

钨钼稀土 在新能源电池领域的应用与市场研究

DR. HANNS

©CHINATUNGSTEN ONLINE

XIAMEN CHINA, NOV.01,2023

韩斯疆博士

中钨在线®

中国厦门 2023.11.01

www.ctia.com.cn

www.chinatungsten.com



著作权、法律责任声明

■本文作者对本文所涉及政治、军事事件、人物等持中立态度；所涉及经济概念、事件、现象描述仅为了说明钨制品市场相关性及其影响，理论使用、论证未必正确，亦不代表作者立场。如有错漏及与读者立场不同，敬请理解。

■囿于知识和能力，错漏在所难免；如有发现任何问题，请及时联系，任何斧正无任欢迎。

■除非无法确认，我们都已标明作者及出处，如有侵权烦请告知我们，我们会立即删除并在此表示歉意。

■本文所有信息由中钨在线®韩斯疆博士及其团队编写。未经中钨在线及韩斯疆博士授权，不得对文件所载内容进行使用、披露、分发或变更。尽管我们努力提供可靠、准确和完整的信息，但我们无法保证此类信息的准确性或完整性，本文作者对任何错误或遗漏不承担任何责任亦没有义务补充、修订或更正文中的任何信息。本文中提供的信息仅供参考，不应被视为投资说明书、购买或出售任何投资的招揽文件、或作为参与任何特定交易策略的推荐。本文也不得用作任何投资决策的依据，或作为道德、法律依据或证据。无论是否已在本文片中明确或隐含地描述，本文不附带任何形式的担保。中钨在线及韩斯疆博士对使用本文相关信息造成的任何利润或损失概不负责。

■本文英文版本由百度自动翻译工具翻译，本网站、中文作者均无法对其准确性负责。

■如有需要我们的中文和/或英文版本，欢迎直接发邮件索取。

©中钨在线科技有限公司
韩斯疆博士
中钨在线®
中国厦门 2023.11.01
www.ctia.com.cn



LEGAL LIABILITY STATEMENT

■The author holds a neutral attitude towards the any political events and military issues involved in this paper. The description of the person(s), company(ies) and events involved are only to explain the economic phenomena related to the tungsten product market. The theories and facts may not be correct, nor does it represent the author's position. Please understand and forgive any mistakes, omissions and different positions from the readers.

■Unless it cannot be confirmed, we will indicate the author and source. If there is any infringement, please inform us, and we will delete it immediately and apologize.

■The information contained in this article is compiled & edited by Dr. Hanns and his team from China Tungsten Online (CTOMS). Any further reference, disclosure, distribution or editing is strictly restricted unless authorized by both Dr. Hanns and CTOMS. Although we endeavor to provide reliable, accurate and complete information, there can't be guaranteed that such information is accurate or complete and CTOMS assumes no responsibility for any errors or omissions. CTOMS is not obligated to supplement, amend, or correct any information in it. The information provided in it is for reference only and should not be construed as a prospectus; a solicitation to buy or sell any investment; or any other recommendation to participate in any particular trading strategy. Neither shall it be used as a basis for making any investment decision; or as a moral, liable or legal basis or evidence, nor is it accompanied by any form of guarantee, whether it has been explicitly or implicitly described in. CTOMS is not responsible for any profit or loss associated with using information.

■The English Version of this article is translated from Chinese Version by Baidu.com's automatic translation tool. Neither the website nor the author of the Chinese text can be responsible for its accuracy.

■Any requiring of the Chinese and/or English version of this paper may send us an email for it directly.

DR. HANNS

©CHINATUNGSTEN ONLINE

XIAMEN CHINA, NOV.01,2023

www.ctia.com.cn

ceo@tungsten.com.cn



COPYRIGHT

- This article only briefly describes the theory and market factors, holds a neutral view on market and price changes, and is not responsible for any or misleading to the market.
- This article was originally created by China Tungsten Online (中钨在线®). Mistakes and omissions are inevitable. If you find anything, please don't hesitate to contact us at any time.
- There's any reference or excerpt of any copyrighted information in this article, please make a statement or claim, and the author will correct it immediately.
- All rights reserved by China Tungsten Online (CTOMS)
- Any use of any content and form must be authorized in writing by Dr. Hanns.
- For more detailed market information, data and analysis, please contact the author directly through email at sales@chinatungsten.com.

DR. HANNS

©CHINATUNGSTEN ONLINE
XIAMEN CHINA, NOV.01,2023

www.ctia.com.cn

ceo@tungsten.com.cn



作者简介

厦门中钨在线科技有限公司，简称“中钨在线”，是中国第一家钨、钼、稀土行业的电子商务公司，1997年9月以我国第一家顶级钨制品网站 www.chinatungsten.com 为基础在厦门设立。中钨在线以其在钨钼制品领域几十年积累的信息数据和专业经验为基础的设计、制造，卓越的商业信誉和优质服务闻名全球业界，使其成为钨钼稀土，特别是钨化学品、金属钨、硬质合金、高比重合金、钨及钼合金领域的最佳综合应用解决方案提供商。

自2000年起中钨在线以 www.ctia.com.cn 为基础创建了超过100万个钨、钼、稀土新闻、价格、市场调查分析的网页；2013年以来，以“中钨在线”为名的公司微信公众号制作了近几十万条微信信息每日送达近十万名订阅者，该公众号已成为公认的全球最权威、最全面的钨钼行业、产品价格与市场中英文即时信息源。中钨在线的网站和微信获得了在业界首屈一指的上亿人次的访问量。

中钨在线的主要产品业务是与客户共同完成产品性能、定型、尺寸公差的研发设计和定制，并为客户提供配套的加工、改制、包装、文件和交运等综合集成服务。在过去的近30年中，中钨在线为全球十几万家客户提供了超过数十万种不同类型的钨、钼和稀土产品研发生产及后续服务；多年的经验和技術积累，也奠定了中钨在线客制化产品的柔性化和智能化制造集成能力和基础。

中钨在线的专业研究文章和报告由韩斯疆博士及其团队撰写。韩斯疆博士是中钨在线主要的市场和技术研究专家，自1990年代初期开始从事钨钼制品的电子商务和国际贸易、硬质合金和高比重钨合金的生产制造，是有着30多年经验，业内知名钨钼制品的电子商务、钨制品设计、加工和市场研究专家。

©厦门中钨在线科技有限公司
韩斯疆博士 ceo@tungsten.com.cn
中钨在线® www.ctia.com.cn
中国 厦门



BRIEF INTRODUCTION TO THE AUTHOR

As the 1st E-commerce company of Tungsten (W), Molybdenum (Mo), Rare Earth (RE) in China, China Tungsten Online Manu. & Sales (CTOMS) was founded in 1997 based on China's the 1st and top tungsten website www.chinatungsten.com. As its specialized design, professional manufacturing, excellent service and powerful information database, CTOMS is not only the most authoritative information source of Chinese and English information of W Mo and RE products globally, but also the best comprehensive application solution provider of W, Mo and RE, both chemical materials and machined products, such as tungsten oxide, metal, cemented carbide and heavy alloys.

CTOMS has been created more than 1 million web pages and WeChat information message of W, Mo and RE news, price and market research, analysis. The web news.chinatungsten.com, www.ctia.com.cn are the world's top index websites of tungsten which have received 1 billion visits from 1997.

The major business of CTOMS is to complete product design, R & D with customers and provide customers with processing and integration services. In the past 2 decades, it has provided more than 100,000 different types of W, Mo & RE products to more than 10,000 customers all over the world. Years experience and technology accumulation have laid a foundation for promoting the flexible and intelligent manufacturing of customized products.

The professional research articles and reports of CTOMS are written by Dr. Hanns and its marketing team. Dr. Hanns is an expert of the main market and technical research of CTOMS has been engaged in e-commerce and international trade of tungsten and molybdenum products, production and manufacturing of cemented carbide and high specific gravity tungsten alloy since the early 1990s. He is a well-known expert in e-commerce, tungsten product design, processing and Market Research of tungsten and molybdenum products in the industry with more than 30 years of experience.

DR. HANNS

©CHINATUNGSTEN ONLINE
XIAMEN CHINA, NOV.01,2023

www.ctia.com.cn

ceo@tungsten.com.cn



钨钼稀土市场的新蓝海

——《钨钼稀土在新能源电池领域的应用与市场研究》内容简介

中钨在线是一家在钨钼稀土制品行业拥有几十年经验的企业，深刻了解钨钼稀土制品在电池领域的应用潜力和机遇。自 2020 年起，我们积极研究并与纳米氧化钨、纳米二硫化钨、纳米二硫化钼等钨钼化工产品的生产企业建立了紧密合作关系，从而既深入了解这些产品的微观结构、理化性质、生产技术、生产成本和应用领域，又为市场提供专业信息和见解。

今年以来，中钨在线钨钼稀土团队深入研究了新能源、电池和汽车行业，着重关注了钨化合物、钼化合物和稀土化合物在新能源电池电极材料中的应用，同时分析了它们在市场中的优势、挑战和前景，最终形成了包括钨钼稀土电池行业相关标准在内的近 100 万字《钨钼稀土在新能源电池领域的应用与市场研究》报告。本研究报告大量借鉴了新能源和电池行业的信息，并深度参考了钨钼稀土企业的技术发展和现状，以便清晰地理解钨钼稀土制品在电池市场中的应用逻辑，以及分析未来的发展趋势和局限性。后续我们将就其中的部分内容在“中钨在线”微信公众号及其网站（www.ctia.com.cn）公开放送，如果您对此感兴趣或需要获取完整的报告，请联系我们 info@chinatungsten.com。

钨是一种过渡金属元素，位于元素周期表第六周期的 VIB 族，具有高熔点、高硬度、高强度、低蒸气压、低蒸发速度、良好化学稳定性等特点，广泛引用于电池、汽车、航天航空、医疗等领域中。在电池领域，纳米钨酸、纳米三氧化钨、针状紫色氧化钨、钨钼氧化物、二硫化钨纳米片、二硒化钨纳米片、钨酸盐等钨化合物凭借着良好的物理化学性质，广泛应用于各种电池如锂离子电池、锂硫电池、钠离子电池等的电极材料中，进而能有效弥补传统电极材料低能量密度、大体积效应等不足。

钼是一种难熔金属元素，是人体和动植物必需的一种微量元素，位于元素周期表第五周期第 VIB 族，具有较高的密度、较高的硬度、较高的热传导率、较低的热膨胀系数、较低的电阻率、良好热化学稳定性等特点，在电池、汽车、电子、光学、化工、建筑、医疗、航空航天等领域中具有广泛的应用。在电池领域，纳米二硫化钼、纳米二硒化钼、氧化钼、氮化钼、碳化钼、钼酸盐等钼化合物由于具有较高的理论比容量、良好的热化学稳定性和较低的还原电位等特点，而广泛用作各种电池如锂电池、钠电池、锌离子电池、锌锰电池等的电极材料，能有效提高正负极材料的容量、倍率性能、循环寿命等性能。

稀土元素是元素周期表中的镧系元素和钪、钇共十七种金属元素的总称，这些元素由于原子序数、原子量和化学性质等方面不同，所以在自然界中呈现出多样性。稀土元素的原子结构比较复杂，电子排布有一定的特殊性，因此在化学反应中表现出较高的化学活性，能够与其他元素形成多种化合物，这使得稀土元素具有广泛的应用前景，比如可以生产优良的电池正负极材料、化工催化剂、荧光粉、永磁材料、激光材料等。

钨、钼和稀土元素虽然在电池应用中具有广泛的前景，但是在应用过程中也面临着诸多挑战：一是生产符合电极材料应用的钨化合物、钼化合物、稀土制品的生产技术难度较高以及生产成本较大，因此研究人员正在研究新的合成方法，以降低钨化合物、钼化合物、稀土制品的制造成本，并提高相应材料的储荷能力和热化学稳定性等性能，同时研究人员也



在探索钨、钼、稀土元素与其他材料的复合应用，以实现更高效的电池性能；二是由于钨、钼、稀土矿的开采、加工难度较大以及资源稀缺性，导致钨价、钼价和稀土价格较高，限制了它们在电池领域的大规模应用；三是钨、钼、稀土矿的开采和加工过程会对生态环境造成一定的影响，然而，随着环境保护要求不断的提高，矿山企业面临越来越严格的生产标准和监管。

锂离子电池是目前应用最广泛的一种新能源电池，具有高能量密度、小自放电、无记忆效应、长使用寿命、绿色环保、轻量化等优点、广泛应用于新能源汽车、3C 电子产品、智能家电、风光储能、通信储能、家用储能等领域。

工信部官网消息显示，2022 年中国的锂离子电池行业积极推进供给侧结构性改革，加速技术创新和升级转型，持续提高先进产品的供应能力，整体保持了快速增长的态势。根据行业规范公告企业信息及研究机构测算，2022 年全国锂离子电池产量达 750GWh，同比增长超过 130%，其中储能型锂电产量突破 100GWh；正极材料、负极材料、隔膜、电解液等锂电一阶材料产量分别约为 185 万吨、140 万吨、130 亿平方米、85 万吨，同比增长均达 60%以上；产业规模进一步扩大，行业总产值突破 1.2 万亿元。据测算，2026 年年底，全球 46 家动力（储能）电池企业的规划合计产能将达到 6730.0GWh，相比 2023 年上半年的实际产能增长了 182.3%；从实际需求量来看，预计 2023 年和 2026 年全球动力（储能）电池的需求量将分别为 1096.5GWh 和 2614.6GWh，全行业的名义产能利用率将从 2023 年的 46.0%下降到 2026 年的 38.8%。

研究机构 EV Tank 预计，到 2025 年和 2030 年，全球锂离子电池的出货量将分别达到 2211.8GWh 和 6080.4GWh，其复合增长率将达到 22.8%。起点研究院（SPIR）预计 2030 年全球锂电池出货量将达到 7290GWh，相比 2022 年增长 664.2%，2022-2030 年均复合增速达 28.9%，全球锂电池出货量将保持快速增长。

钠离子电池亦是一种非常受人们欢迎的新能源电池，具有低成本、高能量密度、长寿命、绿色环保等优点，因而在储能、电动汽车等领域具有潜在的应用价值。另外，钠离子电池的资源丰富，易于获取，这有助于降低生产成本并提高市场竞争力，是锂电池理想的替代品。然而，钠离子电池的发展仍需克服一些技术难题，例如提高能量密度和循环寿命、降低生产成本、优化材料体系等；另外，钠离子电池还需要在生产、应用和维护等方面建立完善的产业链和规范标准体系。

研究机构 EVTank《中国钠离子电池行业发展白皮书（2023 年）》显示，截止到 2023 年 6 月底，全国已经投产的钠离子电池专用产能达到 10GWh，相比 2022 年年底增长 8GWh；预计到 2023 年年底全国或将形成 39.7GWh 的钠离子电池专用量产线；预计到 2025 年中国钠离子电池全行业规划产能或达到 275.8GWh。中商情报网消息显示，预计 2025 年我国钠离子电池市场规模可增至 28.2GWh；到 2026 年，全球钠离子电池需求将达 116GWh，其中储能领域应用占比最高，达 71.2%；到 2030 年，全球钠离子电池需求将增长至 526GWh。

经过深入的研究和精心撰写，上述内容即为中钨在线关于《钨钼稀土在新能源电池领域的应用与市场研究》一文的核心要点和基本架构。后续，我们将陆续在“中钨在线”微信公众号中分享这份报告的部分内容，以回馈各位尊敬的关注者。



目 录

第 I 部分 电池、钨、钼和稀土的介绍

第一章 电池、钨、钼和稀土的基本概念

1.1 蓄电池

1.1.1 蓄电池基本结构

1.1.1.1 正极材料

1.1.1.2 负极材料

1.1.1.3 电解液

1.1.1.4 隔膜

1.1.2 蓄电池工作原理

1.1.3 蓄电池分类

1.1.3.1 传统电池

1.1.3.2 新能源电池

1.1.3.3 动力电池

1.1.3.4 储能电池

1.1.3.5 圆柱电池

1.1.3.6 方形电池

1.1.3.7 软包电池

1.1.4 新能源电池的发展历程

1.1.5 新能源电池应用领域

1.1.6 新能源电池市场趋势和前景

1.1.6.1 新能源电池行业发展现状

1.1.6.2 新能源电池行业发展前景

1.2 金属钨

1.2.1 钨的理化性质

1.2.2 钨的发展历史

1.2.3 钨的用途

1.3 金属钼

1.3.1 钼的理化性质

1.3.2 钼的发展历史

1.3.3 钼的用途

1.4 稀土元素

1.4.1 稀土用途

第二章 常见电池的介绍

2.1 铅酸电池

2.1.1 铅酸电池基本结构

2.1.1.1 铅酸电池正极材料

2.1.1.2 铅酸电池负极材料





- 2.1.1.3 铅酸电池隔板
- 2.1.1.4 铅酸电池电解液
- 2.1.2 铅酸电池工作原理
- 2.1.3 铅酸电池主要特性
- 2.1.4 铅酸电池生产工序
- 2.1.5 铅酸电池性能的影响因素
 - 2.1.5.1 正极材料对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.2 负极材料对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.3 隔膜对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.4 电解液对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.5 放电深度对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.6 过充电程度对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.7 工作温度对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.8 浮充电压对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.9 保养不到位对铅酸电池性能的影响
- 2.1.6 铅酸电池技术指标
- 2.1.7 铅酸电池使用注意事项
- 2.1.8 铅酸电池的应用
- 2.1.9 铅酸电池的发展状况
- 2.1.10 铅酸电池的发展瓶颈
- 2.1.11 铅酸电池的发展前景

2.2 锂离子电池

- 2.2.1 锂离子电池基本结构
 - 2.2.1.1 锂离子电池正极材料
 - 2.2.1.1.1 磷酸铁锂正极材料
 - 2.2.1.1.2 三元锂材料
 - 2.2.1.1.3 钴酸锂正极材料
 - 2.2.1.1.4 锰酸锂正极材料
 - 2.2.1.2 锂离子电池负极材料
 - 2.2.1.2.1 锂离子电池碳负极材料
 - a. 锂离子电池石墨化碳负极材料
 - b. 锂离子电池无定形碳负极材料
 - 2.2.1.2.2 锂离子电池非碳负极材料
 - a. 锂离子电池钨基非碳负极材料
 - b. 锂离子电池钼基非碳负极材料
 - c. 锂离子电池硅基非碳负极材料
 - d. 锂离子电池钛基非碳负极材料
 - e. 锂离子电池锡基非碳负极材料
 - f. 锂离子电池合金负极材料
 - 2.2.1.3 锂离子电池隔膜
 - 2.2.1.3.1 锂离子电池聚乙烯隔膜
 - 2.2.1.3.2 锂离子电池聚丙烯隔膜
 - 2.2.1.4 锂离子电池电解液
 - 2.2.1.4.1 锂离子电池液态电解质





