

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.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.cn

ceo@tungsten.com.cn



作者简介

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

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

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

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

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



BRIEF INTRODUCTION TO THE AUTHOR

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

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

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

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

DR. HANNS

©CHINATUNGSTEN ONLINE
XIAMEN CHINA, NOV.01,2023

www.ctia.com.cn

ceo@tungsten.com.cn



钨钼稀土市场的新蓝海

——《钨钼稀土在新能源电池领域的应用与市场研究》内容简介

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

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

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





目 录

第 I 部分 电池、钨、钼和稀土的介绍

第一章 电池、钨、钼和稀土的基本概念

1.1 蓄电池

1.1.1 蓄电池基本结构

1.1.1.1 正极材料

1.1.1.2 负极材料

1.1.1.3 电解液

1.1.1.4 隔膜

1.1.2 蓄电池工作原理

1.1.3 蓄电池分类

1.1.3.1 传统电池

1.1.3.2 新能源电池

1.1.3.3 动力电池

1.1.3.4 储能电池

1.1.3.5 圆柱电池

1.1.3.6 方形电池

1.1.3.7 软包电池

1.1.4 新能源电池的发展历程

1.1.5 新能源电池应用领域

1.1.6 新能源电池市场趋势和前景

1.1.6.1 新能源电池行业发展现状

1.1.6.2 新能源电池行业发展前景

1.2 金属钨

1.2.1 钨的理化性质

1.2.2 钨的发展历史

1.2.3 钨的用途

1.3 金属钼

1.3.1 钼的理化性质

1.3.2 钼的发展历史

1.3.3 钼的用途

1.4 稀土元素

1.4.1 稀土用途

第二章 常见电池的介绍

2.1 铅酸电池

2.1.1 铅酸电池基本结构

2.1.1.1 铅酸电池正极材料

2.1.1.2 铅酸电池负极材料





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

2.2 锂离子电池

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



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



2.3 磷酸铁锂电池

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

2.4 三元电池

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

2.5 钴酸锂电池

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

2.6 锰酸锂电池

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

2.7 无钴电池

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

2.8 锂硫电池



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

2.9 钠离子电池

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



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



2.10.7 锌离子电池使用注意事项

2.10.8 锌离子电池的应用

2.10.9 锌离子电池的发展现状

2.10.10 锌离子电池的发展前景

2.10.11 锌离子电池的发展瓶颈

2.11 镍氢电池

2.11.1 镍氢电池基本结构

2.11.1.1 镍氢电池正极材料

2.11.1.2 镍氢电池负极材料

2.11.1.3 镍氢电池隔膜

2.11.1.4 镍氢电池电解液

2.11.2 镍氢电池工作原理

2.11.3 镍氢电池主要特性

2.11.4 镍氢电池生产工序

2.11.5 镍氢电池性能的影响因素

2.11.5.1 正极材料对镍氢电池性能的影响

2.11.5.2 负极材料对镍氢电池性能的影响

2.11.5.3 隔膜对镍氢电池性能的影响

2.11.5.4 电解液对镍氢电池性能的影响

2.11.5.5 放电深度对镍氢电池寿命的影响

2.11.5.6 过充电程度对镍氢电池寿命的影响

2.11.5.7 工作温度对镍氢电池寿命的影响

2.11.5.8 放电电流密度对镍氢电池寿命的影响

2.11.6 镍氢电池技术指标

2.11.7 镍氢电池使用注意事项

2.11.8 镍氢电池的应用

2.11.9 镍氢电池的发展现状

2.11.10 镍氢电池的发展前景

2.11.11 镍氢电池的发展瓶颈

2.12 燃料电池

2.12.1 燃料电池基本结构

2.12.1.1 燃料电池阳极材料

2.12.1.2 燃料电池阴极材料

2.12.1.3 燃料电池隔膜

2.12.1.4 燃料电池电解质

2.12.1.5 燃料电池催化剂

2.12.1.6 燃料电池集电器

2.12.2 燃料电池工作原理

2.12.3 燃料电池主要特性

2.12.4 燃料电池生产工序

2.12.5 燃料电池性能的影响因素

2.12.5.1 阳极材料对燃料电池性能的影响

2.12.5.2 阴极材料对燃料电池性能的影响

2.12.5.3 催化剂对燃料电池性能的影响



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

2.13 太阳能电池

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

第三章 电池性能的检测

3.1 电池的主要性能

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





3.2 电池性能的检测

3.2.1 电池电动势的测试

3.2.1.1 电池电动势测试的目的

3.2.1.2 电池电动势测试的原理

3.2.1.3 电池电动势测试的方法

3.2.1.4 电池电动势测试的优势

3.2.1.5 电池电动势测试的注意事项

3.2.2 电池容量的测试

3.2.2.1 电池容量测试的目的

3.2.2.2 电池容量测试的原理

3.2.2.3 电池容量测试的方法

3.2.2.4 电池容量测试的优势

3.2.2.5 电池容量测试的注意事项

3.2.3 电池内阻的测试

3.2.3.1 电池内阻测试的目的

3.2.3.2 电池内阻测试的原理

3.2.3.3 电池内阻测试的方法

3.2.3.4 电池内阻测试的优势

3.2.3.5 电池内阻测试的注意事项

3.2.4 电池循环寿命的测试

3.2.4.1 电池循环寿命测试的目的

3.2.4.2 电池循环寿命测试的原理

3.2.4.3 电池循环寿命测试的方法

3.2.4.4 电池循环寿命测试的优势

3.2.4.5 电池循环寿命测试的注意事项

3.2.5 电池静态容量的测试

3.2.5.1 电池静态容量测试的目的

3.2.5.2 电池静态容量测试的原理

3.2.5.3 电池静态容量测试的方法

3.2.5.4 电池静态容量测试的优势

3.2.5.5 电池静态容量测试的注意事项

3.2.6 电池充放电性能的测试

3.2.6.1 电池充放电性能测试的目的

3.2.6.2 电池充放电性能测试的原理

3.2.6.3 电池充放电性能测试的方法

3.2.6.4 电池充放电性能测试的优势

3.2.6.5 电池充放电性能测试的注意事项

3.2.7 电池循环次数的测试

3.2.7.1 电池循环次数测试的目的

3.2.7.2 电池循环次数测试的原理

3.2.7.3 电池循环次数测试的方法

3.2.7.4 电池循环次数测试的优势

3.2.7.5 电池循环次数测试的注意事项

3.2.8 电池过充电保护的测试



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

第四章 蓄电池应用领域概览

4.1 交通工具用蓄电池

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

4.2 电子产品用蓄电池

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

4.3 智能家电用蓄电池

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



4.3.4 智能窗帘用蓄电池

4.3.5 智能夜灯用蓄电池

4.3.6 智能音箱用蓄电池

4.3.7 智能马桶用蓄电池

4.4 航空器用蓄电池

4.4.1 卫星用蓄电池

4.4.2 火箭推进系统用蓄电池

4.4.3 军事设备用蓄电池

4.5 电力系统用蓄电池

4.6 医疗设备用蓄电池

4.6.1 电子体温计用蓄电池

4.6.2 呼吸机用蓄电池

4.6.3 便携式心电图机用蓄电池

4.6.4 移动式超声设备用蓄电池

4.6.5 除颤仪用蓄电池

4.7 电动工具用蓄电池

4.7.1 电钻用蓄电池

4.7.2 电锤用蓄电池

4.7.3 电锯用蓄电池

4.7.4 角磨机用蓄电池

4.7.5 电剪用蓄电池

4.8 农业设备用蓄电池

4.8.1 收割机用蓄电池

4.8.2 播种机用蓄电池

4.8.3 喷灌机用蓄电池

4.8.4 饲料投喂器用蓄电池

第 II 部分 钨在新能源电池市场的介绍

第五章 新能源电池中的钨化合物介绍

5.1 什么是钨酸

5.1.1 钨酸理化性质

5.1.2 钨酸分类

5.1.2.1 新能源电池用黄钨酸

5.1.2.2 新能源电池用白钨酸

5.1.2.3 新能源电池用偏钨酸

5.1.3 钨酸生产方法

5.1.3.1 黄钨酸生产方法

5.1.3.2 白钨酸生产方法

5.1.3.3 偏钨酸生产方法

5.1.4 钨酸应用

5.2 什么是氧化钨

5.2.1 氧化钨理化性质





- 5.2.1.1 什么是氧化钨的氧化还原性
- 5.2.1.2 什么是氧化钨的电致变色
- 5.2.1.3 什么是氧化钨的光致变色
- 5.2.1.4 什么是氧化钨的气敏性
- 5.2.1.5 什么是氧化钨的能量密度
- 5.2.3 氧化钨分类
 - 5.2.3.1 新能源电池用氧化钨纳米颗粒
 - 5.2.3.2 新能源电池用氧化钨纳米片
 - 5.2.3.3 新能源电池用氧化钨纳米线
 - 5.2.3.4 新能源电池用氧化钨纳米棒
 - 5.2.3.5 新能源电池用氧化钨纳米花
 - 5.2.3.6 新能源电池用黄色氧化钨
 - 5.2.3.7 新能源电池用蓝色氧化钨
 - 5.2.3.8 新能源电池用紫色氧化钨
 - 5.2.3.9 新能源电池用白色氧化钨
 - 5.2.3.10 新能源电池用二氧化钨
- 5.2.4 氧化钨生产方法
 - 5.2.4.1 热分解法制备氧化钨
 - 5.2.4.2 水热合成法制备氧化钨
 - 5.2.4.3 溶胶凝胶法制备氧化钨
 - 5.2.4.4 电化学氧化法制备氧化钨
- 5.2.5 氧化钨应用
- 5.3 什么是黄色氧化钨**
 - 5.3.1 黄色氧化钨结构
 - 5.3.2 黄色氧化钨理化性质
 - 5.3.2.1 什么是黄色氧化钨的密度
 - 5.3.2.2 什么是黄色氧化钨的松装密度
 - 5.3.2.3 什么是黄色氧化钨的氧化性
 - 5.3.2.4 什么是黄色氧化钨的电致变色
 - 5.3.2.5 什么是黄色氧化钨的气敏性
 - 5.3.3 黄色氧化钨分类
 - 5.3.3.1 新能源电池用黄色氧化钨纳米颗粒
 - 5.3.3.2 新能源电池用黄色氧化钨纳米片
 - 5.3.3.3 新能源电池用黄色氧化钨纳米线
 - 5.3.3.4 新能源电池用黄色氧化钨纳米棒
 - 5.3.3.5 新能源电池用黄色氧化钨纳米花
 - 5.3.3.6 新能源电池用微米黄色氧化钨
 - 5.3.3.7 新能源电池用亚微米黄色氧化钨
 - 5.3.3.8 新能源电池用纳米黄色氧化钨
 - 5.3.3.9 新能源电池用亚纳米黄色氧化钨
 - 5.3.4 黄色氧化钨生产方法
 - 5.3.5 黄色氧化钨应用
- 5.4 什么是紫色氧化钨**
 - 5.4.1 紫色氧化钨结构



