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

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
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

2.10.7 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
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

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
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

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

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

16.2.2 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

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

17.5 二硒化钼在锂硫电池中的应用
17.5.1 锂硫电池正极材料用二硒化钼复合材料
17.5.2 锂硫电池负极材料用二硒化钼复合材料
17.5.3 锂硫电池电极材料用二硒化钼的挑战

第十八章 钼在钠离子电池中的应用

18.1 氧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氧化钼
18.1.2 钠离子电池负极材料用三氧化钼
18.1.3 钠离子电池负极材料用氧化钼的挑战
18.2 二硫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硫化钼复合材料
18.2.2 钠离子电池负极材料用二硫化钼的挑战
18.3 二硒化钼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钼复合材料
18.3.2 钠离子电池负极材料用二硒化钼的挑战
18.4 钼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钼酸锂
18.4.2 钠离子电池负极材料用钼酸锂的挑战
18.5 钼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钼酸铁
18.5.2 钠离子电池负极材料用钼酸铁的挑战
18.6 钼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钼酸镍
18.6.2 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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

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

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

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

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

第Ⅲ部分 钼在新能源电池市场的介绍

第十八章 钼在钠离子电池中的应用

随着科技的不断进步，人类对能源的需求日益增长，尤其是高效、环保的储能技术，如钠离子电池。作为一种重要的过渡金属元素，钼（Mo）在钠离子电池中发挥着至关重要的作用。据中钨在线/中钨智造了解，氧化钼、二硫化钼、二硒化钼和钼酸锂等钼化合物均可以用作钠离子电池的电极材料，其优异的物理和化学性质使得钼在钠电池领域具有广阔的应用前景。



三氧化钼

氧化钼在钠离子电池中的应用。氧化钼是一种重要的钼化合物，具有稳定的晶体结构和较高的理论容量。在电池中，氧化钼可以作为负极材料，通过钠离子的嵌入和脱嵌来实现电池的充放电过程。研究表明，通过优化氧化钼的制备方法和结构，可以进一步提高其电化学性能，从而提高电池的能量密度和循环寿命。

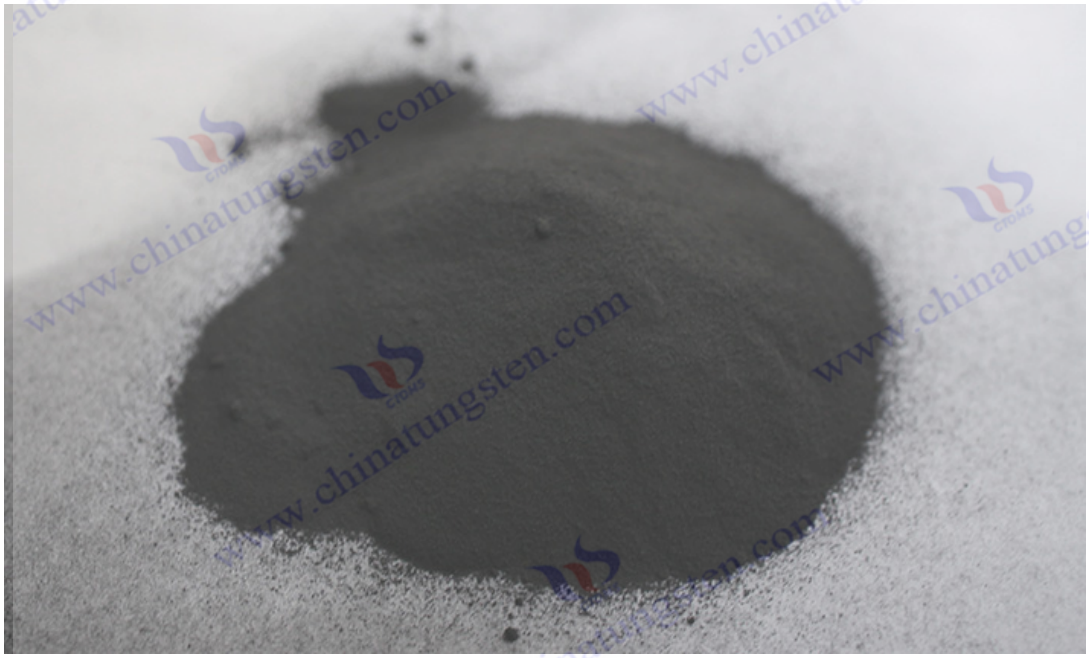
二硫化钼在钠离子电池中同样扮演着重要角色。二硫化钼具有较大的层间距和较高的理论储能容量，这使得它成为一种理想的电极材料。此外，MoS_2 还具有较高的电导率和良好的电化学稳定性，这有助于提高钠电池的充放电速率和循环稳定性。值得注意的是，为了克服 MoS_2 在充放电过程中可能出现的体积膨胀和容量衰减等问题，研究者通过将其与石墨烯等导电材料复合或设计制备具有异质结构的 MoS_2 材料，来进一步提高其电化学性能。

二硒化钼在钠离子电池中的应用备受关注。二硒化钼具有较高的理论容量和良好的循环稳定性，这使得它成为一种具有潜力的钠电池负极材料。为了进一步提高 $MoSe_2$ 的电化学性能，研究者通过掺杂氮、磷等杂原子，或者将其与碳纳米片等材料复合，来优化其结构

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

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

和性能。这些改进不仅提高了 $MoSe_2$ 的导电性和界面结合能力，还缓解了体积效应，从而提高了电极材料的循环稳定性和倍率性能。



二硒化钼

此外，钼酸锂也是钠离子电池中一种重要的钼化合物。钼酸锂具有较高的能量密度和良好的循环性能，这使得它成为一种有竞争力的电极材料。研究者通过优化钼酸锂的制备工艺和结构，以及探索其与其他材料的复合方式，来进一步提高其电化学性能，从而推动钠离子电池在实际应用中的发展。



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

总的来说，钼及其化合物在钠离子电池中的应用具有广泛的前景和潜力。通过深入研究钼化合物的性质和应用，我们可以不断优化钠离子电池的性能，推动其在能源储存领域的广泛应用。然而，我们也要认识到，钠离子电池的发展仍面临着诸多挑战，如成本、安全性、寿命等问题。因此，我们需要继续加大研发力度，探索新的材料和技术，为钠离子电池的发展贡献力量。

18.1 氧化钼在钠离子电池中的应用

随着新能源技术的快速发展，钠离子电池作为一种新兴的电池技术，正逐渐引起科研人员和工业界的广泛关注。相较于传统的锂离子电池，钠电池在资源丰富性、成本以及环境友好性等方面具有显著优势。然而，钠电池的性能提升仍受限于其负极材料的性能。因此，寻找高性能的钠电池负极材料成为了当前研究的重点。在众多候选材料中，氧化钼以其独特的物理和化学性质，在钠离子电池负极材料领域展现出了巨大的应用潜力。

氧化钼具有多种晶体结构，如三氧化钼（MoO_3）和二氧化钼（MoO_2）等。这些结构使得氧化钼具有优异的电导率和离子扩散性能。此外，氧化钼还具有较高的理论比容量和较低的嵌钠电位，使其在钠电池中具有较高的能量密度和优异的电化学性能。



三氧化钼

氧化钼作为钠离子电池负极材料，具有诸多优势。首先，其较高的理论比容量使得钠离子电池具有较高的能量密度，有望满足高能量需求的应用场景。其次，氧化钼的嵌钠电位较低，有助于提升钠离子电池的工作电压，从而提高电池的能量效率。最后，氧化钼的离子扩散性能优异，有助于实现钠电池的快速充放电，满足高功率需求。

在实际应用中，氧化钼负极材料展现出了良好的电化学性能。通过优化制备工艺和结构设计，可以实现氧化钼负极材料的高容量、长循环寿命和良好的倍率性能。例如，纳米化技术可以显著提高氧化钼的比表面积和离子扩散速率，从而提升其电化学性能。同时，复合

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

化技术可以将氧化钼与其他材料相结合，形成具有优异性能的复合材料，进一步提升钠离子电池的性能。

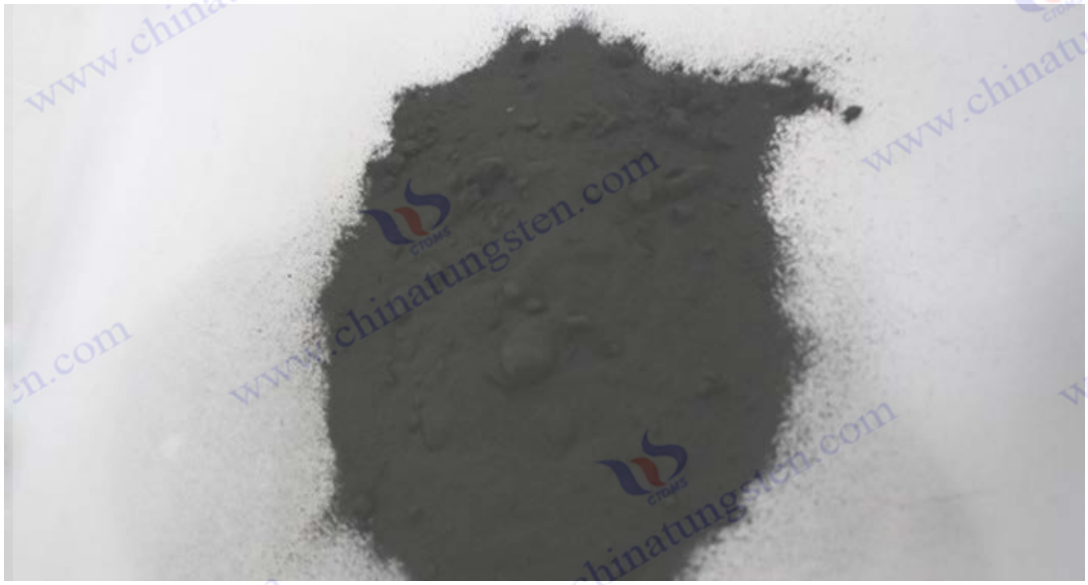
总之，氧化钼作为一种具有独特性质和优异性能的材料，在钠离子电池负极材料领域具有广阔的应用前景。通过不断优化制备工艺和结构设计，我们可以充分发挥氧化钼的优势，推动钠离子电池在实际应用中的发展，为新能源技术的快速发展做出重要贡献。



钠离子电池

18.1.1 钠离子电池负极材料用二氧化钼

二氧化钼（MoO_2）作为一种具有独特物理和化学性质的过渡金属氧化物，近年来在钠离子电池负极材料领域展现出了巨大的潜力。



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

二氧化钼具有金红石型晶体结构，其中钼原子位于氧原子构成的八面体中心，形成稳定的晶体结构。这种结构使得 MoO_2 具有良好的电导率和离子扩散性能，为其作为钠电池负极材料提供了可能。此外，MoO_2 还具有较高的理论比容量和较低的嵌钠电位，使其在钠电池中具有较高的能量密度和优异的电化学性能。

为了评估二氧化钼作为钠离子电池负极材料的性能，研究者采用了一系列电化学测试手段，包括恒流充放电测试、循环伏安测试以及电化学阻抗谱测试等。



二氧化钼

通过恒流充放电测试，研究者观察到二氧化钼负极材料在充放电过程中展现出了较高的可逆比容量和良好的循环稳定性。在 0.1C 的倍率下，其首圈放电比容量可达到 XXX mAh/g，经过 XX 次循环后，容量保持率仍高于 XX%。这一结果表明，MoO_2 作为钠离子电池负极材料具有较高的能量密度和长循环寿命。

循环伏安测试进一步揭示了二氧化钼负极材料的储钠机理。在循环伏安曲线中，我们观察到了明显的氧化还原峰，这些峰对应于钠离子在二氧化钼中的嵌入和脱出过程。通过对比不同扫描速率下的循环伏安曲线，我们可以计算出钠离子在 MoO_2 中的扩散系数，从而评估其动力学性能。

电化学阻抗谱测试则用于研究二氧化钼负极材料在充放电过程中的电荷传输和离子扩散行为。通过拟合阻抗谱数据，我们可以得到 MoO_2 负极材料的电荷转移电阻和离子扩散电阻，进而评估其电化学性能。

