



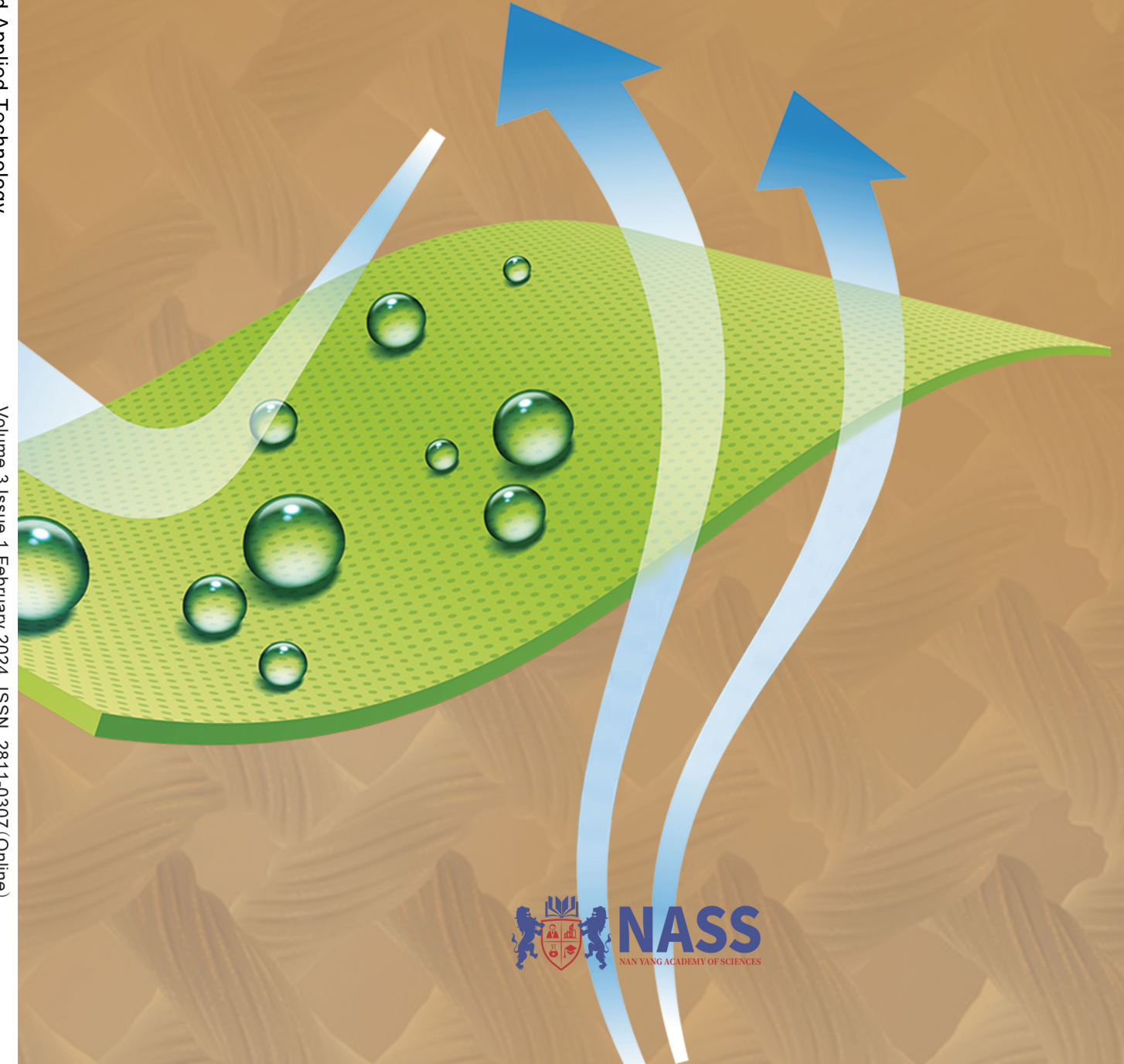
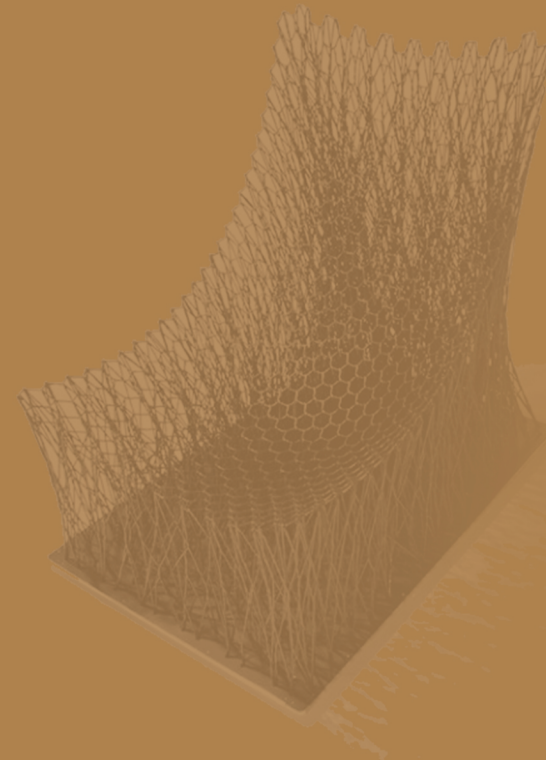
材料科学与应用技术 Materials Science and Applied Technology

Volume 3 Issue 1 February 2024 ISSN 2811-0307 (Online)

Volume 3 Issue 1 February 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 1 February 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 | 塑料生产加工行业的转型发展策略
/ 李志成 梁丽花 张宇杰 张春怡 | 1 | The Transformation and Development Strategy of Plastic Production and Processing Industry
/ Zhicheng Li Lihua Liang Yujie Zhang Chunyi Zhang |
| 4 | 两性离子氨基磺酸调控蓝色准二维发光二极管
/ 王洋 | 4 | Amphoteric Amino Sulfonic Acid Regulates Blue Quasi Two-dimensional Light-emitting Diodes
/ Yang Wang |
| 7 | 麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石的技术创新探索
/ 崔毅 张田海 | 7 | Exploration of Technological Innovation in the Calcination of Low Strength and Explosive Limestone in the Maerz Kiln
/ Yi Cui Tianhai Zhang |
| 10 | 高固体含量漆在漆包线生产中的应用研究
/ 汤晓水 | 10 | Research on the Application of High Solid Content Paint in the Production of Enameled Wire
/ Xiaoshui Tang |
| 13 | 环保材料在土木工程中的可持续应用与发展
/ 张永 | 13 | Sustainable Application and Development of Environmental Protection Materials in Civil Engineering
/ Yong Zhang |

The Transformation and Development Strategy of Plastic Production and Processing Industry

Zhicheng Li Lihua Liang Yujie Zhang Chunyi Zhang

Shenzhen Xinpengyu New Material Technology Co., Ltd., Shenzhen, Guangdong, 518000, China

Abstract

In the context of circular economy, the main problems faced by the plastic production and processing industry include the improvement of the waste plastic recycling system and the establishment of the supervision system of production enterprises. Given the increasing harm of plastic to the environment, there is an increasingly urgent need to reduce plastic pollution, promote the recycling of plastic and find alternative materials. To achieve sustainability, the plastics industry needs to undergo a series of transformations. Therefore, we need to deeply study and develop new technologies and new materials, and use information technology to optimize the waste plastic recycling system. At the same time, we should also further refine the supervision and management system of plastic production to promote the circular development of plastic production and processing industry. Through these measures, we are expected to successfully meet the challenges faced by the plastic production and processing industry and promote the sustainable and healthy development of the industry.

Keywords

circular economy; plastics industry; transformation and development

塑料生产加工行业的转型发展策略

李志成 梁丽花 张宇杰 张春怡

深圳市鑫鹏宇新材料科技有限公司, 中国 · 广东 深圳 518000

摘要

在循环经济的背景下, 塑料生产加工行业所面临的主要问题包括废塑料回收体系的完善和生产企业监管体系的建立。鉴于塑料对环境造成的危害日益严重, 社会对减少塑料污染、促进塑料循环利用和寻找替代材料的需求也愈发迫切。为了实现可持续发展, 塑料行业需要进行一系列的转型。为此, 我们需要深入研究并开发新技术、新材料, 利用信息技术优化废塑料回收利用体系。同时, 我们还应进一步细化塑料生产监督管理制度, 以促进塑料生产加工行业的循环发展。通过这些措施, 我们有望成功应对塑料生产加工行业所面临的挑战, 推动行业的持续健康发展。

关键词

循环经济; 塑料行业; 转型发展

1 引言

工业化的推进让我们的生活变得更加便捷, 塑料制品成为日常生活中不可或缺的物品。然而, 废弃塑料不断涌入自然环境, 对生态平衡的维持造成了巨大的压力, 对地球的生命力构成了严重威胁。与此同时, 人类对塑料制品的需求持续上升, 导致能源危机日益凸显, 资源枯竭的形势愈发严峻。为应对这些挑战, 资源循环利用和循环经济的发展模式受到了广泛的关注, 成为推动国民经济发展的重要理论支撑。该模式旨在提高资源利用效率, 推动可持续发展, 共同构建一个更加绿色、宜居的地球家园。

【作者简介】李志成 (1979-), 男, 中国广东阳春人, 从事工程塑料改性研究。

2 循环经济的概念和原则

鉴于中国国情与经济发展需要, 提出循环经济模式, 以适应资源现状。此模式符合现代经济发展趋势, 核心在于推动资源良性循环, 实现资源有效回收与利用, 同时解决生态环境问题。循环经济意义重大, 前景广阔, 值得深入研究与推广。

2.1 循环经济的概念

循环经济, 或称资源循环经济, 自 21 世纪在中国兴起以来, 受到学术界广泛关注。国家发改委定义的循环经济是以资源循环利用和高效利用为核心的经济发展模式, 具有低排放、低消耗、高效率的特点, 遵循资源化、再利用、减量化原则, 与可持续发展理念紧密相连。