- 5.4.2 紫色氧化钨理化性质
- 5.4.3 紫色氧化钨分类
 - 5.4.3.1 新能源电池用针状紫色氧化钨
 - 5.4.3.2 新能源电池用棒状紫色氧化钨
 - 5.4.3.3 新能源电池用微米紫色氧化钨
 - 5.4.3.4 新能源电池用亚微米紫色氧化钨
 - 5.4.3.5 新能源电池用纳米紫色氧化钨
 - 5.4.3.6 新能源电池用亚纳米紫色氧化钨
- 5.4.4 紫色氧化钨生产方法
- 5.4.5 紫色氧化钨应用

5.5 什么是二氧化钨

- 5.5.1 二氧化钨结构
- 5.5.2 二氧化钨理化性质
- 5.5.3 二氧化钨分类
 - 5.5.3.1 新能源电池用二氧化钨纳米颗粒
 - 5.5.3.2 新能源电池用二氧化钨纳米片
 - 5.5.3.3 新能源电池用二氧化钨纳米线
 - 5.5.3.4 新能源电池用二氧化钨纳米棒
 - 5.5.3.5 新能源电池用二氧化钨纳米花
 - 5.5.3.6 新能源电池用微米二氧化钨
 - 5.5.3.7 新能源电池用亚微米二氧化钨
 - 5.5.3.8 新能源电池用纳米二氧化钨
 - 5.5.3.9 新能源电池用亚纳米二氧化钨
- 5.5.4 二氧化钨生产方法
- 5.5.5 二氧化钨应用

5.6 什么是铌钨氧化物

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

5.7 什么是氮化钨

- 5.7.1 氮化钨结构
- 5.7.2 氮化钨理化性质
- 5.7.3 氮化钨分类
 - 5.7.3.1 新能源电池用六叠氮化钨
 - 5.7.3.2 新能源电池用二氮化钨
 - 5.7.3.3 新能源电池用氮化二钨
- 5.7.4 氮化钨生产方法
- 5.7.5 氮化钨应用

5.8 什么是硼化钨

- 5.8.1 硼化钨结构
- 5.8.2 硼化钨理化性质
- 5.8.3 硼化钨分类
 - 5.8.3.1 新能源电池用一硼化钨





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

第六章 钨在锂离子电池中的应用

6.1 纳米钨酸在锂离子电池中的应用

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





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

第七章 钨在锂硫电池中的应用

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



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

第八章 钨在钠离子电池中的应用

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





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

第九章 钨在锌空电池中的应用

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

第十章 钨在燃料电池中的应用

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

第十一章 钨在太阳能电池中的应用



11.1 氧化钨在太阳能电池中的应用

11.1.1 太阳能电池正面银浆用三氧化钨

11.1.2 太阳能电池用氧化钨薄膜

11.1.3 太阳能电池用氧化钨的挑战

11.2 二硫化钨在太阳能电池中的应用

11.2.1 太阳能电池光活性层用二硫化钨

11.2.2 太阳能电池空穴传输层用二硫化钨纳米膜

11.2.3 太阳能电池用二硫化钨的挑战

11.3 二硒化钨在太阳能电池中的应用

11.3.1 太阳能电池导电层用二硒化钨

11.3.2 太阳能电池用二硒化钨的挑战

11.4 钨酸镉在太阳能电池中的应用

11.4.1 太阳能电池用钨酸镉

11.4.2 太阳能电池用钨酸镉的挑战

第十二章 钨在电池中的技术挑战与解决方案

12.1 纳米钨酸在电池中的技术挑战与解决方法

12.2 纳米三氧化钨在电池中的技术挑战与解决方法

12.3 纳米紫色氧化钨在电池中的技术挑战与解决方法

12.4 钨钨氧化物在电池中的技术挑战与解决方法

12.5 纳米二硫化钨在电池中的技术挑战与解决方法

12.6 纳米二硒化钨在电池中的技术挑战与解决方法

12.7 纳米氮化钨在电池中的技术挑战与解决方法

第十三章 钨基电池的生产成本

第十四章 钨在电池中的潜在价值与应用前景

第 III 部分 钨在新能源电池市场的介绍

第十五章 新能源电池中的钨化合物介绍

15.1 什么是氧化钨

15.1.1 氧化钨结构

15.1.2 氧化钨理化性质

15.1.3 氧化钨分类

15.1.3.1 新能源电池用三氧化钨

15.1.3.2 新能源电池用二氧化钨

15.1.3.3 新能源电池用氧化钨纳米线

15.1.3.4 新能源电池用氧化钨纳米棒

15.1.3.5 新能源电池用氧化钨纳米纤维

15.1.3.6 新能源电池用微米氧化钨

15.1.3.7 新能源电池用亚微米氧化钨





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



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

第十六章 钨在锂离子电池中的应用

16.1 氧化钨在锂离子电池中的应用

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

16.2 氮化钨在锂离子电池中的应用

- 16.2.1 锂离子电池负极材料用氮化钨复合材料





- 16.2.2 锂离子电池负极材料用氮化钨的挑战
- 16.3 二硫化钨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钨
 - 16.3.2 锂离子电池负极材料用二硫化钨的挑战
- 16.4 二硒化钨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钨
 - 16.4.2 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 锂离子电池负极材料用钨酸锂
 - 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挑战

第十七章 钨在锂硫电池中的应用

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





17.5 二硒化钨在锂硫电池中的应用

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

第十八章 钨在钠离子电池中的应用

18.1 氧化钨在钠离子电池中的应用

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

18.2 二硫化钨在钠离子电池中的应用

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

18.3 二硒化钨在钠离子电池中的应用

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

18.4 钨酸锂在钠离子电池中的应用

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

18.5 钨酸铁在钠离子电池中的应用

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

18.6 钨酸镍在钠离子电池中的应用

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

第十九章 钨在锌离子电池中的应用

19.1 氧化钨在锌离子电池中的应用

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

19.2 二硫化钨在锌离子电池中的应用

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

19.3 钨钒氧化物在锌离子电池中的应用

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





19.4 钼酸锌在锌离子电池中的应用

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

第二十章 钼在燃料电池中的应用

20.1 金属钼在燃料电池中的应用

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

20.2 三氧化钼纳米线在燃料电池中的应用

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

20.3 碳化钼在燃料电池中的应用

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

20.4 氮化钼在燃料电池中的应用

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

20.5 磷钼酸在燃料电池中的应用

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

20.6 钼酸镧在燃料电池中的应用

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

20.7 镍钼合金在燃料电池中的应用

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

20.8 铂铜钼三元合金在燃料电池中的应用

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

第二十一章 钼在太阳能电池中的应用

21.1 硫化钼在太阳能电池中的应用

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

21.2 硒化钼在太阳能电池中的应用

- 21.2.1 什么是硒化钼/硅异质结太阳能电池



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

第二十二章 钼在电池中的技术挑战与解决方案

- 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

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 铈元素
- 25.7 钐元素
- 25.8 铈元素
- 25.9 铈元素
- 25.10 铈元素
- 25.11 铈元素
- 25.12 铈元素
- 25.13 铈元素

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 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

稀土元素是化学元素周期表中镧系元素的统称，包括镧（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）共 15 种元素，以及与镧系元素密切相关的钪（Sc）和钇（Y），共 17 种元素。这些元素因其独特的物理和化学性质，在新能源、新材料、电子信息、航空航天等多个领域具有广泛的应用前景。

稀土元素

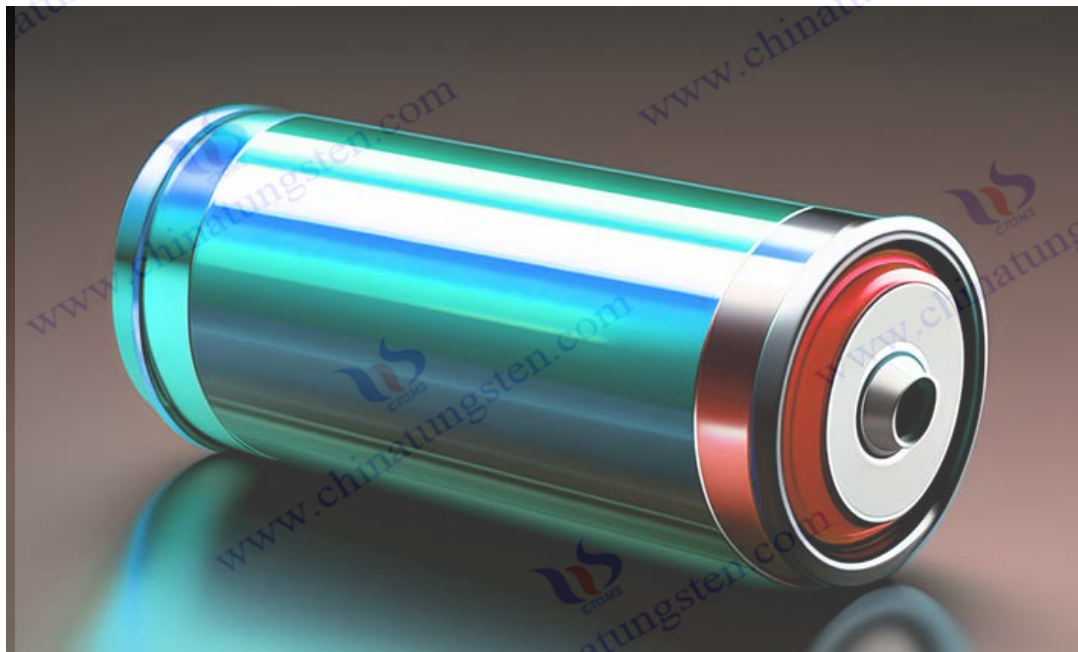
在储能电池领域，特别是锂电池和太阳能电池中，稀土元素发挥着重要作用。例如，在锂电池领域，镧元素因其能够与锂离子形成稳定的配合物而备受关注。这种配合物不仅有助于构建高效的离子传输通道，提升电池的离子导电性能，还能在一定程度上改善电池的电化学稳定性。通过优化 La 元素在电池材料中的含量和分布，可以显著增强电池的循环寿命，减少因长期充放电循环而导致的性能衰减。

