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

Copyright© 2021 All Rights Reserved
ISO 9001-2015 认证号码:00122Q31380R3S/3502
标准文件版本号 CTOXMQCD-MA-E/P 2022 版

www.chinatungsten.com
电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

著作版权、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.cm
ceo@tungsten.com.cn

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

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.cm
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、钼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；多年的经验和技术积累，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.cm
ceo@tungsten.com.cn

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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、理化学质、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、铌钨氧化物、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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

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、轻重量等优点、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 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，是锂电池理想的代替品。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。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

2.10.7 锌离子电池使用注意事项
2.10.8 锌离子电池的应用
2.10.9 锌离子电池的发展现状
2.10.10 锌离子电池的发展前景
2.10.11 锌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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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
5.11.1.2 新能源电池用钨酸锌
5.11.1.3 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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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 燃料电池用氢钼钨青铜
10.4.1 燃料电池催化剂用氢钼钨青铜
10.4.2 燃料电池催化剂用氢钼钨青铜挑战
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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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 纳米紫色氧化在电池中的技术挑战与解决方法
12.4 铌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 钼在新能源电池市场的介绍

第十五章 新能源电池中的钼化合物介绍

15.1 什么是氧化钼
15.1.1 氧化钼结构
15.1.2 氧化钼理化性质
15.1.3 氧化钼分类
15.1.3.1 新能源电池用三氧化钼
15.1.3.2 新能源电池用二氧化钼
15.1.3.3 新能源电池用氧化钼纳米线
15.1.3.4 新能源电池用氧化钼纳米棒
15.1.3.5 新能源电池用氧化钼纳米纤维
15.1.3.6 新能源电池用微米氧化钼
15.1.3.7 新能源电池用亚微米氧化钼

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

15.1.3.8 新能源电池用纳米氧化钼
15.1.3.9 新能源电池用亚纳米氧化钼
15.1.4 氧化钼生产方法
15.1.5 氧化钼应用
15.2 什么是碳化钼
15.2.1 碳化钼结构
15.2.2 碳化钼理化性质
15.2.3 碳化钼分类
15.2.3.1 新能源电池用碳化钼纳米管
15.2.3.2 新能源电池用碳化钼纳米片
15.2.3.3 新能源电池用碳化钼纳米线
15.2.3.4 新能源电池用碳化钼纳米棒
15.2.3.5 新能源电池用碳化钼纳米纤维
15.2.3.6 新能源电池用微米碳化钼
15.2.3.7 新能源电池用亚微米碳化钼
15.2.3.8 新能源电池用纳米碳化钼
15.2.3.9 新能源电池用亚纳米碳化钼
15.2.4 碳化钼生产方法
15.2.5 碳化钼应用
15.3 什么是氮化钼
15.3.1 氧化钼结构
15.3.2 氮化钼理化性质
15.3.3 氮化钼分类
15.3.3.1 新能源电池用氮化钼量子点
15.3.3.2 新能源电池用氮化钼纳米片
15.3.3.3 新能源电池用氮化钼纳米簇
15.3.3.4 新能源电池用一氮化钼
15.3.3.5 新能源电池用六叠氮化钼
15.3.3.6 新能源电池用二氮化钼
15.3.3.7 新能源电池用氮化二钼
15.3.3.8 新能源电池用二氮化三钼
15.3.4 氮化钼生产方法
15.3.5 氮化钼应用
15.4 什么是二硫化钼
15.4.1 二硫化钼结构
15.4.2 二硫化钼理化性质
15.4.3 二硫化钼分类
15.4.3.1 新能源电池用二硫化钼纳米颗粒
15.4.3.2 新能源电池用二硫化钼纳米片
15.4.3.3 新能源电池用二硫化钼纳米棒
15.4.3.4 新能源电池用二硫化钼纳米花
15.4.3.5 新能源电池用二硫化钼纳米纤维
15.4.3.6 新能源电池用微米二硫化钼
15.4.3.7 新能源电池用亚微米二硫化钼

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

15.4.3.8 新能源电池用纳米二硫化钼
15.4.3.9 新能源电池用亚纳米二硫化钼
15.4.4 二硫化钼生产方法
15.4.5 二硫化钼应用
15.5 什么是二硒化钼
15.5.1 二硒化钼结构
15.5.2 二硒化钼理化性质
15.5.3 二硒化钼分类
15.5.3.1 新能源电池用二硒化钼纳米颗粒
15.5.3.2 新能源电池用二硒化钼纳米片
15.5.3.3 新能源电池用二硒化钼纳米棒
15.5.3.4 新能源电池用二硒化钼纳米花
15.5.3.5 新能源电池用二硒化钼纳米纤维
15.5.3.6 新能源电池用微米二硒化钼
15.5.3.7 新能源电池用亚微米二硒化钼
15.5.3.8 新能源电池用纳米二硒化钼
15.5.3.9 新能源电池用亚纳米二硒化钼
15.5.4 二硒化钼生产方法
15.5.5 二硒化钼应用
15.6 什么是钼酸盐
15.6.1 钼酸盐结构
15.6.2 钼酸盐理化性质
15.6.3 钼酸盐分类
15.6.3.1 新能源电池用钼酸锂
15.6.3.2 新能源电池用钼酸铁
15.6.3.3 新能源电池用钼酸铜
15.6.3.4 新能源电池用钼酸镍
15.6.3.5 新能源电池用钼酸镁
15.6.3.6 新能源电池用钼酸锌
15.6.3.7 新能源电池用磷钼酸
15.6.3.8 新能源电池用七钼酸铵
15.6.3.9 新能源电池用钼酸钠
15.6.3.10 新能源电池用钼酸钾
15.6.4 钼酸盐生产方法
15.6.5 钼酸盐应用

第十六章 钼在锂离子电池中的应用

16.1 氧化钼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钼
16.1.2 锂离子电池负极材料用三氧化钼
16.1.3 锂离子电池负极材料用氧化钼的挑战
16.2 氮化钼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钼复合材料

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 氮化钼在锂硫电池中的应用
17.1.1 锂硫电池隔膜用氮化钼量子点
17.1.2 锂硫电池隔膜用氮化钼量子点的优势
17.1.3 锂硫电池隔膜用氮化钼量子点的挑战
17.2 二硫化钼在锂硫电池中的应用
17.2.1 锂硫电池负极材料用二硫化钼纳米片
17.2.2 锂硫电池负极材料用二硫化钼纳米片的优势
17.2.3 锂硫电池负极材料用二硫化钼纳米片的挑战
17.3 二硒化钼在锂硫电池中的应用
17.3.1 锂硫电池负极材料用二硒化钼复合材料
17.3.2 锂硫电池负极材料用二硒化钼复合材料的优势
17.3.3 锂硫电池负极材料用二硒化钼复合材料的挑战

第十八章 钼在钠离子电池中的应用

18.1 二硫化钼在钠离子电池中的应用
18.1.1 钠离子电池负极材料用二硫化钼复合材料
18.1.2 钠离子电池负极材料用二硫化钼复合材料的优势

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

18.1.3 钠离子电池负极材料用二硫化钼复合材料的挑战
18.2 二硒化钼在钠离子电池中的应用
18.2.1 钠离子电池负极材料用二硒化钼复合材料
18.2.2 钠离子电池负极材料用二硒化钼复合材料的优势
18.2.3 钠离子电池负极材料用二硒化钼复合材料的挑战
18.3 钼酸镍在钠离子电池中的应用
18.3.1 钠离子电池阳极材料用钼酸镍
18.3.2 钠离子电池电极材料用钼酸镍的优势
18.3.3 钠离子电池电极材料用钼酸镍的挑战

第十九章 钼在锌离子电池中的应用

19.1 二硫化钼在锌离子电池中的应用
19.1.1 锌离子电池负极材料用二硫化钼复合材料
19.1.2 锌离子电池负极材料用二硫化钼的优势
19.1.3 锌离子电池负极材料用二硫化钼的挑战
19.2 钼酸锌在锌离子电池中的应用
19.2.1 锌离子电池锌负极保护层用钼酸锌
19.2.2 锌离子电池锌负极保护层用钼酸锌的优势
19.2.3 锌离子电池锌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 碳化钼在燃料电池中的应用
20.1.1 燃料电池阳极用碳化钼
20.1.2 燃料电池阴极用碳化钼
20.1.3 燃料电池电极用碳化钼的优势
20.1.4 燃料电池电极用碳化钼的挑战
20.2 氮化钼在燃料电池中的应用
20.2.1 燃料电池阳极用氮化钼
20.2.2 燃料电池阴极用氮化钼
20.2.3 燃料电池电极用氮化钼的优势
20.2.4 燃料电池电极用氮化钼的挑战
20.3 磷钼酸在燃料电池中的应用

第二十一章 钼在太阳能电池中的应用

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

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

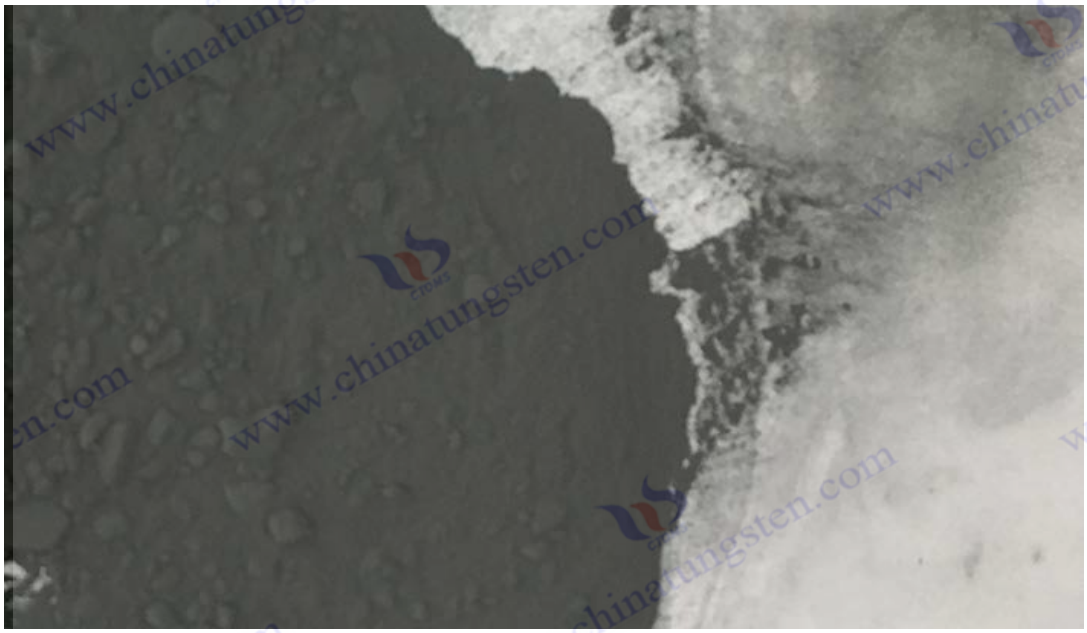
第Ⅲ部分 钼在新能源电池市场的介绍

第十六章 钼在锂离子电池中的应用

据中钨在线/中钨智造了解，与钨化合物如纳米黄色氧化钨、二硫化钨纳米片等相似，纳米氧化钼、纳米氮化钼、纳米二硫化钼、纳米二硒化钼、钼酸锂等钼化合物也能很好地应用于锂离子电池中。



高纯三氧化钼



纳米二硫化钼

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

锂离子电池作为现代能源存储技术的代表，因其高能量密度、长循环寿命和低自放电率等特点，在电动汽车、智能手机、笔记本电脑等众多领域得到了广泛应用。



电脑

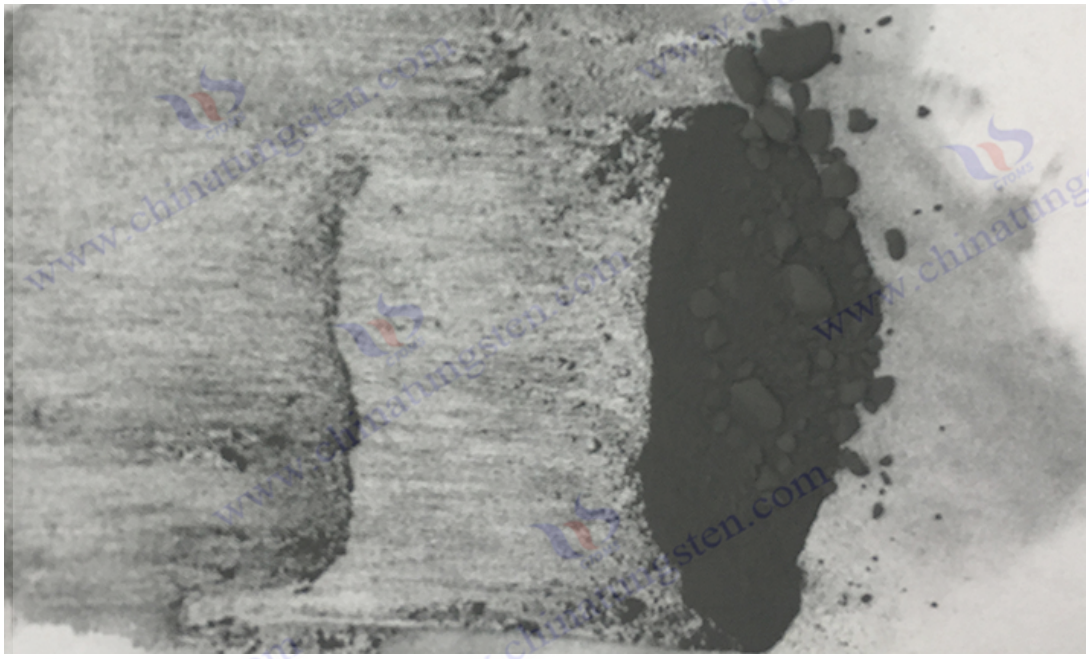
当前，锂离子电池的种类繁多，但基本结构相似，主要由正极、负极、电解液和隔膜组成。其中，正负极材料的选择对电池性能起着决定性作用。常见的正极材料有钴酸锂、锰酸锂、磷酸铁锂和三元材料等，而负极材料则主要以石墨和钛酸锂为主。然而，随着科技的进步和应用需求的提高，传统正负极材料的性能已逐渐接近其理论极限，因此，寻找新型电极材料成为了研究热点。



蓄电池

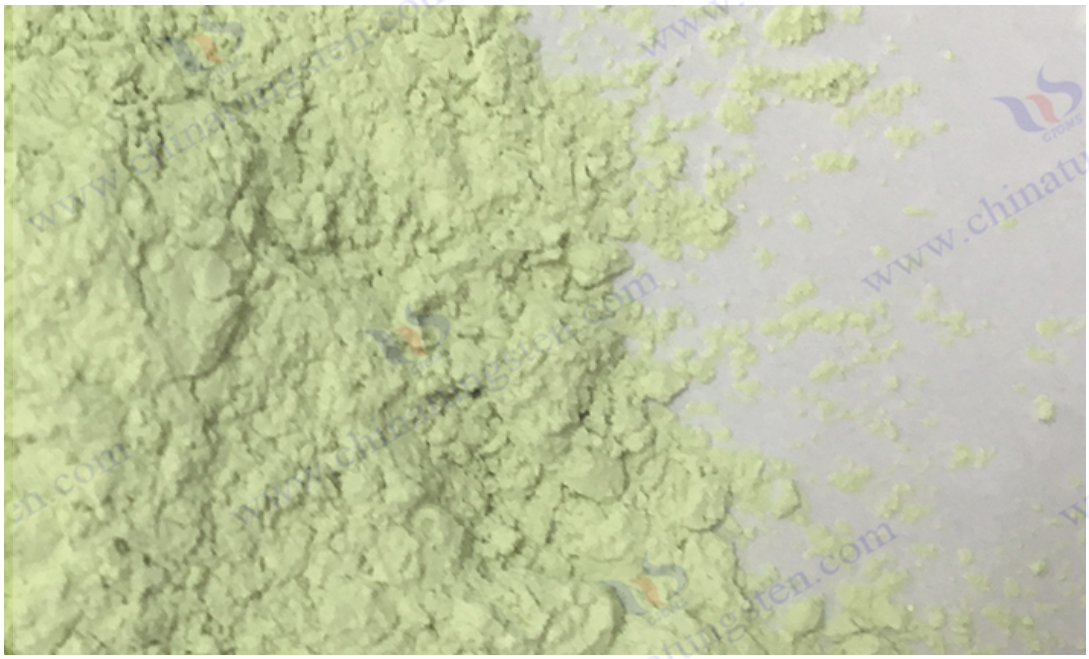
COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

在这一背景下，过渡金属钼化合物因其独特的电子结构和化学性质，被认为是潜在的锂离子电池电极材料。



纳米二硒化钼

首先，钼化合物具有较高的理论比容量。这意味着它能够存储更多的锂离子，从而提高电池的能量密度。此外，钼化合物通常具有优异的电导率和离子扩散速率，这有助于提高电池的充放电速率和功率密度。



三氧化钼

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

其次，钼化合物的晶体结构多样，且可以通过纳米化、多孔化等手段进行调控。这使得研究者可以根据实际需求，优化钼化合物的物理和化学性质，从而获得具有优异性能的锂离子电池电极材料。

再者，钼化合物的化学稳定性较好，能够在较宽的电压范围内稳定工作。这对于提高锂离子电池的安全性和循环稳定性具有重要意义。

然而，钼化合物作为锂离子电池电极材料也存在一些问题，如体积膨胀、与电解液的相容性差等。为了解决这些问题，研究者们通常会对钼化合物进行修饰，以提高其作为电极材料的性能。



电池

一种常见的修饰方法是使用碳材料对钼化合物进行包覆或复合。碳材料具有优异的导电性和稳定性，能够提高钼化合物的电导率和结构稳定性。此外，碳材料还能够缓解钼化合物在充放电过程中的体积膨胀问题，从而提高电池的循环寿命。

另一种修饰方法是引入其他金属离子或化合物，形成复合电极材料。这种方法可以通过调节复合材料的组成和结构，优化其电化学性能。例如，将钼化合物与锂离子导体或电子导体进行复合，可以提高电极材料的离子和电子传输效率，从而提高电池的充放电性能。

16.1 氧化钼在锂离子电池中的应用

锂离子电池作为现代电子产品和电动交通工具的重要能源载体，其性能的提升一直是科研和工业界关注的焦点。近年来，随着新材料研究的不断深入，氧化钼作为一种潜在的电极材料，逐渐受到了人们的重视。在氧化钼家族中，二氧化钼和三氧化钼因其独特的物理和化学性质，被认为在锂离子电池中具有广阔的应用前景。

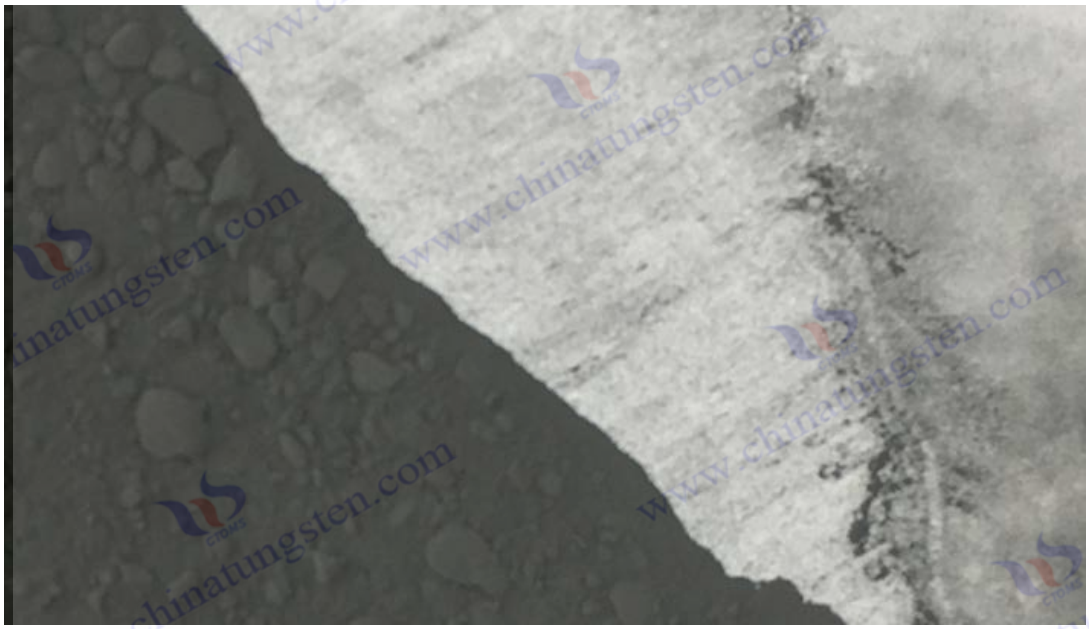
COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

（1）二氧化钼

二氧化钼（MoO_2）是一种黑色粉末，具有金属光泽，其晶体结构属于金红石型。它具有较高的电导率和优异的化学稳定性，这使得它在电极材料领域具有得天独厚的优势。MoO_2作为锂电池的负极材料，其高理论比容量和较好的循环稳定性是其受到关注的重要原因。

