



钨钼稀土 在新能源电池领域的应用与市场研究

DR. HANNS

©CHINATUNGSTEN ONLINE

XIAMEN CHINA, NOV.01,2023

韩斯疆博士

中钨在线®

中国厦门 2023.11.01

www.ctia.com.cn

www.chinatungsten.com





著作权、法律责任声明

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

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

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

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

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

■如有需要我们的中文和/或英文版本，欢迎直接发邮件索取。

©中钨在线科技有限公司
韩斯疆博士
中钨在线®

中国厦门 2023.11.01
www.ctia.com.cn





LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

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

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

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

DR. HANNS

©CHINATUNGSTEN ONLINE

XIAMEN CHINA, NOV.01,2023

www.ctia.com.cn

ceo@tungsten.com.cn





COPYRIGHT

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

DR. HANNS

©CHINATUNGSTEN ONLINE

XIAMEN CHINA, NOV.01,2023

www.ctia.com.cn

ceo@tungsten.com.cn





作者简介

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

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

中钨在线的主要产品业务是与客户共同完成产品性能、定型、尺寸公差的研发设计和定制，并为客户提供配套的加工、改制、包装、文件和交运等综合集成服务。在过去的近 30 年中，中钨在线为全球十几万家客户提供了超过数十万种不同类型的钨、钼和稀土产品研发生产及后续服务；多年的经验和技术积累，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.cn

ceo@tungsten.com.cn



钨钼稀土市场的新蓝海

——《钨钼稀土在新能源电池领域的应用与市场研究》内容简介

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





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 年增长 664.2%，2022-2030 年均复合增速达 28.9%，全球锂电池出货量将保持快速增长。

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

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

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



目 录

第 I 部分 电池、钨、钼和稀土的介绍

第一章 电池、钨、钼和稀土的基本概念

1.1 蓄电池

1.1.1 蓄电池基本结构

1.1.1.1 正极材料

1.1.1.2 负极材料

1.1.1.3 电解液

1.1.1.4 隔膜

1.1.2 蓄电池工作原理

1.1.3 蓄电池分类

1.1.3.1 传统电池

1.1.3.2 新能源电池

1.1.3.3 动力电池

1.1.3.4 储能电池

1.1.3.5 圆柱电池

1.1.3.6 方形电池

1.1.3.7 软包电池

1.1.4 新能源电池的发展历程

1.1.5 新能源电池应用领域

1.1.6 新能源电池市场趋势和前景

1.1.6.1 新能源电池行业发展现状

1.1.6.2 新能源电池行业发展前景

1.2 金属钨

1.2.1 钨的理化性质

1.2.2 钨的发展历史

1.2.3 钨的用途

1.3 金属钼

1.3.1 钼的理化性质

1.3.2 钼的发展历史

1.3.3 钼的用途

1.4 稀土元素

1.4.1 稀土用途

第二章 常见电池的介绍

2.1 铅酸电池

2.1.1 铅酸电池基本结构

2.1.1.1 铅酸电池正极材料

2.1.1.2 铅酸电池负极材料



- 2.1.1.3 铅酸电池隔板
- 2.1.1.4 铅酸电池电解液
- 2.1.2 铅酸电池工作原理
- 2.1.3 铅酸电池主要特性
- 2.1.4 铅酸电池生产工序
- 2.1.5 铅酸电池性能的影响因素
 - 2.1.5.1 正极材料对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.2 负极材料对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.3 隔膜对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.4 电解液对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.5 放电深度对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.6 过充电程度对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.7 温度对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.8 硫酸浓度对铅酸电池性能的影响
 - 2.1.5.9 放电电流密度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 铅酸电池的应用前景
- 2.1.11 铅酸电池的发展瓶颈

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 碳负极材料
 - a. 石墨化碳材料
 - b. 无定形碳材料
 - 2.2.1.2.2 非碳负极材料
 - a. 钨基材料
 - b. 钼基材料
 - c. 稀土基非碳负极材料
 - d. 硅基材料
 - e. 锡基材料
 - f. 金属氮氧化物材料
 - g. 合金负极材料
- 2.2.1.3 锂离子电池隔膜
 - 2.2.1.3.1 聚乙烯
 - 2.2.1.3.2 聚丙烯
- 2.2.1.4 锂离子电池电解液



- 2.2.1.4.1 液体电解液
 - 2.2.1.4.2 固体电解液
 - 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 锂离子电池能量密度
 - 2.2.1.6.2 锂离子电池续航时间
 - 2.2.1.6.3 锂离子电池使用寿命
 - 2.2.1.6.4 锂离子电池充电性能
 - 2.2.1.6.5 锂离子电池耐热性能
 - 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 圆柱形锂离子电池
 - 2.2.1.7.8 方形锂离子电池
 - 2.2.1.7.9 软包锂离子电池
 - 2.2.1.7.10 高温锂离子电池
 - 2.2.1.7.11 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 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 锂离子电池正极材料的要求
 - 2.2.1.11 锂离子电池负极材料的要求
 - 2.2.1.12 锂离子电池隔膜的要求
 - 2.2.1.13 锂离子电池电解液的要求
 - 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 锂离子电池的应用前景
 - 2.2.1.19 锂离子电池的发展瓶颈
- ## 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 磷酸铁锂电池的应用优势

2.3.6 磷酸铁锂电池的发展状况

2.3.7 磷酸铁锂电池的应用前景

2.3.8 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 三元电池的应用优势

2.4.7 三元电池的发展状况

2.4.8 三元电池的应用前景

2.4.9 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 钴酸锂电池的应用优势

2.5.6 钴酸锂电池的发展状况

2.5.7 钴酸锂电池的应用前景

2.5.8 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 锰酸锂电池的应用优势

2.6.6 锰酸锂电池的发展状况

2.6.7 锰酸锂电池的应用前景

2.6.8 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 无钴电池的应用优势

2.7.6 无钴电池的发展状况

2.7.7 无钴电池的应用前景





2.7.8 无钴电池的发展瓶颈

2.8 锂硫电池

2.8.1 锂硫电池基本结构

2.8.1.1 锂硫电池正极材料

2.8.1.2 锂硫电池负极材料

2.8.1.3 锂硫电池隔膜

2.8.1.4 锂硫电池电解液

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 锂硫电池的发展状况

2.8.9 锂硫电池的应用前景

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

2.9.1.2 钠离子电池负极材料

2.9.1.3 钠离子电池隔膜

2.9.1.4 钠离子电池电解液

2.9.2 钠离子电池工作原理

2.9.3 钠离子电池主要特性

2.9.4 钠离子电池生产工序

2.9.5 钠离子电池性能的影响因素

2.9.5.1 正极材料对钠离子电池性能的影响

2.9.5.2 负极材料对钠离子电池性能的影响

2.9.5.3 隔膜对钠离子电池性能的影响

2.9.5.4 电解液对钠离子电池性能的影响

2.9.5.5 放电深度对钠离子电池寿命的影响

2.9.5.6 过充电程度对钠离子电池寿命的影响

2.9.5.7 温度对钠离子电池寿命的影响

2.9.5.8 放电电流密度对钠离子电池寿命的影响

2.9.6 钠离子电池技术指标

2.9.7 钠离子电池使用注意事项



2.9.8 钠离子电池的应用

2.9.9 钠离子电池的发展状况

2.9.10 钠离子电池的应用前景

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

2.10.1.2 锌离子电池负极材料

2.10.1.3 锌离子电池隔膜

2.10.1.4 锌离子电池电解液

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 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 锌离子电池的发展状况

2.10.10 锌离子电池的应用前景

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 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 镍氢电池的发展状况
- 2.11.10 镍氢电池的应用前景
- 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 燃料电池电解质隔膜
 - 2.12.1.4 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 电解质隔膜对燃料电池性能的影响
 - 2.12.5.4 集电器对燃料电池性能的影响
 - 2.12.5.6 放电深度对燃料电池寿命的影响
 - 2.12.5.7 过充电程度对燃料电池寿命的影响
 - 2.12.5.8 温度对燃料电池寿命的影响
 - 2.12.5.9 放电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 燃料电池的发展状况
- 2.12.10 燃料电池的应用前景
- 2.12.11 燃料电池的发展瓶颈

2.13 太阳能电池

- 2.13.1 太阳能电池基本结构
- 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 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 太阳能电池的发展状况
- 2.13.10 太阳能电池的应用前景
- 2.13.11 太阳能电池的发展瓶颈

第三章 电池性能的检测方法及设备

第四章 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
- 4.1.2 船舶用蓄电池

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

4.3 智能家电用蓄电池

- 4.3.1 智能扫地机
- 4.3.2 智能门锁
- 4.3.3 智能窗帘
- 4.3.4 智能夜灯
- 4.3.5 智能音响
- 4.3.5 智能马桶

4.4 特种航天用蓄电池

4.5 电力系统储能用蓄电池

4.6 风光储用蓄电池

第 II 部分 钨在新能源电池市场的介绍

第五章 新能源电池中的钨化合物介绍

5.1 什么是钨酸

5.1.1 钨酸理化性质

5.1.2 钨酸分类

5.1.2.1 新能源电池用黄钨酸

5.1.2.2 新能源电池用白钨酸

5.1.2.3 新能源电池用偏钨酸

5.1.3 钨酸生产方法

5.1.3.1 黄钨酸生产方法

5.1.3.2 白钨酸生产方法

5.1.3.3 偏钨酸生产方法

5.1.4 钨酸应用





5.2 什么是氧化钨

5.2.1 氧化钨理化性质

5.2.1.1 什么是氧化钨的氧化还原性

5.2.1.2 什么是氧化钨的电致变色

5.2.1.3 什么是氧化钨的光致变色

5.2.1.4 什么是氧化钨的气敏性

5.2.1.5 什么是氧化钨的能量密度

5.2.3 氧化钨分类

5.2.3.1 新能源电池用氧化钨纳米颗粒

5.2.3.2 新能源电池用氧化钨纳米片

5.2.3.3 新能源电池用氧化钨纳米线

5.2.3.4 新能源电池用氧化钨纳米棒

5.2.3.5 新能源电池用氧化钨纳米花

5.2.3.6 新能源电池用黄色氧化钨

5.2.3.7 新能源电池用蓝色氧化钨

5.2.3.8 新能源电池用紫色氧化钨

5.2.3.9 新能源电池用白色氧化钨

5.2.3.10 新能源电池用二氧化钨

5.2.4 氧化钨生产方法

5.2.4.1 热分解法制备氧化钨

5.2.4.2 水热合成法制备氧化钨

5.2.4.3 溶胶凝胶法制备氧化钨

5.2.4.4 电化学氧化法制备氧化钨

5.2.5 氧化钨应用

5.3 什么是黄色氧化钨

5.3.1 黄色氧化钨结构

5.3.2 黄色氧化钨理化性质

5.3.2.1 什么是黄色氧化钨的密度

5.3.2.2 什么是黄色氧化钨的氧化性

5.3.3 黄色氧化钨分类

5.3.3.1 新能源电池用黄色氧化钨纳米颗粒

5.3.3.2 新能源电池用黄色氧化钨纳米片

5.3.3.3 新能源电池用黄色氧化钨纳米线

5.3.3.4 新能源电池用黄色氧化钨纳米棒

5.3.3.5 新能源电池用黄色氧化钨纳米花

5.3.3.6 新能源电池用微米黄色氧化钨

5.3.3.7 新能源电池用亚微米黄色氧化钨

5.3.3.8 新能源电池用纳米黄色氧化钨

5.3.3.9 新能源电池用亚纳米黄色氧化钨

5.3.4 黄色氧化钨生产方法

5.3.5 黄色氧化钨应用

5.4 什么是紫色氧化钨

5.4.1 紫色氧化钨结构

5.4.2 紫色氧化钨理化性质





5.4.3 紫色氧化钨分类

- 5.4.3.1 新能源电池用针状紫色氧化钨
- 5.4.3.2 新能源电池用棒状紫色氧化钨
- 5.4.3.3 新能源电池用微米紫色氧化钨
- 5.4.3.4 新能源电池用亚微米紫色氧化钨
- 5.4.3.5 新能源电池用纳米紫色氧化钨
- 5.4.3.6 新能源电池用亚纳米紫色氧化钨