铈元素在锂电池中的应用主要体现在其氧化物作为电极材料的组成部分。铈的氧化物具有较高的理论比容量和良好的结构稳定性，能够在充放电过程中保持较高的活性，从而提高电池的能量密度和循环稳定性。此外，Ce 元素还因其独特的储氢性能，在镍氢电池等其他类型的储能系统中也展现出了潜在的应用价值。通过合理的材料设计和工艺优化，Ce 元素有望为储能电池带来更高的能量存储效率和更长的使用寿命。

除了上述几种主要稀土元素外，如钐、铕、钆等也在某些特定类型的电池或电池组件中发挥着重要作用。这些元素可能通过改善电池材料的导电性、热稳定性或机械性能等方面来



提升电池的整体性能。然而，由于它们的应用范围和重要性相对较小，目前的研究和应用主要集中在探索其潜在价值和优化其性能表现上。



电池

值得一提的是，虽然镨和钕并不直接用于电池内部材料的构建，但它们作为制造钕铁硼永磁体的关键原料，对新能源汽车等应用领域的电池系统性能产生了深远影响。钕铁硼永磁体以其高磁能积、高矫顽力和优异的磁稳定性，成为驱动电机（如新能源汽车中的永磁同步电机）的理想选择。通过提高电机的效率和性能，镨和钕间接地提升了电池系统的整体效能和续航里程。随着新能源汽车市场的不断扩大，对高性能永磁体的需求也将持续增长，从而进一步推动镨和钕在储能电池相关领域的应用。



新能源汽车



稀土元素在电池中的应用优势包括：提高能量密度，增强循环稳定性，提高安全性，提升充放电效率等。



电池

稀土元素以其独特的物理化学性质，在改善电池材料晶体结构和电化学性能方面展现出巨大潜力。通过优化电池材料的配方和结构设计，稀土元素的加入能够有效提升电池的能量密度。这意味着在相同的体积或重量下，含有稀土元素的电池能够存储更多的电能，从而提供更长的续航时间和更高的能量输出。这对于电动汽车、便携式电子产品等需要高能量密度的应用场景尤为重要。



电动汽车





循环稳定性是衡量电池性能的重要指标之一。稀土元素能够稳定电池材料的结构，减少在充放电过程中因体积变化或结构破坏而导致的性能衰减。这种稳定性不仅延长了电池的循环寿命，还确保了电池在长期使用过程中的性能一致性。对于需要频繁充放电的储能系统来说，这一优势尤为重要，因为它直接关联到系统的可靠性和经济性。

电池的安全性是用户和企业共同关注的焦点。稀土元素的应用能够显著改善电池的热稳定性和抗过充、过放能力。通过降低电池在极端条件下的热失控风险，稀土元素提高了电池的安全性能。这对于保障电池系统的安全稳定运行具有重要意义，特别是在电动汽车等涉及人员安全的应用场景中更为关键。

稀土元素的添加还可以优化电极材料的离子传输通道和电化学反应速率。这有助于减少电池在充放电过程中的内阻和极化现象，提高电池的充放电效率。这意味着电池可以在更短的时间内完成充电或放电过程，从而提高了使用便利性。对于快节奏生活的现代人来说，这一优势无疑具有巨大的吸引力。



稀土矿图片

随着全球对可再生能源和新能源汽车需求的不断增加，稀土元素在电池领域的应用前景非常广阔。

市场需求持续增长：随着电动汽车、储能系统、便携式电子产品等市场的不断扩大，对高性能、高能量密度电池的需求将持续增长。这将推动稀土元素在电池领域的应用规模不断扩大。根据国际能源署测算，2030 年全球新能源汽车需求量将达 4500 万辆，是 2022 年的 4.5 倍；全球光伏新增装机需求将达到 820 吉瓦，是 2022 年的约 4 倍。

技术创新推动产业升级：随着材料科学、电化学等领域的不断发展和技术创新，稀土元素在电池中的应用将更加广泛和深入。例如，通过优化稀土元素的配比和工艺条件，可以进



一步提高电池的性能和降低成本。

环保和可持续发展：稀土元素的开采和加工过程可能对环境造成一定影响。因此，未来在稀土元素的应用过程中需要更加注重环保和可持续发展。通过采用绿色开采技术、提高资源利用率和回收利用率等措施，可以降低稀土元素应用的环境风险。自 2024 年 10 月 1 日起施行的《稀土管理条例》明确稀土资源属于国家所有，任何组织和个人不得侵占或者破坏稀土资源；国家鼓励和支持稀土产业新技术、新工艺、新产品、新材料、新装备的研发和应用，持续提升稀土资源开发利用水平，推动稀土产业高端化、智能化、绿色化发展。



稀土矿图片

25.1 镧元素

镧（Lanthanum, La）是一种银白色金属，是元素周期表中第 57 号元素，属于镧系元素（也称为稀土元素）的一员。这一名称源自希腊文“lanthanós”，意为“隐蔽”，恰如其分地描述了稀土元素在早期被发现时因含量稀少且难以分离而“隐身”于自然界的特性。镧的独特物理化学性质、生产方法以及广泛的应用领域，使其成为现代科技和工业发展中不可或缺的重要元素。

镧的物理性质：密度：6.162g/cm³，相对较轻，但高于大多数轻金属。熔点：920℃，相对较低，使得镧在相对较低的温度下即可熔化。沸点：3464℃（常压），显示出其高温稳定性。质地：柔软，具有良好的延展性，可以用刀切割。镧的化学性质：非常活泼，容易与空气中的氧气反应，形成氧化膜，但此膜并不能有效阻止进一步氧化；能缓慢地与冷水反应，并在热水中剧烈反应产生氢气；与大多数酸能迅速反应，显示出其强还原性。

镧的生产主要依赖于稀土矿物的提取和分离过程。由于稀土元素在自然界中通常以混合物的形式存在，如独居石（主要成分为氟磷酸钙铈镧）和氟碳铈矿等，因此需要通过复杂的化学和物理方法将它们逐一分离出来。



矿石处理：将含有稀土的矿石进行破碎、磨矿和选矿，以富集稀土矿物。溶解与沉淀：采用酸溶法（如硫酸法）将稀土矿物溶解，再通过沉淀、萃取等方法初步分离出含镧的溶液。离子交换或溶剂萃取：利用不同稀土元素在特定溶剂或离子交换树脂中的选择性吸附和解析特性，进一步纯化含镧溶液。电解或还原：通过电解法或金属热还原法从纯化后的镧盐溶液中析出金属镧。

	88 Ra 镭 7s ² [226]	89~103 Ac~Lr 锕系	104 Rf 钷* (6d ⁷ 7s ²) [265]	105 Db 铼* (6d ⁷ 7s ²) [268]	106 Sg 𨭎* [271]	107 Bh 𨭉* [270]	108 Hs 𨭊* [277]
镧系	57 La 镧 5d ¹ 6s ² 138.9	58 Ce 铈 4f ¹ 5d ¹ 6s ² 140.1	59 Pr 镨 4f ³ 6s ² 140.9	60 Nd 钕 4f ⁴ 6s ² 144.2	61 Pm 钷* 4f ⁵ 6s ² [145]	62 Sm 钐 4f ⁶ 6s ² 150.4	
锕系	89 Ac 锕 6d ¹ 7s ² [227]	90 Th 钍 6d ² 7s ² 232.0	91 Pa 镤 5f ² 6d ¹ 7s ² 231.0	92 U 铀 5f ³ 6d ¹ 7s ² 238.0	93 Np 镎 5f ⁴ 6d ¹ 7s ² [237]	94 Pu 钷 5f ⁶ 7s ² [244]	

镧元素

随着新能源技术的发展，镧系元素在储能材料中的应用也日益受到重视，如作为镍氢电池等新型储能设备的关键材料。镧及其化合物在催化领域有广泛应用，如作为石油裂化、重整等化学反应的催化剂，提高反应效率和产物选择性。镧系元素在光学领域表现出色，镧的某些化合物可用于制造光学玻璃、激光材料等，提高光学器件的性能。镧与铁、钴等金属形成的合金具有优异的磁性能，广泛应用于永磁体、磁存储介质等领域。在电子工业中，镧及其化合物被用作电子陶瓷、电容器、电阻器等元器件的原料，提高电子产品的性能和稳定性。

尽管镧在科技和工业领域有着广泛的应用，但其对环境和人体的潜在影响也不容忽视。镧及其化合物在环境中的积累可能对生态系统造成破坏，而长期接触或摄入过量镧也可能对人体健康产生不利影响。因此，在镧的生产、使用和处理过程中，必须采取严格的环保措施和安全措施，以确保环境安全和人类健康。

25.2 铈元素

铈（Cerium, Ce），是稀土元素家族中的重要一员，是第六周期系第 III B 族镧系元素，原子序数 58，原子质量 140.116 电子排布：[Xe]4f¹5d¹6s²，显示出其外层电子结构的独特性，决定了其化学性质的活泼性。作为自然界中丰度最高的稀土元素之一，铈不仅承载着丰富的科学内涵，还在现代工业、科技及日常生活中发挥着不可替代的作用。



铈名称源自古罗马神话中的谷物与丰收女神——刻瑞斯（Ceres），这一命名既体现了人类对自然界馈赠的感激，也预示着铈元素在促进人类文明进步中的潜在价值。

	88 Ra 镭 7s ² [226]	89~103 Ac~Lr 锕系	104 Rf 钚* (6d ⁷ 7s ²) [265]	105 Db 铼* (6d ⁷ 7s ²) [268]	106 Sg 𨭆* [271]	107 Bh 鰐* [270]	108 Hs 𨭉* [277]
镧系	57 La 镧 5d ¹ 6s ² 138.9	58 Ce 铈 4f ¹ 5d ¹ 6s ² 140.1	59 Pr 镨 4f ³ 6s ² 140.9	60 Nd 钕 4f ⁴ 6s ² 144.2	61 Pm 钷* 4f ⁵ 6s ² [145]	62 Sm 钐 4f ⁶ 6s ² 150.4	
锕系	89 Ac 锕 6d ¹ 7s ² [227]	90 Th 钍 6d ² 7s ² 232.0	91 Pa 镤 5f ² 6d ¹ 7s ² 231.0	92 U 铀 5f ³ 6d ¹ 7s ² 238.0	93 Np 镎 5f ⁴ 6d ¹ 7s ² [237]	94 Pu 钚 5f ⁶ 7s ² [244]	