在锂离子电池中，二氧化钼的充放电过程涉及锂离子在材料中的嵌入和脱出。当电池充电时，锂离子从正极材料中脱出，通过电解液迁移到负极并嵌入到二氧化钼的晶格中，同时伴随着电子的转移，从而实现电能的储存。放电过程则相反，锂离子从二氧化钼中脱出并回到正极，释放出储存的电能。

二氧化钼作为电极材料的优势在于其高比容量和良好的循环性能。然而，其在实际应用中也面临着一些挑战，如充放电过程中的体积效应和界面稳定性等问题。为了克服这些挑战，研究者们正在通过纳米化、复合化等手段对 MoO_2 进行改性，以期提高其电化学性能。



二氧化钼

（2）三氧化钼

三氧化钼（MoO_3）是一种白色或淡黄色的固体，具有层状结构。它的晶体结构由共顶点的 MoO_6 八面体组成，这些八面体通过共享顶点形成了二维的层状结构。这种结构使得三氧化钼在离子嵌入和脱出过程中具有较高的灵活性，从而表现出良好的电化学性能。

在锂离子电池中，三氧化钼同样可以作为负极材料使用。其充放电机制与二氧化钼类似，也涉及到锂离子的嵌入和脱出过程。然而，与 MoO_2 相比，MoO_3 具有更高的理论比容量和更优异的循环稳定性。这使得 MoO_3 在追求更高能量密度和更长循环寿命的锂离子电池中具有更大的应用潜力。

然而，三氧化钼在实际应用中同样面临着一些挑战。例如，其导电性相对较差，这可能会

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

影响电池的倍率性能。此外，MoO_3 在充放电过程中也可能会出现体积膨胀和收缩的现象，这可能会对电池的循环稳定性产生不利影响。为了克服这些问题，研究者们正在探索通过纳米化、掺杂等手段对 MoO_3 进行改性，以提高其电化学性能。



三氧化钼

（3）MoO_2 与 MoO_3 在锂离子电池中的比较

二氧化钼和三氧化钼作为锂离子电池的电极材料，各自具有独特的优势。二氧化钼具有较高的电导率和良好的化学稳定性，而三氧化钼则具有更高的理论比容量和更优异的循环稳定性。在实际应用中，研究者们可以根据具体需求选择合适的材料或者将两种材料进行复合使用，以充分发挥它们各自的优点并克服潜在的问题。



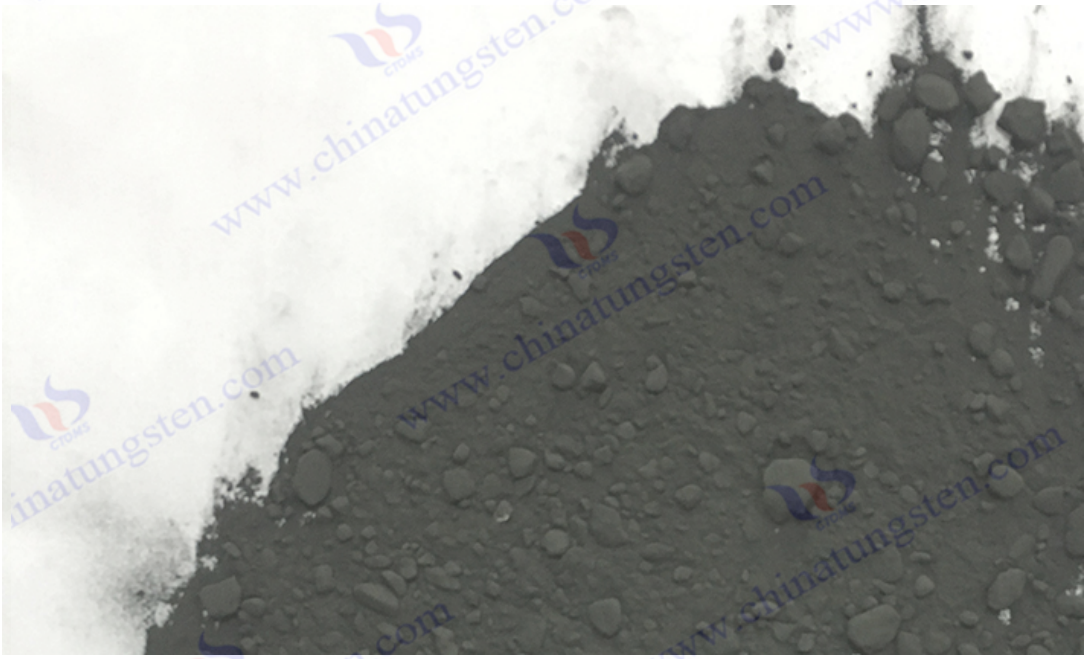
锂离子电池

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

16.1.1 锂离子电池负极材料用二氧化钼

锂离子电池作为现代电子产品和电动汽车的主要动力源，其性能的提升一直是科研和工业界的重要目标。负极材料作为锂离子电池的关键组成部分，其性能直接影响到电池的整体表现。在众多的负极材料中，二氧化钼以其独特的物理和化学性质，成为了一种具有潜力的候选材料。

二氧化钼（MoO_2）是一种具有金属光泽的黑色粉末，它具有较高的电导率和优异的化学稳定性。这些特性使得 MoO_2 在作为锂离子电池负极材料时，能够提供良好的电子传输能力和长期稳定性。



二氧化钼

在锂离子电池中，二氧化钼作为负极材料的主要反应机制是锂离子的嵌入和脱出。充电时，锂离子从正极材料中脱出，通过电解液迁移到负极并嵌入到 MoO_2 的晶格中，同时伴随着电子的转移，从而实现电能的储存。放电过程则相反，锂离子从 MoO_2 中脱出并回到正极，释放出储存的电能。这一过程的化学方程式可以表示为：

充电时：$xLi+MoO_2 \rightarrow Li_xMoO_2+xe^-$
放电时：$Li_xMoO_2 \rightarrow xLi+MoO_2+xe^-$

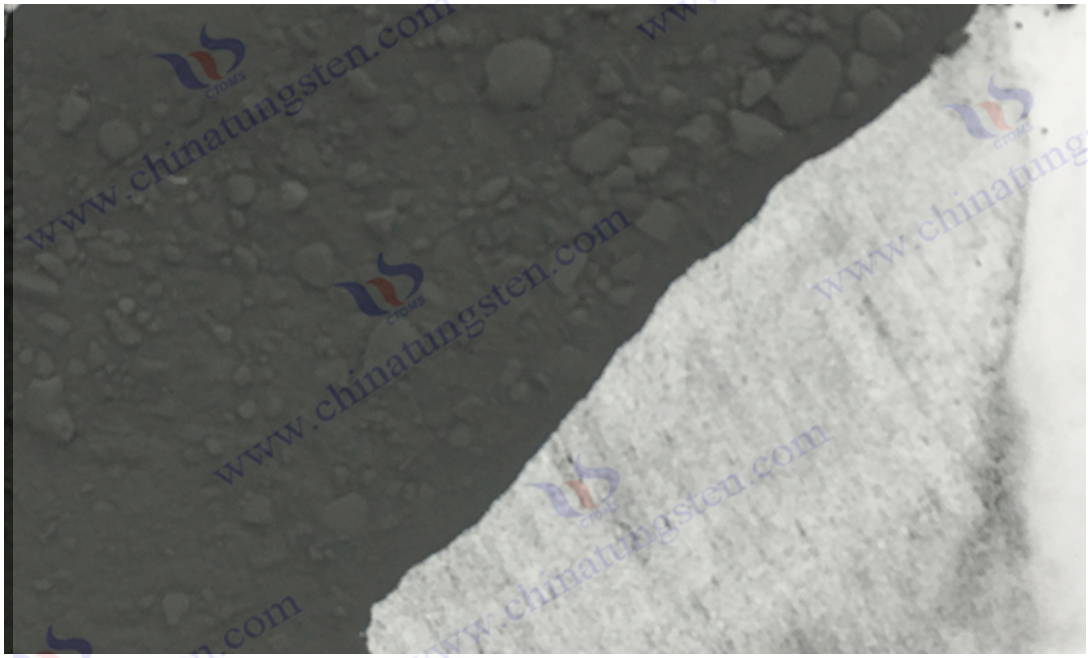
其中，x 表示嵌入的锂离子的数量，e^-表示电子。

二氧化钼作为负极材料的优势在于其高理论比容量。其理论容量高达 838mAh/g，远高于传统的石墨负极材料（理论容量为 372mAh/g）。这意味着 MoO_2 能够储存更多的电能，从而提高锂离子电池的能量密度。此外，MoO_2 还具有导电性好、熔点高、稳定性好等优点，这使得它在高温或恶劣环境下仍能保持良好的电化学性能。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

然而，二氧化钼在实际应用中也面临着一些挑战。其中最主要的问题是体积膨胀。在充放电过程中，随着锂离子的嵌入和脱出，MoO_2 材料会发生体积膨胀。这种体积膨胀会产生内应力，导致电极粉化和剥落，从而降低了材料的循环稳定性。常规的 MoO_2 材料往往只能循环 20~30 圈，这远远无法满足实际应用的需求。



二氧化钼

为了克服这一问题，研究者们采取了多种策略对二氧化钼进行改性。其中，纳米化是一种有效的手段。通过将二氧化钼制备成纳米尺度的颗粒，可以显著减少锂离子嵌入和脱出过程中的体积膨胀效应。此外，研究者们还尝试了复合化、掺杂等方法来提高 MoO_2 的电化学性能。这些改性方法在一定程度上提高了二氧化钼的循环稳定性和比容量，但仍需要进一步的研究和优化。

除了体积膨胀问题外，大颗粒的块状二氧化钼的实际充放电比容量往往很低，远低于其理论容量。这主要是因为大颗粒材料在充放电过程中锂离子难以完全嵌入和脱出。因此，减小颗粒尺寸、提高材料的比表面积是提高 MoO_2 实际充放电比容量的关键。

华中科技大学研究者（专利号 CN201210100494）提出了一种高容量二氧化钼负极材料的制备方法及其应用。一种高容量 MoO_2 负极材料的制备方法，具体包括以下步骤：

1）将去离子水、无水乙醇及聚乙烯醇溶液按一定比例混合，形成均匀的溶液。然后，按 0.02～0.04 克/毫升的比例向溶液中加入钼酸铵，充分搅拌至溶解，得到前驱体溶液。2）在 8 千伏的静电高压作用下，将前驱体溶液通过静电纺丝技术纺制成钼酸铵与聚乙烯醇的复合纳米纤维。静电纺丝技术能够精确控制纤维的直径和形貌，从而得到高质量的纳米纤维。3）将得到的纳米纤维在空气中稳定一段时间，以去除残余的溶剂和水分，使纤维结构更加稳定。4）将稳定过的纳米纤维置于还原气体气氛中，进行高温还原及碳化处理。在高温条件下，钼酸铵被还原成二氧化钼，同时聚乙烯醇被碳化形成碳包覆层。这一步骤的关键在于控制还原温度和气氛，以确保二氧化钼的完全还原和碳包覆层的均匀形成。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

通过本方法制备的 MoO_2 复合纳米纤维，其直径在 120 纳米左右，长度可达到数微米，碳包覆层的厚度在 3 纳米左右。这种结构使得 MoO_2 纳米纤维在充放电过程中能有效缓解体积膨胀，提高循环稳定性。同时，碳包覆层的存在能够增强材料的导电性，提高倍率性能。

利用二氧化钼负极材料制备的电极片以及包括该电极片的扣式电池。这些电池具有高比容量、高倍率性能和长循环寿命，能够满足电动汽车、智能设备等领域的实际需求。

在实际应用中，可根据需要调整前驱体溶液的组成比例、静电纺丝参数以及高温还原条件，以优化二氧化钼纳米纤维的性能。同时，还可通过与其他材料的复合或表面修饰等手段，进一步提高负极材料的电化学性能。



电动汽车

16.1.2 锂离子电池负极材料用三氧化钼

随着传统化石能源的逐渐枯竭和温室效应的不断加剧，全球对可再生能源的需求日益迫切。太阳能、风能等可再生能源虽然具有可再生、环境友好等优点，但其间歇性和不稳定性使得储能设备成为实现其持续、稳定供电的关键。锂电池作为一种高效、环保的储能设备，在可再生能源领域具有广阔的应用前景。然而，目前商业化广泛应用的锂离子电池负极材料——石墨，其较低的能量密度无法满足电动汽车等高性能应用的需求。因此，寻找具有高比容量、高充放电速度和安全性能优异的锂电池负极材料成为当前研究的重点。

三氧化钼（MoO_3）作为一种潜在的锂离子电池负极材料，受到了广泛关注。其理论容量高达 1117mAh/g，远高于石墨等传统负极材料，能够满足电动汽车等高性能应用对能量密度的需求。此外，MoO_3 还具有污染小、成本低等优点，是一种理想的锂电池负极材料。

然而，三氧化钼作为锂离子电池负极材料时存在离子、电子导电性较差的问题，这限制了

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

其在大电流下的电化学性能。此外，其在充电、放电过程中存在体积膨胀效应，可能导致电极结构的破坏，从而缩短循环使用寿命。为了解决这些问题，研究者们通过优化合成方法、调控材料结构等手段，成功制备出了具有优异电化学性能的三氧化钼负极材料。



三氧化钼

在合成方法方面，研究者们尝试了多种途径来制备三氧化钼负极材料。例如，jianfeng huang 等通过热处理工艺得到了自组装片状 MoO_3 锂离子电池负极材料。这种材料在 100mA/g 的电流密度下循环 100 次后的放电容量为 889mAh/g，显示出较高的比容量和循环稳定性。qing-dan yang 等则通过超声辅助低温液相法合成了纳米花状 MoO_3，这种纳米花状结构能够有效提高材料的比表面积和电子传导性能，从而提升其在锂离子电池中的电化学性能。该材料在 550mA/g 的电流密度下循环 100 次后的容量可达 810mAh/g，展现出良好的应用前景。



三氧化钼

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

为了进一步提高三氧化钼负极材料的电化学性能，研究者们还尝试了对其进行复合或掺杂改性。例如，将 MoO_3 与碳材料（如石墨烯、碳纳米管等）进行复合，可以有效提高材料的导电性和结构稳定性。此外，通过掺杂其他金属元素（如锂、钠等），可以进一步改善 MoO_3 的离子传导性能和电化学性能。

公告号为 CN202211123859.2 的研究者提供了一种三氧化钼/石墨烯锂离子负极材料的制备方法，包括以下步骤：1）将石墨烯浆料加入反应釜中，然后加入钼酸铵溶液，充分搅拌，使两者混合均匀，形成黑色溶液。2）调节黑色溶液的 pH 值为 10.0，继续搅拌，使溶液中的离子充分反应，直到获得乳白色水溶液。3）将乳白色水溶液转移至高压反应釜内，进行烘烤处理，使溶液中的水分蒸发，然后冷却至室温。4）将冷却后的产品全部洗涤出坩埚之中，去除未反应的杂质和副产物。5）将洗涤后的产品置于真空烘箱中进行烘干，得到 MoO_3/GO 复合材料的前驱体。6）将前驱体置于箱式马弗炉中，在惰性气体保护氛围的条件下进行焙烧处理，使前驱体中的钼酸铵转化为三氧化钼，并与石墨烯紧密结合，直到获得灰色产物。该灰色产物即为 MoO_3/GO 复合材料。



三氧化钼

通过上述方法制备得到的 MoO_3/GO 复合材料，结合了三氧化钼的高比容量和石墨烯的高导电性，作为锂离子电池负极材料，能够有效提升锂电池的能量密度、循环寿命和安全性。

在实际操作中，可根据需要调整石墨烯浆料和钼酸铵溶液的比例、反应温度和时间、烘烤和焙烧的条件等参数，以优化复合材料的性能。同时，可对复合材料进行进一步的表征和测试，以评估其电化学性能和应用潜力。

在实际应用中，三氧化钼负极材料的电化学性能受到多种因素的影响。除了合成方法和材料结构外，电解液的选择、电极的制备工艺以及电池的工作条件等都会对三氧化钼负极材料的性能产生影响。因此，在制备和优化三氧化钼负极材料时，需要综合考虑这些因素，

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

以获得最佳的性能表现。

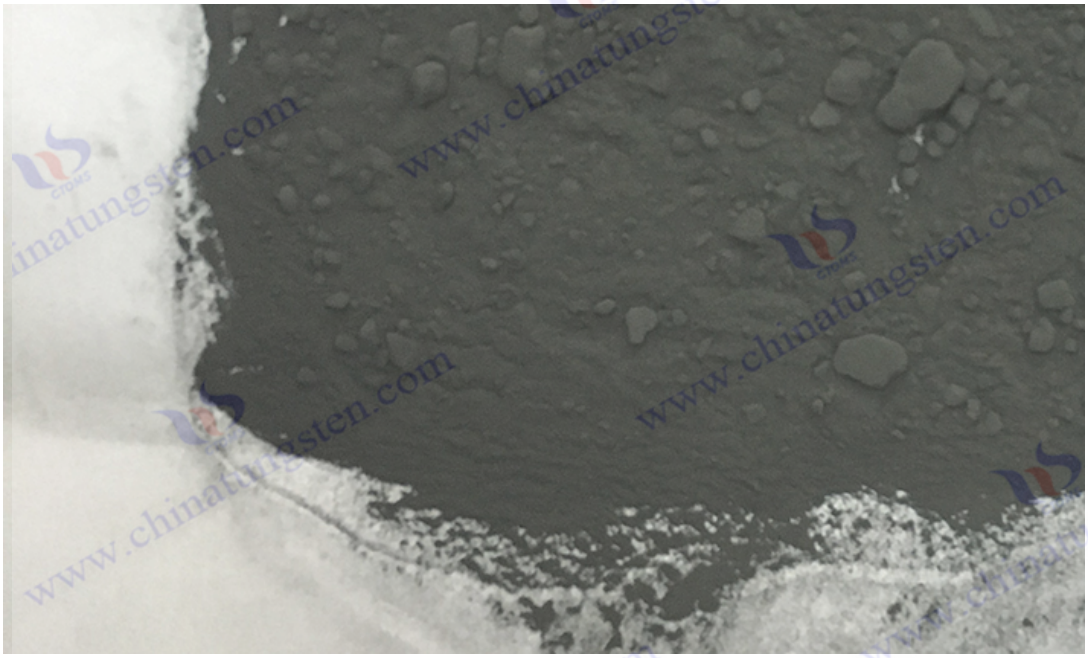
16.1.3 锂离子电池负极材料用氧化钼的挑战

（1）二氧化钼作为锂离子电池负极材料存在的问题

离子和电子导电性不足：二氧化钼作为锂离子电池负极材料时，其离子和电子导电性相对较差。这导致在充放电过程中，电池内部的离子和电子传输效率降低，从而影响了电池的功率密度和能量密度。

体积膨胀效应：在充放电过程中，二氧化钼会发生体积膨胀效应，这可能导致电极结构的破坏和活性物质的脱落，进而降低电池的循环稳定性和寿命。

首次不可逆容量损失：二氧化钼负极材料在首次充放电过程中，往往会存在较大的不可逆容量损失。这主要是由于电解液的分解、SEI 膜（固体电解质界面膜）的形成以及活性物质与电解液的副反应等因素导致的。



二氧化钼

（2）解决二氧化钼负极材料问题的方案

纳米化改性：通过纳米化技术，将二氧化钼制备成纳米颗粒、纳米线或纳米片等形态，可以增大材料的比表面积，提高离子和电子的传输效率，从而改善其导电性。

复合改性：将二氧化钼与其他高导电性材料进行复合，如碳纳米管、石墨烯等，可以形成导电网络，提高材料的整体导电性。同时，复合材料的结构稳定性也能得到增强，减少体积膨胀效应的影响。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

优化电解液和添加剂的使用：通过优化电解液配方和添加适当的添加剂，可以减少电解液的分解和副反应，降低首次不可逆容量损失。

（3）三氧化钼作为锂离子电池负极材料存在的问题

离子和电子导电性不佳：与二氧化钼类似，三氧化钼的离子和电子导电性也相对较差。这影响了电池在大电流下的充放电性能，限制了其在高功率应用中的使用。

体积变化大：在充放电过程中，三氧化钼同样存在体积变化大的问题，导致电极结构的不稳定，进而影响电池的循环寿命。



三氧化钼

（4）解决三氧化钼负极材料问题的方案

结构调控与纳米化：通过调控三氧化钼的晶体结构和形貌，如合成具有特殊纳米结构的材料（如纳米棒、纳米片等），可以提高其离子和电子的传输效率，并缓解体积膨胀效应。

掺杂与复合：通过掺杂其他金属元素或与非金属元素进行复合，可以引入缺陷或改变材料的电子结构，从而提高三氧化钼的导电性。同时，与碳材料的复合也能有效提高整体导电性和结构稳定性。