循环经济是对传统线性经济模式的根本变革。传统经济遵循“资源 - 生产 - 消费 - 废弃”的单向流程, 消耗大量

资源并产生大量废弃物。随着经济发展和资源枯竭,这种模式已显露出局限。因此,我们需要寻找更可持续、高效和环保的模式,循环经济就是这样一个新选择。

循环经济颠覆传统线性模式,采纳闭环设计,强调资源最大化利用。在生产初期,就注重审慎开发自然资源,设定严格的资源消耗界限,促进高效可持续利用。生产过程中,回收再利用废弃物,借助先进技术转化为可循环资源。精心加工后的废弃物可作为自然资源替代品,重新融入生产流程,形成新循环,满足市场需求。此模式缓解资源压力,减少环境污染,实现经济与环境和谐共生,为可持续发展注入新活力。经济供应链如图1所示。

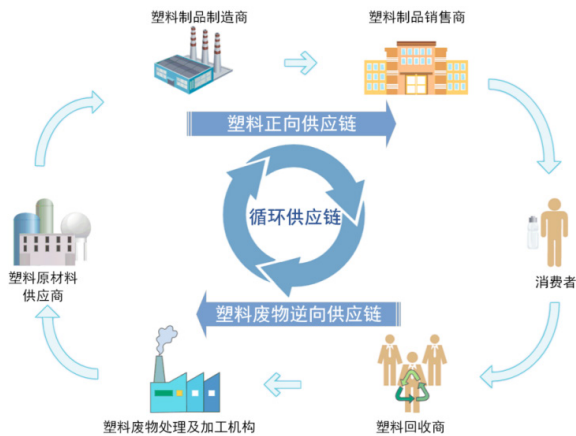


图1 塑料行业循环经济供应链

2.2 循环经济原则

在国家与区域层面推动循环经济时,要坚持经济效益、生态效率及环境保护的原则。在企业和工业园区层面,则需遵循减量、再利用和回收的三大原则。

对企业和工业园区来说,微观减量原则要求严格控制原材料和能源的投入,通过精细化管理和技术创新减少资源消耗并保持或提高生产量,这有助于节约资源和增加经济效益。

在再利用方面,企业需注重废弃物的处理和利用,采用先进的污染物处理和减排技术,将废弃物转化为可再利用的资源,实现资源的循环利用。

回收原则强调产品和资源的再利用价值,通过提高回收频率降低生产成本,提升经济效益。可以建立回收体系,对废弃物进行分类处理,将可回收的部分再生利用,实现资源最大化利用。

3 循环经济背景下塑料工业转型升级的意义

推动资源循环经济,能够大幅度减少自然资源的消耗,并显著降低产品在制造过程中对环境造成的污染排放,从而极大提升资源的整体利用效率。这种经济模式,作为应对自然资源匮乏问题的重要策略,发挥着不可或缺的作用。通过构建循环型的经济发展模式,我们不仅能够催生新的社会经

济增长点,还能为广大民众创造更多的就业机会,进而推动居民日常收入的稳步增长。这不仅实现可持续发展的关键途径,更是顺应当前社会经济发展潮流的明智之举,展现了我们对环境和经济的双重关怀。

3.1 促进塑料生产加工行业的可持续发展

在人类社会的发展中,经济进步与自然环境之间常存矛盾。这种矛盾源于自然生态系统的平衡规律与经济发

展的必要性之间的冲突。罗斯将人类社会发

3.2 解决塑料工业发展与资源环境的矛盾

展划分为初级、工业化和后工业化阶段,分别对应原始循环经济、线性掠夺经济和高次循环经济模式。

长期依赖线性掠夺经济模式已对生态环境造成不可逆损害。因此,我们需要结合经济模式,遵循生态循环规律,引入并强化循环机制于经济活动。特别是推动塑料加工行业的循环发展,对实现可持续发展意义重大。这些努力有望调和社会经济发展与自然资源的矛盾,引导我们走向和谐、可持续的未来。

《中国制造2025》战略中将新材料的研究与应用视为推动发展的关键引擎。塑料,作为新材料领域的重要支柱,随着塑料工业的迅猛发展,其在国内市场的需求持续增长,使我国迅速崛起为全球塑料生产与消费大国。特别是在聚烯烃行业,中国取得了显著成就,成功研发出一系列聚烯烃材料生产工艺,使我国在全球聚烯烃产业中占据重要地位。

然而,塑料生产加工行业的快速崛起也伴随着资源与环境方面的挑战。塑料制品在日常生活中不可或缺,市场对塑料产品的需求持续增长,给资源和环境带来了巨大的压力。尽管我国废塑料回收体系不断完善,但仍存在许多不足。据最新数据显示,截至2023年,废塑料的回收率仅为28.5%。这意味着每年产生的近7500万吨废塑料中,仍有超过5000万吨未能得到有效回收,最终流入生态环境,这与我们追求绿色、和谐社会的目标相悖^[1]。

4 循环经济背景下的塑料工业转型与发展战略

国家发改委和生态环境部为应对塑料污染,出台了《关于进一步加强塑料污染治理的意见》。这份意见展示了政府环保决心,为塑料行业转型提供政策指引。意见强调循环经济原则,鼓励采用环保技术,减少塑料废弃物,推动回收再利用。意见全面阐述了塑料全产业链的管理措施,鼓励企业探索新回收模式和标准化体系,以降低环境污染。

4.1 加大技术投入,开发塑料替代品

在全球塑料行业中,尽管可生物降解塑料已展现出显著的环保潜力,但其实际应用仍面临诸多挑战。这些挑战包括机械性能的不尽如人意、高昂的生产成本以及市场推广的困难等。为了充分发挥可生物降解塑料在环保事业中的重要作用,我们必须致力于技术创新和市场推广,以克服这些挑战。通过不断努力,我们期待可生物降解塑料能在全球塑

料行业中发挥更大的作用，为地球的可持续发展做出重要贡献。

除了塑料吸管，我们还可以考虑其他一次性塑料产品的替代品。例如，纸吸管、竹吸管等可降解材料可以替代塑料吸管（如图2所示），此外，可重复使用的产品，如布袋、玻璃瓶等也可以替代一次性塑料产品。对于这些替代品的生产，我们可以通过引入新的技术和工艺来实现。例如，通过使用生物降解塑料或者热解塑料来生产可降解的一次性餐具，可以替代传统的一次性塑料餐具。另外，对于一些复杂的塑料产品，我们也可以考虑采用模块化设计，使它们能够被分解和替换，而不是简单地扔掉。

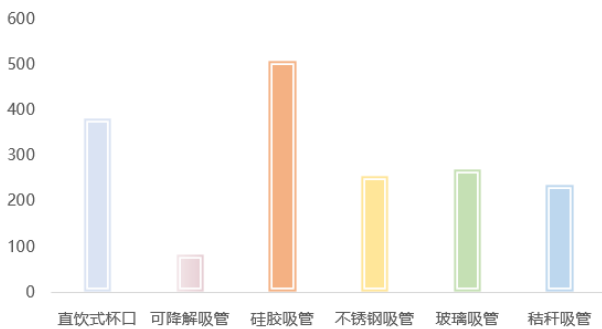


图2 大众愿意使用的塑料吸管替代品

为了促进这些替代品的应用和普及，我们需要在政策和市场方面采取措施。例如，政府可以出台相关政策，鼓励企业和消费者使用可降解和可重复使用的产品，同时限制一次性塑料产品的生产和销售。此外，我们也可以通过教育和宣传，提高公众对环保的认识和意识，使他们更加愿意使用环保型塑料产品^[2]。

4.2 构建基于信息技术的大数据平台

目前，大量废塑料在中国被视为生活垃圾，流入自然环境，导致总体回收率低下，无法实现资源有效回收。针对这一问题，建议对塑料生产和加工企业设定废塑料回收规定，要求企业单独回收部分可回收材料，并制定详细的回收计划和目标。这既符合国家相关法规要求，又有助于减少企业对自然资源的消耗和投资，降低生产成本，并实现一定的环境效益。

为提升塑料回收率，塑料企业应结合自身规模、资金和经营实际，构建大数据平台。此平台通过物流数据分析，追踪塑料产品来源、流向和分布，生成详尽的生产、销售与空间分布报告。同时，利用云计算和人工智能技术挖掘回收

过程中的优化潜力。

企业应当采用生命周期评价，全面考虑塑料产品从原材料到废弃处理的环境影响，制定更有针对性的回收策略。利用物联网技术，嵌入追踪标签，实现塑料产品全程可视化，提高回收效率。在推广方面，企业网站和电商平台合作设立回收专区，吸引消费者参与回收。同时，普及回收知识，提升公众对塑料回收重要性的认识，也是推动回收工作的一环。

4.3 与相关人员合作，形成循环产业链

为推动塑料行业转型升级，需深刻认识到从线性经济向循环经济转变的重要性。产业链各方需紧密合作，审视塑料产品各环节对循环经济的影响。源头上，应严格控制生产，推动高效回收体系建立。设计与生产过程中，逐步淘汰不可回收、不易降解的原材料和方案。例如，减少多层复合塑料薄膜的生产，减少塑料污染。销售环节，加强合作宣传回收知识，提升消费者回收意识。引导消费者减少使用一次性塑料，教授正确处理废塑料方法。同时，共同投资开拓再生材料市场。再生塑料利用是实现循环经济核心，拓宽再生塑料销售渠道可实现真正闭环，为企业创造经济效益，保护环境，促进可持续发展^[3]。

5 结语

塑料因其卓越的性能和广泛的应用而受到人们的青睐，但这也导致了塑料废弃物的大量产生和自然资源的过度消耗。在当前循环经济的大背景下，为了有效节约资源并保护生态环境，国家相继发布了一系列与塑料相关的通知和指导意义。因此，塑料行业应当把握这一重要契机，以相关政策为指引，结合现代信息技术的力量，加大对新材料和新技术的研发力度。通过各方协同合作，我们可以推动塑料产业向更为环保、可持续的循环经济发展模式转变，实现行业的转型升级。

参考文献

- [1] 王莹. 塑料生产加工行业的转型发展策略[J]. 塑料助剂, 2022(6): 81-84.
- [2] 李欢, 朱龙, 沈茜, 等. 我国塑料污染防治政策分析与建议[J]. 环境科学, 2022, 43(11): 5326-5332.
- [3] 刘宁. 经济转型升级背景下的生态经济发展理论与实践路径: 评《新时期生态经济发展理论与实践路径》[J]. 热带作物学报, 2021, 42(12): 3736.