铈元素

铈是银灰色的金属，熔点相对较低，约为 799°C，沸点则高达 3426°C，这一特性使得它在某些特定条件下的加工和应用成为可能；具有良好的导电性、导热性、延展性、可塑性。铈在酸中溶解迅速，展现出其还原性的一面，常被用作还原剂。然而，其粉末形态在空气中极易自燃，表现出高度的反应活性。铈在特定条件下可以表现出顺磁性或反铁磁性，这一特性在磁存储材料、传感器等领域具有潜在应用。



铈粉



铈是一种典型的活泼金属，能与多种非金属元素反应，形成稳定的化合物。铈的某些化合物，如氧化铈（ CeO_2 ），具有优异的光学性能，如高透光率、低吸收率等，被广泛用于光学玻璃、涂层及催化剂等领域。

在电池技术领域，铈的应用尤为引人注目。铈常被用作镍氢电池中的添加剂，通过提高电池的储氢能力和电化学性能，显著延长电池的使用寿命和循环稳定性。在锂离子电池中，铈虽然不直接用于正负极材料，但其氧化物（如 CeO_2 ）作为固体电解质或涂层材料，能够提升电池的安全性和能量密度。在质子交换膜燃料电池中，铈基催化剂能够加速氢气的氧化反应，提高燃料电池的效率和稳定性。另外，铈基氧化还原液流电池是一种新型的大规模储能技术，具有能量密度高、循环寿命长、可深度放电等优点，在电网调峰、可再生能源并网等领域具有广阔的应用前景。



氧化铈

25.3 镨元素

在元素周期表的广阔天地中，稀土元素以其独特的物理化学性质和广泛的应用领域而著称。其中，镨（Praseodymium，元素符号 Pr），作为稀土家族的一员，以其“绿色”之名，在科学研究与工业应用中扮演着不可或缺的角色。

镨的英文名 Praseodymium，源自希腊语“prasios”（绿色）和“didymos”（双），寓意其最初被发现时与另一种稀土元素难以分离，且常伴随绿色氧化物出现。镨的原子序数 59，原子质量 140.908。镨在常温常压下呈现六方紧密堆积结构，这种晶体结构赋予了它特定的物理和化学性质。

镨的密度约为 6.77 克/立方厘米，熔点约为 931°C ，沸点约为 3127°C ，具有良好的导电性和导热性，但相比铜、银等传统金属略逊一筹。镨属于较活泼的金属，能与氧气、水等发生



反应，但在空气中抗腐蚀能力较强，优于其前序稀土元素如镧、铈等；暴露于空气中时，镨表面会形成一层绿色的氧化物薄膜，这是其得名“绿色”的直接原因；能与酸反应生成相应的盐和水，也能与多种非金属元素形成化合物。

	88 Ra 镭 7s ² [226]	89~103 Ac~Lr 镧系	104 Rf 钿 (6d ⁷ 7s ²) [265]	105 Db 𨭎 (6d ⁷ 7s ²) [268]	106 Sg 𨭉 [271]	107 Bh 𨭊 [270]	108 Hs 𨭋 [277]
镧系	57 La 镧 5d ¹ 6s ² 138.9	58 Ce 铈 4f ¹ 5d ¹ 6s ² 140.1	59 Pr 镨 4f ³ 6s ² 140.9	60 Nd 钕 4f ⁴ 6s ² 144.2	61 Pm 钷 4f ⁵ 6s ² [145]	62 Sm 钐 4f ⁶ 6s ² 150.4	
镧系	89 Ac 锕 6d ¹ 7s ² [227]	90 Th 钍 6d ² 7s ² 232.0	91 Pa 镤 5f ² 6d ¹ 7s ² 231.0	92 U 铀 5f ³ 6d ¹ 7s ² 238.0	93 Np 镎 5f ⁴ 6d ¹ 7s ² [237]	94 Pu 钚 5f ⁶ 7s ² [244]	

镨元素

镨的提取与纯化主要依赖于稀土矿物的处理过程，通常包括以下步骤：1) 矿石开采与破碎：首先开采含稀土元素的矿石，如独居石、氟碳铈矿等，并进行破碎处理。2) 浸出与分离：使用酸或碱溶液浸出矿石中的稀土元素，随后通过溶剂萃取、离子交换等方法分离出镨的化合物。3) 还原与精炼：将镨的化合物通过电解还原或热还原法转化为金属镨，再通过精炼过程提高纯度。



稀土矿



镨在石油工业中的应用尤为突出。以镨钕富集物的形式加入 Y 型沸石分子筛中，可以显著提升石油裂化催化剂的活性、选择性和稳定性，从而提高石油产品的产率和质量。镨与其他稀土元素结合，可制备出高性能的永磁材料，广泛应用于电机、音响设备、计算机硬盘等领域。镨的某些化合物具有独特的光学性质，如荧光和激光发射特性，可用于制造发光材料、激光器等。作为添加剂，镨能改善玻璃的颜色、透明度和热稳定性，使玻璃制品更具美感和耐用性。

随着环保意识的增强和新能源技术的发展，镨在催化净化、储能材料（如锂离子电池正极材料）等领域的应用前景也日益广阔。



锂离子电池

25.4 钕元素

钕（Neodymium），化学符号为 Nd，是一种稀土元素，属于镧系元素之一。钕元素在元素周期表中的原子序数为 60，具有独特的物理和化学性质。钕元素的发现和研究历史悠久，最早由冯·韦尔塞巴赫在 1885 年发现。

钕的原子序数为 60，原子质量约为 144.242，由质子、中子和电子组成。钕原子的质子数为 60，中子数为 84（中子数=原子质量-质子数=144.242-60≈84），电子数在原子状态下也为 60，但在化合物或离子中电子数可能会有所变化。

钕是一种银白色金属，具有明亮的金属光泽，在自然界中通常与其他稀土元素共生。其主要物理性质包括：密度约为 7.004 克/立方厘米，熔点约为 1024°C，沸点约为 3074°C；在室温下具有顺磁性，即能够受到外部磁场的吸引；在极低的温度下（约-253.2°C），它会转变为反铁磁性；电导率和热导率相对较低，不适合用于电子导线和导热应用。



钕是一种相对活泼的金属，容易与空气中的氧气反应，生成氧化物。其化学性质包括：氧化性：钕在空气中能迅速变暗，生成氧化物。与酸反应：钕可以溶解在浓硝酸和浓盐酸等强酸中，并放出氢气。钕可以形成多种化合物，如氧化物（ Nd_2O_3 ）、硫化物等，且通常以+3 氧化态存在。

88 Ra 镭 7s ² [226]	89~103 Ac~Lr 镧系	104 Rf 钿* (6d ⁷ 7s ²) [265]	105 Db 铼* (6d ⁷ 7s ²) [268]	106 Sg 𨭎* [271]	107 Bh 𨭉* [270]	108 Hs 𨭊* [277]
镧系	57 La 镧 5d ¹ 6s ² 138.9	58 Ce 铈 4f ¹ 5d ¹ 6s ² 140.1	59 Pr 镨 4f ³ 6s ² 140.9	60 Nd 钕 4f ⁴ 6s ² 144.2	61 Pm 钷* 4f ⁵ 6s ² [145]	62 Sm 钐 4f ⁶ 6s ² 150.4
镧系	89 Ac 锕 6d ¹ 7s ² [227]	90 Th 钍 6d ² 7s ² 232.0	91 Pa 镤 5f ² 6d ¹ 7s ² 231.0	92 U 铀 5f ³ 6d ¹ 7s ² 238.0	93 Np 镎 5f ⁴ 6d ¹ 7s ² [237]	94 Pu 钷 5f ⁶ 7s ² [244]

钕元素

钕的生产主要通过从稀土矿石中提取和精炼。主要步骤包括：矿石处理：将稀土矿石进行破碎、磨矿和选矿，分离出含钕的矿物。化学处理：通过化学方法（如酸浸、萃取、沉淀等）将钕从矿物中分离出来。电解精炼：将含钕的化合物熔融后进行电解，得到金属钕。

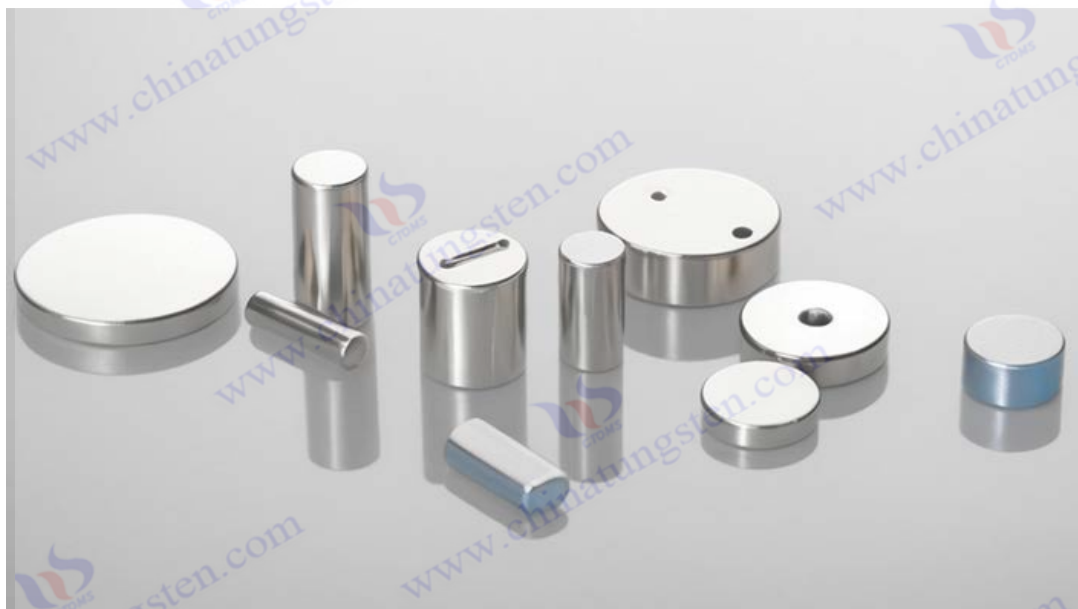


稀土矿



钕元素因其独特的物理和化学性质，在多个领域有广泛的应用：

(1) 磁性材料：钕铁硼磁铁：钕铁硼（NdFeB）磁铁是已知磁性最强的永久磁铁之一，广泛用于电机、发电机、磁共振成像设备、硬盘驱动器、扬声器和电动汽车等设备中。钕铁合金：用于制造高性能磁性材料，如电动汽车中的电动机和发电机。