- 2.2.1.4.2 锂离子电池固态电解质
- 2.2.1.5 锂离子电池工作原理
- 2.2.1.6 锂离子电池主要特性
 - 2.2.1.6.1 锂离子电池的能量密度
 - 2.2.1.6.2 锂离子电池的续航时间
 - 2.2.1.6.3 锂离子电池的使用寿命
 - 2.2.1.6.4 锂离子电池的充电性能
 - 2.2.1.6.5 锂离子电池的安全性
- 2.2.1.7 锂离子电池分类
 - 2.2.1.7.1 磷酸铁锂电池
 - 2.2.1.7.2 三元锂电池
 - 2.2.1.7.3 钴酸锂电池
 - 2.2.1.7.4 锰酸锂电池
 - 2.2.1.7.5 液态锂离子电池
 - 2.2.1.7.6 固态锂离子电池
 - 2.2.1.7.7 圆柱锂离子电池
 - 2.2.1.7.8 方形锂离子电池
 - 2.2.1.7.9 软包锂离子电池
 - a. 软包锂电池的基本结构
 - b. 软包锂电池与硬包锂电池区别
 - c. 软包锂电池为什么会胀气
 - d. 软包锂电池的生产流程
 - 2.2.1.7.10 耐高温锂离子电池
 - 2.2.1.7.11 耐低温锂离子电池
- 2.2.1.8 锂离子电池生产工序
- 2.2.1.9 锂离子电池性能的影响因素
 - 2.2.1.9.1 正极材料对锂离子电池性能的影响
 - 2.2.1.9.2 负极材料对锂离子电池性能的影响
 - 2.2.1.9.3 隔膜对锂离子电池性能的影响
 - 2.2.1.9.4 电解液对锂离子电池性能的影响
 - 2.2.1.9.5 放电深度对锂离子电池性能的影响
 - 2.2.1.9.6 过充电程度对锂离子电池性能的影响
 - 2.2.1.9.7 工作温度对锂离子电池性能的影响
 - 2.2.1.9.8 放电电流密度对锂离子电池性能的影响
- 2.2.1.10 锂离子电池对正极材料的要求
- 2.2.1.11 锂离子电池对负极材料的要求
- 2.2.1.12 锂离子电池对隔膜的要求
- 2.2.1.13 锂离子电池对电解液的要求
- 2.2.1.14 锂离子电池技术指标
- 2.2.1.15 锂离子电池使用注意事项
- 2.2.1.16 锂离子电池的应用
- 2.2.1.17 锂离子电池的发展状况
- 2.2.1.18 锂离子电池的发展瓶颈
- 2.2.1.19 锂离子电池的发展前景



2.3 磷酸铁锂电池

- 2.3.1 磷酸铁锂电池基本结构
- 2.3.2 磷酸铁锂电池工作原理
- 2.3.3 磷酸铁锂电池主要特性
- 2.3.4 磷酸铁锂电池的应用
- 2.3.5 磷酸铁锂电池的发展现状
- 2.3.6 磷酸铁锂电池的发展前景
- 2.3.7 磷酸铁锂电池的发展瓶颈

2.4 三元电池

- 2.4.1 三元电池基本结构
- 2.4.2 三元电池分类
 - 2.4.2.1 镍钴锰三元电池
 - 2.4.2.2 镍钴铝三元电池
- 2.4.3 三元电池工作原理
- 2.4.4 三元电池主要特性
- 2.4.5 三元电池的应用
- 2.4.6 三元电池的发展现状
- 2.4.7 三元电池的发展前景
- 2.4.8 三元电池的发展瓶颈

2.5 钴酸锂电池

- 2.5.1 钴酸锂电池基本结构
- 2.5.2 钴酸锂电池工作原理
- 2.5.3 钴酸锂电池主要特性
- 2.5.4 钴酸锂电池的应用
- 2.5.5 钴酸锂电池的发展现状
- 2.5.6 钴酸锂电池的发展前景
- 2.5.7 钴酸锂电池的发展瓶颈

2.6 锰酸锂电池

- 2.6.1 锰酸锂电池基本结构
- 2.6.2 锰酸锂电池工作原理
- 2.6.3 锰酸锂电池主要特性
- 2.6.4 锰酸锂电池的应用
- 2.6.5 锰酸锂电池的发展现状
- 2.6.6 锰酸锂电池的发展前景
- 2.6.7 锰酸锂电池的发展瓶颈

2.7 无钴电池

- 2.7.1 无钴电池基本结构
- 2.7.2 无钴电池工作原理
- 2.7.3 无钴电池主要特性
- 2.7.4 无钴电池的应用
- 2.7.5 无钴电池的发展现状
- 2.7.6 无钴电池的发展前景
- 2.7.7 无钴电池的发展瓶颈

2.8 锂硫电池





- 2.8.1 锂硫电池基本结构
 - 2.8.1.1 锂硫电池正极材料
 - 2.8.1.1.1 锂硫电池正极材料的种类
 - 2.8.1.1.2 锂硫电池正极材料的制备方法
 - 2.8.1.2 锂硫电池负极材料
 - 2.8.1.2.1 锂硫电池负极材料的种类
 - 2.8.1.2.2 锂硫电池负极材料的制备方法
 - 2.8.1.2.3 锂硫电池负极材料的研究进展
 - 2.8.1.3 锂硫电池隔膜
 - 2.8.1.3.1 锂硫电池隔膜的种类
 - 2.8.1.3.2 锂硫电池隔膜的制备方法
 - 2.8.1.4 锂硫电池电解液
 - 2.8.1.4.1 锂硫电池电解液的种类
 - 2.8.1.4.2 锂硫电池电解液的制备方法
- 2.8.2 锂硫电池工作原理
- 2.8.3 锂硫电池主要特性
- 2.8.4 锂硫电池性能的影响因素
 - 2.8.4.1 正极材料对锂硫电池性能的影响
 - 2.8.4.2 负极材料对锂硫电池性能的影响
 - 2.8.4.3 隔膜对锂硫电池性能的影响
 - 2.8.4.4 电解液对锂硫电池性能的影响
 - 2.8.4.5 放电深度对锂硫电池寿命的影响
 - 2.8.4.6 过充电程度对锂硫电池寿命的影响
 - 2.8.4.7 温度对锂硫电池寿命的影响
 - 2.8.4.8 放电电流密度对锂硫电池寿命的影响
- 2.8.5 锂硫电池技术指标
- 2.8.6 锂硫电池使用注意事项
- 2.8.7 锂硫电池的应用
- 2.8.8 锂硫电池的发展现状
- 2.8.9 锂硫电池的发展前景
- 2.8.10 锂硫电池的发展瓶颈

2.9 钠离子电池

- 2.9.1 钠离子电池基本结构
 - 2.9.1.1 钠离子电池正极材料
 - 2.9.1.1.1 钠电池层状氧化物正极材料
 - 2.9.1.1.2 钠电池普鲁士蓝正极材料
 - 2.9.1.1.3 钠电池聚阴离子化合物正极材料
 - 2.9.1.2 钠离子电池负极材料
 - 2.9.1.2.1 钠电池碳负极材料
 - 2.9.1.2.2 钠电池钨基负极材料
 - 2.9.1.2.4 钠电池合金负极材料
 - 2.9.1.3 钠离子电池隔膜
 - 2.9.1.4 钠离子电池电解液
- 2.9.2 钠离子电池工作原理



- 2.9.3 钠离子电池主要特性
- 2.9.4 钠离子电池生产工序
- 2.9.5 钠离子电池性能的影响因素
 - 2.9.5.1 正极材料对钠离子电池性能的影响
 - 2.9.5.2 负极材料对钠离子电池性能的影响
 - 2.9.5.3 隔膜对钠离子电池性能的影响
 - 2.9.5.4 电解液对钠离子电池性能的影响
 - 2.9.5.5 放电深度对钠离子电池寿命的影响
 - 2.9.5.6 过充电程度对钠离子电池寿命的影响
 - 2.9.5.7 温度对钠离子电池寿命的影响
 - 2.9.5.8 放电电流密度对钠离子电池寿命的影响
- 2.9.6 钠离子电池技术指标
- 2.9.7 钠离子电池使用注意事项
- 2.9.8 钠离子电池的应用
- 2.9.9 钠离子电池的发展现状
- 2.9.10 钠离子电池的发展前景
- 2.9.11 钠离子电池的发展瓶颈
- 2.10 锌离子电池**
 - 2.10.1 锌离子电池基本结构
 - 2.10.1.1 锌离子电池正极材料
 - 2.10.1.1.1 锌电池正极材料的种类
 - 2.10.1.1.2 锌电池正极材料的制备方法
 - 2.10.1.2 锌离子电池负极材料
 - 2.10.1.2.1 锌电池负极材料的种类
 - 2.10.1.3 锌离子电池隔膜
 - 2.10.1.3.1 锌电池聚合物材料的选择
 - 2.10.1.3.2 锌电池聚合物材料的优化
 - 2.10.1.4 锌离子电池电解液
 - 2.10.1.4.1 锌电池水系电解液
 - 2.10.1.4.2 锌电池非水系电解液
 - 2.10.1.4.3 锌电池混合电解液
 - 2.10.2 锌离子电池工作原理
 - 2.10.3 锌离子电池主要特性
 - 2.10.4 锌离子电池生产工序
 - 2.10.5 锌离子电池性能的影响因素
 - 2.10.5.1 正极材料对锌离子电池性能的影响
 - 2.10.5.2 负极材料对锌离子电池性能的影响
 - 2.10.5.3 隔膜对锌离子电池性能的影响
 - 2.10.5.4 电解液对锌离子电池性能的影响
 - 2.10.5.5 放电深度对锌离子电池寿命的影响
 - 2.10.5.6 过充电程度对锌离子电池寿命的影响
 - 2.10.5.7 工作温度对锌离子电池寿命的影响
 - 2.10.5.8 放电电流密度对锌离子电池寿命的影响
 - 2.10.6 锌离子电池技术指标





- 2.10.7 锂离子电池使用注意事项
- 2.10.8 锂离子电池的应用
- 2.10.9 锂离子电池的发展现状
- 2.10.10 锂离子电池的发展前景
- 2.10.11 锂离子电池的发展瓶颈
- 2.11 镍氢电池**
 - 2.11.1 镍氢电池基本结构
 - 2.11.1.1 镍氢电池正极材料
 - 2.11.1.2 镍氢电池负极材料
 - 2.11.1.3 镍氢电池隔膜
 - 2.11.1.4 镍氢电池电解液
 - 2.11.2 镍氢电池工作原理
 - 2.11.3 镍氢电池主要特性
 - 2.11.4 镍氢电池生产工序
 - 2.11.5 镍氢电池性能的影响因素
 - 2.11.5.1 正极材料对镍氢电池性能的影响
 - 2.11.5.2 负极材料对镍氢电池性能的影响
 - 2.11.5.3 隔膜对镍氢电池性能的影响
 - 2.11.5.4 电解液对镍氢电池性能的影响
 - 2.11.5.5 放电深度对镍氢电池寿命的影响
 - 2.11.5.6 过充电程度对镍氢电池寿命的影响
 - 2.11.5.7 工作温度对镍氢电池寿命的影响
 - 2.11.5.8 放电电流密度对镍氢电池寿命的影响
 - 2.11.6 镍氢电池技术指标
 - 2.11.7 镍氢电池使用注意事项
 - 2.11.8 镍氢电池的应用
 - 2.11.9 镍氢电池的发展现状
 - 2.11.10 镍氢电池的发展前景
 - 2.11.11 镍氢电池的发展瓶颈
- 2.12 燃料电池**
 - 2.12.1 燃料电池基本结构
 - 2.12.1.1 燃料电池阳极材料
 - 2.12.1.2 燃料电池阴极材料
 - 2.12.1.3 燃料电池隔膜
 - 2.12.1.4 燃料电池电解质
 - 2.12.1.5 燃料电池催化剂
 - 2.12.1.6 燃料电池集电器
 - 2.12.2 燃料电池工作原理
 - 2.12.3 燃料电池主要特性
 - 2.12.4 燃料电池生产工序
 - 2.12.5 燃料电池性能的影响因素
 - 2.12.5.1 阳极材料对燃料电池性能的影响
 - 2.12.5.2 阴极材料对燃料电池性能的影响
 - 2.12.5.3 催化剂对燃料电池性能的影响



- 2.12.5.4 隔膜对燃料电池性能的影响
- 2.12.5.5 电解质对燃料电池性能的影响
- 2.12.5.6 集电器对燃料电池性能的影响
- 2.12.5.7 工作温度对燃料电池寿命的影响
- 2.12.5.8 工作压力对燃料电池寿命的影响
- 2.12.5.9 电流密度对燃料电池寿命的影响
- 2.12.6 燃料电池技术指标
- 2.12.7 燃料电池使用注意事项
- 2.12.8 燃料电池的应用
- 2.12.9 燃料电池的发展现状
- 2.12.10 燃料电池的发展前景
- 2.12.11 燃料电池的发展瓶颈

2.13 太阳能电池

- 2.13.1 太阳能电池基本组成
 - 2.13.1.1 太阳能电池 PN 结
 - 2.13.1.2 太阳能电池金属电极
 - 2.13.1.3 太阳能电池透明导电膜
 - 2.13.1.4 太阳能电池硅片
- 2.13.2 太阳能电池工作原理
- 2.13.3 太阳能电池主要特性
- 2.13.4 太阳能电池生产工序
- 2.13.5 太阳能电池性能的影响因素
 - 2.13.5.1 硅片质量对太阳能电池性能的影响
 - 2.13.5.2 硅片厚度对太阳能电池性能的影响
 - 2.13.5.3 光照强度对太阳能电池性能的影响
 - 2.13.5.4 工作温度对太阳能电池性能的影响
- 2.13.6 太阳能电池技术指标
- 2.13.7 太阳能电池使用注意事项
- 2.13.8 太阳能电池的应用
- 2.13.9 太阳能电池的发展现状
- 2.13.10 太阳能电池的发展前景
- 2.13.11 太阳能电池的发展瓶颈

第三章 电池性能的检测

3.1 电池的主要性能

- 3.1.1 电池的电动势
- 3.1.2 电池的额定容量
- 3.1.3 电池的额定电压
- 3.1.4 电池的开路电压
- 3.1.5 电池的充放电速率
- 3.1.6 电池的自放电率
- 3.1.7 电池的阻抗
- 3.1.8 电池的寿命





3.2 电池性能的检测

3.2.1 电池电动势的测试

3.2.1.1 电池电动势测试的目的

3.2.1.2 电池电动势测试的原理

3.2.1.3 电池电动势测试的方法

3.2.1.4 电池电动势测试的优势

3.2.1.5 电池电动势测试的注意事项

3.2.2 电池容量的测试

3.2.2.1 电池容量测试的目的

3.2.2.2 电池容量测试的原理

3.2.2.3 电池容量测试的方法

3.2.2.4 电池容量测试的优势

3.2.2.5 电池容量测试的注意事项

3.2.3 电池内阻的测试

3.2.3.1 电池内阻测试的目的

3.2.3.2 电池内阻测试的原理

3.2.3.3 电池内阻测试的方法

3.2.3.4 电池内阻测试的优势

3.2.3.5 电池内阻测试的注意事项

3.2.4 电池循环寿命的测试

3.2.4.1 电池循环寿命测试的目的

3.2.4.2 电池循环寿命测试的原理

3.2.4.3 电池循环寿命测试的方法

3.2.4.4 电池循环寿命测试的优势

3.2.4.5 电池循环寿命测试的注意事项

3.2.5 电池静态容量的测试

3.2.5.1 电池静态容量测试的目的

3.2.5.2 电池静态容量测试的原理

3.2.5.3 电池静态容量测试的方法

3.2.5.4 电池静态容量测试的优势

3.2.5.5 电池静态容量测试的注意事项

3.2.6 电池充放电性能的测试

3.2.6.1 电池充放电性能测试的目的

3.2.6.2 电池充放电性能测试的原理

3.2.6.3 电池充放电性能测试的方法

3.2.6.4 电池充放电性能测试的优势

3.2.6.5 电池充放电性能测试的注意事项

3.2.7 电池循环次数的测试

3.2.7.1 电池循环次数测试的目的

3.2.7.2 电池循环次数测试的原理

3.2.7.3 电池循环次数测试的方法

3.2.7.4 电池循环次数测试的优势

3.2.7.5 电池循环次数测试的注意事项

3.2.8 电池过充电保护的测试



- 3.2.8.1 电池过充电保护测试的目的
- 3.2.8.2 电池过充电保护测试的原理
- 3.2.8.3 电池过充电保护测试的方法
- 3.2.8.4 电池过充电保护测试的优势
- 3.2.8.5 电池过充电保护测试的注意事项
- 3.2.9 电池开路电压的测试
 - 3.2.9.1 电池开路电压测试的目的
 - 3.2.9.2 电池开路电压测试的原理
 - 3.2.9.3 电池开路电压测试的方法
 - 3.2.9.4 电池开路电压测试的优势
 - 3.2.9.5 电池开路电压测试的注意事项
- 3.2.10 电池温度的测试
 - 3.2.10.1 电池温度测试的目的
 - 3.2.10.2 电池温度测试的原理
 - 3.2.10.3 电池温度测试的方法
 - 3.2.10.4 电池温度测试的优势
 - 3.2.10.5 电池温度测试的注意事项
- 3.2.11 电池 ESD 的测试
 - 3.2.11.1 电池 ESD 测试的目的
 - 3.2.11.2 电池 ESD 测试的原理
 - 3.2.11.3 电池 ESD 测试的方法
 - 3.2.11.4 电池 ESD 测试的优势
 - 3.2.11.5 电池 ESD 测试的注意事项

第四章 蓄电池应用领域概览

4.1 交通工具用蓄电池

- 4.1.1 电动汽车用蓄电池
- 4.1.3 电动自行车用蓄电池
- 4.1.4 电动摩托车用蓄电池
- 4.1.5 电动船舶用蓄电池
- 4.1.6 电动飞机用蓄电池
- 4.1.7 电动航空器用蓄电池

