剥离强度、剪切强度、弯曲强度等方面的性能测试。

实验结果显示,当有机硅橡胶增韧剂在环氧电子胶中分散均匀时,样品的粘接性能得到了显著提升。具体来说,随着增韧剂分散效果的改善,环氧电子胶的粘接强度和剪切

强度均呈现出明显的增加趋势。这主要是因为均匀分散的增韧剂能够有效地缓解应力集中,提高材料的韧性,从而增强其与被粘材料之间的结合力。此外,论文还发现,增韧剂的分散效果对环氧电子胶的耐温性能和耐老化性能也有一定影响。当增韧剂分散均匀时,环氧电子胶的耐温范围和耐老化时间均得到了一定程度的提升。这可能是因为均匀分散的增韧剂能够增强材料的热稳定性和抗氧化性能,从而提高其在实际应用中的耐久性。

因此,有机硅橡胶增韧剂的分散效果对环氧电子胶的粘接性能具有显著影响。为了提高环氧电子胶的粘接性能,需要在制备过程中严格控制增韧剂的分散工艺,确保增韧剂能够均匀地分布在基体中,如图1所示。

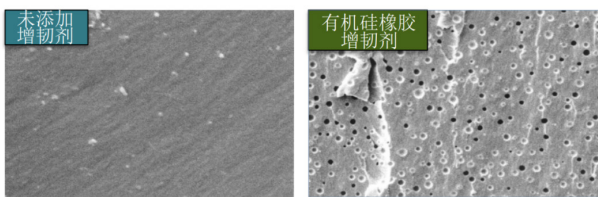


图1 有机硅橡胶增韧剂在环氧电子胶中充分分散效果

3.5 硫醇固化剂结构对环氧电子胶耐湿热性能的影响

硫醇固化剂作为环氧电子胶的重要组成部分,其结构特性对环氧电子胶的耐湿热性能具有显著影响。在众多的硫醇固化剂中,二级硫醇固化剂和不含酯键的硫醇固化剂表现出更优越的耐湿热性能。

二级硫醇固化剂相较于一级硫醇固化剂,二级硫醇固化剂在巯基旁多了一个甲基,这一微小的变化却能带来显著的性能提升。在湿热环境下,二级硫醇固化剂能更好地维持其化学稳定性,抵抗水分和热量的攻击。此外,二级硫醇固化剂与环氧树脂的反应活性适中,既保证了固化反应的完全性,又避免了过快的反应速率导致的结构缺陷。因此,使用二级硫醇固化剂的环氧电子胶在耐湿热性能方面表现更为出色。

另外,不含酯键的硫醇固化剂也展现出优越的耐湿热性能。酯键是一种易于水解的化学键,在湿热环境下容易断裂,导致材料性能下降。相比之下,不含酯键的硫醇固化剂具有更高的化学稳定性,能够在湿热环境中保持其结构完整性和性能稳定性。因此,使用不含酯键的硫醇固化剂的环氧电子胶,在耐湿热性能方面同样表现出色。

3.6 硫醇固化剂含量对环氧电子胶耐湿热性能的影响

实验结果显示,随着硫醇固化剂含量的增加,环氧电子胶的耐湿热性能呈现出一个最大值。在硫醇固化剂含量较低时,固化反应不完全,导致胶层内部存在缺陷,耐湿热性能较差;随着硫醇固化剂含量的增加,固化反应更加完全,胶层结构更加致密,耐湿热性能得到提升;然而,当硫醇固化剂含量过高时,过多的固化剂会导致胶层脆性增加,耐湿热性能反而下降。因此,存在一个最佳的硫醇固化剂添加量,

使得环氧电子胶的耐湿热性能达到最优。

3.7 硫醇结构对环氧电子胶稳定性的影响

硫醇作为环氧电子胶的重要固化剂,其结构特性对最终形成的环氧电子胶的稳定性有着决定性的影响。在众多硫醇固化剂中,二级硫醇固化剂相较于一级硫醇固化剂,能够赋予环氧电子胶更高的稳定性。

稳定性是评价环氧电子胶性能的重要指标之一,其反映了材料在不同环境条件下保持其原始性能的能力。硫醇固化剂作为环氧电子胶的交联剂,通过与环氧树脂发生反应,形成三维网络结构,从而赋予材料良好的机械性能和化学稳定性。在这一过程中,硫醇的结构特性起到了关键作用。

二级硫醇固化剂相较于一级硫醇固化剂,其结构中巯基旁的甲基,导致了硫醇分子间的空间位阻增大。这种空间位阻的增大,使得硫醇分子在固化过程中更加难以移动,从而减少了固化过程中的缺陷和应力集中。因此,使用二级硫醇固化剂的环氧电子胶在固化后具有更加均匀和稳定的结构,呈现出更高的稳定性。

此外,二级硫醇固化剂的反应活性适中,既保证了固化反应的完全性,又避免了过快的反应速率导致的结构缺陷。这种适中的反应活性使得固化过程更加可控,有利于形成更加稳定和均匀的网络结构。相比之下,一级硫醇固化剂的反应活性较高,容易导致固化速率过快,使得固化过程难以控制,从而增加了材料的不稳定性。

在高温环境下,二级硫醇固化剂能够更好地保持其化学结构的稳定性,从而赋予环氧电子胶更高的热稳定性。这一特性使得使用二级硫醇固化剂的环氧电子胶在高温工作环境下能够保持其性能稳定,延长了材料的使用寿命。

因此,相较于一级硫醇固化剂,二级硫醇固化剂通过其独特的结构特性,能够赋予环氧电子胶更高的稳定性。这种稳定性的提升不仅体现在材料的机械性能上,还体现在材料的化学稳定性和热稳定性上。

4 结语

论文针对低温环氧固化胶的制备工艺及其性能优化进行了深入探索。通过引入特殊结构的硫醇固化剂和有机硅橡胶增韧剂,论文成功提高了低温环氧固化胶的稳定性、耐湿热性和韧性。实验结果显示,硫醇固化剂与环氧树脂之间的化学反应更加完全,形成的三维网络结构更加紧密,显著提升了低温环氧固化胶的性能。同时,有机硅橡胶增韧剂的加入,有效改善了低温环氧固化胶的脆性,显著提高了其剥离强度、韧性和耐冲击性能。这些发现为低温环氧固化胶的进一步优化和应用提供了坚实的理论基础和实践指导。

参考文献

- [1] 垣内弘.新エポキシ樹脂[M].昭晃堂,1985.
- [2] 张玉龙.环氧胶粘剂[M].北京:化学工业出版社,2017.
- [3] 胡玉明.环氧固化剂及添加剂[M].北京:化学工业出版社,2011.

Corrosion Characteristics and Protective Measures of Industrial Buildings

Wenxiang Li Zhijun Yao Yida Chen

Hunan Hualing Xiangtan Iron and Steel Co., Ltd., Xiangtan, Hunan, 411101, China

Abstract

The long-term use of industrial buildings is closely related to their corrosion protection capabilities. Structural corrosion issues not only affect building safety, but also have significant impacts on the economy and environment. This paper comprehensively explores the corrosion characteristics and protective measures of industrial buildings, covering four main forms of corrosion: chemical, electrochemical, high-temperature, and microbiological. It analyzes their mechanisms, influencing factors, and response strategies. In addition, the performance of traditional and new anti-corrosion materials was evaluated, while paying attention to anti-corrosion considerations in structural design. It was suggested to build a comprehensive maintenance and monitoring system to achieve long-term durability and reliability of industrial buildings.

Keywords

industrial construction; corrosion characteristics; protective measures; chemical corrosion

工业建筑的腐蚀特性及防护措施

李文翔 姚知君 陈一达

湖南华菱湘潭钢铁有限公司, 中国·湖南湘潭 411101

摘要

工业建筑的长效运用与腐蚀防护能力是紧密相连的, 结构的腐蚀问题不仅影响建筑安全, 同时也对经济和环境带来显著影响。论文综合性地探讨了工业建筑腐蚀特性及其防护措施, 其中覆盖了化学、电化学、高温和微生物四种主要存在的腐蚀形式, 分析了它们的机理、影响因素以及应对策略。此外, 还评估了传统与新型防腐材料的性能, 同时关注结构设计中的防腐考量, 并建议构建全面的维护和监测体系, 以实现工业建筑的长期耐久性和可靠性。

关键词

工业建筑; 腐蚀特性; 防护措施; 化学腐蚀

1 引言

工业建筑作为现代化生产的基石, 承受着多样化的腐蚀环境挑战, 腐蚀防护的优劣直接关系到建筑物的安全、稳定以及经济效益。因此, 论文系统分析工业建筑面临的各类腐蚀特性, 完善现有防护措施, 并提出优化方案。化学和电化学腐蚀作为最常见的腐蚀形式, 二者的机理及影响因素均有深入研究; 高温和微生物腐蚀则因其独特影响, 成为防腐研究领域的新焦点。另一层面, 通过提升传统防腐材料性能和发展新型技术, 加上在结构设计阶段的防腐考量, 可极大增强工业建筑的腐蚀抵抗力。最后, 一个健全的维护和监测体系, 是持续保障工业建筑安全运行不可或缺的一环。

2 工业建筑腐蚀特性分析

2.1 化学腐蚀现象及其影响因素

化学腐蚀现象源于炼钢厂内相对较高的污染物浓度, 其中就包括硫化物、氯化物与酸性气体, 这些物质与结构材料接触时, 会激发一系列的化学反应, 逐渐破坏其结构完整性。并且温度因素亦不容忽视, 特别是在高温熔炼过程中释放的蒸汽与气体, 它们可能加速化学反应的速率, 使得金属元素与周围环境中的腐蚀介质反应得更为剧烈。

炼钢厂内需要有大量的水来进行降温, 因此当湿度水平提高时, 空气中的湿气会增强构件表面的电解质膜, 从而为电化学腐蚀提供媒介, 极大地推动腐蚀反映的问题。同样重要的是, pH值的偏离也直接影响腐蚀速率: 酸性或者碱性环境会促进腐蚀性离子与金属表面的交换作用, 进而导致材料性能的降低^[1]。化学腐蚀的发生很大程度上与材料本身特性密切相关, 金属的合金元素及其电化学性质决定了其与腐蚀介质相互作用的倾向与能力。举例来说, 含有被动化薄

【作者简介】李文翔(1992-), 男, 中国湖南冷水江人, 硕士, 工程师, 从事工业建筑研究。

膜的如不锈钢的结构元件，相较于碳钢在化学腐蚀环境中展现出更强的抵抗力。

2.2 电化学腐蚀机理与防护难点

电化学腐蚀为工业建筑，尤其是炼钢厂带来的挑战，确实属于需要细致分析与专业处理的问题。源于电化学作用引发的金属材料退化，其机理复杂，涉及金属、电解质以及电极反应等多个方面^[2]。在此环境下，金属表面作为阳极，另一部分金属或是相同金属的不同区域作为阴极，介于两者之间的电解质（大多数情况下就是水中溶解的氧气或其他化学物质）促使电流流动而触发腐蚀。

应对策略应从增强材料耐腐蚀性能和切断电化学反应链两大方向出发。首选方法是选用耐腐蚀性更强的材料，如不锈钢或经过特殊处理的合金钢，其在电化学腐蚀环境下的稳定性相较一般碳钢显著提高。另外，应用表面处理技术，如镀锌或涂覆防腐涂层，可以有效隔离金属与腐蚀介质的直接接触，降低电化学腐蚀的风险。还可以采用电化学保护，如阴极保护，也是解决电化学腐蚀问题的一种高效手段。通过施加反向电流，改变金属表面的电位，使其处于被动状态，从而减缓或停止腐蚀过程。然而，这一方法需要精确地控制和维持，以确保长期效果，并防止可能的过保护导致的其他问题。

2.3 高温腐蚀特征及应对策略

在炼钢厂等高温作业场景下，材料所受高温腐蚀形式以金属元素在高温条件下与周围气体或其他化学物质反应，导致材料强度与性能的下降，如氧化、硫化及碳化等现象的发生，而这些化学反应均会随温度升高而加快。

为应对此类腐蚀，一项重要的手段是通过使用耐高温材料，如高温合金和陶瓷涂层等，以提升结构组件的耐蚀性。这类材料通常具有高熔点及良好的稳定化学性，能在极端温度条件下维持其物理及化学属性，降低腐蚀速率。除了材料本身的选择，表面保护技术也可以预防此问题。例如应用热喷涂技术，可以在工业组件表面形成一层耐磨、耐高温的保护膜，以隔离直接接触的热源。此外，巧妙的设计工艺，如制造工艺中引入保护气氛，利用惰性气体或还原气氛以抑制氧化反应，也是阻止或减缓高温腐蚀的有效途径。

在结构性的策略安排上，预防为主的理念不容忽视。工业建筑的设计需要充分考虑高温环境对材料的潜在影响，通过避免设计上潜在的热桥效应和热应力集中，以减轻构件的热负荷。同时，应实行严格和定期的维护监测，针对关键区域和构件执行温度监测与材料性能检测，以便于发现及时采取补救措施。而针对炼钢厂特别是炼钢炉等关键设备，建议深入研发与应用新型耐腐蚀耐热涂料，这包括研究如何降低涂层在高温下的气孔率，优化涂层结构来提高其反应产物的逸出能力，以及利用纳米技术等先进领域改善涂层材料的耐热与防护性能。

2.4 微生物腐蚀的识别与防治

在工业建筑的腐蚀问题中，微生物诱发的腐蚀现象逐渐受到重视，其隐蔽性和复杂性使得识别与防治比较棘手。微生物腐蚀通常发生于微生物活动旺盛的环境，如缺乏适当排水系统的湿润区域，实地观测到的征兆包括结构表面的异常沉积物、颜色变化或是地坑外观。

在炼钢厂等工业环境中，细菌可以通过代谢产生腐蚀性的化合物，其中硫酸盐还原菌(SRB)是极为“臭名昭著”的，它能促进硫化氢生成并引起硫化物应力裂纹。早期识别的方法可包括微生物监测，利用培养基透视并计算特定的细菌，实验分析如电子显微镜下的微观结构变化，及时做出反应是较为关键的。