优化电解质和界面工程：针对三氧化钼与电解质之间的界面问题，可以通过优化电解质配方或引入界面修饰层来改善界面稳定性，减少副反应和不可逆容量损失。

以下是二氧化钼和三氧化钼在充放电过程中的相关反应方程式：

对于二氧化钼：

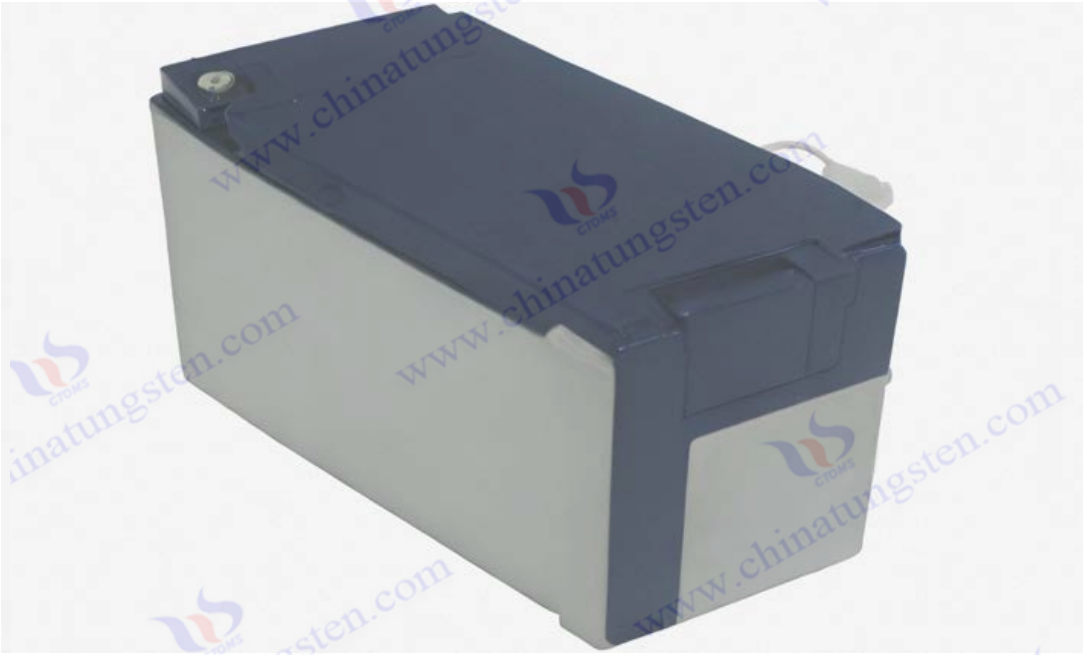
COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

放电过程：$MoO_2+4Li^++4e^-\rightarrow Mo+2Li_2O$
充电过程：$Mo+2Li_2O\rightarrow MoO_2+4Li^++4e^-$

对于三氧化钼：
放电过程：$MoO_3+6Li^++6e^-\rightarrow Mo+3Li_2O$
充电过程：$Mo+3Li_2O\rightarrow MoO_3+6Li^++6e^-$

请注意，上述反应方程式仅表示了主要的充放电过程，实际过程中可能还涉及其他副反应和中间态的形成。此外，具体的数值数据和性能表现可能因实验条件、材料制备方法和测试标准的不同而有所差异。因此，在实际研究中，应参考相关文献和实验数据，以确保研究的准确性和可靠性。



蓄电池

16.2 氮化钼在锂离子电池中的应用

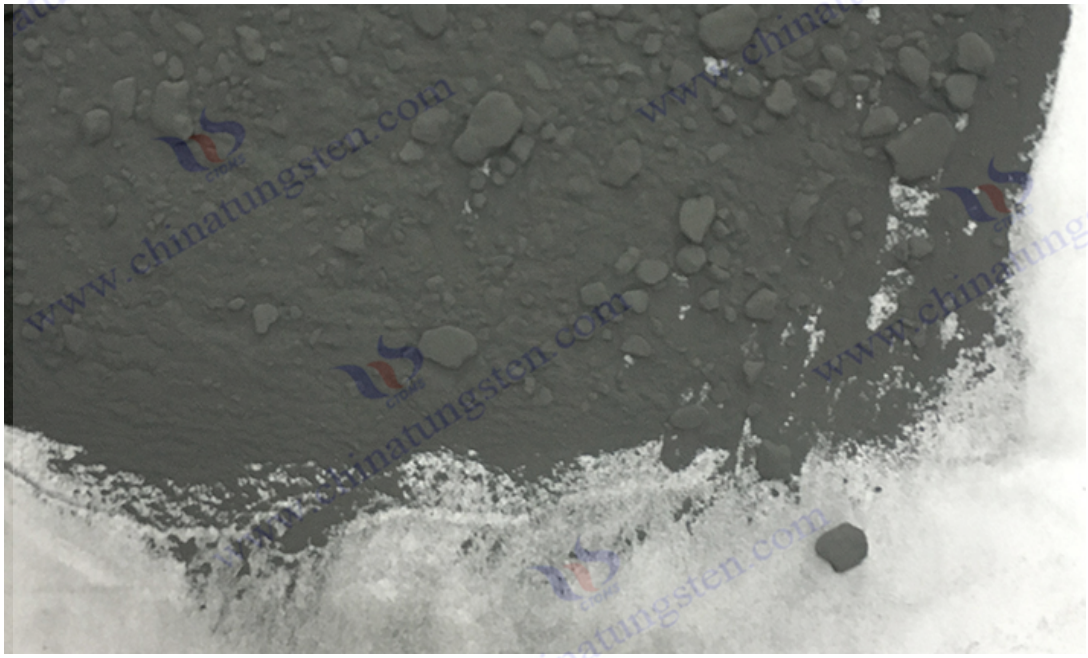
氮化钼作为一种典型的过渡金属氮化物，在材料科学领域具有广泛的应用前景。它是由氮元素和钼元素共同组成的一种无机化合物，展现出良好的力学性能和催化性能，因此在催化领域备受关注。根据氮原子和钼原子个数的不同，氮化钼可以分类为一氮化钼、六叠氮化钼、二氮化钼、氮化二钼和二氮化三钼等，它们在物理化学性质和生产工艺上均存在一定区别。近年来，氮化钼在锂离子电池领域的应用也逐渐受到研究者的关注。

首先，氮化钼作为一种新型的锂离子电池负极材料，展现出了较高的能量密度和优异的循环稳定性。这主要得益于氮化钼的高导电性和高比表面积。高导电性有助于电子在材料中的快速传输，从而提高电池的充放电效率；而高比表面积则能够提供更多的活性位点，有利于锂离子的嵌入和脱出，进一步提高了电池的能量密度。

其次，氮化钼在锂电池中的反应机理也具有一定的独特性。在充放电过程中，氮化钼能与

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

锂离子发生可逆的化学反应，形成锂化的氮化钼。这种反应不仅具有较高的可逆性，而且能避免传统负极材料在充放电过程中出现的体积膨胀效应，从而延长了电池的循环寿命。



氮化钼

此外，氮化钼还可以与其他材料进行复合，以进一步提高锂离子电池的性能。例如，将氮化钼与碳材料复合，可以形成具有优异导电性和结构稳定性的复合材料，有助于提高电池的功率密度和循环稳定性。同时，氮化钼的催化性能也可以应用于锂离子电池的电解液中，促进锂离子的传输和反应动力学，进一步提高电池的性能。

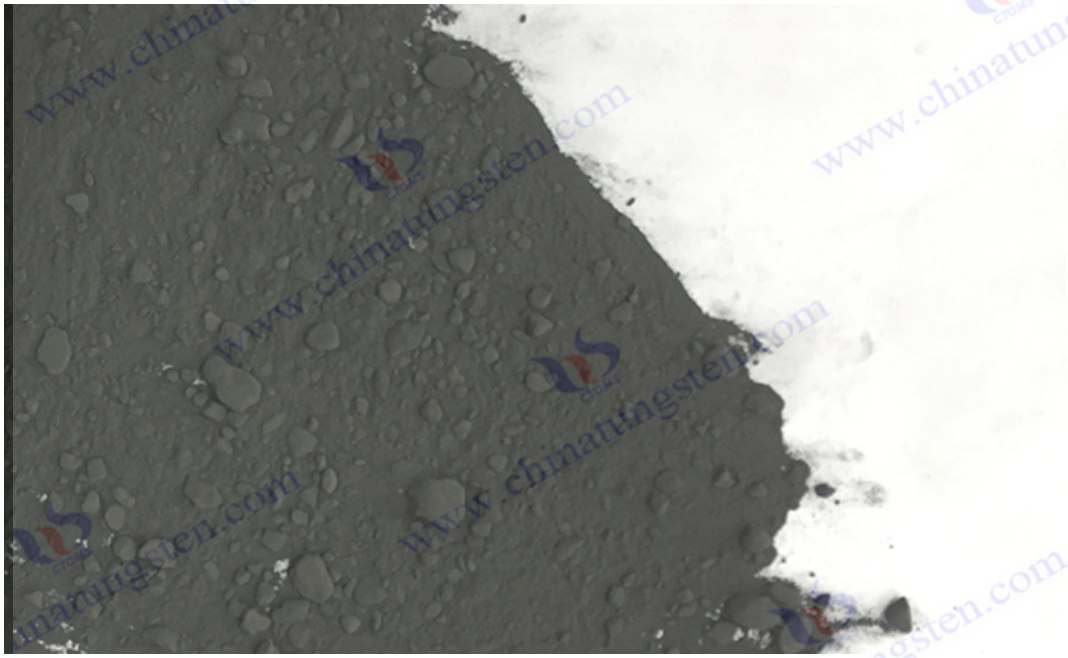


锂离子电池

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

然而，氮化钼在锂离子电池中的应用仍面临一些挑战。第一，氮化钼的合成和制备工艺相对复杂，需要较高的温度和压力条件，这增加了生产成本和难度。第二，氮化钼在电池中的长期稳定性和安全性仍需进一步研究和验证。第三，如何优化氮化钼的结构和性能，以进一步提高锂离子电池的能量密度和循环寿命，也是当前研究的重点。

综上所述，氮化钼作为一种新型的锂电池负极材料，具有广阔的应用前景和潜力。随着制备工艺的改进和性能的优化，相信氮化钼将在未来锂电池领域发挥更加重要的作用。



氮化钼

16.2.1 锂离子电池负极材料用氮化钼复合材料

锂离子电池作为新一代储能装置，因其高能量密度、长循环寿命和环保性等优点，已经在生产和生活中得到了广泛应用。负极材料作为锂离子电池的重要组成部分，其性能直接影响着电池的整体表现。近年来，氮化钼基复合材料因其独特的物理和化学性质，逐渐成为了锂离子电池负极材料的研究热点。

氮化钼作为一种典型的过渡金属氮化物，具有良好的导电性和稳定性，同时具有较高的比表面积和优异的催化性能。然而，单独使用氮化钼作为负极材料时，其容量和循环性能仍有待提高。因此，研究者们开始探索将氮化钼与其他材料进行复合，以进一步提高其性能。

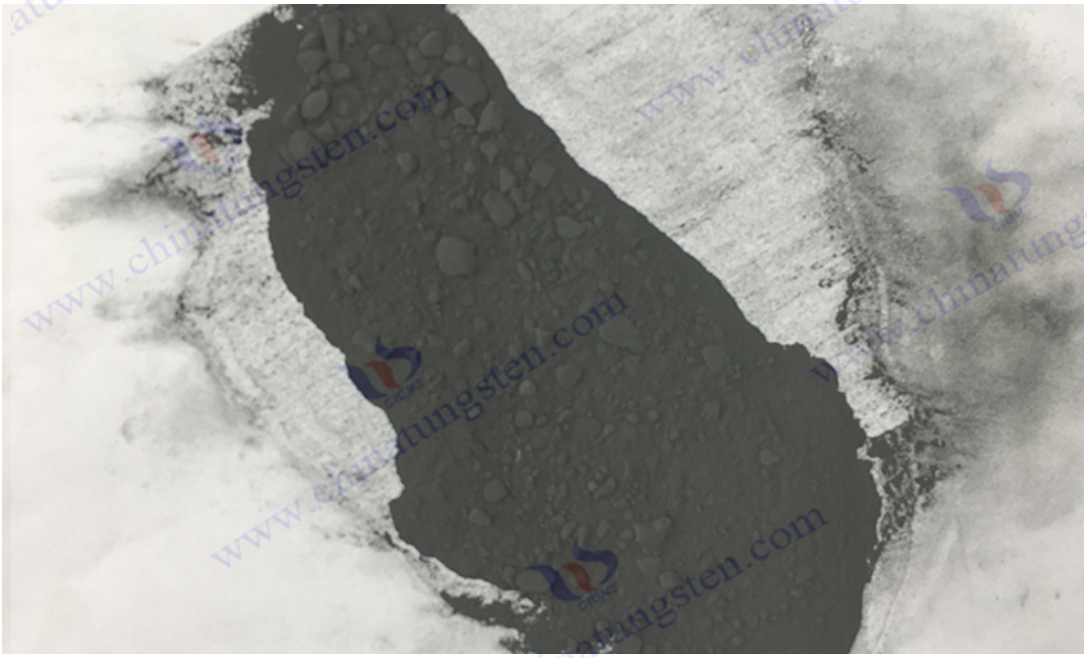
本工作充分利用磷钼酸良好的水溶性、优异的氧化还原性和独特的酸性，通过简单的一锅法，在温和的条件下制备了磷钼酸/聚吡咯/石墨烯前驱体（PMo_{12}/PPy/RGO，简称 PCG）。随后，通过高温氨化处理，成功制备了新型氮化钼基复合材料（NPC@Mo_2N/NPRGO）。

在该复合材料中，磷钼酸不仅提供了金属源，还在氨化处理过程中促进了氮化钼的形成。聚吡咯作为一种导电聚合物，不仅提高了复合材料的导电性，还为复合材料提供了丰富的活性位点。同时，石墨烯的引入不仅增强了复合材料的结构稳定性，还进一步提高了其导

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

电性。此外，磷钼酸和聚吡咯中的 P、N 杂原子掺杂到多孔碳和石墨烯中，进一步改善了复合材料的电化学性能。



氮化钼

作为锂离子电池负极材料，NPC@Mo_2N/NPRGO 表现出较好的循环性能和倍率性能。在电流密度为 100mA/g 时，NPC@Mo_2N/NPRGO 的首周放电比容量可以达到 1447mAh/g，循环 200 周后仍然可以达到 771mAh/g。这表明该复合材料具有较高的初始容量和良好的循环稳定性。



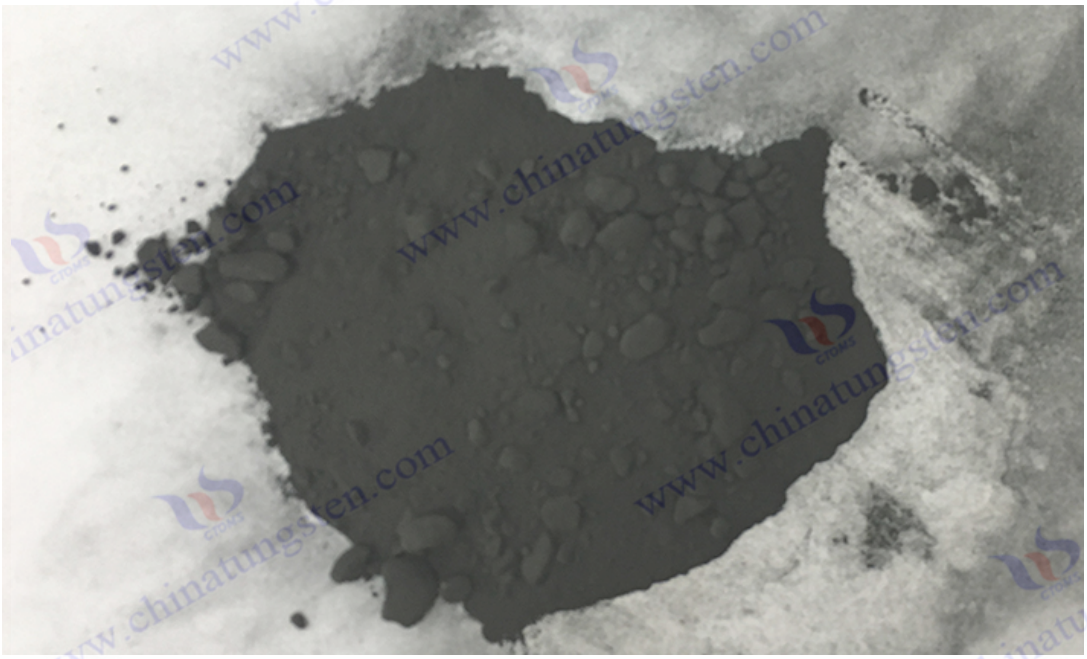
锂离子电池

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

此外，NPC@Mo_2N/NPRGO 还表现出优异的倍率性能。在电流密度为 100、200、500、1000、2000mA/g 时，循环比容量分别为 795、723、632、547、462mAh/g。特别是在大电流密度（1000mA/g）下循环 300 周后，容量仍能达到 556mAh/g，显示出该复合材料在大电流充放电条件下的良好性能。

这些优异的性能主要归功于 NPC@Mo_2N/NPRGO 复合材料的多重优势：氮化钼的高导电性和稳定性、石墨烯的结构增强和导电性提升、聚吡咯的活性位点提供以及 P、N 杂原子的掺杂效应。这些因素的共同作用使得 NPC@Mo_2N/NPRGO 复合材料在锂离子电池负极材料领域具有广阔的应用前景。

然而，尽管 NPC@Mo_2N/NPRGO 复合材料在锂离子电池负极材料方面取得了显著的进步，但仍存在一些挑战和问题需要进一步研究和解决。例如，复合材料的制备工艺仍需优化，以提高生产效率和降低成本；同时，对于复合材料的长期稳定性和安全性也需进行更深入的研究和验证。



氮化钼

16.2.2 锂离子电池负极材料用氮化钼的挑战

氮化钼作为一种新型锂离子电池负极材料，因其高导电性、优异的稳定性以及良好的催化性能而受到广泛关注。然而，在实际应用中，氮化钼作为负极材料仍面临诸多挑战和存在的问题，这些问题限制了其在锂离子电池领域的进一步应用。下文将详细探讨氮化钼作为负极材料所面临的挑战、存在问题及可能的解决方案。

首先，氮化钼的制备工艺相对复杂，成本较高。目前，氮化钼的制备通常需要高温、高压或特殊的气氛条件，这增加了制备过程中的能耗和设备成本。此外，氮化钼的纯度和粒度控制也是制备过程中的难点，这直接影响到其作为负极材料的电化学性能。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

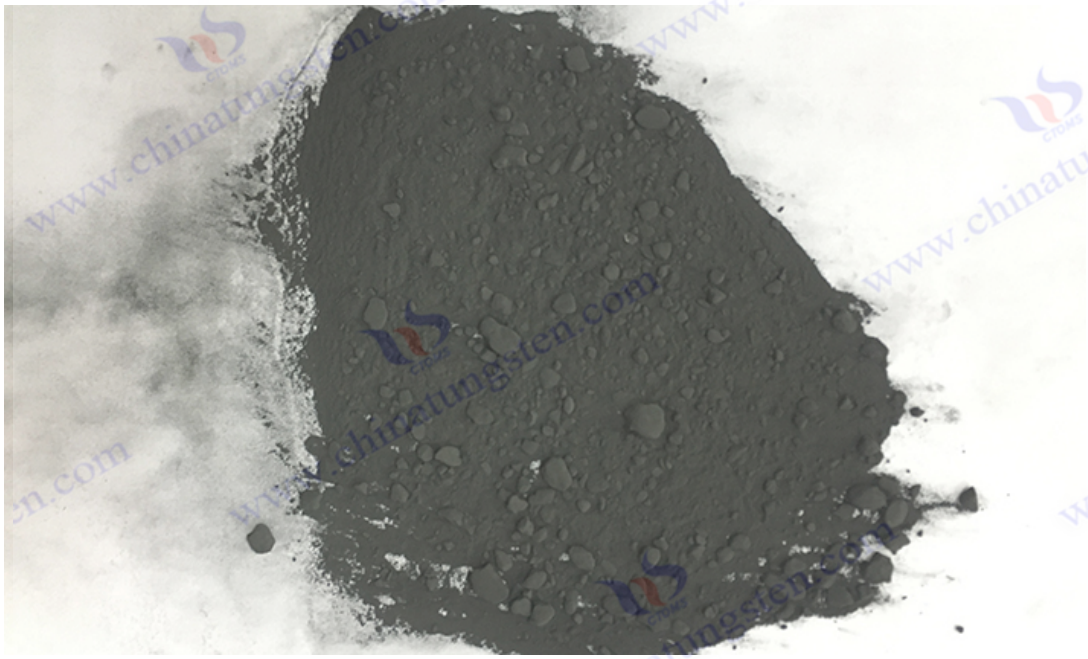
www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