Amphoteric Amino Sulfonic Acid Regulates Blue Quasi Two-dimensional Light-emitting Diodes

Yang Wang

North China Electric Power University, Beijing, 100096, China

Abstract

Perovskite light-emitting diodes are display diodes that have been the focus of research by researchers. As the most promising new display technology to replace traditional organic light-emitting diodes and quantum dot light-emitting diodes, the development speed of perovskite light-emitting diodes is very rapid. However, the development of blue light-emitting diodes is still relatively lagging behind. Therefore, the efficiency of perovskite blue light-emitting diodes determines whether they can be commercialized to replace traditional display technologies. In this paper, DJ phase quasi two-dimensional perovskite was doped. By doping with amino sulfonic acid ligands, we have achieved a comprehensive improvement in the optical and electrical properties of perovskite. Compared to the original control group, the doped perovskite thin film exhibits excellent performance, providing ideas for the optimization of high-performance perovskite light-emitting diodes.

Keywords

perovskite; light emitting diode; high performance

两性离子氨基磺酸调控蓝色准二维发光二极管

王洋

华北电力大学, 中国 · 北京 100096

摘要

钙钛矿发光二极管是被科研人员重点研究的显示二极管。作为最有希望取代传统有机发光二极管和量子点发光二极管的新型显示技术, 钙钛矿发光二极管的发展速度十分迅速。但是蓝光发光二极管的发展仍然相对滞后。因此, 钙钛矿蓝光二极管的效率高低决定了钙钛矿发光二极管能不能商业化从而取代传统显示技术。在论文对DJ相准二维钙钛矿进行了掺杂。通过适用氨基磺酸类配体的掺杂, 我们实现了对钙钛矿光学性能、电学性能的综合提升。相较于原对照组, 掺杂后的钙钛矿薄膜性能优异, 这项工作作为高性能钙钛矿发光二极管的优化提供了思路。

关键词

钙钛矿; 发光二极管; 高性能

1 引言

钙钛矿由于其优异的光电性能而被科研界广泛关注, 其具有较大的缺陷容忍度、具有全色域可调、价格低廉和可溶液加工等特点。因此, 钙钛矿发光二极管 (perovskite light emitting diodes, PeLED) 在当今显示技术不断发展的时代崭露头角, 成为目前科学界重点研发的显示技术之一。PeLED 也有望成为基有机发光二极管 (organic light emitting diodes, OLED) 和量子点发光二极管 (quantum dots light emitting diodes, QLED) 之后的新一代显示技术。如今 PeLED 根据钙钛矿受到的维度限制可以分为准二维钙钛矿 (quasi-2d perovskite, q-2d perovskite) 和量子点钙钛矿 (perovskite quantum dots, PQDs)。相较于传统三维钙钛矿

来说, 这些在维度上受到限制的低维钙钛矿由于被阳离子切割从而展现了更好的环境稳定性。所以低维钙钛矿在未来将会受到更多的关注。对于准二维钙钛矿来说, 其是在某一维度上被有机阳离子切割、限制的钙钛矿, 形成二维的片状结构^[1]。这种钙钛矿会形成一种独特的量子阱结构。这种结构增加了激子的结合能, 使得更多的激子可以发生辐射复合。准二维钙钛矿又因为间隔配体的不同从而分为 Ruddlesden-Popper 钙钛矿 (RP perovskite) 和 Dion-Jacobson 钙钛矿 (DJ perovskite)。对于 RP 相钙钛矿, 其间隔有机阳离子一般有一个结合位点, 如苯乙胺阳离子等。对于 DJ 相钙钛矿, 其间隔有机阳离子具有两个或以上结合位点, 如双铵离子配体。

蓝光 PeLED 的外量子效率 (external quantum efficiency, EQE) 虽然已经达到了惊人的 21.4%^[2], 但整体效率仍然落后于绿光和红光 PeLED^[3]。进一步对缺陷钝化可以使钙钛矿中非辐射复合的比例减少, 从而提升蓝光 PeLED 的 EQE。两性离子,

【作者简介】王洋 (1998-), 男, 中国河北保定人, 本科, 在读硕士, 从事钙钛矿发光二极管研究。

如氨基酸,是钝化钙钛矿的一种优良的配体,其具有的氨基和羧基可以分别切割钙钛矿和钝化未与卤素离子形成离子键的暴露的铅离子。暴露的铅离子容易在钙钛矿中产生较深的能级缺陷,从而严重降低钙钛矿光致发光(photoluminescence),使得其光致发光效率(photoluminescence quantum yields, PLQYs)变低。在论文中我们将采用和氨基酸类似的一系列氨基磺酸对钙钛矿进行掺杂、钝化。和氨基酸类似,氨基磺酸中的氨基和磺酸基对钙钛矿造成切割的同时,会钝化铅离子。我们将不同碳链长度的氨基磺酸加入钙钛矿前驱体溶液中,探究了其碳链长度对钙钛矿光电性质的影响。我们最终制备了钙钛矿发光二极管器件,其发射峰位为 490nm, 480nm 和 462nm。经过氨基磺酸的切割和钝化作用,以 DJ 相钙钛矿为发光层的 q-2d PeLED 展现了较好的 EQE 和亮度。

2 实验

2.1 实验材料

论文中所使用的材料和药品如下。

无水二甲基亚砜(Dimethyl sulfoxide, DMSO)购置自 Alfa Aesar。PEDOT:PSS、1,10-癸二胺氢溴酸盐(1,10-Decanediammonium Dibromide, DDADBr)、1,3,5-三(1-苯基-1H-苯并咪唑-2-基)苯[1,3,5-Tris(1-phenyl-1H-benzimidazol-2-yl)benzene, TPBi]、氟化锂(Lithium fluoride, LiF)、溴化铅(Lead bromide, PbBr₂)和溴化铯(Cesium bromide, CsBr)均购置自西安宝莱光电科技有限公司,氨基磺酸(Sulfamic acid, sad)、氨基甲磺酸(Aminomethanesulfonic acid, asa)、氨基乙磺酸(Taurine, tur)和 3-氨基丙烷磺酸(Homotaurine, hmt)均购置自伊诺凯有限公司。所有材料均未经任何加工,直接使用。论文中所使用到的 ITO 玻璃购置自辽宁优选。

2.2 钙钛矿溶液的制备

文中涉及的钙钛矿前驱体溶液是将各个组分称量好按照比例加入试剂瓶中,随后加入 2mL 的 DMSO,在 90 摄氏度下经过强有力的搅拌从而制备成澄清的溶液。溶液经过 0.2 微米的聚四氟乙烯[Poly(tetrafluoroethylene), PVDF]滤头过滤。

如标注为 tur0.5 的钙钛矿前驱体溶液是按照 ODADBr : CsBr : PbBr₂ : Tur 的比例为 0.33 : 1.2 : 1 : 0.5 制备而成,其他前驱体溶液的配置方法和其类似。对照组的钙钛矿前驱体溶液各个前驱体的比例为 ODADBr : CsBr : PbBr₂=0.33 : 1.2 : 1。

2.3 PeLED 器件的制备

① ITO 处理。将 ITO 经过 2 遍玻璃清洗剂、2 遍清水、2 遍超纯水、2 遍异丙醇、两遍无水乙醇清洗后。然后方可进行下一步的操作。②对①中处理好的 ITO 进行紫外臭氧清洗(UV-Ozone) 15min。③在紫外臭氧清洗过的 ITO 上以 3000rpm, 30s 的旋涂参数旋涂 PEDOT: PSS 溶液,随后在空气中退火 15min。④钙钛矿发光层制备。将钙钛矿前驱体小心涂满整个基片,然后按照 4000rpm, 60s 的旋涂条件旋

涂成膜,在 90℃的恒温热台上退火 10min。⑤将基片转移至真空蒸镀室,蒸镀 TPBi、LiF 和 Al。

2.4 薄膜、器件表征

对薄膜的表征主要进行了稳态荧光光谱(Photoluminescence Spectroscopy, PL)、紫外可见分光光度计(UV-vis absorption spectrum, UV-vis)的光学性能测试,对薄膜的吸收、发光峰位和激子寿命有了详细的表征。在形貌方面使用了原子力显微镜(Atomic Force Microscope, AFM)和扫描电子显微镜(Scanning electron microscope, SEM),微观形貌也得以探索。最后对 PeLED 的综合性能使用 LQE-425 系统进行了测试,得到了完整的电学性能数据。

3 结果和讨论

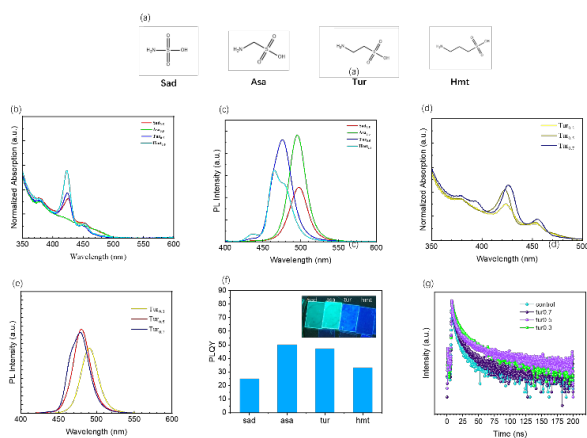
3.1 钙钛矿薄膜光学性能和形貌的表征

基于 DJ 相的纯溴基钙钛矿具有良好的稳定性和光电性能,我们对 DJ 相纯溴基的钙钛矿中掺杂氨基磺酸(Sulfamic acid, sad)、氨基甲磺酸(Aminomethanesulfonic acid, asa)、氨基乙磺酸(Taurine, tur)和 3-氨基丙烷磺酸(Homotaurine, hmt)四种氨基磺酸类钝化剂的化学结构式如图 1(a)所示。