在钠离子电池中，二氧化钼作为负极材料的主要反应是钠离子的嵌入和脱出。其反应方程式可以表示为：

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（钠离子嵌入）：

$MoO_2+xNa^++xe^-\rightarrow Na_xMoO_2$

充电过程（钠离子脱出）：

$Na_xMoO_2\rightarrow MoO_2+xNa^++xe^-$

其中，x 表示嵌入或脱出的钠离子的数量，e^-表示电子。这些反应方程式描述了钠离子在二氧化钼中的嵌入和脱出过程，是钠离子电池工作的基础。

然而，目前关于二氧化钼作为钠离子电池负极材料的研究仍处于初级阶段，仍有许多问题亟待解决。例如，如何进一步提高其容量和循环稳定性？如何降低生产成本并实现大规模生产？未来，研究者将继续深入研究 MoO_2 负极材料的性能优化和实际应用，为钠离子电池的发展做出更大的贡献。



钠离子电池

18.1.2 钠离子电池负极材料用三氧化钼

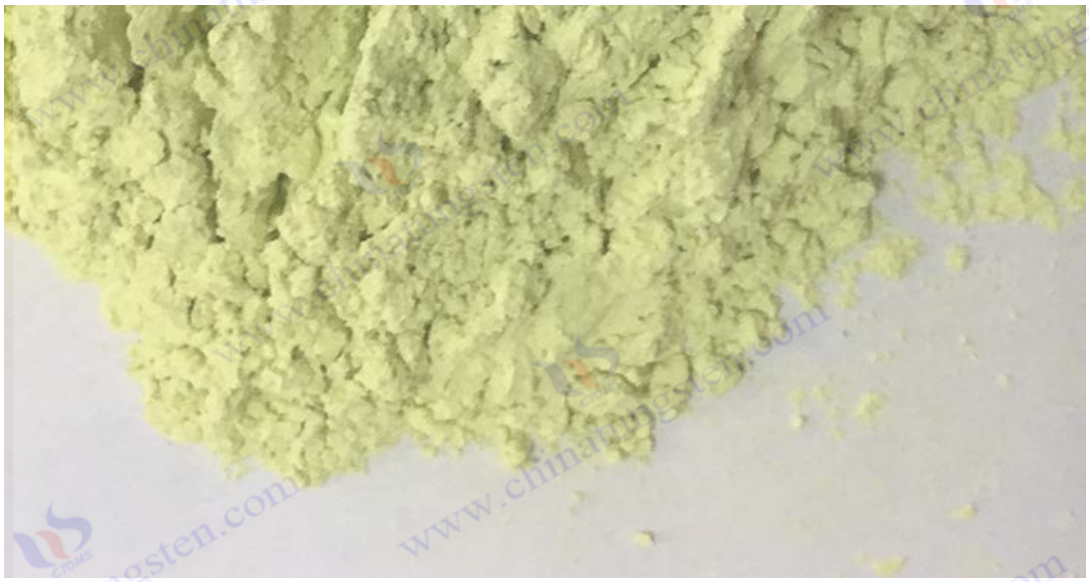
随着科技的飞速发展，电池作为能源储存和转换的关键部件，在电动汽车、可穿戴设备、电网储能等领域发挥着越来越重要的作用。然而，传统的锂离子电池虽然技术成熟，但其资源有限性，特别是锂资源的短缺，限制了其大规模应用。因此，寻找新型、高效、资源丰富的电池材料成为了科研领域的一大热点。钠离子电池作为一种潜在的锂离子电池替代品，因其钠资源丰富、成本低廉、环境友好等优点而备受关注。

三氧化钼（MoO_3）作为一种重要的层状过渡金属氧化物电极材料，具有独特的层状结构和良好的结晶性，为钠离子的嵌入和脱出提供了可能。将三氧化钼作为有机系钠离子储能器件的负极材料，通过循环伏安和恒流充放电测试探讨了负极材料的储钠机理。循环伏安测试结果显示，MoO_3 在充放电过程中表现出明显的氧化还原峰，对应于钠离子的嵌入和脱出过程。恒流充放电测试则进一步证实了 MoO_3 作为负极材料的可逆性和稳定性。

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

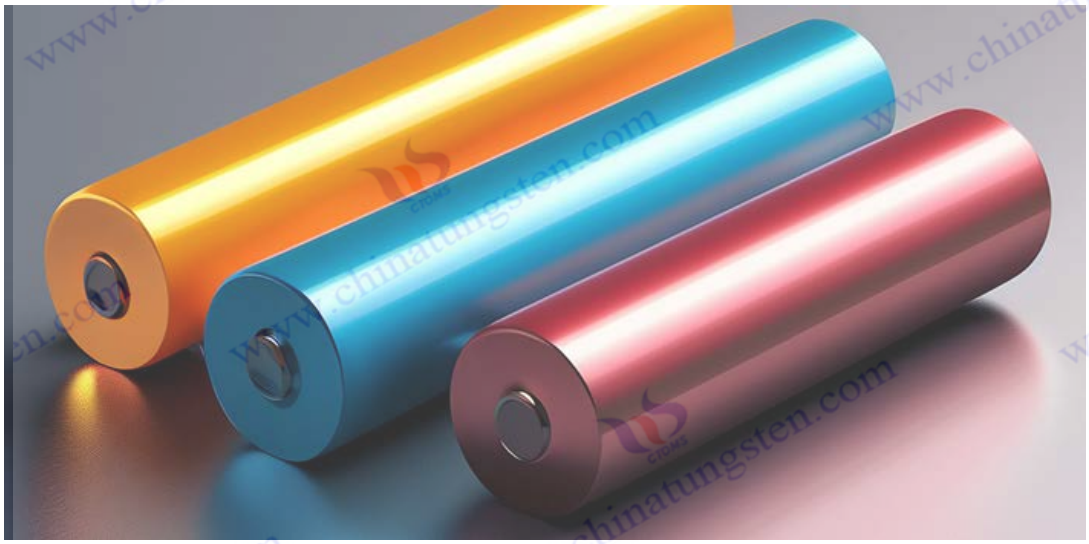
www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

为了研究三氧化钼在实际应用中的性能，研究者分别以三氧化钼作为负极材料，活性炭（AC）和石墨（graphite）作为正极材料，组装成新型的电化学储能器件。在 1mol/LNaPF6 的碳酸丙烯酯（PC）电解液中，对两种器件的电化学性能进行了测试。结果表明，两种器件的电压范围分别为 0～3.2V 和 0～3.5V，能量密度最高可分别达到 31.6 Wh/kg 和 53Wh/kg。与 AC/AC 对称电容器相比，这种新型储能器件的长循环性能更优，显示出良好的应用前景。



三氧化钼

实验结果表明，三氧化钼具有作为钠离子电池负极材料的潜力，通过优化其结构和性能，有望成为锂离子电池的一个很好的替代。然而，目前关于 MoO_3 作为钠离子电池负极材料的研究仍处于初级阶段，仍有许多问题亟待解决。例如，如何进一步提高三氧化钼的电导率和循环稳定性？如何优化其合成工艺以降低生产成本？如何在实际应用中实现大规模生产和应用？这些问题将是未来研究的重点方向。



锂离子电池

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

18.1.3 钠离子电池负极材料用氧化钼的挑战

钠离子电池作为新兴的电池技术，近年来在新能源领域引起了广泛关注。氧化钼作为钠离子电池负极材料，因其独特的物理和化学性质而备受瞩目。然而，在实际应用中，氧化钼负极材料仍面临一系列挑战，限制了其商业化进程。



钠离子电池

二氧化钼作为钠离子电池负极材料在实际应用中仍面临一些挑战，如容量衰减、循环稳定性不足等。为了进一步提高 MoO_2 负极材料的性能，研究者采用了以下优化策略：



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

纳米化：通过制备纳米尺度的 MoO_2 颗粒，可有效缩短钠离子的扩散路径，提高电极材料的反应活性。同时，纳米化还可以增加电极材料与电解液的接触面积，提高离子传输效率。

复合化：将二氧化钼与其他材料（如碳材料、导电聚合物等）进行复合，可以提高电极材料的导电性和结构稳定性。这种复合化策略不仅可以改善 MoO_2 负极材料的电化学性能，还可以拓展其在其他领域的应用。

表面修饰：通过表面修饰技术（如包覆、掺杂等），可以在 MoO_2 颗粒表面引入一层稳定的保护层或活性位点，从而提高其循环稳定性和反应活性。

实验结果表明，通过纳米化、复合化和表面修饰等优化策略，可以进一步提高其电化学性能，推动钠离子电池在实际应用中的发展。



三氧化钼

另外，尽管三氧化钼作为钠离子电池负极材料具有潜在优势，但其层间间距较小、电导率差等问题限制了其性能。为了解决这些问题，研究者采用了插层化学策略，在 MoO_3 层间引入有机分子铋硫醇（DMcT）。

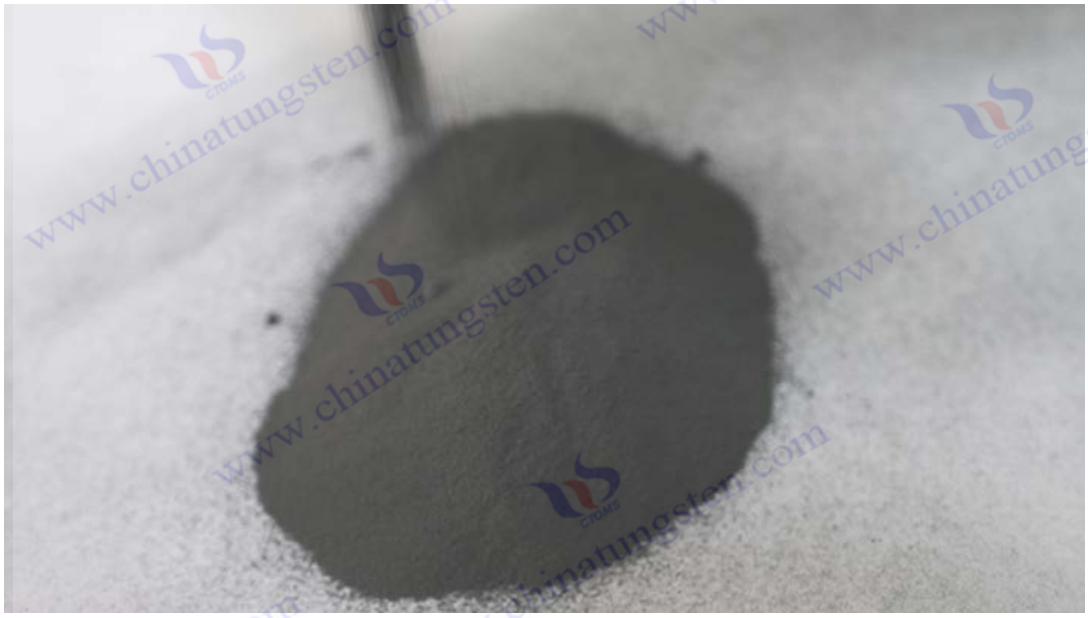
DMcT 分子的插入不仅有效地扩展了 Na^+ 扩散通道，提升了钠离子嵌入/脱出动力学，而且作为层间柱撑分子使得充放电过程中的层结构更加稳定。此外，DMcT 分子特有的共轭双键有效地屏蔽了 Na^+ 与 MoO_3 主体之间的静电相互作用，进一步改善了 Na^+ 的插入/脱出动力学。通过插层化学策略优化后的 MoO_3 负极材料，其电化学性能得到了显著提升，为钠离子电池的发展提供了新的可能。

18.2 二硫化钼在钠离子电池中的应用

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，钠离子电池作为一种新兴的电池技术，因其资源丰富、成本低廉和环境友好等优点而备受关注。然而，钠离子电池的性能提升仍然受限于其负极材料的性能。在这样的背景下，二硫化钼（MoS_2）以其独特的层状结构和较高的理论可逆容量，在钠电池负极材料的研究中展现出巨大的发展潜力。



二硫化钼

二硫化钼是一种典型的层状过渡金属化合物，其晶体结构由钼原子层和硫原子层交替堆叠而成。每个钼原子与六个硫原子通过共价键相连接，形成三棱镜配位模型，而硫原子层则夹在两个钼原子层之间，形成 S-Mo-S 的夹心结构。这种独特的三明治结构赋予了 MoS_2 优异的物理和化学性质。