防治策略应聚焦在控制微生物的活动和中断其腐蚀作用，策略包括环境控制、定期清洁和微生物活性的化学抑制。环境控制策略意味着对湿度和温度的严格管理，结构设计的时候应该力求避免积水的设计缺陷，并排除导致结构损害的设计弱点。例如，结构中凹陷部位及难以排水的角落，应尽可能设计成易于清洁的空间，从而降低微生物聚集的可能性。并且化学抑制剂的使用也是常规做法，比如广泛应用的生物剂可以抑制或消灭特定的微生物群体。然而，不能忽略生物剂本身的选择性和环境影响，需谨慎选择，避免对环境造成不利影响，并考虑到微生物抗药性的发展。

3 工业建筑腐蚀防护措施研究

3.1 传统防腐材料的改良与应用

当前，对传统防腐材料的创新改良主要集中在优化防腐机理、延长使用寿命以及提升生态环境适应能力三大关键点上。具体应用方面，环氧树脂涂料以其出色的附着力和形成致密保护膜的能力，被广泛用于防腐涂层制造。最新研究着力在纳米填料的添加及固化工艺的创新上，以实现涂层性能的显著优化，其中通过引入纳米二氧化硅、纳米氧化铁等填料，不仅提升了防腐层的力学性能，还显著增强了其化学稳定性和抗高温能力^[3]。此外，采用UV固化等绿色技术，进一步降低挥发性有机化合物的排放，使之更符合环保要求。

在镀层材料的选择和应用上，热镀锌技术通过形成牢固的锌基保护层，有效隔离金属基体与腐蚀介质接触，延缓腐蚀进程。针对高温下锌层易发生氧化的问题，可以添加稀土元素对提高膜层的高温抗氧化性能的效果。

现阶段，耐腐蚀合金的开发也在不断的进展，如Al-Zn-In的牺牲阳极材料，凭借其在激烈腐蚀环境下的稳定电化学性能及较佳的阳极效率，赢得了工业界的关注，特别在海洋和盐雾环境下的应用潜力巨大。

推进传统防腐材料的改良与应用，关键在于将材料科学、表面工程与电化学等多学科领域的研究成果有效结合，形成一条集成化、定制化的创新链。这一进程不仅需要专业

技术人员和科研机构的通力合作,更依赖于工业实践的反馈与指导,从而实现实验室到生产线的无缝对接。

3.2 新型防腐技术的开发与实践

探索与落实新型防腐技术,突破性在于采用智能材料与纳米技术相结合的方法,开发具有自愈合功能的防腐涂层。这类涂层借助微胶囊或纳米载体,将修复剂包裹其中,在腐蚀介质侵袭导致涂层损伤时,能自动释放修复剂进行现场快速修补,恢复其保护功能。这种自愈合防腐技术以其主动防御和延长维护周期的优势,在提高炼钢厂设施耐腐蚀性能的同时,明显减少了维护成本。

另一个创新方向是利用超疏水性表面技术,模仿自然生物表皮结构的特征,通过特定的表面处理和涂层形成技术,实现超疏水性表面的构造。这种表面能显著降低水分与基材直接接触的机会,有效减少腐蚀介质的侵入,为金属结构提供了额外的保护层。在高湿度等极端环境条件下,超疏水性技术表现出的防腐效果,为其在工业应用提供了巨大的潜力。还有电化学保护技术的革新,特别是导电聚合物的应用,也为防腐领域注入了新活力。通过在腐蚀易发区域施加微小的外加电流,强化金属表面的钝化层,从而在微观层面上阻断腐蚀反应的进行。配合智能感应系统,可以根据腐蚀状态实时调整保护参数,充分发挥材料的防护作用。

3.3 结构设计中的防腐蚀考量

在炼钢厂等工业建筑的设计过程中,针对炼钢厂特有的工业环境,结构设计师需要深入理解不同腐蚀机制及其对各种建筑材料的影响。例如,炼钢厂内部常见的高温、湿气、化学物质蒸发等因素,都可能导致金属和非金属材料的加速腐蚀。因此,设计时选择适宜的材料和构造方式,对于实现有效的腐蚀控制尤为重要。首先需要考量的是在设计初期即选用具有高耐腐蚀性能的材料。针对炼钢厂的特殊环境,不锈钢、镀锌钢及含有镍、铬等合金元素的特种钢材,因其优异的防腐特性而常被选用于关键结构部位。采用高性能混凝土、添加抗腐蚀剂或纤维增强的混凝土,也能有效延缓结构的腐蚀过程。

设计构造上的创新思考,如避免设计中产生容易积水的死角、确保良好的排水系统和通风条件,同样对于控制腐蚀至关重要。打磨平滑的接触面、采用斜面设计以促进雨水流走,以及在结构接缝处使用密封材料阻止水汽侵入,均是值得考虑的细节措施。还有就是利用现代信息技术手段,结合计算流体动力学(CFD)和有限元分析(FEA)等模拟技术,可对设计方案进行优化,通过预测腐蚀风险点,指导结构设计的调整。这种方法不仅提高了设计效率,也显著增强

了结构的防腐能力。

3.4 维护与监测体系的构建

构建完善的维护与监测体系的第一步就是拟定出一个包罗万象的维护计划,主要内容应详尽列明各项检查的时间表与责任分配,并配套相应的标准操作流程(SOP)文件,确保每次检查都严格遵守既定的工业标准和最佳实践。而且监测体系中对腐蚀监测技术的应用,需要能够实时捕捉腐蚀状态,提供即时的数据支持。例如,利用电化学阻抗谱(EIS)能够评估保护层的完整性;应用线性极化电阻(LPR)技术可以准确量化腐蚀速率。此外,长期稳定性良好的金属损失感应器和环境敏感植入物等,也能通过测定其在特定环境下的腐蚀耗损,间接体现整体结构的腐蚀状况。

为了利用监测数据优化维护行动,采纳先进的数据分析技术是必要的。结构健康监测(SHM)系统能够集成多个传感器模块,形成分布式监测网络。依靠数据挖掘及模式识别算法,该系统可分析出腐蚀发展的趋势,实施预测性维护。例如,通过对历史腐蚀数据的分析,可以推断出某些区域的高腐蚀风险,以及可能的潜在破坏形式,实施针对性地检查与干预措施,并且建议整合互联网技术与移动通信手段,可以将监测数据上传至云端数据库,通过专业的云计算服务,实现维护数据的集中处理与智能分析。这种结合物联网(IoT)的维护监测体系将工业建筑腐蚀防护推向智能化、自动化领域。

4 结语

论文旨在强调,对工业建筑腐蚀特性的深入理解及有效防护措施的实施对维护工业设施的稳定性具有决定性意义。从化学、电化学、高温到微生物腐蚀,各种腐蚀机制的揭示为工业建筑提供了针对性的维护策略。同时,打破传统思维,运用创新材料和技术,以及前瞻性的结构设计考量,为工业建筑的腐蚀防护提供全新视角。未来,维护与监测体系将在智能化、自动化的发展趋势下,继续扮演着至关重要的角色,为炼钢厂等工业建筑赋予更强的生命力与更广的发展空间。

参考文献

- [1] 郭永杰.工业建筑结构防腐设计问题探讨[J].居业,2022(7):106-108.
- [2] 王嘉琪,李莉,刘婷婷.工业建筑屋面用铝锰合金的腐蚀行为[J].中国腐蚀与防护学报,2022,42(4):693-698.
- [3] 相晶磊.工业建筑防腐蚀工程设计策略[J].全面腐蚀控制,2022,36(4):95-96.

Research on Transverse Crack of 60Si2CrV Billet Corner

Xiaolong Zhu

Jiangsu Shagang Group Huaigang Special Steel Co., Ltd., Huaian, Jiangsu, 223001, China

Abstract

Aiming at the transverse crack in the corner of 60Si2CrV steel billet, the causes of transverse crack in the corner of steel billet were studied by macroscopic observation, measurement, low power test, metallographic analysis and scanning electron microscopy. The results show that the 60Si2CrV billet has the phenomenon of diamond deformation, the problem of uneven cooling at four corners, and the crack is transcrystalline fracture, which should be due to insufficient plasticity at low temperature and cracking under the action of tensile stress. Most of the cracks did not decarburize except near the surface and crack end, which also indicated that the crack formation temperature was relatively low. The defect parts are concentrated in the acute angle of the inner arc, which may be because the temperature drop of the acute Angle is faster, and the inner arc is subjected to tension stress in the process of tension correction.

Keywords

billet; 60 Si₂CrV; transverse corner crack

60Si2CrV 钢坯角部横向裂纹的研究

朱小龙

江苏沙钢集团淮钢特钢股份有限公司, 中国 · 江苏 淮安 223001

摘要

针对60Si2CrV钢坯角部横向裂纹问题,通过经宏观观察、测量,低倍检验、金相分析、扫描电镜等方法进行分析,研究了钢坯角部横向裂纹形成的原因。结果表明,60Si2CrV钢坯存在菱变现象,在四角的冷却存在冷却不均问题,裂纹为穿晶断裂,应是温度偏低时塑性不足,在拉应力作用下形成开裂。裂纹除近表面和裂纹末端存在脱碳外,大部分没有脱碳,也说明裂纹形成温度相对较低。缺陷部位集中在内弧锐角,有可能是锐角降温更快速,在拉矫过程中内弧受拉应力而形成拉裂。

关键词

钢坯; 60Si2CrV; 角部横向裂纹

1 引言

一般来说,工艺决定组织,组织决定性能,一根成品材的性能好坏主要由铸坯的生产情况来决定。因此,钢坯的表面质量直接影响到轧材的产品质量,轧材的质量最终影响到客户的产品质量。弹簧钢 60Si2CrV 一般在调质状态下使用,多用于制造变载、高负荷的各种重要零件,如各类弹簧,高铁弹条,稳定杆等。某公司在连铸生产时发现钢坯角部横向裂纹。借助金相显微镜、低倍检验、金相分析、扫描电镜、能谱分析等材料分析手段,研究钢坯角部横向裂纹的产生原因。

2 原因分析

2.1 低倍检验

对取样钢坯进行低倍检测分析,发现钢坯存在明显的菱变现象,对角线差达 10mm,角裂位置在内弧锐角处,

见图 1。

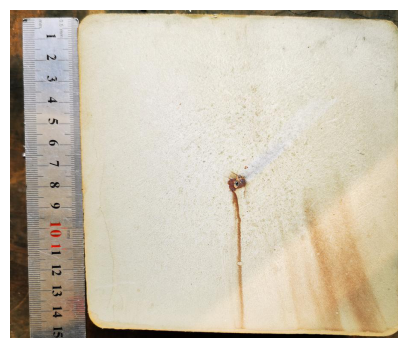


图 1 低倍图片

2.2 坯形测量

为验证钢坯的菱变现象,到现场对角缺陷钢坯进行了测量,结果如表 1 所示,均存在不同程度的菱变现象。

【作者简介】朱小龙(1989-),男,中国江苏淮安人,本科,工程师,从事钢厂售后研究。

表 1 角线尺寸测量及缺陷部位

序号	流号	对角线尺寸	对角线差	缺陷位置
1	1	201×207	6	内弧锐角
2	2	200×208	8	内弧锐角
3	2	200×210	10	内弧锐角, 缺陷较多, 取样
4	2	200×210	10	内弧锐角, 缺陷较多, 取样
5	2	200×209	9	内弧锐角
6	4	202×207	5	内弧锐角
7	4	203×207	4	内弧锐角
8	4	203×206	3	内弧锐角
9	5	203×206	3	内外弧锐角, 内弧缺陷较多

由表 1 可见, 第 2 流的钢坯菱变现象相对严重, 角部横裂缺陷也相对严重。另选取一支钢坯对第四个角探伤, 与缺陷部位(内弧锐角)对应的外弧锐角也发现了少量横裂缺陷。

2.3 磁粉探伤和宏观形态观察

钢坯进行磁粉探伤检查, 发现磁痕聚集于振痕底部, 经打磨, 振痕底部存在清晰可见微裂纹, 见图 2。

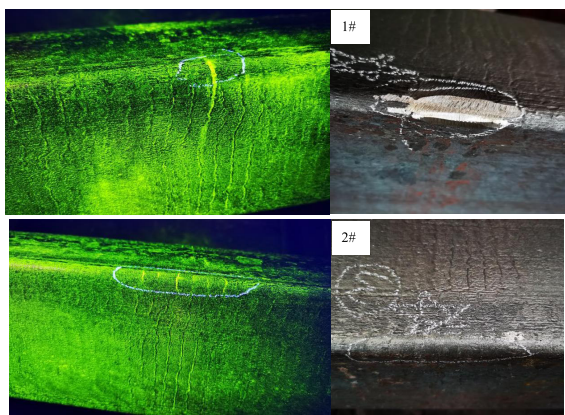


图 2 钢坯磁粉探伤和宏观形态

2.4 金相分析

对缺陷部位取样 2 件进行分析, 1# 缺陷样为在探伤过程中对表面进行了打磨, 2# 样为未经打磨的原始表面缺陷样。分别采用两种方法浸蚀进行观察分析。

2.4.1 苦味酸浸蚀观察

使用苦味酸浸蚀, 观察裂纹发展及晶粒变化情况, 发现裂纹近表面处晶粒为等轴晶, 与其他部位有所不同, 其他部位急冷层下面为柱状晶, 裂纹末端为正常的柱状晶, 断裂方式主要为穿晶断裂, 见图 3 和图 4。

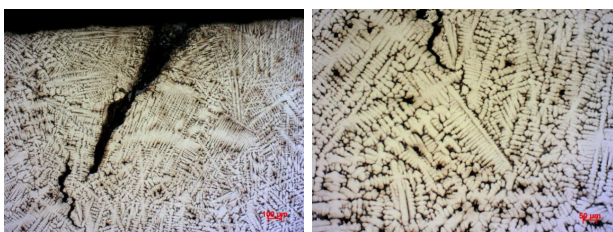


图 3 1 号样晶粒情况

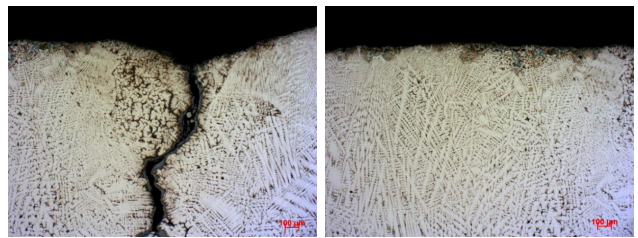


图 4 2 号样晶粒情况

2.4.2 硝酸酒精浸蚀观察

使用硝酸酒精腐蚀, 观察到钢坯角部表面脱碳层约 0.2mm, 裂纹近表面处存在脱碳, 离表面 0.2mm 向内扩展处, 则无脱碳现象。裂纹末端又存在轻微脱碳, 见图 5。