我们首先对添加了以上四种钝化剂的薄膜进行了光学性能的表征,如图 1 所示。在图 1(b)中,四种氨基磺酸掺杂的钙钛矿薄膜的吸收图谱表明了,氨基磺酸类配体对钙钛矿的切割作用。从吸收图谱中,我们发现随着氨基磺酸碳链长度的增长,其 n=2 的准二维钙钛矿相逐渐增加(asa 除外),这表明了钙钛矿逐渐被钝化剂所切割。碳链长度越长,其对钙钛矿的切割能力越强。为了验证这一点,我们对这四种薄膜进行了稳态荧光的测试,如图 1(c)所示,钙钛矿薄膜 sad0.5, asa0.5, tur0.5 和 hmt0.5 的发光峰位均向着短波长,即蓝光方向移动。其发光峰位分别为 497nm、495nm、475nm 和 465nm,其中 hmt0.5 的发光峰位有三个分别为 475 nm、465 nm 和 436 nm,这是由于钙钛矿薄膜 hmt0.5 中含有过多的 n=1 相和 n=2 相,加上对能量转化不顺畅从而导致了三个光致发光峰位。从图 1(c)中我们可以看到其光致发光强度的排序为 asa0.5>tur0.5>hmt0.5>sad0.5,这表明在相同的激发强度的单色光下,asa0.5 的钝化效果最好,其次是 tur0.5,以此类推。这也可以从图 1(f)中的 PLQYs 数值中体现。由于 asa0.5 对钙钛矿的钝化效果最好,其表现了最高的 PLQYs,其值可以达到 51%。其次是 tur0.5,薄膜的 PLQYs 也达到了 47%。四种钙钛矿薄膜 sad0.5, asa0.5, tur0.5 和 hmt0.5 的光致发光如图 1(g)所示,其也可以直接证明光致发光强度的差异。

由于我们最后要制备蓝光发射的 PeLED,所以我们选择了光致发光强度表现较好的且发光峰位处在蓝光范围内的 tur0.5 进行下一步研究。针对不同含量的 tur,我们也做了紫外可见光吸收图谱以及光致发光发射图谱,如图 1(d)和

(e)。我们发现,随着钙钛矿中 tur 含量的不断增加(从 0.3 增加到 0.7),薄膜的吸收图谱中 $n=3$ 相的强度逐渐减小, $n=2$ 相的强度逐渐增加,tur0.7 薄膜中甚至出现了 $n=1$ 的相。这也对应了钙钛矿光致发光图谱中 tur0.5 和 tur0.7 相对 tur0.3 薄膜的发光峰位的蓝移现象。tur0.3、tur0.5、tur0.7 的发光峰位分别为,491nm、476nm 和 474nm,从光致发光强度上我们看到了 tur0.5 的发光性能最好。这些现象也证明了 tur 对钙钛矿的切割作用和对缺陷的钝化作用,这和图 1 (b) (c) 分析所得到的结果一致。随后,我们对 tur0.3、tur0.5、tur0.7 三种钙钛矿薄膜光学性能进行了进一步的探究。我们探究了薄膜中的激子寿命,如图 1 (g) 所示。不同含量下 tur0.5 的寿命长于 tur0.3 和 tur0.7。这也和图 1 (d) 中 tur0.5 光致发光强度最高所对应。



(a) 四种氨基磺酸; (b) sad0.5, asa0.5, tur0.5 和 hmt0.5 薄膜吸收图; (c) sad0.5, asa0.5, tur0.5 和 hmt0.5 的光致发光图谱; (d) tur0.3、tur0.5、tur0.7 薄膜吸收图; (e) tur0.3、tur0.5、tur0.7 光致发光图谱; (f) sad0.5, asa0.5, tur0.5 和 hmt0.5 的 PLQY(g)control、tur0.3、tur0.5、tur0.7

图 1 TRPL 测试

对于氨基磺酸类添加剂 tur 对钙钛矿的钝化示意图,如图 2 所示。图中,钙钛矿被长链配体所切割的同时,如前面所叙述的,tur 也参与了切割的过程。根据路易斯酸碱理论,磺酸基团会和暴露的铅离子结合形成稳定的路易斯加合物,钝化了暴露的铅离子,使得钙钛矿的深层能级缺陷密度减少,tur 钙钛矿展现了更加高效的光致发光效率。

3.2 钙钛矿发光二极管的电学表征

随后我们制备了 PeLED 器件,其器件结构为 ITO/PEDOT:PSS/perovskite/TPBi/LiF/Al。其性能如图 3 所示,由于缺陷钝化,使得 PeLED 的性能得到了很好的提升。发射峰位在 490nm、480nm 和 475nm 下的 EQE 分别为 9.51%、7.51 和 2.01%。其各项性能如图所示。由于两性离子牛磺酸的加入,钙钛矿层缺陷被有效钝化,使得缺陷复合中心减少最终实现了更加有效的辐射复合。这是两性离子 tur 钝化的钙钛矿 LED 的性能提升的重要原因。制备的钙钛矿 PeLED 的最大亮度分别为 tur0.3 的 8000cd/m^2 、tur0.5 的 4000cd/m^2

和 tur0.7 的 980cd/m^2 。这都符合各个薄膜所对应的吸收图谱。特别的,对于 tur0.7 的电致发光光谱中呈现 475nm 和 462nm 两个峰位的现象,这两个峰位分别对应准二维钙钛矿 $n=3$ 和 $n=2$ 的相,这和图 1 中 (d) 的吸收相符合,图 1 (d) 中,tur 也展示了相较于 tur0.3 和 tur0.5 更多的 $n=2$ 相。同时,由于小 n 相如 $n=2$ 和 $n=1$ 相在准二维钙钛矿能量转移的效率较低,导致激子被限制在小 n 相中,使得其在小 n 相中复合,从而发出对应 n 相波长的光。这就导致了 tur0.7 的光谱呈现出了两种峰位光的现象。

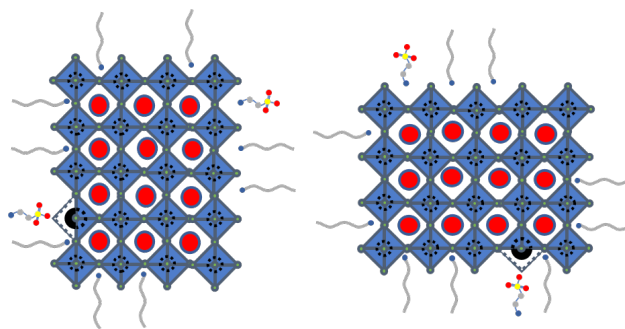
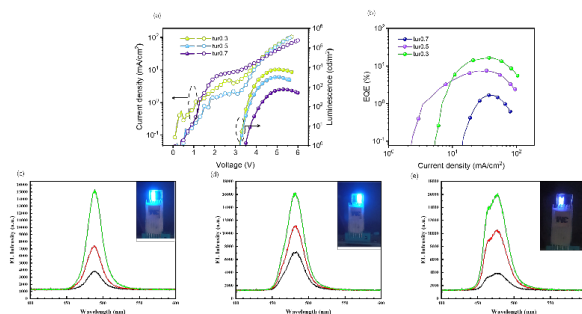


图 2 两性离子 tur 对钙钛矿的钝化示意图



(a) PeLED 的 J-V-L 图; (b) PeLED 的 EQE 图; (c-e) PeLED 电致发光图谱

图 3 PeLED 器件性能

4 结语

论文中我们使用了氨基磺酸类配体对 DJ 相钙钛矿进行了切割和钝化,最终得到了性能较好的 PeLED 器件。蓝光器件的发射峰分别为 490nm、480nm 和 475nm,其 EQE 分别为 9.51%、7.51 和 2.01%。是一个比较好的数值。通过此工作,我们为钙钛矿发光二极管领域引入了一种新型两性配体,为之后的钙钛矿 LED 的发展提供了新的思路。

参考文献

- [1] 张璐,邹军,杨波波,等.二维钙钛矿发光材料的制备及研究进展[J].应用技术学报,2022,22(3):198-203.
- [2] Yuan, S., Dai, L., Sun, Y., etc. Efficient blue electroluminescence from reduced-dimensional perovskites[J]. Nature Photonics, 2024.
- [3] 谈星星,李苏宁,魏宏进.蓝色钙钛矿发光二极管(PeLEDs)的制备与研究[J].化工技术与开发,2023,52(4):59-62.

Exploration of Technological Innovation in the Calcination of Low Strength and Explosive Limestone in the Maerz Kiln

Yi Cui Tianhai Zhang

Handan Hangang Group Fengda Metallurgical Raw Materials Co., Ltd., Handan, Hebei, 056201, China

Abstract

The calcination of low strength and easily explosive limestone in the Maerz kiln is an important industrial practice and technological exploration. With the development of society and the rapid development of the metallurgical and construction industries, the demand for limestone products is increasing. However, due to certain reasons, some limestone has the problem of low strength and easy cracking, which leads to quality and cost issues of limestone products. By improving and promoting the Malz kiln calcination technology, the quality stability of limestone products can be improved, losses and waste in production can be reduced, costs can be lowered, and competitiveness can be enhanced. Therefore, we look forward to future research and exploration that can further improve and promote the Malz kiln calcination technology, making greater contributions to the improvement and development of the lime industry.