5.4.4 紫色氧化钨生产方法

5.4.5 紫色氧化钨应用

5.5 什么是二氧化钨

5.5.1 二氧化钨结构

5.5.2 二氧化钨理化性质

5.5.3 二氧化钨分类

- 5.5.3.1 新能源电池用二氧化钨纳米颗粒
- 5.5.3.2 新能源电池用二氧化钨纳米片
- 5.5.3.3 新能源电池用二氧化钨纳米线
- 5.5.3.4 新能源电池用二氧化钨纳米棒
- 5.5.3.5 新能源电池用 二氧化钨纳米花
- 5.5.3.6 新能源电池用微米二氧化钨
- 5.5.3.7 新能源电池用亚微米二氧化钨
- 5.5.3.8 新能源电池用纳米二氧化钨
- 5.5.3.9 新能源电池用亚纳米二氧化钨

5.5.4 二氧化钨生产方法

5.5.5 二氧化钨应用

5.6 什么是铌钨氧化物

5.6.1 铌钨氧化物结构

5.6.2 铌钨氧化物理化性质

5.6.3 铌钨氧化物生产方法

5.6.4 铌钨氧化物应用

5.7 什么是氮化钨

5.7.1 氮化钨结构

5.7.2 氮化钨理化性质

5.7.3 氮化钨分类

- 5.7.3.1 新能源电池用六叠氮化钨
- 5.7.3.2 新能源电池用二氮化钨
- 5.7.3.3 新能源电池用氮化二钨

5.7.4 氮化钨生产方法

5.7.5 氮化钨应用

5.8. 什么是硼化钨

5.8.1 硼化钨结构

5.8.2 硼化钨理化性质

5.8.3 硼化钨分类

- 5.8.3.1 新能源电池用一硼化钨
- 5.8.3.2 新能源电池用二硼化钨





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

第六章 钨在锂离子电池中的应用

6.1 纳米钨酸在锂离子电池中的应用

- 6.1.1 锂离子电池正极材料用纳米钨酸
- 6.1.2 锂离子电池负极材料用纳米钨酸
- 6.1.3 锂离子电池电极材料用纳米钨酸的优势



- 6.1.4 锂离子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 锂离子电池正极材料用纳米黄色氧化钨
 - 6.2.2 锂离子电池负极材料用纳米黄色氧化钨
 - 6.2.3 锂离子电池电极材料用纳米黄色氧化钨的优势
 - 6.2.4 锂离子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 锂离子电池正极材料用纳米紫色氧化钨
 - 6.3.2 锂离子电池负极材料用纳米紫色氧化钨
 - 6.3.3 锂离子电池电极材料用纳米紫色氧化钨的优势
 - 6.3.4 锂离子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 锂离子电池正极材料用二氧化钨
 - 6.4.2 锂离子电池负极材料用二氧化钨
 - 6.4.3 锂离子电池电极材料用二氧化钨的优势
 - 6.4.4 锂离子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 锂离子电池正极材料用铌钨氧化物
 - 6.5.2 锂离子电池负极材料用铌钨氧化物
 - 6.5.3 锂离子电池电极材料用铌钨氧化物的优势
 - 6.5.4 锂离子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 锂离子电池正极材料用氮化钨
 - 6.6.2 锂离子电池负极材料用氮化钨
 - 6.6.3 锂离子电池电极材料用氮化钨的优势
 - 6.6.4 锂离子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 磷酸铁锂正极材料用二硫化钨纳米片
 - 6.7.2 磷酸铁锂负极材料用二硫化钨纳米片
 - 6.7.3 磷酸铁锂电极材料用二硫化钨纳米片的优势
 - 6.7.4 磷酸铁锂电极材料用二硫化钨纳米片的优势
- 6.8 钨酸钠在锂离子电池中的应用
 - 6.8.1 锂离子电池正极材料用钨酸钠
 - 6.8.2 锂离子电池负极材料用钨酸钠
 - 6.8.3 锂离子电池电极材料用钨酸钠的优势
 - 6.8.4 锂离子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 锂离子电池电解液用钨酸锌
 - 6.9.2 锂离子电池电解液用钨酸锌的优势
 - 6.9.3 锂离子电池电解液用钨酸锌的挑战

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片

7.1.2 锂硫电池负极材料用氧化钨纳米片

7.1.3 锂硫电池电极材料用氧化钨的优势

7.1.4 锂硫电池电极材料用氧化钨的挑战

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 锂硫电池电极材料用二硫化钨的优势

7.2.6 锂硫电池电极材料用二硫化钨的挑战

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超点阵

7.3.4 锂硫电池负极材料用二硒化钨超点阵

7.3.5 锂硫电池电极材料用二硒化钨的优势

7.3.6 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优势

7.4.4 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 二硫化钨在钠离子电池中的应用

8.1.1 钠离子电池正极材料用二硫化钨空心球

8.1.2 钠离子电池负极材料用二硫化钨空心球

8.1.3 钠离子电池正极材料用二硫化钨纳米片

8.1.4 钠离子电池负极材料用二硫化钨纳米片

8.1.5 钠离子电池电极材料用二硫化钨的优势

8.1.6 钠离子电池电极材料用二硫化钨的挑战

第九章 钨在锌空电池中的应用

9.1 二硫化钨在锌空电池中的应用

9.1.1 锌空电池催化剂用二硫化钨

9.1.2 锌空电池催化剂用二硫化钨的优势

9.1.3 锌空电池催化剂用二硫化钨的挑战

9.2 钨酸钴在锌空电池中的应用

9.2.1 锌空电池催化剂用钨酸钴

9.2.2 锌空电池催化剂用钨酸钴的优势

9.2.3 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 燃料电池催化剂用氧化钨

10.1.2 燃料电池催化剂用氧化钨的优势

10.1.3 燃料电池催化剂用氧化钨的挑战

第十一章 钨在太阳能电池中的应用

11.1 二硫化钨在太阳能电池中的应用

11.2 二硒化钨在太阳能电池中的应用

11.3 钨酸镉在太阳能电池中的应用

第十二章 钨在电池中的技术挑战与解决方案

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

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 新能源电池用碳化钨纳米片
- 15.2.3.3 新能源电池用碳化钨纳米线
- 15.2.3.4 新能源电池用碳化钨纳米棒
- 15.2.3.5 新能源电池用碳化钨纳米纤维
- 15.2.3.6 新能源电池用微米碳化钨
- 15.2.3.7 新能源电池用亚微米碳化钨
- 15.2.3.8 新能源电池用纳米碳化钨
- 15.2.3.9 新能源电池用亚纳米碳化钨
- 15.2.4 碳化钨生产方法
- 15.2.5 碳化钨应用

15.3 什么是氮化钨

- 15.3.1 氧化钨结构
- 15.3.2 氮化钨理化性质
- 15.3.3 氮化钨分类
 - 15.3.3.1 新能源电池用氮化钨量子点
 - 15.3.3.2 新能源电池用氮化钨纳米片
 - 15.3.3.3 新能源电池用氮化钨纳米簇
 - 15.3.3.4 新能源电池用一氮化钨
 - 15.3.3.5 新能源电池用六叠氮化钨
 - 15.3.3.6 新能源电池用二氮化钨
 - 15.3.3.7 新能源电池用氮化二钨
 - 15.3.3.8 新能源电池用二氮化三钨
- 15.3.4 氮化钨生产方法
- 15.3.5 氮化钨应用

15.4 什么是二硫化钨

- 15.4.1 二硫化钨结构
- 15.4.2 二硫化钨理化性质
- 15.4.3 二硫化钨分类
 - 15.4.3.1 新能源电池用二硫化钨纳米颗粒
 - 15.4.3.2 新能源电池用二硫化钨纳米片
 - 15.4.3.3 新能源电池用二硫化钨纳米棒
 - 15.4.3.4 新能源电池用二硫化钨纳米花
 - 15.4.3.5 新能源电池用二硫化钨纳米纤维
 - 15.4.3.6 新能源电池用微米二硫化钨
 - 15.4.3.7 新能源电池用亚微米二硫化钨
 - 15.4.3.8 新能源电池用纳米二硫化钨
 - 15.4.3.9 新能源电池用亚纳米二硫化钨
- 15.4.4 二硫化钨生产方法
- 15.4.5 二硫化钨应用

15.5 什么是二硒化钨

- 15.5.1 二硒化钨结构
- 15.5.2 二硒化钨理化性质
- 15.5.3 二硒化钨分类
 - 15.5.3.1 新能源电池用二硒化钨纳米颗粒





- 15.5.3.2 新能源电池用二硒化钼纳米片
- 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氧化钼
- 16.1.2 锂离子电池负极材料用氧化钼的优势
- 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
- 16.2.2 锂离子电池负极材料用氮化钼的优势
- 16.2.3 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优势
- 16.3.3 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优势