为解决这一问题，研究者们正在探索更为简单、低成本的氮化钼制备方法。例如，通过优化反应条件、使用新型催化剂或采用微波、等离子体等辅助手段，以降低制备过程中的能耗和成本。同时，对氮化钼的纯度和粒度进行更精细的控制，以提高其电化学性能。



锂离子电池

其次，氮化钼在锂离子电池中的循环稳定性有待提高。在充放电过程中，氮化钼可能会发生体积膨胀和收缩，导致电极结构的破坏和容量的衰减。此外，氮化钼与电解液之间的界面反应也可能导致性能下降。



氮化钼

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

针对这一问题，研究者们可以通过优化电极结构、添加合适的添加剂或采用表面包覆等方法来改善氮化钼的循环稳定性。例如，设计具有多孔结构的氮化钼复合材料，以缓解体积膨胀和收缩带来的应力；添加导电添加剂或粘结剂，提高电极的导电性和结构稳定性；采用表面包覆技术，减少氮化钼与电解液之间的界面反应。

此外，氮化钼的倍率性能也是影响其应用的关键因素之一。在大电流充放电条件下，氮化钼的容量衰减较快，难以满足高功率密度锂离子电池的需求。

为了改善氮化钼的倍率性能，研究者们可以从材料设计、电极结构优化和电解液匹配等方面入手。例如，设计具有更高比表面积和更好离子传输通道的氮化钼纳米结构；优化电极的孔隙结构和导电网络，提高锂离子在电极中的扩散速度和电子传输效率；选择适合的电解液配方和添加剂，降低离子传输阻力，提高电池的倍率性能。



锂离子电池

最后，氮化钼作为锂离子电池负极材料的安全性也是不容忽视的问题。在高温、过充或过放等极端条件下，氮化钼可能会发生热失控或产生有害气体，对电池的安全性能构成威胁。

针对这一问题，研究者们可以通过提高材料的热稳定性、采用多层结构和热隔离技术等手段来增强氮化钼负极的安全性。同时，加强电池管理系统的研发，实现对电池状态的实时监测和预警，确保电池在使用过程中的安全性。

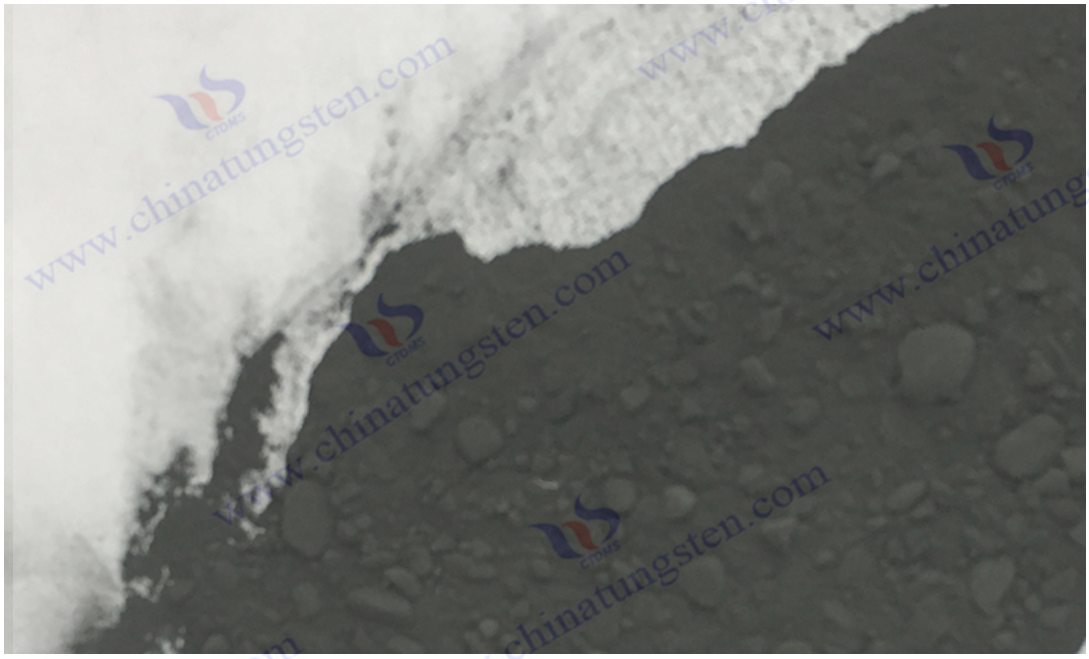
16.3 二硫化钼在锂离子电池中的应用

随着科技的发展，锂离子电池已成为日常生活中不可或缺的能源存储元件。作为电池的核心部分，电极材料的选择至关重要。在众多候选材料中，二硫化钼以其独特的物理化学性质脱颖而出，成为锂离子电池电极材料的热门选择。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

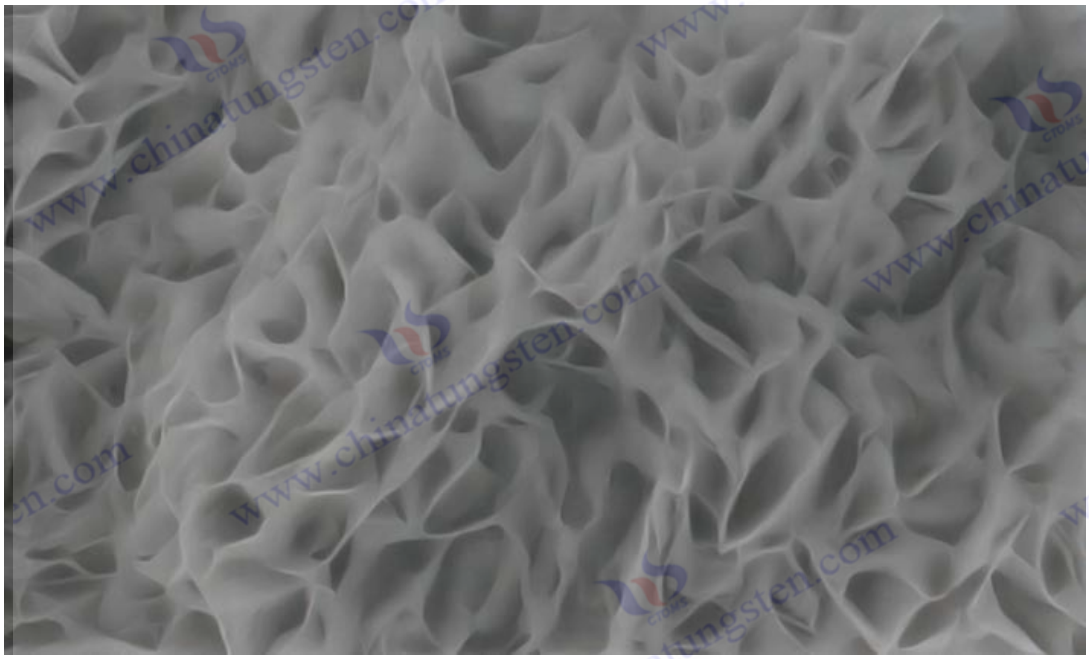
www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

二硫化钼（MoS_2）是一种无机化合物，由钼和硫两种元素组成。其晶体结构为层状结构，每一层由钼原子和硫原子通过共价键紧密结合而成，层与层之间则通过较弱的范德华力相互连接。这种特殊的结构使得 MoS_2 在物理和化学性质上表现出诸多优势。



二硫化钼

在物理性质方面，二硫化钼的层状结构赋予了它优异的电学性能和机械性能。其层间距离适中，为锂离子提供了良好的嵌入和脱出通道，使得 MoS_2 具有较高的离子导电性。同时，其层内原子间结合紧密，使得 MoS_2 具有较高的机械强度和稳定性。

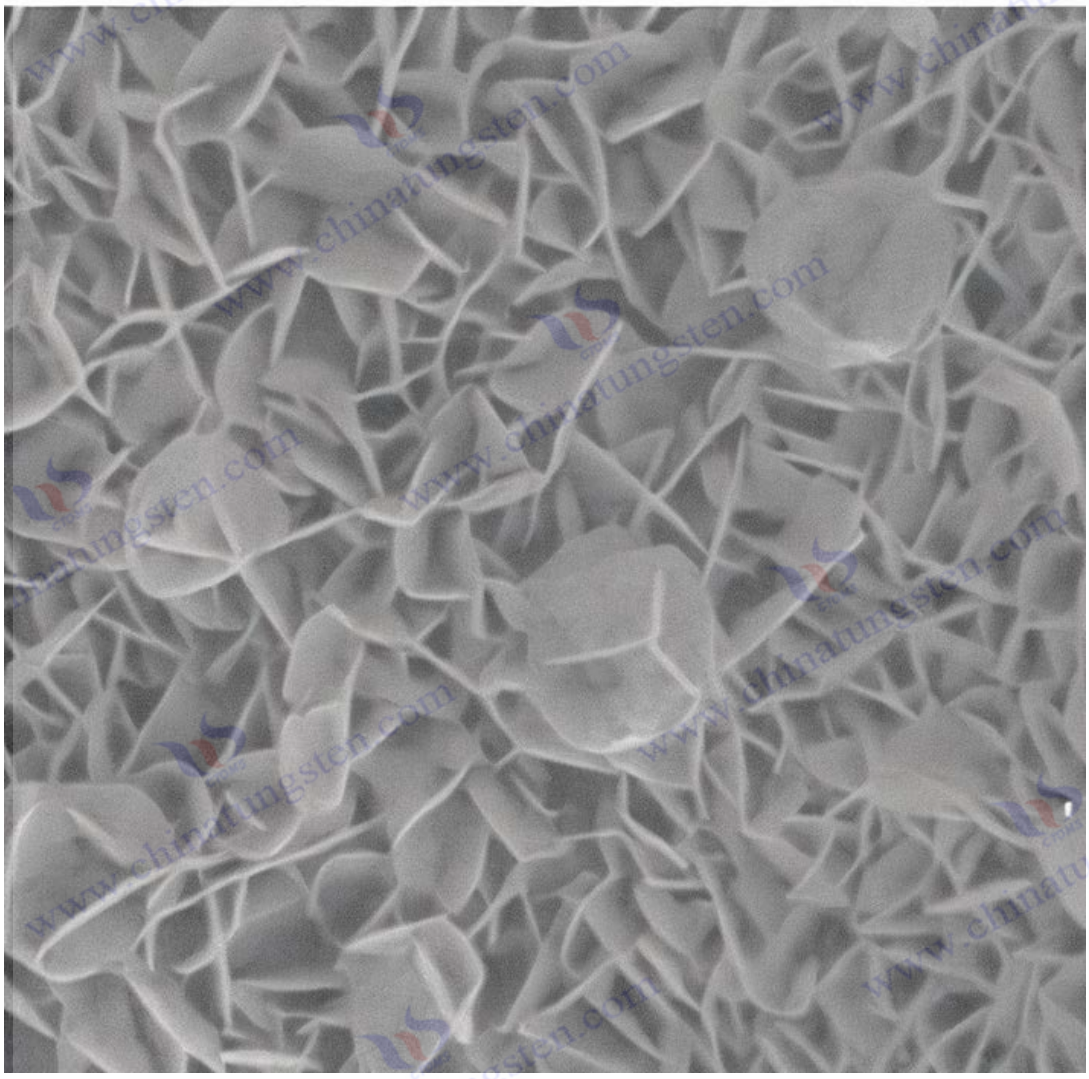


纳米片

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

在化学性质方面，二硫化钼展现出良好的电化学活性和稳定性。在充放电过程中，锂离子能够可逆地在 MoS_2 的层间嵌入和脱出，从而实现能量的存储和释放。此外，MoS_2 还具有较高的化学稳定性，能够在各种环境条件下保持其结构和性能的稳定。

相较于其他过渡金属氧化物或硫化物，二硫化钼的层状结构使得其具有较高的理论容量。这是因为锂离子可以在 MoS_2 的层间嵌入和脱出，从而实现更高的能量密度。此外，由于 MoS_2 的层间距离适中，锂离子在嵌入和脱出过程中遇到的阻力较小，因此具有较高的充放电效率。



纳米片

其次，二硫化钼的电化学稳定性也是其相较于其他过渡金属化合物的优势所在。在充放电过程中，MoS_2 的结构能够保持相对稳定，不易发生结构破坏或容量衰减。这使得 MoS_2 作为电极材料具有较高的循环稳定性和寿命。

此外，二硫化钼的制备工艺相对成熟，成本较低。目前，已经可通过多种方法制备出高质量、大面积的 MoS_2 薄膜或纳米材料，这为 MoS_2 在锂电池中的实际应用提供了有力支持。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

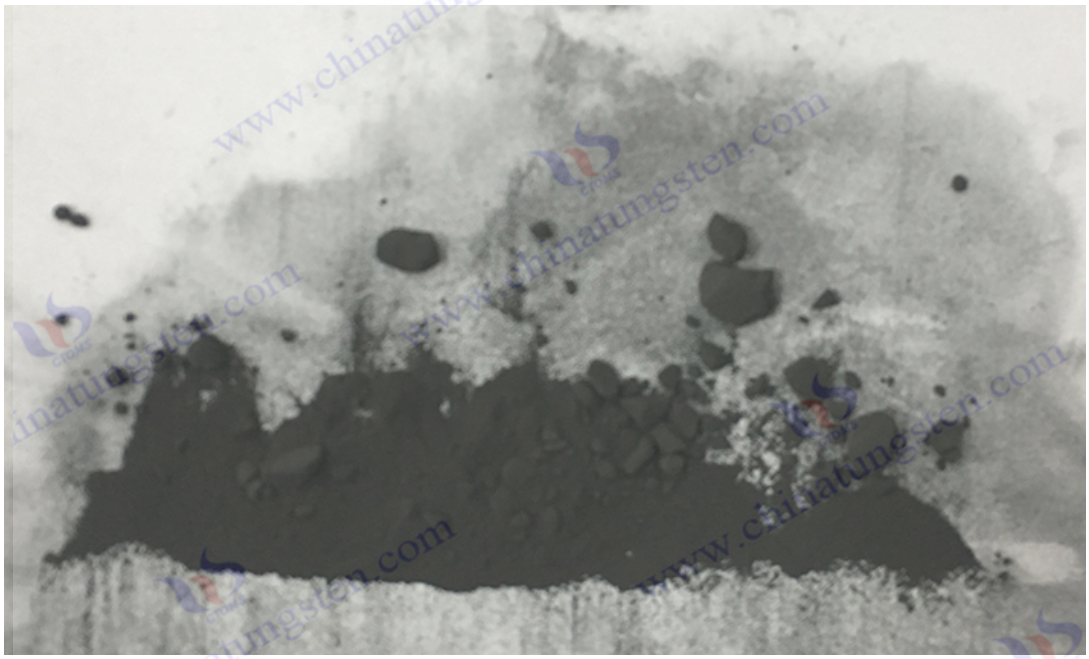
www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

总的来说，二硫化钼以其独特的层状结构、优异的物理化学性质以及相对于其他过渡金属化合物的优势，成为锂离子电池电极材料的理想选择。随着研究的深入和技术的不断进步，相信二硫化钼在锂电池领域的应用将会更加广泛和深入。

16.3.1 锂离子电池负极材料用二硫化钼

锂离子电池作为现代能源存储技术的核心，其性能的提升离不开对负极材料的深入研究。在众多候选材料中，二硫化钼以其独特的物理化学性质，成为锂电池负极材料的理想选择。

二硫化钼是一种典型的二维层状材料，其结构由钼原子和硫原子交替排列而成，形成类似“三明治”的层状结构。这种结构使得 MoS_2 具有较大的层间距离，为锂离子的嵌入和脱出提供了便利。同时，MoS_2 的层内原子间结合紧密，使其具有较高的机械强度和稳定性。



二硫化钼

然而，这种堆叠而脆弱的二维层状结构也限制了二硫化钼的倍率能力和电化学稳定性。为了克服这一问题，研究者们通过脱水诱导等方法，成功制备出了具有三维泡沫结构的 MoS_2。这种三维泡沫结构不仅保留了 MoS_2 的二维层状结构优势，还通过互穿网络的方式，实现了高效电荷传输、快速离子扩散以及电化学反应的机械弹性和化学稳定性。

在制备工艺方面，研究者们通过控制反应条件、选择适当的溶剂和添加剂等手段，成功实现了对 MoS_2 形貌、尺寸和结构的精细调控。例如，采用水热法、溶剂热法或气相沉积等方法，可以制备出具有不同纳米结构的 MoS_2 材料，如纳米片、纳米花和纳米球等。这些纳米结构的 MoS_2 材料具有更大的比表面积和更短的离子传输路径，从而提高了其电化学性能。

在电化学性能方面，二硫化钼作为锂离子电池负极材料展现出了优异的性能。首先，MoS_2 具有较高的理论容量，能够存储更多的锂离子，从而实现更高的能量密度。其次，MoS_2

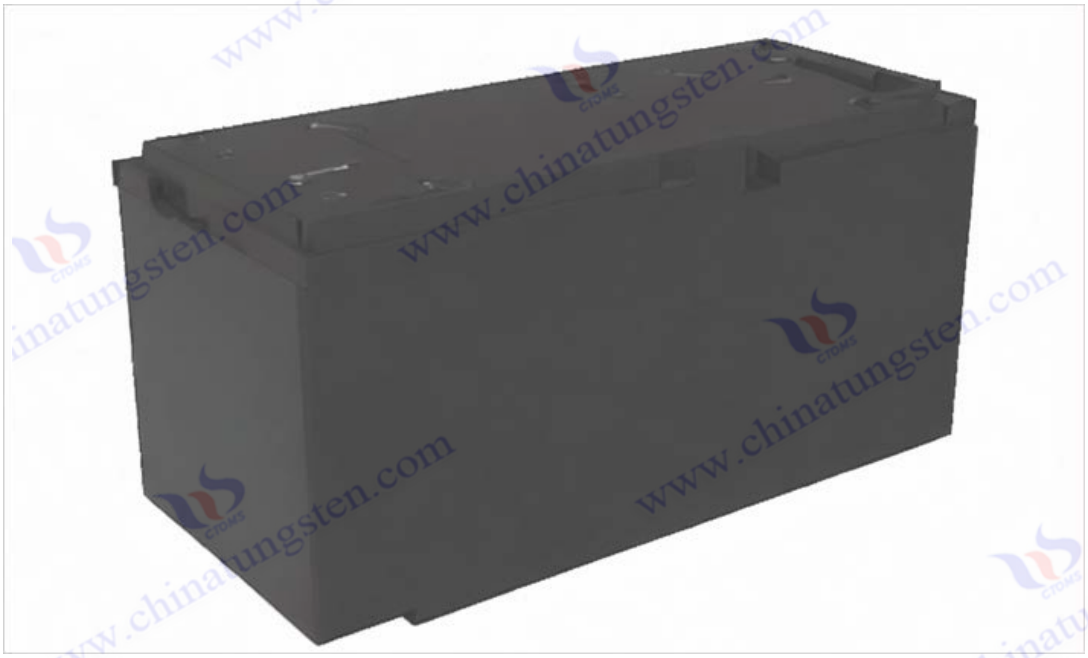
COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

的充放电曲线平稳，容量衰减较小，具有良好的循环稳定性。此外，在大电流充放电条件下，MoS_2 仍能保持良好的性能，具有较高的倍率性能。

在反应机理方面，二硫化钼在锂离子电池中的充放电过程涉及锂离子的嵌入和脱出。具体来说，在充电过程中，锂离子从正极材料中脱出，通过电解液迁移到负极材料 MoS_2 中，并与 MoS_2 发生化学反应，形成锂化的二硫化钼（Li_xMoS_2）。而在放电过程中，锂离子从锂化的二硫化钼中脱出，通过电解液返回到正极材料，从而实现电能的释放。

具体来说，充放电过程中的反应方程式可以表示为：
充电过程：$MoS_2+xLi^++xe^-\rightarrow Li_xMoS_2$
放电过程：$Li_xMoS_2\rightarrow MoS_2+xLi^++xe^-$

其中，x 表示嵌入或脱出的锂离子数量，e^-表示电子。这些反应方程式揭示了二硫化钼在锂离子电池中的充放电机制，为我们深入理解其电化学性能提供了依据。



电池

此外，值得注意的是，MoS_2 作为锂电池负极材料还具有一定的伪电容储能机制。这种机制使得 MoS_2 在充放电过程中能够更快速地存储和释放能量，进一步提高了其电化学性能。

综上所述，二硫化钼作为锂离子电池负极材料具有独特的结构和优异的电化学性能。通过精细调控其形貌、尺寸和结构，可以进一步优化其性能。未来随着研究的深入和技术的不断进步，相信二硫化钼在锂离子电池领域的应用将会更加广泛和深入。