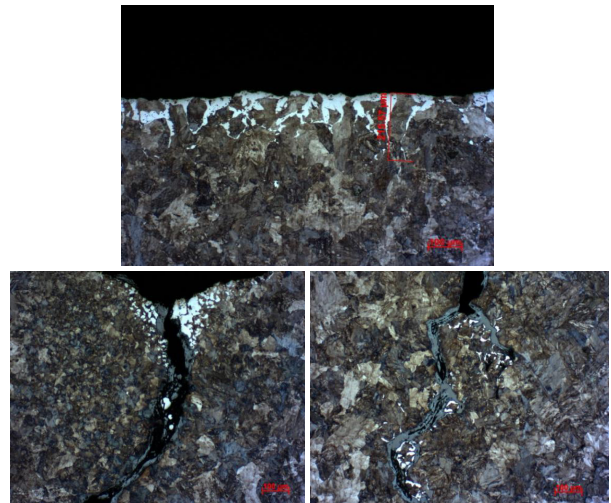


图 5 2# 样品裂纹两侧脱碳

3. 扫描电镜分析

3.1 裂纹深度测量

为探明裂纹的形成原因, 在 ZEISS 扫描电镜下对上述试样裂纹中的物相成分进行详细分析。对 1# 和 2# 试样的裂纹深度进行测量, 经测量, 1# 样的裂纹深度为 1.65mm, 2# 样的裂纹深度为 2.47mm, 见图 6。

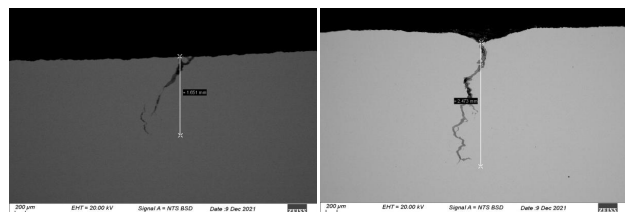


图 6 裂纹深度

3.1.1 1 号样品裂纹内的成分情况

1# 样品裂纹内的成分情况, 分别对裂纹处的三个位置的物相成分进行分析, 发现裂纹处的成分主要是氧化铁, 有些地方有少量的 Na、K、Ca、Si、Al、Mg 等元素, 见图 7。其裂纹区域能谱结果如表 2 所示。

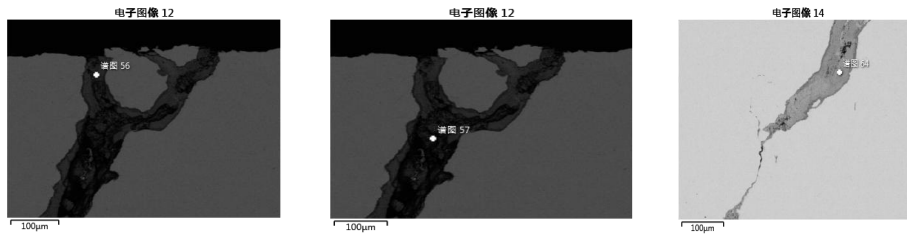


图 7 1 号样品裂纹处的能谱图

表 2 1# 裂纹区域能谱分析结果

位置	O	Na	Mg	Al	Si	S	V	K	Ca	Cr	Mn	Fe	总的
谱图 56	26.97	0.37	0.07	0.06	0.41	0.05	0.03	0.09	0.02	0.17	0.94	70.82	100.00
谱图 57	9.41	1.58	0.07	0.07	0.46	0.18	0.02	0.34	0.88	0.45	1.06	85.48	100.00
谱图 64	27.33	0.07	0.06	0.10	1.00	0.07	0.03	0.07	0.19	0.07	0.89	70.12	100.00

3.1.2.2 号样品裂纹内的成分情况

2# 样品裂纹内的成分情况，分别对裂纹处的三个位置的物相成分进行分析，发现裂纹处的成分主要是氧化铁，有些地方有少量的 Na、K、Ca、Si、Al、Mg 等元素，见图 8。

其裂纹区域能谱结果如表 3 所示。

由此可见，裂纹处的成分主要是氧化铁，虽然有些地方有少量的 Na、K、Ca、Si、Al、Mg 等元素，但未发现保护渣的主要成分 SiO₂、CaO 等，应不存在保护渣的卷入现象。

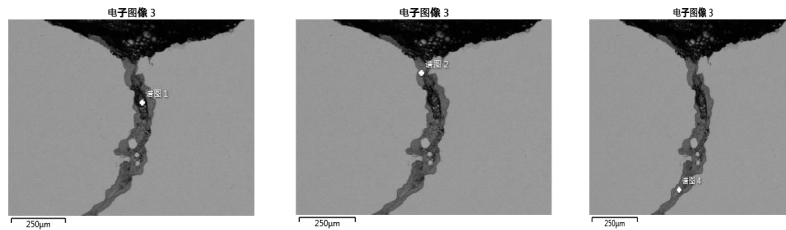


图 8 2 号样品裂纹处的能谱图

表 3 2# 裂纹区域能谱分析结果

位置	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	V	Cr	Mn	Fe	总的
谱图 1	12.83	2.19	0.39	0.16	1.41	0.69	3.38	0.76	0.05	0.69	0.76	76.70	100.00
谱图 2	27.60	0.04	0.03	0.00	4.37	0.00	0.03	0.15	0.24	1.17	0.27	66.09	100.00
谱图 4	26.80	0.01	0.01	0.00	0.11	0.00	0.00	0.01	0.09	0.09	0.64	72.24	100.00

4 结论

①钢坯存在菱变现象，第 2 流钢坯菱变最为严重，角裂缺陷也相对更严重，缺陷集中于内弧锐角处。说明四角的冷却存在冷却不均问题。

②裂纹为穿晶断裂，应是温度偏低时塑性不足，在拉应力作用下形成开裂。

③裂纹部位未发现保护渣特征，进一步说明裂纹起源于出结晶器后。

④裂纹除近表面和裂纹末端存在脱碳外，大部分没有脱碳，也说明裂纹形成温度相对较低。

⑤缺陷部位集中在内弧锐角，有可能是锐角温降更快速，在拉矫过程中内弧受拉应力而形成拉裂。

参考文献

[1] 刘宗昌,任慧平.过冷奥氏体扩散型相变[M].北京:科学出版社,2007.

[2] 刘宗昌,王海燕,王玉峰,等.贝氏体铁素体形成的热激活跃迁机制[J].内蒙古科技大学学报,2007,26(2):113-117.
 [3] 刘宗昌.贝氏体相变的过渡性[J].材料研究学报,2003,24(2):37-41.
 [4] 刘宗昌,任慧平,王海燕.贝氏体相变机制与块状转变[J].热处理技术与设备,2006,27(4):1-6.
 [5] 刘宗昌,王海燕,任慧平.贝氏体相变的切变—扩散整合机制[J].金属热处理,2006,31(S):36-43.
 [6] 刘宗昌,任慧平.贝氏体与贝氏体相变[M].北京:冶金工业出版社,2009.
 [7] 徐祖耀,金学军.简论贝氏体相变的形核与长大——复康沫狂教授等[J].材料热处理学报,2005,26(6):1-4.
 [8] 康沫狂,朱明.关于贝氏体形核和台阶机制的讨论——与徐祖跃院士等商榷[J].材料热处理学报,2005,26(2):1-5.
 [9] 徐祖耀,刘世楷.贝氏体相变及贝氏体[M].北京:科学出版社,1991.

Innovative Research on Synergistic Improvement of Toughening and Heat Resistance of Nylon Materials

Caiyun Cai

BYD Auto Industry Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

In this paper, the strategy and mechanism of synergistic improvement of nylon toughening and heat resistance were discussed. The comprehensive effects of nano-composite technology, molecular structure optimization and interface engineering on nylon properties were analyzed. The results show that the mechanical and thermal properties of nylon materials can be effectively enhanced by the introduction of nano fillers, and the toughness and heat resistance of nylon materials can be further enhanced by the adjustment of molecular structure. The interaction between nano-filler and nylon matrix was optimized by interface engineering, and the performance was improved cooperatively. Despite the challenges of nanodispersion, interfacial compatibility and molecular design control, the development of high-performance nylon materials has broad application prospects through in-depth research on multi-scale synergistic mechanisms. This study provides theoretical basis and practical guidance for the design and application of high toughness and high heat resistance nylon materials.

Keywords

nylon material; toughening; heat resistance; nanocomposite technology; molecular structure optimization

尼龙材料增韧与耐热性协同提升的创新研究

蔡彩云

比亚迪汽车工业有限公司, 中国 · 广东 深圳 518000

摘要

论文深入探讨了尼龙材料增韧与耐热性协同提升的策略与机制, 着重分析了纳米复合技术、分子结构优化和界面工程对尼龙性能的综合影响。研究表明, 纳米填料的引入可有效增强尼龙材料的机械和热性能, 而分子结构的调整进一步增强其韧性和耐热性。通过界面工程优化纳米填料与尼龙基体的相互作用, 实现了性能的协同提升。尽管面临纳米分散性、界面相容性和分子设计控制等挑战, 通过多尺度协同作用机制的深入研究, 高性能尼龙材料的开发具有广阔的应用前景。本研究为高韧性、高耐热性尼龙材料的设计与应用提供了理论基础和实践指导。

关键词

尼龙材料; 增韧; 耐热性; 纳米复合技术; 分子结构优化

1 引言

尼龙, 作为一类重要的合成聚酰胺纤维, 自 20 世纪 30 年代首次商业化以来, 已广泛应用于纺织、汽车、电子、航空航天等多个领域。其优异的机械性能、耐化学性、低成本及加工便利性使其成为最受欢迎的工程塑料之一。尽管尼龙具有诸多优点, 但在高温和高负荷环境下的应用仍受到其固有物理性能限制, 特别是韧性和耐热性的局限。因此, 研究和开发具有卓越韧性和耐热性的尼龙材料, 已成为材料科学领域的重要课题。

过去的研究主要集中在通过填料增强和共聚物化等方法来改善尼龙的某一方面性能, 如通过加入玻璃纤维来提高

其模量和强度, 或者通过共聚引入软段以增强其韧性。然而, 这些方法往往难以同时满足高韧性和高耐热性的要求, 因为增强一种性能往往会以牺牲另一种性能为代价^[1]。例如, 增加玻璃纤维的含量虽然可以提高尼龙的刚性和强度, 但同时会使材料变得更加脆弱, 韧性降低。因此, 如何在保证尼龙高韧性的同时提升其耐热性, 成为了研究的难题。

论文旨在探讨尼龙材料增韧与耐热性协同提升的创新策略, 通过综合分析纳米复合技术和分子结构设计方法的最新研究进展, 构建一个全面的理论和实践框架, 以指导未来尼龙高性能材料的研发工作。通过这种方式, 我们希望能够推动尼龙材料研究向更高的性能目标迈进, 满足现代工业对高性能工程塑料的需求。

【作者简介】蔡彩云 (1990-), 女, 中国湖北仙桃人, 博士, 从事高分子材料结构与性能的关系研究。

2 增韧与耐热性改性方法

2.1 纳米复合技术

纳米复合技术在尼龙材料增韧与耐热性改性中起着关键作用，主要通过将尺寸极小的纳米填料均匀分散于尼龙基体中来实现。这种方法利用了纳米尺度材料的独特物理和化学性质，如高比表面积和独特的界面效应，以增强基体材料的综合性能。在尼龙基体中加入如纳米硅片、碳纳米管（CNTs）、石墨烯等填料，不仅可以提高材料的力学性能，如拉伸强度和模量，还能显著改善其耐热性^[2]。

纳米硅片因其优异的力学性能和较高的热稳定性，被视为提升尼龙材料性能的有效选择。当这些纳米颗粒均匀分散在尼龙基体中时，可以在微观层面形成强化点，阻碍裂纹的扩展，从而提高材料的韧性。同时，纳米硅片的加入也有助于提高尼龙的热稳定性，因为它们可以作为热能传递的桥梁，改善材料的热导性。

碳纳米管由于其卓越的力学性能和热导性，对尼龙材料的增强效果尤为显著。它们不仅能够显著提升尼龙的力学性能，还能通过其高热导率改善尼龙材料的耐热性。碳纳米管在尼龙基体中的均匀分散和良好的界面结合是提升复合材料性能的关键。这要求开发有效的分散技术和表面处理方法，以确保碳纳米管与尼龙基体之间的良好相容性和强界面粘附力。

石墨烯作为一种二维纳米材料，以其独特的结构和性能受到广泛关注。石墨烯的加入能显著提升尼龙材料的力学性能和热稳定性，这得益于其高的比表面积、优异的力学性能和热导性。石墨烯片层能在尼龙基体中形成有效的负载转移网络，有助于改善力学性能，并通过高热导率促进热量分散，从而增强材料的耐热性。

纳米复合技术的应用不仅提升了尼龙材料的性能，也为其在要求更高韧性和耐热性的应用领域提供了新的可能性。然而，纳米填料的选择、分散技术和界面优化等因素对实现尼龙复合材料的性能提升具有决定性作用^[3]。因此，深入研究纳米填料与尼龙基体的相互作用机制，开发高效的分散和界面改性技术，对于制备高性能尼龙纳米复合材料具有重要意义。

2.2 分子结构优化

分子结构优化在提升尼龙材料的韧性和耐热性方面发挥着至关重要的作用。通过精细调控尼龙分子链的结构，如调整分子链长度、引入分支和交联结构，可以在分子层面上改善材料的内在性能。尼龙的分子结构决定了其宏观性能，包括机械强度、韧性、热稳定性和耐化学性等。在分子结构优化过程中，通过引入分支结构可以增加分子间的缠绕和相互作用，从而提高材料的冲击强度和韧性。分支结构在尼龙链中形成的三维网络，有助于分散和吸收外部冲击能量，减少裂纹的产生和扩展。此外，通过增加分子链的交联密度，可以提升材料的耐热性和化学稳定性。交联结构在分子间形

成更多的化学键，使材料在高温或化学侵蚀环境下能够保持更好的结构稳定性和机械性能。

在进行分子结构设计时，还需考虑材料的加工性和最终应用要求。分子结构的调整不应过度影响材料的流动性和加工性，以便于其在工业生产中的应用。例如，过高的交联密度虽然可以增强材料的耐热性，但同时也可能导致材料变得过于脆硬，难以加工。因此，分子结构设计需要在提高性能和保持良好加工性之间寻找平衡。