4.2 电子产品用蓄电池

- 4.2.1 手机用蓄电池
- 4.2.2 电脑用蓄电池
- 4.2.3 智能手表用蓄电池
- 4.2.4 游戏机用蓄电池
- 4.2.5 移动电源用蓄电池
- 4.2.6 无人机用蓄电池

4.3 智能家电用蓄电池

- 4.3.1 智能扫地机用蓄电池
- 4.3.2 智能门锁用蓄电池
- 4.3.3 智能吸尘器用蓄电池



4.3.4 智能窗帘用蓄电池

4.3.5 智能夜灯用蓄电池

4.3.6 智能音箱用蓄电池

4.3.7 智能马桶用蓄电池

4.4 航空器用蓄电池

4.4.1 卫星用蓄电池

4.4.2 火箭推进系统用蓄电池

4.4.3 军事设备用蓄电池

4.5 电力系统用蓄电池

4.6 医疗设备用蓄电池

4.6.1 电子体温计用蓄电池

4.6.2 呼吸机用蓄电池

4.6.3 便携式心电图机用蓄电池

4.6.4 移动式超声设备用蓄电池

4.6.5 除颤仪用蓄电池

4.7 电动工具用蓄电池

4.7.1 电钻用蓄电池

4.7.2 电锤用蓄电池

4.7.3 电锯用蓄电池

4.7.4 角磨机用蓄电池

4.7.5 电剪用蓄电池

4.8 农业设备用蓄电池

4.8.1 收割机用蓄电池

4.8.2 播种机用蓄电池

4.8.3 喷灌机用蓄电池

4.8.4 饲料投喂器用蓄电池

第 II 部分 钨在新能源电池市场的介绍

第五章 新能源电池中的钨化合物介绍

5.1 什么是钨酸

5.1.1 钨酸理化性质

5.1.2 钨酸分类

5.1.2.1 新能源电池用黄钨酸

5.1.2.2 新能源电池用白钨酸

5.1.2.3 新能源电池用偏钨酸

5.1.3 钨酸生产方法

5.1.3.1 黄钨酸生产方法

5.1.3.2 白钨酸生产方法

5.1.3.3 偏钨酸生产方法

5.1.4 钨酸应用

5.2 什么是氧化钨

5.2.1 氧化钨理化性质



5.2.1.1 什么是氧化钨的氧化还原性

5.2.1.2 什么是氧化钨的电致变色

5.2.1.3 什么是氧化钨的光致变色

5.2.1.4 什么是氧化钨的气敏性

5.2.1.5 什么是氧化钨的能量密度

5.2.3 氧化钨分类

5.2.3.1 新能源电池用氧化钨纳米颗粒

5.2.3.2 新能源电池用氧化钨纳米片

5.2.3.3 新能源电池用氧化钨纳米线

5.2.3.4 新能源电池用氧化钨纳米棒

5.2.3.5 新能源电池用氧化钨纳米花

5.2.3.6 新能源电池用黄色氧化钨

5.2.3.7 新能源电池用蓝色氧化钨

5.2.3.8 新能源电池用紫色氧化钨

5.2.3.9 新能源电池用白色氧化钨

5.2.3.10 新能源电池用二氧化钨

5.2.4 氧化钨生产方法

5.2.4.1 热分解法制备氧化钨

5.2.4.2 水热合成法制备氧化钨

5.2.4.3 溶胶凝胶法制备氧化钨

5.2.4.4 电化学氧化法制备氧化钨

5.2.5 氧化钨应用

5.3 什么是黄色氧化钨

5.3.1 黄色氧化钨结构

5.3.2 黄色氧化钨理化性质

5.3.2.1 什么是黄色氧化钨的密度

5.3.2.2 什么是黄色氧化钨的松装密度

5.3.2.3 什么是黄色氧化钨的氧化性

5.3.2.4 什么是黄色氧化钨的电致变色

5.3.2.5 什么是黄色氧化钨的气敏性

5.3.3 黄色氧化钨分类

5.3.3.1 新能源电池用黄色氧化钨纳米颗粒

5.3.3.2 新能源电池用黄色氧化钨纳米片

5.3.3.3 新能源电池用黄色氧化钨纳米线

5.3.3.4 新能源电池用黄色氧化钨纳米棒

5.3.3.5 新能源电池用黄色氧化钨纳米花

5.3.3.6 新能源电池用微米黄色氧化钨

5.3.3.7 新能源电池用亚微米黄色氧化钨

5.3.3.8 新能源电池用纳米黄色氧化钨

5.3.3.9 新能源电池用亚纳米黄色氧化钨

5.3.4 黄色氧化钨生产方法

5.3.5 黄色氧化钨应用

5.4 什么是紫色氧化钨

5.4.1 紫色氧化钨结构





5.4.2 紫色氧化钨理化性质

5.4.3 紫色氧化钨分类

5.4.3.1 新能源电池用针状紫色氧化钨

5.4.3.2 新能源电池用棒状紫色氧化钨

5.4.3.3 新能源电池用微米紫色氧化钨

5.4.3.4 新能源电池用亚微米紫色氧化钨

5.4.3.5 新能源电池用纳米紫色氧化钨

5.4.3.6 新能源电池用亚纳米紫色氧化钨

5.4.4 紫色氧化钨生产方法

5.4.5 紫色氧化钨应用

5.5 什么是二氧化钨

5.5.1 二氧化钨结构

5.5.2 二氧化钨理化性质

5.5.3 二氧化钨分类

5.5.3.1 新能源电池用二氧化钨纳米颗粒

5.5.3.2 新能源电池用二氧化钨纳米片

5.5.3.3 新能源电池用二氧化钨纳米线

5.5.3.4 新能源电池用二氧化钨纳米棒

5.5.3.5 新能源电池用二氧化钨纳米花

5.5.3.6 新能源电池用微米二氧化钨

5.5.3.7 新能源电池用亚微米二氧化钨

5.5.3.8 新能源电池用纳米二氧化钨

5.5.3.9 新能源电池用亚纳米二氧化钨

5.5.4 二氧化钨生产方法

5.5.5 二氧化钨应用

5.6 什么是铌钨氧化物

5.6.1 铌钨氧化物结构

5.6.2 铌钨氧化物理化性质

5.6.3 铌钨氧化物生产方法

5.6.4 铌钨氧化物应用

5.7 什么是氮化钨

5.7.1 氮化钨结构

5.7.2 氮化钨理化性质

5.7.3 氮化钨分类

5.7.3.1 新能源电池用六叠氮化钨

5.7.3.2 新能源电池用二氮化钨

5.7.3.3 新能源电池用氮化二钨

5.7.4 氮化钨生产方法

5.7.5 氮化钨应用

5.8 什么是硼化钨

5.8.1 硼化钨结构

5.8.2 硼化钨理化性质

5.8.3 硼化钨分类

5.8.3.1 新能源电池用一硼化钨





- 5.8.3.2 新能源电池用二硼化钨
- 5.8.3.3 新能源电池用硼化二钨
- 5.8.3.4 新能源电池用四硼化钨
- 5.8.3.5 新能源电池用五硼化二钨
- 5.8.4 硼化钨生产方法
- 5.8.5 硼化钨应用
- 5.9 什么是二硫化钨**
 - 5.9.1 二硫化钨结构
 - 5.9.2 二硫化钨理化性质
 - 5.9.3 二硫化钨分类
 - 5.9.3.1 新能源电池用二硫化钨纳米颗粒
 - 5.9.3.2 新能源电池用二硫化钨纳米片
 - 5.9.3.3 新能源电池用二硫化钨纳米线
 - 5.9.3.4 新能源电池用二硫化钨纳米棒
 - 5.9.3.5 新能源电池用二硫化钨纳米花
 - 5.9.3.6 新能源电池用二硫化钨量子点
 - 5.9.4 二硫化钨生产方法
 - 5.9.5 二硫化钨应用
- 5.10 什么是二硒化钨**
 - 5.10.1 二硒化钨结构
 - 5.10.2 二硒化钨理化性质
 - 5.10.3 二硒化钨分类
 - 5.10.3.1 新能源电池用二硒化钨纳米颗粒
 - 5.10.3.2 新能源电池用二硒化钨纳米片
 - 5.10.3.3 新能源电池用二硒化钨纳米线
 - 5.10.3.4 新能源电池用二硒化钨纳米棒
 - 5.10.3.5 新能源电池用二硒化钨纳米花
 - 5.10.4 二硒化钨生产方法
 - 5.10.5 二硒化钨应用
- 5.11 什么是钨酸盐**
 - 5.11.1 钨酸盐结构
 - 5.11.2 钨酸盐理化性质
 - 5.11.3 钨酸盐分类
 - 5.11.3.1 新能源电池用钨酸钠
 - 5.11.3.2 新能源电池用钨酸锌
 - 5.11.3.3 新能源电池用钨酸钴
 - 5.11.4 钨酸盐生产方法
 - 5.11.5 钨酸盐应用

第六章 钨在锂离子电池中的应用

6.1 纳米钨酸在锂离子电池中的应用

- 6.1.1 锂电池正极材料用纳米钨酸
- 6.1.2 锂电池负极材料用纳米钨酸



- 6.1.3 锂电池电极材料用纳米钨酸的挑战
- 6.2 纳米黄色氧化钨在锂离子电池中的应用
 - 6.2.1 锂电池正极材料用纳米黄色氧化钨
 - 6.2.2 锂电池负极材料用纳米黄色氧化钨
 - 6.2.3 锂电池电极材料用纳米黄色氧化钨的挑战
- 6.3 纳米紫色氧化钨在锂离子电池中的应用
 - 6.3.1 锂电池正极材料用纳米紫色氧化钨
 - 6.3.2 锂电池负极材料用纳米紫色氧化钨
 - 6.3.3 锂电池电极材料用纳米紫色氧化钨的挑战
- 6.4 二氧化钨在锂离子电池中的应用
 - 6.4.1 锂电池正极材料用二氧化钨
 - 6.4.2 锂电池负极材料用二氧化钨
 - 6.4.3 锂电池电极材料用二氧化钨的挑战
- 6.5 铌钨氧化物在锂离子电池中的应用
 - 6.5.1 锂电池正极材料用铌钨氧化物
 - 6.5.2 锂电池负极材料用铌钨氧化物
 - 6.5.3 锂电池电极材料用铌钨氧化物的挑战
- 6.6 氮化钨在锂离子电池中的应用
 - 6.6.1 锂电池负极材料用氮化钨
 - 6.6.2 锂电池电极材料用氮化钨的挑战
- 6.7 二硫化钨在磷酸铁锂中的应用
 - 6.7.1 锂电池正极材料用二硫化钨纳米片
 - 6.7.2 锂电池正极材料用二硫化钨纳米管
 - 6.7.3 锂电池负极材料用二硫化钨纳米片
 - 6.7.4 锂电池负极材料用二硫化钨纳米管
 - 6.7.5 锂电池电极材料用二硫化钨的挑战
- 6.8 钨酸钠在锂离子电池中的应用
 - 6.8.1 锂电池负极材料用钨酸钠
 - 6.8.2 锂电池电极材料用钨酸钠的挑战
- 6.9 钨酸锌在锂离子电池中的应用
 - 6.9.1 锂电池负极材料用钨酸锌
 - 6.9.2 锂电池电极材料用钨酸锌的挑战
- 6.10 钨酸锂在锂离子电池中的应用
 - 6.9.1 锂离子电池正极材料用钨酸锂
 - 6.9.2 锂离子电池负极材料用钨酸锂
 - 6.9.3 锂电池电解质用钨酸锂
 - 6.9.4 锂电池用钨酸锂的挑战

第七章 钨在锂硫电池中的应用

- 7.1 氧化钨在锂硫电池中的应用
 - 7.1.1 锂硫电池正极材料用氧化钨纳米棒
 - 7.1.2 锂硫电池负极材料用氧化钨纳米棒
 - 7.1.3 锂硫电池隔膜用氧化钨





- 7.1.4 锂硫电池用氧化钨的挑战
- 7.2 二硫化钨在锂硫电池中的应用
 - 7.2.1 锂硫电池正极材料用二硫化钨纳米片
 - 7.2.2 锂硫电池负极材料用二硫化钨纳米片
 - 7.2.3 锂硫电池正极材料用二硫化钨量子点
 - 7.2.4 锂硫电池负极材料用二硫化钨量子点
 - 7.2.5 锂硫电池隔膜用二硫化钨纳米花
 - 7.2.6 锂硫电池用二硫化钨的挑战
- 7.3 二硒化钨在锂硫电池中的应用
 - 7.3.1 锂硫电池正极材料用二硒化钨纳米片
 - 7.3.2 锂硫电池负极材料用二硒化钨纳米片
 - 7.3.3 锂硫电池正极材料用二硒化钨复合材料
 - 7.3.4 锂硫电池负极材料用二硒化钨复合材料
 - 7.3.5 锂硫电池电极材料用二硒化钨的挑战
- 7.4 氮化钨在锂硫电池中的应用
 - 7.4.1 锂硫电池正极材料用氮化钨纳米片
 - 7.4.2 锂硫电池负极材料用氮化钨纳米片
 - 7.4.3 锂硫电池电极材料用氮化钨的挑战

第八章 钨在钠离子电池中的应用

- 8.1 氧化钨在钠离子电池中的应用
 - 8.1.1 钠电池正极材料用黄色氧化钨
 - 8.1.2 钠电池负极材料用黄色氧化钨
 - 8.1.3 钠电池正极材料用紫色氧化钨
 - 8.1.4 钠电池负极材料用紫色氧化钨
 - 8.1.5 钠电池电极材料用氧化钨的挑战
- 8.2 二硫化钨在钠离子电池中的应用
 - 8.2.1 钠电池正极材料用二硫化钨空心球
 - 8.2.2 钠电池负极材料用二硫化钨空心球
 - 8.2.3 钠电池正极材料用二硫化钨纳米片
 - 8.2.4 钠电池负极材料用二硫化钨纳米片
 - 8.2.5 钠电池负极材料用二硫化钨纳米管
 - 8.2.6 钠电池电极材料用二硫化钨的挑战
- 8.3 二硒化钨在钠离子电池中的应用
 - 8.3.1 钠电池正极材料用二硒化钨
 - 8.3.2 钠电池负极材料用二硒化钨
 - 8.3.3 钠电池电极材料用二硒化钨的挑战
- 8.4 纳米钨酸在钠离子电池中的应用
 - 8.4.1 钠电池正极材料用纳米钨酸
 - 8.4.2 钠电池负极材料用纳米钨酸
 - 8.4.3 钠电池电极材料用纳米钨酸的挑战
- 8.5 氮化钨在钠离子电池中的应用
 - 8.5.1 钠电池正极材料用纳米氮化钨纳米



- 8.5.2 钠电池负极材料用纳米氮化钨纳米
- 8.5.3 钠电池电极材料用纳米氮化钨的挑战
- 8.6 钨酸钠在钠离子电池中的应用
 - 8.6.1 钠电池负极材料用纳米钨酸钠
 - 8.6.2 钠电池电极材料用纳米钨酸钠的挑战
- 8.7 钨酸锌在钠离子电池中的应用
 - 8.7.1 钠电池负极材料用钨酸锌
 - 8.7.2 钠电池电极材料用钨酸锌的挑战

第九章 钨在锌空电池中的应用

- 9.1 氧化钨在锌空电池中的应用
 - 9.1.1 锌空电池催化剂用黄色氧化钨复合材料
 - 9.1.2 锌空电池催化剂用紫色氧化钨复合材料
 - 9.1.3 锌空电池催化剂用氧化钨的挑战
- 9.2 二硫化钨在锌空电池中的应用
 - 9.2.1 锌空电池催化剂用纳米二硫化钨
 - 9.1.2 锌空电池催化剂用纳米二硫化钨的挑战
- 9.3 钨酸钴在锌空电池中的应用
 - 9.3.1 锌空电池催化剂用钨酸钴复合材料
 - 9.3.2 锌空电池催化剂用钨酸钴的挑战

第十章 钨在燃料电池中的应用

- 10.1 氧化钨在燃料电池中的应用
 - 10.1.1 燃料电池催化剂用纳米三氧化钨
 - 10.1.2 燃料电池屏蔽层用三氧化钨涂层
 - 10.1.3 燃料电池催化剂用氧化钨的挑战
- 10.2 二硫化钨燃料电池中的应用
 - 10.2.1 燃料电池催化剂用纳米二硫化钨
 - 10.2.2 燃料电池催化剂用二硫化钨的挑战
- 10.3 磷钨酸燃料电池中的应用
 - 10.3.1 燃料电池催化剂用磷钨酸
 - 10.3.2 燃料电池质子交换膜用磷钨酸
 - 10.3.4 燃料电池用磷钨酸的挑战
- 10.4 燃料电池用氢钨青铜
 - 10.4.1 燃料电池催化剂用氢钨青铜
 - 10.4.2 燃料电池催化剂用氢钨青铜挑战
- 10.5 燃料电池用碳化钨粉末
 - 10.5.2 燃料电池催化剂用碳化钨粉末
 - 10.5.3 燃料电池用碳化钨粉末的挑战