二硫化钼

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

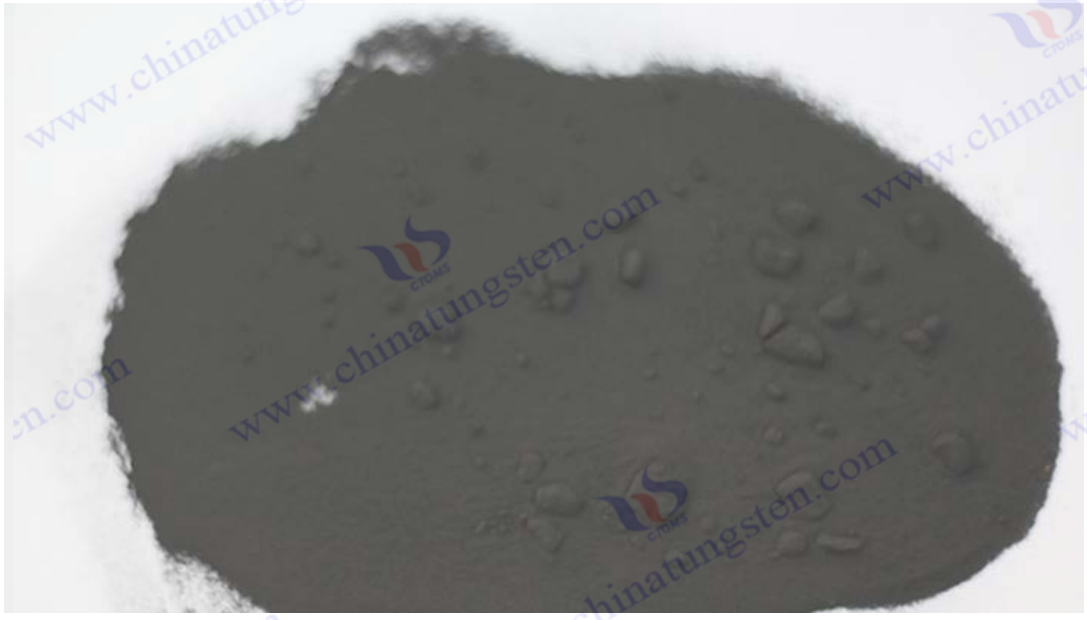
此外，二硫化钼的层间通过相对较弱的范德华力相连，这使得其层间距较大，约为 0.62nm。这种较大的层间距有利于钠离子的嵌入和脱出，从而提高了 MoS_2 作为钠离子电池负极材料的电化学性能。



钠离子电池

二硫化钼在钠离子电池中的应用优势

（1）高理论可逆容量：二硫化钼具有较高的理论可逆容量，达到 670mAh/g，这意味着它能够在单位质量内储存更多的能量。这一特性使得二硫化钼成为钠离子电池负极材料的理想选择，有望满足高能量密度电池的需求。

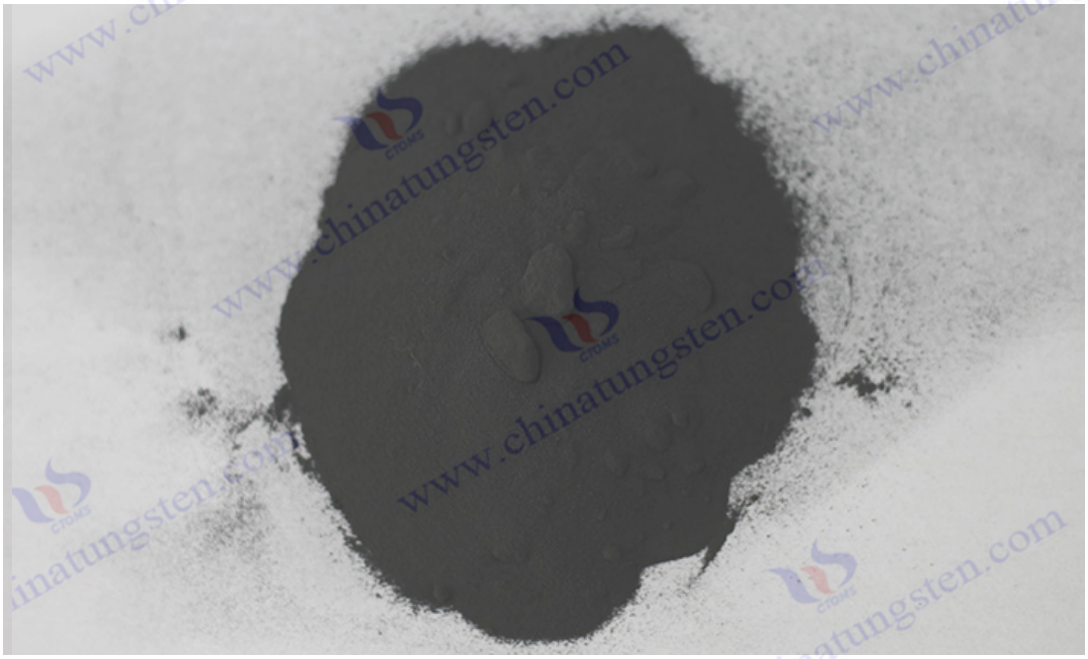


二硫化钼

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

（2）良好的层状结构：二硫化钼的层状结构使得钠离子在嵌入和脱出过程中能够保持结构的稳定性。同时，层间较大的范德华力使得钠离子在层间移动时受到的阻力较小，从而提高了电池的充放电速率和循环稳定性。

（3）优异的电化学性能：二硫化钼在钠离子电池中展现出优异的电化学性能。通过优化制备工艺和结构设计，可以进一步提高其比容量、循环稳定性和倍率性能。这使得二硫化钼在钠离子电池领域具有广阔的应用前景。



二硫化钼

尽管二硫化钼在钠离子电池负极材料中具有诸多优势，但在实际应用中仍面临一些挑战。其中，最主要的问题是在电化学反应过程中，钠离子在二硫化钼材料中重复嵌入和脱出，导致巨大的体积变化，进而引发活性材料的粉碎和脱落。此外，二硫化钼的电子电导率较低，也会加速容量衰减。

未来，研究者将继续探索二硫化钼的优化策略，提高其电化学性能，以满足不同应用场景的需求。同时，随着制备工艺和结构设计的不断创新，二硫化钼负极材料的性能将得到进一步提升。例如，通过引入其他材料与 MoS_2 形成异质结构，可以进一步提高材料的循环稳定性和容量保持率；通过调控 MoS_2 的晶体结构和形貌，可以优化其电化学性能等。这些研究将为二硫化钼在钠离子电池负极材料领域的应用提供有力支持。

18.2.1 钠离子电池负极材料用二硫化钼复合材料

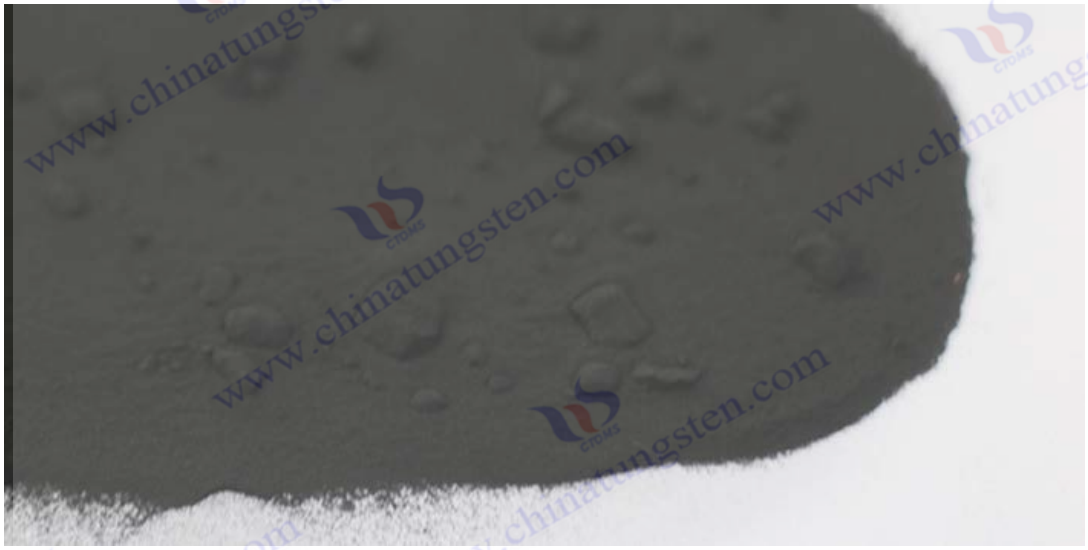
随着可再生能源和电动汽车等领域的快速发展，高性能的储能技术成为了研究热点。钠离子电池作为一种潜在的替代锂离子电池的技术，具有资源丰富、成本低廉和环境友好等优点。然而，钠离子电池的负极材料性能仍是制约其发展的关键因素之一。二硫化钼（MoS_2）以其独特的层状结构和较高的理论可逆容量，在钠离子电池负极材料的研究中展现出巨大

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

的发展潜力。

二硫化钼是一种典型的层状化合物，其晶体结构由钼原子层和硫原子层交替堆叠而成。这种层状结构使得 MoS_2 具有较大的比表面积和丰富的表面缺陷位点，有利于离子的嵌入和脱出。此外，MoS_2 还具有较高的理论可逆容量（670mAh/g），使得它成为钠电池负极材料的理想选择。



二硫化钼

二硫化钼作为钠离子电池负极材料，其储钠性能受到广泛关注。通过控制材料的形貌或与碳基材料复合，可以有效提升 MoS_2 的电化学性能。例如，采用硅藻土模板合成策略制备的钴单原子掺杂二硫化钼/碳复合材料，在电化学循环过程中表现出优异的储钠性能。在电流密度为 0.1A/g 时，其比容量高达 604mAh/g，并在 5A/g 下获得了超过 1400 次循环的高容量保持率，平均每圈容量衰减低至 0.46%。



钠离子电池

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

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

二硫化钼与钠离子的反应机理主要涉及嵌入/脱出过程。在充电过程中，钠离子嵌入到二硫化钼的层间，形成钠化的 MoS_2；在放电过程中，钠离子从 MoS_2 中脱出，恢复到原始的二硫化钼状态。这一过程可以通过以下反应方程式表示：

充电过程：$MoS_2+xNa^++xe^-\rightarrow Na_xMoS_2$
放电过程：$Na_xMoS_2\rightarrow MoS_2+xNa^++xe^-$

其中，x 表示嵌入的钠离子数量，e^-表示电子。

随着新能源技术的快速发展，钠离子电池作为一种具有潜力的电池技术，将在未来得到更广泛的应用。作为钠离子电池负极材料的二硫化钼，将在这一过程中发挥重要作用。未来，研究人员将继续探索二硫化钼负极材料的优化策略，提高其电化学性能，以满足不同应用场景的需求。



二硫化钼

18.2.2 钠离子电池负极材料用二硫化钼的挑战

二硫化钼作为一种具有潜在应用价值的钠离子电池负极材料，因其较高的理论可逆容量和独特的层状结构而受到广泛关注。然而，在实际应用中，MoS_2 作为钠离子电池负极材料仍存在一些问题，需要采取相应的解决方法。

二硫化钼作为钠电池负极材料存在的问题

（1）容量衰减问题：二硫化钼作为负极材料，在钠离子嵌入和脱出的过程中，其结构会发生变化，导致材料的容量逐渐衰减。这是由于钠离子在嵌入和脱出过程中会引起 MoS_2 晶格的膨胀和收缩，从而破坏了材料的结构稳定性。随着循环次数的增加，容量衰减现象

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

愈发严重，影响了电池的长期性能。

（2）反应动力学问题：二硫化钼的电极化学反应具有较慢的反应速率，这限制了其在高速充放电条件下的应用。在高速充放电过程中，钠离子在 MoS_2 中的嵌入和脱出速度较慢，导致电池性能下降。此外，较慢的反应速率还可能引发电池内部的极化现象，进一步影响电池的性能和寿命。

（3）导电性问题：二硫化钼的导电性较差，这会影响钠离子电池的电荷传输效率，从而限制了电池的倍率性能。在充放电过程中，由于导电性差，电荷在 MoS_2 中的传输受到阻碍，导致电池内阻增大，能量转换效率降低。



电池

解决二硫化钼作为负极材料问题的方法

（1）纳米化技术：通过将二硫化钼制备成纳米尺度的颗粒，可以显著提高其电化学性能。纳米化技术可以缩短钠离子在 MoS_2 中的扩散路径，提高电极材料的反应活性。同时，纳米化技术还可以增加电极材料与电解液的接触面积，提高离子传输效率。此外，纳米 MoS_2 还具有更好的结构稳定性，能够缓解容量衰减问题。