16.3.2 锂离子电池负极材料用二硫化钼的挑战

锂离子电池以其便携、无记忆效应、循环寿命长等特点，在移动电子设备、电动汽车等领域得到了广泛应用。负极材料的改进是制备新型高性能锂离子电池的关键。其中，具有类

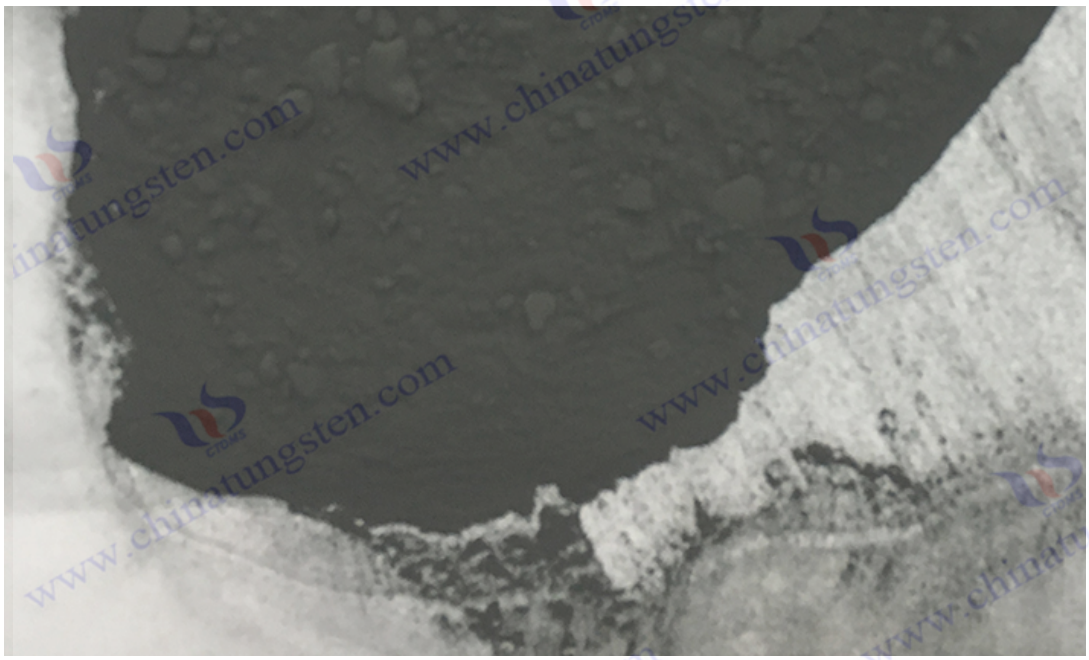
石墨烯结构的二硫化钼因其独特的物理化学性质，被视为极具发展潜力的锂离子电池用负极材料。然而，纯二硫化钼在实际应用中仍面临一些挑战，如导电性差、充放电过程中体积膨胀率高等问题，这些问题导致其可逆容量低、容量保持率差。为解决这些挑战，研究者们提出了复合化与纳米化等有效方法。

挑战一：导电性差

二硫化钼的导电性相对较差，这限制了其在高功率密度锂离子电池中的应用。由于导电性差，二硫化钼在充放电过程中容易发生极化现象，导致能量转换效率降低。

解决方法一：复合化

通过与其他导电材料如碳纳米管、石墨烯等进行复合，可以有效提高二硫化钼的导电性。这些导电材料不仅可以提供电子传输通道，还能缓解二硫化钼在充放电过程中的体积膨胀问题。此外，研究者们还探索了将二硫化钼与金属纳米颗粒进行复合，通过金属颗粒的催化作用进一步提高其导电性。



二硫化钼

挑战二：体积膨胀率高

在充放电过程中，二硫化钼的体积膨胀率较高，这可能导致电极结构的破坏和容量的快速衰减。随着循环次数的增加，这种体积膨胀现象会愈发严重，严重影响电池的性能和寿命。

解决方法二：纳米化

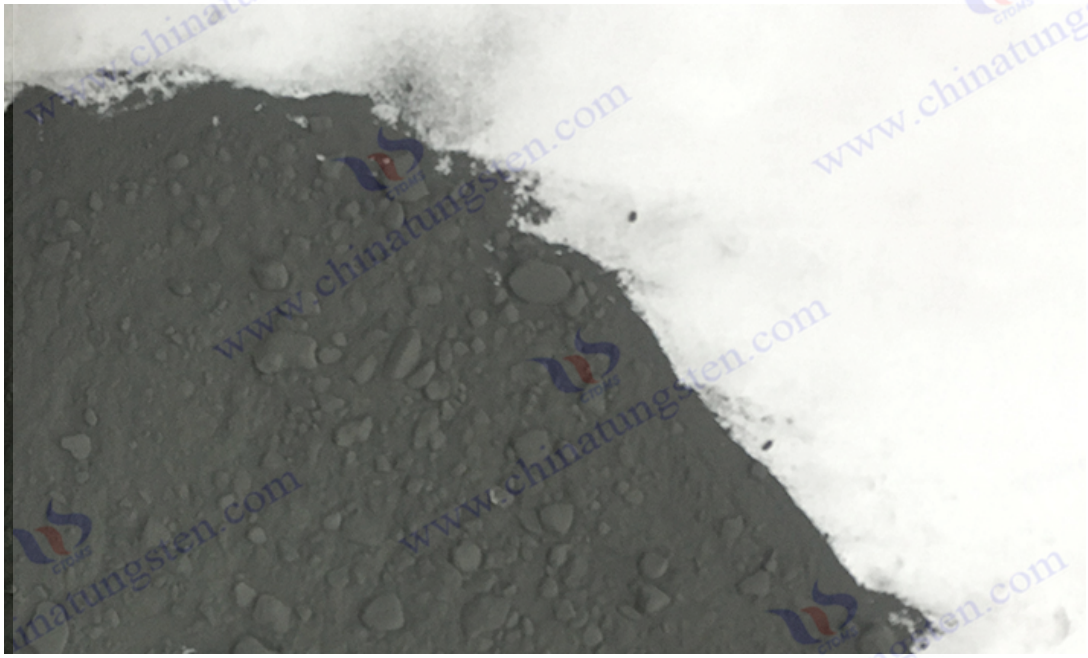
将二硫化钼制备成纳米级别的材料，可以有效缓解其在充放电过程中的体积膨胀问题。纳米化不仅可以减小材料的尺寸，还能增加其比表面积，从而提高电极与电解液的接触面积，

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

加速离子传输。此外，纳米化还可以改善材料的机械性能，使其更能够承受体积膨胀带来的应力。

除了复合化和纳米化之外，研究者们还通过优化制备工艺、调控材料结构等手段来进一步提高二硫化钼基负极材料的性能。例如，采用水热法、溶剂热法等制备工艺，可以实现对二硫化钼形貌和尺寸的精确控制；通过调控材料的晶体结构和相组成，可以优化其电化学性能。



二硫化钼

16.4 二硒化钼在锂离子电池中的应用

随着科技的不断进步，锂离子电池因其高能量密度、长循环寿命和无记忆效应等优点，在移动设备、电动汽车以及储能系统等领域得到了广泛应用。而负极材料作为锂离子电池的重要组成部分，其性能直接决定了电池的整体性能。近年来，二维层状材料二硒化钼因其独特的物理化学性质，被视为极具潜力的锂离子电池负极材料。

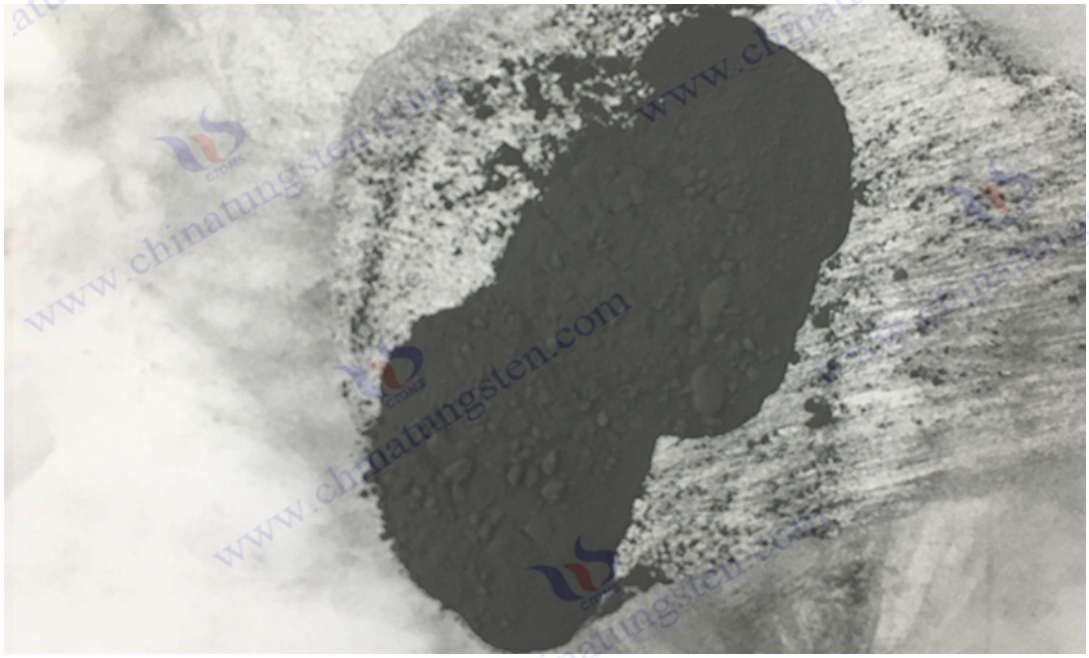
二硒化钼（$MoSe_2$）是由稀有金属钼和非金属硒组成的化合物，具有与二硫化钼相似的层状结构。这种层状结构使得二硒化钼在垂直于层面方向上具有较弱的结合力，为锂离子的嵌入和脱出提供了便利。同时，二硒化钼还具有优良的结构刚性、导电性、电催化活性以及储荷性能等特点，这些性质使得它在锂离子电池负极材料中具有独特优势。

二硒化钼的制备方法多种多样，包括直接合成法、机械剥离法以及热化学气相沉积法等。直接合成法是将钼与硒按照一定摩尔比混合，在高温下进行反应制得。机械剥离法则是通过机械力从块状二硒化钼中剥离出单层或多层纳米片。热化学气相沉积法则是以氧化钼和硒粉为原料，在特定条件下通过气相反应在基底上生长出二硒化钼薄膜。这些方法各有优缺点，可根据具体需求选择合适的制备工艺。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

$MoSe_2$的应用领域极为广泛。除了众所周知的固体润滑剂的角色外，它在锂电池、太阳能电池、光催化剂、光电晶体管、发光二极管和光调制器等领域也展现出了巨大的应用潜力。



二硒化钼

在锂离子电池领域，二硒化钼以其高理论容量、良好的循环稳定性和优异的倍率性能而受到关注。作为负极材料，$MoSe_2$能够可逆地嵌入和脱出大量锂离子，从而实现高能量密度的存储。此外，其独特的层状结构为锂离子的快速传输提供了通道，使得电池具有出色的充放电性能。



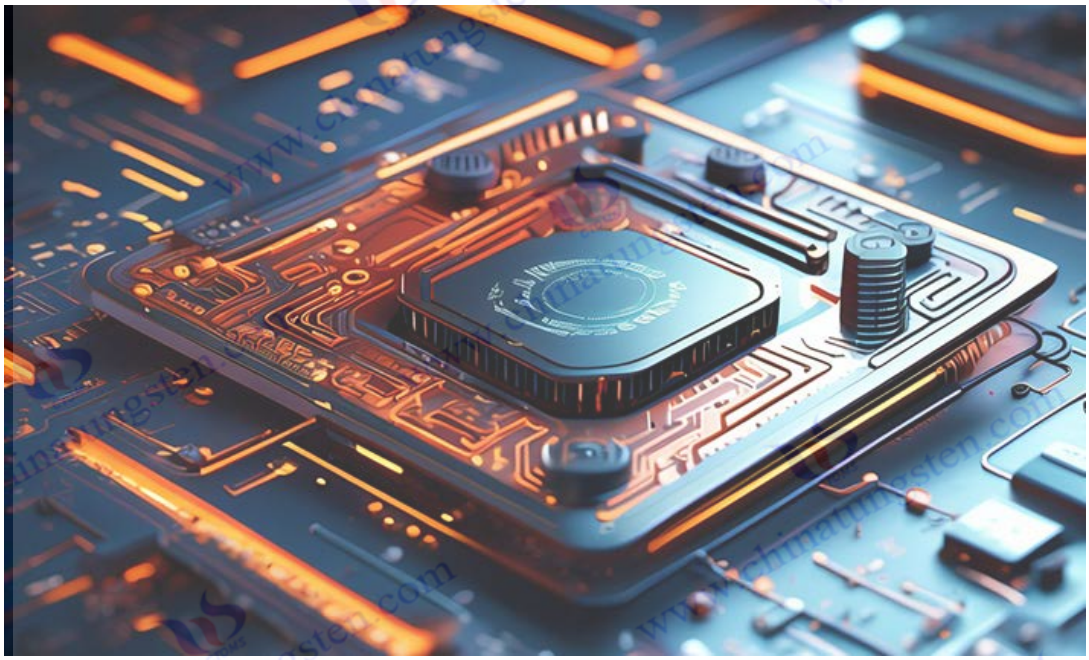
电池

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

在太阳能电池领域，二硒化钼因其优异的光电性能而被用作光吸收层或电极材料。$MoSe_2$ 较高的光吸收系数和光电转换效率使得太阳能电池能够更有效地将太阳能转化为电能。此外，$MoSe_2$ 的稳定性也保证了太阳能电池在长期使用过程中的性能稳定。

作为光催化剂，二硒化钼在光解水制氢、光降解有机污染物等领域具有潜在应用。$MoSe_2$ 较窄的禁带宽度使得它能够吸收可见光范围内的光子，产生光生电子和空穴，从而驱动化学反应的进行。此外，$MoSe_2$ 的催化活性也使其能够高效催化多种化学反应。

在光电晶体管领域，二硒化钼的高迁移率和开关比使其成为理想的沟道材料。$MoSe_2$ 优异的电学性能使得光电晶体管具有快速响应、高灵敏度和低噪声等特点，适用于光探测、成像和通信等领域。



电子器件

在发光二极管和光调制器领域，二硒化钼的优异发光性能和光电响应特性使其具有广阔的应用前景。通过调控 $MoSe_2$ 的能带结构和激子行为，可以实现高效、稳定的发光性能。同时，$MoSe_2$ 快速的光电响应也使得光调制器能够实现高速、高精度的光信号调制。

综上所述，二硒化钼作为一种多功能材料，在能源与光电领域展现出了巨大的应用潜力。随着科技的进步和研究的深入，相信二硒化钼在这些领域的应用将会更加广泛和深入，为新能源和光电技术的发展提供有力支撑。

16.4.1 锂离子电池负极材料用二硒化钼

二硒化钼作为锂离子电池负极材料，展现出了优异的电化学性能。$MoSe_2$ 具有较高的理论容量，能够存储更多的锂离子，从而实现更高的能量密度。研究表明，二硒化钼负极材料在锂电池中的可逆容量可达到较高的水平，远高于传统的石墨负极材料。此外，$MoSe_2$ 的充放电曲线平稳，容量衰减较小，具有良好的循环稳定性。在大电流充放电条件下，

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

$MoSe_2$ 仍能保持良好的性能，具有较高的倍率性能。

在锂离子电池中，二硒化钼作为负极材料，与正极材料和电解液共同构成电池体系。在充电过程中，锂离子从正极材料中脱出，通过电解液迁移到负极材料二硒化钼中，并与二硒化钼发生化学反应，形成锂化的二硒化钼（Li_xMoSe_2）。而在放电过程中，锂离子从锂化的 $MoSe_2$ 中脱出，通过电解液返回到正极材料，从而实现电能的释放。这一充放电过程可逆进行，使得锂电池能够反复充放电使用。

具体的反应方程式如下：
充电过程：$MoSe_2+xLi^++xe^-\rightarrow Li_xMoSe_2$
放电过程：$Li_xMoSe_2\rightarrow MoSe_2+xLi^++xe^-$

其中，x 表示嵌入或脱出的锂离子数量，e^-表示电子。这些反应方程式揭示了二硒化钼在锂离子电池中的充放电机制。



锂离子电池

16.4.2 锂离子电池负极材料用二硒化钼的挑战

二硒化钼作为锂离子电池负极材料，尽管具有高容量、良好的循环稳定性和倍率性能等优势，但在实际应用中仍面临一些挑战。这些挑战限制了 $MoSe_2$ 负极材料在高功率密度锂离子电池中的应用，以及其在商业化生产中的普及。

挑战一：导电性相对较差。纯二硒化钼的导电性相对较弱，这在高功率密度锂离子电池的应用中是一个显著的限制因素。由于导电性不佳，$MoSe_2$ 负极材料在充放电过程中可能无法有效地传输电子，导致电池性能下降。

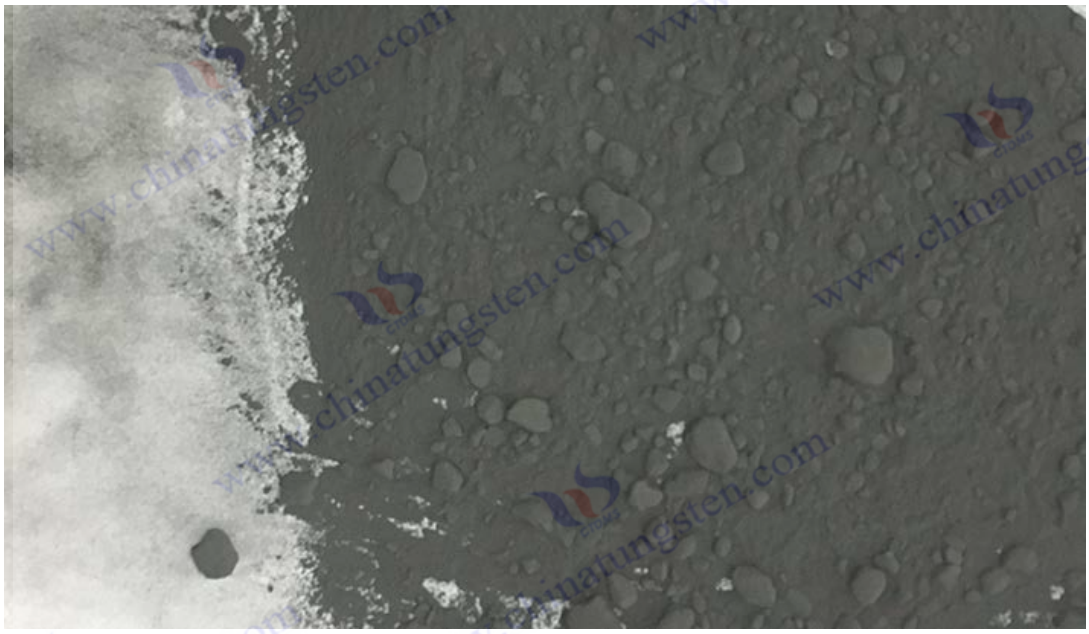
挑战二：体积膨胀问题。充放电过程中，$MoSe_2$ 可能发生体积膨胀，这可能导致电极结构

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

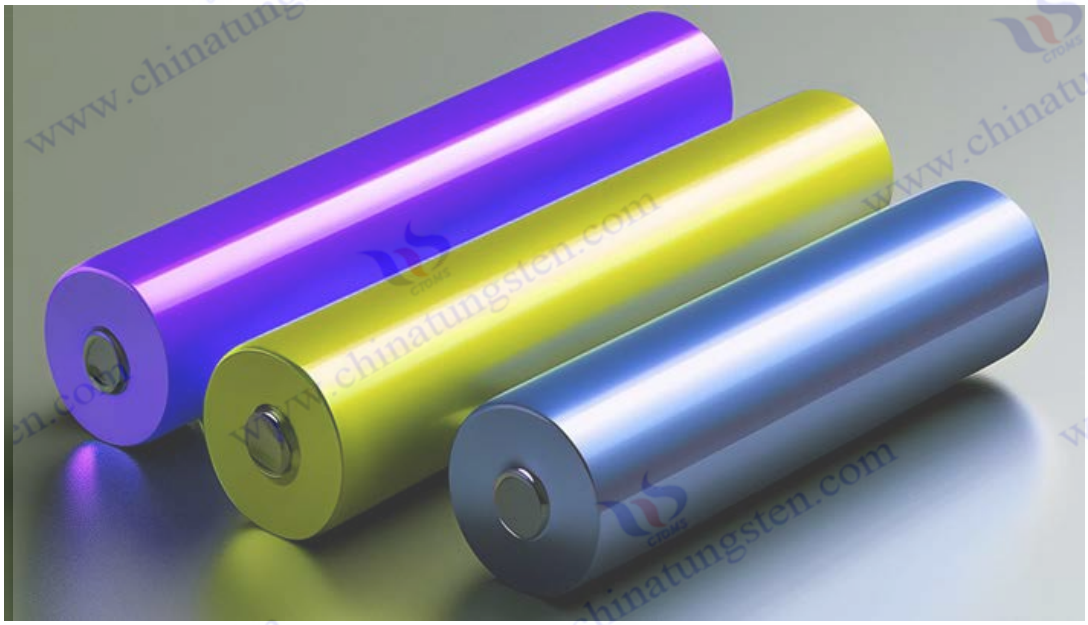
的破坏和容量的快速衰减。体积膨胀不仅影响电池的循环稳定性，还可能缩短电池的寿命。