第十一章 钨在太阳能电池中的应用



11.1 氧化钨在太阳能电池中的应用

11.1.1 太阳能电池正面银浆用三氧化钨

11.1.2 太阳能电池用氧化钨薄膜

11.1.3 太阳能电池用氧化钨的挑战

11.2 二硫化钨在太阳能电池中的应用

11.2.1 太阳能电池光活性层用二硫化钨

11.2.2 太阳能电池空穴传输层用二硫化钨纳米膜

11.2.3 太阳能电池用二硫化钨的挑战

11.3 二硒化钨在太阳能电池中的应用

11.3.1 太阳能电池导电层用二硒化钨

11.3.2 太阳能电池用二硒化钨的挑战

11.4 钨酸镉在太阳能电池中的应用

11.4.1 太阳能电池用钨酸镉

11.4.2 太阳能电池用钨酸镉的挑战

第十二章 钨在电池中的技术挑战与解决方案

12.1 纳米钨酸在电池中的技术挑战与解决方法

12.2 纳米三氧化钨在电池中的技术挑战与解决方法

12.3 纳米紫色氧化钨在电池中的技术挑战与解决方法

12.4 钨钨氧化物在电池中的技术挑战与解决方法

12.5 纳米二硫化钨在电池中的技术挑战与解决方法

12.6 纳米二硒化钨在电池中的技术挑战与解决方法

12.7 纳米氮化钨在电池中的技术挑战与解决方法

第十三章 钨基电池的生产成本

第十四章 钨在电池中的潜在价值与应用前景

第 III 部分 钨在新能源电池市场的介绍

第十五章 新能源电池中的钨化合物介绍

15.1 什么是氧化钨

15.1.1 氧化钨结构

15.1.2 氧化钨理化性质

15.1.3 氧化钨分类

15.1.3.1 新能源电池用三氧化钨

15.1.3.2 新能源电池用二氧化钨

15.1.3.3 新能源电池用氧化钨纳米线

15.1.3.4 新能源电池用氧化钨纳米棒

15.1.3.5 新能源电池用氧化钨纳米纤维

15.1.3.6 新能源电池用微米氧化钨

15.1.3.7 新能源电池用亚微米氧化钨





- 15.1.3.8 新能源电池用纳米氧化钨
- 15.1.3.9 新能源电池用亚纳米氧化钨
- 15.1.4 氧化钨生产方法
- 15.1.5 氧化钨应用
- 15.2 什么是碳化钨**
 - 15.2.1 碳化钨结构
 - 15.2.2 碳化钨理化性质
 - 15.2.3 碳化钨分类
 - 15.2.3.1 新能源电池用碳化钨纳米管
 - 15.2.3.2 新能源电池用碳化钨纳米片
 - 15.2.3.3 新能源电池用碳化钨纳米线
 - 15.2.3.4 新能源电池用碳化钨纳米棒
 - 15.2.3.5 新能源电池用碳化钨纳米纤维
 - 15.2.3.6 新能源电池用微米碳化钨
 - 15.2.3.7 新能源电池用亚微米碳化钨
 - 15.2.3.8 新能源电池用纳米碳化钨
 - 15.2.3.9 新能源电池用亚纳米碳化钨
 - 15.2.4 碳化钨生产方法
 - 15.2.5 碳化钨应用
- 15.3 什么是氮化钨**
 - 15.3.1 氧化钨结构
 - 15.3.2 氮化钨理化性质
 - 15.3.3 氮化钨分类
 - 15.3.3.1 新能源电池用氮化钨量子点
 - 15.3.3.2 新能源电池用氮化钨纳米片
 - 15.3.3.3 新能源电池用氮化钨纳米簇
 - 15.3.3.4 新能源电池用一氮化钨
 - 15.3.3.5 新能源电池用六叠氮化钨
 - 15.3.3.6 新能源电池用二氮化钨
 - 15.3.3.7 新能源电池用氮化二钨
 - 15.3.3.8 新能源电池用二氮化三钨
 - 15.3.4 氮化钨生产方法
 - 15.3.5 氮化钨应用
- 15.4 什么是二硫化钨**
 - 15.4.1 二硫化钨结构
 - 15.4.2 二硫化钨理化性质
 - 15.4.3 二硫化钨分类
 - 15.4.3.1 新能源电池用二硫化钨纳米颗粒
 - 15.4.3.2 新能源电池用二硫化钨纳米片
 - 15.4.3.3 新能源电池用二硫化钨纳米棒
 - 15.4.3.4 新能源电池用二硫化钨纳米花
 - 15.4.3.5 新能源电池用二硫化钨纳米纤维
 - 15.4.3.6 新能源电池用微米二硫化钨
 - 15.4.3.7 新能源电池用亚微米二硫化钨



- 15.4.3.8 新能源电池用纳米二硫化钨
- 15.4.3.9 新能源电池用亚纳米二硫化钨
- 15.4.4 二硫化钨生产方法
- 15.4.5 二硫化钨应用
- 15.5 什么是二硒化钨
- 15.5.1 二硒化钨结构
- 15.5.2 二硒化钨理化性质
- 15.5.3 二硒化钨分类
- 15.5.3.1 新能源电池用二硒化钨纳米颗粒
- 15.5.3.2 新能源电池用二硒化钨纳米片
- 15.5.3.3 新能源电池用二硒化钨纳米棒
- 15.5.3.4 新能源电池用二硒化钨纳米花
- 15.5.3.5 新能源电池用二硒化钨纳米纤维
- 15.5.3.6 新能源电池用微米二硒化钨
- 15.5.3.7 新能源电池用亚微米二硒化钨
- 15.5.3.8 新能源电池用纳米二硒化钨
- 15.5.3.9 新能源电池用亚纳米二硒化钨
- 15.5.4 二硒化钨生产方法
- 15.5.5 二硒化钨应用
- 15.6 什么是钨酸盐
- 15.6.1 钨酸盐结构
- 15.6.2 钨酸盐理化性质
- 15.6.3 钨酸盐分类
- 15.6.3.1 新能源电池用钨酸锂
- 15.6.3.2 新能源电池用钨酸铁
- 15.6.3.3 新能源电池用钨酸铜
- 15.6.3.4 新能源电池用钨酸镍
- 15.6.3.5 新能源电池用钨酸镁
- 15.6.3.6 新能源电池用钨酸锌
- 15.6.3.7 新能源电池用磷钨酸
- 15.6.3.8 新能源电池用七钨酸铵
- 15.6.3.9 新能源电池用钨酸钠
- 15.6.3.10 新能源电池用钨酸钾
- 15.6.4 钨酸盐生产方法
- 15.6.5 钨酸盐应用

第十六章 钨在锂离子电池中的应用

16.1 氧化钨在锂离子电池中的应用

- 16.1.1 锂离子电池负极材料用二氧化钨
- 16.1.2 锂离子电池负极材料用三氧化钨
- 16.1.3 锂离子电池负极材料用氧化钨的挑战

16.2 氮化钨在锂离子电池中的应用

- 16.2.1 锂离子电池负极材料用氮化钨复合材料





- 16.2.2 锂离子电池负极材料用氮化钼的挑战
- 16.3 二硫化钼在锂离子电池中的应用
 - 16.3.1 锂离子电池负极材料用二硫化钼
 - 16.3.2 锂离子电池负极材料用二硫化钼的挑战
- 16.4 二硒化钼在锂离子电池中的应用
 - 16.4.1 锂离子电池负极材料用二硒化钼
 - 16.4.2 锂离子电池负极材料用二硒化钼的挑战
- 16.5 钼酸锂在锂离子电池中的应用
 - 16.5.1 锂离子电池正极材料用钼酸锂
 - 16.5.2 锂离子电池负极材料用钼酸锂
 - 16.5.3 锂离子电池电极材料用钼酸锂的挑战
 - 16.5.4 锂离子电池电解液用钼酸锂
 - 16.5.5 锂离子电池电解液用钼酸锂的挑战
- 16.6 钼酸铁在锂离子电池中的应用
 - 16.6.1 锂离子电池负极材料用纳米棒状钼酸铁
 - 16.6.2 锂离子电池电极材料用纳米棒状钼酸铁的挑战
- 16.7 钼酸铜在锂离子电池中的应用
 - 16.7.1 锂离子电池负极材料用钼酸铜
 - 16.7.2 锂离子电池电极材料用钼酸铜的挑战
- 16.8 钼酸镍在锂离子电池中的应用
 - 16.8.1 锂离子电池正极材料用钼酸镍
 - 16.8.2 锂离子电池负极材料用钼酸镍
 - 16.8.3 锂离子电池电极材料用钼酸镍的挑战

第十七章 钼在锂硫电池中的应用

- 17.1 碳化钼在锂硫电池中的应用
 - 17.1.1 锂硫电池正极材料用碳化钼复合材料
 - 17.1.2 锂硫电池集流体材料用碳化钼纳米纤维
 - 17.1.3 锂硫电池用碳化钼的挑战
- 17.2 氮化钼在锂硫电池中的应用
 - 17.2.1 锂硫电池正极材料用二氮化三钼
 - 17.2.2 锂硫电池电极材料用氮化钼复合材料
 - 17.2.3 锂硫电池隔膜用氮化钼量子点
 - 17.2.4 锂硫电池中间层用氮化钼纳米片
 - 17.2.5 锂硫电池用氮化钼的挑战
- 17.3 二硫化钼在锂硫电池中的应用
 - 17.3.1 锂硫电池正极材料用二硫化钼纳米片
 - 17.3.2 锂硫电池负极材料用二硫化钼复合材料
 - 17.3.3 锂硫电池电极材料用二硫化钼的挑战
- 17.4 三硫化钼在锂硫电池中的应用
 - 17.4.1 锂硫电池正极材料用非晶相三硫化钼
 - 17.4.2 锂硫电池负极材料用三硫化钼纳米片
 - 17.4.3 锂硫电池电极材料用三硫化钼的挑战



17.5 二硒化钨在锂硫电池中的应用

- 17.5.1 锂硫电池正极材料用二硒化钨复合材料
- 17.5.2 锂硫电池负极材料用二硒化钨复合材料
- 17.5.3 锂硫电池电极材料用二硒化钨的挑战

第十八章 钨在钠离子电池中的应用

18.1 氧化钨在钠离子电池中的应用

- 18.1.1 钠离子电池负极材料用二氧化钨
- 18.1.2 钠离子电池负极材料用三氧化钨
- 18.1.3 钠离子电池负极材料用氧化钨的挑战

18.2 二硫化钨在钠离子电池中的应用

- 18.2.1 钠离子电池负极材料用二硫化钨复合材料
- 18.2.2 钠离子电池负极材料用二硫化钨的挑战

18.3 二硒化钨在钠离子电池中的应用

- 18.3.1 钠离子电池负极材料用二硒化钨复合材料
- 18.3.2 钠离子电池负极材料用二硒化钨的挑战

18.4 钨酸锂在钠离子电池中的应用

- 18.4.1 钠离子电池负极材料用钨酸锂
- 18.4.2 钠离子电池负极材料用钨酸锂的挑战

18.5 钨酸铁在钠离子电池中的应用

- 18.5.1 钠离子电池负极材料用钨酸铁
- 18.5.2 钠离子电池负极材料用钨酸铁的挑战

18.6 钨酸镍在钠离子电池中的应用

- 18.6.1 钠离子电池负极材料用钨酸镍
- 18.6.2 钠离子电池电极材料用钨酸镍的挑战

第十九章 钨在锌离子电池中的应用

19.1 氧化钨在锌离子电池中的应用

- 19.1.1 锌离子电池正极材料用二氧化钨
- 19.1.2 锌离子电池负极材料用二氧化钨
- 19.1.3 锌离子电池正极材料用三氧化钨
- 19.1.4 锌离子电池负极材料用三氧化钨
- 19.1.5 锌离子电池电极材料用氧化钨的挑战

19.2 二硫化钨在锌离子电池中的应用

- 19.2.1 锌离子电池正极材料用二硫化钨
- 19.2.2 锌离子电池正极材料用二硫化钨纳米片
- 19.2.3 锌离子电池负极材料用二硫化钨纳米片
- 19.2.4 锌离子电池负极材料用二硫化钨复合材料
- 19.2.5 锌离子电池电极材料用二硫化钨的挑战

19.3 钨钒氧化物在锌离子电池中的应用

- 19.3.1 锌离子电池电极材料用钨钒氧化物
- 19.3.2 锌离子电池电极材料用钨钒氧化物的挑战



19.4 钼酸锌在锌离子电池中的应用

- 19.4.1 锌离子电池负极保护层用钼酸锌
- 19.4.2 锌离子电池负极保护层用钼酸锌的挑战

第二十章 钼在燃料电池中的应用

20.1 金属钼在燃料电池中的应用

- 20.1.1 燃料电池催化剂用金属钼
- 20.1.2 燃料电池电极用金属钼
- 20.1.3 燃料电池用金属钼的挑战

20.2 三氧化钼纳米线在燃料电池中的应用

- 20.2.1 燃料电池阳极用三氧化钼纳米线
- 20.2.2 燃料电池阳极用三氧化钼纳米线的挑战

20.3 碳化钼在燃料电池中的应用

- 20.3.1 燃料电池阳极材料用碳化钼
- 20.3.2 燃料电池阴极材料用碳化钼
- 20.3.3 燃料电池催化剂用碳化钼
- 20.3.4 燃料电池用碳化钼的挑战

20.4 氮化钼在燃料电池中的应用

- 20.4.1 燃料电池阳极材料用氮化钼
- 20.4.2 燃料电池阴极材料用氮化钼
- 20.4.3 燃料电池电极用氮化钼的挑战

20.5 磷钼酸在燃料电池中的应用

- 20.5.1 燃料电池催化剂用磷钼酸
- 20.5.2 燃料电池碳间接电氧化介质用磷钼酸
- 20.5.3 燃料电池用磷钼酸的挑战

20.6 钼酸镧在燃料电池中的应用

- 20.6.1 燃料电池电解质用钼酸镧
- 20.6.2 燃料电池电解质用钼酸镧的挑战

20.7 镍钼合金在燃料电池中的应用

- 20.7.1 燃料电池催化剂用镍钼合金
- 20.7.2 燃料电池催化剂用镍钼合金的挑战

20.8 铂铜钼三元合金在燃料电池中的应用

- 20.8.1 燃料电池催化剂用铂铜钼三元合金
- 20.8.2 燃料电池催化剂用铂铜钼三元合金的挑战

第二十一章 钼在太阳能电池中的应用

21.1 硫化钼在太阳能电池中的应用

- 21.1.1 硫化钼薄膜异质结太阳能电池
- 21.1.2 硫化钼薄膜异质结太阳能电池的创新研究
- 21.1.3 太阳能电池用硫化钼的挑战

21.2 硒化钼在太阳能电池中的应用

- 21.2.1 什么是硒化钼/硅异质结太阳能电池



- 21.2.2 钛矿太阳能电池用二硒化钼
- 21.2.3 太阳能电池用二硒化钼复合材料
- 21.2.4 太阳能电池用硒化钼的挑战
- 21.3 钼酸锌在太阳能电池中的应用
- 21.3.1 太阳能电池对电极用钼酸锌复合材料
- 21.3.2 太阳能电池用钼酸锌的挑战

第二十二章 钼在电池中的技术挑战与解决方案

第二十三章 钼基电池的生产成本

第二十四章 钼在电池中的潜在价值与应用前景

第 IV 部分 稀土在新能源电池市场的介绍

第二十五章 新能源电池中的稀土元素介绍

第二十六章 稀土元素在锂离子电池中的应用

第二十七章 稀土元素在钠离子电池中的应用

第二十八章 稀土元素在镍氢电池中的应用

第二十九章 稀土元素在太阳能电池中的应用

第三十章 稀土元素在电池中的技术挑战与解决方案

第三十一章 稀土基电池的生产成本

第三十二章 稀土元素在电池中的潜在价值与应用前景

第 V 部分 电池、钨、钼和稀土企业介绍

第三十三章 主要电池生产企业概览

- 33.1 国内主要电池正极生产企业
- 33.2 国内主要电池负极生产企业
- 33.3 国内主要电池隔膜生产企业
- 33.4 国内主要电池电解液生产企业
- 33.5 国外主要电池生产企业

第三十四章 主要钨、钼和稀土企业概览

34.1 国内主要钨、钼和稀土生产企业



34.2 国外主要钨、钼和稀土生产企业

附录 1: 电池行业相关标准

附录 2: 电池专有名词解释

附录 3: 钨钼稀土行业相关标准

附录 4: 钨钼稀土专有名词解释

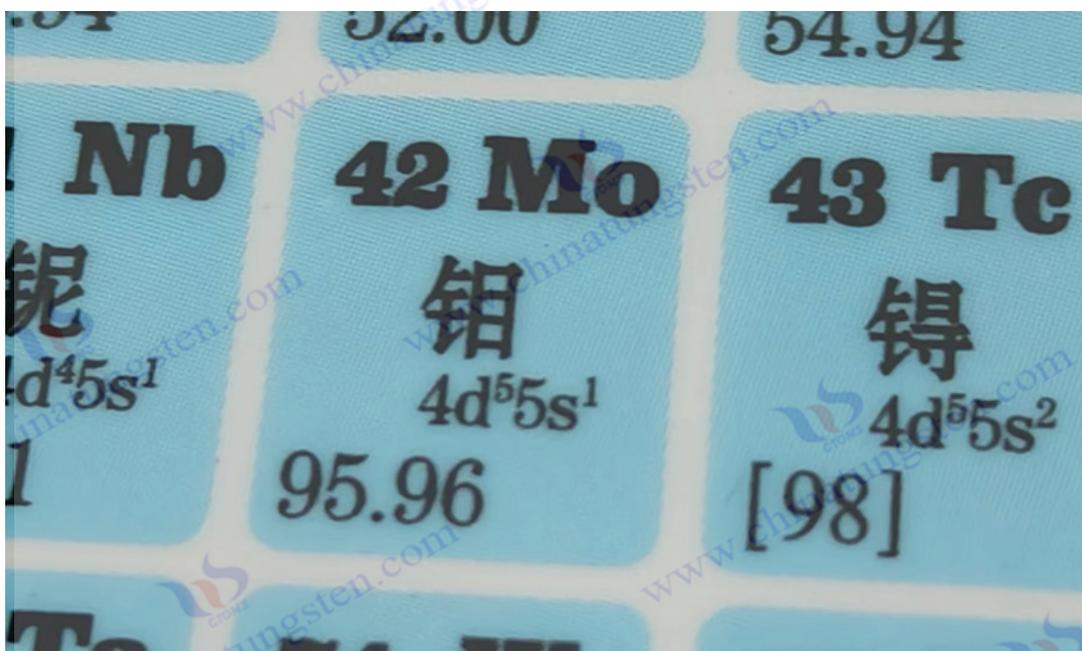


第III部分 钨在新能源电池市场的介绍

第二十一章 钨在太阳能电池中的应用

钨（Mo）作为一种重要的金属材料，在太阳能电池中发挥着至关重要的作用。它不仅可以作为电极材料，还可以作为太阳能电池中的关键组成元素，通过与其他材料的复合，提高太阳能电池的光电转换效率和稳定性。