分子结构优化策略的成功实施需要依托先进的化学合成技术和精确的材料表征手段。通过合成实验和分子模拟相结合的方法，可以深入理解分子结构调整对尼龙性能的具体影响，从而更有效地指导分子设计和材料开发。综合考虑分子结构的调整对材料性能的影响，以及材料的应用需求和加工条件，可以实现尼龙材料性能的全面优化。

2.3 界面工程

界面工程在尼龙纳米复合材料的性能优化中占有核心地位，主要聚焦于改善纳米填料与尼龙基体之间的相容性和相互作用。优化的界面可以有效地传递应力，提升复合材料的力学性能，同时影响材料的耐热性和耐化学性。界面工程的关键在于实现纳米填料与基体间的强烈相互作用，确保两者之间的有效结合，从而促进应力在界面处的有效传递。

通过对纳米填料表面进行化学修饰，引入能与尼龙分子链相结合的官能团，可以显著改善界面相容性。这种化学键合作用增强了填料与基体之间的相互作用，从而提高了复合材料的整体性能。例如，对碳纳米管表面进行羧基化处理，可以增强其与尼龙基体的相互作用，从而提高复合材料的机械强度和耐热性。此外，表面修饰还有助于改善纳米填料的分散性，减少在基体中的团聚现象，进一步优化复合材料的性能^[4]。

界面工程的挑战在于如何精确控制纳米填料的表面性质和其与基体的相互作用。这不仅需要深入理解材料界面的科学，还需要高度专业的表面处理技术。有效的界面工程策略应综合考虑化学修饰的种类、程度和方法，以实现最佳的界面性能。此外，界面优化不应影响材料的其他性能或加工工艺。因此，界面工程需要与材料的整体设计和应用需求紧密结合，以确保复合材料的综合性能达到最优。通过精细的界面设计和控制，可以显著提升尼龙纳米复合材料的力学性能和耐热性，拓展其在高端应用领域的应用潜力。

3 协同提升机理

尼龙材料的增韧与耐热性协同提升机理涉及复杂的物理化学过程，其中纳米复合技术和分子结构优化相互作用，共同影响材料的综合性能。通过对尼龙材料进行纳米级和分子级的改性，不仅可以独立改善材料的韧性或耐热性，而且这两种改性策略在微观层面上相互作用，产生协同效应，从而实现尼龙材料性能的全面提升。

在纳米复合技术中,通过将纳米填料如碳纳米管、纳米硅片或石墨烯等均匀分散于尼龙基体中,可以在分子层面上形成强化点,这些纳米填料作为应力传递的媒介,能够在承受外力时有效分散应力,从而减少材料内部的应力集中,增加材料的韧性。同时,纳米填料的高热导性能也有助于提高材料的热稳定性,使尼龙材料能够在更高的温度下保持良好的物理性能。

分子结构优化通过调节尼龙分子链的长度、引入分支结构或交联网络,可以改变材料的内部结构,提高其分子间的相互作用力,从而增强材料的韧性和耐热性。例如,分支结构和交联网络可以在尼龙材料内部形成一个三维网络结构,这种结构能够在材料受到冲击或高温条件下提供更好的支撑和稳定性,防止材料的过早破裂或变形。

当纳米复合技术与分子结构优化相结合时,可以在尼龙材料中形成一个协同增强的网络结构。纳米填料不仅能够微观层面上提供强化点和热稳定点,而且通过与优化后的分子结构相互作用,进一步增强了材料的韧性和耐热性^[5]。此外,改善的界面相容性确保了纳米填料与尼龙基体之间的有效应力传递,最大化了纳米填料的强化效果和热稳定作用。

通过这种多尺度的协同作用,尼龙材料的性能得到全面提升,不仅在室温下展示出优异的机械性能,而且在高温下也能保持良好的物理性能。这种协同提升机理的实现,为开发高性能尼龙材料提供了有效的策略,使其在更广泛的应用领域中具有更大的潜力和价值。通过深入研究尼龙材料的协同提升机理,可以进一步指导尼龙材料的设计和开发,实现其性能的最大化。

4 研究挑战与未来方向

在尼龙材料的增韧与耐热性协同提升领域,研究者面临着多重挑战。尽管已取得了一定的进展,但要实现高效的协同提升效果,仍需解决若干关键问题。一大挑战在于纳米填料的均匀分散。纳米粒子倾向于在聚合物基体中形成团聚体,这会削弱其增强效果并可能导致材料性能的不均匀性。实现纳米填料在尼龙基体中的均匀分散需要精细的表面处理、高效的分散技术和精确的加工控制。此外,界面相容性的优化是提升复合材料性能的关键。需要开发新的化学修饰方法和界面工程技术,以增强纳米填料与尼龙基体之间的相互作用,实现更有效的应力传递和热稳定性改善。分子结构

优化方面的挑战在于如何精确控制聚合反应和后处理过程,以实现理想的分子架构和性能。需要更深入的理解分子结构与材料性能之间的关系,以便设计出既具有优异韧性又具有高耐热性的尼龙材料^[6]。

未来的研究方向将更加注重多尺度的协同效应,结合纳米技术、分子设计和界面工程的最新进展,探索新的材料改性策略。通过在分子、纳米和宏观层面上优化材料的结构和性能,可以实现尼龙材料性能的全面提升。此外,随着可持续发展和绿色化学的重要性日益凸显,未来的尼龙材料研究也将越来越注重环境影响和可持续性。

5 结语

本研究综合探讨了尼龙材料的增韧与耐热性协同提升机制,重点分析了纳米复合技术、分子结构优化及界面工程对尼龙材料性能改善的贡献。研究表明,通过纳米技术引入的纳米填料可以显著增强尼龙材料的机械强度和耐热性,而分子结构的精细调控则进一步提升了材料的韧性和热稳定性。界面工程作为连接纳米填料和尼龙基体的桥梁,确保了两者间有效的应力传递和热能分散,从而实现了材料性能的协同提升。

综上所述,通过多角度、多层次的研究和优化,尼龙材料的增韧与耐热性协同提升不仅可望实现,还将推动尼龙材料在更广泛领域的应用,满足现代工业对高性能材料的需求。这项工作为高性能尼龙材料的开发提供了宝贵的理论依据和实践指导,展示了材料科学领域内的创新潜力和应用前景。

参考文献

- [1] 蔺琨,李壮,王坤,等.生物合成尼龙新材料核心单体二元胺研究进展[J].过程工程学报,2023,23(7):958-971.
- [2] 薛长鸣.汽车用尼龙材料改性技术及其应用研究进展[J].工程塑料应用,2023,51(6):157-162.
- [3] 郑天成,褚照哲,段小超,等.耐高温尼龙的结构、性能及发展现状[J].材料导报,2023,37(S1):541-544.
- [4] 许珍珠.尼龙66复合材料在低电场强度结构柱转变研究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2023(8):171-174.
- [5] 金晓冬,孙军,谷晓昱,等.碳纳米管表面改性在阻燃尼龙6中的应用[J].塑料,2015,44(1):16-18.
- [6] 刘箫华,宋伟强,孙东泽,等.玻璃纤维增强尼龙66复合材料的结构改性[J].山东化工,2021,50(21):20-21.

Surface Damage and Countermeasures of Chemical and Mechanical Polishing of Monocrystalline Silicon Wafer

Xiongjie Wu Hongwei Jiang

Zhejiang Haina Semiconductor Co., Ltd., Kaihua, Zhejiang, 324300, China

Abstract

With the development of science and technology, electronic products technology content, silicon gradually large diameter, and the chip thickness requires increasingly thin, so to monocrystalline silicon thinning processing chemical mechanical polishing technology in the application of monocrystalline silicon wafer processing, need to optimize the chemical reagents, mechanical parameters, etc., to improve polishing effect, and reduce the monocrystalline silicon surface scratch, rough damage, realize silicon wafer efficient, accurate, no damage of smooth surface processing. This paper mainly analyzes the surface damage causes and countermeasures of the chemical and mechanical polishing of monocrystalline silicon wafer, so as to further improve the treatment effect of monocrystalline silicon wafer.

Keywords

monocrystalline silicon wafer; chemical machinery; polishing; surface damage; countermeasures

单晶硅片化学机械抛光的表面损伤及对策阐述

吴雄杰 江红卫

浙江海纳半导体股份有限公司, 中国·浙江 开化 324300

摘要

随着科学技术的发展, 电子产品技术含量日益提升, 同时硅片逐渐大直径化, 且芯片厚度要求越来越薄, 因此要对单晶硅片进行减薄加工处理。化学机械抛光技术在单晶硅片加工处理中的应用, 需要对化学试剂、机械参数等进行优化设计, 才能提升抛光效果, 并减少单晶硅片表面划伤、粗糙等损伤问题, 实现硅片高效、精准、无损伤的光滑表面加工处理。论文主要对单晶硅片的化学机械抛光的表面损伤原因以及应对措施进行分析, 从而进一步提升单晶硅片处理效果。

关键词

单晶硅片; 化学机械; 抛光; 表面损伤; 对策

1 引言

在现代化半导体工业高速发展过程中, 集成电路逐渐向高度集成化方向发展, 且电子元器件尺寸逐渐变小, 而且硅片直径逐渐增大, 要求硅片表面具有较高的平整度, 达到纳米级水平。化学机械抛光技术在单晶硅片处理中的应用, 能够实现硅片平整化。其中影响机械化学抛光质量的因素有抛光液、抛光垫、抛光设备等, 从而实现高质量的表面抛光质量。

2 化学机械抛光作用机制

化学机械抛光系统包含: 夹持硅片的抛光头、安装抛光垫的工作台、抛光液的供给设备。在具体的作业中, 需要把旋转的单晶硅片压在同方向旋转的弹性抛光垫上, 抛光浆

料在晶片与底板间连续流动。上下盘高速反向运转, 单晶硅片反应产物被剥离出来, 同时补充新抛光浆料^[1]。新裸露的表面会再次发生化学反应, 产生物被剥离出来并循环往复, 在衬底、磨粒、化学反应剂的作用下, 实现超精密抛光。为了提升抛光效果, 减少损伤, 增加硅片表面平滑性, 需要确保化学腐蚀作用与机械磨削作用的平衡性, 一旦前者超过后者, 会引起表面腐蚀、波纹等损伤问题; 如果前者小于后者, 会引起表面损伤问题。化学机械抛光技术的应用, 可以提高单晶硅片的表面质量, 并优化抛光效率, 实现表面平整化。其中, 化学机械抛光技术的应用原理如图1所示。在单晶硅片加工处理过程中, 往往会在刀具、磨料的机械作用下, 引起表面非晶化、微裂纹、塑性变形、划痕等损伤问题, 甚至引起表面层结构变化, 形成损伤层、变质层, 甚至会引起单晶硅片失效问题。基于此, 为了提升单晶硅片的处理质量, 实现无损伤、光滑表面, 要对化学机械抛光技术进行优化应用。其中单晶硅片化学机械加工中形成的损伤包含表面损伤和亚表面损伤问题, 前者包含划痕、微裂缝、凹坑; 亚表面

【作者简介】吴雄杰(1970-), 男, 中国浙江浦江人, 本科, 工程师, 从事硅材料加工研究。

损伤包含非晶层、位错、弹性畸变等。

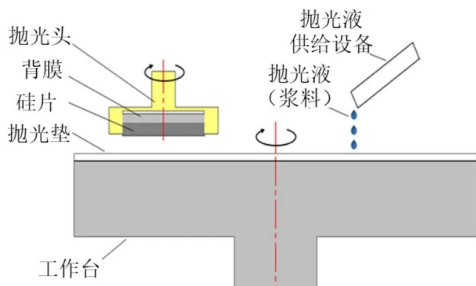


图1 化学机械抛光原理示意图

3 单晶硅片化学机械抛光表面损伤影响因素

在利用化学机械抛光技术对单晶硅片进行加工处理时，往往会受到多种因素影响（如图2所示），致使出现大量的表面损伤问题，影响加工质量。

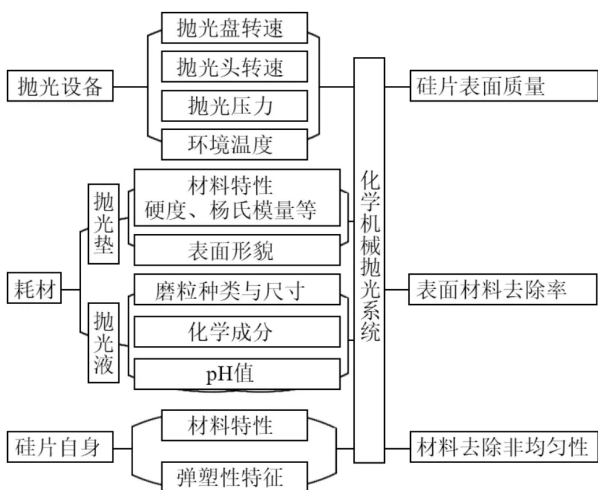


图2 单晶硅片化学机械抛光表面损伤影响因素

3.1 工艺问题

化学作用和机械作用是引起硅片表面损伤的重要因素之一，当两者相互匹配时，可以保障抛光质量稳定性，并减少表面以及亚表面损伤问题。一旦两者失衡，会加大表面损伤问题的出现几率。

3.2 抛光液

抛光液主要影响化学作用。其中具体体现在：当pH值不同时，引起的单晶硅片表面损伤厚度存在一定的差异性；黏度，该因素影响抛光液的流动性，进而影响化学机械抛光技术的研磨效果，当使用大颗粒抛光度时，虽然可以提高研磨速率，且快速去除材料，但是容易对单晶硅片表面造成严重损伤。如果抛光液稳定性不足，会引起化学沉淀、分层问题。当抛光液中存在金属离子，会引起金属沾污问题，降低硅片性能；磨料主要对机械作用产生影响，其中磨料尺寸、浓度、硬度等会对机械抛光产生差异化的影响^[2]。