挑战三：制备工艺和成本控制。目前，二硒化钼的制备工艺相对复杂，且生产成本较高。这增加了 $MoSe_2$ 负极材料商业化应用的难度，也限制了其在更大范围内的应用。



二硒化钼

解决方法一：提高导电性。为提高二硒化钼的导电性，研究者们可以采用复合化、纳米化等方法。例如，将 $MoSe_2$ 与其他高导电性材料进行复合，如石墨烯、碳纳米管等，形成复合材料。这不仅可以提高材料的导电性，还能改善其循环稳定性和倍率性能。此外，纳米化技术也可以用来提高 $MoSe_2$ 的导电性。通过将 $MoSe_2$ 制备成纳米颗粒或纳米片，可以增大其比表面积，提高电子传输效率，从而改善导电性。



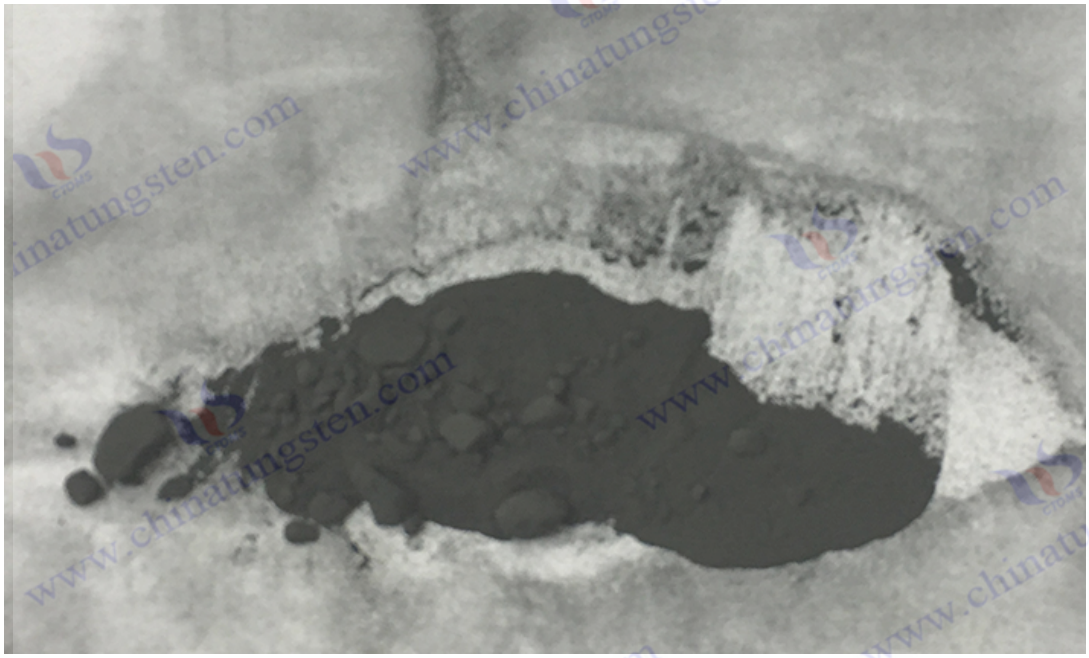
锂电池

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

解决方法二：抑制体积膨胀。为了抑制二硒化钼在充放电过程中的体积膨胀，研究者们可以采用结构设计、掺杂等方法。例如，通过设计合理的电极结构，如多孔结构、空心结构等，可以为 $MoSe_2$ 提供足够的空间来容纳体积变化，从而保持电极结构的完整性。此外，掺杂其他元素或化合物也可以用来抑制体积膨胀。通过引入适当的掺杂剂，可以改变 $MoSe_2$ 的晶体结构和化学键合方式，从而提高其稳定性，减少体积膨胀。

解决方法三：优化制备工艺和降低成本。为了降低二硒化钼负极材料的生产成本并优化制备工艺，研究者们需要探索更为高效、经济的合成方法。例如，开发新型化学气相沉积、溶剂热法等制备技术，可以简化制备过程，提高材料的质量和产量。同时，对原料进行选择和优化也是降低成本的关键。寻找更为丰富、廉价的原料来源，或者采用回收再利用的方式，可以有效降低生产成本。

综上所述，尽管二硒化钼作为锂电池负极材料面临一些挑战，但通过提高导电性、抑制体积膨胀以及优化制备工艺和降低成本等方法，有望解决这些问题，推动 $MoSe_2$ 负极材料的商业化应用。随着研究的深入和技术的不断进步，相信 $MoSe_2$ 在锂电池领域的应用将会更加广泛和深入。



二硒化钼

16.5 钼酸锂在锂离子电池中的应用

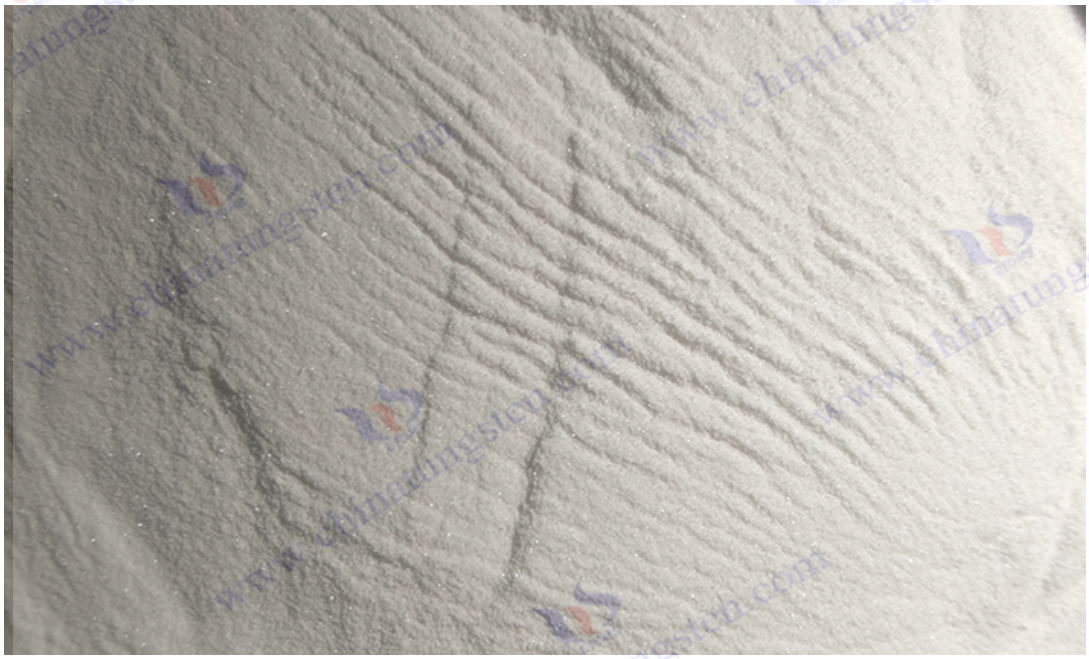
锂离子电池以其高能量密度、长循环寿命和无记忆效应等特性，在便携式电子设备、电动汽车以及大规模储能领域得到了广泛应用。近年来，研究者们不断探索新型的正极、负极和电解液材料，以提高锂离子电池的性能。其中，钼酸锂作为一种具有潜力的候选材料，受到了广泛关注。

钼酸锂，化学式为 Li_2MoO_4，是一种无机化合物，具有独特的晶体结构和化学性质。钼酸锂通常呈现为白色或浅黄色粉末，不溶于水，但可溶于酸。其晶体结构稳定，使得钼酸锂

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

在高温和高压条件下仍能保持较好的性能。



钼酸锂

钼酸锂的特点：1）高理论容量：钼酸锂具有较高的理论容量，这意味着在理论上，它可以存储更多的电荷，从而提高电池的能量密度。2）稳定的晶体结构：钼酸锂的晶体结构稳定，使得它在充放电过程中不易发生结构变化，从而保证了电池的长循环寿命。3）良好的安全性：钼酸锂材料在热稳定性和化学稳定性方面表现出色，降低了电池在使用过程中发生热失控或化学反应的风险，提高了电池的安全性。4）环保性：钼酸锂的制备过程中不涉及有毒有害物质，且其废弃物易于处理，符合绿色环保的发展趋势。



电池

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

钼酸锂作为一种具有潜力的锂离子电池材料，在正极材料、负极材料和电解液添加剂方面均展现出了良好的应用前景。

钼酸锂可以作为锂离子电池的正极材料，其高理论容量使得电池具有较高的能量密度。同时，Li_2MoO_4 的稳定晶体结构保证了电池在充放电过程中的结构稳定性，延长了电池的循环寿命。此外，钼酸锂的正极材料还具有良好的安全性能，降低了电池在使用过程中发生热失控的风险。

尽管钼酸锂在正极材料方面的应用较为广泛，但其在负极材料方面的应用也具有一定的潜力。通过合理的制备工艺和改性手段，Li_2MoO_4 负极材料可以展现出较高的可逆容量和循环稳定性，从而提高锂离子电池的整体性能。

此外，钼酸锂还可以作为电解液添加剂，用于改善电解液的物理化学性质。通过添加适量的 Li_2MoO_4，可以提高电解液的离子导电性、降低电解液的粘度，从而提高锂离子电池的充放电性能。同时，钼酸锂的添加还可以提高电解液的抗氧化性能，延长电池的使用寿命。



钼酸锂

16.5.1 锂离子电池正极材料用钼酸锂

随着新能源汽车和可再生能源存储系统的快速发展，对锂离子电池的能量密度、循环寿命和安全性提出了更高的要求。正极材料作为锂离子电池的重要组成部分，其性能直接决定了电池的整体性能。

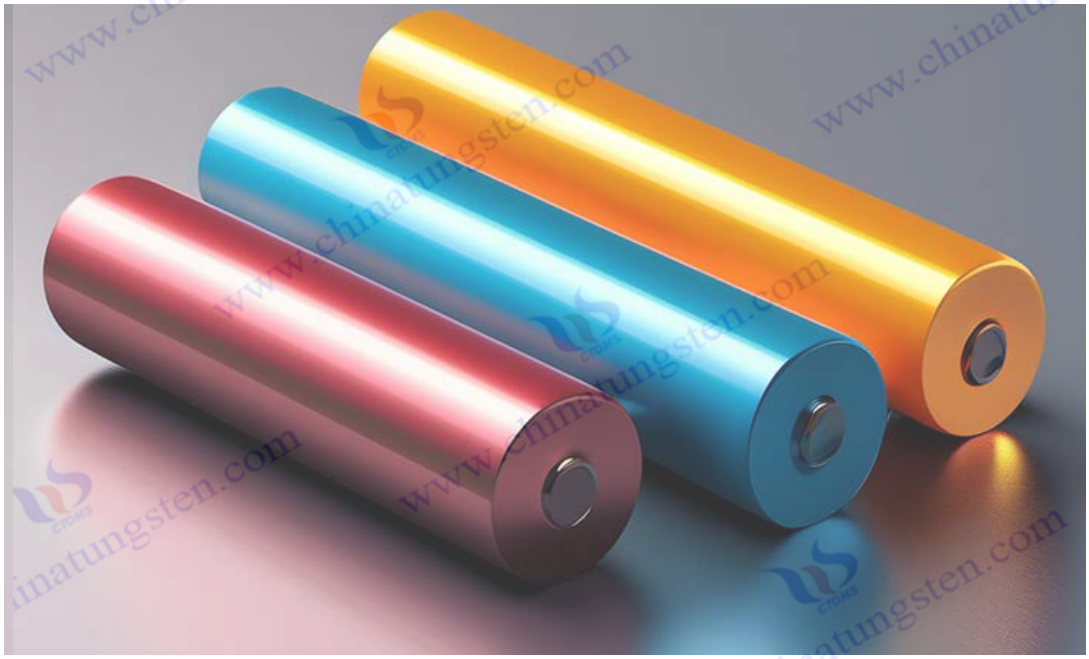
磷酸铁锂是目前市场上应用最广泛的正极材料之一，以其高安全性、长循环寿命和低成本而著称。然而，磷酸铁锂的能量密度相对较低，限制了其在高能量密度领域的应用。相比之下，钼酸锂在能量密度方面更具优势，同时保持了良好的循环稳定性和安全性。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

三元锂正极材料由镍、钴、锰等元素组成，具有较高的能量密度和较好的循环性能。然而，三元锂材料在成本、安全性和资源可持续性方面存在一定问题。钼酸锂在成本上具有一定优势，同时其高安全性和环保性使得它在未来市场竞争中更具潜力。

钴酸锂是早期锂离子电池的主要正极材料，具有较高的能量密度和放电电压。然而，钴酸锂的成本较高，且钴资源有限，使得其应用受到一定限制。此外，钴酸锂的安全性也相对较低，容易发生热失控。相比之下，钼酸锂在成本和安全性方面更具优势，且其资源相对丰富，有利于降低生产成本。



锂离子电池

钼酸锂正极材料的优点

钼酸锂作为一种新型的正极材料，因其独特的物理化学性质而受到广泛关注。Li_2MoO_4 正极材料主要有以下 4 个优势：

（1）高能量密度：钼酸锂具有较高的理论容量，这意味着在相同的质量或体积下，Li_2MoO_4 正极材料可以存储更多的电荷，从而提高锂离子电池的能量密度。这对于需要长续航里程的电动汽车和大规模储能系统来说尤为重要。

（2）优异的循环稳定性：钼酸锂的晶体结构稳定，在充放电过程中不易发生结构变化，从而保证了电池的长循环寿命。实验数据表明，采用 Li_2MoO_4 作为正极材料的锂电池在经过数百次循环后，仍能保持较高的容量保持率。

（3）良好的热稳定性：钼酸锂具有较高的热稳定性，这使得电池在高温环境下仍能保持良好的性能。此外，Li_2MoO_4 正极材料还具有良好的安全性，降低了电池在使用过程中发生热失控的风险。

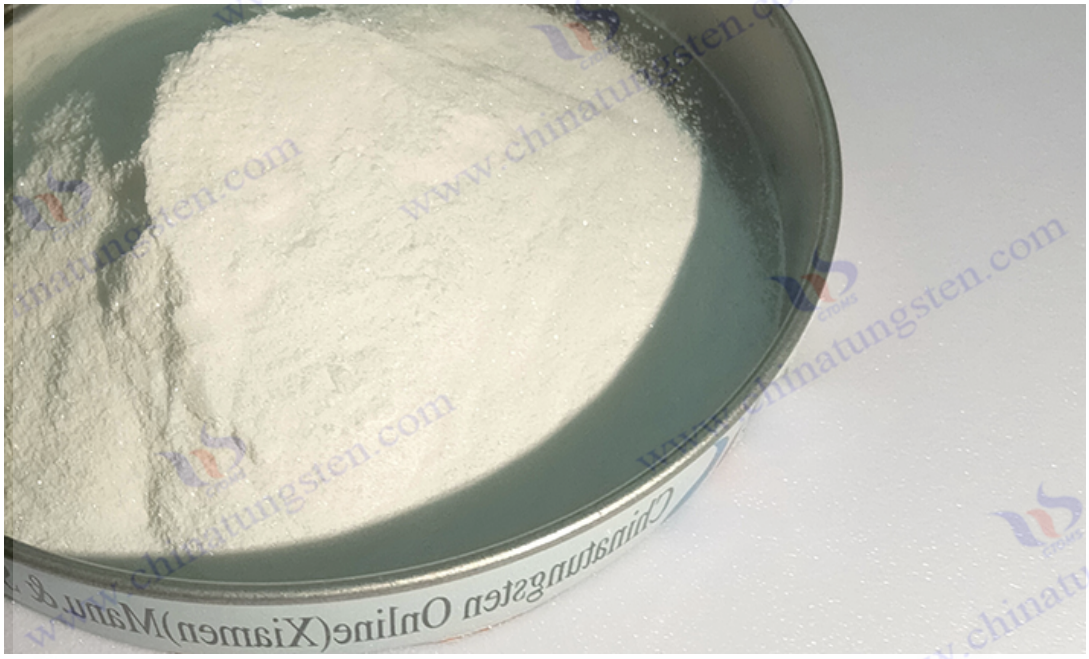
COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

（4）环保性：钼酸锂的制备过程中不涉及有毒有害物质，且其废弃物易于处理，符合绿色环保的发展趋势。

钼酸锂正极材料的制备工艺

目前，钼酸锂正极材料的制备工艺主要包括高温固相法、水溶液合成法以及表面修饰和掺杂等方法。

高温固相制备方法是制备钼酸锂正极材料的一种常用方法。具体步骤如下：1）按照摩尔比称取适量的锂盐和钼源。锂盐和钼源的选择对于最终产物的性能具有重要影响，因此需要根据具体需求进行选择。2）将称取好的锂盐和钼源进行混合，并放入球磨机中进行球磨。球磨时间控制在 2～5 小时，以确保原料混合均匀。3）将球磨后的混合物取出，进行研磨并过筛，以去除大颗粒和杂质。4）将过筛后的混合物放入烧结炉中，在空气气氛下进行烧结。烧结温度控制在 200～800℃，烧结时间根据具体条件选择，一般在 10～16 小时之间。5）烧结完成后，将炉温降至室温，取出产物进行后续处理。



钼酸锂

通过高温固相制备方法具有操作简单、产量大的优点，且得到的钼酸锂正极材料具有纯度高、结晶度好等优点，适用于大规模生产。

水溶液合成制备方法是一种相对温和的制备方法，适用于实验室研究和小规模生产。与高温固相制备方法相比，水溶液合成制备方法的区别在于锂盐和钼源的混合方式。具体步骤如下：1）将锂盐和钼源按照一定比例倒入水中，进行充分搅拌，使其形成均匀的混合溶液；2）将混合溶液进行烘干，去除水分，得到初步产物；3）对初步产物进行后续处理，如研磨、过筛等，得到最终的钼酸锂正极材料。

水溶液合成制备方法的优点在于操作简单、反应条件温和，同时可以得到较高纯度的产物。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

然而，该方法的生产规模相对较小，可能不适用于大规模生产。

除了单纯的钼酸锂正极材料制备外，还可以通过表面修饰和掺杂等技术手段，进一步改善钼酸锂正极材料的性能。例如，采用钼酸锂表面修饰富镍正极材料，可以提高材料的结构稳定性和循环性能；而钼掺杂则可以提高材料的电子导电性和离子扩散速率，从而提高电池的充放电性能。

16.5.2 锂离子电池负极材料用钼酸锂

随着科技的飞速发展，锂离子电池因其高能量密度、长循环寿命和低自放电率等特点，在电动汽车、便携式电子设备等领域得到了广泛应用。然而，传统的负极材料如石墨等，在能量密度和循环性能上已难以满足日益增长的市场需求。因此，寻找新型高性能负极材料成为了当前研究的热点。钼酸锂（Li_2MoO_4）作为一种新型负极材料，以其独特的物理化学性质和优异的电化学性能，受到了广泛关注。

钼酸锂负极材料具有较高的理论容量和较低的嵌锂电位，这使得它在锂离子电池中具有较高的能量密度和较好的循环稳定性。此外，Li_2MoO_4 还具有良好的热稳定性和结构稳定性，能够在高温或快速充放电条件下保持较好的性能。因此，研究 Li_2MoO_4 负极材料的制备方法及其电化学性能，对于推动锂离子电池技术的发展具有重要意义。



锂离子电池

钼酸锂负极材料的制备方法

钼酸锂负极材料的制备步骤：将锂盐、钼盐前驱体按化学计量数比（摩尔比）均匀混合，空气中加热至 200～400℃进行保温预处理，然后在空气或氮气、氩气、二氧化碳等惰性气氛中，在 500～800℃条件下进行烧结反应，得到锂离子电池的 Li_2MoO_4 负极材料。保温预处理阶段主要发生的是物理变化，即锂盐与钼盐前驱体混合均匀，为后续的化学反应

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

做准备。烧结反应阶段：$2Li^{X}+Mo^{Y}\rightarrow Li_2MoO_4$+其他副产物（其中 X 代表锂的化合价，Y 代表钼的化合价，副产物根据具体反应条件而定）

在上述制备过程中，还可以加入碳材料对产物进行碳包覆。碳材料的选择具有多样性，可以是碳水化合物、乙炔黑或石墨等。碳材料的加入可以在前驱体混合时、烧结反应时或烧结反应之后进行，并根据需要再次进行烧结处理。碳包覆不仅可以提高钼酸锂负极材料的导电性，还能有效缓解其在充放电过程中的体积膨胀，从而提高材料的循环稳定性。

实验数据表明，通过该方法制备得到的钼酸锂负极材料具有较高的实际容量和优异的循环性能。在 0.1C 倍率下，首次放电容量可达到 XXmAh/g，经过 XX 次循环后，容量保持率仍在 XX%以上。此外，该材料还表现出良好的倍率性能和高温性能，能满足不同应用场景的需求。