钨是制作太阳能电池电极的重要材料之一。在太阳能电池中，钨电极通常用于收集电流，其高电导率和良好的热稳定性使得太阳能电池能够高效、稳定地运行。



钨元素

作为一种二维材料，二硫化钨（ MoS_2 ）具有优异的光电性能。它不仅可以作为太阳能电池中的光吸收层，提高光吸收效率，还可以与其他材料形成异质结，提高光电转换效率。二硒化钨（ MoSe_2 ）同样是一种具有潜力的太阳能电池材料。其独特的电子结构和光学性质使得 MoSe_2 在太阳能电池领域有着广泛的应用前景。钨酸锌（ ZnMoO_4 ）作为一种新型的光电材料，也受到了太阳能电池研究者的关注。它可以通过与其他材料的复合，提高太阳能电池的光电性能和稳定性。

太阳能电池产业是近年来发展迅速的产业之一，其发展现状主要表现在以下几个方面：

（1）市场规模：随着全球对可再生能源需求的增长，太阳能电池市场规模不断扩大。据统计，2023 年全年全国太阳能电池产量预计将超过 477GW，同比增长 50%左右。其中，单晶硅电池片占比将达到 95%以上，N 型电池片占比将达到 20%左右。



(2) 技术进步：太阳能电池技术不断进步，光电转换效率逐年提高。目前，晶体硅太阳能电池的光电转换效率已经达到了较高的水平，而新型太阳能电池如钙钛矿太阳能电池、有机太阳能电池等也在不断涌现。



房屋太阳能电池

(3) 政策支持：各国政府纷纷出台政策，支持太阳能电池产业的发展。例如，中国已将太阳能电池行业列为国家战略性新兴产业之一，并出台了一系列政策措施促进其发展。



太阳能电池

(4) 产业链完善：太阳能电池产业链不断完善，上下游企业协同发展。目前，太阳能电



池产业链已经涵盖了硅材料、硅片、电池片、组件、系统等各个环节，形成了完整的产业链体系。

太阳能电池产业的发展前景广阔，主要表现在以下几个方面：



太阳能电池

(1) 市场需求持续增长：随着全球对可再生能源需求的不断增长，太阳能电池的市场需求将持续增长。特别是在新兴市场和发展中国家，太阳能电池的应用前景更加广阔。



太阳能电池



(2) 技术创新推动产业升级：技术创新是推动太阳能电池产业升级的关键因素。未来，随着新型太阳能电池材料的研发和应用，太阳能电池的光电转换效率和稳定性将得到进一步提升。

(3) 成本下降：随着太阳能电池技术的不断进步和产业链的不断完善，太阳能电池的成本将不断下降。这将使得太阳能电池在能源市场中的竞争力进一步提升，加速其在全球范围内的普及和应用。

(4) 政策推动：各国政府将继续出台政策，支持太阳能电池产业的发展。政策推动将为太阳能电池产业提供更加良好的发展环境和市场机遇。

综上所述，钼在太阳能电池中发挥着重要作用，太阳能电池产业也面临着广阔的发展前景。未来，随着技术的不断进步和政策的支持，太阳能电池将在全球范围内得到更广泛的应用和推广。



太阳能电池

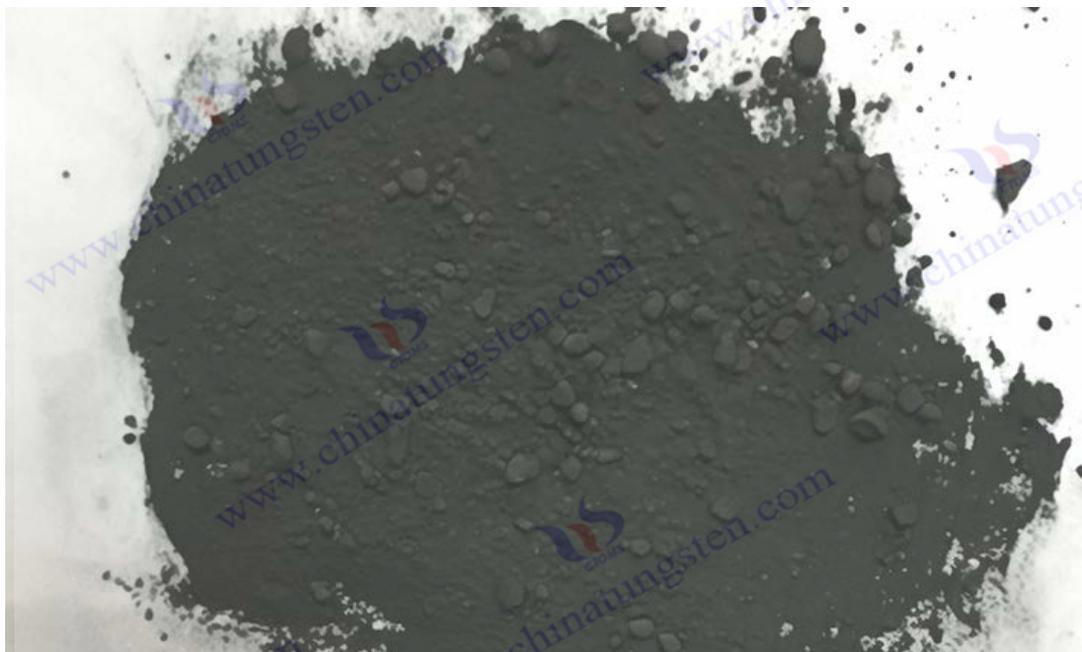
21.1 硫化钼在太阳能电池中的应用

硫化钼 (MoS_x) 作为一种具有优异性能的二维层状过渡金属硫化物 (TMD) 材料，在太阳能电池领域展现出了巨大的应用潜力。硫化钼具有类似于石墨烯的同功结构，这意味着它能够提供更多的催化活性位点，为太阳能电池的对电极材料提供了新的选择。

硫化钼是一种无机化合物，为黑色固体粉末，具有金属光泽。它的晶体结构是由外侧两层 S 原子夹住中间的一层 Mo 原子所组成，Mo-S 夹层内是强的共价键，而在该单层 MoS_x 与附近侧 MoS_x 的层间则是通过弱的范德华力结合而成。这种独特的层间结构使得硫化钼在光氧化和电化学还原条件下都表现出较好的稳定性，特别适用于光伏器件和光催化领域。



硫化钼还具有一系列优异的物理和化学特性，如高硬度、低摩擦系数、良好的化学稳定性和热稳定性等。这些特性使得硫化钼在工业生产中得到了广泛的应用，例如作为固体润滑剂、摩擦材料和润滑材料等。



硫化钼

硫化钼的制备方法主要有以下几种：

(1) 直接还原法：将氧化钼（ MoO_3 ）和硫化氢（ H_2S ）反应生成硫化钼。反应方程式为： $2\text{MoO}_3 + 3\text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{Mo}_2\text{S}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ 。这种方法可用于制备高纯度的硫化钼。



三氧化钼



(2) 水热合成法：将氧化钼和硫化物在高温高压水溶液中反应合成硫化钼。这种方法可以控制硫化钼的形貌和晶相。



氧化钼

(3) 水解法：将氯化钼（ MoCl_5 ）溶解在过量的水中，然后加入硫化氢反应生成硫化钼。反应方程式为： $6\text{MoCl}_5 + 16\text{H}_2\text{O} + 14\text{H}_2\text{S} \rightarrow 6\text{MoS}_2 + 16\text{HCl} + 35\text{H}_2\text{O}$ 。



太阳能电池

在太阳能电池领域，硫化钼主要用于第三代太阳能电池的对电极材料。由于其独特的电子



结构和稳定性， MoS_x 在这些太阳能电池中展现出了优异的电催化活性。许多研究报道指出，硫化钼对第三代太阳能电池中的的还原表现出优异的电催化活性，为太阳能电池的性能提升提供了有力的支持。此外，硫化钼还可以与其他材料结合使用，如与石墨烯结合形成范德瓦耳斯异质结构，以提高太阳能电池的光电转换效率和稳定性。

除了在太阳能电池领域的应用外，硫化钼还广泛用于其他领域。例如，润滑材料：硫化钼具有优异的润滑性能，可以作为固体润滑剂、摩擦材料和润滑材料等，广泛应用于汽车、航空航天、电子产业和重工机械等领域。催化剂：硫化钼可以作为氢化反应催化剂，用于钼化合物的制备等。其他应用：硫化钼还可以用于制备涂料、油墨、橡胶等材料的添加剂，以及作为半导体材料用于电子器件的制造等。



汽车

21.1.1 硫化钼薄膜异质结太阳能电池

硫化钼薄膜异质结太阳能电池是一种采用硫化钼薄膜材料作为关键组成部分的太阳能电池。它结合了硫化钼薄膜的高电子迁移率、优异的光电性能以及异质结结构的优点，旨在提高太阳能电池的转换效率和稳定性。

硫化钼薄膜异质结太阳能电池的工作原理基于光伏效应，即当太阳光照射到太阳能电池上时，光子能量被半导体材料吸收，激发出电子-空穴对。在异质结结构中，由于不同材料之间的能带差异，电子和空穴分别向不同的方向移动，形成光生电流。硫化钼薄膜作为一种具有高电子迁移率的材料，能够有效促进电子的传输，提高太阳能电池的性能。

硫化钼薄膜异质结太阳能电池的基本特点可以归纳如下：

(1) 高效转换效率：硫化钼薄膜异质结太阳能电池通过精心设计的结构，如 PVA/PVP 光透膜层和氧化石墨烯中间层，有效提高了其光电转换效率。这些特殊的设计能够优化电荷



传输过程，降低载流子复合率，从而实现更高效的光能到电能的转换。



(2) 稳定性强：硫化钼薄膜异质结太阳能电池通过 PVA/PVP 光透膜层有效地隔离了空气，显著提升了电池的稳定性。这种隔离作用可以防止硫化钼薄膜与空气中的氧分子反应，延长了电池的使用寿命。

(3) 创新性结构设计：该型太阳能电池引入了氧化石墨烯中间层，通过与 P 型单晶硅衬底接触，利用其含有的氢键与衬底表面的悬挂键结合，有效降低了衬底的表面态，进一步优化了电池性能。



硫化钼



(4) 优异的光学性质：硫化钼薄膜本身具有优异的光学性质，结合异质结的设计，使得该型太阳能电池在全谱范围内具有较宽的响应，提高了光能的利用率。

硫化钼薄膜异质结太阳能电池通常由以下几部分组成：1) 衬底：通常采用 p 型单晶硅作为衬底，其背面形成有铝背电极层，用于收集电流。2) 绝缘层：在衬底正面形成一层二氧化硅绝缘层，用于隔离电极与衬底之间的电接触。3) 电极层：在绝缘层上依次形成金电极层和钛电极层，作为太阳能电池的正负极。4) 氧化石墨烯中间层：在电极层上开设开槽，并填充氧化石墨烯中间层。氧化石墨烯具有良好的导电性和稳定性，能够提高太阳能电池的性能。5) 硫化钼薄膜层：在氧化石墨烯中间层上形成硫化钼薄膜层，作为太阳能电池的主要光吸收层。硫化钼薄膜具有优异的光电性能和稳定性，能够有效提高太阳能电池的转换效率。6) 窗口层：在硫化钼薄膜层上覆盖一层 pva/pvp 光透膜层，作为太阳能电池的窗口层。该层具有良好的透光性和耐候性，能够保护太阳能电池免受外界环境的影响。



太阳能电池

硫化钼薄膜异质结太阳能电池的制造方法主要包括以下几个步骤：1) 准备衬底：选择 p 型单晶硅作为衬底，并进行清洗和表面处理。2) 形成绝缘层和电极层：在衬底正面依次形成二氧化硅绝缘层、金电极层和钛电极层，并开设开槽。3) 填充氧化石墨烯中间层：在开槽内填充氧化石墨烯中间层，并与衬底和电极层形成良好的电接触。4) 形成硫化钼薄膜层：采用化学气相沉积法等方法在氧化石墨烯中间层上形成硫化钼薄膜层。5) 覆盖窗口层：在硫化钼薄膜层上覆盖 pva/pvp 光透膜层，形成太阳能电池的窗口层。

硫化钼薄膜异质结太阳能电池在以下几个方面具有潜在的应用价值：

(1) 家庭和商业用途：硫化钼薄膜异质结太阳能电池可以安装在屋顶、墙面等位置，为家庭和商业场所提供清洁、可再生的电力供应。



(2) 偏远地区供电：对于偏远地区或电网覆盖不到的地区，硫化钼薄膜异质结太阳能电池可以作为独立的电源系统，为当地居民提供电力支持。

(3) 航空航天领域：硫化钼薄膜异质结太阳能电池具有轻质、高效的特点，适用于航空航天领域中的卫星、太空探测器等设备的电力供应。

(4) 其他领域：硫化钼薄膜异质结太阳能电池还可以应用于环境监测、交通信号灯、通信基站等领域，为各种设备提供稳定的电力支持。



太阳能电池

21.1.2 硫化钼薄膜异质结太阳能电池的创新研究

在清洁能源的浪潮中，太阳能电池以其独特的优势成为了人们关注的焦点。其中，硫化钼薄膜异质结太阳能电池以其高效、稳定、环保的特性，成为了科研人员和工业界竞相研究的对象。硫化钼薄膜异质结太阳能电池独特的 PVA/PVP 光透膜层和氧化石墨烯中间层设计，为太阳能电池的性能提升带来了革命性的突破。

一、PVA/PVP 光透膜层：隔离空气，提升稳定性

硫化钼薄膜异质结太阳能电池的性能受到许多因素的影响，其中稳定性是至关重要的一环。传统的太阳能电池窗口层材料往往无法有效隔离空气，导致硫化钼薄膜与空气接触后发生氧化反应，从而影响电池的稳定性和寿命。为了解决这一问题，我们采用了 PVA/PVP 光透膜层作为电池的窗口层。

PVA/PVP 光透膜层具有优异的透明性和阻隔性，能够有效地隔离空气，防止硫化钼薄膜与空气接触后发生氧化反应。这一创新设计大大提高了硫化钼薄膜异质结太阳能电池的稳定

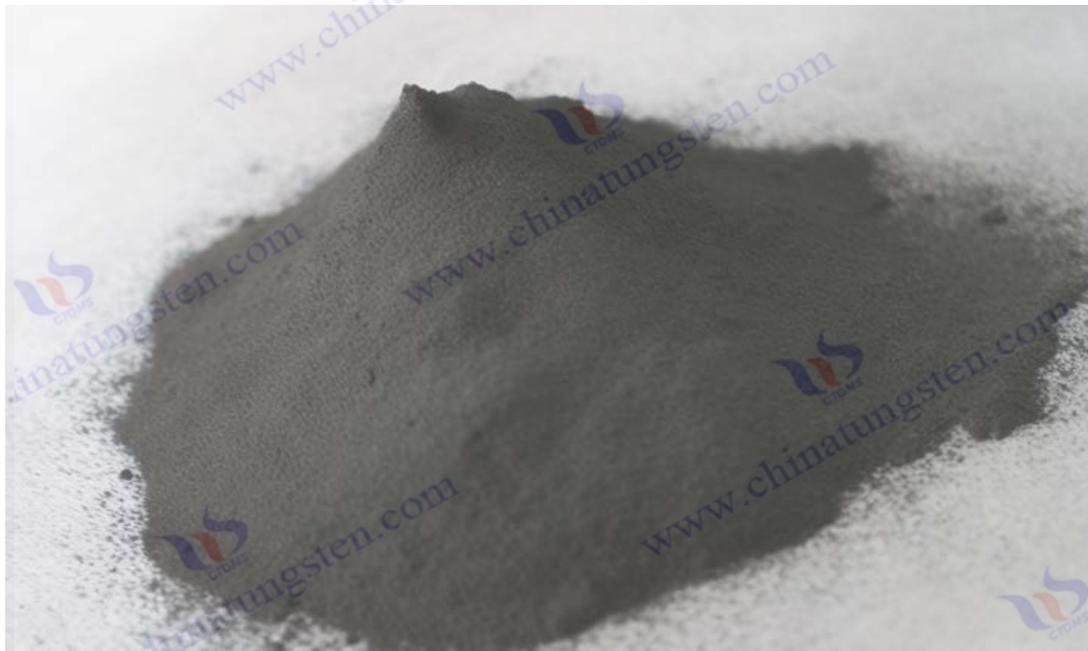


性，使其在长期使用过程中仍能保持高效性能。

二、氧化石墨烯中间层：降低表面态，提升转换效率

除了稳定性之外，硫化钼薄膜异质结太阳能电池的性能还受到 P 型单晶硅衬底表面态的影响。P 型单晶硅衬底的表面悬挂键容易捕获电子或空穴，导致载流子复合率增加，从而影响电池的开路电压和短路电流。为了降低 P 型单晶硅衬底的表面态，我们在 P 型单晶硅衬底与硫化钼薄膜层之间设置了氧化石墨烯中间层。

氧化石墨烯是一种具有独特二维结构的碳材料，其表面含有大量的氢键。通过氧化石墨烯中间层与 P 型单晶硅衬底接触，氢键可以与 P 型单晶硅衬底表面的悬挂键结合，从而降低 P 型单晶硅衬底的表面态。这一创新设计不仅降低了载流子复合率，还提高了载流子的传输效率，进一步提升了硫化钼薄膜异质结太阳能电池的开路电压和短路电流。



硫化钼

总之，通过采用 PVA/PVP 光透膜层和氧化石墨烯中间层设计，硫化钼薄膜异质结太阳能电池在稳定性和转换效率方面均取得了显著的提升。与传统的太阳能电池相比，本发明的硫化钼薄膜异质结太阳能电池具有更高的稳定性、更长的使用寿命和更高的转换效率。

在应用前景方面，硫化钼薄膜异质结太阳能电池具有广泛的应用潜力。它可以用于太阳能发电站、屋顶太阳能发电系统、太阳能汽车等领域，为清洁能源的发展提供强有力的支持。同时，由于其独特的性能优势，硫化钼薄膜异质结太阳能电池还有望在未来的太阳能电池市场中占据重要地位。