Keywords

Maerz kiln; metallurgical engineering; technological innovation; industrial practice

麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石的技术创新探索

崔毅 张田海

邯郸市邯钢集团丰达冶金原料有限公司, 中国·河北 邯郸 056201

摘要

麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石是一项重要的工业实践和技术探索。随着社会的发展和冶金行业、建筑行业的迅猛发展,对石灰石产品的需求越来越高。然而由于某些原因,某些石灰石存在低强度易爆裂的问题,这就导致了石灰石产品的质量和成本问题。通过完善和推广麦尔兹窑煅烧技术,可以提高石灰石产品的质量稳定性,减少生产中的损耗和浪费,降低成本,提高竞争力。因此,我们期待未来的研究和探索能够进一步完善和推广麦尔兹窑煅烧技术,为石灰行业的提升和发展做出更大的贡献。

关键词

麦尔兹窑; 冶金工程; 技术创新; 工业实践

1 引言

麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石的实践与探索是一个复杂而具有挑战性的工作,需要从原材料选择、煅烧工艺参数配置到窑内气流调节等多个方面进行优化和控制。通过不断的实践和探索,我们相信可以找到最适合的解决方案,使石灰石产品在质量、性能和可靠性方面得到明显改善。同时,这也将对整个石灰行业的发展产生积极的推动作用,为冶金行业、建筑行业的可持续发展做出贡献。

2 低强度易爆裂石灰石的定义

低强度易爆裂石灰石是指在受力作用下易发生断裂和破碎的石灰石材料。通常情况下,石灰石具有较高的强度和

耐久性,但某些石灰石由于其内部结构或化学成分等因素的不稳定性,使其表现出低强度和易爆裂的特性。这种石灰石在受到外力冲击或压力时,容易发生断裂、破碎甚至爆裂,影响了其应用的安全性和可靠性。对于这类低强度易爆裂的石灰石,需要采取相应的处理措施和技术手段,如麦尔兹窑煅烧等,以提高其强度和稳定性,从而满足工程建设、建筑材料、冶金行业等领域对石灰石产品的要求^[1]。

3 麦尔兹窑煅烧工艺的特点

3.1 高效节能

麦尔兹窑煅烧工艺采用高温煅烧方式,通常在 900℃到 1200℃之间。相较于传统的立窑和隧道窑,麦尔兹窑的煅烧温度更高,可以更充分地分解石灰石中的碳酸钙,释放出二氧化碳,并使石灰石晶体结构发生变化,形成活性石灰。这种高温煅烧的过程不仅提高了产品的活性和强度,还有效提高了石灰石的利用率。

【作者简介】崔毅(1981-),男,中国河北邱县人,本科,助理工程师,从事工程系列冶金工程研究。

3.2 短停留时间

麦尔兹窑的煅烧过程中, 石灰石颗粒在窑内的停留时间不是特别长。通常停留时间为十几到二十个小时左右。短停留时间可以减少石灰石颗粒的结合时间, 降低煅烧过程中的粒子聚结现象, 有利于矿石颗粒的均匀加热和高温分解反应的进行。此外, 短停留时间还可以减轻窑内物料负荷, 提高生产效率。麦尔兹窑还配备有旋风装置, 通过产生强大的旋涡气流, 可以使得窑内石灰石颗粒充分接触高温气流, 实现均匀的加热和煅烧反应。旋风装置的运用增强了对流传热效果, 加快了石灰石的煅烧速率。

3.3 稳定的煅烧效果

麦尔兹窑通过调节窑内气流, 可以进一步改善石灰石的煅烧效果。合适的气流调节可以防止石灰石氧化和老化, 提高产品的稳定性和品质。调节气流可以通过控制进入窑内的空气流量、湿度和气体成分等参数来实现。这种稳定的煅烧效果可以保证产品的一致性和可靠性。因此, 麦尔兹窑煅烧工艺具有高效节能的特点^[2]。

4 麦尔兹窑煅烧工艺要点

4.1 石灰石的选材与预处理

在麦尔兹窑煅烧工艺中, 石灰石的选材和预处理对于煅烧效果和产品质量起着关键作用。在选择石灰石原料时, 需要考虑纯度和含杂质的因素。高纯度的石灰石对于煅烧后的产品性能有着显著的影响。高含杂质的石灰石可能会导致产物中夹杂有害物质, 降低了产品的质量和可靠性。因此, 应尽量选择含杂质低且纯度较高的石灰石原料。在石灰石的预处理过程中, 通常需要进行破碎、粉碎和筛分等工序。这些步骤旨在使得石灰石颗粒尺寸合适, 并具备较好的物理性能和化学活性。颗粒尺寸的合理控制可以确保石灰石充分暴露于煅烧过程中的高温和气流中, 从而实现均匀煅烧和反应。在预处理过程中还可以对石灰石进行预热, 使其更容易吸收煅烧过程中的热量。这些预处理措施对于提高石灰石的煅烧效果和产品质量具有重要意义^[3]。

4.2 煅烧参数的控制

煅烧参数的控制是麦尔兹窑煅烧工艺中的关键环节。合理的煅烧温度和停留时间的控制可以确保石灰石在麦尔兹窑中获得充分的煅烧和反应, 从而提高产品的强度和稳定性。煅烧温度的选择至关重要, 温度的选择取决于石灰石的成分和所需的产品性能要求。一般来说, 较高的煅烧温度可以促使石灰石晶体结构的变化, 增加产品的强度和耐久性。然而过高的温度可能导致产品过烧, 从而降低产品质量。因此, 在确定煅烧温度时, 需要综合考虑原料特性、所需产品性能和窑内工艺条件等多个因素。适当的停留时间可以确保石灰石充分进行煅烧和反应, 使得晶体结构变化充分进行, 从而提高产品的强度和稳定性。停留时间的选择应与煅烧温度相适应, 以确保石灰石在窑内得到充分的煅烧。除了煅烧

温度和停留时间外, 还需要控制其他参数, 如窑内气流速度、填料层厚度等。窑内气流速度的调控可确保石灰石颗粒在煅烧过程中持续接触高温气流, 均匀加热, 进一步提高煅烧效果。

4.3 窑内气流的调节

窑内气流的调节在麦尔兹窑煅烧工艺中起着重要作用。通过控制进入窑内的空气流量, 可以调节窑内的氧含量。氧含量的调节对于石灰石的煅烧反应和晶体结构变化有着重要影响。较高的氧含量可以促进石灰石的氧化反应, 提高产品的活性和强度。适当降低氧含量可以阻碍石灰石的氧化, 延缓材料老化过程, 从而提高产品的稳定性。湿度的增加可以防止石灰石颗粒在煅烧过程中过早失水, 有助于保持石灰石的水合状态, 提高其活性和弹性。但过高的湿度可能导致石灰石颗粒粘结在一起, 影响通气性和均匀性, 因此需要根据实际情况调控湿度, 以达到最佳煅烧效果。通过调节进入窑内的气体成分, 也可以对窑内气流产生影响。例如, 控制气体中的二氧化碳含量, 可以改变石灰石的碱度和反应行为。适当的二氧化碳含量可以促进石灰石颗粒表面的碳酸化反应, 提高产物的活性和质量^[4]。

4.4 煅烧后的处理

煅烧后的处理是麦尔兹窑石灰石生产过程中不可或缺的环节。合理的冷却过程能够避免石灰石颗粒由于快速降温而产生应力集中和爆裂的情况。通常采用自然风冷或强制通风的方式进行冷却, 以确保石灰石颗粒能够平稳地从高温状态回落到室温。在冷却过程中, 还应注意控制冷却速率, 避免温度变化过快导致石灰石内部出现应力差异。过快的冷却速率可能引起颗粒表面和内部的温度梯度过大, 影响石灰石的物理性能和稳定性。合适的冷却速率对于确保产品质量具有重要意义。在存储过程中要注意防潮、防湿和防污染。石灰产品容易受潮受湿, 导致吸湿反应的发生, 降低产品的活性和品质。因此, 在存储区域应该保持干燥、通风良好的环境, 防止湿气和水分进入。还要避免存储区域受到污染, 特别是避免与酸性物质、有机物质等接触。这些物质可能与石灰发生反应或引起化学变化, 对产品的质量造成不利影响。

5 麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石的可持续发展策略

5.1 资源优化

资源优化是未来麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石的重要方向之一。资源优化包括选矿、配料和煅烧工艺优化, 以提高原料的质量和适应性。通过优化选矿过程, 选择石灰石矿石中更适合麦尔兹窑煅烧的高品质石灰石, 降低低强度易爆裂石灰石的产量。在配料过程中, 可以通过调整原料比例、增加活性剂和控制添加剂的使用等方法, 提高混合料的适应性和稳定度。还可以探索利用再生资源 and 废弃物等替代原料, 减少对有限自然资源的依赖。引入清洁能源如太阳能

或生物质能源作为替代燃料,可以降低对传统化石能源的依赖,减少二氧化碳等排放物的释放。因此,提高资源利用效率和降低能源消耗是麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石可持续发展的重要策略^[5]。

5.2 市场拓展

市场拓展是推动麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石发展的关键因素。未来的发展趋势是面向多元化市场需求,开发高附加值的石灰石产品。可以通过进一步深加工石灰石,生产特殊功能的活性石灰石或其他细分产品,如在环境治理、建筑材料、水处理等领域进行应用。积极拓展国内外市场,提高产品的竞争力和品牌影响力,推动麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石产业的积极发展。加强对煅烧过程中关键环节的监控和控制,有效防止低强度易爆裂石灰石的产生,并保证产品质量的一致性和稳定性。

5.3 技术创新与工艺改进

为了实现麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石的可持续发展,技术创新和工艺改进是至关重要的。通过探索新型窑炉结构和燃料种类,可以提高煅烧石灰石的效率和稳定性。例如,优化燃烧系统,改善热工参数,调整窑炉结构,以提高能源利用率和石灰石的煅烧效果。还可以引入自动化控制系统,实时监测煅烧过程,精确控制温度、氧气含量和烟气排放等参数,以提高煅烧过程的稳定性,并降低能耗和环境污染。另外,结合先进的成形技术和材料科学,研发新型石灰石材料,提高产品质量和降低易爆裂的风险。因此,技术创新和工艺改进是推动麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石可持续发展的重要策略。

5.4 环境保护与安全管理

麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石在可持续发展中需要重视环境保护和安全管理。一方面,应加强废气治理和废水处理,减少对大气和水环境的污染。通过引入净化设施和先进废弃物处理技术,有效去除废气中的污染物和废水中的有害物质,实现废气和废水的循环利用。另一方面,必须加强安全管理,确保工人的人身安全和财产安全。建立健全的安全制度和培训机制,提高员工的安全意识和技能,防止事故的发生。此外,加强与当地社区和政府的沟通与合作,共同推进环境保护和安全管理工作。因此,环境保护和安全管理是麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石可持续发展的重要策略^[6]。

5.5 循环经济的应用

除了石灰石石渣的再利用以外,还可以探索其他废料的循环经济应用。例如,麦尔兹窑煅烧过程中产生的废气可

以通过高温余热回收技术进行能量回收,供给其他工序的热能需求,降低能源消耗。对于麦尔兹窑所需的石灰石原料,可以优先选择低强度易爆裂的石灰石,将高质量的石灰石保留作为建筑材料或其他高价值产品的原料。通过与相关利益方和供应链各环节进行合作,可以构建循环经济的闭环系统。与原料供应商、产品制造商以及废弃物处理机构的合作可以实现资源的有效回收再利用,并促进资源的循环利用。