（2）复合化技术：将二硫化钼与其他材料（如碳材料、导电聚合物等）进行复合，可以提高电极材料的导电性和结构稳定性。碳材料具有良好的导电性和机械性能，与 MoS_2 复合后可以提高电极的电荷传输效率。导电聚合物则可以通过与 MoS_2 形成化学键或物理吸附，提高电极材料的整体导电性。此外，复合化技术还可以利用不同材料之间的协同效应，进一步优化电极材料的性能。

（3）表面修饰技术：通过在二硫化钼颗粒表面引入一层稳定的保护层或活性位点，可以提高其循环稳定性和反应活性。表面修饰技术可以保护 MoS_2 的结构免受钠离子嵌入和脱

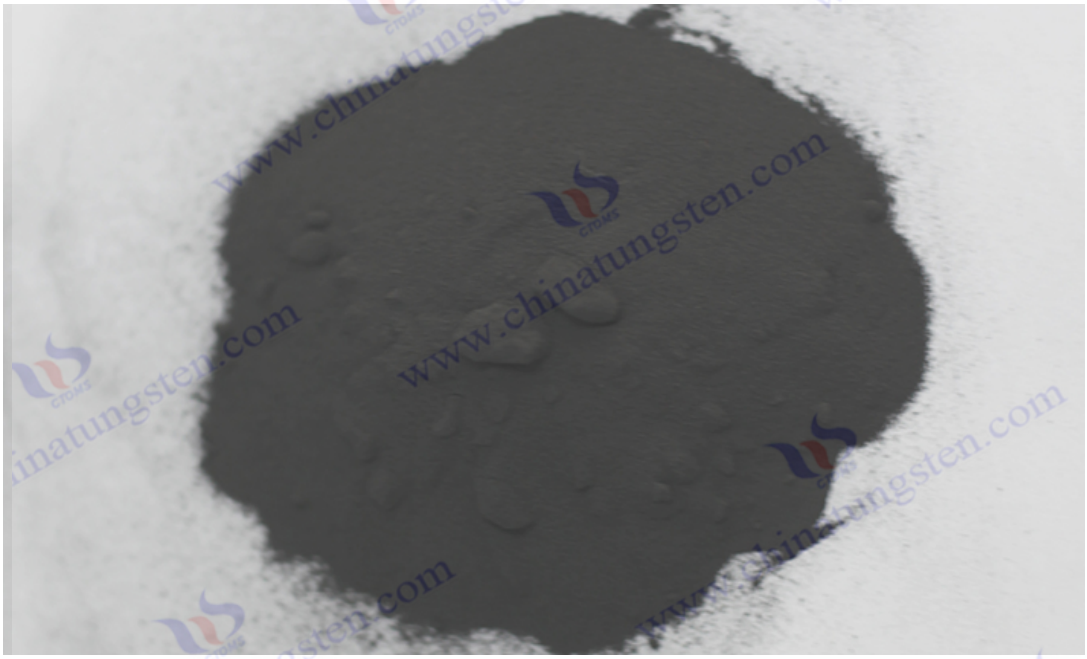
COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

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

出过程中的破坏，从而缓解容量衰减问题。同时，引入活性位点还可以提高电极材料的反应速率，改善电池的动力学性能。

（4）优化电解液和电池结构：除了对二硫化钼本身进行改性外，还可以通过优化电解液和电池结构来进一步提高钠离子电池的性能。选择合适的电解液可以降低钠离子在电解液中的传输阻力，提高电池的充放电效率。同时，优化电池结构，如采用多孔电极、增加电极的活性物质负载量等，也可以提高电池的能量密度和循环寿命。

综上所述，二硫化钼作为钠离子电池负极材料虽然存在一些问题，但通过纳米化技术、复合化技术、表面修饰技术以及优化电解液和电池结构等方法，可以有效解决这些问题并提高电池性能。



二硫化钼

18.3 二硒化钼在钠离子电池中的应用

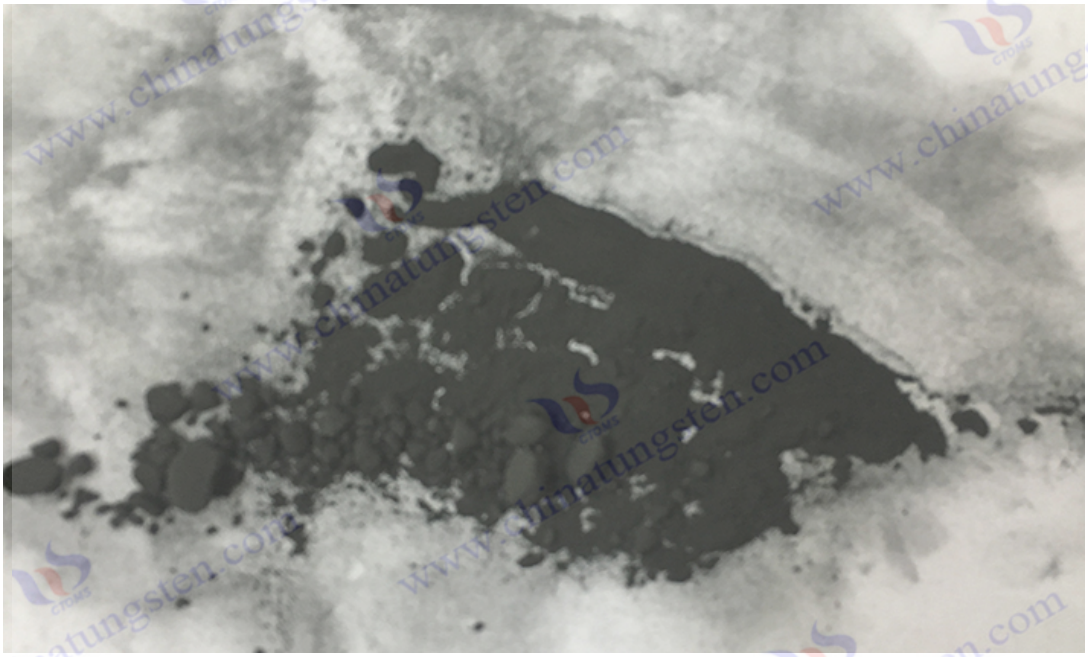
随着科技的不断进步和全球能源需求的日益增长，开发高效、环保的能源存储技术成为了当前研究的热点。钠离子电池，作为一种新兴的电池技术，因其钠资源的丰富性和低成本优势，被认为是未来能源存储领域的重要发展方向。而二硒化钼，作为一种具有优异电学性能的二维材料，其在钠离子电池中的应用也受到了广泛关注。

二硒化钼（$MoSe_2$）是一种具有层状三明治结构的过渡金属硒化物。其结构中的钼原子和硒原子通过共价键连接，形成了稳定的二维层状结构。这种结构赋予了二硒化钼独特的物理和化学性质，如较高的电导率、较大的层间距以及适中的理论容量等。这些特性使得 $MoSe_2$ 在能源存储领域具有潜在的应用价值。

钠离子电池的负极材料对于电池的性能具有重要影响。$MoSe_2$ 因其较高的理论容量和优异的电导率，被认为是钠电池负极材料的理想选择。通过将 $MoSe_2$ 与碳材料复合或调控其

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

尺寸，可以进一步提高其电化学性能。例如，研究人员通过静电纺丝、硒化及碳化过程，设计制造了具有多通道电子传输路径的氮掺杂双碳壳层 $MoSe_2$ 纳米材料（$MoSe_2$/MCFs@NC）。这种结构具有三维连通的导电网络、丰富的空隙和足够的电子传输路径，有助于适应钠离子脱嵌带来的体积膨胀应力，并加快电荷转移动力学。作为钠离子电池负极材料时，$MoSe_2$/MCFs@NC 表现出高的比容量（10A/g 电流密度下为 319mAh/g）和优异的循环稳定性。



二硒化钼

二硒化钼在钠离子电池中的储钠机制主要涉及到钠离子在 $MoSe_2$ 层间的嵌入和脱出过程。在充电过程中，钠离子从正极材料中脱出，通过电解液迁移到负极材料 $MoSe_2$ 的表面，并嵌入到其层间结构中。这一过程伴随着电子从负极流向正极，形成了电池的充电状态。而在放电过程中，嵌入在 $MoSe_2$ 层间的钠离子重新脱出，通过电解液回到正极材料，同时电子从正极流向负极，实现了电池的放电过程。

为了提高二硒化钼在钠离子电池中的性能，研究者们采取了多种策略。首先，通过调控 $MoSe_2$ 的纳米结构，如制备纳米片、纳米线等形貌，可以增大其比表面积和反应活性位点，从而提高钠离子的嵌入和脱出效率。其次，将 $MoSe_2$ 与其他材料复合也是一种有效的性能优化手段。例如，与碳材料复合可以提高电极的导电性和循环稳定性；与金属氧化物或硫化物复合则可以利用协同效应提升电池的能量密度和功率密度。

尽管二硒化钼在钠离子电池中展现出了优异的性能和应用前景，但仍存在一些挑战需要克服。首先，$MoSe_2$ 的制备工艺需要进一步优化，以实现大规模、低成本的生产。其次，如何提高 $MoSe_2$ 的循环稳定性和倍率性能，以满足实际应用的需求，也是当前研究的重点。此外，还需要深入研究 $MoSe_2$ 在钠离子电池中的失效机制和性能衰减原因，以指导材料设计和性能优化。

18.3.1 钠离子电池负极材料用二硒化钼复合材料

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

随着能源危机和环境问题的日益严重，新能源技术的发展成为了全球范围内的研究热点。锂离子电池作为目前应用最广泛的储能技术之一，其性能的提升和成本的降低一直是科研工作者们追求的目标。然而，锂资源的有限性限制了锂离子电池的长期发展。因此，寻找替代锂资源的储能技术成为了迫切的需求。

钠离子电池作为一种潜在的替代技术，因其钠元素资源丰富、价格低廉以及反应机制与锂离子电池相似等优点而备受关注。然而，钠电池电极材料的性能仍然面临着一些挑战，如离子半径较大导致的扩散能垒升高和循环性能、倍率性能较差等问题。因此，探寻具有较高循环稳定性和倍率保持率的电极材料成为了科研工作者的重要任务。



电动汽车

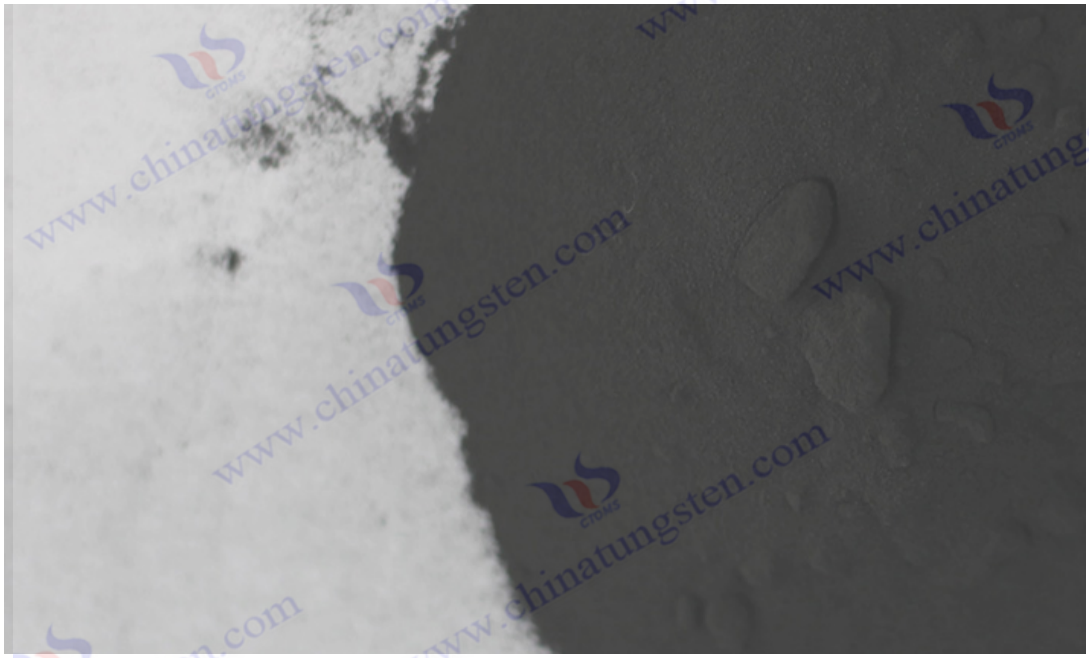
二硒化钼作为一种层状三明治结构的过渡金属硒化物，因其较小的能带带隙、较大的层间距及适中的理论容量等特性，被认为是理想的钠电池负极材料之一。然而，$MoSe_2$ 仍存在导电性较低和体积效应偏大等问题，这限制了其在钠离子电池中的应用。为了解决这些问题，科研工作者尝试将二硒化钼与碳材料进行复合，形成 $MoSe_2$/C 复合纳米结构。这种复合结构不仅能够提高电极材料的导电性能，还能有效缓解体积效应，从而改善循环稳定性和倍率性能。