21.1.3 太阳能电池用硫化钼的挑战

太阳能电池用硫化钼作为一种具有潜力的材料，虽然在某些方面展现出了优异的性能，但



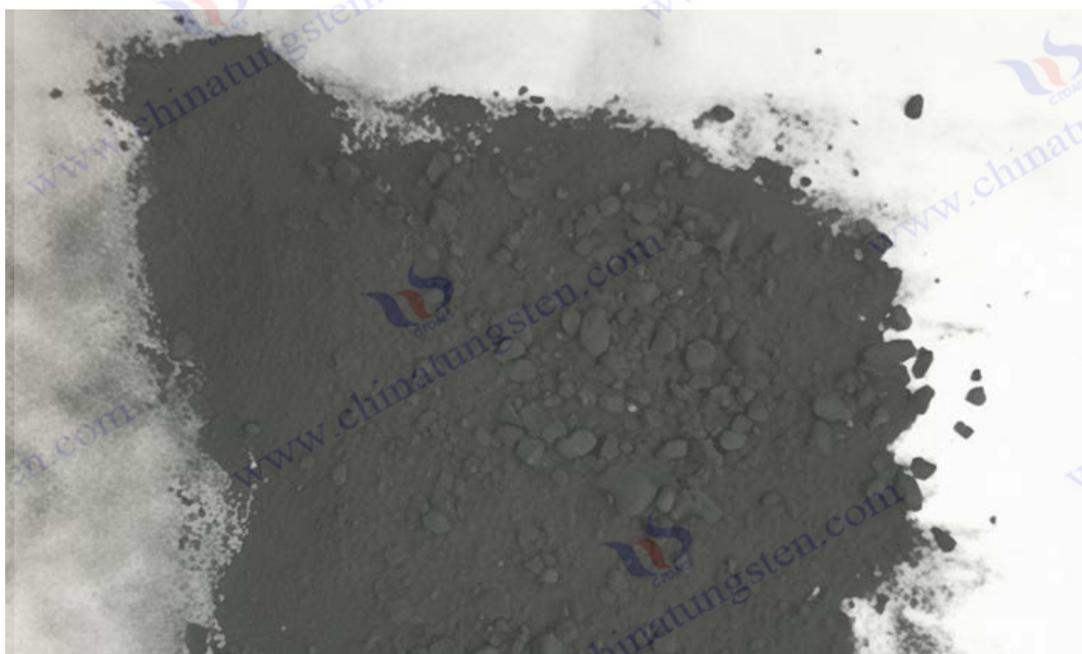
在实际应用中仍面临着一系列挑战。



太阳能电池

一、材料制备与质量控制

(1) 制备高质量硫化钨薄膜：硫化钨薄膜的质量对其在太阳能电池中的应用性能具有决定性作用。然而，目前制备高质量硫化钨薄膜的技术尚不成熟，薄膜中存在缺陷、杂质等问题，影响了其电子传导性能和稳定性。因此，开发新的制备技术，优化制备工艺，提高硫化钨薄膜的质量是亟待解决的问题。



硫化钨





(2) 质量控制与标准化：在太阳能电池的生产过程中，硫化钼材料的质量控制至关重要。然而，目前硫化钼材料的质量控制标准尚未统一，不同厂家生产的材料性能差异较大，给太阳能电池的生产和应用带来了困难。因此，建立统一的质量控制标准，提高硫化钼材料的稳定性和一致性是亟待解决的问题。



硫化钼

二、性能优化与提升

(1) 提高载流子迁移率：硫化钼的载流子迁移率是影响其太阳能电池性能的关键因素之一。虽然硫化钼具有较高的载流子迁移率，但与传统的硅基太阳能电池相比仍有一定差距。因此，需要进一步优化硫化钼材料的能带结构、载流子浓度等参数，提高其载流子迁移率，从而提升太阳能电池的性能。

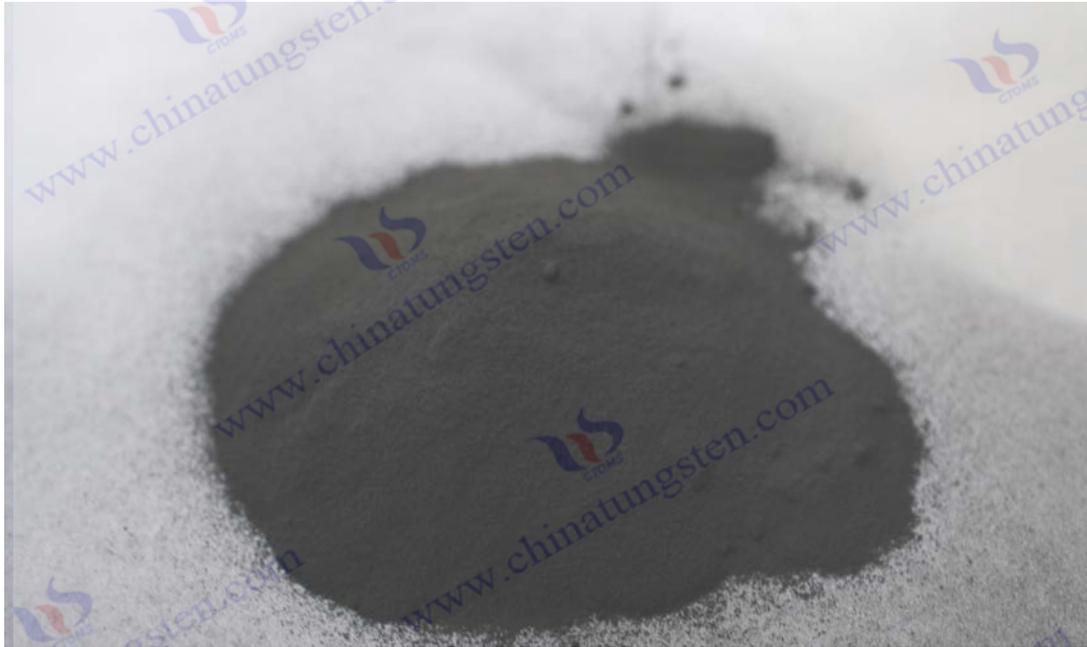


太阳能电池





(2) 增强光吸收性能：硫化钼材料的光吸收性能对其在太阳能电池中的应用性能具有重要影响。然而，目前硫化钼材料的光吸收范围较窄，主要集中在可见光区域，对紫外光和红外光的吸收能力较弱。因此，需要开发新的硫化钼材料或与其他材料复合，拓展其光吸收范围，提高太阳能电池的光电转换效率。



硫化钼

(3) 提高稳定性与耐久性：硫化钼材料在太阳能电池中的稳定性与耐久性是其长期应用的关键。然而，在实际应用中，硫化钼材料容易受到环境因素的影响（如温度、湿度、光照等），导致其性能下降甚至失效。因此，需要研究硫化钼材料的稳定机制，开发新的稳定化技术，提高其稳定性和耐久性。



太阳能电池



三、纳米结构与界面工程

(1) 纳米结构的优化：纳米结构的硫化钨材料具有更高的比表面积和更多的活性位点，有利于提高太阳能电池的性能。然而，目前纳米结构的硫化钨材料在制备过程中容易出现团聚、尺寸不均等问题，影响了其性能的提升。因此，需要进一步优化纳米结构的制备技术，控制其尺寸和形貌，提高其在太阳能电池中的应用性能。

(2) 界面工程的优化：在太阳能电池中，硫化钨与其他材料的界面性能对其性能具有重要影响。然而，目前硫化钨与其他材料的界面存在缺陷、电荷传输受阻等问题，影响了太阳能电池的性能。因此，需要深入研究硫化钨与其他材料的界面特性，优化界面工程，提高界面电荷传输效率和稳定性。



硫化钨

四、成本与环境因素

(1) 成本控制：硫化钨材料在太阳能电池中的应用成本是限制其广泛应用的重要因素之一。目前硫化钨材料的制备成本较高，且生产效率较低，导致了太阳能电池的成本较高。因此，需要降低硫化钨材料的制备成本，提高生产效率，从而降低太阳能电池的成本。

(2) 环境因素考虑：在太阳能电池的生产和应用过程中，需要考虑环境因素的影响。硫化钨材料的生产和使用过程中可能会产生环境污染和废弃物处理等问题。因此，需要研究硫化钨材料的环保性，开发环保的生产技术和废弃物处理技术，降低其对环境的影响。

综上所述，太阳能电池用硫化钨面临的挑战包括材料制备与质量控制、性能优化与提升、纳米结构与界面工程以及成本与环境因素等方面。针对这些挑战，需要开展深入的研究和探索，以推动硫化钨材料在太阳能电池中的应用和发展。

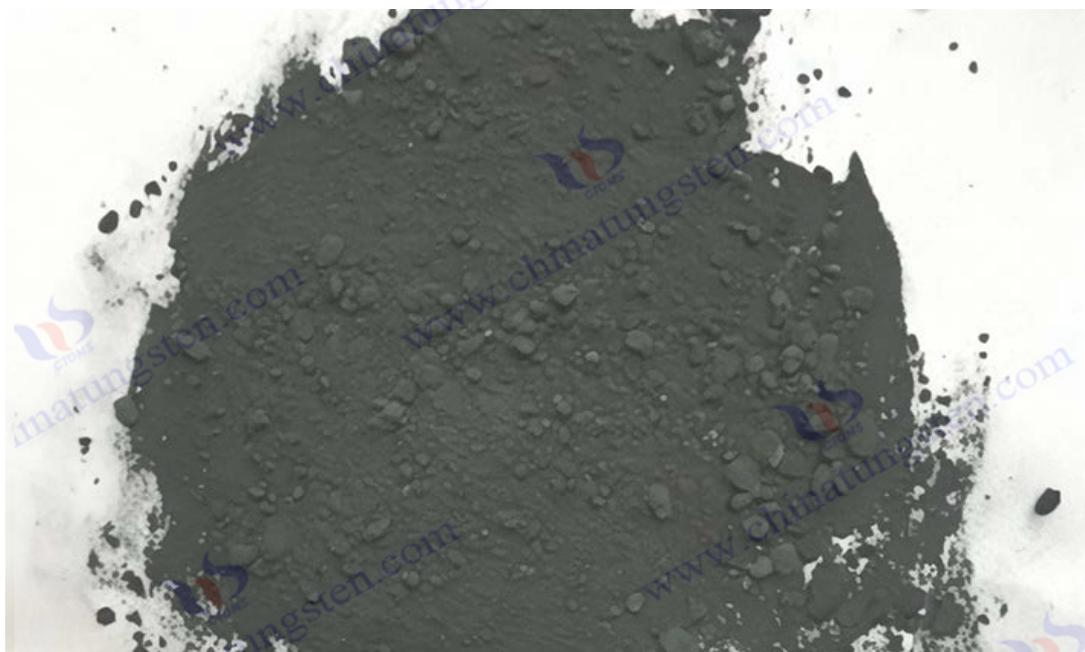


21.2 硒化钼在太阳能电池中的应用

硒化钼 (MoSe_2)，是一种无机化合物，其晶体结构呈现出层状，每层由一个钼原子层和两个硒原子层组成，形成了一种蜂窝状结构。硒化钼具有半导体性质，这种性质使得它在太阳能电池领域具有潜在的应用价值。

一、硒化钼的特点

(1) 高效的光电转换效率： MoSe_2 作为一种二维材料，其独特的层状结构使其具有优异的光电性能。科学家已经通过硒化钼研发出超薄太阳能电池，其转换效率从 5% 提高到了 12%。虽然这一效率尚未达到硅晶太阳能电池的水平，但考虑到其超轻薄的特性，硒化钼太阳能电池在单位重量发出的电力上更具优势。



硒化钼

(2) 超轻薄的特性：硒化钼太阳能电池的重量比硅或砷化镓太阳能电池轻 100 倍，这使得它在太空应用中具有显著的优势。在太空中，减轻重量可以大大降低发射成本，并提高太阳能电池的灵活性和耐用性。

(3) 优异的结构刚性： MoSe_2 凭借着这一特性，在各种恶劣环境下都能保持稳定的性能。这一特性使得硒化钼太阳能电池在太空探索等极端环境中具有广阔的应用前景。

二、硒化钼的制备

(1) 直接合成法：以钼、硒为原料，按照摩尔比 1:2 混合，在高温条件下进行反应制得硒化钼。这种方法简单易行，但制得的硒化钼纯度可能不高。

(2) 化学气相沉积法：以氧化钼、硒为原料，在氩气、氢气存在下，在二氧化硅衬底或



硅衬底上生长得到。该方法可制备出高质量的硒化钼薄膜，适用于太阳能电池等光电器件。

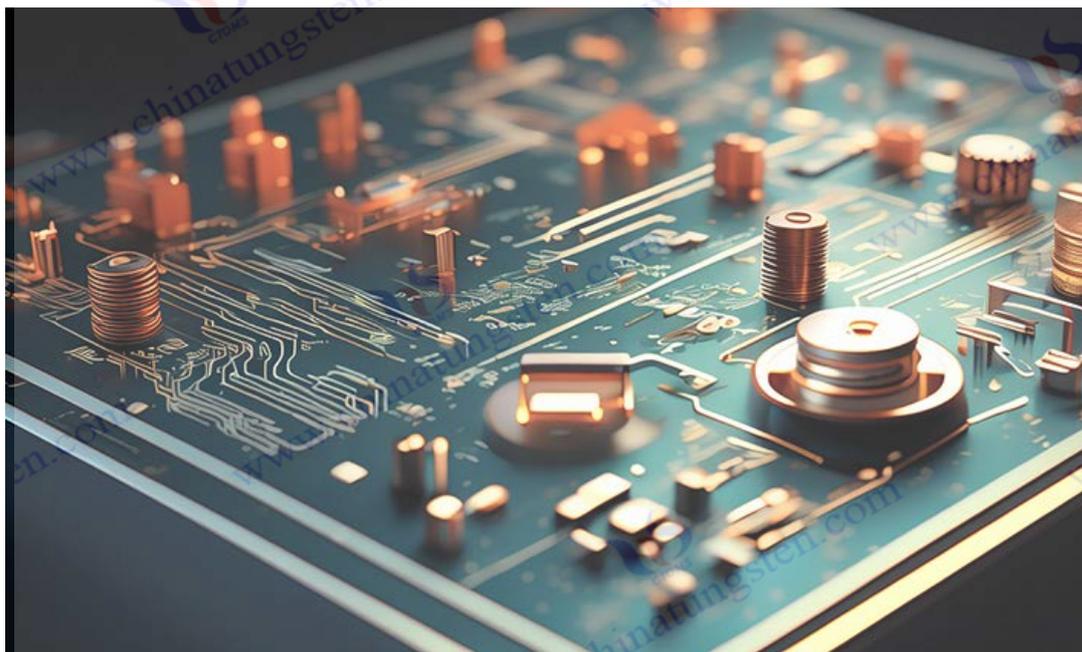
(3) 热氧化机械剥离法：在硅衬底上利用热氧化法制得块状产品，再利用机械剥离法剥离得到硒化钼。该方法可以制备出大面积、高质量的硒化钼单晶，但操作复杂，成本较高。



硒化钼

三、硒化钼的用途

(1) 晶体管：硒化钼具有优异的半导体性质，可以用作晶体管的通道材料。其二维层状结构使得硒化钼晶体管具有更高的载流子迁移率和更低的功耗。



集成电路



(2) 太阳能电池：硒化钼太阳能电池以其超轻薄的特性和高效的光电转换效率，在太空应用中展现出巨大的潜力。此外，随着技术的不断进步，硒化钼太阳能电池在地面太阳能领域的应用也将逐渐扩大。

(3) 光传感器和光伏器件：硒化钼在光电子学领域也有广泛应用。它可以用于制作光传感器和光伏器件，实现对光信号的检测和转换。

(4) 固体润滑剂：硒化钼还具有优异的润滑性能，常用作固体润滑剂。在机械零件中添加硒化钼可以降低摩擦系数和磨损率，提高机械零件的使用寿命。



固体润滑剂

21.2.1 什么是硒化钼/硅异质结太阳能电池

随着能源危机和环境问题的日益严重，开发高效、环保的太阳能电池技术变得尤为重要。科学家提出一种硒化钼/硅异质结太阳能电池，其利用二维硒化钼 (MoSe_2) 薄膜和硅片的优异性能，实现高效的光电转换，为太阳能电池的研发提供了新的方向。

硒化钼/硅异质结太阳能电池的特征在于以二维 MoSe_2 薄膜和硅片为光敏单元，二者结合形成异质结，作为太阳能电池光生电子和空穴的核心收集单元。这种结构能有效吸收可见光及近红外光，显著提高太阳能电池的光电转换效率。

二维 MoSe_2 具有 1.55eV 的直接带隙，能有效吸收 400~800nm 的可见光，并具有较高的光电转换效率。当太阳光照射到硒化钼/硅异质结上时，光生电子和空穴分别在硒化钼和硅中生成，并由于异质结的电场作用而迅速分离，被有效收集，从而提高了太阳能电池的光伏效应和转换效率。 MoSe_2/Si 异质结太阳能电池在 350mW 白光照射下，光能转换效率达到 2.26%，显示出良好的应用前景。



硒化钼/硅异质结太阳能电池的制备方法主要包括以下步骤：准备二维硒化钼薄膜和硅片，确保其表面清洁、平整。通过物理或化学方法，在硅片上形成一层均匀的硒化钼薄膜，形成硒化钼/硅异质结。对硒化钼/硅异质结进行后续处理如刻蚀、清洗、退火等，以提高其性能。将处理好的硒化钼/硅异质结与其他太阳能电池组件结合，形成完整的太阳能电池。

硒化钼/硅异质结太阳能电池具有较高的光电转换效率和稳定性，可广泛应用于太阳能发电、光伏发电等领域，为可再生能源的开发和利用提供有力支持。同时，其制备方法简单、成本低廉，具有良好的经济和社会效益。



太阳能电池

21.2.2 钛矿太阳能电池用二硒化钼

钙钛矿太阳能电池，也被称为新概念太阳能电池，属于第三代太阳能电池。其名称来源于其关键吸光材料——钙钛矿型有机金属卤化物半导体。这种材料具有特殊的晶体结构（ ABX_3 型）和优异的光电性能，使得钙钛矿太阳能电池在光吸收、电子激发、电荷分离等方面表现出色。

钙钛矿太阳能电池的设计原理主要基于以下几个关键部分：透明导电基底、载流子传输层、钙钛矿层以及金属电极。其中，钙钛矿层作为吸光层，直接决定了器件的性能。当太阳光照射到钙钛矿层时，光子被吸收并激发材料内的电子，产生电子-空穴对。这些电子-空穴对在电场的作用下分离，并通过载流子传输层被电极收集，最终在外电路中形成电流。

一、钙钛矿太阳能电池的工作原理

钙钛矿太阳能电池的工作原理是通过光吸收、电子激发、电荷分离、电流传输和电流输出等步骤，将太阳能转化为电能。这一过程中，钙钛矿材料的特殊结构和性能发挥了关键作用，使得钙钛矿太阳能电池具有高效、环保和低成本等优点。