3.3 抛光垫

该物质包含有磨料抛光垫和无磨料抛光垫，同时还包

含平面型、网络型、螺旋线型。通过抛光垫的使用，能够把抛光液均匀输送到抛光垫的各个区域，对化学反应后形成的反应物、碎屑等进行快速排出，强化去除效率，以便进行充分的化学反应，实现抛光作业的平稳性，防止出现硅片表面变形问题，其中影响使用效果的因素有硬度、压缩比、涵养量、粗糙度、密度等。其中影响抛光垫因素的主要为硬度，会对表征抛光垫性能产生重要影响，较硬的抛光垫可以提升表面平整度；较软的抛光垫可以提升表面质量和活性。

3.4 工艺参数的影响

①抛光液流量，会影响化学机械研磨效果，尤其是研磨去除速率、研磨后的表面粗糙度是重要的影响因素。一旦流量过小，会加大硅片与抛光垫摩擦力，加大硅片表面损伤缺陷；流量过大时，会引起金属表面腐蚀问题。②研磨温度，温度过高时，可以提高去除速率，但是会加剧化学反应，引起硅片表面损伤^[3]。③压力，抛光头半径不同，压力差异性较大，从而实现硅片表面的均匀性控制，虽然较大的压力可以提高去除速率，但是会引起表面损伤问题。④转速，其中涉及到抛光头、抛光垫、修整器的转速，转速不同，去除效率、表面粗糙度不同。

3.5 抛光机的清理与维护

对抛光机进行定期清理和维护，可以对抛光液容器、陶瓷盘等构件进行定时清理，保障整体机械设备的清洁性，防止对单晶硅片造成划伤。

4 单晶硅片化学机械抛光表面损伤防控措施

4.1 选择合适的抛光液和磨料

在对化学机械抛光技术进行应用时，需要结合单晶硅片硬度、表面要求等特点，选择合适的抛光液和磨料。抛光液、磨料类型的不同，也会引起表面抛光效果的差异性，一旦对抛光液、磨料选择不合适，会严重降低抛光处理效果，甚至会引起严重的表面损伤问题，增加表面粗糙度^[4]。在具体作业前，需要提前开展科学合理的试验作业，对各类抛光液、磨料的性能进行评估分析，保障材料适应性，同时需要对抛光液的浓度、作用时间进行合理设置，避免浓度过大或者作用时间过长，对单晶硅片表面造成切实损伤，最大程度上减少表面损伤问题的出现。

4.2 控制抛光机械参数

在进行化学机械抛光作业中，要结合实际工作要求，对机械参数进行优化设置，其中主要涉及到抛光压力、时间、转速等，一旦抛光压力过大，会引起严重的表面磨损问题，甚至增加划痕数量，严重降低单晶硅片抛光处理效果。基于此，要结合单晶硅片的特性、抛光要求，对机械参数进行针对性设置，并结合实际作业情况，对机械参数进行灵活性调整，从而实现抛光作业的有效性、稳定性开展。通过对抛光压力、速度的合理设计，可以对抛光作业中的摩擦化学反应中产生的热进行有效性控制，实现机械作用对摩擦扩散化学

的控制,并有效减少抛光作业中化学物质的使用量,减少环境污染,实现绿色化抛光^[5]。

4.3 定期清洁抛光设备

工作人员需要对抛光设备、工具进行定期清洁和维修,确保其始终处于良好的运行状态,从而减少单晶硅片表面损伤问题的出现几率。在抛光设备和工具在长期使用过程中,往往会在设备上形成大量的磨屑和污垢,一旦清理不及时,会严重影响抛光效果,甚至会引起单晶硅片表面划伤、磨损问题。基于此,要结合实际情况,定期组织开展设备清洁工作,并对其进行规范维护、保养,减少设备故障,实现化学机械抛光作业的顺利进行^[6]。

4.4 要优化抛光流程

为了对单晶硅片表面损伤问题进行有效性预防和控制,需要结合实际情况,对抛光工艺、流程进行持续性优化和改进,如可以引进多步抛光技术,或者对不同粒度的磨料进行交替使用,从而强化抛光效果,最大程度上减少表面损伤率。还需要优化安排抛光流程,减少作业环节中出现新的损伤源。完成抛光作业后需要对抛光质量进行科学性监测,确保表面平整度、光洁度、硬度等指标符合设计要求。当发现表面损伤时,要分析原因,提出针对性的修复措施,优化工艺技术。

4.5 强化人员培养

为了提升单晶硅片化学机械抛光质量,减少表面损伤问题的出现几率,需要强化人员培养,提升作业人员的知识和技能和操作水平,同时详细掌握抛光原理,明确操作技巧要求,树立科学合理的安全意识和质量意识,对表面抛光损伤问题进行有效性预防和控制^[7]。

4.6 优化损伤修复技术

①针对划痕、微小凹凸等轻微表面损伤,要通过局部再抛光的方法实施科学性修复。在此过程中,要选择原始抛光过程相同的化学试剂,同时要确保机械摩擦条件的契合性,以便实现受损区域的精细化处理,实现损伤部位的完全修复,保障单晶硅片表面恢复原本的平整度和光洁度。要对

修复抛光力度、时间等进行合理控制,既要保障修复效果,还需要减少造成二次损伤^[8]。②针对深度划痕、大面积磨损等严重的表面损伤,要选择专业化的修复技术,如通过激光修复技术,向受损部位发射激光束,使其能够短时间内快速升温 and 冷却,实现材料表面重新结晶,使其能够恢复到原始性能。还需要利用涂抹薄膜技术,覆盖新材料,实现损伤修复。③针对特殊的表面损伤,要制定针对性的修复方案,如特殊的化学处理、机械修复等方式,或者对多种修复方式进行组合应用。在具体的修复作业中,要提前做好全面性的损伤评估工作,了解损伤程度、类型,保障修复方式的针对性和有效性;要保障修复过程的规范性、安全性;要做好修复区域的质量检测工作。

5 结语

综上所述,为了提升单晶硅片加工处理效果,需要对化学机械抛光技术进行优化应用,并对硅片表面损伤原因进行分析,提出针对性的应对措施。

参考文献

- [1] 孔慧停.硅溶胶的可控制备及其在化学机械抛光中的应用[D].济南:山东大学,2023.
- [2] 曹建伟.12英寸单晶硅片双面化学机械抛光机[Z].浙江省,浙江晶盛机电股份有限公司,2021-10-22.
- [3] 杨志豪.化学机械抛光硬质合金的表面损伤研究[D].湘潭:湘潭大学,2021.
- [4] 王斌.化学机械抛光中表面损伤的问题研究[J].城市建设理论研究(电子版),2017(21):239.
- [5] 陈晓春.化学机械抛光试验及其材料去除机理的研究[D].无锡:江南大学,2014.
- [6] 陈晓春,赵永武,王永光.单晶硅片化学机械抛光的表面损伤研究[J].润滑与密封,2014,39(4):15-22+60.
- [7] 吕玉山,张辽远,王军,等.抛光垫提高化学机械抛光接触压强分布均匀性研究[J].兵工学报,2012,33(5):617-622.
- [8] 杜家熙,苏建修,万秀颖,等.单晶硅片化学机械抛光材料去除特性[J].北京科技大学学报,2009,31(5):608-611+617.

Preparation of Cotton Straw Cellulose/Mg-MOF-74 Composite Gel and Adsorption Properties of CO₂

Haofang Zheng¹ Jinshun Yan^{1,2,3} Lin Zhou¹ Shuanghui Zhang¹ Jianyu Liao^{1,2,3*}

1. The School of Urban Studies and the Environment, Hunan University of Technology, Zhuzhou, Hunan, 412007, China
2. Hunan Provincial Key Laboratory of Resource Utilization of Agricultural and Animal Husbandry Waste, Zhuzhou, Hunan, 412007, China
3. Hunan Provincial Key Laboratory of Urban Water Safety Discharge and Resource, Zhuzhou, Hunan, 412007, China

Abstract

Under the background of “two-carbon”, carbon capture and storage technology (CCUS) has become a research hotspot. As a new type of solid adsorbent, metal organic skeleton (MOFs) have high void rate and specific surface area, characteristics, adjustable pore size and variable functional groups, which have great potential in the field of CO₂ capture. In this study, a new MOFs composite gel material of cellulose (BC) (B C/Mg-MOF-74) was successfully prepared by cotton stalk extraction and solvent heat-crosslinking method. With the increase of B C/Mg-MOF-74, its CO₂ capacity showed a trend of increasing first and then decreasing. When the adsorption temperature is 35°C and the composite ratio is 30%, the maximum adsorption amount of CO₂ under atmospheric pressure can reach 548.45mg/g.

Keywords

cotton straw cellulose; Mg-MOF-74; composite gel; CO₂; adsorption properties

棉秆纤维素 /Mg-MOF-74 复合凝胶的制备及对 CO₂ 的吸附性能研究

郑豪方¹ 严金顺^{1,2,3} 周麟¹ 张双辉¹ 廖剑宇^{1,2,3*}

1. 湖南工业大学城市与环境学院, 中国·湖南 株洲 412007
2. 农牧业废弃物资源化利用湖南省重点实验室, 中国·湖南 株洲 412007
3. 城镇水安全排放及资源化湖南省重点实验室, 中国·湖南 株洲 412007

摘要

“双碳”背景下, 碳捕集与封存技术 (CCUS) 已成为研究热点。金属有机骨架 (MOFs) 作为一种新型的固体吸附剂, 具有高空隙率和比表面积、可调节的孔径以及可变的官能团等特点, 在 CO₂ 捕获领域具有很大的应用潜能。本研究通过棉秆提取纤维素 (BC), 并采用溶剂热合-交联复法成功制备了一种新型 MOFs 复合凝胶材料 (BC/Mg-MOF-74)。BC/Mg-MOF-74 随着复合比例的增大, 其 CO₂ 容量呈现出先增加再降低的趋势。当吸附温度为 35°C, 复合比例为 30% 时达到峰值, 常压下 CO₂ 最大吸附量可达 548.45 mg/g。

关键词

棉秆纤维素; Mg-MOF-74; 复合凝胶; CO₂; 吸附性能

1 引言

随着能源需求的不断, 化石燃料燃烧排放的大量 CO₂

等温室气体, 导致全球环境问题日益严重。目前 CO₂ 捕捉技术众多, 按燃烧工艺划分 CO₂ 捕捉技术可以有燃烧前、富氧燃烧、燃烧后等三个主要发展方向, 而这三个大方向又以燃烧后的捕捉技术为主^[1]。燃烧后碳捕集是指利用适合的捕捉方法从化石燃料燃烧后的烟气中分离捕集 CO₂^[2]。该方法可以在不改变原有燃烧方式的基础上进行改造, 原理简单, 固定投资相对较少, 捕集系统独立灵活, 目前我国的燃煤电厂碳捕集技术主要采用燃烧后捕集^[3]。固体吸附剂作为 CO₂ 捕捉材料之一, 成为时下的研究热点。其优点在于其工作温度范围相对较广 (室温 ~900°C), 且在循环利用流程中产生的废弃物较少, 使用过的吸附材料易处理, 对环境危

【基金项目】省级大学生创新创业项目 (项目编号: S202211535041)。

【作者简介】郑豪方 (2002-), 男, 中国云南昭通人, 在读本科生, 从事环境功能性材料研究。

【通讯作者】廖剑宇 (1985-), 男, 中国湖南长沙人, 博士, 讲师, 从事水污染控制与资源化研究。

害相对较小^[4]。与传统的无机多孔材料相比, MOFs 材料具有更大的空隙率和比表面积, 尤其是可调节的孔径以及可变的官能团^[5,6]。在众多的 MOFs 材料中, MOF-74 系列材料由于其具有丰富的开放金属位点, 在 CO₂ 捕获领域具有很大的应用潜能^[7]。同时 MOF-74 可以直接由金属氧化物合成, 无需大量溶剂, 不仅节省了时间和金钱, 而且更加生态。

MOFs 材料作为吸附 CO₂ 的热门研究对象, 存在成本太高、材料本身稳定性差、制备能耗高等问题, 因此许多金属有机骨架制备技术都还有待研发与改进。纤维素是自然界中含量最为丰富、可再生的天然有机高分子, 其来源十分广泛, 棉花是纤维素含量极高的物质, 植物纤维细胞壁的主要成分也是纤维素。纤维素具有优良的生物降解性、高可改性、分子间氢键强、化学和物理性能稳定等特点, 溶解体系较为广泛, 且来源多样, 绿色环保。N-甲基吗啡-N-氧化物(NMMO)溶解纤维可以回收溶剂, 大大降低产量成本, 已形成相当规模的产业化。基于此, 本项目以棉花秆为原料起始物提取纤维素(BC), 并与 Mg-MOF-74 材料复合, 制备 BC/Mg-MOF-74 复合气凝胶。选用纤维素作为掺杂剂不仅是因为其较容易获取, 还因为以纤维素作为掺杂剂更易回收、对环境友好, 且节约成本。

2 实验部分

2.1 主要原料与试剂

棉秆纤维素(BC): 自制; 六水合硝酸镁(Mg(NO₃)₂·6H₂O): 分析纯, 南京化学试剂股份有限公司; 2,5-二羧基对苯二甲酸: 分析纯, 湖北宝凌化工科技有限公司; N,N-二甲基甲酰胺(DMF): 分析纯, 安徽凌天精细化工有限公司; 冰醋酸、浓盐酸(质量分数 37%): 分析纯, 湖南汇虹试剂有限公司; 氯化钙(CaCl₂): 分析纯, 廊坊康普汇维科技有限公司; 亚氯酸钠(NaClO₂): 分析纯, 湖北东曹化学科技有限公司。

2.2 主要仪器与设备

电热鼓风干燥箱: DHG-9070A, 常州金坛良友仪器有限公司; 水热合成反应釜: 郑州市亚荣仪器有限公司; 磁力搅拌器: 常州全禾仪器制造有限公司; 扫描电镜: SEM, Phenom Pure, 荷兰 Phenom 公司。

2.3 材料制备方法

棉秆纤维素和 Mg-MOF-74 分别按照文献所述制取, 制的基材以后, 将大颗粒的 Mg-MOF-74 倒入玛瑙研钵中研磨 30min, 再将研磨后的粉末配置成浓度为 2% (质量) 的 DMF 晶种液, 得到 Mg-MOF-74 晶种悬浮液, 再取适量的棉秆纤维素用碱溶(用 NaOH 在 75℃ 水浴加热条件下使棉秆纤维素溶解, 然后用 HCl 将溶液调至中性)制得 20wt% 的棉秆纤维溶液。取适量的 Mg-MOF-74 晶种悬浮液和棉秆纤维溶液磁力搅拌 1h 以充分混合, 随即倒入培养皿, 冷冻干燥处理三天, 再浸入 5% CaCl₂ 溶液 6h 充分交联、熟化, 即可得到 BC/Mg-MOF-74 复合气凝胶。