16.4.3 锂离子电池负极材料用二硒化钨的挑战

16.5 钨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钨酸锂

16.5.2 锂离子电池电极材料用钨酸锂的优势

16.5.3 锂离子电池电极材料用钨酸锂的挑战

16.5.4 锂离子电池电解液用钨酸锂

16.5.5 锂离子电池电解液用钨酸锂的优势

16.5.6 锂离子电池电解液用钨酸锂的挑战

16.6 钨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钨酸铁

16.6.2 锂离子电池电极材料用纳米棒状钨酸铁的优势

16.6.3 锂离子电池电极材料用纳米棒状钨酸铁的挑战

16.7 钨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钨酸铜

16.7.2 锂离子电池电极材料用钨酸铜的优势

16.7.3 锂离子电池电极材料用钨酸铜的挑战

16.8 钨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钨酸镍

16.8.2 锂离子电池负极材料用钨酸镍

16.8.3 锂离子电池电极材料用钨酸镍的优势

16.8.4 锂离子电池电极材料用钨酸镍的挑战

第十七章 钨在锂硫电池中的应用

17.1 氮化钨在锂硫电池中的应用

17.1.1 锂硫电池隔膜用氮化钨量子点

17.1.2 锂硫电池隔膜用氮化钨量子点的优势

17.1.3 锂硫电池隔膜用氮化钨量子点的挑战

17.2 二硫化钨在锂硫电池中的应用

17.2.1 锂硫电池负极材料用二硫化钨纳米片

17.2.2 锂硫电池负极材料用二硫化钨纳米片的优势

17.2.3 锂硫电池负极材料用二硫化钨纳米片的挑战

17.3 二硒化钨在锂硫电池中的应用

17.3.1 锂硫电池负极材料用二硒化钨复合材料

17.3.2 锂硫电池负极材料用二硒化钨复合材料的优势

17.3.3 锂硫电池负极材料用二硒化钨复合材料的挑战

第十八章 钨在钠离子电池中的应用

18.1 二硫化钨在钠离子电池中的应用

18.1.1 钠离子电池负极材料用二硫化钨复合材料

18.1.2 钠离子电池负极材料用二硫化钨复合材料的优势

18.1.3 钠离子电池负极材料用二硫化钨复合材料的挑战

18.2 二硒化钨在钠离子电池中的应用



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

第十九章 钼在锌离子电池中的应用

- 19.1 二硫化钼在锌离子电池中的应用
- 19.1.1 锌离子电池负极材料用二硫化钼复合材料
- 19.1.2 锌离子电池负极材料用二硫化钼的优势
- 19.1.3 锌离子电池负极材料用二硫化钼的挑战
- 19.2 钼酸锌在锌离子电池中的应用
- 19.2.1 锌离子电池锌负极保护层用钼酸锌
- 19.2.2 锌离子电池锌负极保护层用钼酸锌的优势
- 19.2.3 锌离子电池锌负极保护层用钼酸锌的挑战

第二十章 钼在燃料电池中的应用

- 20.1 碳化钼在燃料电池中的应用
- 20.1.1 燃料电池阳极用碳化钼
- 20.1.2 燃料电池阴极用碳化钼
- 20.1.3 燃料电池电极用碳化钼的优势
- 20.1.4 燃料电池电极用碳化钼的挑战
- 20.2 氮化钼在燃料电池中的应用
- 20.2.1 燃料电池阳极用氮化钼
- 20.2.2 燃料电池阴极用氮化钼
- 20.2.3 燃料电池电极用氮化钼的优势
- 20.2.4 燃料电池电极用氮化钼的挑战
- 20.3 磷钼酸在燃料电池中的应用

第二十一章 钼在太阳能电池中的应用

第二十二章 钼在电池中的技术挑战与解决方案

第二十三章 钼基电池的生产成本

第二十四章 钼在电池中的潜在价值与应用前景

第 IV 部分 稀土在新能源电池市场的介绍



第二十五章 新能源电池中的稀土元素介绍

第二十六章 稀土元素在锂离子电池中的应用

第二十七章 稀土元素在钠离子电池中的应用

第二十八章 稀土元素在镍氢电池中的应用

第二十九章 稀土元素在太阳能电池中的应用

第三十章 稀土元素在电池中的技术挑战与解决方案

第三十一章 稀土基电池的生产成本

第三十二章 稀土元素在电池中的潜在价值与应用前景

第 V 部分 电池、钨、钼和稀土企业介绍

第三十三章 主要电池生产企业概览

33.1 国内主要电池正极生产企业

33.2 国内主要电池负极生产企业

33.3 国内主要电池隔膜生产企业

33.4 国内主要电池电解液生产企业

33.5 国外主要电池生产企业

第三十四章 主要钨、钼和稀土企业概览

34.1 国内主要钨、钼和稀土生产企业

34.2 国外主要钨、钼和稀土生产企业

附录 1: 电池行业相关标准

附录 2: 电池专有名词解释

附录 3: 钨钼稀土行业相关标准

附录 4: 钨钼稀土专有名词解释



第 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

电池（Battery）是能够将化学能转化为电能的装置，由正极、负极、电解质和隔膜组成，工作原理基于电化学反应，电池连接到外部电路时，正极和负极之间发生化学反应，释放出电子，形成电流，同时电池内的离子在电解质中移动以维持电荷平衡，将化学能转化为电能。

电池的发展历程可以追溯到 18 世纪末，伏打发现了第一个化学电池，即伏打电池。近年来，锂离子电池因高能量密度和轻量化成为最常见的电池类型，广泛应用于移动设备和电动汽车等领域。此外，燃料电池、太阳能电池等新型电池技术也在不断涌现。



电池

电池性能通常由电动势（电压）、容量、比能量和电阻等参数描述。它们的应用广泛，包括便携式电子设备、电动汽车、可再生能源存储、航空航天、军事应用等领域。电池作为能量存储和供应的重要装置，在现代社会发挥着关键作用，不断的技术创新将进一步推动电池性能提升和应用领域拓展。

1.1.1 蓄电池基本结构

蓄电池的构造是一个复杂而精密的工程，它包括了多个关键组件，如正极材料、负极材料、隔板/隔膜、电解液、槽壳、连接条、电极桩等，每个组件都在电池的性能和功能中发挥



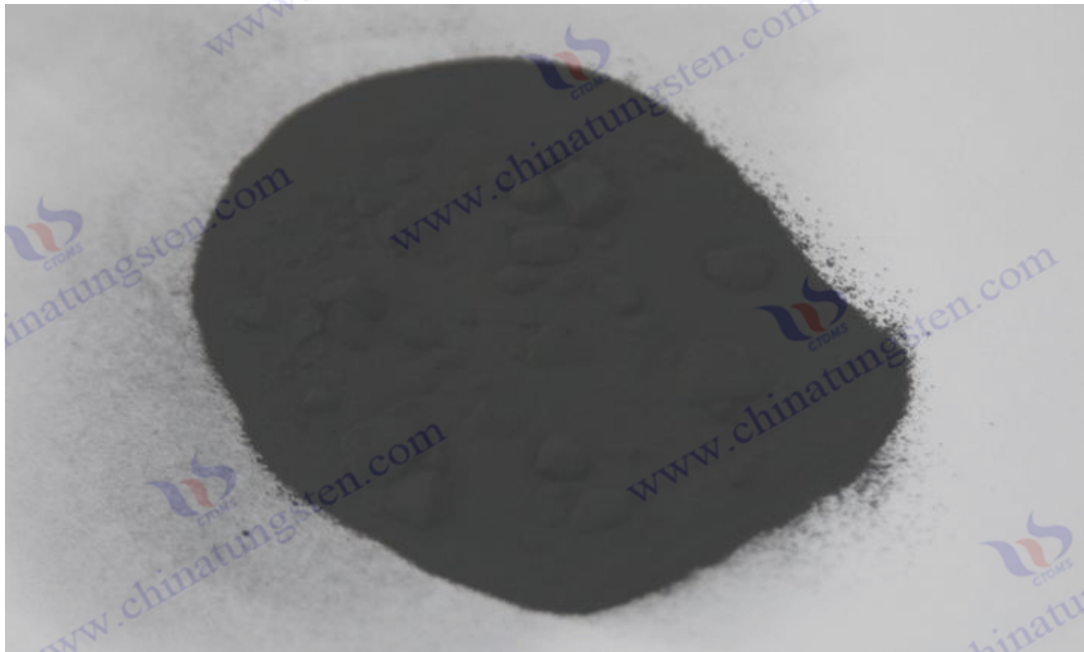


着重要的作用。

其中，槽壳是电池的外壳，通常由金属或塑料制成，作用是容纳电池的所有组件，保护电池内部免受外部环境的影响，并提供机械支撑。连接条是连接电池内部组件的导线或连接器，通过槽壳上的密封来连接到外部电路，使电池能够向外提供电流，电极桩是连接正负极板的导线，通过槽壳上的密封与外部电路连接，其设计和材料选择对电池性能和安全性至关重要。

1.1.1.1 正极材料

电池的正极材料在电池工作中扮演着至关重要的角色，负责接收电子，嵌套或释放正离子，并参与电池的化学反应过程。正极材料的质量直接影响蓄电池的性能，如容量、充电速度、循环寿命和安全性等。另外，正极材料的选择取决于电池类型，例如，锂离子电池的正极材料通常是钴酸锂、锰酸锂、磷酸铁锂或三元材料，而镍镉电池的正极材料通常是氧化镍。



钴酸锂

正极材料的工作原理取决于电池的类型和化学反应。以锂离子电池为例，正极材料通常是一种锂化合物，如钴酸锂（ LiCoO_2 ）、锰酸锂（ LiMn_2O_4 ）、磷酸铁锂（ LiFePO_4 ）等。在充电过程中，锂离子从正极材料中抽出并嵌套到负极材料中。这导致正极材料中的金属离子减少，同时电池电压升高。在放电过程中，锂离子从负极材料迁移到正极材料，还原金属离子，同时电池电压降低。这种锂离子的嵌套和释放过程构成了电池的充放电过程。

1.1.1.2 负极材料

负极，又被称为电池的电势较低一端，是电路中电子流出的一极，是构成电池负极的核心原料，通常在原电池反应方程中位于左侧，负责氧化反应。





在锂离子电池中，负极材料是由负极活性物质（通常是碳材料或非碳材料）、粘合剂以及添加剂混合制成的糊状物质，然后均匀涂抹在铜箔的两侧，最终通过干燥和滚压工艺加工而成。负极材料在锂离子电池中扮演着至关重要的角色，因为它必须能够可逆地嵌入和释放锂离子，这一过程是锂离子电池正常充电和放电的基础。因此，负极材料的性能和制备工艺对于锂离子电池的性能和稳定性具有至关重要的影响。

目前，常见的负极材料包括碳负极材料、锡基负极材料、含锂过渡金属氮化物负极材料、合金类负极材料和纳米级负极材料。



石墨粉

1.1.1.3 电解液

电解液，作为锂离子电池中至关重要的组成部分，是一种特殊的液体或固体物质，位于电池的正极材料和负极材料之间，充当了离子的传输通道。其主要作用是促使锂离子在电池的充电和放电过程中在正负极之间流动，从而产生电流和电能。电解液的性能对电池的性能、安全性和稳定性都有着重要影响。

电解液通常由一种或多种盐类溶解在有机溶剂或聚合物中而成。这些盐类通常包含锂盐，如 LiPF_6 、 LiBF_4 、 LiClO_4 等，它们在电池工作时分解成锂离子 (Li^+) 和相应的负离子。有机溶剂或聚合物则用于稀释和承载这些离子，同时提供必要的离子传输通道。

1.1.1.4 隔膜

隔膜，作为锂离子电池中的关键组成部分，是一种薄而微孔的物质，通常由聚合物或纤维材料制成如聚丙烯 (PP)、聚乙烯 (PE)、聚酰胺等。隔膜位于电池的正极和负极之间，起着隔离和防止正负极直接接触的重要作用。





隔膜中的微孔允许锂离子在充电和放电过程中自由传输，但同时阻止了电池中的电子流动，从而防止了正负极之间的短路。这种物理隔离是关键，因为正负极直接接触将导致电池的短路，可能引发严重的安全问题。