磁性材料

(2) 激光材料：掺钕的钕铝石榴石（Nd:YAG）和钕玻璃可代替红宝石做激光材料，广泛用于工业切割、焊接和医疗领域。



玻璃



(3) 合金材料：在镁或铝合金中添加少量钨（1.5-2.5%），可提高合金的高温性能、气密性和耐腐蚀性，广泛用于航空航天材料。

(4) 水处理：钨的化合物可用于水处理，特别是在净化废水中去除磷酸盐，对环境保护和水资源管理具有重要意义。

(5) 生物医学：钨元素在生物医学领域的应用相对较新，但已有研究表明，钨离子配合到特定分子结构中可增强 MRI 图像的对比度，用于生物医学成像。钨纳米颗粒可用于药物传递和癌症治疗，其磁性质也可用于导向和监测治疗过程。

(6) 其他应用：钨元素还用于玻璃和陶瓷材料的着色，以及橡胶制品的添加剂。钨的化合物在化学试剂、催化剂和磁性材料等领域也有广泛应用。



磁性材料

25.5 钐元素

钐 (Samarium, Sm)，是一种金属元素，属于镧系元素，原子序数为 62，原子质量 150.36；是一种银白色的稀土金属，具有类似锌的硬度和密度。

钐的沸点为 1794℃，是镧和铈之外第三容易挥发的镧系元素，这一属性便于从矿石矿物中分离。在常温常压下，钐通常呈现三角结构（ α -型）。当加热至 731℃，其转变为六方紧密堆积（hcp 结构），进一步加热至 922℃则变为体心立方（bcc 结构）。

钐在空气中容易氧化，即使在室温下也会慢慢氧化，并在 150℃ 下自燃。因此，纯钐通常需要在矿物油或密封塑料中保存。钐的氧化态通常为+3，但它是少数能形成+2 氧化态的镧系元素之一。钐在室温下为顺磁性，但在冷却至 14.8K 时会转变为反磁性状态。



钐的化合物种类丰富，如氧化钐（ Sm_2O_3 ）、碳酸钐（ $\text{Sm}_2(\text{CO}_3)_3$ ）和碘化钐（Samarium(II) iodide）等。这些化合物在化学和工业应用中发挥着重要作用。



氧化钐

钐元素主要通过矿物提取获得，主要来源包括独居石和氟碳铈矿。提取方法包括离子交换、溶剂萃取和电解法等。例如，可以通过电解氯化钠从其熔融氯化物中产生纯钐金属。此外，也可以通过还原稀土精矿中的氧化物来制备含钐的合金。

107 Bh 鰐* [270]	108 Hs 𬬻* [277]	109 Mt 𬬟* [276]	110 Ds 𬬟* [281]	111 Rg 𬬟* [280]	112 Cn 𬬟* [285]	113 Nh 𬬟* [284]
61 Pm 钷* $4f^66s^2$ [145]	62 Sm 钐* $4f^66s^2$ 150.4	63 Eu 铕* $4f^76s^2$ 152.0	64 Gd 钆* $4f^75d^16s^2$ 152.0	65 Tb 铽* $4f^96s^2$ 158.9	66 Dy 镝* $4f^{10}6s^2$ 162.5	67 Ho 铥* $4f^{11}6s^2$ 164.9
93 Np 钚* $5f^66d^17s^2$ [237]	94 Pu 钷* $5f^77s^2$ [244]	95 Am 镅* $5f^77s^2$ [243]	96 Cm 锔* $5f^76d^17s^2$ [247]	97 Bk 锫* $5f^97s^2$ [247]	98 Cf 锿* $5f^{10}7s^2$ [251]	99 Es 镆* $5f^{11}7s^2$ [252]

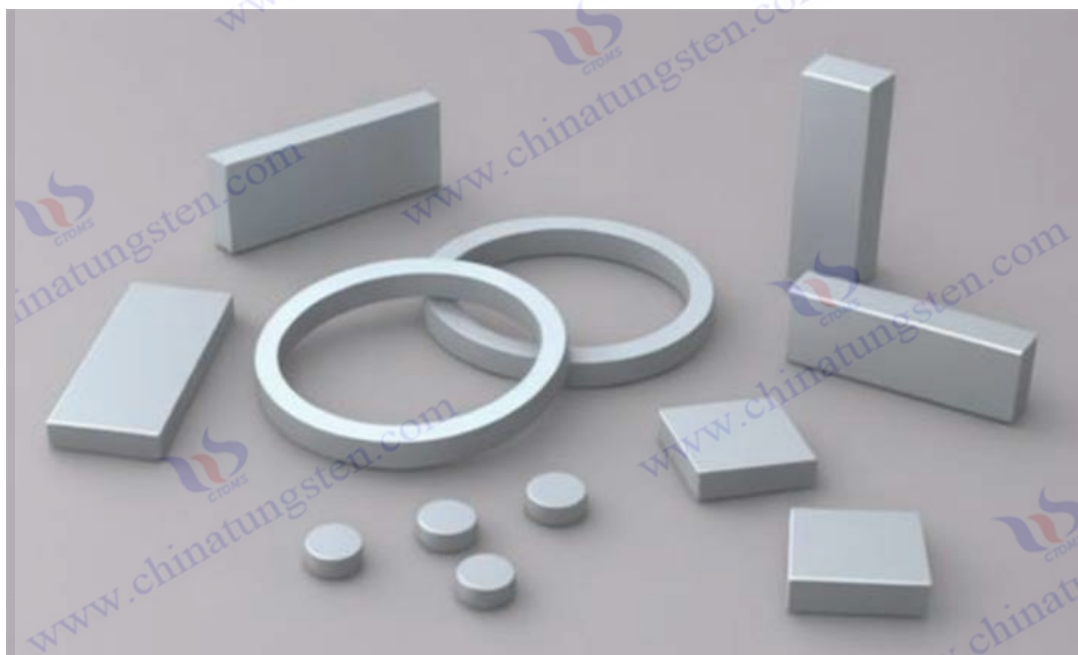
钐元素



钐元素具有广泛的应用领域，包括磁性材料、电子元器件、陶瓷电容器、有机合成工业、电子、核工业、医疗等。

钐是制造高性能永磁材料的重要元素，如钐钴磁体，这些磁体具有高磁能积和优良的抗腐蚀性。钐用于制造电子元器件，如电容器、电阻器和传感器等，其独特的物理和化学性质使得这些元器件具有更高的性能和稳定性。钐元素可用于生产高介电常数和低损耗的陶瓷电容器，这些电容器在电子设备和通信系统中具有广泛应用。钐的化合物在有机合成中作为催化剂和反应试剂，能够促进多种化学反应的进行，提高合成效率和产率。钐的热中子吸收截面较大，可用于核反应堆的控制材料，如钐-149 是一种很强的中子吸收剂，可用于核反应堆的安全控制。

尽管钐元素在电池中的直接应用相对较少，但其在电池材料中的潜在作用不容忽视。随着新能源技术的不断发展，钐元素可能在未来电池技术中发挥重要作用。例如，钐元素可能用于改善电池材料的电化学性能，提高电池的储能密度和循环稳定性。此外，钐的某些化合物可能作为电池电解质或催化剂的组成部分，进一步优化电池的性能和效率。



永磁材料

25.6 铕元素

铕元素（Europium）是一种银白色金属，元素符号为 Eu，在元素周期表中的原子序数为 63，相对原子质量约为 151.964。

铕是一种银白色金属，但在室温下，它很快会失去金属光泽并被氧化成粉末。其熔点为 822°C，沸点为 1597°C，密度为 5.2434g/cm³（也有资料给出为 5.24g/mL at 25°C）。铕是稀土元素中最活泼的金属之一，与空气中的氧气反应迅速，甚至能与冷水剧烈反应生成氢气。此外，它还能与硼、碳、硫、磷、氢、氮等多种元素反应。



铈的氧化态主要为+3，但也能形成+2 化合物。其氧化物近似白色，是稀土元素中较为独特的性质之一。铈的柔软性和延展性使其在某些应用中具有独特优势。

107 Bh 铍* [270]	108 Hs 铹* [277]	109 Mt 𬬻* [276]	110 Ds 𫓇* [281]	111 Rg 𬬺* [280]	112 Cn 𫓐* [285]	113 Nh 𫓃* [284]
61 Pm 钷* 4f ⁶ 6s ² [145]	62 Sm 钐 4f ⁶ 6s ² 150.4	63 Eu 铈 4f ⁷ 6s ² 152.0	64 Gd 钆 4f ⁷ 5d ¹ 6s ² 152.0	65 Tb 铽 4f ⁹ 6s ² 158.9	66 Dy 镝 4f ¹⁰ 6s ² 162.5	67 Ho 铈 4f ¹¹ 6s ² 164.9
93 Np 镎 5f ⁶ 6d ¹ 7s ² [237]	94 Pu 钷 5f ⁷ 7s ² [244]	95 Am 镅* 5f ⁷ 7s ² [243]	96 Cm 锔* 5f ⁶ 6d ¹ 7s ² [247]	97 Bk 锫* 5f ⁹ 7s ² [247]	98 Cf 锿* 5f ¹⁰ 7s ² [251]	99 Lr 铹* 5f ¹⁴ 7s ² [257]

铈元素

铈元素的生产主要依赖于从含铈的矿石中提取。常用的方法包括真空蒸馏氧化铈和金属铈的混合物还原来制取。此外，富铈盐酸稀土制备超细高纯氧化铈的方法也常被采用。该方法包括配料混合、固-液分离、电化学还原、超声分馏萃取、电化学氧化、吸附除杂、超声结晶沉淀、固-液分离、干燥和灼烧等多个步骤，最终得到高纯度的氧化铈产品。



氧化铈



钨元素因其独特的物理化学性质而具有广泛的应用领域:

(1) 荧光材料: 钨是最早被用于彩色电视的红色荧光粉材料之一。在电视和电脑屏幕中, 钨能发出强烈的红色光, 使得色彩更加鲜艳。此外, 钨还用于制造荧光灯和其他类型的照明设备。