为了进一步提升钼酸锂负极材料的性能，本研究还将碳纳米材料（CNF）与钼基二元金属氧化物 Li_2MoO_4 进行复合。实验结果表明，导电碳网络的引入有效抑制了容量衰减、缓解了体积膨胀，为其他金属氧化物的优化提供了一定的启发。此外，选择 NCM 三元正极材料与 LMO@CNF 组装成全电池体系后，NCM//LMO@CNF 全电池展现出优异的容量保持率，显示出 LMO@CNF 负极材料具有不错的商业化应用前景和发展潜力。



钼酸锂

16.5.3 锂离子电池电极材料用钼酸锂的挑战

锂离子电池电极材料使用钼酸锂时，确实存在一些关键问题，这些问题影响了其在实际应用中的性能表现。

钼酸锂存在的问题

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

（1）导电性能低：钼酸锂的导电性能相对较差，这直接影响了电池的充放电效率和能量密度。在充放电过程中，低导电性可能导致电子传输不畅，从而限制了电池的高倍率性能。

（2）结构稳定性差：在锂离子电池的充放电循环过程中，钼酸锂的结构可能会发生变化，导致其电化学性能下降。特别是在高能量密度和高功率密度的工作环境下，结构稳定性问题更加突出。

（3）循环寿命短：由于钼酸锂在充放电过程中可能发生的结构变化，导致其循环寿命较短。这不仅影响了电池的使用寿命，还增加了电池更换和维护的成本。

（4）制备工艺复杂：钼酸锂的制备过程通常需要高温、高压等条件，工艺相对复杂。这不仅增加了生产成本，还可能影响产品的质量和一致性。



钼酸锂

对应的解决方法

（1）提高导电性能

掺杂改性：通过在钼酸锂中掺杂其他金属离子或非金属离子，改善其电子结构，提高导电性能。例如，掺杂适量的碳、氮等元素，可以形成缺陷或空位，提高材料的导电性。

表面修饰：利用导电材料对钼酸锂进行表面修饰，如碳包覆、金属纳米颗粒修饰等，增加其表面电导率，提升电池性能。

纳米化：将钼酸锂制备成纳米尺寸的材料，可以增大其比表面积，缩短电子和离子的传输路径，从而提高导电性能。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

（2）优化结构稳定性

改进合成方法：通过优化合成条件，如温度、压力、时间等，控制钼酸锂的晶体结构和颗粒形貌，提高其结构稳定性。

引入稳定剂：在制备过程中添加稳定剂，如某些金属氧化物或聚合物，以增强钼酸锂的结构稳定性。

构建复合结构：将钼酸锂与其他稳定性好的材料复合，形成复合电极材料，利用协同效应提高整体结构稳定性。



锂离子电池

（3）延长循环寿命

优化电解液配方：通过调整电解液的成分和浓度，减少电解液与钼酸锂之间的不良反应，延长电池循环寿命。

控制充放电条件：在电池使用过程中，合理控制充放电电流、电压等条件，避免过充、过放等现象，保护钼酸锂电极材料的结构稳定性。

应用电池管理系统：通过电池管理系统对电池进行实时监控和智能调控，确保电池在安全、高效的状态下运行。

（4）简化制备工艺

开发新型制备技术：探索更加简单、高效的制备技术，如微波合成、溶剂热合成等，降低生产成本。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

优化工艺流程：通过改进原料选择、混合方式、烧结条件等工艺流程，提高生产效率，降低能耗。

实现规模化生产：通过优化生产线布局、提高设备自动化程度等方式，实现钼酸锂材料的规模化生产，降低单位产品成本。



钼酸锂

16.5.4 锂离子电池电解液用钼酸锂

电解液在锂离子电池中起着至关重要的作用，它不仅是离子传输的媒介，还影响着电池的性能和安全性。目前，电解液主要分为以下几种类型：

（1）有机电解液：这是目前商业化锂离子电池中最常用的电解液类型。它主要由有机溶剂和锂盐组成，具有良好的离子导电性和化学稳定性。有机电解液具有较高的能量密度和功率密度，使得锂离子电池在移动设备、电动汽车等领域得到广泛应用。

（2）离子液体电解液：离子液体是一种在室温下呈液态的盐类，具有宽的电化学窗口、低挥发性、高热稳定性等优点。离子液体电解液在高温、高电压等极端条件下表现出良好的性能，因此在一些特殊应用场景中具有潜在优势。

（3）固态电解质：固态电解质是一种新型的电解液类型，它克服了液态电解质易泄漏、易燃爆等安全问题。固态电解质具有高离子导电性、机械强度高、化学稳定性好等优点，被认为是下一代锂离子电池的重要发展方向。

电解液在锂离子电池中扮演着多重角色，主要包括以下几个方面：

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

（1）离子传输：电解液是锂离子在正负极之间传输的媒介，它使得电池能够充放电，实现能量的储存和释放。

（2）稳定电池结构：电解液与正负极材料之间形成良好的界面，有助于维持电池结构的稳定性，防止电池在充放电过程中发生形变或损坏。

（3）热管理：电解液在电池工作过程中会吸收或释放热量，有助于维持电池的温度稳定，防止电池过热或热失控。



电池着火

钼酸锂作为一种潜在的电解液添加剂或组分，具有以下优势：

（1）提高离子导电性：钼酸锂具有优良的离子导电性能，将其添加到电解液中可以提高电解液的离子传输效率，从而提高电池的充放电性能。

（2）拓宽电化学窗口：钼酸锂具有较高的电化学稳定性，能够拓宽电解液的工作电压范围，使得电池能够在更高的电压下工作，提高能量密度。

（3）增强安全性：钼酸锂的加入可以改善电解液的热稳定性和化学稳定性，降低电池在过充、过放等极端条件下的安全风险。

（4）提高循环寿命：钼酸锂能够减少电解液与正负极材料之间的界面反应，降低电池在充放电过程中的容量衰减，从而提高电池的循环寿命。

然而，值得注意的是，虽然钼酸锂在电解液中的应用具有诸多优势，但目前其在实际应用中仍面临一些挑战，如制备成本、与其他组分的相容性等问题。因此，未来还需要进一步的研究和探索，以充分发挥钼酸锂在锂离子电池电解液中的潜力。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

16.5.5 锂离子电池电解液用钼酸锂的挑战

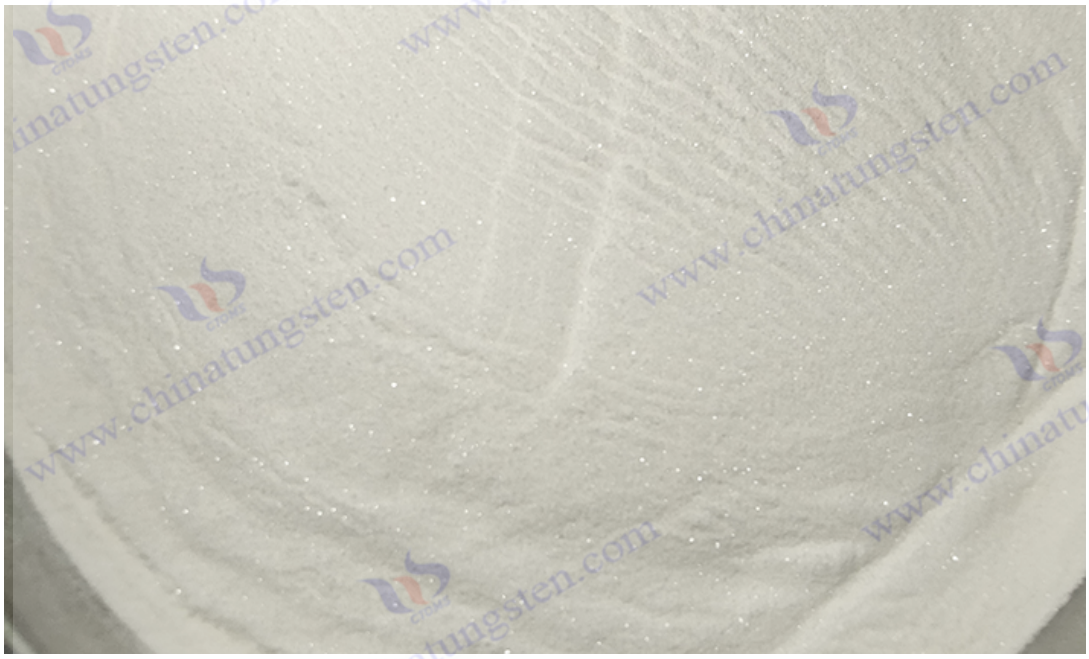
锂离子电池电解液用钼酸锂作为一种潜在的高性能电解液添加剂，在提升电池性能和安全性方面具有显著优势。然而，将其实际应用于商业化锂离子电池中仍面临一系列挑战。

（1）合成与制备的挑战

钼酸锂的合成是一个复杂且精细的过程，需要精确控制反应条件以获得纯度高、结晶度好的产品。然而，在实际操作中，由于原料的纯度、反应温度、时间、压力等因素的波动，可能会导致 Li_2MoO_4 的结晶度、粒径分布等性能不稳定。此外，Li_2MoO_4 的合成过程中可能产生的微量杂质也可能影响其性能，因此需要通过精细的纯化工艺来去除这些杂质。

（2）电解液相容性的挑战

钼酸锂作为一种添加剂或组分引入电解液中，需要与其他电解液组分（如有机溶剂、锂盐等）保持良好的相容性。然而，由于 Li_2MoO_4 的化学性质较为特殊，可能会与某些电解液组分发生不良反应，导致电解液性能下降或电池性能不稳定。因此，在选择电解液组分时，需要进行充分的相容性测试和优化，以确保电解液的性能稳定可靠。



钼酸锂

（3）离子导电性的挑战

虽然钼酸锂本身具有较高的离子导电性，但在电解液中的实际应用中，其离子导电性可能受到多种因素的影响。例如，Li_2MoO_4 的溶解度、在电解液中的分散性、与其他组分的相互作用等都可能影响其离子导电性能。因此，需要通过优化 Li_2MoO_4 的添加量、调整电解液配方等方式，提高其离子导电性，从而满足锂离子电池高倍率充放电的需求。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

（4）成本问题的挑战

钼酸锂的制备成本相对较高，这主要源于其复杂的合成工艺和高质量的原料需求。在商业化锂离子电池的生产中，成本是一个重要的考虑因素。因此，如何在保证 Li_2MoO_4 性能的前提下降低其制备成本，是将其广泛应用于锂离子电池电解液中的关键挑战之一。

（5）安全性的挑战

尽管钼酸锂的引入有助于提高锂离子电池的安全性，但在其制备和使用过程中仍存在一定的安全风险。例如，Li_2MoO_4 在高温或高压条件下可能发生分解或产生有害气体，这可能对生产环境和操作人员的健康造成威胁。因此，需要采取严格的安全措施和操作规程，确保钼酸锂的制备和使用过程安全可靠。

综上所述，锂离子电池电解液用钼酸锂面临着合成与制备、电解液相容性、离子导电性、成本问题和安全性等多方面的挑战。为了克服这些挑战，需要深入研究 Li_2MoO_4 的性能特点和应用机制，探索更高效的合成方法、优化电解液配方、降低生产成本并加强安全管理。



锂离子电池

16.6 钼酸铁在锂离子电池中的应用

钼酸铁，化学式为 $Fe_2(MoO_4)_3$，是一种无机化合物，由铁和钼的氧化物结合而成。这种化合物在材料科学、电化学以及新能源领域中具有广泛的应用前景。

钼酸铁，作为钼酸盐的一种，是由铁离子和钼酸根离子结合而成的化合物。它的化学式表明，每个分子中有两个铁离子和三个钼酸根离子。这种化合物通常不是以自然矿物的形式存在，而是通过人工合成的方式得到。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

钼酸铁的物理性质主要取决于其晶体结构和合成条件。一般来说，它呈现出固体状态，颜色可能为浅黄至深褐色，这取决于其纯度和结晶度。其密度、熔点、溶解度等物理参数则与具体的晶体形态和合成方法有关。钼酸铁通常具有良好的热稳定性和机械强度，这使其在高温或高压环境下也能保持稳定的性能。

钼酸铁在化学上表现出较为稳定的特性。它不易与水或其他常见溶剂发生反应，但在强酸或强碱环境下可能会发生分解或溶解。此外，钼酸铁在高温条件下可能会与某些还原剂发生氧化还原反应，生成相应的低价态铁和钼的化合物。



钼酸铁

钼酸铁的晶体结构是其物理和化学性质的基础。一般来说，钼酸铁具有较为复杂的晶体结构，其中铁离子和钼酸根离子通过离子键或共价键相互连接，形成稳定的晶体格架。这种结构决定了钼酸铁在电导率、离子扩散等方面具有独特的性能。

钼酸铁的生产通常涉及一系列化学反应和物理处理过程。主要的生产方法包括溶液法、固相反应法等。在溶液法中，通过控制铁盐和钼酸盐溶液的混合比例、反应温度和 pH 值等条件，可以合成出具有特定组成和结构的钼酸铁。固相反应法则是通过将铁氧化物和钼氧化物混合后，在高温下进行反应，得到钼酸铁产物。

钼酸铁在多个领域具有广泛的应用。在材料科学领域，它可作为陶瓷、玻璃等材料的添加剂，用于改善材料的性能。在电化学领域，钼酸铁因其良好的电化学性能而被用作锂离子电池等能量存储设备的电极材料。此外，钼酸铁还可用作催化剂、颜料等，在化工、环保等领域发挥重要作用。

16.6.1 锂离子电池负极材料用纳米棒状钼酸铁

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

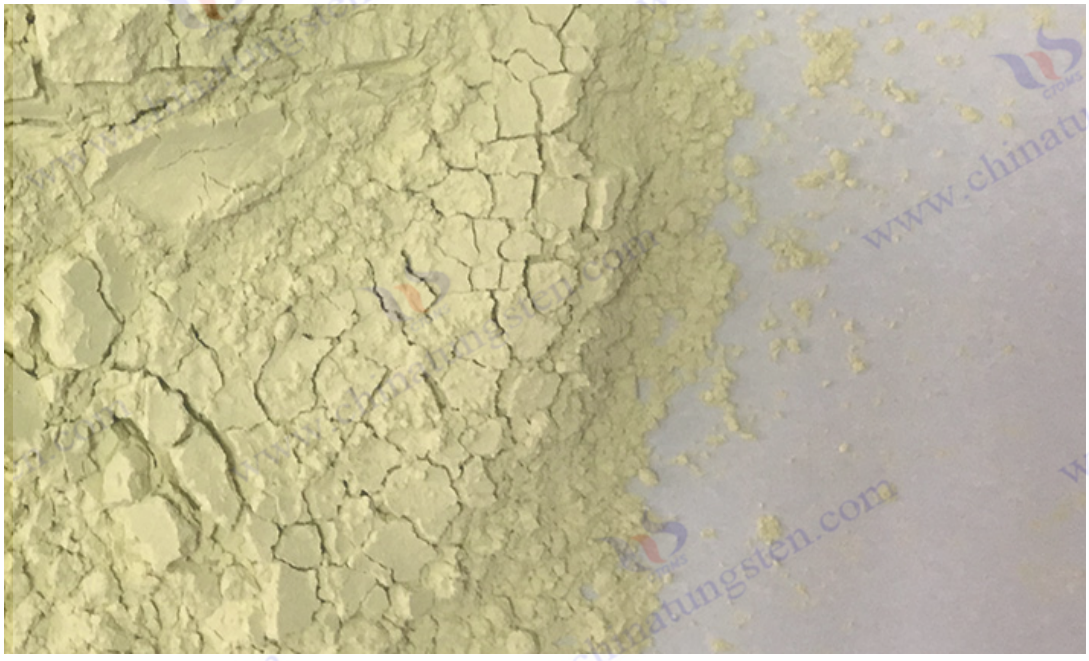
www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

锂电池作为现代电子设备的重要能源载体，其性能优化一直是科研领域的热点。负极材料作为锂离子电池的重要组成部分，其性能直接影响着电池的整体表现。近年来，纳米棒状钼酸铁作为一种新型的负极材料，因其独特的物理和化学性质，受到了广泛的关注和研究。



钼酸铁

钼酸铁，化学式为 $Fe_2(MoO_4)_3$，是一种无机化合物，具有独特的晶体结构。这种结构使得钼酸铁具有良好的热稳定性和化学稳定性，为其在高温、高压等极端环境下的应用提供了可能。尽管钼酸铁在自然界中并不常见，但通过人工合成的方法，我们可以得到具有特定形貌和尺寸的钼酸铁材料，如纳米棒状钼酸铁。



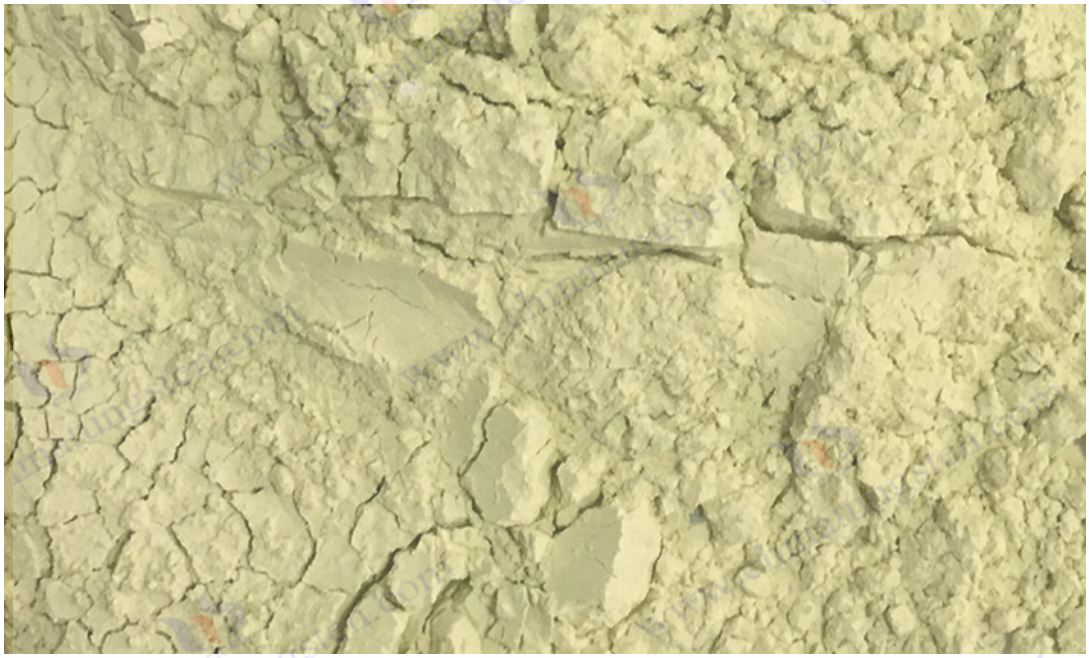
钼酸铁

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

纳米棒状钼酸铁作为锂离子电池负极材料，具有显著的优势。首先，纳米级别的尺寸使得钼酸铁具有更大的比表面积，从而提高了其与电解液的接触面积，有利于锂离子的快速嵌入和脱出。这不仅可以提高电池的充放电速率，还能改善电池的循环稳定性。

其次，纳米棒状钼酸铁独特的形貌和结构使其具有良好的离子扩散和电子传导性能。锂离子在纳米棒中的扩散路径较短，能够快速地嵌入和脱出，从而提高了电池的功率密度。同时，$Fe_2(MoO_4)_3$的高电子传导性也确保了电池在充放电过程中的高效能量转换。

此外，纳米棒状钼酸铁还具有较高的理论比容量和能量密度。这意味着在相同的质量或体积下，$Fe_2(MoO_4)_3$能够存储更多的锂离子，从而提高电池的能量密度。这对于满足现代电子设备对高能量密度电池的需求具有重要意义。



钼酸铁

在安全性方面，纳米棒状钼酸铁也表现出优异的性能。与传统的负极材料相比，$Fe_2(MoO_4)_3$具有更低的热失控温度和更高的热稳定性。这意味着在极端条件下，$Fe_2(MoO_4)_3$电池更不容易发生热失控，从而提高了电池的安全性。此外，$Fe_2(MoO_4)_3$还表现出良好的耐过充和耐过放性能，进一步增强了电池的安全性能。

然而，纳米棒状钼酸铁作为锂离子电池负极材料也面临着一些挑战。例如，其合成工艺相对复杂，需要精确控制反应条件和参数以获得高质量的纳米棒状结构。此外，$Fe_2(MoO_4)_3$的电子传导性虽然较高，但仍有待进一步提高以满足更高功率密度的需求。

综上所述，纳米棒状钼酸铁作为一种新型的锂离子电池负极材料，具有显著的优势和广阔的应用前景。随着科研工作的深入和技术的不断进步，相信纳米棒状 $Fe_2(MoO_4)_3$在锂离子电池领域的应用将会得到进一步优化和拓展，为新能源领域的发展贡献更多力量。