一般情况下，隔膜应具备以下几个特点：要提供电池正负极之间的物理隔离；高离子传导率；低电子导电性；良好的化学稳定性、耐热性和机械强度等。



聚乙烯

1.1.2 蓄电池工作原理

蓄电池，也称为蓄电池或化学电池，是一种能将化学能转换为电能并存储起来供以后使用的设备。它的工作原理涉及电化学反应，允许在充电时将电能储存在电池中，然后在需要电能时将其释放出来。以下是蓄电池的工作原理的详细解释：

充电过程：在充电时，外部电源将电流传送到电池中，这使正极发生还原反应，负极发生氧化反应。在这个过程中，正极会吸收电子，负极会释放电子。同时，离子在电解质中移动，经过隔膜，将离子从正极传输到负极。这个过程将化学能转化为电能，储存在电池中。

放电过程：当电池连接到外部电路并提供电流时，储存在电池中的化学能将被释放。这导致正极发生氧化反应，负极发生还原反应。在这个过程中，正极释放电子，负极吸收电子，离子在电解质中移动，经过隔膜，将离子从正极传输到负极。这个过程释放了电子，将储存在电池中的电能转化为电流，供外部电路使用。

1.1.3 蓄电池分类

根据生产技术先进程度的不同，蓄电池可以分为传统电池和新能源电池；根据电池应用场景的差异，蓄电池可以分为动力电池和储能电池；根据封装形式的不同，蓄电池可以分为





圆柱电池、方型电池和软包电池。

1.1.3.1 传统电池

传统蓄电池通常指的是那些已经应用了多年甚至几个世纪的蓄电池技术，它们的基本工作原理和构造方式相对固定。传统电池包括以下主要类型：

铅酸电池：是最古老的蓄电池之一，价格低廉，广泛应用于汽车起动、备用电源和太阳能储能系统等领域，但由于重量较重且含有重金属铅，因此在某些应用中可能不太适用。它的正极由过氧化铅构成，负极由纯铅构成，电解液是稀硫酸。



铅酸电池

镍镉电池：曾经是便携式电子设备的主要电源，但由于其含有有害金属镉，逐渐被淘汰。它的正极由氧化镍、负极由氢化镉构成，电解液通常是氢氧化钾。

镍氢电池：是镍镉蓄电池的改进版本，使用了更环保的材料，常用于便携式电子设备和电动工具。它的正极由氧化镍、负极由氢化合金构成，电解液仍然是氢氧化钾。

铁镍电池：具有良好的循环寿命和高温性能，但能量密度较低，通常用于特殊应用，如备用电源。它的正极是氧化镍，负极是铁，电解质（电解液）是氢氧化钾。

1.1.3.2 新能源电池

新能源蓄电池是相对较新的蓄电池技术，通常是满足可再生能源集成和电动交通等新兴领域的需求而开发的。这些蓄电池类型包括：

锂离子电池：俗称锂电池，是目前电动汽车和便携式电子设备的主要动力源，其高能量密





度和轻量化特性使其非常受欢迎。锂离子电池的正极活性物质一般为锰酸锂、钴酸锂、镍钴锰酸锂材料，负极活性物质为石墨或近似石墨结构的碳，有机电解液为六氟磷酸锂的碳酸酯类溶剂或凝胶状电解液。



锂离子电池

钠离子电池：其构造、工作原理与锂离子电池的相似，即主要依靠钠离子在正极和负极之间移动来工作。钠离子电池的电极材料主要采用钠盐，这与锂盐相比，钠盐储量更加充足，且价格更为经济实惠。另外，由于钠离子的体积较锂离子更大，因此在一些对电池的重量和能量密度要求不是非常苛刻的应用场合，钠离子电池可以被视为一种经济可行的替代选择。

固态电池：其采用固态电解质而不是液体电解质，具有更高的安全性和循环寿命。这是一个快速发展的领域，有望在未来替代传统锂离子电池。

1.1.3.3 动力电池

动力电池是主要为新能源汽车、电动列车、纯电动公交车等交通工具提供动力的锂电池。以下是动力电池的主要特点：

能量密度：由于动力电池用于移动应用，因此对体积和能量密度有较高要求，以保障足够的续航里程。此外，动力电池需要满足汽车的启动和加速需求，因此对性能也有更高要求。

循环寿命：动力电池需要在严苛的使用条件下保持高性能，因此对电池的循环寿命要求相对较高，以确保电动汽车的长期可靠性。

电池管理系统 BMS：BMS 在动力电池中起着关键作用，需要确保电池的高功率响应速度、准确的 SOC（State of Charge）估算、状态参数计算等。这些要求使得 BMS 在动力电池中





扮演着更为重要的角色。

系统结构及成本构成：动力电池系统通常由电池模组、电池管理系统、热管理系统、电气系统和结构系统组成。电池成本占据整个系统成本的大部分比例，而电池模组是成本的主要组成部分之一。



新能源汽车

1.1.3.4 储能电池

储能电池是一种可以储存电能并能够在需要时释放的电池，通常用于家庭储能系统、太阳能和风力发电设备的电站、便携式电源、通信基站等场景，以及可再生能源的储能。

储能电池系统通常由电池组、电池管理系统（BMS）、能量管理系统（EMS）、储能变流器（PCS）以及其他电气设备构成。其中，储能电池的 BMS 需要确保高效的充放电控制，以实现能量存储和释放。

储能电池的主要特点：

- （1）能量存储和释放：储能电池能够高效地存储电能，以供之后使用，从而平衡电力供需，特别适用于太阳能和风能等不稳定的可再生能源。
- （2）高效能量转换：这些电池通常拥有高能量密度，可以快速将储存的电能转化为电力，减少了能源浪费。
- （3）快速响应和频繁循环：储能电池能够在毫秒级别内响应电网需求，因此用于平稳电力输出和峰谷填平。它也可以频繁地进行充放电循环，寿命较长。





(4) 环保和可再生：大多数储能电池采用环保技术，例如锂离子电池，其电化学反应不会产生有害排放物。

(5) 分布式能源：储能电池可以分布式部署，将可再生能源集成到微电网中，提高电网弹性和可靠性。

(6) 节约成本：它们能够在电峰期降低能源成本，通过电价差异实现经济效益。



宁德时代储能系统

1.1.3.5 圆柱电池

圆柱电池主要以钢壳圆柱磷酸铁锂离子电池为代表，基本结构包括：外壳、上下盖、正极、负极、隔膜、电解液、PTC 元件、垫片、安全阀等；主要特点包括：较高的容量、相对稳定的输出电压、良好的充放电循环寿命、较高的放电电流、优良的电化学性能、较高的安全性、较宽的温度范围内工作等；广泛应用于太阳能灯具、草坪灯具、后备能源、电动工具、玩具模型等终端产品上。

最早的圆柱形锂离子电池的代表是由日本 SONY 公司在 1992 年首次推出的 18650 型号锂离子电池。这一突破性的发明在电子设备领域引发了革命性的变革，因为它结合了高能量密度、稳定性和可充电性。然而，随着科学技术的不断进步，圆柱电池的设计和型号不断增多，以满足各种应用的需求。圆柱电池的创新和发展对于满足现代社会对可靠、高性能能源解决方案的需求至关重要。

圆柱锂电池通常用五位数来表示型号，从左边的数字开始，第一个数字和第二个数字指的是电池直径（单位为 mm），第三个数字指的是电池高度（单位为 mm），第五个数字指的是圆形。例如，18650 就是直径为 18mm，高度为 65mm，0 表示圆形的通用 18650 圆





柱形电池。常见的圆柱电池型号有 10400、14650、16340、18650、21700、26650。



圆柱电池

1.1.3.6 方形电池

方形电池是一种常见的锂离子电池类型，通常采用铝壳或钢壳作为外壳，内部包含正极、负极和电解液，而外形呈矩形或正方形；制造工艺包括卷绕式和叠片式两种。



方形电池

方形电池拥有较高的能量密度，较长的使用寿命、较高的安全性（外壳通常较坚固，提供





了额外的保护层,降低了电池损坏或泄漏的风险,从而增强了安全性)、设计相对简单(由于不需要像圆柱电池那样处理弯曲的外壳,所以方形电池制造过程较为高效,有助于降低生产成本)、型号丰富等优点。

由于型号丰富,消费者可以根据自己的需要,定制合适的方形电池。然而,也正是由于型号过多,导致电池生产工艺很难统一、生产自动化水平低、单体差异性较大,所以在大规模应用中会存在系统寿命远低于单体寿命的问题。

方形电池广泛应用于各种设备和领域,包括消费电子(如遥控器、计算器、手表)、医疗设备、安防设备、玩具等。

1.1.3.7 软包电池

软包电池是液态锂离子电池套上一层聚合物外壳,其中软包装材料(铝塑复合膜)是关键的技术难点。软包装材料通常分为三层,即外阻层(一般为尼龙 BOPA 或 PET 构成的外层保护层)、阻透层(中间层铝箔)和内层(多功能高阻隔层)。



软包电池

软包电池特点包括:重量轻:在同体积下,与钢壳电池相比,软包电池的重量轻约 40%,与铝壳电池相比也轻约 10%-20%;容量大:与同体积方形电池相比,软包电池的能量密度更高;循环寿命长;内阻较低,在很大程度上减少了软包电池自放电,以 100 次循环为例,软包动力电池的衰减率比铝壳方形电池的衰减率少了 4%-7%;安全性能好:软包电池的电解液漏液较少,且在发生安全隐患时能够鼓气裂开,降低爆炸风险;设计灵活:可以根据客户需求定制外形,制造更薄的电池。

近年来,软包电备受广泛关注,因其不仅继承了传统电池的优点,还具备体积小、重量轻、高度安全、寿命长等、环保节能多重优势。这使得软包电池在现代生活中得到广泛应用,





遍布电动汽车、无人机、智能家居、移动电源等领域。值得一提的是，在电动汽车行业，由于软包电池卓越的性能，它已经成为目前最主流的电池技术之一；在无人机领域，软包电池因其小巧轻便的特点成为无人机必不可少的能源供应。

然而，软包电池也存在一些缺点，比如容易受外部压力影响和较慢的充电速度等。针对上面的不足，研究者提出了一些解决方案：可以引入特殊材料以提高电池的安全性；可以采用快速充电技术，缩短电池充电时间。

1.1.4 新能源电池的发展历程

电池的发展初期：新能源电池的历史可以追溯到 18 世纪末，当时的电池研究主要集中在伏打电池。当时，意大利科学家伏打发现，通过将两块不同金属的板浸泡在电解液中，可以生成电流。这一突破性的发现为电池技术奠定了基础，标志着电池的诞生。20 世纪初，铅酸蓄电池的发明成为新能源电池的奠基石，它具有相对较高的能量密度和较长的使用寿命。



宁德时代汽车电池

锂离子电池的开创：新能源电池领域迎来了革命性的突破，20 世纪 80 年代初，日本科学家吉川英治成功发明了锂离子电池，被认为是电池技术史上的一大里程碑。锂离子电池因其高能量密度、轻量化和环保等特点，迅速在移动电子设备领域得到广泛应用。