2.4 BC/Mg-MOF-74 复合凝胶对 CO₂ 吸附性能研究

CO₂ 吸附量采用固定床测定 CO₂ 的吸附穿透曲线以此来计算。以吸附时间为横坐标, 不同时间下尾气中 CO₂ 的浓度为纵坐标作图, 得到 CO₂ 的吸附穿透曲线。可以通过吸附穿透曲线计算出不同比例吸附材料对 CO₂ 的吸附量。在此基础上, 设置 5%、10% 两种不同初始浓度, 保持其余条件不变, 直到吸附平衡。数据结果采用准一级速率方程和准二级速率方程对其吸附过程进行拟合进行 BC/Mg-MOF-74 吸附动力学分析。在固定床动态吸附实验的基础上, 保持其余条件不变, 设置 C0=3-10%, 反应温度分别为 15℃、25℃、35℃、45℃、55℃和 65℃。数据结果采用 Langmuir 等温吸附模型对 BC/Mg-MOF-74 复合材料吸附过程进行拟合分析。

3 结果与讨论

3.1 扫描电镜分析

图 1 为 BC/Mg-MOF-74、Mg-MOF-74 和 BC 的形貌图, 结果显示 Mg-MOF-74 (图 1b) 的 SEM 图像呈现文献提及的类似完整梭形, 表明 Mg-MOF-74 被成功制出。图 1c 为采用棉秆制备的纤维素的形貌图, 从图中可以发现纤维素尺寸较大, 主要为杆状, 存在少量片状。BC/Mg-MOF-74 (图 1a) 可以明确看到纤维素表面有微小颗粒凸起, 与 Mg-MOF-74 较小尺寸相对应, 说明 Mg-MOF-74 均匀分布在纤维素表面。

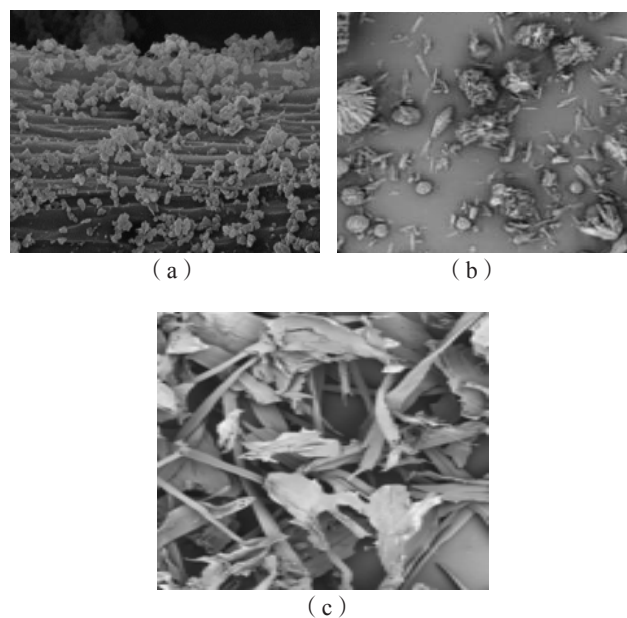


图 1 BC/Mg-MOF-74、Mg-MOF-74 和 BC 的扫描电镜图

3.2 BC/Mg-MOF-74 复合凝胶吸附性能研究

3.2.1 吸附温度对 Mg-MOF-74、BC/Mg-MOF-74 的 CO₂ 吸附性能的影响

CO₂ 吸附条件包括温度、压力等都会对吸附容量产生不同程度的影响, 本实验中对不同吸附温度的 CO₂ 吸附性

能进行探究,结果如图2和表1所示,在同样的条件下,分别对Mg-MOF-74在15℃、25℃、35℃、45℃、55℃及65℃下进行CO₂吸附测量。结果表明,Mg-MOF-74的CO₂吸附容量先随着温度的升高逐渐增加,达到峰值后,又随着温度的升高逐渐下降。在45℃时,其吸附速率及吸附容量均明显较高,这与文献报道的部分CO₂吸附剂相一致^[16]。

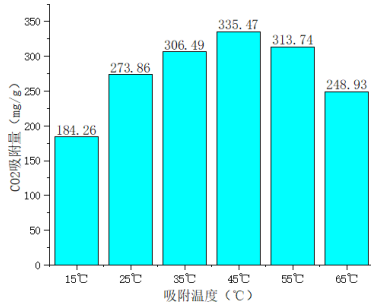


图2 Mg-MOF-74在不同吸附温度下的CO₂最大吸附量

表1 Mg-MOF-74在不同吸附温度下的CO₂最大吸附量

Mg-MOF-74						
吸附温度 (°C)	15	25	35	45	55	65
CO ₂ 吸附量 (mg/g)	184.26	273.86	306.49	335.47	313.74	248.93

如图3所示为BC/Mg-MOF-74在不同吸附温度下的CO₂吸附容量图,表2为BC/Mg-MOF-74同样在15℃、25℃、35℃、45℃、55℃及65℃下进行CO₂吸附测量。结果表明,BC/Mg-MOF-74的吸附温度对吸附容量的影响与Mg-MOF-74的相同,即BC/Mg-MOF-74的CO₂吸附容量先随着温度的升高逐渐增加,达到峰值后,又随着温度的升高逐渐下降。与Mg-MOF-74不同的是BC/Mg-MOF-74在35℃时的吸附速率及吸附容量均明显较高,且相比较于Mg-MOF-74达到峰值后,随温度升高BC/Mg-MOF-74的吸附速率及吸附容量下降较为缓慢,证明BC/Mg-MOF-74更有利于CO₂的吸附且更加稳定。

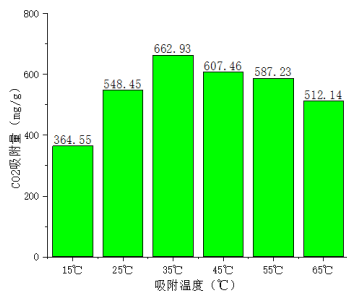


图3 BC/Mg-MOF-74在不同吸附温度下的CO₂最大吸附量

表2 BC/Mg-MOF-74在不同吸附温度下的CO₂吸附容量

BC/Mg-MOF-74						
吸附温度 (°C)	15	25	35	45	55	65
CO ₂ 吸附量 (mg/g)	364.55	548.45	662.93	607.46	587.23	512.14

3.2.2 复合比例对BC/Mg-MOF-74的CO₂吸附性能影响

图4为BC/Mg-MOF-74不同复合比例的CO₂吸附性能图,表3为BC/Mg-MOF-74不同复合比例的CO₂吸附容量。分析可知,BC/Mg-MOF-74的吸附曲线与Mg-MOF-74趋势一致,吸附达平衡时间较长。吸附容量则随着BC/Mg-MOF-74复合比例的增加而呈现先增加,出现峰值后逐渐降低的趋势。其峰值出现在复合比例为30%处,为548.45mg/g。纯BC的CO₂吸附容量仅为138.79mg/g。基于BET、XRD分析,发现复合比例为30%时,比表面积及孔体积不仅低于纯Mg-MOF-74,而且还低于复合比例为BC/Mg-MOF-74(10%、20%),但其吸附容量远高于其他材料。这也再次证实,比表面积并非CO₂吸附性能的决定性因素。BC具有较低的CO₂吸附容量,纯Mg-MOF-74的吸附容量也相对较低,BC/Mg-MOF-74的吸附容量远高于二者,这也意味着BC与Mg-MOF-74并非单纯的物理混合,而是存在一定协同作用,致使CO₂吸附性能提高。

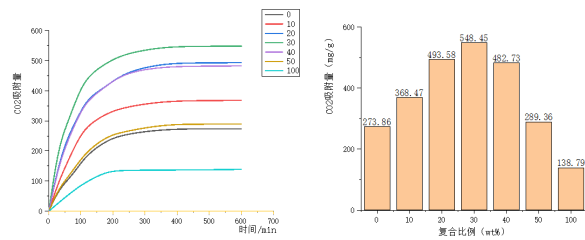


图4 BC/Mg-MOF-74在不同复合比例在35℃的CO₂吸附曲线(左)和最大吸附量(右)

表3 不同比例复合BC/Mg-MOF-74在35℃下的CO₂最大吸附量

BC/Mg-MOF-74							
复合比例 (wt%)	0	10	20	30	40	50	100
CO ₂ 吸附量 (mg/g)	273.86	368.47	493.58	548.45	482.73	289.36	138.79

3.2.3 动力学分析

吸附动力学在评估吸附材料在实际应用中的潜在效果具有重要意义,近年来,已经报道了大量动力学研究。例如,拟一级模型可以获得对黄色凝灰岩CO₂吸附动力学的最佳拟合。Songolzadeh等人发现,改进的Avrami模型可以预测13X沸石的CO₂吸附。对于煤/生物质共烧飞灰的CO₂吸附行为,证明改进的Avrami分数动力学模型可以很好地预测CO₂吸附能力。Zhang等人提出可通过二级动力学模型描述CO₂吸附行为,并通过二级动力学模型证明介孔多层二氧化硅囊泡比其他胺浸渍吸附剂具有更快的吸附速率。

表4和表5分别是BC/Mg-MOF-74在不同吸附温度下的准一级和准二级吸附动力学模型参数表,从表中可以看到不同初始浓度下准一级动力学模型(R²=0.996、0.9982、

0.999、0.9976、0.9975、0.9975)的拟合效果优于准二级动力学模型($R^2=0.9968$ 、0.9837、0.970、0.9836、0.9843、0.9864),同时准一级动力学所得理论计算结果370.01、551.17、666.72、611.22、591.22、514.69。与实验数据相距较为接近。因此BC/Mg-MOF-74复合凝胶对CO₂的吸附过程可能主要与物理吸附有关。

表4 BC/Mg-MOF-74在不同吸附温度下的准一级吸附动力学模型参数

T (K)	q _e exp	准一级动力学模型		
		q _e cal	k _f	R ²
288	364.6	370.01	0.00868	0.9965
298	548.5	551.17	0.00877	0.9982
308	662.9	666.72	0.00861	0.999
318	607.5	611.22	0.00849	0.9976
328	587.2	591.22	0.00833	0.9975
338	512.1	514.69	0.00884	0.9975

表5 BC/Mg-MOF-74在不同吸附温度下的准二级吸附动力学模型参数

T (K)	q _e exp	准二级动力学模型		
		q _e cal	k _f	R ²
288	364.6	369.42	0.00068	0.9968
298	548.5	554.21	0.00077	0.9837
308	662.9	671.85	0.00061	0.9870
318	607.5	614.93	0.00049	0.9836
328	587.2	594.60	0.00099	0.9843
338	512.1	521.16	0.00084	0.9864

表6 BC/Mg-MOF-74对CO₂的吸附参数

吸附模型	相关参数	288K	298K	308K	318K	328K	338K
Langmuir	Q _m (mg/g)	514.81	766.27	961.78	861.85	824.38	791.19
	KL (L/mg)	0.00843	0.00999	0.00899	0.00939	0.00936	0.00814
	R ²	0.9846	0.9974	0.9991	0.9961	0.9959	0.9970

参考文献

- [1] 王键,杨剑,王中原,等.全球碳捕集与封存发展现状及未来趋势[J].环境工程,2012,30(4):118-120.
- [2] 田贺永,王万福,王任芳,等.二氧化碳捕集技术研究[J].能源环境保护,2012,26(6):39-41+35.
- [3] 陈旭,杜涛,李刚,等.吸附工艺在碳捕集中的应用现状[J].中国电机工程学报,2019,39(S1):155-163.
- [4] Adhikari A K, Lin K S. Improving CO₂ adsorption capacities and CO₂/N₂ separation efficiencies of MOF-74 (Ni, Co) by doping palladium-containing activated carbon[J]. Chemical Engineering Journal, 2016, 284: 1348-1360.
- [5] Forghani M, Azizi A, Livani M J, et al. Adsorption of lead(II) and chromium(VI) from aqueous environment onto metal-organic framework MIL-100(Fe): Synthesis, kinetics, equilibrium and thermodynamics[J]. Journal of Solid State Chemistry, 2020(291-):291.
- [6] Valenzano L, Civalleri B, Chavan S, et al. Disclosing the complex structure of UiO-66 metal organic framework: a synergic combination of experiment and theory[J]. Chemistry of Materials, 2011, 23(7):1700-1718.
- [7] 王晓光,张辉,王海涛,等.多壁碳纳米管/Mg-MOF-74的制备及其CO₂吸附性能[J].低温与特气,2017,35(6):7-13.

3.2.4 吸附热力学分析

吸附热力学研究通常使用成熟的数学模型来拟合吸附过程,本研究采用Langmuir吸附等温线模型对实验数据进行非线性拟合,拟合模型参考文献。表6描述了BC/Mg-MOF-74吸附CO₂的Langmuir模型拟合结果和相关系数,相关系数结果表明Langmuir模型拟合的拟合结果较优(R^2 为0.9846~0.9991)。通过Langmuir模型拟合,BC/Mg-MOF-74复合凝胶对CO₂理论最大吸附量达到了961.78mg/g(表6)。虽然因为不同吸附剂所达到最佳吸附量的条件不同而在一定程度上限制了比较,但BC/Mg-MOF-74复合凝胶的吸附能力还是优于大多数类似的吸附剂。

4 结论

①通过向传统Mg-MOF-74材料掺杂棉秆纤维素,制备了一种新型MOFs复合凝胶材料(BC/Mg-MOF-74)。

从形貌结构上可以发现BC/Mg-MOF-74较传统的Mg-MOF-74拥有更多的接触面积,这极大地增强了Mg-MOF-74对CO₂的吸附作用。

②吸附实验表明,与棉花秆提取纤维素、Mg-MOF-74材料相比,BC/Mg-MOF-74复合凝胶体现了对CO₂更好的吸附性能。吸附容量随着BC/Mg-MOF-74复合比例的增加而增加,出现峰值后逐渐降低。当吸附温度为35℃,复合比例为30%时达到峰值,常压下CO₂最大吸附量可达548.45mg/g。

③对BC/Mg-MOF-74进行了动力学分析,结果显示关于CO₂吸附动力学更符合准一级动力学模型,表明吸附主要以物理吸附为主。

Damage Study of Heated Conveyor Rolls in Roller-hearth Furnaces for High-strength Steel Aluminum-silicon Coated Plates

Xiaoqi Ren¹ Liang Wang²

1. Dongying Guangda Jinke Robotics Co., Ltd., Dongying, Shandong, 257100, China

2. School of Physics, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, Hubei, 430074, China

Abstract

This paper emphasizes the importance of hot stamping and forming technology for high-strength steel and the key role of roller-hearth furnace in it. By analyzing the possible thermochemical erosion mechanisms of alumina rolls and AlSi coated metal sheets, experimental tests documented the interfacial diffusion and chemical reactions in high temperature environments, and explored the adhesion and erosion patterns of the rolls to the AlSi coatings. Although furnace roll coating materials help mitigate erosion problems, furnace roll depletion and energy utilization remain challenging. The study proposes the concept of a hybrid heating line between a multi-story chamber furnace and a roller-hearth furnace, which provides new ideas to address thermochemical erosion challenges. This study provides an in-depth analysis of the thermochemical erosion problem in heated roller-hearth furnaces and proposes a solution for a hybrid heating line aimed at improving line stability and energy utilization.