5.6 安全管理与监测

为了确保麦尔兹窑煅烧低强度易爆裂石灰石的安全运行,应该建立完善的安全管理体系和采取相应的监测措施。工作人员应接受系统培训,了解工艺流程、安全操作规范以及事故应急预案。他们应该具备识别潜在的安全风险和问题的能力,并知道应该如何妥善处理。制定明确的操作规范和管理制度,这包括设立有效的工作程序和标准操作规程,确保操作人员在每个环节都按照规定进行操作。相关文件、图表、标志等也应当完善,以提供必要的指导和警示。麦尔兹窑的运行状态需要实时监测,引入先进的监测技术,如红外线测温仪和振动传感器,可以对窑内温度、压力、振动等参数进行实时监测,并设置报警机制,一旦异常情况发生,及时采取措施以避免事故的发生。麦尔兹窑中使用的化学物质和危险品要合理存储、标注和处置,确保其不泄漏或对环境造成污染。同时,要提前做好事故应急预案,做好应对突发事件的准备工作。

6 结语

综上所述,麦尔兹窑煅烧工艺在处理低强度易爆裂石灰石方面有着广阔的发展前景。通过技术改进、资源优化和产品创新等手段,可以进一步提高麦尔兹窑对低强度石灰石的处理能力,满足市场需求,并促进行业的可持续发展。

参考文献

- [1] 谌昀,王日昕,伍永福,等.600t/d的双膛并流蓄热式混料式石灰窑的结构设计计算[J].世界有色金属,2021(20):216-218.
- [2] 李磊,麦尔兹窑快速点火烘炉的方法[P].广西壮族自治区,柳州钢铁股份有限公司,2021-10-15.
- [3] 吴建霖,刘凤伟,刘卫东,等.麦尔兹石灰窑煤粉制备系统设计实践[J].广西节能,2021(3):39-41.
- [4] 李磊,唐文华,覃韦崑,等.柳钢1号麦尔兹窑产品质量提升攻关实践[J].南方金属,2021(4):46-49+55.
- [5] 崔新华.煅烧石灰石麦尔兹窑耐材应用实践[J].工业炉,2021,43(4):63-68.
- [6] 杨林.悬挂缸式麦尔兹石灰窑控制系统设计 and 应用[J].山西冶金,2021,44(3):264-266.

Research on the Application of High Solid Content Paint in the Production of Enameled Wire

Xiaoshui Tang

Jiangxi JCC East China Electrical New Material Technology Co., Ltd., Yingtan, Jiangxi, 335000, China

Abstract

According to the current production process of enameled wire products and the current use of insulating paint. Through the application research and benefit analysis of high solid content paint in enameled wire production, including the comparison of the solid content and viscosity of the two kinds of paints, the performance analysis of the enameled wire products, the comparison of on-line detection particles, the study of dielectric loss and so on. It is proved that the high solid content paint plays an important role in improving the quality of enameled wire products, reducing production cost and reducing environmental pollution.

Keywords

solid content; insulating paint; enameled wire; performance of product; dielectric loss

高固体含量漆在漆包线生产中的应用研究

汤晓水

江西江铜华东电工新材料科技有限公司, 中国 · 江西 鹰潭 335000

摘要

根据现有漆包线产品的生产工艺及绝缘漆使用现状。通过对高固体含量漆在漆包线生产中的应用研究及效益分析, 包括对不同固体含量两种漆的固体含量和粘度的比较、生产漆包线产品的各项性能分析、产品的在线检测粒子比较、介质损耗研究以及效益测算对比分析等。证实了高固含漆在提高漆包线产品质量、降低生产成本、减少环境污染等方面具有非常重要的作用和意义, 研究推广应用满足于高端漆包线用高固体含量绝缘漆将是当前漆包线行业的必然趋势。

关键词

固体含量; 绝缘漆; 漆包线; 产品性能; 介质损耗

1 引言

江西铜业加工事业部主要生产耐冷媒漆包线、聚酰胺酰亚胺漆包线等 200 级及以上高端漆包铜圆线。漆包线主工艺设备是分别从德国 Niehoff 公司、奥地利 MAG 公司和国内西玛梅达公司、无锡巨一同创公司等引进的具有世界领先水平的拉丝、漆包生产线。随着漆包线市场竞争的日趋激烈, 目前常规的漆包线品种由于工艺技术成熟、产品质量稳定、成本透明、账期较长等因素, 使漆包线行业利润已进入微利甚至无利时代, 因而追求漆包线产品成本最优化已经成为各家企业关注的焦点^[1]; 同时, 伴随着国家十九大报告提出的树立和践行绿水青山就是金山银山的绿色发展理念, 以及绿色环保、节能减排等环保理念, 漆包线行业将面临前所未有的挑战, 企业在节能、环保、绿色发展的研发变得更加重要。所以漆包线行业在围绕提高产品质量、降低生产成本、减少

环境污染, 研究推广应用满足于高端漆包线用高固体含量绝缘漆已经显得尤为重要。

2 现有漆包线的生产工艺及绝缘漆使用现状

漆包线是绕组线的一个主要品种, 由导体和绝缘层两部分组成, 裸铜线经退火软化后, 再经过多次涂漆, 烘焙而成。但要生产出既符合国家标准要求, 又满足客户要求的产品并不容易, 它受原材料质量, 工艺参数, 生产设备, 环境等因素影响, 因此各种漆包线的质量特性各不相同, 但都具备机械性能、化学性能、电性能、热性能四大性能。根据使用情况对漆包线绝缘漆也有不同程度的要求, 目前国内绝缘漆的主要品牌有艾伦塔斯、艾维特等, 现有市场上绝缘漆的固体含量及粘度普遍较低, 既适用于高速机台又适用于中低速机台, 适应性较好; 同时漆的涂覆性能好, 漆包线外观光滑无缺陷; 但由于其固体含量低, 漆包线吨漆耗较高成本上升, VOC 排放量增加。

目前笔者所在公司生产的主要漆包线产品是空调、冰箱压缩机电机用耐热等级为 200 级及以上聚酯亚胺 / 聚酰胺

【作者简介】汤晓水 (1971-), 男, 中国江西永新人, 硕士, 高级工程师, 从事电磁线、绝缘材料研究。

酰亚胺耐冷媒漆包铜圆线。为满足耐冷媒漆包线产品的特殊耐冷媒发泡性能以及高速漆包机采用连拉连包连续生产和烘炉废气催化燃烧生产工艺^[2]。漆包线绝缘漆使用的是艾伦塔斯公司生产的绝缘漆组合。其产品性能优越并且能满足客户的使用要求，但因绝缘漆固体含量太低，漆耗占比最大（60%）的底涂漆 355/40R 固体含量也只有 38% 左右，从而导致漆耗较高，成本居高不下；固体含量太低导致漆内有机溶剂（如酚类、烃类等）占比较大，烘烤挥发有害气体及氮氧化物就更多，VOC 排放增加。因而，为提高漆包线产品质量、降低漆单耗，节能环保实现绿色制造。行业内绝缘漆伴随之不断优化提升，漆供应商也不断研发出了固含量高、发泡好等满足高端漆包线用的绝缘漆产品，漆包线行业协会也组织过相关的研究，从理论上研究分析，高固含量漆是完全可行的；只要溶剂提供的烘烤能量足够，合适的工艺条件下性能也完全满足产品标准要求^[3]。因而研究高固体含量漆在漆包线生产中的应用是一个必然趋势，也将势在必行。

3 高固体含量漆在漆包线生产中的应用研究

根据对现有漆包线产品的生产工艺及绝缘漆使用现状分析，为提高漆包线产品质量、降低漆单耗，减少 VOC 排放量实现漆包线产品的绿色制造。自 2019 年着手研究高固体含量漆在漆包线生产中的应用，对漆耗占比最大（60%）的底涂漆 355/40R 引进相对应的高固体含量绝缘漆，经与绝缘漆供应商进行反复研究论证，综合漆包线产品规格范围及漆耗成本，为了满足现有机型及产品规格使用绝缘漆，通过对高固体含量绝缘漆进行探讨、研究和选型，决定导入高固体含量漆 MT533-43FR 代替现正使用的低固体含量漆 355/40R。于 2019 年 6 月份开始，在漆包机高速机台上试用艾伦塔斯绝缘材料有限公司提供的高固体含量漆 MT533-43FR，在保持机台现有生产工艺（如炉温、DV 值、模具排列、漆箱温度等）不变的前提下进行试用。对导入的高固含漆与现使用低固含漆的固体含量和粘度的比较分析，以及对高固体含量漆生产漆包线的产品性能、在线检测（HVC）粒子数、产品的介质损耗曲线、生产适应性等几个方面试用结果进行研究。

3.1 高固含漆与现使用低固含漆的固体含量和粘度的比较

在相同的试验方法和试验条件下，对高固含漆（MT533-43FR）和低固含漆（355/40R）的固体含量、粘度进行检测，其检测数据如表 1 所示。

从表 1 数据分析可知，高固含漆的固体含量要比现正使用的低固含漆的固体含量高 5.01%，而高固含漆的粘度比低固含漆的粘度要大 393.4mpas。因而，高固含漆的溶剂量减少，树脂成分增加，有利于降低漆包线的漆单耗，减少溶剂燃烧产生的废气排放量。

表 1 高固含漆与低固含漆的固体含量和粘度数据对比

项目	涂料型号	试验方法	固体含量 (%)	粘度 (mpas)
高固含漆	MT533-43FR	180℃ × 1.0g × 1h	43.03	1718.4
低固含漆	355/40R	180℃ × 1.0g × 1h	38.02	1325.0