燃料电池的崭露头角：与此同时，燃料电池也崭露头角。1838 年，瑞士化学家 Christian Friedrich Schoenbein 发现燃料电池效应，1839 年英国物理学家威廉·葛洛夫因其成就获得了“燃料电池之父”的称号，但是那时燃料电池并没有受到大家的高度关注，直到在 20 世纪末和 21 世纪初，由于环境问题和可再生能源需求的崛起，燃料电池受到了广泛关注，被视为未来清洁能源的关键。





钠离子电池的出现：近年来，随着对锂资源的有限性担忧和环境问题的加剧，钠离子电池成为备受关注的新能源电池技术。钠离子电池使用丰富且廉价的钠作为电池的阳极材料，与锂离子电池相比，在材料成本和可持续性方面具有潜力。目前，部分公司如万润新能已开始量产钠离子电池。

未来，新能源电池的发展将还有许多挑战和机遇。挑战方面，需要进一步提高新能源电池的能量密度、循环寿命、安全性和充电倍率等，以满足人们的需求。机遇方面，新能源电池将在更多的领域得到应用，如可再生能源储存、智能电网、电动飞机等，这些领域的不断进展将拉动新能源电池的需求。

1.1.5 新能源电池应用领域

新能源电池应用领域的应用领域包括电动交通工具，可再生能源储存，移动设备，航空航天、医疗设备等。

电动交通工具：电动汽车和混合动力汽车采用锂离子电池作为主要动力源，以替代传统的内燃机。锂离子电池提供了高能量密度和快速充电能力，使电动汽车具备了可行的续航里程和充电效率，有望减少依赖化石燃料，减少排放并改善空气质量。



汽车

可再生能源储存：新能源电池也被广泛用于储存可再生能源，如太阳能和风能。通过将太阳能光伏电池和风力涡轮机与电池系统结合，可以在充电时存储多余的电能，并在需要时释放，以满足能源需求的波动性。这有助于提高可再生能源的可持续性，使其在不间断供电和微电网中发挥重要作用。

移动设备：新能源电池在移动设备中得到广泛应用，如智能手机、平板电脑、笔记本电脑和可穿戴设备。锂离子电池以其高能量密度、轻量化和快速充电能力，成为这些设备的首选。





选电池技术。它们为我们提供了可携带的电力，使我们能够随时随地使用这些设备。

能源备份和储备电力：新能源电池在能源备份和储备电力方面发挥关键作用。它们用于为家庭和商业建筑提供紧急备用电源，以应对电网故障或突发停电。这些系统还可用于平滑电网电荷，提高电力系统的稳定性和可靠性。

医疗设备：在医疗设备领域，新能源电池用于供电各种医疗设备，如除颤器、心脏起搏器、医疗成像设备等。这些电池需要高度可靠性，以确保医疗设备在关键时刻正常运行。

航空航天：新能源电池还在航空航天领域有应用。电动飞机和卫星采用高性能电池系统，以满足高度特殊的需求。这些电池需要具备高能量密度、轻量化和长循环寿命等特性，以确保飞行器的可靠性和性能。



电动飞机

1.1.6 新能源电池行业发展现状及发展趋势

1.1.6.1 新能源电池行业发展现状

新能源电池是应对不断增长的能源需求和日益严重的环境问题而研发的一类电池，能将不同形式的能源如化学能、光能、热能等，高效地转化为电能，进而广泛应用于各个领域。根据使用材料的不同，其大致可以分为以下几类：锂离子电池，钠离子电池，固态电池和太阳能电池。下面主要介绍锂离子电池和钠离子电池近年来的发展现状。

锂离子电池，作为 20 世纪 90 年代成功研发的创新二次电池技术，近年来经历了快速的发展，并成为了化学电源应用领域中的佼佼者。相对于传统的电池类型，如铅酸电池、镍镉电池以及镍氢电池，锂离子电池表现出众多引人注目的优势，包括高容量、长使用寿命、





低自放电率、良好倍率性能、无记忆效应以及环保无毒等。随着对环保和能源效率的日益重视，锂离子电池的这些优点变得愈发凸显，其应用领域也日益广泛。

当前，锂离子电池广泛应用于新能源汽车、风光储能、通信储能、家用储能等领域。近年来，全球新能源汽车市场的迅猛增长为锂离子电池行业带来了巨大机遇，因此该行业正在迅速发展。

据中国汽车工业协会统计分析，从全年发展来看，2022 年汽车产销分别完成 2702.1 万辆和 2686.4 万辆，同比增长 3.4%和 2.1%，延续了去年的增长态势。其中，乘用车产销分别完成 2383.6 万辆和 2356.3 万辆，同比分别增长 11.2%和 9.5%。商用车产销分别完成 318.5 万辆和 330 万辆，同比分别下降 31.9%和 31.2%。

中国汽车协会数据显示，2023 年 1-8 月，中国汽车产销分别完成 1822.5 万辆和 1821 万辆，同比分别增长 7.4%和 8%，生产增速较 1-7 月持平，销售增速较 1-7 月回落 0.1 个百分点。其中 8 月份，汽车产销分别完成 257.5 万辆和 258.2 万辆，环比分别增长 7.2%和 8.2%，同比分别增长 7.5%和 8.4%。

2023 年 1-8 月，中国新能源汽车产销分别完成 543.4 万辆和 537.4 万辆，同比分别增长 36.9%和 39.2%，市场占有率达到 29.5%。其中 8 月份，新能源汽车产销分别完成 84.3 万辆和 84.6 万辆，环比分别增长 4.7%和 8.5%，同比分别增长 22%和 27%，市场占有率达到 32.8%。



2023 年 1-8 月中国新能源汽车产销情况

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。





工业和信息化部 > 机关局 > 电子信息司 > 工作动态

2022年全国锂离子电池行业运行情况

发布时间：2023-02-23 08:20 来源：电子信息司

2022年，我国锂离子电池行业坚持供给侧结构性改革，加快技术创新和转型升级发展，不断提升先进产品供给能力，总体保持快速增长态势。

一是产量持续快速增长，产业规模不断扩大。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。

2022 年全国锂离子电池行业运行情况

工信部指出，2022 年中国新能源汽车动力电池装车量约 295GWh，储能锂电累计装机增速超过 130%；中国锂电出口总额 3426.5 亿元，同比增长 86.7%，为新能源高效开发利用和全球经济社会绿色低碳转型做出积极贡献。

根据 EV Tank 发布的《中国锂离子电池行业发展白皮书（2023 年）》数据，2022 年，全球锂电池总体出货量 957.7GWh，同比增长 70.3%，中国锂离子电池 2022 年出货量达到 660.8GWh，同比增长 97.7%，在全球锂离子电池总体出货量的占比达到 69.0%。截止到 2023 年 6 月底，纳入 EVTank 统计范围的全球 46 家动力（储能）电池企业的实际产能已经达到 2383.6GWh，其中 78.8% 的产能来自中国国内，海外动力电池产能仅占 21.2%，主要来自于欧洲和美国，海外产能目前主要由日韩电池企业贡献。

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

研究机构 EVTank 发布的《中国钠离子电池行业发展白皮书（2023 年）》显示，2023 年上半年钠离子电池在产品研发、产能建设、产业链培养、客户验证、良品率的提升以及示范项目的推广方面都取得了阶段性成果；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 年年底增长了 8GWh，主要增量产能来自于传艺科技、多氟多、维科技术等。EVTank 在白皮书中预计到 2023 年年底全国或将形成 39.7GWh 的钠离子电池专用量产线，主要增加产能来自于宁德时代、湖南立方、海四达、兴储世纪等已经进入实质性建设并进行设备招标的企业。



据深圳市电池行业协会不完全统计，2023 年，国内主要钠离子电池企业首批产能合计达到 18.3GWh。在全球锂资源稀缺的背景之下，受益于全行业日趋提升的供应安全与降本诉求，未来钠电池有望成为主流电池技术之一。

主要钠电池企业量产进度情况						
公司	产品	产品性能	正极材料	首批量产时间	首批产能	产能规划
中科海钠	钠离子正负极材料、电解液、电池	钠离子电池实验室能量密度已实现 200Wh/kg，循环寿命提高到4500次。	层状氧化物	2022 年	1GWh	2023年扩产5GWh
传艺科技	钠离子电池	单体能量密度 150Wh/kg-160Wh/kg，循环次数不低于4000次，-20摄氏度环境下大于88%的容量保持率	层状氧化物	2023 年初	4.5GWh	10GWh
维科技术 & 钠创新能源	钠电正极材料、电解液等原材料和钠离子电池	能量密度为 150Wh/kg，循环次数3000次左右	层状氧化物	2023	2GWh	8GWh（二期）
多氟多	正极材料、负极材料、电解液、钠离子电池	能量密度为 140Wh/kg-160Wh/kg，常温 2000次循环次数，容量保持率在80%以上	层状氧化物、聚阴离子、普鲁士蓝	2023 年底	1GWh	/
宁德时代	钠离子电池	常温下充电15分钟，电量可达80%以上，电芯单体能量密度达到 160Wh/kg，循环次数3000-5000次；而其下一代钠离子电池能量密度将突破200Wh/kg	层状氧化物 & 普鲁士蓝	2023 年	GWh级	25GWh
鹏辉能源	正极材料、负极材料、钠离子电池	23年公司聚阴离子体系的钠离子电池循环次数已达6000次以上；无负极磷酸铁钠电池能量密度超160Wh/kg，性能将接近磷酸铁锂电池。	层状氧化物、聚阴离子	2023H2	/	/
众钠能源	正极材料、电芯	实验室电池能量密度160Wh/kg，工程电芯120Wh/kg，2C循环大于6000圈，5C持续温升小于13摄氏度	聚阴离子	2023 年	2GWh	/
为方能源	钠电电芯及材料	水系钠离子电池的能量密度达到 120Wh/kg、有机体系钠离子电池的能量密度达到 170Wh/kg，循环次数8000次	聚阴离子	2023 年	1GWh	/