(1) 光吸收：当太阳光照射到钙钛矿太阳能电池的表面时，首先会被钙钛矿层所吸收。钙钛矿层作为吸光层，具有高效的光吸收能力，能够吸收太阳光中的光子。钙钛矿材料的光吸收系数很高，通常大约 300nm 厚的钙钛矿层材料即能充分吸收入射光子，这大大降低了电池的成本和厚度。



钙钛矿材料



太阳能电池

(2) 电子激发：吸收的光子会激发钙钛矿材料内的电子，使其从低能级跃迁到高能级。这个过程中，电子获得了足够的能量，变得足够活跃，能够流动并产生电流。钙钛矿材料



往往具有较低的载流子复合几率和较高的载流子迁移率,这使得电子和空穴的扩散距离和寿命较长,有利于电流的生成和传输。

(3) 电荷分离:在钙钛矿太阳能电池中,由于钙钛矿材料的特殊结构和电场的作用,被激发的电子和空穴(即失去电子的原子留下的空位)会迅速分离。激子(由电子和空穴组成的束缚态)在室温下能够迅速分离成自由的电子和空穴,为电流的生成提供了基础。

(4) 电流传输:分离后的自由载流子(电子和空穴)会在钙钛矿材料中传输。这些载流子通过电子传输层和空穴传输层被有效地收集和导向。电子传输层起到传输电子并阻挡空穴的作用,而空穴传输层则是起到传输空穴并阻挡电子的作用。这种设计确保了电子和空穴能够分别被收集,减少了载流子的损失。



太阳能电池

(5) 电流输出:电子和空穴分别被收集后,通过连接透明导电基底(如 FTO)和金属电极的电路,形成电流。这个电流可以被导出到外部设备,如电池、充电器等,用于供电或充电。产生的电压通过电线传输到外部设备,完成整个光电转换的过程。同时,电子和空穴会返回钙钛矿材料,准备下一次的光吸收和电流生成。

钙钛矿太阳能电池以其高转换效率、低成本和易制备等优点在光伏领域展现出巨大的潜力。然而,其稳定性问题和在大面积应用时的效率损失仍是制约其发展的关键因素。

二、钙钛矿太阳能电池的优点

(1) 高转换效率:钙钛矿太阳能电池以其高转换效率而备受瞩目。理论上,其转换效率可达到 30%以上,这意味着它能够更有效地将太阳光转化为电能。事实上,随着研究的深入和技术的进步,钙钛矿太阳能电池的实际转换效率也在不断提高,逐步接近理论值。



(2) 低成本：钙钛矿材料是一种合成材料，其原料中没有稀有金属，这使得其制造成本相对较低。与传统的硅基太阳能电池相比，钙钛矿太阳能电池在材料成本上具有显著优势，有助于降低整个太阳能电池系统的成本。

(3) 易制备：钙钛矿太阳能电池可以通过溶液法制备，这种制备方法简单、灵活，并且易于实现大面积制备。与其他太阳能电池相比，钙钛矿太阳能电池的制备过程更加便捷，有利于实现大规模生产和应用。



钙钛矿材料

三、钙钛矿太阳能电池的缺点

(1) 稳定性较差：钙钛矿材料在光照、湿度、温度等条件下易发生分解和老化。这导致钙钛矿太阳能电池在实际应用中表现出较差的稳定性。例如，一些研究指出钙钛矿电池的T80寿命（即效率下降到初始值的80%的寿命）只有数千小时，远低于传统硅基太阳能电池的使用寿命。

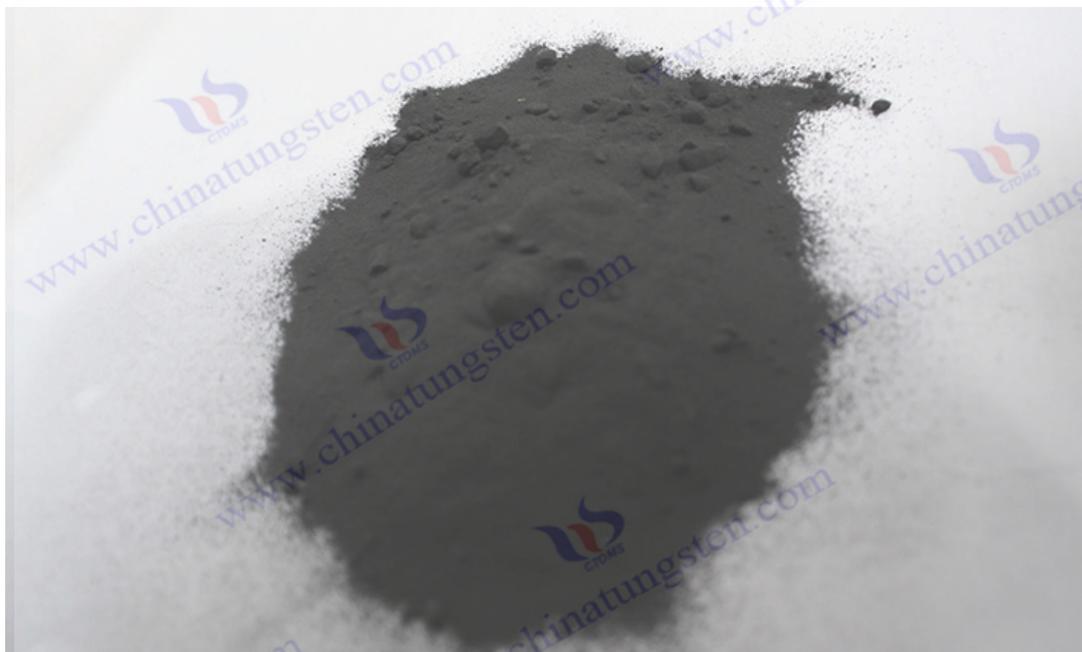
(2) 大面积应用时的效率损失：尽管在小面积下钙钛矿太阳能电池可以实现较高的转换效率，但在大面积应用时却面临效率损失的问题。这主要是由于制备工艺和材料均匀性等方面的挑战导致的。在大面积制备过程中，很难保证钙钛矿层的均匀性和一致性，从而影响了器件的整体性能。

针对钙钛矿太阳能电池稳定性较差的问题，研究人员提出了多种解决方案，其中掺杂二硒化钼（MoSe₂）是一种有效的方法。二硒化钼是一种二维材料，具有优异的电学和光学性能。它的独特结构和性质使其成为一种理想的材料，用于改善钙钛矿太阳能电池的稳定性。

四、钙钛矿太阳能电池掺杂二硒化钼的作用



(1) 抑制离子迁移：钙钛矿太阳能电池在工作过程中，钙钛矿层中的离子（如 Li 离子和 I 离子）容易发生迁移，导致器件性能下降。二硒化钨的掺入可以形成稳定的界面层，有效抑制这些离子的迁移，从而提高器件的稳定性。



二硒化钨

(2) 减少复合损失：在钙钛矿太阳能电池中，电子和空穴的复合是性能损失的主要原因之一。二硒化钨的掺入能够减少界面处的复合损失，提高电荷的收集效率，从而增强器件的光电转换效率。



太阳能电池



(3) 提高电荷传输效率：二硒化钨具有良好的电导性和载流子迁移率，其掺入钙钛矿太阳能电池中可以提高电荷的传输效率，使电流输出更加稳定。



二硒化钨

21.2.3 太阳能电池用二硒化钨复合材料

传统的太阳能电池材料如硅基太阳能电池虽然具有较高的能量转换效率，但受限于材料特性和制备工艺，其效率和稳定性仍有待提升。同时，硅基太阳能电池体积较大，不适合在小型电子设备中广泛应用。因此，开发新型高效、稳定且适用于小型电子设备的太阳能电池成为了研究的重点。



太阳能电池



二硒化钼 (MoSe_2) 作为一种二维纳米材料, 具有优异的光电性能和化学稳定性, 近年来在太阳能电池领域受到了广泛关注。然而, MoSe_2 本身作为太阳能电池材料仍存在一些挑战, 如载流子迁移率较低、带隙较宽等。为了解决这些问题, 研究人员提出了将 MoSe_2 与其他二维纳米材料如二硫化钨 (WS_2) 和石墨烯结合使用的方法, 以期实现高效、稳定的太阳能电池。

为了实现石墨烯太阳能电池的高效率, 研究人员设计了一种三层材料结构, 将单层 MoSe_2 、 WS_2 和石墨烯叠放在一起。这种结构可以看作是两个满是电子的房间 (MoSe_2 层和石墨烯层) 之间通过一个走廊 (WS_2 层) 相连。当光线照射时, MoSe_2 层中的电子被激发并释放出来, 随后穿过 WS_2 层走廊进入石墨烯层。在这个过程中, 走廊 (WS_2 层) 作为缓冲带, 有助于电子将它们的座位留在 MoSe_2 层, 从而促进了光能向电流的转化。



二硒化钼

为了验证这一设计的有效性, 研究者使用超短激光脉冲 (0.1 皮秒) 来激发 MoSe_2 层中的电子。通过另一个超短激光脉冲, 他们能够在电子穿过 WS_2 层走廊进入石墨烯层的过程中实时监测这些电子的运动。实验结果表明, 这些电子在走廊 (WS_2 层) 中的平均移动时间为约 0.5 皮秒, 然后在石墨烯层中保持移动约 400 皮秒。这一结果比单层石墨烯中的电子移动时间提高了 400 倍, 表明该三层复合材料结构显著提高了太阳能电池的电子传输效率。

此外, 研究人员还对该太阳能电池的光电性能进行了测试。结果表明, 该太阳能电池具有较高的能量转换效率和稳定性。这主要得益于 MoSe_2 、 WS_2 和石墨烯三种材料之间的协同作用以及它们之间良好界面接触。同时, 这三种材料均为薄如蝉翼的单层二维纳米材料, 因此可以将它们组合成三明治型的夹心结构来制造非常薄、非常小且外观呈透明状的太阳能电池面板。这种面板不仅具有较高的能量转换效率和稳定性, 而且易于集成到各种小型电子设备中。

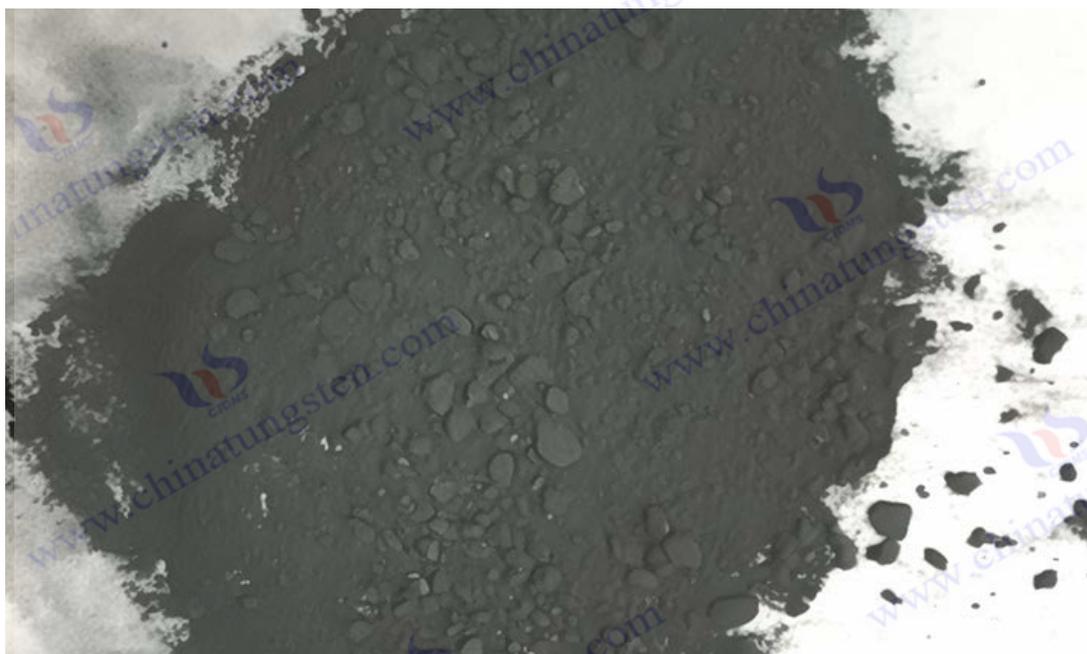


MoSe₂、WS₂和石墨烯复合材料太阳能电池的研究为太阳能电池的发展提供了新的方向。它不仅具有较高的能量转换效率和稳定性，而且具有薄、小、透明的特点，非常适合在小型电子设备中广泛应用。例如，在可折叠手机等电子设备中，可以利用该太阳能电池进行能量收集和供电。此外，该太阳能电池还可以应用于物联网、可穿戴设备等领域，为这些设备的持续运行提供稳定的能源支持。

未来，随着对二维纳米材料研究的深入以及制备工艺的不断优化，MoSe₂、WS₂和石墨烯太阳能电池的性能将得到进一步提升。同时，通过与其他新型材料的结合使用以及多结叠层电池的设计，有望实现更高效率和更广泛应用领域的太阳能电池。这将为可再生能源的发展和环境保护做出重要贡献。

21.2.4 太阳能电池用硒化钼的挑战

硒化钼作为一种二维材料，具有优异的光电性能，可以实现较高的光电转换效率。特别是在超薄太阳能电池领域，MoSe₂展现出显著的优势。此外，MoSe₂具有轻薄的特性，适用于制备柔性太阳能电池。这种柔性太阳能电池可以应用于可穿戴设备、航空航天等领域，具有广阔的市场前景。然而，在实际应用中，MoSe₂也面临一些问题和挑战。



硒化钼

一、硒化钼在太阳能电池中存在的问题

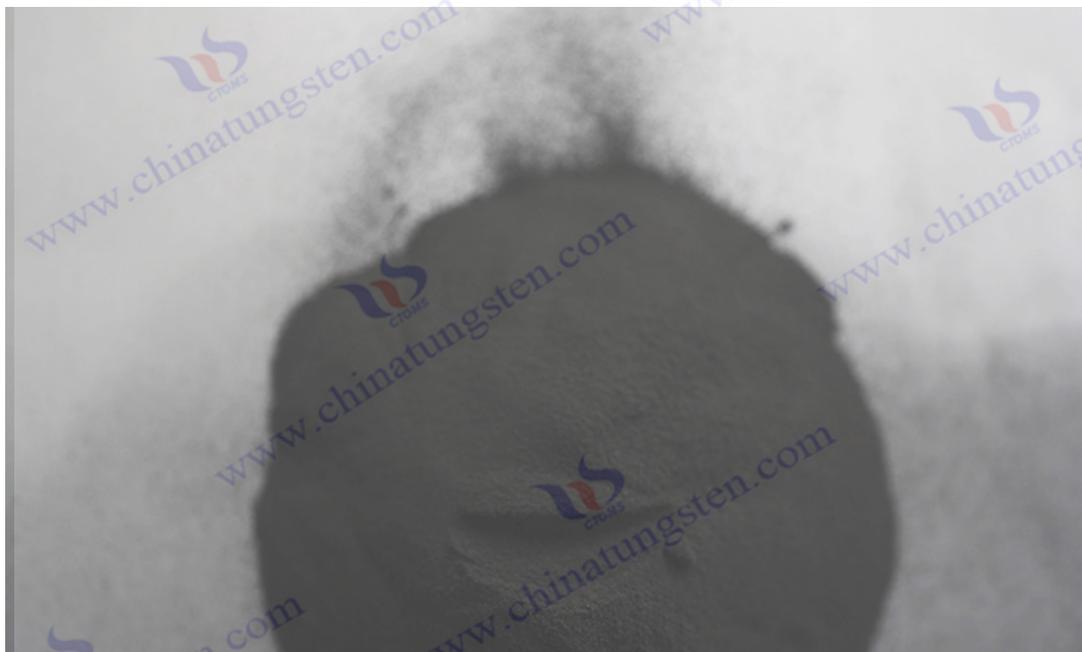
(1) 光电转换效率有待提高：虽然硒化钼太阳能电池的转换效率已有显著提升，但仍低于传统硅基太阳能电池。这主要是由于硒化钼材料的带隙较宽，限制了其对太阳光谱中长波部分（如红外光）的吸收能力。

(2) 稳定性与耐久性不足：硒化钼太阳能电池在长期使用过程中，特别是在恶劣环境下（如高温、高湿、紫外光照射等），可能会出现性能下降甚至失效的情况。这主要与其材



料的化学稳定性和物理结构稳定性有关。

(3) 制备工艺复杂且成本高：目前，制备高质量硒化钨薄膜的工艺较为复杂，成本也较高，这限制了其在大规模生产和商业应用中的推广。



硒化钨

(4) 界面工程问题：在硒化钨与其他材料构成的太阳能电池结构中，界面问题可能会影响电荷的传输和收集效率，进而影响电池的整体性能。



太阳能电池

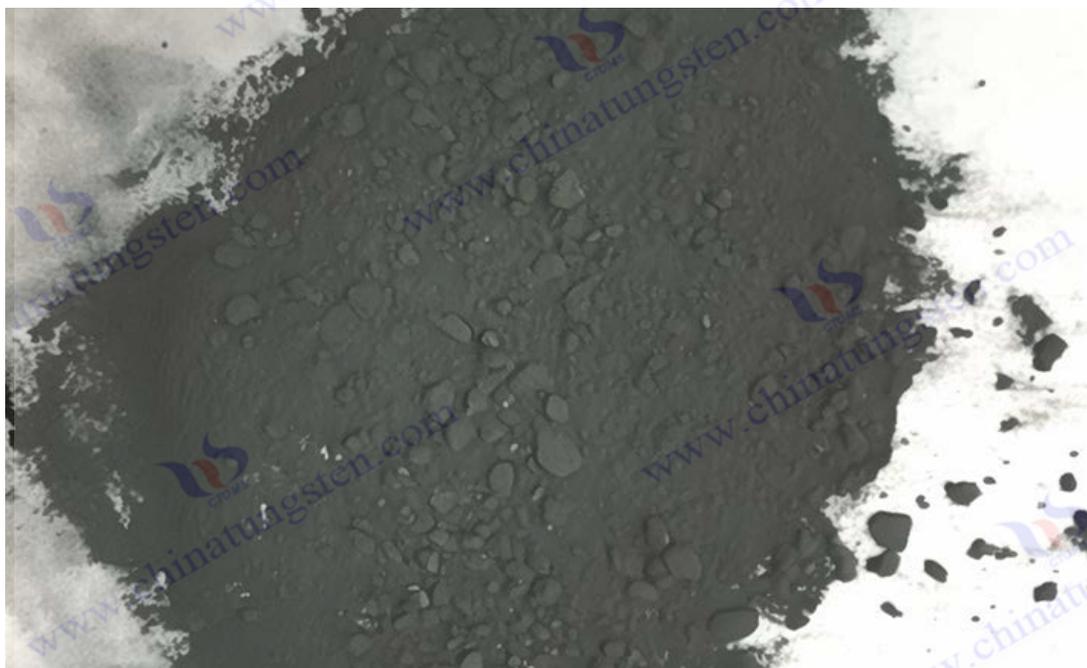


二、针对硒化钼问题的解决方法

(1) 优化硒化钼的能带结构：通过调控硒化钼的能带结构，降低其带隙，提高其对太阳光谱中长波部分的吸收能力，从而提高光电转换效率。例如，可以通过掺杂、合金化等方法来实现能带结构的优化。