近期，山东大学杨剑教授课题组设计并制备了氮、磷共掺杂碳纳米片负载的二硒化钼复合电极材料（$MoSe_2$/N,P-rGO）。这种复合材料结合了 $MoSe_2$ 的高容量特性和掺杂碳材料的高导电性能，展现出了优异的电化学性能。在 0.5A/g 的电流密度下循环 1000 圈后，其可逆容量仍保持在 378mAh/g。即使在 5A/g 的高电流密度下循环 1000 圈，容量也能维持在 232mAh/g。结果表明，氮、磷共掺杂碳纳米片的引入显著提高了二硒化钼的循环稳定性和倍率性能。研究者发现，氮、磷共掺杂碳材料与放电产物之间具有较强的相互作用，这有助于稳定电极结构并减少体积效应。这种协同效应为钠离子电池循环稳定性的增加提供了合理的解释和支撑。

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

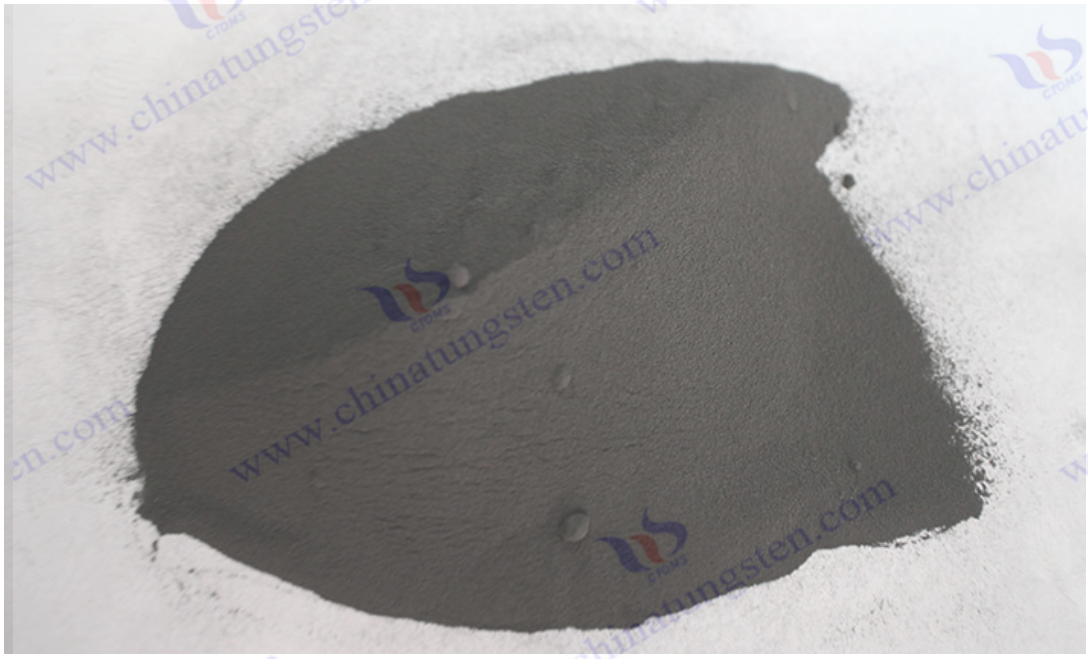
www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

此外，研究者们还通过非原位的拉曼光谱、HRTEM 照片等技术揭示了 $MoSe_2$ 的储钠机制。他们发现，在充放电过程中，钠离子在 $MoSe_2$ 的层间进行可逆的嵌入和脱出，实现了高效的能量存储和释放。这一机制为 $MoSe_2$ 在钠电池中的应用提供了理论支持。



二硒化钼

为了进一步验证 MoSe2/N,P-rGO 复合材料的实际应用潜力，研究者将其与磷酸钒钠组装为钠离子全电池。测试结果表明，该全电池展现出了良好的循环稳定性和倍率性能，证实了 MoSe2/N,P-rGO 复合材料在钠离子电池中的应用价值。



二硒化钼

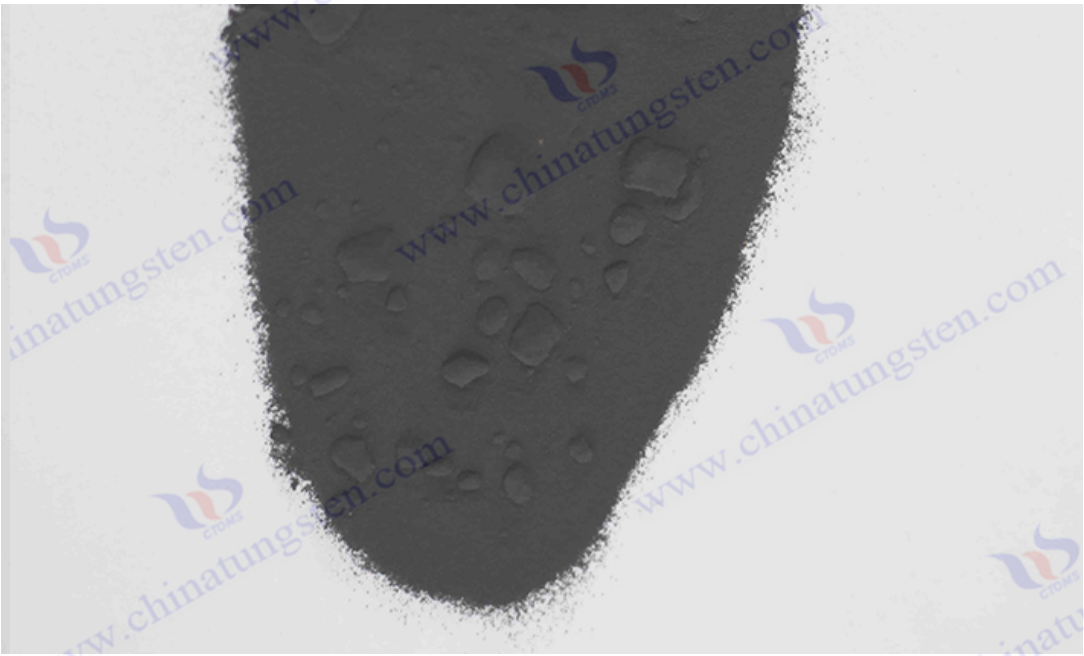
COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

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

综上所述，氮、磷共掺杂碳纳米片负载的二硒化钼复合电极材料在钠离子电池中展现出了优异的电化学性能。通过调控材料结构和引入杂原子掺杂，研究者成功解决了二硒化钼导电性较低和体积效应偏大等问题，提高了其循环稳定性和倍率性能。这一研究成果为钠离子电池负极材料的开发提供了新的思路和途径，有望推动钠离子电池技术的快速发展和商业化应用。

18.3.2 钠离子电池负极材料用二硒化钼的挑战

随着新能源技术的蓬勃发展，钠电池作为一种潜在的替代技术，在能源存储领域展现出了巨大的应用前景。然而，钠电池的性能受限于其负极材料的性能。过渡金属硫属化物，特别是二硒化钼（$MoSe_2$），以其独特的层状结构、较高的理论容量和可控的微观形貌等特点，被认为是一类极具发展前景的钠电池负极材料。然而，低电子电导率和充放电过程中的体积膨胀等问题限制了其实际应用。



二硒化钼

二硒化钼作为一种典型的过渡金属硫属化物，具有较大的层间距和较高的理论容量，这使得它在负极材料中表现出显著的优势。此外，通过调控其微观形貌，可以进一步优化其电化学性能。然而，$MoSe_2$ 也面临着一些挑战。首先，其低电子电导率限制了电极反应的速率和效率。其次，在充放电过程中，$MoSe_2$ 的体积膨胀严重，导致活性材料的粉化和松散接触，进而引发容量快速衰减。

为了克服上述挑战，研究者首先以 Mo-实心球为模板，采用溶剂热法通过离子交换机制制备了分层 $MoSe_2$ 中空纳米球。这种中空结构为钠离子的存储提供了高比表面积和大的电极-电解液接触面积，从而增加了电化学活性中心的数量。同时，可渗透的薄壳层缩短了钠离子和电子的扩散距离，提高了材料的离子电导率。此外，内部空隙有效地缓解了电化学反应过程中应力诱导的结构变化，提高了材料的稳定性。

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

作为钠离子电池的负极材料，二硒化钼中空纳米球展现出了良好的钠存储性能。在电流密度为 1A/g 的条件下循环 500 圈后，其比容量仅损失 5.51%和 7.79%，表现出了优异的循环稳定性。这一结果证明了中空纳米球结构在提升 $MoSe_2$ 钠存储性能方面的有效性。

为了进一步提高二硒化钼的钠存储性能，研究者还以 ZIF-8 衍生的氮掺杂多孔碳十二面体作为前驱体，通过原位生长的方法制备了二硒化钼纳米片/氮掺杂多孔碳复合材料。这种核/壳结构不仅有利于电子转移和离子扩散，实现了快速的表面控制电极反应动力学，还能有效地提高电极的耐久性，抑制充放电过程中电极结构的变化。

作为钠离子电池负极材料，该复合材料在 0.2A/g 的电流密度下展现出了高达 464mAh/g 的初始比容量。经过 500 圈循环后，其比容量仍能保持在 437mAh/g，表现出了优异的循环性能。此外，在大电流密度 2A/g 的条件下，该电极循环 1000 圈后仍能提供 223mAh/g 的比容量，显示出其良好的倍率性能。



钠离子电池

研究者通过设计并制备不同形貌的二硒化钼纳米结构，成功解决了其作为钠离子电池负极材料时面临的低电子电导率和体积膨胀等问题。中空纳米球和纳米片/氮掺杂多孔碳复合材料均展现出了优异的钠存储性能，为 $MoSe_2$ 在钠电池中的应用提供了新的思路和方法。

然而，尽管当前研究者已取得了一定的研究成果，但二硒化钼作为钠离子电池负极材料仍面临着一些挑战和未解决的问题。例如，如何进一步优化其制备工艺以降低成本和提高产量？如何进一步提高其循环稳定性和倍率性能以满足实际应用需求？这些问题将是未来研究的重点方向。

18.4 钼酸锂在钠离子电池中的应用

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

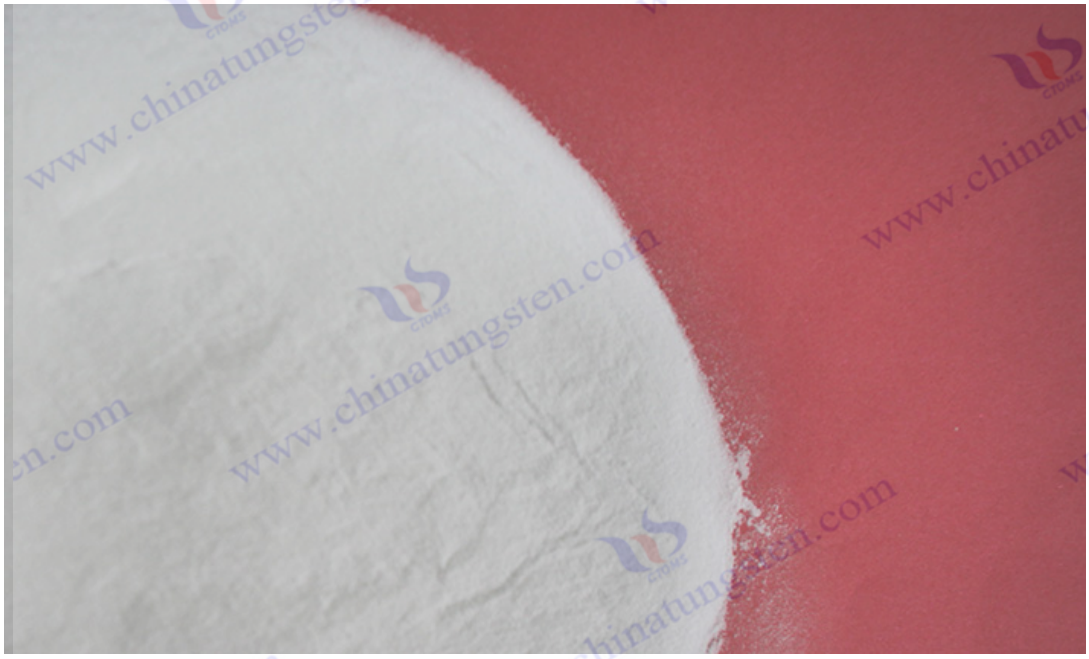
www.chinatungsten.com
中钨智造® 中钨在线®
电话/TEL: 0086 592 512 9696
邮箱/Email: sales@chinatungsten.com