主要钠电池企业量产进度情况（一）



主要钠电池企业量产进度情况						
公司	产品	产品性能	正极材料	首批量产时间	首批产能	产能规划
孚能科技	钠电池	钠离子软包动力电池能量密度已提升至155Wh/kg, 100%放电深度循环寿命2000次以上, -20℃低温条件下依然有90%以上的容量保持率, 且已通过国标各项安全性能测试。	层状氧化物	2024年	3GWh	孚能科技第二代钠离子电池小试阶段, 能量密度相比第一代提升10%以上, 计划2023年底开始中试阶段, 2024年底量产。 收到江西江铃集团新能源汽车有限公司EV3钠电池定点函, 孚能科技将为江铃集团供应钠电池包总成, 预计2023年第二季度实现量产装车。
立方能源	钠电池	一代钠电池能量密度140Wh/kg	氧化物正极、普鲁士蓝	2022年	1GWh	10GWh 完成了普鲁士蓝正极材料技术储备, 在2022年4月份宣布进入小批量生产。
派能科技	钠电池		氧化物正极	2023年	1GWh	23年3月, 公司拟以全资子公司扬州派能为项目实施主体, 于江苏省仪征经济开发区建设派能科技1GWh钠离子电池项目, 该项目投资总额约2.2亿元人民币, 预计建设周期6个月。
天能股份	钠电池	电池能量密度大于145Wh/kg, 整体循环使用寿命超过3000次。此外, 在零下30℃情况下, 天钠T1电池容量达到88%以上, 具备15分钟充满85%电量的超快充能力。	层状氧化物	2023年	0.3GWh	公司已具备300MWh的钠离子电池电芯和模组产品的专线生产供货能力。今年3月天能股份发布新一代钠离子电池产品, 并完成对多家一线二轮车企的送样, 目前正开展相关验证工作。
欣旺达	钠电池	能量密度已达到160Wh/kg	层状氧化物、聚阴离子	2024Q3		公司钠离子电池能够满足A00级、A0级、A级等新能源汽车市场需求。超低温钠离子电池在B样开发阶段, 与国家国内主机厂及一家国际主机厂联合开发超低温钠离子电池包, 2023年Q4进行装车验证, 第一代产品计划在2024年Q3批量投产。
中比能源	钠电池	140Wh/kg的能量密度; 超3000次的循环次数; -40℃放电保持率超85%; 6C放电可放出90%; 快充10分钟充满90%的电量	层状氧化物	2023年	0.5GWh	10GWh 公司与全球便携储能龙头华宝新能就深入推进公司大型圆柱钠离子电池研发达成深度合作, 并已签署战略合作协议。
比亚迪	钠电池		层状氧化物、聚阴离子			目前钠离子电池正处于样品验证阶段; 媒体报道, 比亚迪的钠电池将在下半年量产上市, 采用了钠离子电池和锂离子电池混装方案。
亿纬锂能	钠电池	比能量可达135Wh/Kg, 10C下容量保持率高达90%, -40℃仍能正常工作, 循环2500次80%容量保持率;	层状氧化物正极			大圆柱钠离子电池, 目前与终端客户在做中试前的准备工作。
蜂巢能源	钠电池	160Wh/kg以上能量密度, 6000次以上循环寿命的钠离子电池技术	层状物正极、长寿命聚阴离子正极			目前已经完成A样电芯样品开发。今年Q4完成160Wh/kg的钠电池开发
正力新能	钠电池	电芯在20C倍率下容量保持率高达94%, -20℃下容量保持率92%	新型碱金属离子体系			目前第一批高功率钠离子电池已在海外装车测试。

主要钠电池企业量产进度情况 (二)

1.1.6.2 新能源电池行业发展前景

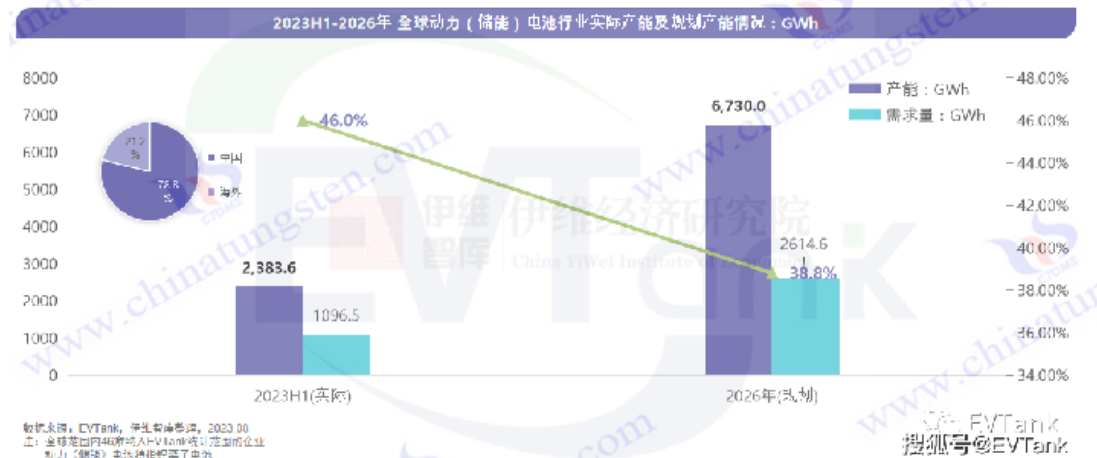




随着全球对可再生能源需求的不断增加,新能源电池作为一种可持续的能源储存和释放方式,正日益受到各国的重视和投资。同时,随着电动汽车、储能系统等领域的发展,新能源电池的应用范围也在不断扩大。此外,技术的不断进步和产业政策的支持也为新能源电池行业的发展提供了有力保障。

工信部等七部门印发的汽车行业稳增长工作方案(2023—2024年)提出,2023年力争实现全年汽车销量2700万辆左右,同比增长约3%,其中新能源汽车销量900万辆左右,同比增长约30%;汽车制造业增加值同比增长5%左右。2024年,汽车行业运行保持在合理区间,产业发展质量效益进一步提升。在汽车行业发展前景良好的影响下,业者对下游新能源电池行业抱有较大期待。

EV Tank 预计,到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,EV Tank在《中国锂离子电池行业发展白皮书(2023年)》中预计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%。EVTank表示随着行业产能的快速扩张,整个动力(储能)电池行业的产能利用率指标堪忧,以行业龙头宁德时代为例,其产能利用率已经由2022年的83.4%下降到2023年上半年的60.5%。同时,EV Tank在白皮书中分析指出,行业总体产能过剩仍然是结构性的问题,且随着动力(储能)电池行业的逐步成熟,竞争日益激烈,部分企业将被淘汰出局或者终止部分规划产能,从而使得整个动力(储能)电池行业的供需处于动态平衡的状态。



2023H1-2026 年 全球动力(储能)电池行业实际产能及规划产能情况

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)统计,2022年全球锂电池出货量为954Gwh,同比增长59.3%,预计2023年将达1298GWh,同比增长36.1%;预计2030年全球将达到7290GWh,相比2022年增长664.2%,2022-2030年均复合增速达28.9%,全球锂电池出货量将保持快速增长。另外,还预计2022-2030年全球汽车动力电池、储能电池和3C消费电子电池的复合增速分别为26.3%、42.4%、5.8%。





图表 1: 2021-2030 年全球锂电池出货量及预测 (单位: GWh)



数据来源: 起点研究院 (SPIR)

2021-2030 年全球锂电池出货量及预测

基于对锂电产业链上下游的最新调研和趋势研判, 起点研究院上调 2030 年全球锂电市场规模预测, 主要原因: 全球电动汽车渗透率加速上升, 汽车电动化趋势强化, 尤其是中国欧美等国家地区乘用车电动化提速, 渗透率加速上扬; 锂电池成本下降, 储能市场经济性提升, 工商业储能及大型储能电站盈利能力上升, 未来 10 年将保持高速增长; 3C 消费锂电池长期看增长趋势不变。

钠离子电池方面, 根据《中国钠离子电池行业发展白皮书(2023 年)》预测, 到 2023 年年底全行业将形成 13.5GWh 的钠离子电池专用量产线产能, 到 2030 年钠离子电池的实际出货量将达到 347.0GWh。

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。

1.2 金属钨

钨 (Tungsten), 化学元素符号为 W, 原子序数 74, 原子量 183.84, 位于元素周期表第六周期的 VIB 族。在自然界中, 钨以主要为六价阳离子的形式存在, 其离子半径极小。由于离子半径小、电荷高、极化能力强, 钨易于形成络阴离子, 如 $[WO_4]^{2-}$, 并与溶液中的 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ca^{2+} 等阳离子结合形成黑钨矿或白钨矿的沉淀物。

1.2.1 钨的理化性质

钨是一种高熔点的稀有金属, 可以增加钢材的高温硬度。它的外观呈银白色, 与钢相似。钨的熔点非常高, 蒸气压很低, 蒸发速度也相对较慢。钨的化学性质非常稳定, 在常温下不会与空气或水发生反应。未受热的情况下, 无论盐酸、硫酸、硝酸、氢氟酸还是王水,





任何浓度的酸都不会对钨产生明显影响。当温度升至 80℃ 至 100℃ 时，除了氢氟酸外，其他酸对钨也只会产生微弱的反应。在室温下，钨可以迅速溶解于混合酸中，如氢氟酸和浓硝酸，但不会在碱性溶液中起作用。在存在空气的情况下，熔融碱可以将钨氧化为钨酸盐，而在氧化剂存在的情况下（如 NaNO_3 、 NaNO_2 、 KClO_3 、 PbO_2 ），与钨生成钨酸盐的反应更为剧烈。在高温下，钨可以与氧、氟、氯、溴、碘、碳、氮、硫等元素发生化合反应，但不会与氢发生反应。

钨的物理性质指标

物理概念	物理指标
密度	19.35g/cm ³
熔点	3422℃
沸点	5660℃
硬度	莫氏 7.5
维氏硬度	3430MPa
布氏硬度	2570MPa
泊松比	0.28
熔化热	35.3kJ/mol
汽化热	806.7kJ/mol
比热容	24.27J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹
热导率	173W·m ⁻¹ ·K ⁻¹
杨氏模量	411GPa
剪切模量	161GPa
体积模量	310GPa



钨矿

1.2.2 钨的发展历史





钨的发现可以追溯到 1781 年，瑞典化学家卡尔·威廉·舍勒首次提取出了钨酸这一新元素。随后，西班牙化学家德普尔亚于 1783 年发现了黑钨矿，并从中提取出钨酸。同年，首次使用碳还原三氧化钨制得了钨粉，并赋予了这一元素名称。钨在地壳中的含量较低，仅占 0.001%。至今已经发现了 20 种含钨矿物，通常这些矿床伴随着花岗质岩浆活动而形成。



钨矿

钨在金属切削加工领域发挥着关键作用。虽然早在 18 世纪 50 年代，人们就已经发现钨对钢材性质有影响，但钨钢的广泛应用是在 19 世纪末和 20 世纪初才开始的。1900 年，在巴黎世界博览会上，首次展出了高速钢，标志着钨提取工业迅速发展。这一材料的出现推动了金属切削加工领域的技术进步。

除了在金属材料中的应用，钨还在照明领域发挥着重要作用。在 1927-1928 年间，以碳化钨为主要成分的硬质合金问世，这一时期标志着钨工业的重要里程碑。这些合金在各个方面的性能都超越了最优质的工具钢，因此在现代技术中得到了广泛应用。