红色荧光粉

(2) 激光器: 钨在激光器中有重要应用, 特别是作为掺杂剂, 可以提高激光器的性能。

(3) 医学成像: 钨的一些化合物在医学成像中用作造影剂, 帮助医生更清晰地观察人体内部结构。



氧化钨



(4) 超导体：铈还用于制造超导体，这是一种在极低温下电阻为零的材料，可用于磁悬浮列车、核磁共振等高科技设备。

(5) 电池：虽然铈不是传统电池（如锂离子电池、铅酸电池等）的主要成分，但它的某些特性使其有可能在新型电池技术中发挥作用。例如，铈掺杂的钙钛矿太阳能电池和量子点电池正在研究中，这些技术有望提高电池的光电转换效率和稳定性。

(6) 其他领域：铈还用于制造核反应堆控制材料和中子防护材料，以及其他高科技领域，如航空航天、电子设备等。



电池

25.7 钆元素

钆（Gadolinium, Gd）是一种金属元素，位于元素周期表的第 64 位，原子质量：157.25，属于镧系元素和稀土元素。其英文名称源自研究镧系元素有卓越贡献的芬兰科学家加多林（Gadolin），以纪念他对这一领域的贡献。钆在地壳中的含量相对较低，约为 0.000636%，主要存在于独居石和氟碳铈矿等矿物中。

钆呈银白色，相对密度较高，熔点为 1313℃，沸点为 3273℃，维氏硬度为 570MPa，具有金属光泽和良好的延展性，可以加工成各种形状。在干燥的空气中，钆相对稳定，但在潮湿的环境中会失去光泽，形成松散易脱落的片状白色氧化物。钆在空气中燃烧能生成白色氧化物。钆能与水缓慢反应，生成氢气和相应的氢氧化物。钆在室温下具有顺磁性，冷却后则呈现铁磁性。这一特性使得钆在磁学领域有重要应用。

钆的生产通常从含有钆的矿石中提取，如独居石和氟碳铈矿。提取过程涉及多个步骤，包括矿石的破碎、选矿、冶炼和精炼等。其中，真空蒸馏法是一种常用的制备高纯金属钆的



方法。在真空条件下，通过加热使钨金属蒸发并冷凝，从而得到高纯度的钨。这种方法可以有效地去除杂质，提高钨的纯度。

107 Bh 铍* [270]	108 Hs 镱* [277]	109 Mt 铈* [276]	110 Ds 铊* [281]	111 Rg 铋* [280]	112 Cn 镆* [285]	113 Nh 铱* [284]
61 Pm 钷* 4f ⁶ 6s ² [145]	62 Sm 钐 4f ⁶ 6s ² 150.4	63 Eu 铕 4f ⁶ 6s ² 152.0	64 Gd 钆 4f ⁷ 5d ¹ 6s ² 152.0	65 Tb 铽 4f ⁹ 6s ² 158.9	66 Dy 镝 4f ¹⁰ 6s ² 162.5	67 Ho 铈 4f ¹¹ 6s ² 164.9
93 Np 镎 5f ⁶ 6d ¹ 7s ² [237]	94 Pu 钷 5f ⁷ 7s ² [244]	95 Am 镅 5f ⁷ 7s ² [243]	96 Cm 锔 5f ⁶ 6d ¹ 7s ² [247]	97 Bk 锫 5f ⁹ 7s ² [247]	98 Cf 锿 5f ¹⁰ 7s ² [251]	99 Es 镆 5f ¹¹ 7s ² [252]

钆元素

钆由于其独特的物理和化学性质，在多个领域有着广泛的应用。以下是一些主要的用途：

电池领域：尽管钆在电池领域的直接应用并不广泛，但其独特的磁学性质和化学稳定性为电池技术的创新提供了可能。例如，利用钆的磁热效应开发的磁制冷技术，未来有可能应用于电池的热管理系统中，提高电池的性能和寿命。



电池



医疗领域: 钆-二乙烯二胺五醋酸 (Gd-DTPA) 的络合物作为 MRI (磁共振成像诊断) 的造影剂, 可以提高图像对比度, 有助于医生更准确地诊断病情。利用钆的磁热效应开发的磁制冷技术, 在医疗领域有望实现超低温制冷, 用于保存生物样本或进行特定治疗。

工业领域: 钆因其高磁矩和室温居里点等特殊性能, 在磁泡记忆装置中作为媒体物质使用, 用于存储信息。钆也可用于制造小型高效的制冷器, 利用磁冷冻技术实现节能高效的冷却效果。

核能领域: 钆具有最高的热中子俘获面, 可用作反应堆控制材料和防护材料, 确保核反应堆的安全运行。利用钆的同位素的中子吸收截面大的特性, 作轻水堆和快中子增殖堆的控制棒和中子吸收剂。

25.8 钬元素

钬 (Holmium, Ho) 属于镧系元素和稀土元素, 原子系数 67, 原子质量 164.93, 首次于 1879 年由瑞典化学家 Per Theodor Klebe 从铒土中分离出来, 并以他的出生地斯德哥尔摩 (拉丁文为 Holmia) 命名。钬在地壳中的含量较低, 约为地壳质量的百万分之几, 主要存在于独居石、硅铈钨矿等矿物中, 矿区主要分布在中国、美国、巴西、印度、斯里兰卡和澳大利亚等地。

Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
鰐*	鰐*	鉈*	鈇*	镆*	鉨*	鰏*	鰏*
[285]	[284]	[289]	[288]	[293]	[294]	[294]	[294]
65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
铽	镝	钬	铒	铥	镱	镱	
$4f^9 6s^2$	$4f^{10} 6s^2$	$4f^{11} 6s^2$	$4f^{12} 6s^2$	$4f^{13} 6s^2$	$4f^{14} 6s^2$	$4f^{14} 6s^2$	
158.9	162.5	164.5	167.3	168.9	173.1	175.0	
77 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	
锫*	锎*	锿*	镆*	镗*	镎*	镥*	
$5f^9 7s^2$	$5f^{10} 7s^2$	$5f^{11} 7s^2$	$5f^{12} 7s^2$	$(5f^{13} 7s^2)$	$(5f^{14} 7s^2)$	$(5f^{14} 6d^1 7s^2)$	
[247]	[251]	[252]	[257]	[258]	[259]	[262]	

钬元素

钬是一种比较柔软的稀土金属, 是一种银白色金属, 熔点约 1474°C, 沸点约 2600°C, 密度为 8.79-8.80g/cm³, 具有金属光泽, 较好的延展性。钬在室温下具有顺磁性, 但在低于 -253°C 时表现出铁磁性, 是地球上磁性最强的金属之一。钬在室温下的干燥空气中相对稳定, 但在潮湿的空气或较高温度下会迅速氧化。钬与大多数非金属元素和酸反应较慢, 但在加热条件下能与空气中的氧气反应生成钬的氧化物。钬在酸性溶液中具有较好的溶解性, 能与浓硫酸、硝酸和盐酸反应产生相应的钬盐。钬的氧化态通常为+3, 但也能形成+2、

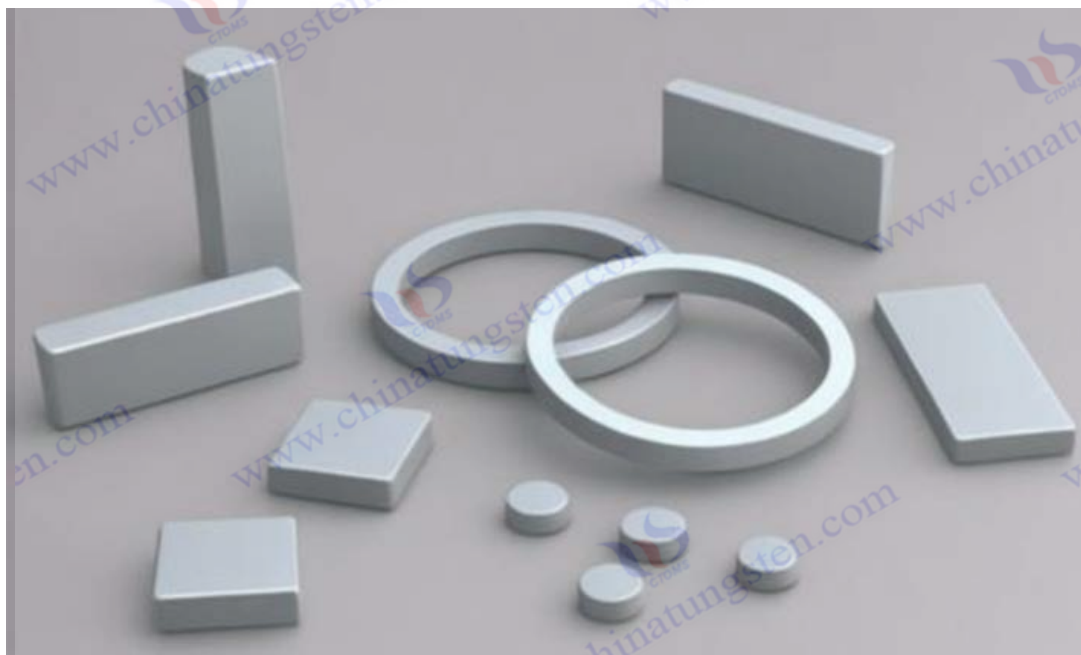
+4 和+5 等不常见的氧化态。

钽的生产主要依赖于稀土元素的提取和分离过程。一般从含有稀土元素的矿石(如独居石、氟碳铈矿等)中提取稀土元素,然后通过一系列的物理和化学方法(如浮选、溶剂萃取、离子交换、电解等)进行分离和提纯,最终得到高纯度的钽金属。



稀土矿

钽的生产步骤可能包括:矿石的开采和破碎,矿石的选矿和富集,稀土元素的提取和初步分离,钽的进一步提纯和精炼。其中,溶剂萃取法是稀土元素分离提纯中常用的方法之一,通过选择合适的萃取剂和条件,可以实现稀土元素之间的有效分离。