3.2 高固含漆与低固含漆生产漆包线产品的性能分析对比

选取连拉连包高速漆包机 H19-1 生产 $\Phi 0.925\text{Lmm}$ 和 H19-2 生产 $\Phi 1.025\text{Lmm}$ 进行高固含漆（MT533-43FR）的试用，并对高固含漆和现使用低固含漆（355/40R）所生产产品的性能进行检验，同规格不同固含绝缘漆所生产漆包线的性能检验数据对比来看，漆包线的外径、漆膜厚度、1D 卷绕、软化击穿、热冲击、击穿电压、耐冷媒发泡性能、盐水针孔等性能基本一致，能完全满足国家标准及客户的质量要求。但高固含漆生产产品的剥离扭绞（附着性）、偏心比、单向耐刮、往复耐刮性能等指标比现有低固含漆生产的产品要好。说明高固含漆完全能够满足连拉连包高速漆包机的生产工艺，产品质量比低固含漆生产漆包线产品要好。

3.3 高固含漆与低固含漆生产产品的在线检测粒子比较

粒子是指漆膜表面有杂质、漆瘤、麻皮、气泡等，严重影响漆包线表面质量，会导致漆包线的电气性能、热性能等性能的下降，造成漆包线使用寿命缩短，影响电工产品正常工作^[4]。由于漆包线生产为连续化作业，影响产品表面粒子质量缺陷的因素较多，其中绝缘漆选择就是一个重要因素。为了在裸铜线表面获得一层均匀光滑的漆膜，对漆的流平性有较高的要求。当裸铜线经过涂漆模具后，漆液并不是很均匀地附在裸铜线上，最后还需要依靠漆液本身的流平性使漆层拉圆，降低偏心度并使漆膜表面光滑、连续、无缺陷^[5]。对高固含与低固含漆两种漆生产漆包线的漆膜表面粒子通过 HVC 进行在线检测，数据比较分析可知，高固含漆 MT533-43FR 生产漆包线在线粒子数和针孔数均为 0 个/30m，而现有低固含漆 355/40R 生产产品在线粒子数 0.02 个/30m、针孔数 0.03 个/30m，说明高固含漆 MT533-43FR 的流平性好，涂覆性能佳，更适应现有连拉连包高速漆包机的生产工艺。

3.4 高固含漆与低固含漆生产产品的介质损耗研究

漆包线漆膜介质损耗温度曲线（tan-t）是在各温度点上的介质损耗值，tan 陡升温度切线，是反映漆膜随温度变化的过程，从玻璃态到高弹态再到粘流态的一个变化。一般来讲 tan 陡升拐点温度接近于漆包线的耐热等级，所以从漆包线介质损耗 tan 陡升拐点温度，还可判断出漆包线的耐热等级（温度指数）。借助比较分析漆包线介质损耗曲线 tan-t，漆包线漆膜介质损耗 tan 陡升拐点温度是度量漆膜固化程度的重要参数，对漆包线质量控制具有十分重要的意义^[6]。高固含与低固含漆两种漆生产漆包线的漆膜介质损耗温度

曲线 ($\tan\delta$) 比较分析可知, MT533-43FR 和 355/40R 两种漆膜介质损耗温度曲线 $\tan\delta$ 陡升拐点温度分别是 199.2℃、204.7℃, 几乎相同, 从而可判断两种漆膜的耐热等级均为 200 级, MT533-43FR 高固含漆生产的漆包线完全能够达到 200 级产品的性能要求^[7]。

4 效益分析

为验证使用高固含涂料连续生产的漆包线产品质量稳定性并准确测定其漆单耗, 于 2019 年 7 月 19 日至 23 日, 在 H19 机台上批量使用高固含涂料, 并且在保持原有工艺不变, 两种漆的漆单耗等各项生产数据如表 2 所示。

从上表数据可知, 在相同的生产周期、相同的试用机台、在相同生产工艺的前提下生产相同规格 ($\Phi 1.00\text{mm}$) 的漆

包线产品, 分析总结如下:

首先, MT533-43FR 试用周期内产品的一次交验合格率为 100%, 合格率较 355/40R 低固含漆高 0.22%, 说明使用高固含漆连续生产时产品质量相对稳定、适应性好; 其次, MT533-43FR 高固含漆的漆单耗较 355/40R 低固含漆的漆单耗有所下降, $\Phi 0.80\text{mm}$ 规格的漆包线, 高固含漆的漆单耗下降为: $68.86-62.81=6.05\text{kg/t}$ 。

效益测算: 按漆包线年产能 2.0 万 t, 根据目前两种漆的采购单价, 每年的漆消耗约 2000t, 每年可降低生产成本 111.6 万元; 而使用 MT533-43FR 高固含量漆则只需要 1879t 涂料, 与 355/40R 低固含漆比较, 每年可减少 121t 的漆因烘烤而产生的废气及氮氧化物排放, 在很大程度上减轻由此带来的环保压力。

表 2 高固含漆与低固含漆的漆单耗等各项生产数据的比较

绝缘漆型号	使用周期 (4 天)	使用 机台	生产规格 (mm)	漆用量 (kg)	漆包线产量 (t)	产生废线 (kg)	一次交验合格 率 (%)	漆包线合格 率 (%)	漆单耗 (kg/t)
MT533-43FR	7 月 19 日至 23 日	H19	$\Phi 1.00$	1066.835	20.98	190.3	100	99.10	50.85
355/40R	7 月 5 日至 9 日	H19	$\Phi 1.00$	1187.042	21.29	240.7	100	98.88	55.75

5 结语

综上所述, 通过对高固含漆在漆包线生产中的应用研究, 高固含漆在提高漆包线产品质量、降低生产成本、减少环境污染等方面具有非常重要的作用和意义。国内已经有许多漆包线企业都在推广使用高固含漆, 甚至有些企业使用高固含漆的固体含量达到 50% 以上, 这也将是当前漆包线行业的必然趋势。笔者公司从 2019 年开始陆续对卧式高速漆包机进行高固含漆的推广应用, 取得了很好的经济效益和社会效益。

参考文献

- [1] 汤晓水. 新能源汽车驱动电机用变频漆包铜扁线的研发[J]. 铜业工程, 2020(1): 43-47.
- [2] 汤晓水, 李华. 浅谈 MAG 高速漆包机烘炉的节能技[J]. 铜业工

程, 2020(2): 85-89.

- [3] 刘积军. 用漆包线介质损耗指标分析判断指南的标准化探讨[J]. 电线电缆, 2007(5): 21-25.
- [4] 叶立新. 合理用漆 减少排放[C]//中国电器工业协会电线电缆分会 2018 绕组线行业技术论坛论文集. 佛山: 中国电器工业协会主办, 2018: 12-18.
- [5] 王涓. 漆包线外观缺陷的产生原因及改善分析[J]. 福建农机, 2017(2): 45-48.
- [6] 段宗友. 高固体含量漆包线漆的应用[C]//2006 年全国绝缘材料与绝缘技术专题研讨会论文集. 桂林: 中国电工技术学会与中国电器工业协会联合主办, 2008: 152-158.
- [7] 王朝霞. 漆包线漆膜偏心产生的原因及对漆包线性能的影响[J]. 中国金属通报, 2016(2): 63-64.

Sustainable Application and Development of Environmental Protection Materials in Civil Engineering

Yong Zhang

Su Jiaoke Chongqing Inspection and Testing Certification Co., Ltd., Chongqing, 400000, China

Abstract

With the increasing emphasis on environmental protection in society, the application of environmentally friendly materials in civil engineering has attracted widespread attention. Through theoretical analysis and case studies of environmentally friendly materials, this paper discusses their sustainable application and development status and trends in civil engineering. This paper mainly discusses from three aspects: firstly, the concept of environmentally friendly materials and their comparison with traditional civil engineering materials, clarifying that environmentally friendly materials have advantages such as minimal pollution and renewable resources; Secondly, explore the current application status of environmentally friendly materials in civil engineering, such as their use in bridges, highways, and other engineering projects, which have achieved significant environmental and economic benefits; Thirdly, looking forward to the development trend of environmentally friendly materials in civil engineering, the development of green buildings, low-carbon buildings, etc. requires the emergence of more high-quality environmentally friendly materials.

Keywords

environmental protection materials; civil engineering; sustainable application; green building; low carbon building

环保材料在土木工程中的可持续应用与发展

张永

苏交科重庆检验检测认证有限公司, 中国·重庆 400000

摘要

随着社会对环境保护的日益重视, 环保材料在土木工程中的应用引起了广泛的关注。通过对环保材料的理论分析和实例研究, 论述其在土木工程中的可持续应用与发展现状和趋势。主要从三个方面展开论述: 第一, 环保材料的概念及其与传统土木工程材料的对比, 明确环保材料有着少量污染、资源可再生等优点; 第二, 探讨环保材料在土木工程中的应用现状, 如在桥梁、公路等工程中的使用情况, 已经实现取得了显著的环保和经济效益等; 第三, 对环保材料在土木工程的发展趋势进行展望, 发展绿色建筑、低碳建筑等, 需要更多优质环保材料的出现。

关键词

环保材料; 土木工程; 可持续应用; 绿色建筑; 低碳建筑

1 引言

在 21 世纪的环境保护运动中, 低碳、环保、可持续发展的理念已成为全球共识。尤其是在土木工程领域, 环保理念的推动不仅显著地改变了行业内的生产模式, 更为人们走向绿色、可持续发展的未来开辟了新的道路。环保材料是一种具有较少污染、可再生和其他环保特性的新型材料, 与传统土木工程材料相比, 其优点是明显的。目前, 环保材料已经在桥梁、公路等土木工程中得到了广泛的应用, 既取得了显著的环保效益, 也达到了良好的经济效益。然而, 与其广泛的应用相比, 关于环保材料理论及实务的研究却相对较少, 这在一定程度上制约了环保材料在土木工程中的可持续应用

与发展。在此背景下, 论文将系统地研究环保材料的理论与实例, 论述其在土木工程中的应用现状和发展趋势, 以期能为实现环保材料在土木工程中的可持续应用, 以及为构建更加和谐、美好的生态环境和建设可持续发展的绿色城市提供理论支持和实践指导。

2 环保材料的基本概念和优越性

2.1 环保材料的定义和产生

环保材料是指在材料的生产、使用和废弃过程中对环境没有或者减少负面影响的材料^[1]。与传统材料相比, 环保材料的生产过程更加环保, 使用过程更加节能环保, 且在废弃后更容易被分解或回收利用。环保材料的产生主要是由于环境保护意识的提高和可持续发展理念的推动。