钼酸锂，化学式为 Li_2MoO_4，是一种重要的无机化合物。其晶体结构独特，由钼酸根离子与锂离子构成，基本结构由六边形钼酸根离子和八面体的锂离子交替堆积而成。在晶体中，钼酸根离子构成了二维的六角形通道，锂离子则在通道中运动。这种独特的晶体结构使得钼酸锂具有特殊的物理和化学性能。



钼酸锂

钼酸锂具有一些显著的物理化学性质。其熔点较高，达到 705℃，显示出良好的热稳定性。同时，Li_2MoO_4 具有良好的水溶性，这使得它在各种水溶液环境中都能保持稳定的性能。此外，Li_2MoO_4 的密度适中，为 2.66g/cm³，便于在实际应用中进行精确的计量和操作。



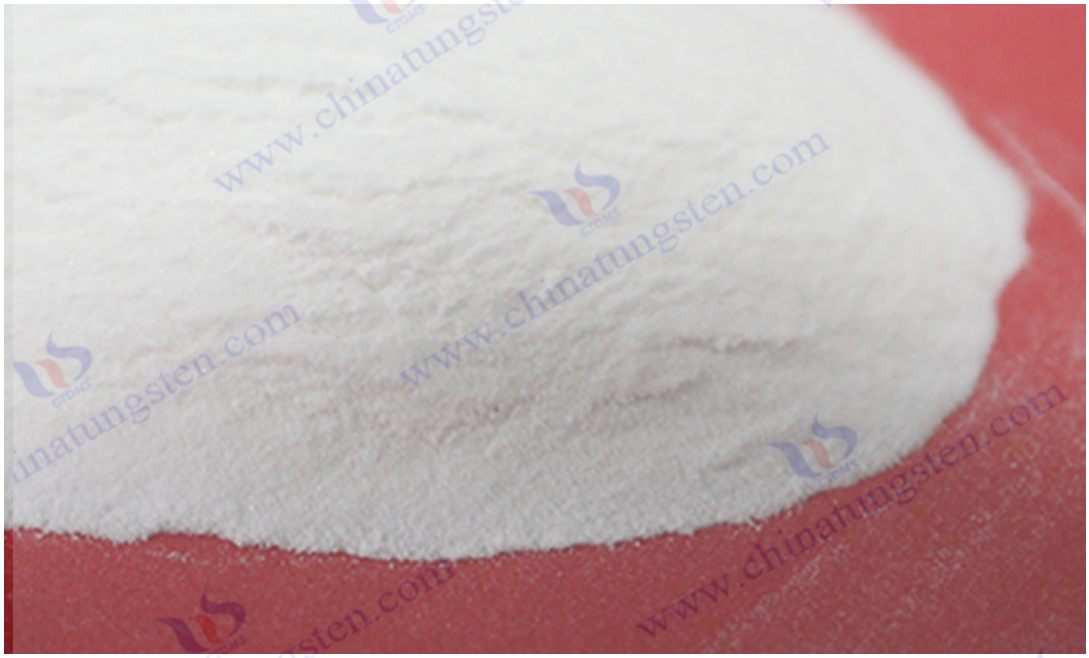
钼酸锂

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

然而，钼酸锂也存在一定的安全风险。它属于刺激性物质，对眼睛、呼吸道和皮肤有刺激作用。因此，在使用 Li_2MoO_4 时，需要采取相应的安全防护措施，如佩戴合适的手套、防护眼镜或面罩等。

钼酸锂的制备工艺相对复杂，主要包括多种分子结构的合成。主要的方法是将钼酸钠用蒸馏水配成一定浓度的钼酸钠溶液，一边搅拌一边加入近沸腾的硝酸溶液，调整溶液。此外，新合成的正钼酸和氢氧化锂反应也可以生成正钼酸锂，或者生成含不同锂原子数目的钼酸锂。通过这些方法，可以得到具有不同结构和性能的 Li_2MoO_4 产品。

随着可再生能源和电动汽车等领域的快速发展，钠离子电池作为一种潜在的替代技术，受到了广泛关注。而钼酸锂，作为钠离子电池的重要负极材料，其应用前景十分广阔。



钼酸锂

钼酸锂的高理论容量和良好的循环稳定性，使其成为钠离子电池负极材料的理想选择。通过合理的制备工艺和结构设计，可以进一步提高 Li_2MoO_4 的电化学性能，从而满足钠电池在高能量密度、长循环寿命等方面的需求。

此外，钼酸锂还可以与其他材料复合，形成复合负极材料。这种复合材料可以充分利用各种材料的优势，提高钠电池的整体性能。例如，将钼酸锂与碳材料复合，可以提高电极的导电性和循环稳定性；与金属氧化物或硫化物复合，则可以利用协同效应提升电池的能量密度和功率密度。

除了在钠离子电池中的应用外，钼酸锂还广泛用于其他领域。例如，它可以作为溴化锂中央空调的缓蚀剂，用于提高设备的耐用性和稳定性。此外，Li_2MoO_4 还可以用于制备金属钼、催化剂、化学试剂、医药、电镀着色剂、油画颜料和媒染剂等，为多个行业提供重要的原材料。

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

18.4.1 钠离子电池负极材料用钼酸锂

在钠离子电池中，负极材料的选择对于提高电池性能具有至关重要的作用。其中，钼酸锂作为一种新型的负极材料，因其独特的晶体结构和优异的电化学性能而备受瞩目。

钼酸锂的晶体结构属于正交晶系，其基本结构由六边形钼酸根离子（$MoO4^{2-}$）和八面体的锂离子（Li^{+}）交替堆积而成。在这种结构中，钼酸根离子形成了二维的六角形通道，为锂离子在充放电过程中的迁移提供了有效的路径。这种独特的晶体结构使得 Li_2MoO_4 在作为负极材料时，具有优异的离子传输性能和结构稳定性。

钼酸锂具有较高的理论容量，这意味着在理论上，它可以存储更多的钠离子。这使得 Li_2MoO_4 在作为钠离子电池负极材料时，具有较高的能量密度和较长的循环寿命。



钼酸锂

由于钼酸锂的晶体结构稳定，其在充放电过程中能够保持较好的结构完整性，从而展现出优异的循环稳定性。这意味着 Li_2MoO_4 负极材料在多次充放电循环后，仍能保持较高的容量和性能。

钼酸锂的二维六角形通道结构使得锂离子在其中的迁移更加迅速和高效，从而赋予其良好的倍率性能。这使得 Li_2MoO_4 负极材料在高电流密度下仍能保持较高的容量和效率。

目前，钼酸锂的制备主要通过固相反应法、溶胶凝胶法等方法实现。制备过程中，需要严格控制反应条件，如温度、时间等，以获得具有优良性能的钼酸锂材料。

在电化学性能测试中，钼酸锂负极材料表现出了令人瞩目的性能。例如，在特定的电流密度下，Li_2MoO_4 负极材料能够保持较高的容量和稳定的循环性能。此外，与其他负极材料的对比实验，可以发现钼酸锂在容量、循环稳定性和倍率性能等方面均表现出明显的优势。

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

在钠离子电池中，钼酸锂作为负极材料，其充放电过程中的反应方程式可以表示为：

充电过程：$Li_2MoO_4+xNa^++xe^-\rightarrow Na_xLi_2MoO_4$
放电过程：$Na_xLi_2MoO_4\rightarrow Li_2MoO_4+xNa^++xe^-$

在上述反应中，钼酸锂与钠离子发生可逆的嵌入和脱出反应，从而实现电池的充放电过程。

综上所述，钼酸锂作为一种具有独特晶体结构和优异电化学性能的负极材料，在钠离子电池领域具有广阔的应用前景。通过进一步的研究和优化制备工艺，有望进一步提高 Li_2MoO_4 负极材料的性能，推动钠离子电池技术的快速发展和商业化应用。



钼酸锂

18.4.2 钠离子电池负极材料用钼酸锂的挑战

钼酸锂虽然在钠电池中展现出了一定的优势，但仍存在一些挑战和问题需要解决。Li_2MoO_4 在钠电池的应用中存在以下几个问题：

（1）电导率较低：钼酸锂的电导率相对较低，这影响了其作为钠电池电极材料的电化学性能。在充放电过程中，较低的电导率可能导致离子和电子在材料中的传输受阻，从而限制了电池的功率密度和能量效率。

（2）体积膨胀：在钠离子的嵌入和脱出过程中，钼酸锂材料可能会发生体积膨胀，这可能导致电极结构的破坏和容量的衰减。长时间的循环充放电过程中，这种体积变化可能会累积，导致电池性能下降。

（3）制备工艺复杂：钼酸锂的制备工艺相对复杂，需要严格控制反应条件和步骤。这增

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

加了生产成本，并可能影响材料的均一性和稳定性。

针对上述的问题，研究者提出了以下几个解决方法：

提高电导率

（1）碳材料复合：将钼酸锂与碳材料（如碳纳米管、石墨烯等）进行复合，利用碳材料的高电导率改善钼酸锂的导电性能。这种复合方式可以提高电极的整体电导率，从而提升电池的性能。

（2）离子掺杂：通过引入其他金属离子（如钛、钒等）进行掺杂，可以在钼酸锂的晶格中引入缺陷或改变其电子结构，从而提高其电导率。



钼酸锂

抑制体积膨胀

（1）纳米化：制备纳米尺度的钼酸锂材料，可以减小离子在嵌入和脱出过程中的扩散距离，从而减轻体积膨胀的影响。此外，纳米结构还可以提供更多的反应活性位点，提高电池的能量密度。

（2）包覆技术：使用合适的包覆材料（如氧化铝、二氧化硅等）对钼酸锂进行包覆，可以限制其在充放电过程中的体积变化，保护电极结构的完整性。

优化制备工艺

（1）选择合适的原料和反应条件：通过优化原料的选择和反应条件（如温度、时间、pH值等），可以提高钼酸锂的纯度和结晶度，从而改善其电化学性能。

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

（2）采用新型制备技术：探索新型制备技术（如溶胶凝胶法、水热法等），以简化制备流程、降低生产成本，并提高材料的均一性和稳定性。

综上所述，针对钼酸锂作为钠离子电池电极材料存在的问题，可以通过提高电导率、抑制体积膨胀和优化制备工艺等方法进行解决。这些方法将有助于提升钼酸锂在钠离子电池中的性能和应用前景。



房屋太阳能电池

18.5 钼酸铁在钠离子电池中的应用

钼酸铁，化学式为 $Fe_2(MoO_4)_3$，是一种重要的无机化合物，具有多种独特的物理化学性质，因此在多个领域有着广泛的应用。特别地，它在钠离子电池中的应用备受关注，显示出巨大的潜力。

钼酸铁通常以无色或淡黄色的结晶形式存在。其晶体结构为单斜晶系，具有较高的热稳定性，这主要得益于其结构中铁离子和钼氧根离子的特定比例（2:3）。

在物理化学性质方面，钼酸铁展现出优异的催化活性和化学稳定性。它可活化 H_2O_2 和过硫酸盐，并产生 OH^-和 SO_4^{2-}等活性物质，具有较好的类芬顿反应活性。此外，$Fe_2(MoO_4)_3$ 还具有较高的电子导电性和离子传输性能，这使它在电极材料领域具有独特的应用优势。

钼酸铁的制备工艺多种多样，其中较为常见的是通过碳球次序模板法和自组装法来制备钼酸铁空心微球。这种方法首先以葡萄糖作为碳源，通过水热反应合成碳微球；然后利用碳微球作为硬模板，吸附由柠檬酸螯合的 MoO_4^{2-}和 Fe^{3+}；最后经过煅烧得到钼酸铁空心微球。这种方法的关键在于控制原料配比和煅烧条件，以得到具有理想结构和性能的钼酸铁空心微球。此外，还有其他一些制备方法，如共沉淀-高温煅烧法等，这些方法的选择取

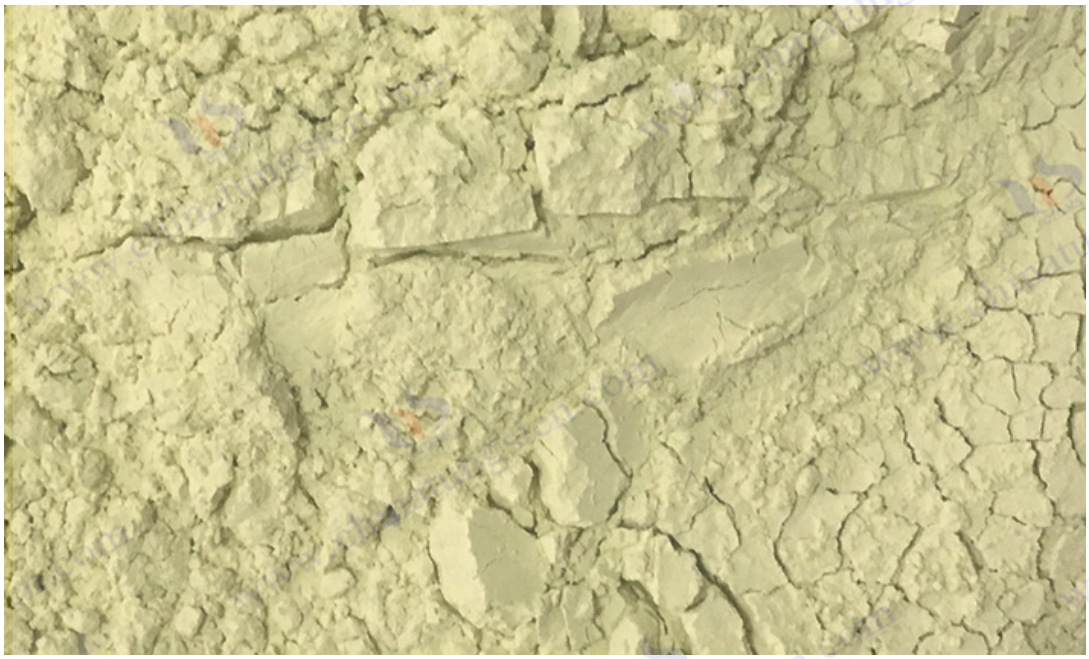
COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED
ISO 9001-2015 认证号码: 00122Q31380R3S/3502
标准文件号 CTOMSQCD-MA-E/P-A-20-2024 版

决于具体的应用需求和工艺条件。



钼酸铁

钼酸铁具有广泛的应用领域。首先，在化学工业中，它被广泛用作催化剂，特别是在有机合成中的氧化反应中，如对醇的氧化和烯烃的氧化。$Fe_2(MoO_4)_3$还可用于有机废水的处理和工业废气的净化，展现出优异的催化活性和化学稳定性。



钼酸铁

其次，在电池技术方面，钼酸铁作为一种理想的电极材料，在钠离子电池中具有重要的应用。由于钠的来源丰富且成本低廉，钠离子电池被认为是未来大规模储能技术和设备的候

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

选者。$Fe_2(MoO_4)_3$ 作为钠离子电池的正极材料，其结构内部拥有较为理想的 Na^+传输通道，表现出优秀的电化学性能和独特的结构优势。

此外，钼酸铁还可用于制备其他钼酸盐，如钼酸铵和钼酸钠等，这些钼酸盐在催化剂、药物、染料等领域也有着广泛的应用。



染料

18.5.1 钠离子电池负极材料用钼酸铁

随着能源存储技术的快速发展，钠离子电池作为一种潜在的大规模储能技术，近年来受到了广泛关注。在钠离子电池中，负极材料的选择对于电池的性能至关重要。钼酸铁作为一种新型的负极材料，因其独特的晶体结构和优异的电化学性能，展现出了广阔的应用前景。

钼酸铁的晶体结构属于正交晶系，空间群为 Pbcn。其晶体结构由 FeO_6 八面体和 MoO_4 四面体通过共享顶点氧原子相互连接而成，形成了三维的框架结构。该结构为钠离子的嵌入和脱出提供了良好的通道，使得 $Fe_2(MoO_4)_3$ 在作为负极材料时具有优异的离子传输性能。

钼酸铁是一种无机固体，通常呈现为黄色或棕色粉末。它具有较高的热稳定性和化学稳定性，能够在较宽的温度范围内保持其结构和性能的稳定。此外，$Fe_2(MoO_4)_3$ 还具有良好的电子导电性和离子传输性能，这使得它在电化学领域具有广泛的应用前景。

钼酸铁具有较高的理论比容量，能够存储更多的钠离子，从而提高电池的能量密度。$Fe_2(MoO_4)_3$ 的晶体结构在钠离子的嵌入和脱出过程中能够保持相对稳定，使得电池具有较长的循环寿命。$Fe_2(MoO_4)_3$ 的离子传输通道畅通，使得电池在高倍率充放电条件下仍能保持较好的性能。

钼酸铁的制备工艺多种多样，常见的方法包括固相法、溶胶-凝胶法、水热法等。这些方

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

法的选择取决于原料的可用性、工艺条件以及所需产品的性能要求。在制备过程中，需要严格控制原料的配比、反应温度和时间等参数，以获得具有理想结构和性能的钼酸铁材料。

作为钠离子电池的负极材料，钼酸铁展现出了优异的电化学性能。在充放电过程中，钠离子可以在 $Fe_2(MoO_4)_3$ 的晶体结构中嵌入和脱出，从而实现电能的存储和释放。通过优化制备工艺和电极结构，可以进一步提高 $Fe_2(MoO_4)_3$ 负极材料的电化学性能。



钼酸铁

钼酸铁作为钠离子电池负极材料时，其充放电过程中的反应方程式可以表示为：

放电过程（嵌入钠离子）：

$Fe_2(MoO_4)_3+xNa^++xe^-\rightarrow Na_xFe_2(MoO_4)_3$

充电过程（脱出钠离子）：

$Na_xFe_2(MoO_4)_3\rightarrow Fe_2(MoO_4)_3+xNa^++xe^-$

其中，x 表示嵌入或脱出的钠离子数量，e^-表示电子。通过调整 x 的值，可以控制电池的充放电状态和能量密度。

在实际应用中，钼酸铁负极材料的电化学性能可以通过循环伏安法、恒流充放电测试等手段进行表征。通过测试不同条件下的充放电曲线、循环性能以及倍率性能等参数，可以评估钼酸铁负极材料的优劣，并为其在实际应用中的优化提供指导。

18.5.2 钠离子电池负极材料用钼酸铁的挑战

钼酸铁作为负极材料具有独特的晶体结构和优异的电化学性能，为钠离子电池的发展提供了新的可能性。然而，$Fe_2(MoO_4)_3$ 作为钠离子电池负极材料也存在一些挑战。其中之一是其导电性相对较弱，这可能导致电池在充放电过程中的能量损失和效率降低。为了解决这

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

个问题，研究者们尝试通过掺杂、复合等方法提高钼酸铁的导电性，取得了显著的效果。



钼酸铁

存在的问题

（1）导电性不足：钼酸铁的电子导电性相对较弱，这可能导致电池在充放电过程中的能量损失和效率降低。

（2）离子传输限制：尽管钼酸铁的晶体结构为钠离子提供了嵌入和脱出的通道，但在高倍率充放电时，离子传输可能会受到限制，影响电池的性能。



电池

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

（3）体积变化：在钠离子嵌入和脱出的过程中，钼酸铁的晶体结构可能会发生变化，导致体积膨胀和收缩，从而影响电池的循环稳定性。

（4）制备工艺复杂：钼酸铁的制备通常需要较高的温度和复杂的工艺条件，这可能导致生产成本上升，限制其大规模应用。

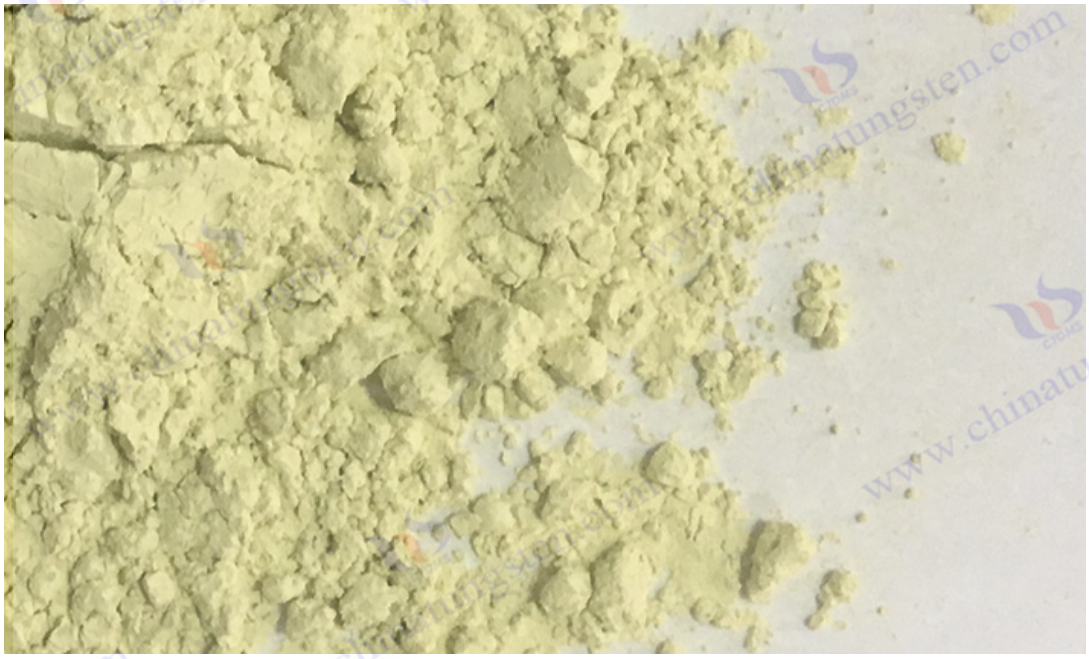
解决方法

（1）掺杂或复合：通过引入其他元素或材料对钼酸铁进行掺杂或复合，可以提高其电子导电性。例如，碳材料的复合可以有效改善钼酸铁的导电性能。

（2）纳米化：将钼酸铁制备成纳米尺度，可以缩短离子和电子的传输路径，从而提高其电化学性能。纳米化的钼酸铁材料通常具有更高的比表面积和更好的离子传输性能。

（3）结构优化：通过调整钼酸铁的晶体结构，优化钠离子的嵌入和脱出通道，可以减小体积变化并提高循环稳定性。例如，利用模板法或溶剂热法等方法制备具有特殊形貌和结构的钼酸铁材料。

（4）改进制备工艺：研究新型的制备工艺，降低生产成本并简化操作流程。例如，采用水热法、微波辅助法等绿色、高效的合成方法制备钼酸铁材料。



钼酸铁

18.6 钼酸镍在钠离子电池中的应用

钼酸镍是一种无机化合物，化学式为 $NiMoO_4$，其外观通常为浅绿色或白色固体。$NiMoO_4$ 具有良好的溶解性，可以略溶于热水中。这种化合物不仅具有良好的催化性能，还在各个领域如传感器、催化剂、锂电池等表现出极大的应用潜力。

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

钼酸镍的晶体结构为尖晶石结构。它存在多种晶体形式，其中 α 相和 β 相是两种稳定存在的晶体结构。这两种结构均表现为单斜晶相，属于具有空间结构特征的 C2/m 群组。α 相和 β 相的主要区别在于 Mo 原子在晶格中的位置：α 相的 Mo 原子位于扭曲的八面体的晶格点，是低温稳定存在的结构；而 β 相的 Mo 原子位于扭曲的四面体的晶格点，是高温稳定存在的结构。这种晶体结构为 $NiMoO_4$提供了优异的物理化学性质，使其在多个领域具有广泛的应用。

钼酸镍具有良好的化学稳定性和热稳定性，能够在高温和复杂环境下保持其结构和性能的稳定。此外，它还具有较高的电子导电性和离子传输性能，这使得 $NiMoO_4$在电化学领域具有独特的优势。这些物理化学性质为 $NiMoO_4$在钠离子电池中的应用提供了有力支持。



钼酸镍

钼酸镍的制备工艺多种多样，主要包括溶液法、沉淀法和固相法等。其中，溶液法制备的 $NiMoO_4$颗粒均匀细致，表面光滑，具有良好的抗氧化性能和催化性能。固相法则是通过高温固相反应将原料混合并烧结得到目标产物。这些制备工艺可以根据具体的应用需求和工艺条件进行选择。

钼酸镍作为一种重要的工业催化剂，在石油加工、化工生产和环保领域具有广泛的应用。它能够催化重整、裂化、氢化和脱硫等反应，提高石油加工的效率和质量。在化工生产中，钼酸镍被用于有机合成反应，如催化裂解、酯化、羟基化和氧化等。此外，钼酸镍还可用于环保领域，催化还原废气中的氮氧化物和有机气体，为环境保护做出贡献。

在钠离子电池领域，钼酸镍作为一种新型的负极材料，展现出了潜在的应用价值。其独特的晶体结构和优异的物理化学性质使得 $NiMoO_4$在钠离子电池中具有良好的离子传输性能和循环稳定性。

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

18.6.1 钠离子电池负极材料用钼酸镍

钼酸镍是一种无机化合物，化学式为 $NiMoO_4$。它通常以浅绿色或白色固体的形式存在，且略溶于热水。这种化合物的制备通常可以通过将钼酸钾加入二氯化镍水溶液中，通过沉淀得到。根据制备条件的不同，可以得到含不同结晶水的 $NiMoO_4$。



钼酸镍

钼酸镍具有一系列优异的物理化学性质。首先，它的熔点高达 970℃，这显示出其出色的热稳定性。其次，$NiMoO_4$的外观通常为绿色粉末，这种颜色可能与其特定的晶体结构和电子排布有关。此外，$NiMoO_4$还具有良好的化学稳定性，可以在多种环境下保持其结构和性能的稳定。



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

作为钠离子电池的负极材料，钼酸镍的应用潜力巨大。在充放电过程中，钼酸镍与钠离子发生可逆的嵌入和脱出反应。这种反应过程使得钠离子电池能够实现电能的存储和释放。具体的反应方程式可以表示为：

放电过程（嵌入钠离子）：

$NiMoO_4+xNa^++xe^-\rightarrow Na_xNiMoO_4$

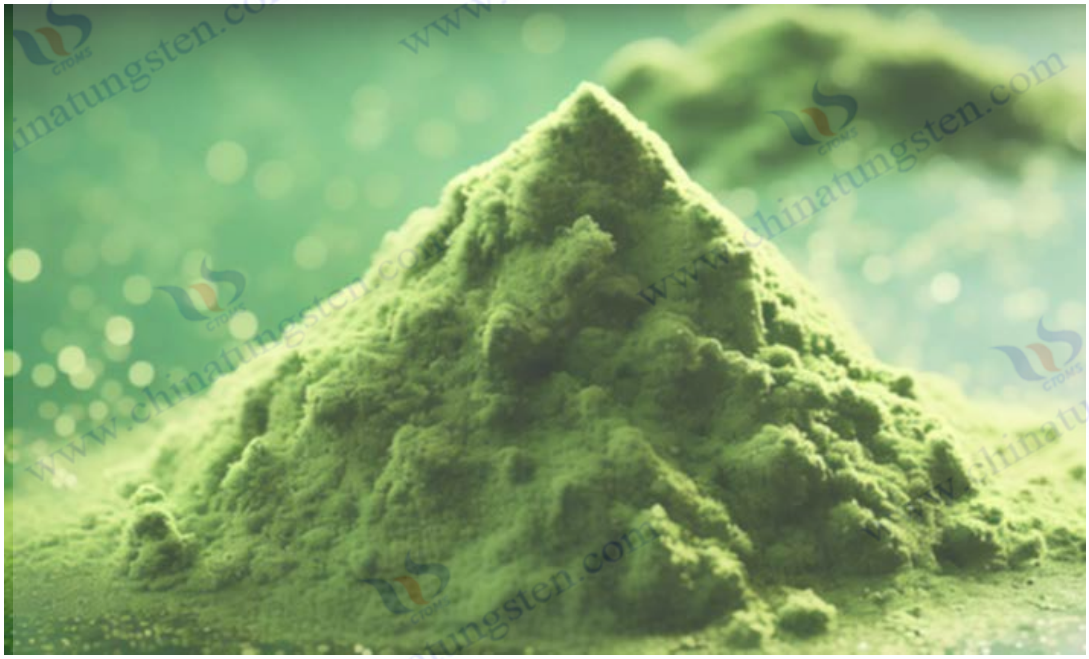
充电过程（脱出钠离子）：

$Na_xNiMoO_4\rightarrow NiMoO_4+xNa^++xe^-$

其中，x 表示嵌入或脱出的钠离子数量，e^-表示电子。通过调整 x 的值，可以控制电池的充放电状态和能量密度。

钼酸镍作为负极材料的优势在于其独特的晶体结构和优异的电化学性能。其高熔点和良好的化学稳定性使得电池能够在高温和复杂环境下稳定运行。同时，$NiMoO_4$的高能量密度和良好的循环稳定性也为其在钠离子电池领域的应用提供了有力支持。

然而，钼酸镍作为负极材料也存在一些挑战，如导电性不足和离子传输限制等。为了克服这些问题，研究者正在探索通过掺杂、复合和优化制备工艺等方法来提高钼酸镍的电化学性能。



钼酸镍

18.6.2 钠离子电池电极材料用钼酸镍的挑战

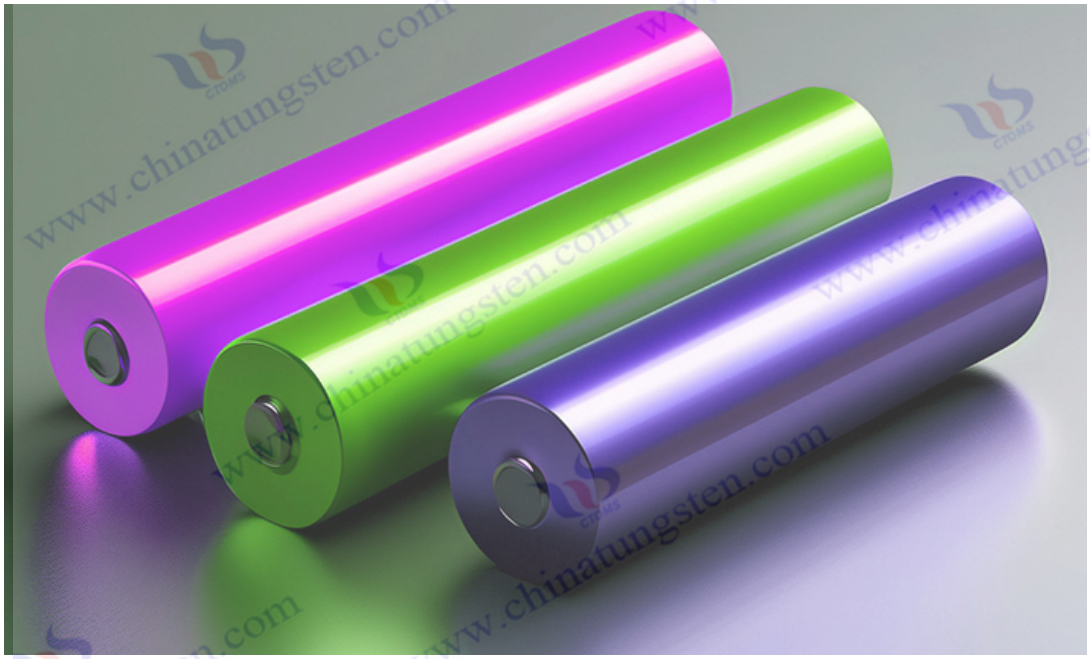
钠离子电池，作为一种新兴的电池技术，因其丰富的原材料和较低的成本而备受关注。钼酸镍作为钠离子电池的电极材料，具有独特的物理和化学性质，但其在应用过程中也面临一些问题。以下将详细探讨这些问题，并提出相应的解决方法。

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

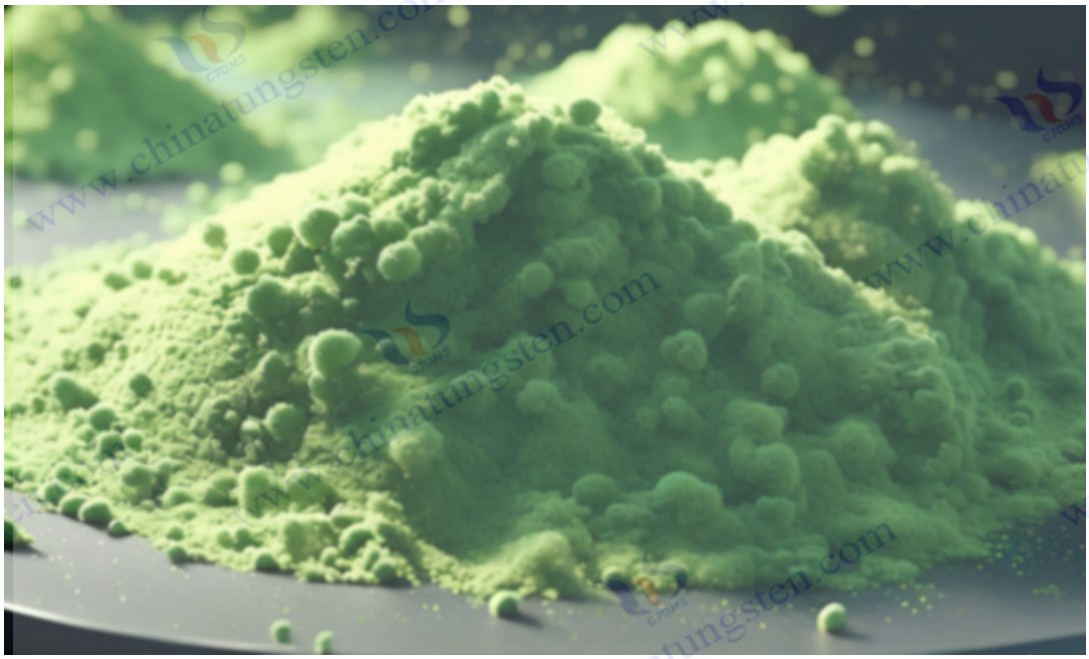
存在的问题

（1）能量密度不足：钼酸镍作为钠电池的电极材料，其能量密度相较于一些其他材料可能仍有待提高。能量密度是电池性能的重要指标，直接影响电池的使用时间和应用范围。



钠电池

（2）循环性能待优化：循环性能是评价电池寿命的关键因素。在充放电过程中，钼酸镍电极可能会发生结构变化或活性物质损失，导致电池性能下降。



钼酸镍

COPYRIGHT© 2005-2024 ALL RIGHT RESERVED

（3）生产成本高：钼酸镍的生产工艺复杂，原材料成本较高，这增加了钠离子电池的生产成本，不利于其大规模商业化应用。

解决方法

（1）纳米化技术：通过纳米化技术，将钼酸镍制备成纳米级颗粒，可以增大其比表面积，提高活性物质的利用率，从而提高能量密度。同时，纳米化还能改善电极材料的离子和电子传输性能，优化电池性能。

（2）表面修饰与掺杂：通过表面修饰或掺杂其他元素，可以改善钼酸镍的结构稳定性和电化学性能。例如，引入一些过渡金属元素或稀土元素，可以形成稳定的化合物，提高电极材料的循环性能。



钠离子电池

（3）优化制备工艺：研究并优化钼酸镍的制备工艺，可以降低生产成本，提高生产效率。例如，采用更环保、更经济的原料，简化生产步骤，降低能耗等。

（4）复合电极材料：将钼酸镍与其他类型的电极材料复合，可以充分利用各种材料的优势，提高电池的综合性能。例如，与碳材料复合可以提高电极的导电性，与氧化物复合可以提高电池的能量密度等。

综上所述，尽管钼酸镍作为钠离子电池的电极材料具有广阔的应用前景，但仍需解决一些关键问题。通过纳米化技术、表面修饰与掺杂、优化制备工艺以及复合电极材料等方法，可以有效解决这些问题，推动钼酸镍在钠离子电池领域的应用和发展。

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