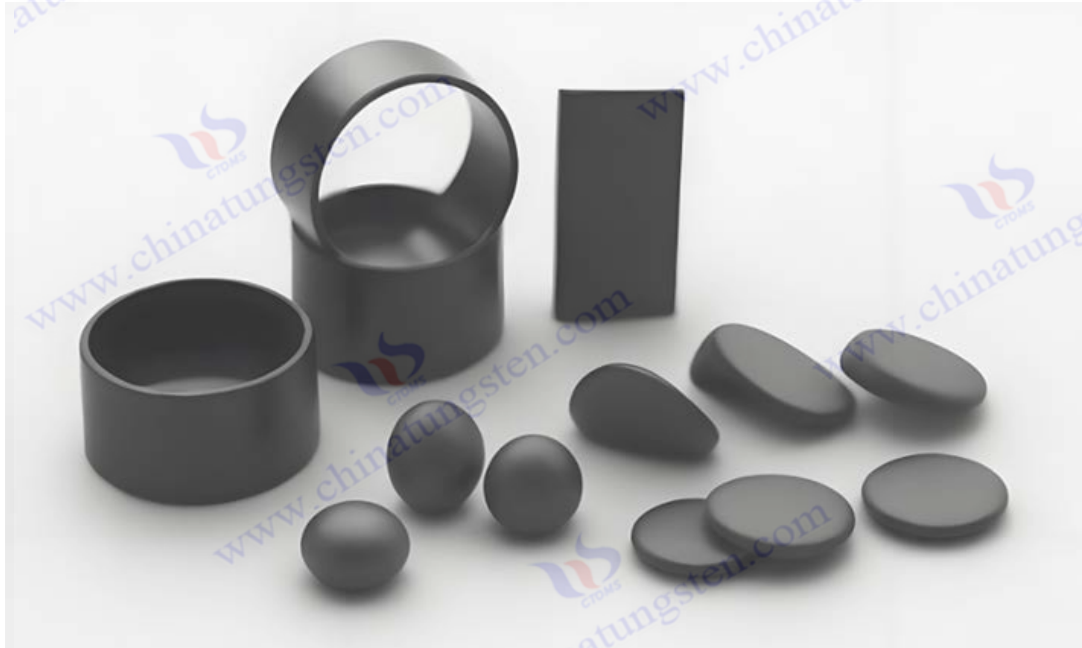


磁性材料





钨的用途包括应用于激光、磁性材料、核能、光学器件、荧光材料、电池等领域。



磁性材料

激光技术：钨激光具有极好的切割能力，在医疗领域被广泛应用于结石的碎解（如肾结石、输尿管结石等），以及牙科治疗、前列腺肥大等手术。钨激光的发热较少，能减少对人体健康组织的热损伤。

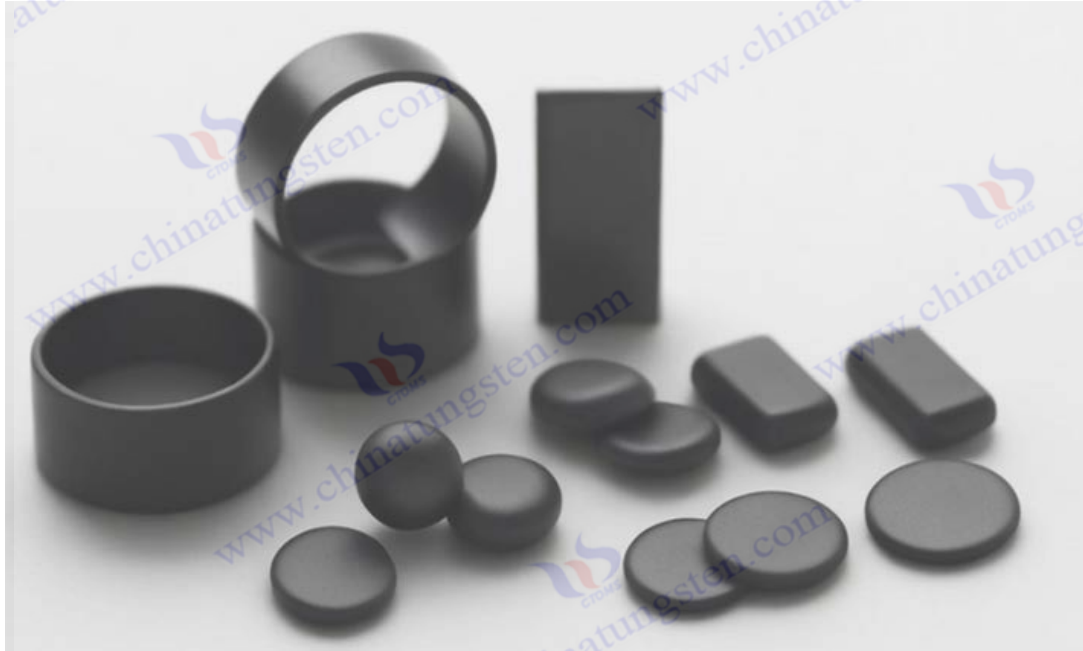
荧光材料：钨化合物可以用作荧光材料，用于制造荧光灯、荧光显示屏和荧光指示剂等。



荧光灯



磁性材料：钨具有良好的磁性能，被广泛用于制造磁体材料，特别是在高温超导研究中，钨磁体常被用作组成超导体的材料以增强超导体的磁场。



磁性材料

核能产业：钨的同位素（如钨-165）具有很高的中子捕获截面，被用于控制核反应堆的中子通量和功率分布。

电池领域：随着新能源技术的不断发展，稀土元素在电池材料中的应用越来越受到重视。目前，虽然钨元素尚未成为主流材料，但其独特的物理和化学性质预示着它在未来电池技术中的潜在应用。



电池



光学器件：钨具有较高的折射率，是制作光学仪器和光纤的理想材料之一。例如，钨可以用于制造光纤通信中的光波导、光电探测器、调制器等。

25.9 铥元素

铥（Thulium, Tm）是一种银白色的稀土金属元素，原子序数 69，原子质量 168.93，于 1879 年由瑞典科学家克利夫（P.T. Cleve）从铈土中分离出来，并以斯堪迪那维亚（Scandinavia）的旧名 Thule 命名为铥（Thulium）。铥在地壳中的含量极低，约为地壳重量的十万分之二，是稀土元素中含量最少的元素之一。它主要存在于磷钇矿和黑稀金矿等矿物中。

112 Cn 鿫* [285]	113 Nh 鉈* [284]	114 Fl 𫓧* [289]	115 Mc 镆* [288]	116 Lv 𫓯* [293]	117 Ts 𫓧* [294]	118 Og 𫓯* [294]
65 Tb 铥* 4f ⁹ 6s ² 158.9	66 Dy 镝* 4f ¹⁰ 6s ² 162.5	67 Ho 钬* 4f ¹¹ 6s ² 164.5	68 Er 铒* 4f ¹² 6s ² 167.3	69 Tm 铥* 4f ¹³ 6s ² 168.9	70 Yb 镱* 4f ¹⁴ 6s ² 173.1	71 Lu 镥* 4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ² 175.0
97 Bk 锫* 5f ⁹ 7s ² [247]	98 Cf 锿* 5f ¹⁰ 7s ² [251]	99 Es 镅* 5f ¹¹ 7s ² [252]	100 Fm 镆* 5f ¹² 7s ² [257]	101 Md 镎* (5f ¹³ 7s ²) [258]	102 No 铈* (5f ¹⁴ 7s ²) [259]	103 Lr 铈* (5f ¹⁴ 6d ¹ 7s ²) [262]

铥元素

铥是一种相对柔软的金属，在常温下呈银白色，熔点约为 1545°C，沸点约为 1947°C，密度约为 9.32 克/立方厘米，具有金属光泽、良好的延展性。铥是铁磁性材料，但其磁性相对较弱。铥在空气中相对稳定，但在高温下会与氧气反应形成氧化铥。铥与大多数非金属元素和酸反应较慢，但在特定条件下能发生化学反应。铥在一些酸性溶液中（如硝酸和硫酸）可以溶解，但在水中的溶解度较低。

铥的生产主要依赖于稀土元素的提取和分离过程。一般从含有稀土元素的矿石（如独居石、氟碳铈矿等）中提取稀土元素，然后通过一系列的物理和化学方法（如浮选、溶剂萃取、离子交换、电解等）进行分离和提纯，最终得到高纯度的铥金属。

铥由于其独特的物理和化学性质，在多个领域有着广泛的应用。以下是一些主要的用途：

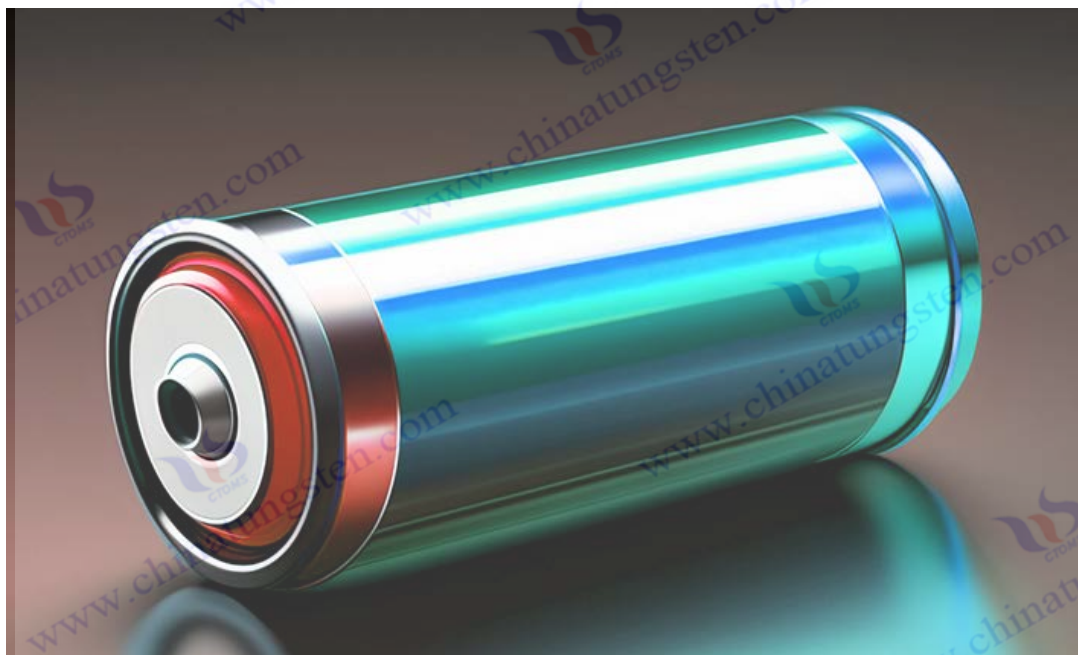
激光技术：铥元素被广泛用作激光器件中的掺杂剂。它的特殊性质使其成为固体激光材料的一部分，用于制造固态激光器，如激光手术设备、激光测距仪和科学研究中的激光系统。