Keywords

high-strength steel; hot stamping; heated roller-hearth furnace; conveyor rollers; thermochemical erosion

高强钢铝硅镀层板辊底炉加热输送辊的损伤研究

任晓琪¹ 王梁²

1. 东营广大金科机器人有限公司, 中国·山东 东营 257100

2. 华中科技大学物理学院, 中国·湖北 武汉 430074

摘要

论文强调了高强钢热冲压成形技术的重要性, 以及辊底炉在其中的关键作用。通过分析氧化铝辊与AlSi涂层金属板可能发生的热化学侵蚀机制, 实验测试记录了高温环境下的界面扩散和化学反应情况, 探究了辊子与铝硅镀层的粘接和侵蚀规律。尽管炉辊涂覆材料有助于减轻侵蚀问题, 但炉辊损耗和能耗利用仍具挑战。研究提出了多层箱式炉与辊底炉混合加热生产线的构想, 为解决热化学侵蚀挑战提供新思路。这项研究深入分析了加热辊底炉的热化学侵蚀问题, 并提出了混合加热生产线的解决方案, 旨在提高生产线稳定性和能耗利用率。

关键词

高强钢; 热冲压; 加热辊底炉; 输送辊; 热化学侵蚀

1 引言

轻量化技术在汽车工业中扮演着至关重要的角色, 是实现汽车节能减排目标的关键技术之一。在众多轻量化技术中, 高强钢热冲压成形技术以其在确保汽车安全性的同时显著减轻车辆重量的优势而备受瞩目。自从引入这一技术以来, 它迅速取得了长足的发展^[1]。在高强钢热冲压的广泛应用中, 超过 80% 的加热系统采用了辊底炉。这类加热炉能够在有或没有保护气体的环境下运行。在整个热冲压生产线

中, 加热辊底炉和输送辊扮演着至关重要的角色。加热辊底炉中的辊体需要承受高温和化学腐蚀的严峻环境, 而输送辊则必须抵御物料的摩擦和磨损。值得注意的是, 辊底加热炉中的氧化铝辊与带有 AlSi 涂层的金属板可能会发生热化学侵蚀。热化学侵蚀是指在高温环境中同时存在化学腐蚀和热作用的侵蚀过程, 这在高强钢热冲压的生产过程中显得尤为重要。

热冲压技术, 作为当代制造业的一项核心应用, 广泛应用于汽车轻量化和零部件生产等领域。在这一领域中, 加热辊底炉扮演着至关重要的角色, 它负责对工件进行精密热处理和加热操作。在这个复杂而关键的过程中, 输送辊作为不可或缺的组成部分之一, 经受着高温和化学介质的严峻考

【作者简介】任晓琪(1971-), 男, 中国山东东营人, 本科, 助理工程师, 从事热成形工艺与装备研究。

验。热化学侵蚀，作为输送辊性能衰退和寿命缩短的主要根源，愈发凸显其重要性。因此，深入研究输送辊在高温环境下的热化学侵蚀，对于提升其性能和延长使用寿命具有卓越的实际价值。

在典型的直接热冲压过程中，经过精心处理的硼合金钢坯料首先置身于连续辊底炉的均热加热中，使其升至奥氏体化温度并保持一定时间。这个阶段的核心目标是将原先的珠光体-铁素体微观结构完全转变为奥氏体状态，为后续的加工操作奠定坚实的基础。随后，经过精心热处理的坯料被移至冷模具中，在成型和淬火的过程中确保零件的微观结构完全转变为马氏体。这一复杂的工序中，22MnB5是最为普遍使用的热冲压钢等级，其碳含量约为0.22wt%，成形抗拉强度可高达1500MPa，在其化学成份略有改变的配方下，其抗拉强度可达到1800~2000MPa。

在高强度钢中，广泛采用的AlSi涂层板通过高温下加热表面形成致密的 Al_2O_3 层，构建了高效的外部保护屏障，有效阻止了涂层的进一步氧化过程。这一保护层甚至在室温下仍然起到提高涂层抗腐蚀性能的关键作用，展现出明显的技术优势。更详尽的信息可参考图1^[2]。这一独特的工艺流程和材料选择共同促使了热冲压技术在汽车制造和轻量化领域的卓越表现。

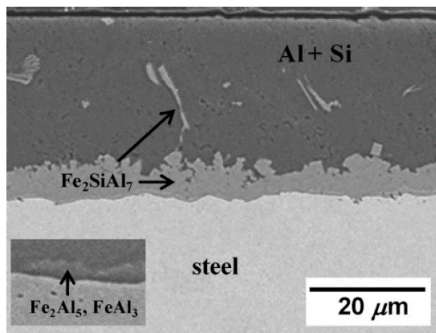


图1 铝硅涂层的横截面扫描电子显微镜(SEM)显微效果图。

2 辊底炉输送辊在高温环境下的热化学侵蚀

辊底炉传送辊通常采用氧化铝或石英制造。在高温下，粘接通过界面扩散实现。氧化铝辊表面和铝硅涂层之间的原子扩散形成界面层，增加接触面积，有效粘接。化学反应也可能促成粘接，尤其在高温下。氧化铝与铝硅涂层中的铝可能发生反应，形成化学键，牢固粘接。然而，加热过程中，AlSi涂覆金属片与辊直接接触可能引发强烈热化学反应。这可能导致滚筒频繁更换，影响工厂可用性，如图2所示^[3]。深入研究和解决这一挑战，确保系统可靠性和生产稳定性。控制和优化辊底炉传送辊与AlSi涂覆金属的相互作用，降低维护成本，提高生产效率。

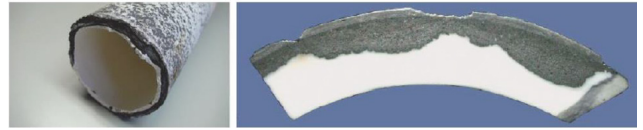


图2 陶瓷输送辊与AlSi涂层板的粘连与侵蚀

目前，针对加热炉辊子上的这种亲和性问题，采用了一种特殊涂覆材料，可显著减少材料之间的粘附性。它借助溶胶-凝胶工艺，研发了一种特殊的悬浮液，可用于喷涂在输送辊表面，进而延长其使用寿命长达30%~50%。这种涂覆不仅有助于减轻由于粘附引起的传输件偏离主轴运动方向的问题，还能有效避免因粘附而导致的加热完成后料片位置的偏移和弯曲断裂等意外事故。

3 不同加热区间输送辊的热化学侵蚀分布

在辊底炉辊棒从入炉侧运送至出炉侧的过程中，铝硅涂层板料片经历了升温、融化和合金化等复杂的热处理阶段。铝硅涂层的熔点约为680℃左右，明显低于钢板奥氏体化的温度。因此，在加热过程中，当涂层板达到这一温度范围时，涂层处于融化状态，但尚未发生合金化反应。在这个阶段，料片背面的铝硅涂层与炉内辊棒接触处可能会与辊棒表面发生黏附，导致摩擦和粘附。随着时间的推移，这种黏附逐渐积累并增加，形成结瘤。在结瘤的区域，涂层可能侵蚀炉辊表面，而与涂层表面粘附的辊棒由于铝硅涂层的低热导率以及铝硅结瘤热膨胀系数与陶瓷辊棒的不匹配，导致陶瓷辊棒表面与内部之间的温度差异增大。这种差异可能引起剥落凹坑的形成，最终可能导致辊棒断裂。结瘤区炉辊的几何尺寸差异还引发热坯料移动方向的偏移，严重影响生产的连续性。

该研究采用了连续批量生产验证的实验方法，通过对辊底加热炉进行实验分析，炉体长度达到16m。重点关注了铝硅涂层高强板在辊底式加热炉连续运行加热过程中对炉内辊棒的化学侵蚀，这一具体问题进行了实验验证。

在进行该批次零部件产品的生产之前，对辊底炉进行了停机检修和维护工作。此过程中，打开了炉顶盖，将炉体入炉侧的原污染严重、结瘤严重的全部辊棒抽出，并对其表面进行了打磨清理，剔除了残次和断裂的辊棒，并更换了新的炉辊棒。接着，炉底炉重新投入生产，开始了对该批次零部件的生产过程。

在生产过程中，入炉侧第一区的炉温设置为850℃，第二区为900℃，第三、第四、第五区为930℃（共计五区加热）。炉辊转速为42mm/s，通过炉内单边炉辊表面，累计生产了约13000片左右的零件（一模两件，零件平板长度在600mm，料厚为1.0mm）。这意味着大约有6500片料片经过了炉内单边炉辊表面。

4 实验检测结果和分析

在炉辊加热炉的运行中，输送辊的速度为42mm/s，而

炉辊棒的间距为 100mm。以下是观测到的现象总结:

①出现涂层黏连现象的炉辊主要集中在第 25~83 根,其中较严重的结溜主要发生在第 50~65 根,而常规检测范围在第 35~63 根。

②开始出现轻微黏连的料片的加热时间大约在 60s,而温度在 620℃左右。

③严重结溜的料片的加热时间在 120~155s,严重结溜的料片加热温度约在 800℃~850℃。需要注意的是,粘辊现象主要发生在料片升温过程中,而在保温阶段不存在此现象。

④第 59 根炉辊的粘结状态不一致,随着料片的加热过程逐渐变化。随着料片温度的升高,粘连带逐渐增多,而随着温度的进一步提高,粘连带又逐渐减少,最终消失。在本炉中,这一现象占据了 5900mm 长度距离,相当于加热炉总长的 3/8。

通过对 16m 长加热炉的粘辊过程进行分析,可以推测出不同长度炉子的棍棒要求。例如,如果炉长为 30m,那么容易污染的区域在入炉后的第 25 根左右炉辊开始,共计 120 根范围内。因此,在实际量产生中,此污染严重区域的棍棒最好选择使用带涂层棍棒,以降低钢板铝硅涂层对棍棒使用寿命的影响,提高生产线的稳定性,提高成品率,并降低生产成本。这为生产线的优化和成本控制提供了重要的参考依据。

通过设计和进行一系列实验,我们模拟了实际运行条件下的热化学侵蚀过程。在实验中,选择了符合实际生产工艺条件的工作样件,并在预定的温度、压力和化学腐蚀介质等条件下进行了长时间的实验观察。实验结果显示,在高温下,莫来石(Mullite,材料的化学式为 $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$) 输送辊和高强度铝硅涂层板都遭受了不同程度的热化学侵蚀)。输送辊表面出现了腐蚀、氧化和颗粒物沉积等变化,而被加热的涂层板的硅铝合金层在一定程度上提高了莫来石辊的耐热性和耐腐蚀性能。

就目前的技术手段来看,还没有十分有效解决炉辊抗侵蚀的技术。多层箱式炉在炉内没有运动机械^[4],其有效能耗高于辊底炉。新的方案是考虑在加热的前端采用多层箱式

炉预热坯料,然后输送到辊底炉进口端,这组成混合加热生产线,从而缩短辊底炉的长度(炉体的外辐射能耗泄漏占辊底炉总能耗的 30%),减少炉辊损耗,减少总体热损耗,减少碳排放,降低生产成本。

5 结论

本研究通过对热冲压生产线加热辊底炉输送辊的热化学侵蚀进行了实验研究,在高温环境下,经过实验观察发现,氧化铝辊和带有 AlSi 涂层的金属板之间可能发生界面扩散和化学反应,导致粘接和侵蚀的现象。这个发现表明,热化学侵蚀是导致输送辊性能退化和寿命缩短的主要机制之一。为了降低热化学侵蚀的影响并延长输送辊的使用寿命,可以采用适当的涂覆材料。

实验结果显示,多层箱式炉与辊底炉联合组成混合加热生产线可以降低辊底炉的长度和能耗,从而减少炉辊所受到的热化学侵蚀程度。这为改善生产线效率和减少炉辊损耗提供了新的思路和方向。

然而,尽管取得了一些进展,仍然有一些问题需要进一步研究。例如,涂覆材料的性能需要进一步改进,以提高其耐高温和化学腐蚀的能力。同时,还需要对辊底炉进行设计优化,以减轻热化学侵蚀的程度。另外,研究多层箱式炉和辊底炉联合使用的工艺参数也是下一步研究的重要内容。

参考文献

- [1] 张宜生,王子健,王梁.高强度热冲压成形工艺及装备进展[J].塑性工程学报,2018,25(5):11-23.
- [2] Dong Wei Fan, Bruno C. De Cooman. State-of-the-Knowledge on Coating Systems for Hot Stamped Parts[J]. steel research int, 2012,3(8):412-433.
- [3] Viton Uthaisangsuk. Hot stamping of ultra-high strength steel: A key technology for lightweight automotive design[J]. AUTOMOTIVE SUMMIT 2014-Green Mobility Changing the World,2014,19-20.
- [4] X Q Ren. A New Structural Door of Box Type Heating Furnace. Proceedings of the 6th International Conference on Advanced High Strength Steel and Press Hardening (ICHSU)[J]. Atlantis Press,2023:444-447.