2.2 环保材料与传统材料的对比

传统材料往往在生产过程中会产生大量的废水、废气

【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。

和固体废弃物，且使用过程中会释放出有害物质，对环境造成污染。而环保材料的生产过程中注重资源的节约利用，减少污染物的排放，达到清洁生产的目标。在使用阶段，环保材料减少了有害物质的释放，减少了对人体和生态环境的危害。环保材料在废弃后能够被有效地回收再利用，减少了资源的浪费和环境的污染。

2.3 环保材料的主要特性及优势

环保材料具有以下主要特性和优势：

环保材料能够减少对自然资源的消耗。传统材料往往采用大量的原材料，而这些原材料很多是非可再生资源。环保材料则采用可再生资源或者回收利用的材料，能够大量减少对自然资源的依赖和消耗^[2]。

环保材料具有较低的能耗。环保材料的生产过程中往往能够采用更先进的技术和工艺，使得能源消耗更低。例如，利用可再生能源或者高效能源设备来替代传统能源，能够减少能源消耗和对环境的负面影响。

环保材料能够减少对环境的污染。环保材料的生产过程更加注重环境保护，减少了废水、废气和固体废弃物的排放。在使用阶段，环保材料减少了有害物质的释放，降低了对环境和人体健康的危害。

环保材料具有更长的使用寿命和更好的耐久性。环保材料往往采用更加优质的材料和工艺，使其具有更好的耐候性、抗老化性和抗腐蚀性。这样不仅延长了材料的使用寿命，也减少了对环境的影响。

环保材料的废弃处理更加方便和环保。环保材料在废弃后能够被有效地回收再利用，减少了废弃物的数量和对环境的污染。相比之下，传统材料往往难以被分解或回收利用，增加了环境负担^[3]。环保材料在可持续发展方面具有明显的优势。

通过对环保材料与传统材料的对比，可以看出环保材料在土木工程中的应用具有重要意义，能够推动土木工程向更加环保和可持续发展的方向发展。

3 环保材料在土木工程中的应用现状

3.1 环保材料在不同土木工程项目中的应用

在建筑领域，环保材料被广泛应用于墙体、地板、屋顶等建筑构件的建设。例如，利用环保材料制造的墙体隔热材料可以有效地减少建筑物的能耗，提高能源利用效率。环保材料还可以用于制造各种建筑装饰材料，如环保涂料、环保地板等，以提高建筑物的室内空气质量^[4]。

在交通工程领域，环保材料也得到了广泛的应用。比如，环保材料可以用于制造道路路面的材料，如环保沥青混凝土，以减少对环境的污染。环保材料还可以用于制造交通设施，如环保道路护栏、环保道路标志等，以提高道路交通安全，并减少资源的消耗。

在水利工程领域，环保材料也有着广泛的应用。例如，

利用环保材料制造的水泥制品可以有效地用于堤坝建设，提高堤坝的抗冲击能力，并减少对水环境的污染。环保材料还可以用于制造水利设施，如环保水电站设备、环保输水管道等，以提高水资源的利用效率。

3.2 环保材料在土木工程中的实施效果

环保材料在土木工程中的应用效果非常显著。环保材料可以有效地减少对自然资源的消耗。环保材料多数以可再生或回收材料为主要成分，减少了对有限资源的需求。环保材料有着良好的环境适应性和持久性，能够在不同气候条件下保持稳定的性能。环保材料具有良好的安全性能，能够有效地减少对人体健康的危害。环保材料在使用过程中能够有效地降低能耗，并减少对环境的污染。

3.3 环保材料应用对环境和经济的影响

环保材料的应用对环境和经济都有着积极的影响。环保材料的应用可以有效地减少对环境的污染和破坏。环保材料多数以可再生或回收材料为主要成分，不会产生过多的废弃物，减少了对环境的负面影响。环保材料的应用可以促进节能减排，降低能源消耗，并减少对自然资源的依赖。环保材料的应用还可以推动环境友好型产业的发展，促进经济的可持续增长。

总的来说，环保材料在土木工程中的应用已经取得了明显的成效。在未来，随着环保需求的增加和环保技术的不断创新，环保材料的应用还将进一步扩大。环保材料在土木工程中的应用仍然面临一些挑战，如成本高、技术标准不统一等问题。需要加强研发和创新，推动环保材料更广泛地应用，并解决所面临的挑战，以实现可持续发展的目标。

4 环保材料在土木工程中的发展趋势和挑战

4.1 面对绿色建筑和低碳建筑的需求

面对绿色建筑和低碳建筑的需求，环保材料具有广阔的发展前景。随着全球气候变化和石油资源的日益紧张，生态环保，低碳环保已经成为社会各界关注的焦点。在这个背景下，以节能、环保、可再生为特点的绿色建筑和低碳建筑获取了广泛的认可和推广。

对于绿色建筑，其最主要的两个特点是节能效果突出以及减轻环境压力。这些特点使得绿色建筑成为必然的发展趋势。绿色建筑使用的主要是环保材料，这种材料在生产过程中不产生有害的废弃物，对环境的污染极小，而且其耐久性和性能都十分优秀。这在较大程度上满足了绿色建筑对环保、节能的要求。

相对于绿色建筑，低碳建筑则更注重建筑的整体碳排放。其目标不仅是将建筑的能源消耗降至最低，还应当尽量减少建筑构建和使用过程中的碳排放。为此，低碳建筑对环保材料的需求更为集中在其生产过程的绿色环保，更加注重材料的选取和制造过程中的能源消耗和环境破坏。

而环保材料正是能满足以上两种需求的关键。环保材

料在生产、使用和废弃环节都能够尽可能降低对环境的破坏和资源的浪费,符合绿色建筑节能和低碳建筑减排的核心要求。尤其是新型环保材料,如复合材料、生物基材料等,它们在资源利用率、耐久性以及可再生性等方面都有着更优越的表现,能高效地满足绿色建筑和低碳建筑的需求^[5]。

4.2 优质环保材料的研发和创新

优质环保材料的研发和创新是新闻编辑在面对新媒体时代如何提高能力的重要手段,它需要通过科学的研究方法,对现有的环保材料进行深入的研究和探索,从而找出其在土木工程中可持续应用和发展的基础和路径。

环保材料的研发和创新主要侧重于两个方面,一是提升材料的环保性能,二是优化材料的工艺性能。提升材料的环保性能,意味着要在材料的选择、生产、应用和废弃四个环节中极大地降低污染物的排放,提高资源的利用效率,并尽可能地实现材料的循环利用。优化材料的工艺性能,则需要在满足环保性能的前提下,提高材料的技术性能,如强度、耐久性、可施工性等,这样既能保证土木工程的质量,又能提高环保材料在土木工程中的应用范围和比例。

环保材料的生产工艺也是优质环保材料研发和创新的重要环节。在全球能源危机和环境问题日益严重的形势下,绿色生产工艺的研发创新也非常关键。具体包括在生产过程中节能降耗、减排控污,提高资源的循环利用,以及避免和减少废弃材料的产生等。绿色生产工艺还包括绿色设计、绿色采购、绿色包装、绿色物流等环节,构建绿色供应链,能够全面提升环保材料的环保性能。

新闻编辑在研发和创新优质环保材料的过程中,也需要结合土木工程的具体情况和需求,这样才能确保环保材料在实际应用过程中能发挥出更大的优势。比如说,针对不同的工程项目,可能需要开发出不同类型或不同性能的环保材料,进一步提升其在土木工程中的应用效果和环保效益。比如说,能够抗压、抗拉、抗腐蚀的环保材料可以广泛应用于桥梁、涵洞等结构件,具有防火、隔热、降噪等特性的环保材料可以应用于居民楼、商业楼宇等建筑工程。

从这几个方面来看,优质的环保材料的研发和创新是新闻编辑提高其在新媒体时代能力的重要方法,需要在科研和实践中不断摸索和进步,以为环保材料在土木工程中的可持续应用和发展做出贡献。

4.3 推动环保材料更广泛地应用及其所面临的挑战

尽管环保材料在土木工程中的应用有显著效果,但其发展面临诸多挑战。环保材料的生产成本、使用成本以及获取难度相对较大,且在初期可能无法获得明显的经济效益。环保材料作为一种新型材料,在施工方法和技术应用上需要经过长时间的试验和实践,甚至可能需要研发特殊的施工设备和技术。环保材料的推广应用也需要完善的法规政策支持,包括生产许可、施工许可以及相关的财税政策。

环保材料在土木工程中的持续应用与发展,既需要材料科学的新突破,又需要工程技术和环保政策的支持,更需要各方共同推动环保理念的广泛普及。这将会对环保材料的进一步应用提供强大的推动力。

5 结语

本研究以环保材料在土木工程的应用为切入点,深入分析了环保材料在土木工程中的可持续应用,并探讨了其发展现状和未来趋势,尤其在桥梁、公路等建筑工程中的应用。我们了解到,环保材料具有低污染、可再生等特性,已经在土木工程中开始发挥出不可忽视的环保和经济效益。我们认定了环保材料在未来绿色建筑、低碳建筑中的重要作用,并期待更多优质环保材料的出现。然而,由于环保材料的成本、性能等方面尚存问题,这使得其在土木工程中的应用仍面临一些挑战。我们需要进一步积极探索,寻求解决当前问题的有效办法,以促使环保材料在土木工程中的应用真正实现产业化。展望未来,我们期待看到环保材料在土木工程中应用的更多成果,而不仅仅局限于理论研究和实践探索。

参考文献

- [1] 张建军,赵水平.绿色建筑材料在土木工程中的应用与发展[J].建筑材料学报,2019(3):125-130.
- [2] 王宁,张晓霖.环保材料在土木工程中的应用研究[J].科技创新导报,2021,14(23):127-131.
- [3] 高志强,李莉.透明混凝土研究现状及发展趋势[J].混凝土,2020,292(9):1-5.
- [4] 刘一鸣,金艳辉,万里.轻骨料混凝土的研究进展与应用[J].混凝土,2018,28(5):19-24.
- [5] 李红梅,王辰阳,陈文旭.环保型混凝土与传统混凝土的对比分析[J].科技创新导报,2022,15(1):97-99.