16.6.2 锂离子电池电极材料用纳米棒状钼酸铁的挑战

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

随着新能源技术的飞速发展，锂离子电池作为高性能、高能量密度的储能器件，已经广泛应用于电动汽车、智能手机、笔记本电脑等众多领域。纳米棒状钼酸铁作为一种潜在的锂离子电池电极材料，因其独特的物理和化学性质而备受关注。然而，尽管纳米棒状$Fe_2(MoO_4)_3$在理论上具有诸多优势，但在实际应用中仍面临诸多挑战。

（1）合成方法的复杂性

纳米棒状钼酸铁的合成是一个复杂且精细的过程，需要精确控制反应条件，如温度、压力、反应时间以及原料的配比等。目前，尽管有多种方法可以实现纳米棒状 $Fe_2(MoO_4)_3$的合成，如溶胶凝胶法、水热法、共沉淀法等，但这些方法均存在操作繁琐、成本高、产量低等问题。此外，合成过程中涉及的化学试剂往往具有毒性或腐蚀性，对操作人员的安全和环境保护提出了严格要求。



钼酸铁

（2）结构稳定性问题

纳米棒状钼酸铁在充放电过程中，其晶体结构容易受到锂离子嵌入和脱出的影响而发生变化。这种结构的不稳定性可能导致电极材料的性能衰减，从而影响锂离子电池的循环寿命和能量密度。为了解决这一问题，研究者们尝试通过掺杂、包覆等手段对 $Fe_2(MoO_4)_3$进行改性，以提高其结构稳定性。然而，这些方法往往会在一定程度上牺牲材料的电化学性能，因此需要在性能与稳定性之间找到平衡。

（3）电子传导性和离子扩散性

尽管纳米棒状钼酸铁具有较高的理论比容量和能量密度，但其电子传导性和离子扩散性仍有待提高。电子传导性的不足会限制电池在高倍率充放电时的性能表现，而离子扩散性的

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

不足则可能导致电池在充放电过程中出现极化现象，降低电池的能量效率。为了改善这些问题，研究者们正在探索新型的纳米结构设计、材料复合以及表面修饰等方法，以提高纳米棒状 $Fe_2(MoO_4)_3$的电子传导性和离子扩散性。

（4）与电解液的相容性

纳米棒状钼酸铁与电解液的相容性也是影响其作为电极材料性能的关键因素之一。在充放电过程中，电极材料与电解液之间的界面反应会直接影响电池的性能和安全性。如果纳米棒状 $Fe_2(MoO_4)_3$与电解液的相容性差，可能导致电池内阻增大、能量效率降低，甚至引发电池的热失控等安全问题。因此，研究者们需要寻找与纳米棒状 $Fe_2(MoO_4)_3$相容性好的电解液，或者通过表面修饰等方法改善其与电解液的相容性。



钼酸铁

（5）生产成本与规模化应用

纳米棒状钼酸铁的生产成本较高，难以实现大规模生产。这主要是由于其合成过程复杂、原料成本高以及设备投资大等因素所致。此外，纳米材料的规模化应用也面临着诸多挑战，如如何保证产品质量的一致性、如何降低生产成本、如何优化生产工艺等。这些问题都需要研究者们进行深入的研究和探索。

综上所述，纳米棒状钼酸铁作为锂离子电池电极材料虽然具有诸多潜在优势，但在实际应用中仍面临着诸多挑战。为了充分发挥其性能优势并实现规模化应用，需要研究者们不断探索新的合成方法、优化材料结构、提高电子传导性和离子扩散性、改善与电解液的相容性，并降低生产成本。相信随着科技的进步和研究的深入，纳米棒状钼酸铁在锂离子电池领域的应用前景将会更加广阔。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

16.7 钼酸铜在锂离子电池中的应用

锂离子电池作为现代能源储存技术的重要组成部分，在电动汽车、智能手机、可穿戴设备等领域得到了广泛应用。随着科技的不断发展，对锂离子电池性能的要求也越来越高，因此寻找新型的正负极材料成为了研究的热点。钼酸铜作为一种具有潜力的锂离子电池正极材料，近年来受到了广泛关注。

钼酸铜，化学式为 $CuMoO_4$，是一种无机化合物，由铜离子和钼酸根离子结合而成。这种化合物通常呈现为固体状态，颜色可能因制备方法和条件的不同而有所差异。$CuMoO_4$ 在自然界中并不常见，主要通过人工合成的方式获得。

钼酸铜的物理性质主要取决于其晶体结构和合成条件。通常，它呈现出固体粉末或结晶体的形态，颜色可能是深绿色或蓝黑色。其密度、熔点、溶解度等物理参数会受到合成方法、晶型以及纯度等因素的影响。此外，$CuMoO_4$ 通常具有良好的热稳定性和机械强度，这使得它在高温或高压环境下也能保持稳定的性能。



钼酸铜

钼酸铜在化学上表现出相对稳定的特性。它不易与水或其他常见溶剂发生反应，但在强酸或强碱环境下可能会发生分解或溶解。此外，$CuMoO_4$ 在高温条件下可能会与某些还原剂发生氧化还原反应，生成相应的低价态铜和钼的化合物。这些化学性质使得 $CuMoO_4$ 在特定条件下能够发挥特定的功能。

钼酸铜的晶体结构是其物理和化学性质的基础。通常，$CuMoO_4$ 具有复杂的结构，其中铜离子和钼酸根离子通过离子键或共价键相互连接，形成稳定的晶体格架。这种结构使得 $CuMoO_4$ 在电导率、离子扩散等方面具有独特的性能，为其在锂电池中的应用提供了可能。

钼酸铜的生产通常涉及溶液法、固相反应法等化学合成方法。在溶液法中，通过控制铜盐

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

和钼酸盐溶液的混合比例、反应温度和 pH 值等条件，可以合成出具有特定组成和结构的钼酸铜。固相反应法则是通过将铜氧化物和钼氧化物混合后，在高温下进行反应，得到钼酸铜产物。这些方法可以根据实际需求进行选择和优化。

钼酸铜在多个领域具有广泛的应用。除了作为锂离子电池的正极材料外，它还可用于催化剂、颜料、陶瓷等领域。作为催化剂，钼酸铜在化工生产中能够促进某些化学反应的进行；作为颜料，它可以用于制造涂料、油墨等产品；在陶瓷领域，钼酸铜可以作为添加剂改善陶瓷的性能。

钼酸铜在锂电池中的应用主要体现在作为正极材料方面。由于其具有较高的理论比容量和能量密度，$CuMoO_4$ 被视为一种具有潜力的新型正极材料。通过优化合成方法和掺杂改性，可以进一步提高 $CuMoO_4$ 的电化学性能。作为正极材料，$CuMoO_4$ 在充放电过程中能够提供稳定的容量输出，同时表现出良好的循环稳定性和倍率性能。此外，钼酸铜还具有较高的氧化还原电位和良好的离子扩散性能，有助于提高锂电池的工作电压和功率密度。



钼酸铜

16.7.1 锂离子电池负极材料用钼酸铜

钼酸铜具有独特的晶体结构，其中铜离子和钼酸根离子通过离子键或共价键相互连接，形成稳定的晶体格架。这种结构使得 $CuMoO_4$ 在电导率、离子扩散等方面具有独特的性能。正是这些性能，使得 $CuMoO_4$ 有可能成为优异的锂离子电池负极材料。

作为锂离子电池负极材料，钼酸铜展现出了优异的电化学性能。在充放电过程中，$CuMoO_4$ 能够与锂离子发生可逆的嵌入和脱出反应，从而实现电能的储存和释放。以下是 $CuMoO_4$ 作为负极材料的一些关键化学反应：

放电过程（嵌锂反应）：

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

$CuMoO_4+xLi^++xe^-\rightarrow Li_xCuMoO_4$

充电过程（脱锂反应）：

$Li_xCuMoO_4\rightarrow CuMoO_4+xLi^++xe^-$

这些反应使得钼酸铜具有较高的理论比容量和能量密度，能够满足高性能锂离子电池的需求。此外，钼酸铜还具有良好的循环稳定性和倍率性能，能够在多次充放电过程中保持稳定的容量输出。

为了验证钼酸铜作为锂离子电池负极材料的性能，科研工作者们进行了一系列实验。实验结果表明，$CuMoO_4$ 负极材料具有较高的可逆容量和优异的循环稳定性。在多次充放电循环后，其容量衰减较小，显示出良好的应用前景。

此外，钼酸铜还表现出良好的倍率性能。在高倍率充放电条件下，$CuMoO_4$ 仍能保持较高的容量输出，满足快速充电和放电的需求。这一特性使得 $CuMoO_4$ 在电动汽车、可穿戴设备等需要快速充电的领域具有潜在应用价值。



锂离子电池

16.7.2 锂离子电池电极材料用钼酸铜的挑战

随着能源科技的快速发展，锂离子电池作为一种高效、环保的能源储存方式，已广泛应用于电动汽车、智能手机、笔记本电脑等众多领域。然而，随着应用领域的不断拓展和性能要求的日益提高，传统的锂离子电池电极材料已难以满足市场需求。因此，新型电极材料的研发显得尤为重要。钼酸铜作为一种新型的锂离子电池负极材料，因其在物理、化学和电化学等方面展现出的独特性能优势而备受关注。然而，在实际应用中，$CuMoO_4$ 仍面临一些挑战，需要进一步研究和改进。

（1）导电性较差

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

钼酸铜的导电性较差，这直接影响了其在锂离子电池中的电化学性能。为了解决这个问题，研究者们通常采用掺杂或包覆等方法来改进 $CuMoO_4$ 的导电性。掺杂是指将其他元素或化合物引入到 $CuMoO_4$ 中，通过改变其晶体结构或电子结构来提高导电性。包覆则是将导电性较好的材料包裹在 $CuMoO_4$ 颗粒表面，形成一个导电网络，从而提高整体导电性。然而，这些方法在实际操作中往往存在工艺复杂、成本较高等问题，需要进一步研究和优化。

（2）合成工艺复杂

钼酸铜的合成工艺相对复杂，需要严格控制反应条件，如温度、压力、反应时间等。同时，合成过程中还需要使用到一些有毒或有害的原料，对环境和人体健康造成潜在威胁。因此，优化钼酸铜的合成工艺，降低生产成本，减少环境污染，是当前研究的重点之一。

为了改进合成工艺，研究者们不断探索新的合成方法和原料。例如，采用水热法、溶胶凝胶法、共沉淀法等新型合成方法，可以在较低的温度和压力下实现钼酸铜的高效合成。此外，寻找环保、无毒的原料替代传统有毒或有害原料，也是降低环境污染的有效途径。



钼酸铜

（3）生产成本高

目前，钼酸铜的生产成本相对较高，这限制了其在大规模商业化应用中的竞争力。要降低 $CuMoO_4$ 的生产成本，可以从以下几个方面入手：

首先，提高合成工艺的效率和产率。通过优化反应条件、改进合成方法等手段，提高 $CuMoO_4$ 的合成效率和产率，从而降低生产成本。其次，实现原料的循环利用。在合成过程中，尝试回收和再利用废液、废气等副产品，减少原料的浪费和环境污染。最后，开展规模化生产研究。通过扩大生产规模、优化生产流程等方式，降低单位产品的生产成本，

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

提高 $CuMoO_4$ 的市场竞争力。

针对钼酸铜在锂离子电池中面临的挑战，未来研究可以从以下几个方面展开：

深入研究钼酸铜的导电性改进机制。通过理论计算和实验研究相结合的方法，揭示掺杂或包覆等方法对钼酸铜导电性的影响机制，为进一步优化其导电性提供理论支持。

探索新型合成方法和原料。继续寻找更加环保、高效、低成本的合成方法和原料，以简化合成工艺、降低生产成本。

加强钼酸铜与其他材料的复合研究。通过将钼酸铜与其他材料（如碳材料、导电聚合物等）进行复合，提高其电化学性能，拓宽其在锂离子电池中的应用范围。

开展实际应用研究。针对电动汽车、储能电站等实际需求，研究钼酸铜在锂离子电池中的性能表现和潜在问题，为其在实际应用中的推广提供有力支持。



钼酸铜

16.8 钼酸镍在锂离子电池中的应用

钼酸镍，化学式为 $NiMoO_4$，是一种无机化合物，属于钼酸盐的一种。它通常由镍盐和钼酸盐经过一定的化学反应制备而成。$NiMoO_4$ 具有独特的晶体结构和物理化学性质，使其在锂离子电池中展现出良好的电化学性能。

钼酸镍通常为固体粉末状，颜色可能因制备方法和条件的不同而有所差异。它具有较高的熔点和热稳定性，能够在高温下保持结构的稳定性。此外，$NiMoO_4$ 还具有良好的机械性能，能够抵抗一定的物理冲击和振动。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

钼酸镍在化学反应中表现出较高的稳定性和活性。它能够与其他化合物发生氧化还原反应，从而参与锂离子电池的充放电过程。此外，$NiMoO_4$ 还具有良好的化学相容性，能够与电解质和集流体等材料形成良好的界面接触，提高电极的导电性和电化学性能。

钼酸镍的晶体结构对其电化学性能具有重要影响。它通常呈现出一种特定的晶体结构，使得锂离子在充放电过程中能够更容易地在晶体内部进行嵌入和脱出。这种独特的晶体结构为$NiMoO_4$提供了较高的理论比容量和能量密度，使得其在锂电池中具有较高的应用潜力。



钼酸镍

钼酸镍的生产方法主要包括固相法、液相法和气相法等。固相法是通过将镍盐和钼酸盐混合后进行高温煅烧，使其发生固相反应制备得到 $NiMoO_4$。液相法则是利用溶液中的化学反应制备 $NiMoO_4$，如共沉淀法、溶胶凝胶法等。气相法则是通过气相反应制备 $NiMoO_4$，如气相沉积法等。这些方法各有优缺点，可根据实际需求和条件选择合适的生产方法。

钼酸镍在锂离子电池中主要作为负极材料使用。由于其独特的晶体结构和物理化学性质，$NiMoO_4$ 具有较高的理论比容量和能量密度，能够存储更多的锂离子，从而提高锂离子电池的能量密度。此外，$NiMoO_4$ 还具有良好的循环稳定性和倍率性能，能够在充放电过程中保持稳定的结构和性能，延长锂离子电池的使用寿命。

然而，钼酸镍在实际应用中仍面临一些挑战，如导电性相对较差、体积膨胀等问题。为了解决这些问题，研究者们正在探索通过掺杂、包覆等方法改进 $NiMoO_4$ 的性能，并研究其与其他材料的复合应用，以提高其在锂离子电池中的电化学性能。

16.8.1 锂离子电池正极材料用钼酸镍

随着能源科技的飞速发展，锂离子电池已成为现代社会中不可或缺的能源储存和转换设备。在锂离子电池中，正极材料的选择对电池的性能起着至关重要的作用。近年来，钼酸

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

镍因其独特的物理化学性质，逐渐受到研究者们的关注，被认为是一种具有潜力的锂离子电池正极材料。

钼酸镍作为正极材料的优势：1）高能量密度：$NiMoO_4$ 具有较高的理论比容量，这意味着它能够存储更多的锂离子，从而提高锂离子电池的能量密度。2）良好的循环稳定性：$NiMoO_4$ 在充放电过程中能够保持稳定的晶体结构，减少体积膨胀和收缩，从而延长电池的使用寿命。3）较高的工作电压：$NiMoO_4$ 具有较高的氧化还原电位，使得电池能够输出更高的工作电压，满足高能量需求的应用场景。

作为锂离子电池正极材料，钼酸镍的应用研究已取得一定进展。在实际应用中，$NiMoO_4$ 正极材料通常与导电剂、粘结剂和集流体等组成复合正极。通过优化复合正极的配方和制备工艺，可以进一步提高 $NiMoO_4$ 正极材料的电化学性能。



钼酸镍

研究者们通过实验发现，钼酸镍正极材料在锂电池中展现出较高的放电容量和良好的循环稳定性。此外，通过与其他材料的复合，如碳材料、金属氧化物等，可以进一步提高 $NiMoO_4$ 正极材料的导电性和能量密度。

关于钼酸镍在锂离子电池中的性能数据，不同的研究者和实验条件可能会得出略有差异的结果。但总体而言，$NiMoO_4$ 正极材料通常具有较高的放电容量、良好的循环稳定性和较高的工作电压。例如，在某些研究中，$NiMoO_4$ 正极材料在 0.1C 倍率下的首次放电容量可达到 200mAh/g 以上，经过数十次循环后容量保持率仍高于 80%。

16.8.2 锂离子电池负极材料用钼酸镍

随着能源技术的不断进步，锂离子电池作为一种高效、环保的能源储存方式，在电动汽车、智能电子产品等领域得到了广泛应用。在锂离子电池中，负极材料的选择对电池的性能具

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

有重要影响。近年来，钼酸镍作为一种新型的负极材料，因其独特的物理化学性质而受到广泛关注。

钼酸镍作为锂离子电池负极材料，具有以下几个显著优势：1）高能量密度：$NiMoO_4$ 具有较高的理论比容量，能够存储更多的锂离子，从而提高锂离子电池的能量密度。2）良好的循环稳定性：$NiMoO_4$ 在充放电过程中能够保持稳定的晶体结构，减少体积膨胀和收缩，从而延长电池的使用寿命。3）较高的锂离子扩散速率：$NiMoO_4$ 的晶体结构有利于锂离子的快速扩散，提高了电池的充放电速率和功率密度。

作为锂离子电池负极材料，钼酸镍的应用研究已取得一定进展。在实际应用中，钼酸镍负极材料通常与导电剂、粘结剂和集流体等组成复合负极。通过优化复合负极的配方和制备工艺，可以进一步提高钼酸镍负极材料的电化学性能。

尽管钼酸镍作为锂离子电池负极材料已展现出一定的优势，但在实际应用中仍面临一些挑战。例如，$NiMoO_4$ 的导电性相对较差，需要通过掺杂、包覆等方法进行改进。此外，$NiMoO_4$ 的合成工艺和生产成本也需要进一步优化，以降低其商业化应用的门槛。



锂离子电池

16.8.3 锂离子电池电极材料用钼酸镍的挑战

近年来，钼酸镍作为一种新型的电极材料，因其高理论比容量和独特的晶体结构而受到研究者的关注。然而，钼酸镍在作为锂离子电池电极材料的应用过程中，仍然存在一系列问题亟待解决。

（1）导电性问题

钼酸镍的导电性相对较差，这是其作为电极材料面临的一个主要问题。在锂电池的充放电

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

过程中，电极材料的导电性直接影响到电子的传输效率，进而影响到电池的性能。$NiMoO_4$ 的低导电性会导致电池内阻增大，降低电池的充放电速率和能量转换效率，从而影响到电池的使用体验和寿命。

为了改善钼酸镍的导电性，研究者们尝试了多种方法，如掺杂其他金属离子、包覆导电碳层等。这些方法在一定程度上提高了 $NiMoO_4$ 的导电性，但同时也可能引入新的问题，如影响材料的晶体结构、增加生产成本等。

（2）体积膨胀问题

在锂电池的充放电过程中，钼酸镍会发生较大的体积变化，这也是其作为电极材料面临的一个严峻挑战。体积膨胀会导致电极材料的结构破坏和粉化，使得活性物质与集流体之间的接触变差，从而降低电池的循环稳定性和寿命。

为了缓解钼酸镍的体积膨胀问题，研究者们尝试通过纳米化、多孔化等手段来优化其结构。这些方法能够在一定程度上提高 $NiMoO_4$ 的结构稳定性，但仍然存在制备工艺复杂、成本较高等问题。



电池着火

（3）与电解液的相容性问题

钼酸镍作为电极材料，在与电解液接触时可能会发生一些不利的化学反应，如溶解、氧化等。这些反应会导致活性物质的损失和电池性能的下降。此外，$NiMoO_4$ 的表面性质也可能影响到其与电解液的相容性，从而影响到电池的充放电性能和循环寿命。

为了改善钼酸镍与电解液的相容性，研究者们尝试通过表面修饰、改变电解液配方等方法来优化其界面性质。然而，这些方法往往需要在保证电池性能的同时，兼顾到成本和安全

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

性等因素，因此实施起来具有一定的难度。

（4）生产成本问题

尽管钼酸镍作为电极材料具有潜在的应用价值，但其生产成本相对较高，这也是制约其大规模应用的一个重要因素。$NiMoO_4$ 的合成过程通常需要高温、高压等条件，且原料成本较高，这导致了其生产成本的增加。此外，$NiMoO_4$ 的制备工艺尚不成熟，难以实现大规模、高效的生产，这也进一步增加了其生产成本。

为了降低钼酸镍的生产成本，研究者们正在探索新的合成方法和工艺，如溶剂热法、微波合成法等。这些方法能够在较低的温度和压力下合成 $NiMoO_4$，且具有较高的产率和纯度，有望降低其生产成本并提高生产效率。

综上所述，钼酸镍作为锂离子电池电极材料存在导电性差、体积膨胀、与电解液相容性差以及生产成本高等问题。为了推动 $NiMoO_4$ 在锂离子电池领域的应用，需要深入研究并解决这些问题。



锂离子电池

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED