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

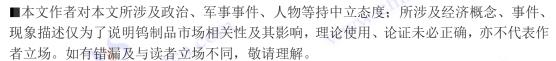
> www.chinatungsten.com 电话/TEL: 0086 592 512 9696/512 9595 传真/FAX: 0086 592 512 9797 邮箱/Emailsales@chinatungsten.com



中钨在线®

中国厦门 2023.11.01 www.ctia.com.cn

著作版权、法律责任声明



- ■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

- ■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。 viž

©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

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(<u>www.ctia.com.cn</u>)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、 氦化钼、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。稀士元素的原子 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



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

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。



目 录

第1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

WW. chinaningsten.com Page 8 of 53





THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA www.chinatungsten.

- 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



Page 9 of 53

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











2.3 磷酸铁锂电池

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

2.4 三元电池

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

2.5 钴酸锂电池

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

2.6 锰酸锂电池

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

2.7 无钴电池

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

2.8 锂硫电池













THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 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

















THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 2.9.3 钠离子电池主要特性
- 2.9.4 钠离子电池生产工序
- 2.9.5 钠离子电池性能的影响因素
- 2.9.5.1 正极材料对钠离子电池性能的影响
- 2.9.5.2 负极材料对钠离子电池性能的影响
- 2.9.5.3 隔膜对钠离子电池性能的影响
- 2.9.5.4 电解液对钠离子电池性能的影响
- 2.9.5.5 放电深度对钠离子电池寿命的影响
- 2.9.5.6 过充电程度对钠离子电池寿命的影响
- 2.9.5.7 温度对钠离子电池寿命的影响
- 2.9.5.8 放电电流密度对钠离子电池寿命的影响
- 2.9.6 钠离子电池技术指标
- 2.9.7 钠离子电池使用注意事项
- 2.9.8 钠离子电池的应用
- 2.9.9 钠离子电池的发展现状
- 2.9.10 钠离子电池的发展前景
- 2.9.11 钠离子电池的发展瓶颈

2.10 锌离子电池

- 2.10.1 锌离子电池基本结构
- 2.10.1.1 锌离子电池正极材料
- 2.10.1.1.1 锌电池正极材料的种类
- 2.10.1.1.2 锌电池正极材料的制备方法
- 2.10.1.2 锌离子电池负极材料
- 2.10.1.2.1 锌电池负极材料的种类
- 2.10.1.3 锌离子电池隔膜
- 2.10.1.3.1 锌电池聚合物材料的选择
- 2.10.1.3.2 锌电池聚合物材料的优化
- 2.10.1.4 锌离子电池电解液
- 2.10.1.4.1 锌电池水系电解液
- 2.10.1.4.2 锌电池非水系电解液
- 2.10.1.4.3 锌电池混合电解液
- 2.10.2 锌离子电池工作原理
- 2.10.3 锌离子电池主要特性
- 2.10.4 锌离子电池生产工序
- 2.10.5 锌离子电池性能的影响因素
- 2.10.5.1 正极材料对锌离子电池性能的影响
- 2.10.5.2 负极材料对锌离子电池性能的影响
- 2.10.5.3 隔膜对锌离子电池性能的影响
- 2.10.5.4 电解液对锌离子电池性能的影响
- 2.10.5.5 放电深度对锌离子电池寿命的影响
- 2.10.5.6 过充电程度对锌离子电池寿命的影响
- 2.10.5.7 工作温度对锌离子电池寿命的影响
- 2.10.5.8 放电电流密度对锌离子电池寿命的影响
- 2.10.6 锌离子电池技术指标







- 2.10.7 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
- hinatungsten.com 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

Page 14 of 53









THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

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

2.13 太阳能电池

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

第三章 电池性能的检测

3.1 电池的主要性能

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







3.2 电池性能的检测

- 3.2.1 电池电动势的测试
- 3.2.1.1 电池电动势测试的目的
- 3.2.1.2 电池电动势测试的原理
- 3.2.1.3 电池电动势测试的方法
- 3.2.1.4 电池电动势测试的优势
- 3.2.1.5 电池电动势测试的注意事项
- 3.2.2 电池容量的测试
- 3.2.2.1 电池容量测试的目的
- 3.2.2.2 电池容量测试的原理
- 3.2.2.3 电池容量测试的方法
- 3.2.2.4 电池容量测试的优势
- 3.2.2.5 电池容量测试的注意事项
- 3.2.3 电池内阻的测试
- 3.2.3.1 电池内阻测试的目的
- 3.2.3.2 电池内阻测试的原理
- 3.2.3.3 电池内阻测试的方法
- 3.2.3.4 电池内阻测试的优势
- 3.2.3.5 电池内阻测试的注意事项
- 3.2.4 电池循环寿命的测试
- 3.2.4.1 电池循环寿命测试的目的
- 3.2.4.2 电池循环寿命测试的原理
- 3.2.4.3 电池循环寿命测试的方法
- 3.2.4.4 电池循环寿命测试的优势
- 3.2.4.5 电池循环寿命测试的注意事项
- 3.2.5 电池静态容量的测试
- 3.2.5.1 电池静态容量测试的目的
- 3.2.5.2 电池静态容量测试的原理
- 3.2.5.3 电池静态容量测试的方法
- 3.2.5.4 电池静态容量测试的优势
- 3.2.5.5 电池静态容量测试的注意事项
- 3.2.6 电池充放电性能的测试
- 3.2.6.1 电池充放电性能测试的目的
- 3.2.6.2 电池充放电性能测试的原理
- 3.2.6.3 电池充放电性能测试的方法
- 3.2.6.4 电池充放电性能测试的优势
- 3.2.6.5 电池充放电性能测试的注意事项
- 3.2.7 电池循环次数的测试
- 3.2.7.1 电池循环次数测试的目的
- 3.2.7.2 电池循环次数测试的原理
- 3.2.7.3 电池循环次数测试的方法
- 3.2.7.4 电池循环次数测试的优势
- 3.2.7.5 电池循环次数测试的注意事项
- 3.2.8 电池过充电保护的测试



Page 16 of 53





THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 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
- NWW.chinatungsten.com 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

Www.chinatungsten.com





THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 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



Page 18 of 53





THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 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



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 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

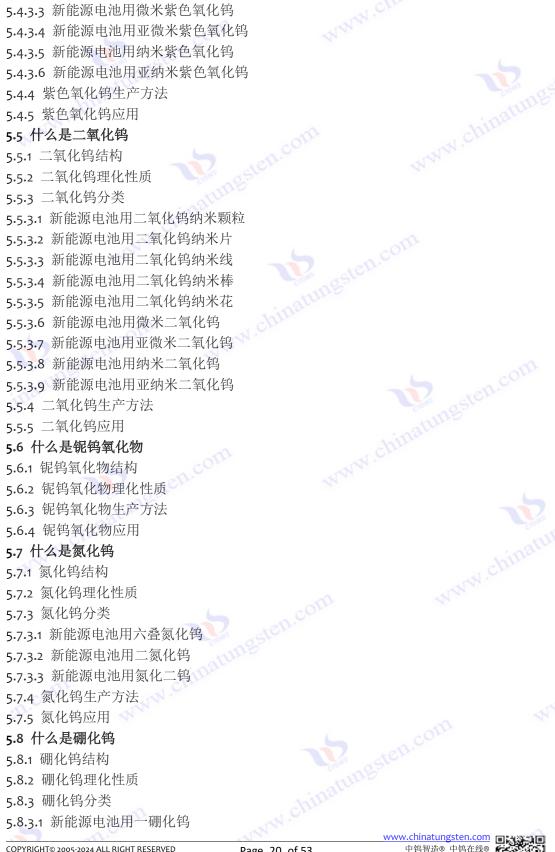
- 5.6.1 铌钨氧化物结构
- 5.6.2 铌钨氧化物理化性质
- 5.6.3 铌钨氧化物生产方法
- 5.6.4 铌钨氧化物应用

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

5.8 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



Page 20 of 53



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 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
- WWW.chinatungsten.com 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
- hinahingsten.com 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

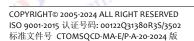
第六章 钨在锂离子电池中的应用

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

WW.chinatungsten.com







Page 21 of 53

- 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
- chinatungsten.com 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

Page 23 of 53



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 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
- chinatungsten.com 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











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

- 14.1 钨在电池中的潜在价值
- 14.2 钨在电池中的应用前景

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

Page 25 of 53





THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 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
- 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

Page 26 of 53



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 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
- 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
- chinatungsten.com 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

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







Page 27 of 53

THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 16.1.3 锂离子电池负极材料用氧化钼的挑战
- 16.2 氮化钼在钾离子电池中的应用
- 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 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

Page 28 of 53



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 17.4.1 锂硫电池正极材料用非晶相三硫化钼
- 17.4.2 锂硫电池负极材料用三硫化钼纳米片
- 17.4.3 锂硫电池电极材料用三硫化钼的挑战

17.5 二硒化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

- 18.3.1 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复合材料 18.4 钼酸锂在研究 18.2.1 钠离子电池负极材料用二硫化钼复合材料

- 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 氧化钼在锌离子电池中的应用

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

19.2 二硫化钼在锌离子电池中的应用

- 19.2.1 锌离子电池正极材料用二硫化钼
- 19.2.2 锌离子电池正极材料用二硫化钼纳米片
- 19.2.3 锌离子电池负极材料用二硫化钼纳米片
- 19.2.4 锌离子电池负极材料用二硫化钼复合材料
- 19.2.5 锌离子电池电极材料用二硫化钼的挑战





19.3 钼钒氧化物在锌离子电池中的应用

- 19.3.1 锌离子电池电极材料用钼钒氧化物
- 19.2.2 锌离子电池电极材料用钼钒氧化物的挑战

19.4 钼酸锌在锌离子电池中的应用

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

第二十章 钼在燃料电池中的应用

20.1 金属钼在燃料电池中的应用

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

20.2 三氧化钼纳米线在燃料电池中的应用

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

20.3 碳化钼在燃料电池中的应用

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

20.4 氮化钼在燃料电池中的应用

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

20.5 磷钼酸在燃料电池中的应用

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

20.6 钼酸镧在燃料电池中的应用

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

20.7 镍钼合金在燃料电池中的应用

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

20.8 铂铜钼三元合金在燃料电池中的应用

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

第二十一章 钼在太阳能电池中的应用

21.1 硫化钼在太阳能电池中的应用

- 21.1.1 硫化钼薄膜异质结太阳能电池
- 21.1.2 硫化钼薄膜异质结太阳能电池的创新研究

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

ninatungsten.com

Page 30 of 53



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

- 21.1.3 太阳能电池用硫化钼的挑战
- 21.2 硒化钼在太阳能电池中的应用
- 21.2.1 什么是硒化钼/硅异质结太阳能电池
- 21.2.2 钛矿太阳能电池用二硒化钼
- 21.2.3 太阳能电池用二硒化钼复合材料
- 21.2.4 太阳能电池用硒化钼的挑战
- 21.3 钼酸锌在太阳能电池中的应用
- 21.3.1 太阳能电池对电极用钼酸锌复合材料
- 21.3.2 太阳能电池用钼酸锌的挑战

第二十二章 钼在电池中的技术挑战与解决方案

- 22.1 氧化钼在电池中的挑战与解决方案
- 22.2 碳化钼在电池中的挑战与解决方案
- 22.3 氮化钼在电池中的挑战与解决方案
- 22.4 二硫化钼在电池中的挑战与解决方案
- 22.5 二硒化钼在电池中的挑战与解决方案
- 22.6 钼酸盐在电池中的挑战与解决方案

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

- 24.1 钼在电池中的潜在价值
- 24.2 钼在电池中的应用前景

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

- 25.1 镧元素
- 25.2 铈元素
- 25.3 镨元素
- 25.4 钕元素
- 25.5 钐元素
- 25.6 铕元素
- 25.7 钆元素
- 25.8 钬元素
- 25.9 铥元素 25.10 镱元素
- 25.11 镥元素
- 25.12 钇元素
- 25.13 钪元素





第二十六章 稀土元素在锂离子电池中的应用 www.chinatungsten.

- 26.1 镧元素在锂离子电池中的应用
- 26.2 铈元素在锂离子电池中的应用
- 26.3 钕元素在锂离子电池中的应用
- 26.4 镨元素在锂离子电池中的应用
- 26.5 钐元素在锂离子电池中的应用
- 26.6 铕元素在锂离子电池中的应用
- 26.7 钆元素在锂离子电池中的应用
- 26.8 钬元素在锂离子电池中的应用
- 26.9 铥元素在锂离子电池中的应用
- 26.10 镱元素在锂离子电池中的应用
- 26.11 镥元素在锂离子电池中的应用
- 26.12 钇元素在锂离子电池中的应用
- 26.13 钪元素在锂离子电池中的应用

ww.chinatungsten.com 第二十七章 稀土元素在钠离子电池中的应用

- 27.1 镧元素在钠离子电池中的应用
- 27.2 铈元素在钠离子电池中的应用
- 27.3 钐元素在钠离子电池中的应用
- 27.4 铕元素在钠离子电池中的应用
- 27.5 钆元素在钠离子电池中的应用
- 27.6 钬元素在钠离子电池中的应用
- 27.7 铥元素在钠离子电池中的应用
- 27.8 镱元素在钠离子电池中的应用
- 27.9 镥元素在钠离子电池中的应用
- 27.10 钇元素在钠离子电池中的应用
- 27.11 钪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

- 28.1 镧元素在镍氢电池中的应用
- 28.2 铈元素在镍氢电池中的应用
- 28.3 镨元素在镍氢电池中的应用
- 28.4 钕元素在镍氢电池中的应用
- 28.5 钐元素在镍氢电池中的应用
- 28.6 铕元素在镍氢电池中的应用
- 28.7 钆元素在镍氢电池中的应用
- 28.8 铽元素在镍氢电池中的应用
- 28.9 镝元素在镍氢电池中的应用
- 28.10 铒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 www.chinatungsten.

- 29.1 镧元素在太阳能电池中的应用
- 29.2 铈元素在太阳能电池中的应用
- 29.3 镨元素在太阳能电池中的应用
- 29.4 钕元素在太阳能电池中的应用
- 29.5 铕元素在太阳能电池中的应用
- 29.6 钆元素在太阳能电池中的应用
- 29.7 铽元素在太阳能电池中的应用
- 29.8 镝元素在太阳能电池中的应用
- 29.9 钇元素在太阳能电池中的应用
- 29.10 钪元素在太阳能电池中的应用

第三十章 稀土元素在太阳能电池中的应用

- 30.1 镧元素在燃料电池中的应用
- 30.2 铈元素在燃料电池中的应用
- 30.3 镨元素在燃料电池中的应用
- 30.4 钕元素在燃料电池中的应用
- 30.5 铕元素在燃料电池中的应用
- 30.6 铽元素在燃料电池中的应用

第三十一章 稀土元素在电池中的技术挑战与解决方案 31.1 镧元素在电池中的技术挑战与解决方案 31.2 铈元素在电池中的技术挑战与解决方案

- 31.2 铈元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.3 镨元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.4 钕元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.5 钐元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.6 铕元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.7 钆元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.8 铽元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.9 镝元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.10 钬元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.11 铒元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.12 铥元素在电池中的技术挑战与解决方法 31.13 镱元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.14 镥元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.15 钇元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.16 钪元素在电池中的技术挑战与解决方法







第三十二章 稀土基电池的生产成本

第三十三章 稀土元素在电池中的潜在价值与应用前景

33.1 稀土元素在电池中的潜在价值

33.2 稀土元素在电池中的应用前景

第V部分电池、钨、钼和稀土企业介绍

第三十四章 主要电池生产企业概览

34.1 国内主要电池正极生产企业

34.2 国内主要电池负极生产企业

34.3 国内主要电池隔膜生产企业

34.4 国内主要电池电解液生产企业

343.5 国外主要电池生产企业

第三十五章 主要钨、钼和稀土企业概览

35.1 国内主要钨、钼和稀土生产企业

35.2 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

. 1 Rom Com 附录 4: 钨钼稀土专有名词解释

Page 34 of 53



第IV部分 稀土在新能源电池市场的介绍 第三十三章 稀土元素在电池中的潜在价值与应用前景

33.1 稀土元素在电池中的潜在价值

在全球倡导绿色能源与可持续发展的大背景下, 电池作为关键的能量存储与转换装置, 其 性能的提升成为了众多领域发展的重要驱动力。从便携式电子设备如智能手机、笔记本电 脑,到电动汽车、大规模储能系统等,各类应用场景对电池的能量密度、充放电效率、循 环寿命以及安全性等方面提出了越来越高的要求。例如,在电动汽车领域,消费者期望车 辆能够拥有更长的续航里程,这就需要电池具备更高的能量密度;而在电网储能中,为了 实现对可再生能源的有效消纳,电池需要具备良好的循环稳定性和高效的充放电性能。



电动汽车

稀土元素,作为化学元素周期表中镧系元素以及与镧系元素密切相关的钪和钇共 17 种元 素的统称,具有独特的物理和化学性质。其电子结构的特殊性赋予了它们优异的磁、光、 电等特性,这些特性使得稀土元素在众多领域得到了广泛应用,如永磁材料、发光材料、 催化剂等。在电池领域,稀土元素的独特性质也为电池性能的提升带来了新的机遇和可能。 将稀土元素引入电池材料中,有望通过改变电极材料的结构和电子特性,提高电池的能量 密度、充放电效率和循环寿命等关键性能指标。

鉴于电池性能提升的紧迫性以及稀土元素独特性质所蕴含的潜力,深入研究稀土元素在电 池中的潜在价值具有重要的现实意义。这不仅有助于推动电池技术的创新发展,满足日益 增长的能源存储需求,还能够拓展稀土元素的应用领域,提高稀土资源的综合利用价值, 为全球能源转型和可持续发展提供有力支持。



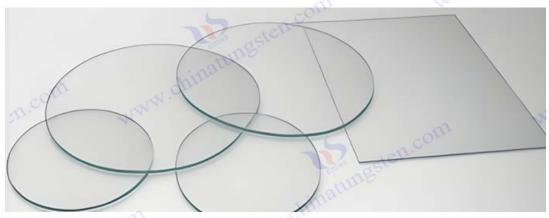
一、稀土元素概述

稀土元素是化学元素周期表中镧系元素镧(La)、铈(Ce)、镨(Pr)、钕(Nd)、钷(Pm)、钐(Sm)、铕(Eu)、钆(Gd)、铽(Tb)、镝(Dy)、钬(Ho)、铒(Er)、铥(Tm)、镱(Yb)、镥(Lu),以及与镧系的 15 个元素密切相关的两个元素钪(Sc)和钇(Y)的统称,共 17 种元素。



稀土元素

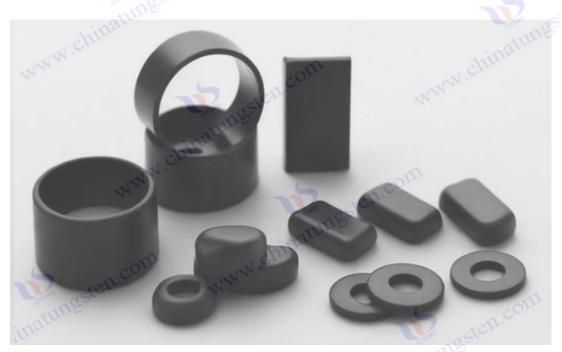
根据稀土元素原子电子层结构和物理化学性质,以及它们在矿物中共生情况和不同的离子半径可产生不同性质的特征,稀土元素通常被分为轻稀土和中重稀土两大类。轻稀土包括镧、铈、镨、钕、钷;中重稀土则包含钐、铕、钆、铽、镝、钬、铒、铥、镱、镥、钪、钇。这种分类方式有助于区分不同稀土元素在化学活性、应用领域等方面的差异,例如轻稀土在钢铁、玻璃等传统领域应用广泛,中重稀土在电子、新能源等高科技领域发挥着关键作用。



光学玻璃



稀土元素具有独特的物理和化学特性。在物理特性方面,许多稀土元素具有高磁导率,这使得它们在永磁材料中表现出色。如钕铁硼永磁材料,其磁能积高,能够在较小的体积下产生强大的磁场,广泛应用于电动汽车电机、风力发电机等设备中,显著提高了能源转换效率。稀土元素还具有良好的光学特性,部分稀土元素在受到激发时能发出特定波长的光,可用于制造荧光粉、LED 发光材料等,实现高效、稳定的光源输出,满足照明、显示等领域的需求。



磁性材料

从化学特性来看,稀土元素化学性质较为活泼,能与多种元素发生化学反应,形成稳定的化合物。例如,稀土元素易与氧、硫、氮等元素化合,生成熔点高、稳定性强的化合物,在冶金工业中,可用于去除钢铁中的杂质,提高钢铁的强度、韧性和耐腐蚀性。同时,稀土元素的催化活性也十分突出,能够显著提高化学反应的速率和选择性,在石油化工领域,稀土催化剂被广泛应用于石油裂化、加氢精制等过程,提高了生产效率和产品质量。



钢铁



全球稀土资源分布广泛但不均衡。中国是世界上稀土储量最为丰富的国家之一,截至2023 年,中国稀土储量约为4400万吨,占全球总储量的40%左右,主要分布在内蒙古、江西、 四川、广东等地区,形成了"北轻南重"的分布格局,内蒙古包头的白云鄂博稀土矿是世界 上最大的轻稀土矿之一,而江西等地则富含中重稀土资源。除中国外,越南、巴西、俄罗 斯、印度等国家也拥有一定量的稀土资源,越南稀土储量占全球的20%,巴西占19.09%, 俄罗斯占 9.09%, 印度占 6.36%。

在稀土开采方面,中国同样是全球最大的稀土生产国,2023年中国稀土产量达到24万吨, 约占全球总产量的67.93%。长期以来,中国在稀土开采和冶炼技术上处于世界领先地位, 拥有完整的产业链。然而,稀土开采过程也带来了一系列环境问题。传统的稀土开采方式, 如离子型稀土矿的原地浸矿法,需要使用大量化学药剂,这些药剂会渗入土壤和地下水中, 导致土壤酸化、重金属污染等问题,破坏了生态平衡,影响了周边地区的农业生产和居民 生活。为解决这些问题,中国政府近年来加强了对稀土行业的监管,出台了一系列政策法 规,限制开采总量,提高行业准入门槛,推动稀土企业采用绿色环保的开采和冶炼技术, 促进稀土产业的可持续发展。



稀土矿山

二、电池工作原理与常见类型

电池是一种将化学能直接转化为电能的装置,其工作过程基于氧化还原反应。以常见的化 学电池为例, 电池内部主要由正极、负极和电解质组成。在放电过程中, 负极发生氧化反 应,失去电子,电子通过外电路流向正极,形成电流,为外部设备供电。同时,负极产生 的阳离子进入电解质溶液,向正极移动;正极发生还原反应,得到电子,电解质中的阳离 子在正极得到电子被还原。

充电过程则是放电过程的逆反应,外部电源提供电能,使电池内部发生逆向的氧化还原反



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

应,将电能转化为化学能储存起来。此时,正极发生氧化反应,负极发生还原反应,离子 的移动方向也与放电时相反。



汽车电池

(1) 锂电池

锂离子电池是目前应用最为广泛的可充电电池之一,广泛应用于便携式电子设备、电动汽 车和储能系统等领域。其工作原理基于锂离子在正负极之间的嵌入和脱嵌。在充电时, 锂 离子从正极材料中脱出,经过电解液穿过隔膜嵌入负极;放电时,锂离子从负极脱出,通 过电解液再嵌入正极,同时电子通过外电路从负极流向正极,形成电流。



锂电池



常见的锂电池正极材料有钴酸锂、磷酸铁锂、三元材料等,负极材料主要是石墨。以钴酸锂为正极、石墨为负极的锂离子电池为例,充电时锂离子从钴酸锂中脱出,正极材料的化合价升高,而负极材料的化合价降低,因为锂离子嵌入石墨中。放电时,反应方向相反。

锂离子电池具有能量密度高、循环寿命长、自放电率低、无记忆效应等优点,能够满足现代电子设备和电动汽车对高能量密度和长续航的需求。然而,其也存在成本较高、安全性问题(如过充可能导致起火爆炸)等缺点,尤其是在高温或过充等极端条件下,电池内部的化学反应可能失控,引发安全事故。



锂电池

(2) 铅酸蓄电池

铅酸蓄电池是一种历史悠久且应用广泛的二次电池,常用于汽车启动、备用电源和低速电动车等领域。其工作原理基于铅及其化合物在硫酸溶液中的电化学反应。铅酸蓄电池的正极是二氧化铅,负极是铅,电解液是硫酸溶液。

放电时,负极铅失去电子发生氧化反应,生成的硫酸铅附着在负极板上;正极二氧化铅得到电子发生还原反应,同样生成硫酸铅附着在正极板上。充电时,反应逆向进行,将电能转化为化学能储存起来。

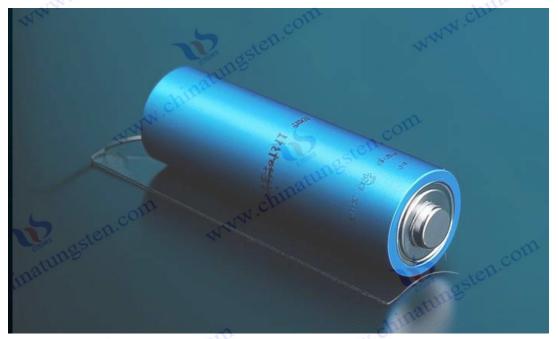
铅酸蓄电池的优点是技术成熟、成本低、安全性高、可大电流放电,在汽车启动等需要瞬间大电流输出的场景中表现出色。但其缺点也明显,能量密度低,导致电池体积和重量较大,续航能力有限;循环寿命相对较短,一般在几百次到上千次充放电循环;且电池中含有重金属铅,对环境存在潜在污染风险,若回收处理不当,会对土壤和水源造成严重污染。

(3) 镍氢电池



镍氢电池是一种碱性电池,在小型电子设备、电动工具以及部分混合动力汽车中有着一定 的应用。 其正极活性物质为氢氧化镍,负极活性物质为金属氢化物储氢材料,电解质为氢 氧化钾溶液。

镍氢电池具有能量密度较高(高于镍镉电池)、功率大、可快速充放电、环保无污染(与 镍镉电池相比,不含重金属镉)等优点,被称为"绿色电源"。不过,镍氢电池也存在自放 电率较高、有一定记忆效应(虽比镍镉电池改善,但仍存在)、能量密度相对锂离子电池 较低等缺点,在一些对能量密度和续航要求极高的应用场景中受到限制。



镍氢电池

三、稀土元素在不同电池中的应用

(1) 锂离子电池

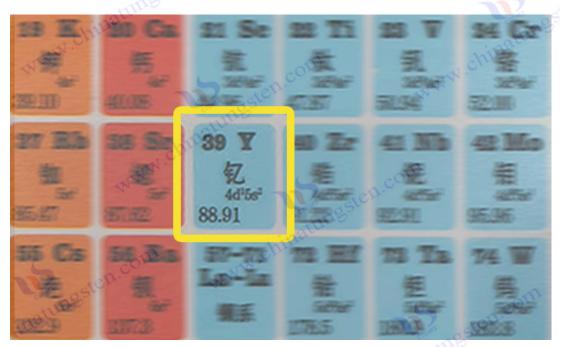
在锂离子电池的正极材料中,稀土元素展现出了显著的性能提升作用。以磷酸铁锂 (LiFePO₄) 为例,研究表明,通过掺杂稀土元素如铈(Ce),能够有效提高其结构稳定 性和电化学性能。在一项实验中,将适量的 Ce 掺杂到 LiFePO4中,结果显示,材料的比 容量从原本的 140mAh/g 左右提升至 155mAh/g,循环稳定性也得到了极大改善,在 100 次循环后,容量保持率从80%提升至90%以上。这是因为Ce的掺杂优化了LiFePO4的晶体 结构,增强了其电子导电性,使得锂离子在充放电过程中的嵌入和脱嵌更加顺畅,减少了 容量衰减。

对于三元材料,稀土元素的作用同样不可忽视。当在三元材料中掺杂镧(La)时,能够显 著提高材料的倍率性能。在高电流密度下,未掺杂的三元材料放电容量迅速下降,而掺杂 La 后的三元材料仍能保持较高的放电容量。这是因为 La 的加入稳定了材料的晶体结构, 抑制了在高倍率充放电过程中晶格的畸变,从而提高了材料的结构稳定性和电化学活性,



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA 使得电池在快速充放电时也能保持较好的性能。

在锂离子电池负极材料领域,稀土元素的应用为解决材料的一些固有问题提供了新的思路。以石墨烯复合材料为例,在石墨烯中引入钇(Y),可以有效改善材料的导电性和结构稳定性。研究发现,添加Y后的石墨烯复合材料,其电导率提高了约20%,首次库伦效率从80%提升至85%左右。这是因为Y的存在优化了石墨烯的电子结构,增强了电子传导能力,同时减少了材料在首次充放电过程中不可逆锂的消耗,从而提高了首次库伦效率。



稀土钇元素

硅基负极材料由于具有较高的理论比容量,被视为极具潜力的锂离子电池负极材料,但其导电性差和体积膨胀问题限制了实际应用。通过掺杂稀土元素铕(Eu),可以有效改善这些问题。实验结果表明,掺杂 Eu 后的硅基负极材料,其导电性显著提高,在充放电过程中的体积膨胀得到了有效抑制,循环稳定性明显增强。在 100 次循环后,未掺杂的硅基负极材料容量保持率仅为 30%,而掺杂 Eu 后的材料容量保持率提升至 60%以上。这是因为Eu 的掺杂改变了硅基材料的晶体结构,增强了其导电性,同时在一定程度上缓解了体积膨胀对材料结构的破坏,提高了电池的循环性能。

在锂离子电池的电解液中添加稀土元素,能够显著提升电解液的性能。常见的含有锂盐的有机电解液中,当添加稀土元素镧(La)、铈(Ce)等作为添加剂时,可以提高电解液的导电性、稳定性和安全性。研究表明,添加适量 La 的电解液,其离子电导率提高了 15% 左右,有效降低了电池的内阻,提高了充放电效率。同时,稀土元素的添加还增强了电解液的稳定性,抑制了电解液在高温或高电压下的分解,减少了副反应的发生,提高了电池的安全性和循环寿命。这是因为稀土元素与电解液中的锂盐发生相互作用,优化了离子传输路径,增强了离子的迁移能力,同时形成了更加稳定的界面膜,保护了电极材料,从而提升了电解液的综合性能。

(2) 铅酸蓄电池



稀土元素的添加能够显著提高铅酸蓄电池的性能。在电化学性能方面,稀土元素可以改善 电池的放电容量和充电接受能力。研究表明,添加稀土元素的铅酸蓄电池,其放电容量相 比未添加时提高了10%-15%,充电接受能力也得到了明显提升,能够更快地完成充电过程。 这是因为稀土元素的加入优化了电极材料的结构,增强了电极与电解液之间的反应活性, 促进了电化学反应的进行。

稀土元素还可以降低电池的内阻,提高电池的大电流放电性能。当电池需要瞬间提供大电 流时,如汽车启动瞬间,添加稀土元素的铅酸蓄电池能够更快速、稳定地输出大电流,满 足设备的需求。这是因为稀土元素改善了电极材料的导电性,减少了电子传输的阻力,使 得电池在大电流放电时能够保持较低的内阻,提高了放电效率。



铅酸蓄电池

此外,稀土元素能够增强铅酸蓄电池正负极板的耐腐蚀性,延长电池的使用寿命。在电池 的充放电过程中, 正负极板会受到电解液的腐蚀, 而稀土元素的添加形成了一层保护膜, 有效减缓了腐蚀速度,使得电池的使用寿命延长了20%-30%。

(3)镍氢电池

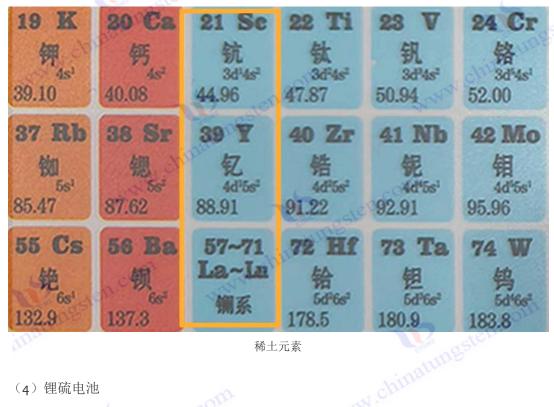
稀土元素的加入能够显著提升镍氢电池的性能。在电池容量方面,稀土元素可以增加电极 材料的活性物质利用率,从而提高电池容量。研究表明,添加稀土元素的镍氢电池,其容 量相比未添加时提高了 10%-15%。这是因为稀土元素的特殊电子结构能够促进电极材料中 活性物质的反应,使得更多的活性物质参与到电化学反应中,提高了电池的放电容量。

在循环寿命方面,稀土元素能够改善电池的循环寿命。普通镍氢电池在经过多次充放电循 环后,容量会逐渐衰减,而添加稀土元素后,电池的循环稳定性得到增强,容量衰减速度 减缓。在 500 次充放电循环后,添加稀土元素的镍氢电池容量保持率比未添加时提高了



20%左右。这是因为稀土元素稳定了电极材料的结构,减少了在循环过程中电极材料的结 构破坏和活性物质的损失,从而延长了电池的循环寿命。

稀土元素还能提高镍氢电池的安全性。在电池使用过程中,尤其是在高温或过充等极端条 件下,稀土元素的添加能够抑制电池内部的副反应,降低电池发生热失控等安全事故的风 险,提高了电池的使用安全性。



稀土元素

(4) 锂硫电池

锂硫电池因其具有较高的理论能量密度(2600Wh/kg),被视为未来高能量密度电池的重 要发展方向之一。然而,锂硫电池在实际应用中面临着诸多挑战。首先,硫的导电性较差, 这使得电池的充放电过程中电子传输困难,导致电池的倍率性能不佳。其次,在充放电过 程中,硫会发生一系列化学反应,生成多硫化物,这些多硫化物易溶于电解液,会发生穿 梭效应,即多硫化物在正负极之间来回迁移,导致活性物质的损失和电池容量的快速衰减。 此外, 锂硫电池的首次库伦效率较低, 一般在60%-70%左右, 这意味着在首次充电过程中, 大量的锂会被不可逆地消耗,降低了电池的实际能量密度。

为解决锂硫电池面临的问题,研究人员将稀土化合物引入锂硫电池中,并取得了显著效果。 将稀土化合物作为硫阴极主体或中间层,能够有效提升锂硫电池的电化学性能。例如,采 用稀土氧化物如氧化镧作为硫阴极的主体材料,能够提高硫的导电性。这是因为稀土氧化 物具有特殊的电子结构, 能够促进电子的传输, 使得硫阴极在充放电过程中能够更快速地 进行电化学反应,提高了电池的倍率性能。

在抑制多硫化物穿梭方面,稀土化合物也发挥了重要作用。 当在电池中引入稀土氟化物如 氟化铈(CeF₃)作为中间层时,能够有效阻挡多硫化物的迁移。CeF₃的特殊晶体结构和化 学性质能够与多硫化物发生相互作用,吸附多硫化物,阻止其在正负极之间穿梭,从而减



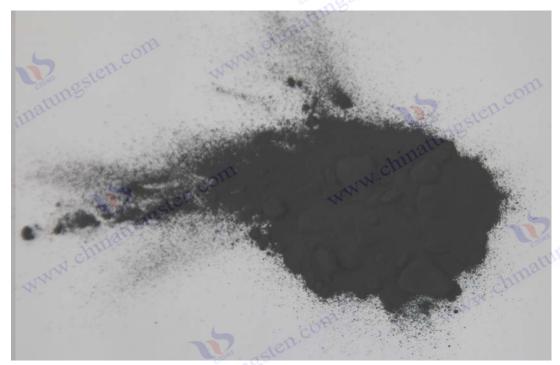
少了活性物质的损失,提高了电池的循环稳定性。实验结果表明,添加 CeF₃ 中间层的锂 硫电池,在100次循环后,容量保持率从30%提升至60%以上。 www.chinatung

四、稀土元素提升电池性能的作用机制

(1) 改善电极材料性能

在电池中,电极材料的性能对电池整体性能起着关键作用,而稀土元素的加入能够从多个 方面对电极材料性能进行优化。

从电子结构角度来看,稀土元素具有独特的电子构型,其 4f 电子层的部分填充特性赋予 了它们特殊的电子云分布。以磷酸铁锂(LiFePO₄)为例,当稀土元素铈(Ce)掺杂其中 时, Ce 的 4f 电子可以与 LiFePO4 中的 Fe-O 键发生相互作用,通过电子的转移和重新分布, 改变了 Fe-O 键的电子云密度,从而优化了材料的电子结构。这种优化使得电子在材料中 的传导更加顺畅,提高了电极材料的导电性。实验数据表明,掺杂 Ce 后的 LiFePO₄,其 电导率相比未掺杂时提高了约一个数量级,在充放电过程中,电子能够更快速地从外部电 路传输到电极材料内部,促进了电化学反应的进行,提高了电池的充放电效率。



磷酸铁锂

在晶体结构稳定性方面,稀土元素的离子半径与电池电极材料中的一些金属离子半径相 近,这使得稀土元素能够在不破坏晶体结构的前提下,部分取代晶格中的金属离子,从而 增强晶体结构的稳定性。以三元材料为例,当镧(La)掺杂其中时,La³+的离子半径(1.032Å) 与 Ni²⁺ (0.69Å)、Co³⁺ (0.61Å)、Mn⁴⁺ (0.53Å)等离子半径存在一定差异,但仍能在一 定程度上取代晶格中的部分金属离子。La 的加入稳定了三元材料的层状结构,抑制了在 充放电过程中由于锂离子的嵌入和脱嵌导致的晶格畸变。在 100 次充放电循环后,未掺杂 的三元材料晶格参数变化较大,而掺杂 La 后的三元材料晶格参数变化明显减小,这表明



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

其晶体结构更加稳定,有效减少了容量衰减,提高了电池的循环寿命。

稀土元素还能够提高电极材料中活性物质的利用率。在镍氢电池中,稀土元素可以增加电 极材料中活性物质与电解液的接触面积,促进活性物质参与电化学反应。例如,在负极的 金属氢化物储氢材料中添加镧(La), La 能够细化储氢合金的晶粒尺寸,增加合金的比 表面积。研究表明,添加 La 后的储氢合金比表面积增加了约 20%,使得活性物质能够更 充分地与电解液中的氢离子发生反应,从而提高了电池的容量。同时,稀土元素还能够降 低电极反应的活化能,加快电化学反应速率,进一步提高活性物质的利用率。



电池

(2) 优化电解质性能

电解质在电池中承担着离子传导的重要作用,其性能影响电池的充放电效率和稳定性。稀 土元素对电解质性能的优化主要体现在提高离子电导率、增强稳定性和安全性等方面。

在提高离子电导率方面,以锂离子电池的有机电解液为例,当在其中添加稀土元素镧(La)、 铈(Ce)等作为添加剂时,稀土元素的离子能够与电解液中的锂盐发生相互作用,形成新 的离子络合物。这些离子络合物具有独特的结构和性质,能够优化离子传输路径,增强离 子的迁移能力。研究表明,添加适量 La 的电解液,其离子电导率提高了 15%左右。这是 因为 La3+与锂盐中的锂离子(Li+)存在静电相互作用,这种相互作用使得 Li+在电解液中 的运动更加有序,减少了离子之间的相互干扰,从而提高了离子电导率,降低了电池的内 阻,提高了充放电效率。

在增强稳定性方面,稀土元素的加入能够抑制电解液在高温或高电压下的分解。在锂离子 电池中,随着充放电过程的进行,电解液可能会在电极表面发生分解,产生气体和其他副 产物,这不仅会降低电池的容量,还可能引发安全问题。当在电解液中添加稀土元素后, 稀土元素能够与电解液中的分解产物发生化学反应,形成稳定的化合物,从而抑制了电解



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

液的进一步分解。例如,在含有稀土元素的电解液中,当发生分解反应产生氢氟酸(HF) 时,稀土元素如铈(Ce)能够与 HF 反应生成稳定的 CeF₃,减少了 HF 对电极材料的腐蚀, 增强了电解液的稳定性。

从安全性角度来看,稀土元素的添加还可以提高电池的安全性。在电池使用过程中,尤其 是在过充、过放或短路等异常情况下,电池内部可能会发生热失控等危险情况。稀土元素 的加入能够改变电解液的热稳定性和燃烧特性,降低电池发生热失控的风险。一些研究表 明,添加稀土元素的电解液在高温下的分解温度提高了 10-20℃,燃烧速率降低了 30%-40%, 这使得电池在异常情况下更加安全可靠。



电池着火

(3) 增强电池整体性能

稀土元素对电池整体性能的提升是多方面的,主要体现在能量密度、功率密度、循环寿命 和高低温性能等关键指标上。

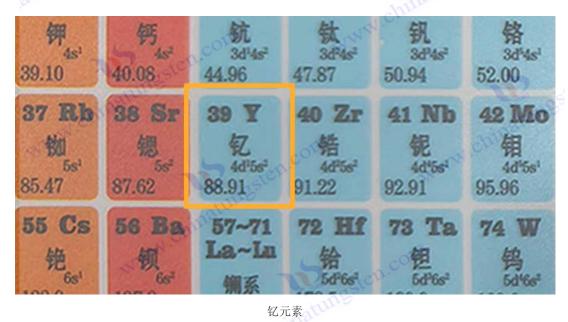
在能量密度方面,稀土元素通过改善电极材料性能和优化电解质性能,能够提高电池的能 量存储能力。以锂离子电池为例,在正极材料中掺杂稀土元素,如在磷酸铁锂中掺杂铈 (Ce),提高了材料的比容量和结构稳定性,使得电池能够存储更多的电能:在负极材料 中添加稀土元素,如在石墨烯复合材料中引入钇(Y),改善了材料的导电性和首次库伦 效率,减少了不可逆锂的消耗,进一步提高了电池的能量密度。实验数据显示,经过稀土 元素优化后的锂离子电池,其能量密度相比传统锂离子电池提高了 15%-20%,在相同体积 或重量下,能够为设备提供更长的使用时间。

功率密度的提升与电池的充放电速度密切相关。稀土元素增强了电极材料的导电性和电化 学反应活性,同时提高了电解质的离子电导率,使得电池在充放电过程中能够快速地进行 能量转换。在高电流密度下,含有稀土元素的电池能够保持较高的放电容量,满足设备对



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

快速充放电的需求。例如,在电动工具等需要高功率输出的应用场景中,采用稀土元素优 化的电池能够在短时间内提供大电流,提高了工具的工作效率,相比传统电池,其功率密 度提高了 20%-30%。



循环寿命的延长是电池性能提升的重要体现。稀土元素稳定了电极材料的晶体结构,减少 了在充放电循环过程中电极材料的结构破坏和活性物质的损失;同时,增强了电解质的稳 定性,抑制了副反应的发生。以铅酸蓄电池为例,添加稀土元素后,正负极板的耐腐蚀性 增强,在多次充放电循环后,极板的腐蚀程度明显降低,电池的容量保持率更高。经过 500 次充放电循环后,添加稀土元素的铅酸蓄电池容量保持率比未添加时提高了 20%左右, 有效延长了电池的使用寿命。



铅酸蓄电池



在高低温性能方面,稀土元素也发挥了重要作用。在低温环境下,电池的电解液粘度增加, 离子电导率降低,电极材料的电化学反应活性也会下降,导致电池性能大幅下降。稀土元 素的加入能够降低电解液的粘度,提高离子在低温下的迁移能力,同时增强电极材料在低 温下的电化学反应活性。研究表明,在低温(-20℃)环境下,含有稀土元素的电池容量 保持率比传统电池提高了30%-40%,能够正常工作,满足设备在低温环境下的使用需求。 在高温环境下,稀土元素能够抑制电池内部的副反应,增强电池的热稳定性,减少高温对 电池性能的影响,使电池在高温下也能保持较好的性能。



电池

33.2 稀土元素在电池中的应用前景

(1) 需求端:新能源产业的指数级增长

在全球能源转型的大背景下,新能源产业正以惊人的速度蓬勃发展,对稀土的需求也呈现 出爆发式增长态势。

新能源汽车作为新能源产业的重要组成部分,近年来发展势头迅猛。一辆电动汽车平均消 耗 1.5 公斤稀土, 其中 0.5 公斤为重稀土。稀土在新能源汽车中发挥着关键作用, 例如永 磁电机中的钕铁硼磁体,能够显著提高电机的效率和性能,减少能量损耗。随着各国对新 能源汽车的政策支持以及消费者环保意识的提升,2025 年全球新能源汽车销量预计达 4500 万辆。按照这个增长趋势,对应稀土需求将增长 4.5 倍。这意味着稀土在新能源汽 车领域的市场前景极为广阔,同时也对稀土的供应和保障提出了更高的要求。

储能系统是解决新能源间歇性和波动性问题的关键技术, 其重要性日益凸显。全球储能装 机量预计从 2023 年的 120GWh 增至 2030 年的 1.2TWh,增长幅度高达 10 倍。在众多储能 技术中,钠离子电池凭借其资源丰富、成本较低等优势,逐渐成为研究和应用的热点。而



THE TOP CUSTOMIZED TUNGSTEN, MOLYBEDNUM & RARE EARTH DESIGNER & PRODUCER IN CHINA

钠离子电池对稀土的需求占比将达 25%。稀土在钠离子电池中可以改善电池的性能,如提 高电池的充放电效率、循环寿命等。随着储能市场的不断扩大,对稀土的需求也将持续攀 升,这将进一步推动稀土在储能领域的应用研究和技术创新。



汽车

人形机器人作为人工智能和先进制造技术的融合产物,正逐渐走进人们的生活和工作领 域。单台机器人需 o.8 公斤高性能磁材,这些磁材主要由稀土元素制成,如镨、钕等。高 性能磁材赋予人形机器人强大的动力和精准的控制能力,使其能够完成各种复杂的任务。 随着人工智能技术的不断进步和机器人应用场景的不断拓展,2025 年全球对人形机器人 的需求或达 1.4 万吨。这将极大地拉动镨、钕等稀土元素的消费,预计增长幅度达 30%。 人形机器人产业的快速发展,为稀土市场带来了新的增长点,也促使稀土企业不断提高产 品质量和性能,以满足机器人产业对高性能磁材的需求。



机器人



(2) 供给端: 中国主导与全球博弈

在稀土的供给方面,中国在全球占据着举足轻重的地位,但同时也面临着来自国际市场的 竞争和挑战。



稀土矿山

中国是名副其实的稀土大国,稀土储量占全球 40%。2024年,中国稀土产量达到 21 万吨, 占全球总产量的 70%。尤其在重稀土领域,如镝、铽等,中国的控制力更是高达 90%。重 稀土由于其独特的物理和化学性质,在国防、航空航天等高端领域具有不可替代的作用。 中国丰富的稀土资源储备,为国家的战略发展提供了坚实的物质基础,也使得中国在全球 稀土市场中拥有重要的话语权。



航天设备



为了实现稀土资源的可持续开发和利用,中国出台了一系列严格的政策措施。2024年10 月实施的《稀土管理条例》,旨在限制粗放开采,加强对稀土资源的保护和管理。该条例 推动稀土产业链向高端化、绿色化转型,鼓励企业加大技术研发投入,提高资源利用效率, 减少环境污染。通过政策引导,中国稀土产业正逐步摆脱过去粗放式发展模式,走向高质 量发展道路。

面对中国在稀土领域的主导地位, 欧美等国家和地区积极寻求替代方案, 以降低对中国稀 土的依赖。一方面,他们通过研发无稀土电机,如特斯拉的感应电机,减少对稀土永磁电 机的需求。另一方面,大力发展回收技术,欧盟计划 2030 年回收率超 50%。然而,这些 替代技术面临着诸多挑战。 无稀土电机虽然避免了对稀土的依赖, 但在性能上与稀土永磁 电机仍存在一定差距, 尤其是在效率和功率密度方面。 回收技术虽然具有环保和可持续发 展的优势,但目前回收成本较高,技术难度较大,难以满足大规模工业化生产的需求。因 此,短期内国际替代方案难以对中国稀土产业构成实质性威胁,但长期来看,仍需密切关 注国际技术发展动态,不断提升中国稀土产业的竞争力。



稀土矿山

(3) 技术挑战与突破方向

尽管稀土在新能源等领域具有广阔的应用前景,但目前在资源利用效率、材料创新和成本 控制等方面仍面临着诸多技术挑战。

回收技术:目前,从废旧电池中提取稀土(如钕、镝)的回收率不足50%,这不仅造成了 资源的浪费,也对环境产生了潜在的污染。为了提高稀土回收效率,需要开发更加高效的 回收工艺,如离子液体萃取技术。离子液体具有独特的物理和化学性质,能够选择性地萃 取稀土元素,提高回收效率和纯度。此外,还需要加强对废旧电池回收体系的建设,建立 完善的回收网络,提高废旧电池的回收率和资源化利用水平。

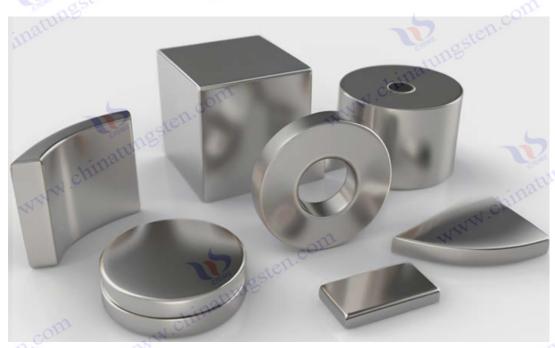


低品位矿开发:云南新发现的 115 万吨离子吸附型稀土矿,中重稀土占比 41%,具有巨大 的开发潜力。然而,低品位矿的开发面临着诸多技术难题,如绿色开采技术的攻克。传统 的开采方法往往会对环境造成较大的破坏,如水土流失、土壤污染等。因此,需要研发新 型的绿色开采技术,如原地浸矿技术的优化,减少对环境的影响,实现稀土资源的可持续 开发。

减量替代:纳米化技术是实现稀土减量替代的重要途径之一。通过将稀土材料纳米化,如 纳米钕铁硼,可以显著提高材料的性能,同时将单台电机稀土用量降低 20%。纳米材料具 有独特的量子尺寸效应和表面效应,能够改善材料的磁性能、力学性能等。此外,还可以 通过开发新型的复合材料,将稀土与其他材料复合,实现稀土的减量使用。

无稀土方案: 铁氧体电机在低端领域已部分替代永磁电机, 其成本较低, 但效率仅为 70%, 而永磁电机效率可达 90%。为了提高铁氧体电机的效率,需要进一步开展材料研发和技术 创新,如优化铁氧体材料的配方和制备工艺,提高其磁性能。同时,也需要探索其他无稀 土的电机技术方案,以满足不同领域对电机性能的需求。

工艺优化:连续熔炼技术的应用,将钕铁硼生产成本从50万元/吨降至42万元/吨。连续 熔炼技术具有生产效率高、产品质量稳定等优点, 能够实现规模化生产。通过不断优化生 产工艺,采用先进的设备和技术,提高生产自动化水平,降低人工成本和能源消耗,进一 步降低稀土材料的生产成本,提高企业的市场竞争力。



永磁材料