Research on the Latent Fingerprint Technology of Aggregation Induced Luminescent Materials Loaded with Montmorillonite

Junkai Zhao Chengcheng Wang Ziang Gu Yiting Fa Xiaodong Jin

Department of Forensic Science and Technology, Jiangsu Police Institute, Nanjing, Jiangsu, 210031, China

Abstract

The forensic identification of fingerprints is widely used in criminal identification and has become the basis of evidence in court. Therefore, the efficient visualization of latent fingerprint is of great significance to the criminal investigation. This paper attempts to synthesize Chalcone derivatives @ montmorillonite fluorescent powders based on the aggregation-induced emission (AIE) properties of Chalcone derivatives (NIR-LP), mixed with montmorillonite in a certain proportion for organic modification. The optical properties of dye NIR-LP was measured, and then the dye NIR-LP@ montmorillonite fluorescence powder were used to brush the latent fingerprints of the same fingers on different objects, in order to investigate the developing effect of the powder. The experimental results showed that the fingerprint lines after brushing were clear, coherent and more stable. Therefore, the application of chalcone derivative @ montmorillonite fluorescence powder in latent fingerprint scanning has a good prospect in criminal investigation.

Keywords

aggregation-induced emission; chalcone derivative; montmorillonite; latent fingerprint brush display

聚集诱导发光材料负载蒙脱土显现潜指纹技术研究

赵俊凯 王成成 顾子昂 法怡婷 金晓东

江苏警官学院刑事科学技术系, 中国·江苏·南京 210031

摘要

指纹的法医鉴定广泛应用于罪犯身份识别, 并已成为法庭证据的基础。因此, 潜指纹的高效可视化对于刑事侦查活动有着十分重要的意义。论文尝试以具有聚集诱导发光(AIE)性质的查尔酮衍生物(NIR-LP)为基础, 与蒙脱土以一定的比例混合进行有机改性, 制备合成查尔酮衍生物@蒙脱土荧光粉末。论文对染料NIR-LP的光学性质进行的研究, 并考察染料NIR-LP@蒙脱土荧光粉末对相同手指在不同客体上的潜指纹显现效果, 实验结果显示刷显后的指纹纹线清晰连贯且更为稳定。因此, 该混合荧光粉末在潜指纹显现领域里得到应用的潜力, 在刑事侦查活动中有着较好的前景。

关键词

聚集诱导发光; 查尔酮衍生物; 蒙脱土; 潜指纹刷显

1 引言

指纹是一种复杂的结构, 由乳突纹线和凹陷的皱纹通过间隔分布组成。这种独特的结构对每个人都是不同的, 有着稳定性和终身不变性。基于每个人指纹的独特性, 指纹在刑事案件中已被用作个人身份的识别。潜指纹是一种真实指

纹的印记, 是法医学中个体识别的重要证据。然而, 作为犯罪现场最常见的证据, 潜指纹难以被直接观察到。因此, 潜指纹的高效可视化对于刑事侦查活动非常重要^[1,2]。

粉末刷显、烟熏显现和化学染色是潜指纹显现的传统方法, 常用试剂是碘、“502”胶水、硝酸银、苯并戊三酮和DFO, 而这些试剂可能会造成污染, 损害人体的皮肤、眼睛、粘膜和DNA。粉末刷显法由于其简单、效率高, 是最常用的方法。所使用的工具通常是特殊的刷子和细粉。当特殊的刷子轻轻扫过潜在指纹的表面时, 粉末会附着在潜在指纹的乳突纹线上, 因此肉眼便可以观察到潜指纹。传统的潜指纹刷显粉末, 如金粉、铝粉、磁性粉, 大多不适合用于颜色相似的客体。因此, 高对比度的指纹刷显粉末是一个迫切需要研究的课题^[3]。

荧光材料因其颜色多样、亮度高、对比度高而得到了

【基金项目】江苏省大学生实践创新创业训练计划项目(项目编号: 202210329044Y); 江苏警官学院法庭科学先进材料开发应用科研创新团队(项目编号: 2021BK01)资助。

【作者简介】赵俊凯(2003-), 男, 中国江苏无锡人, 在读本科生, 从事聚集诱导发光显现潜指纹技术研究。

广泛的关注,潜指纹的荧光可视化已成为一个新的研究热点。到目前为止,多种荧光材料已被用于潜指纹的荧光显现,如无机量子点(Quantum dots, Q-dots)、聚合物点(Polymer nanoparticles, P-dots)、聚集诱导发光纳米(Aggregation Induced Emission nanoparticles, AIE-dots)材料、上转换纳米颗粒(upconversion particles)、金属-有机框架(Metal-Organic Frameworks, MOFs)材料和碳点(carbon dots)。如AIE材料因其具有稳定的光物理性质,高灵敏度和选择性,可以有效地减少甚至避免由于环境干扰引起的消光结果,为现场分析提供了可行的解决方案,同时也克服了聚集造成的淬灭问题。基于AIE效应的传感器和探针已经得到了长足的发展,该材料在化学、物理、生物和法医学等领域都得到了广泛的应用^[4,5]。

蒙脱土(MMT)作为一种矿物材料不仅成本低廉而且其独特的层状结构特点,尤其是其高比表面积和高长径比可有效改善材料的吸附性能。因此,论文将蒙脱土(MMT)与具有AIE性质的染料NIR-LP混合制备NIR-LP@MMT荧光粉末,并用于潜指纹的显现,期望提高潜指纹的成像质量,降低成本和危害,拓宽潜指纹的显现方式,解决在实践中某些难以显现的指纹,提高破案的效率和质量。

2 实验部分

2.1 试剂与仪器

试剂:蒙脱土(MMT)、二氯甲烷(CH_2Cl_2),购置于南京巨优科学器材有限公司,如无特别说明,无需进一步纯化,直接使用。染料NIR-LP为实验室自制(图1)。

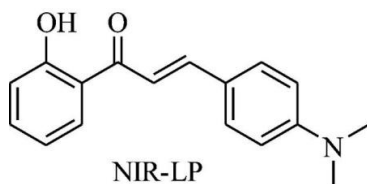


图1 染料 NIR-LP 的化学结构

仪器:Varian Cary Eclipse 荧光分光光度计;电子天平,紫外灯(ZF-7A),移液枪(Dragon-lab),相机(Canon-EDS 700D)等。

2.2 染料 NIR-LP @MMT 荧光粉末的制备

①取适量的蒙脱土粉末放入研钵充分研磨直至颗粒细密均匀,随后利用电子天平称取3g蒙脱土粉末,加至含500mg染料NIR-LP的二氯甲烷溶液中,并在30°C条件下超声约10分钟至蒙脱土分散均匀;

②通过旋转蒸发器蒸发上述蒙脱土悬浮液中的二氯甲烷液体,得到较为干燥的染料NIR-LP@MMT粉末后,置于真空干燥箱中干燥约12小时;

③将烘干的染料NIR-LP@MMT粉末再次用研钵进行研磨,并过200目筛,密封保存备用。

2.3 AIE 性能测试

在不同水含量的条件下,利用荧光分光光度计测定查尔酮衍生物(NIR-LP)的荧光强度,步骤如下:将适量的查尔酮衍生物(NIR-LP)粉末溶于 CH_3CN 中配制2.5mmol/L的 CH_3CN 母液,然后用移液枪取10份0.5mL配置的 CH_3CN 母液放入10个离心管中,再用不同体积的水和 CH_3CN 对其进行稀释,分别配制成5mL的 $V(\text{CH}_3\text{CN})/V(\text{H}_2\text{O})=10:0, 9:1, 8:2, 7:3, 6:4, 5:5, 4:6, 3:7, 2:8, 1:9$ 的 2.5×10^{-4} mol/L浓度的待测液,将离心管震荡使配置的溶液混合均匀,用紫外灯照射观察各份溶液的荧光强度,静置十分钟后测定其光谱。设定激发波长为430nm,狭缝宽度为5nm,发射狭缝宽度为5nm,收集550~800nm区间的荧光数据。

2.4 潜指纹的显现实验

2.4.1 样本的制作

对于染料NIR-LP@MMT荧光粉末的潜指纹刷显实验,实验人员准备了大理石、钢板、铝板、硬币、白色卡纸、透明塑料片、玻璃板以及皮革这八种客体。将实验所需客体使用乙酸乙酯清洁其表面并待其干燥后,实验人员让同一人员(男)使用其右手食指在客体表面分别留下油潜指纹。

2.4.2 潜指纹的刷显

实验人员先把手清洗干净,再用其右手食指轻轻摩擦脸部使手指沾上更多油脂,随后将指纹轻轻按压在大理石、钢板、铝板、硬币、白色卡纸、透明塑料片、玻璃板以及皮革这8种客体表面上,并且每种客体需要刷显三次,以避免偶然性。

实验人员用羽毛刷轻轻地沾上染料NIR-LP@MMT荧光粉末轻轻刷过油潜指纹表面使其表面覆盖上该荧光粉末,随后在不损坏原始指纹的情况下,把指纹周围残留的荧光粉末轻轻刷去。然后将刷显的8种客体分别在365nm和254nm的波长的紫外光下,观察刷显指纹荧光强弱程度、结构完整程度、纹线连贯程度以及指纹二级结构的清晰程度并进行拍照固定。

3 结果与讨论

3.1 染料 NIR-LP 的 AIE 性能研究

将离心管中10种配比的NIR-LP溶液取1mL置于样品瓶中,日光下拍摄的照片如图2所示,在黑暗条件下使用手提式紫外灯照射后拍摄的荧光照片如图3所示,由黑暗条件下荧光照片可知,在水含量在0~90%的范围内,荧光发射光谱结果显示在波长为640nm左右,染料NIR-LP溶液的荧光强度随着水含量的增加而增强,染料NIR-LP的乙腈/水溶液的荧光强度随着水含量的增加,而发生荧光增强,并且在水含量为90%时所得到的溶液荧光强度最佳(图4)。



图 2 日光下不同水含量的 NIR-LP 溶液荧光强度

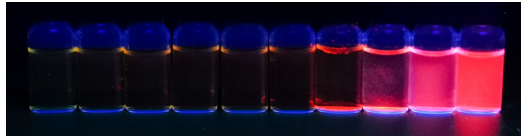


图 3 紫外灯照射下不同水含量的 NIR-LP 溶液荧光强度

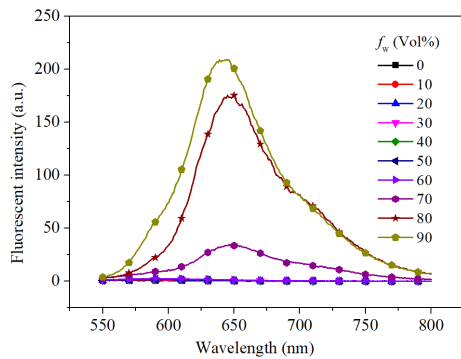
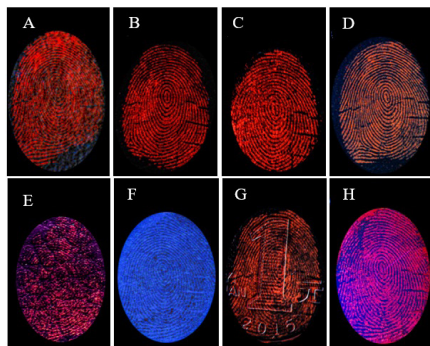


图 4 不同水和乙腈体积比的 NIR-LP 溶液荧光发射光谱

3.2 不同客体上潜指纹的显现

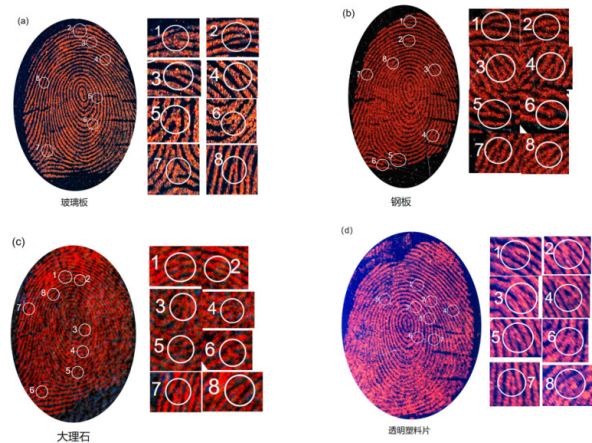
在所考察的八种客体中，染料 NIR-LP@MMT 粉末对钢板、铝板、玻璃板、大理石、硬币、透明塑料片这六种非渗透性客体的刷显效果十分理想（图 5），指纹的荧光强度足够、结构完整、纹线清晰，能够观察到足够的特征点（图 6）。而对于皮革和白色硬卡纸这两种渗透性客体，效果不甚明显（图 5E、5F）。



A—大理石；B—钢板；C—铝板；D—玻璃；E—皮革；
F—白色卡纸；G—硬币；H—透明塑料

图 5 染料 NIR-LP@MMT 粉末对不同客体上潜指纹的

刷显效果



a—玻璃板；b—钢板；c—大理石；d—透明塑料片

图 6 染料 NIR-LP@MMT 粉末对不同客体上潜指纹进行刷显后的荧光照片及其对应的二级结构放大图

4 结语

论文以具有 AIE 性质的查尔酮衍生物 NIR-LP 为基础，与蒙脱土按比例混合进行有机改性，制备合成查尔酮衍生物@蒙脱土荧光粉末。通过对蒙脱土进行有机改性，提高了其对潜指纹的吸附性能，使其对客体的潜指纹具有较好的吸附效果。该荧光粉末与传统的潜指纹显现方法相比，显现出的指纹纹线更连贯、指纹的二级结构保留更完整，刷显出的指纹荧光强度较高，荧光图像清晰。该方法有望在犯罪现场勘验和刑事侦查工作中得到应用。

参考文献

- [1] 金晓东,毕天博,辛然,等.有机材料在潜指纹显现中的应用研究进展[J].有机化学,2020,40(12):4184-4202.
- [2] Li Z, Wang Q, Wang Y, et al. Background-free latent fingerprint imaging based on nanocrystals with long-lived luminescence and pH-guided recognition[J]. Nano Research,2018,11(12):6167.
- [3] Wang M, Li M, Yu A, et al. Fluorescent nanomaterials for the development of latent fingerprints in forensic sciences[J]. Advanced Functional Materials,2017,27(14):1606243.
- [4] He X, Bi H, Wei P. Luminescent organic molecular frameworks from tetraphenylethylene-based building blocks[J]. Journal of Materials Chemistry C,2023,11(11):3675-3691.
- [5] 杜宪超,邢小静,程新峰,等.聚集诱导发光分子在公共安全领域中的应用[J].分析试验室,2022,41(4):487-496.