(2) 提高硒化钼的稳定性和耐久性：针对硒化钼材料在长期使用过程中的稳定性和耐久性问题，可以通过改进制备工艺、优化材料结构、引入保护层等方法来提高其稳定性和耐久性。例如，可以采用原子层沉积（ALD）技术在硒化钼表面沉积一层稳定的氧化物或氮化物保护层，以提高其抗氧化和抗腐蚀性能。

(3) 简化制备工艺并降低成本：为了降低硒化钼太阳能电池的生产成本，需要简化制备工艺并提高生产效率。例如，可以采用化学气相沉积（CVD）技术来实现硒化钼薄膜的大规模制备，并通过优化工艺参数来提高薄膜的质量和均匀性。此外，还可以通过回收再利用材料、提高材料利用率等方式来降低成本。



硒化钼

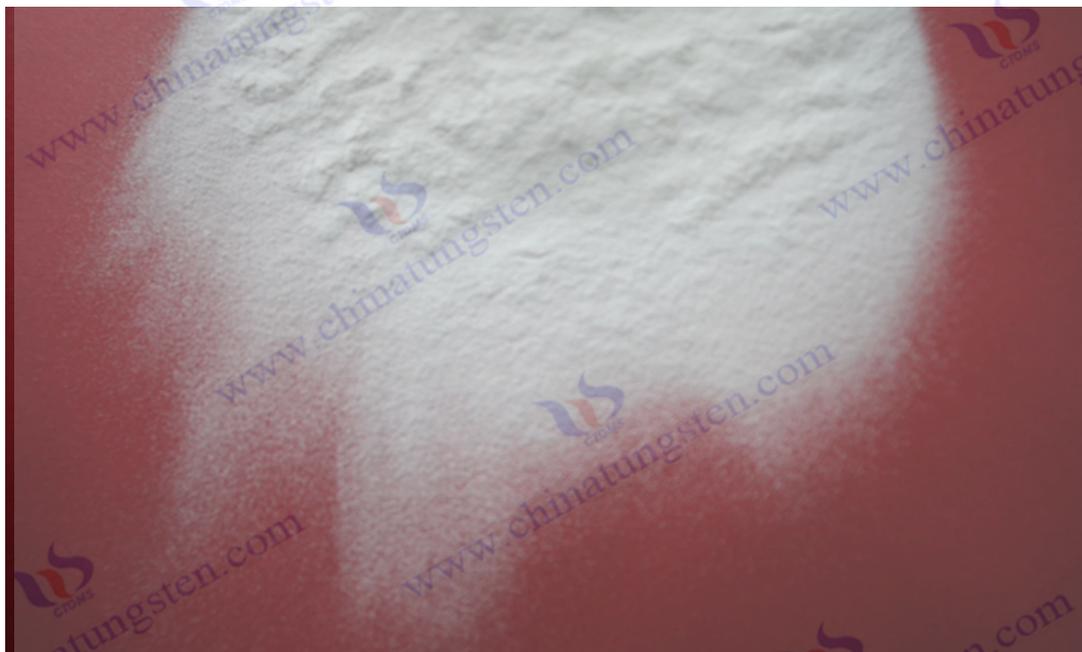
(4) 优化界面工程：针对硒化钼太阳能电池中的界面问题，可以通过优化界面工程来提高电荷的传输和收集效率。例如，可以在硒化钼与其他材料之间引入一层合适的界面层或缓冲层，以减少界面电阻和电荷复合损失；同时，还可以采用表面改性、掺杂等方法来优化界面的电荷传输性能。

总的来说，虽然硒化钼在太阳能电池领域存在一些问题和挑战，但通过优化能带结构、提高稳定性和耐久性、简化制备工艺并降低成本以及优化界面工程等方法，可以有效地解决这些问题并发挥硒化钼在太阳能电池中的应用优势。



21.3 钼酸锌在太阳能电池中的应用

随着全球对可再生能源的迫切需求，太阳能电池作为一种清洁、可再生的能源转换技术，受到了广泛关注。在太阳能电池的发展过程中，光电材料的选择和优化对于提高太阳能电池的光电转换效率至关重要。钼酸锌作为一种高效的光电材料，因其独特的物理化学性质，在太阳能电池领域展现出了巨大的应用潜力。



钼酸锌

钼酸锌（Zinc Molybdate），化学式为 $ZnMoO_4$ ，分子量为 225.33800，CAS 号为 13767-32-3。它是一种白色或浅黄色粉末，密度约 $4.3g/cm^3$ ，折射率约 1.56。钼酸锌具有难溶于水、易溶于酸、能与碱性氧化物发生反应等特性。此外， $ZnMoO_4$ 还具备环保、无放射、耐高温、耐光性等优点，以及较强的遮盖力和着色能力。



钼酸锌



钼酸锌具有两种晶体结构，即白钨矿晶体结构和钨锰铁矿结构。在白钨矿晶体结构中， Mo^{6+} 位于氧四面体中心，形成 $(\text{MoO}_4)^{2-}$ ，Zn有八个近邻氧配体，形成一个畸变的立方体。而在钨锰铁矿结构中， $(\text{MoO}_4)^{2-}$ 是呈现扭曲的配位八面体。

钼酸锌具有较高的导电性和光学特性，能够吸收大量的光能并转化为电能。其较宽的能带间隙使其能够吸收更多的太阳能，并将其转化为电能。此外， ZnMoO_4 还具有优异的载流子传输特性，可以有效地收集和传导电子和空穴，提高光电转换效率。

钼酸锌作为太阳能电池的关键材料之一，可以大幅提高太阳能电池的光电转换效率。在染料敏化太阳能电池中，采用 ZnMoO_4 作为对电极材料，其光电转换效率可达到4.19%。通过添加石墨或导电碳等碳复合材料，可以进一步提高 ZnMoO_4 的光电转换效率，分别达到6.56%和7.36%。另外，钼酸锌作为一种环保材料，无放射、耐高温、耐光性等特点使其在生产使用过程中不会对环境造成污染。



太阳能电池

21.3.1 太阳能电池对电极用钼酸锌复合材料

染料敏化太阳能电池（DSCs）因其制造成本低、结构简单、可塑性强等优点，成为太阳能电池领域的研究热点之一。而对电极作为DSCs中的重要组成部分，其性能直接影响电池的光电转换效率。

钼酸锌（ ZnMoO_4 ）作为一种新型的无机半导体材料，因其独特的电子结构和物理化学性质，在光催化、电池等领域展现出良好的应用前景。特别是其在染料敏化太阳能电池对电极中的应用，因其高催化活性和稳定性，受到了广泛关注。然而，纯相的 ZnMoO_4 材料存在导电性较差的问题，限制了其在DSCs中的应用。因此，如何改善 ZnMoO_4 材料的导电性，提高其作为对电极材料的光电转换效率，成为当前研究的重点。



研究者采用水热合成法制备出片状结构的钼酸锌，并以其为原料，添加石墨（G）或导电碳（Cc），利用喷涂法分别制备出 $ZnMoO_4$ 、 $ZnMoO_4-G$ 和 $ZnMoO_4-Cc$ 对电极催化材料，应用于染料敏化太阳能电池中。通过对比不同对电极材料的光电转换效率、电化学阻抗（EIS）、循环伏安法（CV）及 Tafel 极化曲线等性能，研究了 $ZnMoO_4$ 及其复合材料在 DSCs 对电极中的应用性能。



钼酸锌

一、染料敏化太阳能电池的制备

(1) 用水热合成法制备钼酸锌。将一定量的硝酸锌和钼酸钠溶解在去离子水中，搅拌均匀后，将溶液转移至水热反应釜中，在设定的温度和时间下进行反应。反应结束后，将产物进行离心、洗涤、干燥，得到片状结构的 $ZnMoO_4$ 。

(2) 将制备好的钼酸锌与一定量的石墨或导电碳混合，加入适量的去离子水，搅拌均匀后，利用喷涂法将混合物喷涂在导电玻璃上，形成对电极催化材料。通过控制喷涂次数和浓度，得到不同厚度的对电极催化层。

(3) 将制备好的对电极与染料敏化的 TiO_2 光阳极进行组装，加入电解液后，得到完整的 DSCs 器件。

二、染料敏化太阳能电池的检测

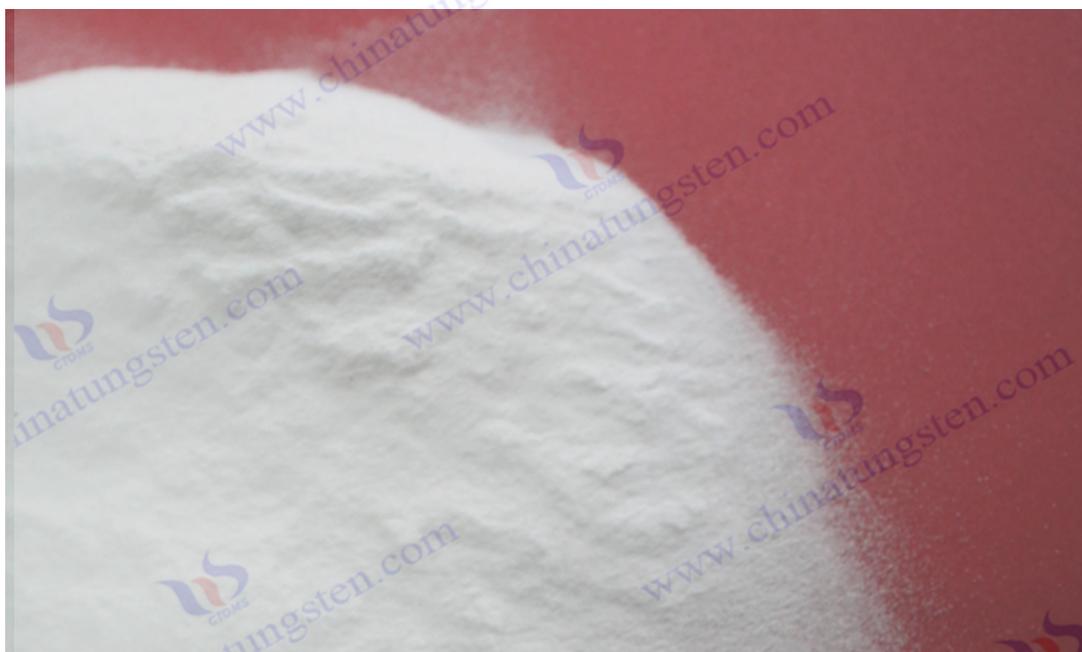
实验结果表明，以 $ZnMoO_4$ 为对电极材料的 DSCs 光电转换效率为 4.19%。在分别添加石墨及导电碳制备成复合对电极材料后，其相应的光电转换效率分别提高到 6.56% 及 7.36%。其中， $ZnMoO_4-Cc$ 对电极与相同条件下铂对电极的光电转换效率（7.81%）相当。这表明通过添加导电性良好的石墨或导电碳，可以有效提高 $ZnMoO_4$ 的导电性，进而提高其作为对电极材料的光电转换效率。



电化学阻抗测试结果表明， $ZnMoO_4$ 、 $ZnMoO_4-G$ 和 $ZnMoO_4-Cc$ 三种材料均具有一定的导电性。其中， $ZnMoO_4-Cc$ 的阻抗值最小，说明其导电性最好。这可能是由于导电碳的添加，使得 $ZnMoO_4$ 颗粒之间的接触更加紧密，从而提高了电子的传输效率。

循环伏安法测试结果表明， $ZnMoO_4$ 、 $ZnMoO_4-G$ 和 $ZnMoO_4-Cc$ 三种材料均具有良好的电催化性能。其中， $ZnMoO_4-Cc$ 的氧化还原峰电流最大，说明其电催化活性最高。这可能是由于导电碳的添加，使得 $ZnMoO_4$ 的活性位点增多，从而提高了其电催化性能。

Tafel 极化曲线测试结果表明， $ZnMoO_4$ 、 $ZnMoO_4-G$ 和 $ZnMoO_4-Cc$ 三种材料均表现出较低过电位和较大的交换电流密度。其中， $ZnMoO_4-Cc$ 的过电位最小，交换电流密度最大，说明其电催化性能最好。这进一步验证导电碳的添加对提高 $ZnMoO_4$ 电催化性能的作用。



钼酸锌

21.3.2 太阳能电池用钼酸锌的挑战

近年来，随着光电材料研究的深入，钼酸锌作为一种高效的光电材料，在太阳能电池领域的应用受到了广泛关注。然而， $ZnMoO_4$ 在太阳能电池中的应用仍存在一些不足之处，限制了其性能的进一步提升。

一、太阳能电池用钼酸锌存在的不足

(1) 光电转换效率有待提升：尽管钼酸锌在太阳能电池中具有广阔的应用前景，但其光电转换效率仍有待进一步提升。目前，钼酸锌太阳能电池的光电转换效率与理论值相比仍有较大差距，这主要是由于钼酸锌材料的能带结构、光吸收性能以及电荷传输性能等因素的限制。

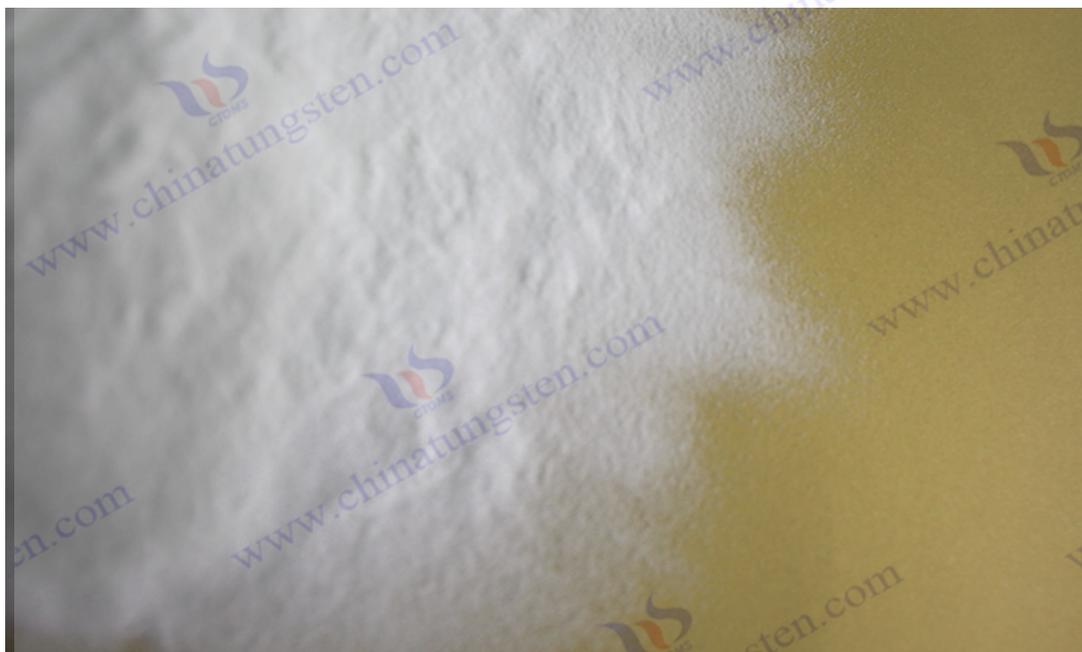


(2) 材料稳定性不足：钼酸锌材料在长时间使用过程中，可能会受到光照、温度等环境因素的影响，导致材料性能下降，甚至失效。这种材料稳定性不足的问题，严重影响了钼酸锌太阳能电池的使用寿命和可靠性。



太阳能电池

(3) 制备工艺复杂：钼酸锌太阳能电池的制备工艺相对复杂，需要高精度的设备和技术支持。这不仅增加了生产成本，还限制了钼酸锌太阳能电池的规模化生产和应用。



钼酸锌

二、弥补太阳能电池用钼酸锌不足的策略



(1) 优化材料设计：针对钼酸锌材料光电转换效率不足的问题，可以通过优化材料设计来提高其性能。例如，可以通过调整钼酸锌材料的能带结构、改善光吸收性能以及提高电荷传输性能等方式，来提高其光电转换效率。此外，还可以探索新型钼酸锌复合材料，通过与其他材料的复合来提高其性能。

(2) 提高材料稳定性：为了弥补钼酸锌材料稳定性不足的问题，可以采用以下方法：一是通过优化材料制备工艺，减少材料中的缺陷和杂质，提高材料的纯度；二是采用表面处理技术，在材料表面形成一层保护膜，以防止外界环境对材料的侵蚀；三是通过掺杂改性等手段，提高材料的抗氧化性和抗腐蚀性。

(3) 简化制备工艺：为了降低钼酸锌太阳能电池的制备成本，需要简化其制备工艺。可以通过开发新型制备技术、优化制备流程以及提高设备自动化程度等方式，来降低生产成本并提高生产效率。此外，还可以探索新型低成本材料替代方案，以进一步降低钼酸锌太阳能电池的生产成本。

综上所述，太阳能电池用钼酸锌虽然具有广阔的应用前景，但仍存在一些不足之处。为了充分发挥钼酸锌在太阳能电池中的优势，需要采取一系列措施来弥补其不足。通过优化材料设计、提高材料稳定性以及简化制备工艺等策略的实施，可以进一步提高钼酸锌太阳能电池的性能和可靠性，推动其在可再生能源领域的应用和发展。



太阳能电池