1.2.3 钨的用途

钨是一种银白色且具有高光泽的金属，其硬度和熔点均极高，同时化学性质相对稳定。在常温下，钨不受空气侵蚀，因此被广泛应用于各个领域。其主要用途包括：

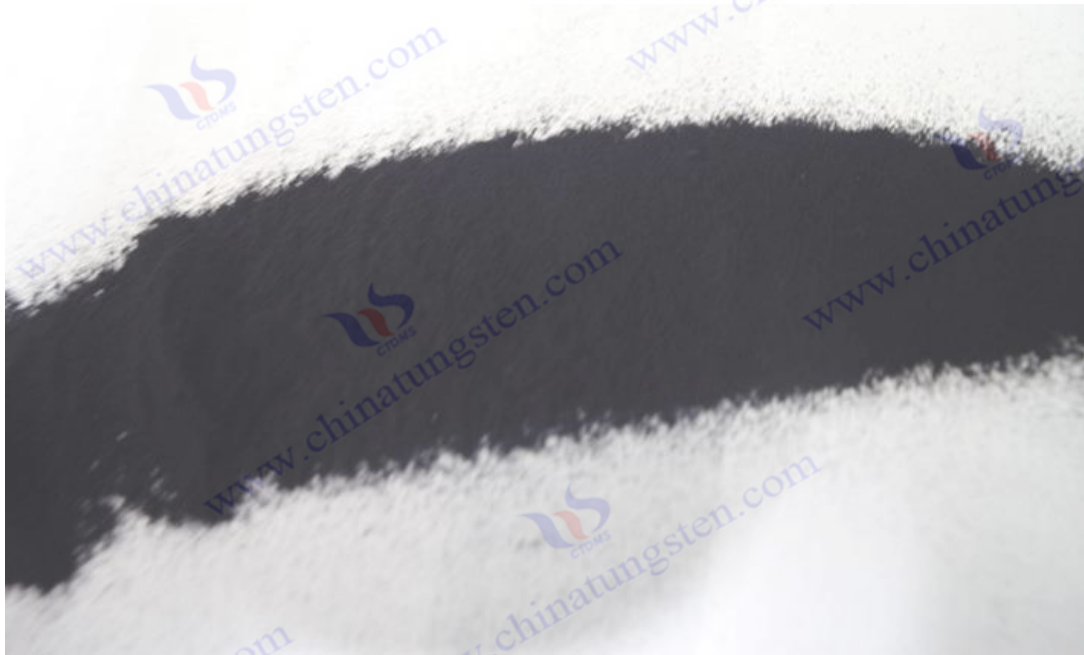
电子器件制造：金属钨用作电极、导线和引线材料，特别适用于真空管、半导体器件和电子管等电子器件。它的高熔点和热稳定性使其能够在高温下工作，而且对电子流的控制性能良好。

光学应用：金属钨因其高密度和高熔点而被用于制造高性能光学元件，如 X 射线窗口、射线屏蔽材料和激光反射镜。它在高功率激光系统中表现出色。





电池电极材料: 众多钨化合物凭借着良好的物理化学性质, 广泛应用于电池的电极材料中。常见的钨化合物包括纳米钨酸, 纳米三氧化钨, 针状紫色氧化钨, 纳米二氧化钨, 铌钨氧化物, 氮化钨, 硼化钨, 二硫化钨纳米片, 二硒化钨纳米片, 钨酸钠, 钨酸锌, 钨酸钴等。



中钨在线紫色氧化钨

钨合金: 金属钨通常与其他元素合金化, 形成钨合金, 如钨钼合金、钨铁合金和钨铜合金。这些合金具有不同的性质, 可用于各种特定应用, 如高温工具、电子器件和航空航天部件制造。



钨合金平衡块



电刺激和医疗器械：金属钨用于制造电刺激电极，这在医疗器械中用于神经刺激和治疗。它还用于制造射线治疗装置的过滤器和防护材料。

航空航天工业：金属钨因其高强度和耐高温性能而被广泛用于航空发动机部件、火箭喷嘴和航天器件。它能够在极端的温度和压力条件下保持稳定。

电弧焊接和切割：金属钨的高熔点和稳定性使其成为电弧焊接电极的理想选择，用于焊接不锈钢、镍合金和其他高温合金。它还用于等离子体切割过程中的电极。

热电偶和温度计：金属钨因其稳定的电阻率随温度变化而著称，因此用于制造高温热电偶和温度计，适用于高温环境的温度测量。

核工业：钨用于核反应堆的控制材料和核反应堆内部构件，因为它能够抵抗高温和辐射。

1.3 金属钼

钼（Molybdenum）是一种典型的过渡金属元素，是一种难熔金属，对于人体和动植物来说是必需的微量元素，位于门捷列夫周期表的第 5 周期，属于第 VIB 族，化学符号 Mo，原子序数 42，原子质量为 95.95，电子排布是 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 4d^5 5s^1$ 。由于其价电子层轨道处于半充满状态，因此钼处于亲石元素（具有 8 电子离子构型）和亲铜元素（具有 18 电子离子构型）之间，呈现典型的过渡性质。



钼矿

钼的纯态呈银白色金属，质地坚硬而坚韧，具有原子半径约为 0.14 纳米，原子体积约为 235.5 立方皮克/摩尔。它的配位数为 8，晶体结构为 A2 型体心立方晶系，空间群为 Oh₉，迄今为止尚未观察到其异构转变。钼的晶格参数在常温下约在 0.31467 纳米至 0.31475 纳米之间，这些参数会随着杂质含量的变化而略有不同。



1.3.1 钼的理化性质

钼属于顺磁体，外观为银白色金属，具有较高的密度、较低的热膨胀系数、较高的热传导率、较低的电阻率（电阻率随温度的升高而增大，0℃时为 $5.17 \times 10^{-10} \Omega \cdot \text{cm}$ ）、较高的硬度（摩氏硬度在 5 到 5.5 之间）等特点，其比热在 25℃时为 242.8 焦耳/千克·开。

在热性质方面，钼具有较高的热稳定性，丢失七个或八个电子对其而言非常困难，这决定了其化学性质相对稳定。在常温或较低温度下，钼在空气或水中是稳定的。然而，当钼在空气中受热时，其颜色会从白色逐渐转变为暗灰色；当温度升至 520℃时，钼开始缓慢氧化，生成三氧化二钼(Mo_2O_3)；而在温度超过 600℃时，钼会快速氧化成三氧化钼(MoO_3)。此外，当钼在水蒸气中加热至 700~800℃时，会开始生成二氧化钼(MoO_2)，继续加热则可将二氧化钼氧化为三氧化钼。在纯氧氛围中，钼能够自燃，形成三氧化钼。

钼的物理性质指标

物理概念	物理指标
密度	10.23g/cm^3 (约是钨密度的一半)
熔点	2620 °C
沸点	5560 °C
摩氏硬度	5-5.5
蒸发热	594kJ/mol
熔化热	$27.6 \pm 2.9 \text{kJ/mol}$
升华热 (25℃)	659kJ/mol
比热容	$242.8 \text{J/(kg} \cdot \text{K)}$
电阻率 (800℃)	$24.6 \times 10^{-10} \Omega \cdot \text{cm}$



中钨在线二硫化钼





1.3.2 钼的发展历史

天然辉钼矿 MoS_2 是一种软的黑色矿物，外形和石墨相似。在 18 世纪末之前，欧洲市场上这两者都以“molybdenite”名称销售。直到 1779 年，科学家舍勒指出石墨和辉钼矿是两种完全不同的物质。他的研究发现，硝酸对石墨没有影响，但会与辉钼矿发生反应，生成一种白色粉末，将这种粉末与碱溶液一起加热后，产生一种盐的结晶析出。他认为这种白色粉末是一种金属氧化物，但在与木炭混合并高温处理后，并未成功获得金属。然而，当与硫一同加热后，又重新生成了原始的辉钼矿。

1782 年，瑞典的矿场主埃尔姆成功地从辉钼矿中分离出了金属钼，并将其命名为 molybdenum，元素符号定为 Mo，而中文译名为钼。这一成就得到了贝齐里乌斯等科学家的认可。

1953 年，人们才确切知道钼是人体和动植物所必需的微量元素。

1.3.3 钼的用途

金属钼在高温、高性能和耐腐蚀环境中的出色性能使其在航空航天、电子、光学、化工等领域中具有广泛的应用。以下是金属钼的主要用途：

电子元件制造：金属钼在电子工业中应用广泛，特别是在制造电极和电子真空管中。它用于制造电极，如 X 射线管和电视显像管的阳极。由于金属钼的热导率高，因此它也用于制造热电偶和真空管。



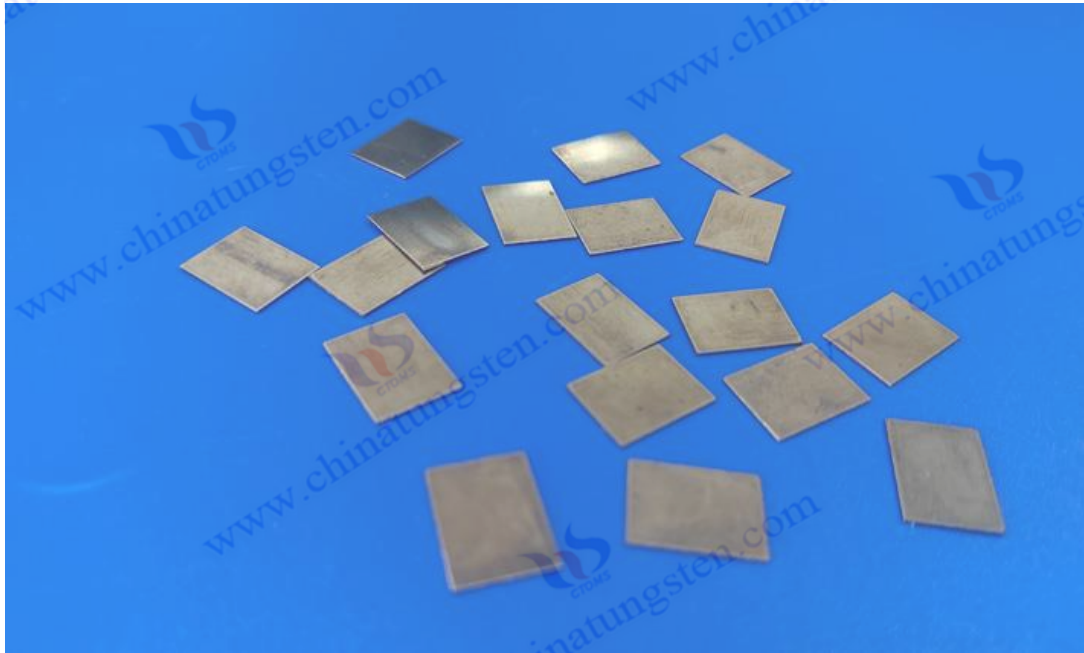
中钨在线钨棒

高温合金制造：金属钼具有出色的高温稳定性和耐腐蚀性，因此广泛用于制造高温合金。这些高温合金主要用于航空航天工业，包括喷气发动机零部件、导弹部件和发动机喷嘴。





电子封装：金属钼的封装特性使其成为集成电路制造中的重要材料。它用于制造电子封装底座、引脚和支架，以确保电子元件的可靠性和性能。



中钨在线钼片

光学领域：金属钼被用于制造高质量的光学镜片、反射镜和光栅。由于其高熔点和稳定性，金属钼在高温光学应用中表现出色，例如激光器和高温光学系统。

化学工业：金属钼用于制造化学催化剂，如氧化剂和加氢剂，用于促进化学反应。此外，它还用于电池制造、润滑油添加剂和防腐蚀涂料。

1.4 稀土元素

稀土（Rare earth）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）、镱（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）共 17 种元素的总称。稀土元素由于原子序数、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。

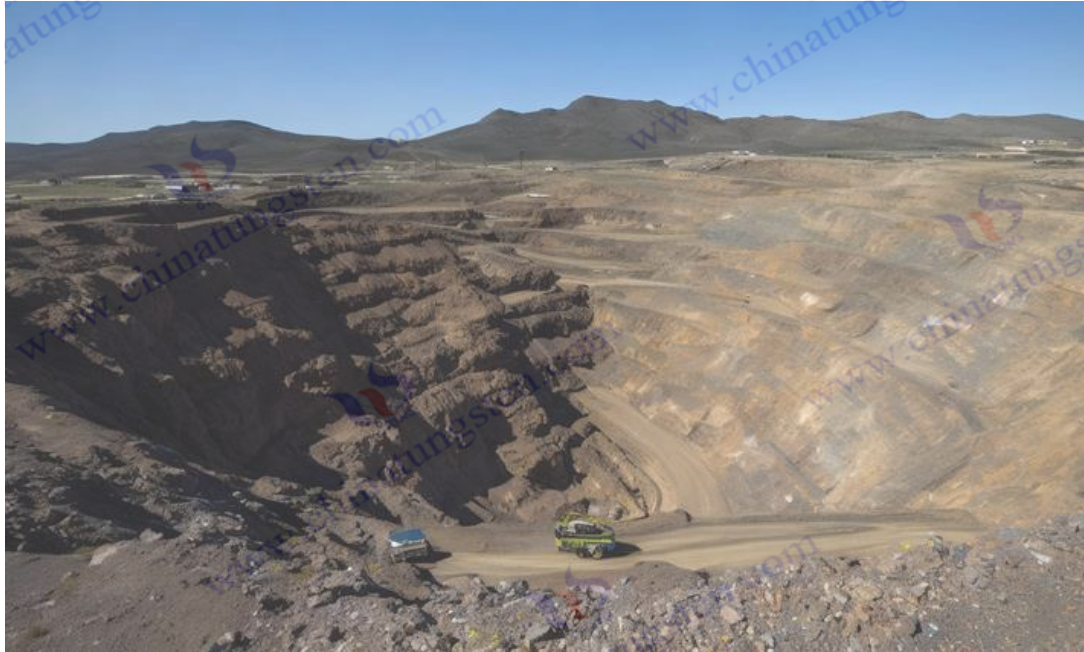
稀土元素的原子结构比较复杂，电子排布有一定的特殊性，因此在化学反应中表现出较高的化学活性，能够与其他元素形成多种化合物，这使得稀土元素具有广泛的应用前景，比如可以生产优良的电池正负极材料、化工催化剂、荧光粉、永磁材料、激光材料等。另外，稀土元素还具有良好的磁性、光学性质、半导体性质、稀土磁石效应、催化性能等性能。

根据原子序数和相对原子质量的不同，稀土元素可以分为轻稀土（light rare earth）和重稀土（heavy rare earth）。其中，轻稀土元素又称为铈族稀土，是指原子序数较低和质量较小的元素，共有七种，分别为镧、铈、镨、钕、钷、钐和铕。重稀土元素又称为钇族稀土，原子序数从 64~71，再加上 39 号元素，即钆、铽、镝、钬、铒、铥、镱、镱和钇 9





种元素。



稀土矿

1.4.1 稀土用途

稀土元素具有一些独特的性质，包括高磁性、优异的光学性质和电导率，因此它们在各种高技术应用中发挥着关键作用。

镧元素（Lanthanum, La）：原子序数为 57，相对原子质量约为 138.9，呈银灰色光泽，密度约为 6.162g/cm³，熔点约为 920℃。它在工业中具有多种应用，包括用于制造镍氢电池、光学玻璃、光学纤维板、显微镜镜头、照相机镜头、摄影机镜头、光学仪器棱镜、陶瓷电容器和催化剂等。

铈元素（Cerium, Ce）：原子序数为 58，相对原子质量约为 140.1，呈灰色，密度约为 6.9g/cm³，熔点约为 795℃，易溶于酸。铈元素在工业中广泛用作还原剂、催化剂、合金添加剂和植物生长调节剂。此外，它还用于生产铈盐、电弧电极、特种玻璃和荧光粉等。

镨元素（Praseodymium, Pr）：原子序数为 59，相对原子质量约为 140.9，呈银白色，密度约为 6.77g/cm³，熔点约为 931℃。镨元素具有较强的抗腐蚀能力，用途广泛，主要用于生产净化变质剂、化工催化剂、永磁材料、抛光材料和光纤放大器等。

钕元素（Neodymium, Nd）：原子序数为 60，相对原子质量约为 144.2，呈银白色，密度约为 7.0g/cm³，熔点约为 931℃。钕元素具有顺磁性，广泛用于生产永磁材料、石榴石、激光材料、护目镜、玻璃、陶瓷和橡胶等。

钷元素（Promethium, Pm）：原子序数为 61，相对原子质量约为 144.9，呈银白色或灰色光泽，密度约为 7.2g/cm³，熔点约为 1042℃，具有一定的放射性。它主要用作密度计、

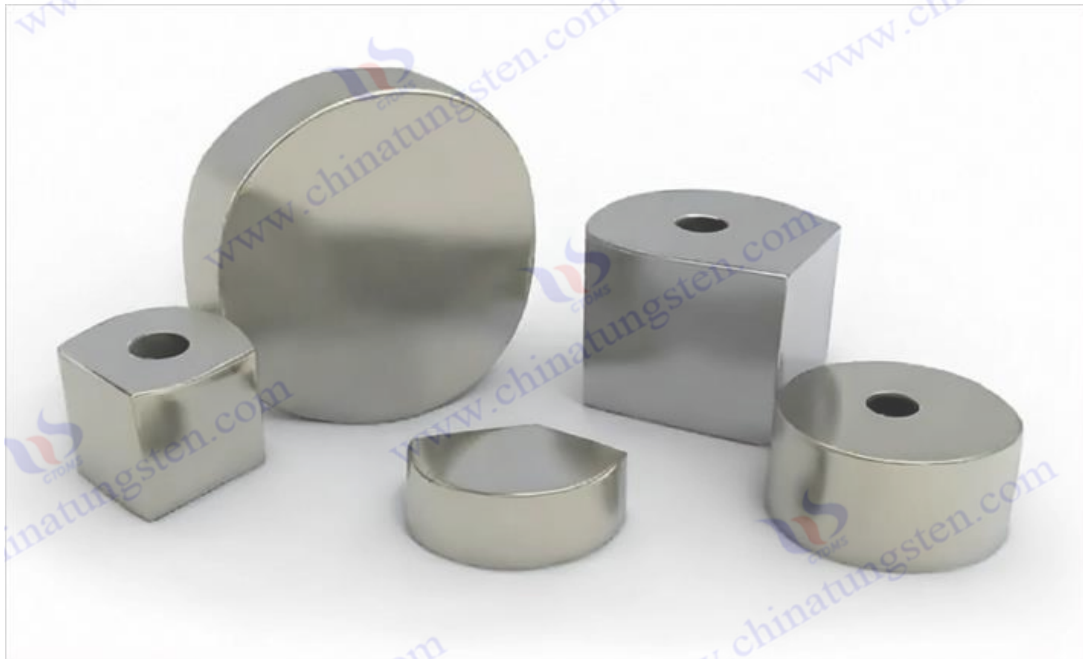




测厚仪的放射线源，并且与硫化锌混合可制成荧光粉，用于航标灯等应用。

钐元素 (Samarium, Sm)：原子序数为 62，相对原子质量约为 150.3，呈银白色，密度约为 7.5g/cm³，熔点约为 1072℃。钐元素被用于制造中子吸收剂、激光材料、合金、微波和红外器材等。

铕元素 (Europium, Eu)：原子序数为 63，相对原子质量约为 151.9，呈银白色，密度约为 7.4g/cm³，熔点约为 822℃。铕元素广泛用于生产荧光粉、激光材料、有色镜片、光学滤光片、磁泡贮存器件、原子反应堆的控制材料和屏蔽材料等多个领域。



稀土永磁材料

钆元素 (Gadolinium, Gd)：原子序数为 64，相对原子质量约为 157.25，外观为银白色，熔点约为 1313℃，密度约为 7.901g/cm³。钆元素具有一定的延展性和磁性，广泛用于磁共振成像诊断的调节剂、石榴石的媒体物质、钕钴磁体的添加剂、X 射线荧光屏的基质栅网、反应堆的控制材料和防护材料。此外，钆元素还可用于制造制冷器、光纤和光盘等产品。

铽元素 (Terbium, Tb)：原子序数为 65，相对原子质量约为 158.93，外观为银白色，熔点约为 1356℃，密度约为 8.27g/cm³。在高温下容易被空气氧化。铽元素应用广泛，包括用作磁光贮存材料、三基色荧光粉中的绿粉的激活剂和磁光玻璃的添加剂。此外，铽元素在 X 射线照相使用时也是必须的材料。

镝元素 (Dysprosium, Dy)：原子序数为 66，相对原子质量约为 162.50，外观为银白色，熔点约为 1412℃，密度约为 8.55g/cm³。镝元素容易被氧气氧化，在接近绝对零度时具有超导性。它主要用作荧光粉激活剂、永磁体添加剂、反应堆控制材料、磁光存贮材料和化工石油的催化剂。此外，镝元素还可用于制造照明光源，如镝灯等。

铥元素 (Holmium, Ho)：原子序数为 67，相对原子质量约为 164.93，外观为银白色，





熔点约为 1474°C ，密度约为 8.79g/cm^3 ，易被氧气氧化，具有一定的延展性。它用途包括作为钨铝石榴石的添加剂、金属卤素灯添加剂和铁磁材料添加剂等。

铒元素 (Erbium, Er)：原子序数为 68，相对原子质量约为 167.26，外观为银白色，熔点约为 1529°C ，密度约为 9.00g/cm^3 。在低温下具有反铁磁性，在接近绝对零度时具有强铁磁性。铒元素可以用来制造掺铒光纤放大器、陶瓷釉彩、稀土玻璃激光材料、眼镜片、结晶玻璃等产品。



眼镜

铥元素 (Thulium, Tm)：原子序数为 69，相对原子质量约为 168.9，外观为银白色，熔点约为 1545°C ，密度约为 9.32g/cm^3 ，在空气中稳定，具有一定的延展性。铥元素的用途包括作为医用 X 光机射线源、荧光粉激活剂、金属卤素灯添加剂，还可以用于临床诊断和治疗肿瘤。

镱元素 (Ytterbium, Yb)：原子序数为 70，相对原子质量约为 173.04，外观为银白色，熔点约为 824°C ，密度约为 6.54g/cm^3 ，易氧化，有延展性。主要用作屏蔽涂层材料、磁致伸缩材料、稀土玻璃激光材料和磨牙空洞的树脂基填料，还可以制造光纤放大器。

镥元素 (Lutetium, Lu)：原子序数为 71，相对原子质量约为 174.96，光泽介于银和铁之间，熔点约为 1663°C ，密度约为 9.84g/cm^3 ，在空气中比较稳定。镥元素用途广泛，可作为石油化工的催化剂、磁泡贮存器的原料、特殊合金的原料等。