核医学：铽的某些同位素具有放射性，被应用于核医学领域。铽同位素被用于标记生物分子，如药物或配体，以进行核医学成像和放射治疗。

科学研究：铽在科学研究中扮演着重要角色，特别是在材料科学和化学领域。它被用于制备特殊合金、磁性材料以及用于实验室研究的特殊材料。

光学应用：铽化合物可以用于某些光学玻璃和陶瓷中，这些材料在光学透镜、光学纤维和光学传感器等领域有应用。

电池领域：虽然铽元素在电池领域的直接应用相对较少，但随着新能源技术的不断发展，稀土元素在电池材料中的应用越来越受到重视。铽元素可能通过与其他元素的组合或作为添加剂，在新型电池材料的开发中发挥作用。例如，铽可能用于改善电池材料的导电性、稳定性或提高电池的能量密度。然而，目前关于铽元素在电池领域的具体应用和研究仍处于初步阶段，需要进一步深入探索。



电池

25.10 铽元素

铽（Ytterbium, Yb）是一种银白色软金属，属于稀土元素系列中的镧系元素，原子序数70，原子质量173.04。铽的元素名来源于其发现地——瑞典的伊特比（Ytterby）村。1878年，马里尼亚克从铈土中首次分离出铽的氧化物，但直到1907年，于尔班和韦耳斯才指出马里尼亚克实际分离出的是氧化镨和氧化铽的混合物。

铽的密度随晶体结构不同而异， α -型（面心立方晶系）约为6.977克/立方厘米， β -型（体心立方晶系）约为6.54克/立方厘米，熔点约824°C，沸点约1427°C，具有良好的导电性、热导性、延展性和光学特性。氧化性：在空气中缓慢氧化，生成氧化物。溶解性：不溶于



冷水，但可溶于酸、液氨。反应性：能与水缓慢作用，二价盐为绿色，可溶于水并缓慢释放氢气；三价盐无色。

The image shows a grid of element cards. The card for Ytterbium (Yb) is highlighted with a red border. The cards contain the following information:

Element	Symbol	Atomic Number	Electron Configuration	Atomic Weight
铒	Er	68	$4f^{12}6s^2$	167.3
铥	Tm	69	$4f^{13}6s^2$	168.9
镱	Yb	70	$4f^{14}6s^2$	173.1
镱	Lu	71	$4f^{14}5d^16s^2$	175.0
镱	Fm	100	$5f^{12}7s^2$	[257]
钷	Md	101	$(5f^{10}7s^2)$	[258]
镱	No	102	$(5f^{10}7s^2)$	[259]
镱	Lr	103	$(5f^{14}6d^17s^2)$	[262]

镱元素

镱的生产主要通过冶炼稀土矿石并经过复杂的化学分离过程来实现。主要生产方法包括：

(1) 氢气还原法：将镱化合物与适量的氢气混合加热至高温，镱化合物还原为金属镱后，再通过精炼纯化等步骤得到高纯度的金属镱。



氧化镱

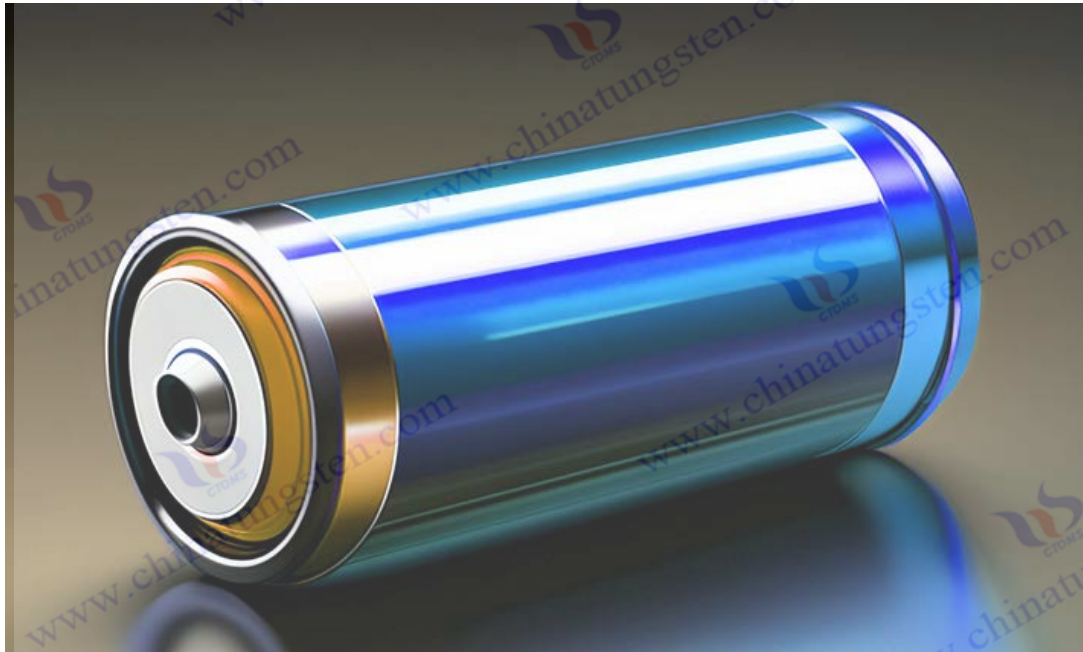




- (2) 碘化物热还原法：将钨碘化合物在 350°C 下热分解，得到金属钨和氮化钨等化合物。
- (3) 电解法：将金属离子在电场作用下被还原为金属。这种方法需要先制备出钨离子，然后在电解槽中还原为金属。由于工艺复杂和成本较高，应用较为有限。
- (4) 合金化法：将金属钨与其他金属（如铁、铬、镍、铝等）合金化，以制备具有特定性能的金属钨合金。

钨因其独特的物理化学性质，在多个领域有着广泛的应用：

电池领域：虽然钨本身并不直接作为电池的主要活性材料，但它在某些类型的电池中可以作为添加剂或改性剂，以提升电池的性能。例如，在锂离子电池中，微量的钨元素可以掺杂到正极材料或负极材料中，改善其导电性、结构稳定性和循环寿命。此外，钨还可能在未来新型电池技术中扮演更关键的角色，如固态电池或金属空气电池等，这些技术仍处于研究和开发阶段，但钨的独特性质使其具有潜在的应用前景。



电池

激光技术：钨离子在固态激光器中被广泛用于制造高功率激光器，这些激光器在通信、材料加工、医疗和科学研究等领域都有重要应用。高功率掺钨双包层光纤激光是近年来固体激光技术的一个热点领域，具有光束质量好、结构紧凑、转换效率高等优点。

时间频率标准：钨的离子被用于制造高精度的原子钟，是现代导航系统、卫星通信和科学研究中的关键技术。

医学影像学：钨的某些同位素（如钨-169）在医学影像学中被用作放射性示踪剂，用于诊断和治疗癌症以及其他疾病。



光学器件：钨的化合物常用于制造光学器件，如滤光片和光学棱镜，用于激光和光谱仪器。

25.11 镨元素

镨（Lutetium, Lu）是一种银白色金属，原子序数 71，原子质量 174.96，密度约 9.84 克/立方厘米，熔点约 1663℃，沸点约 3395℃，具有良好的导电性和延展性，但长时间暴露可能会形成一层氧化物膜。

镨的自然界储量极少，价格较贵。其生产主要通过从稀土矿石中提取并经过复杂的化学分离过程来实现。具体来说，可以从稀土矿的氟化镨（ $\text{LuF}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）出发，用钙还原而制得金属镨。这个过程涉及多个步骤，包括矿石的破碎、浸出、分离、提纯和还原等。



稀土矿石

镨主要用于科学研究和实验室工作，特别是在材料科学、核物理学和放射化学等领域。镨在原子能工业中有重要应用，如用于中子吸收剂、核反应堆控制棒等。稳定的镨核素在石油裂化、烷基化、氢化和聚合反应中起催化作用，有助于提高这些过程的效率和产率。镨及其化合物在光学和电子材料中也有应用，如用于制造特殊的光学玻璃、光纤通信器件等。镨可以作为某些类型电池的添加剂或改性剂，以改善电池的性能。例如，在锂离子电池中，微量的镨元素可能通过掺杂到正极材料或负极材料中，改善其导电性、结构稳定性和循环寿命。

25.12 钇元素

钇（Yttrium, Y）是一种灰黑色的金属，原子序数 39，原子质量 88.90，晶体结构为六方晶胞，熔点为 1522℃，沸点为 3338℃，密度约 4.47g/cm³，具有良好的延展性和可塑性。在常温下，钇对氧、水和酸都相对稳定，但在高温下可以与氧和硫反应，形成相应的化合物。钇与热水能起反应，且易溶于稀酸，这显示了其一定的活泼性。



钇的生产过程通常从含有钇的矿石开始，如硅铈钇矿、黑稀土矿和磷钇矿等。以下是大致的生产步骤：

(1) 矿石选矿：通过破碎、磨矿等工序，去除矿石中的杂质和不需要的成分，得到含有钇的矿石粉末。

(2) 浸出与分离：将矿石粉末与化学试剂进行反应，通过溶解、浸出等方法，将钇离子从矿石中提取出来。然后，利用离子交换、溶剂萃取等技术手段，将钇离子与其他稀土金属离子分离，得到高纯度的钇化合物。

(3) 还原与熔炼：将高纯度的钇化合物进行还原反应，生成金属钇粉末。再将金属钇粉末加热至高温进行熔炼，得到块状的金属钇。

(4) 精炼与成型：通过精炼工艺进一步提高钇金属的纯度和均匀性，并通过成型工艺将钇金属加工成所需的形状和尺寸。

19 K 钾 $4s^1$ 39.10	20 Ca 钙 $4s^2$ 40.08	21 Sc 钪 $3d^1 4s^2$ 44.96	22 Ti 钛 $3d^2 4s^2$ 47.87	23 V 钒 $3d^3 4s^2$ 50.94	24 Cr 铬 $3d^5 4s^1$ 52.00
Rb 铷 $5s^1$ 85.47	38 Sr 锶 $5s^2$ 87.62	39 Y 钇 $4d^1 5s^2$ 88.91	40 Zr 锆 $4d^2 5s^2$ 91.22	41 Nb 铌 $4d^4 5s^1$ 92.91	42 Mo 钼 $4d^5 5s^1$ 95.96
Cs 铯 $6s^1$ 132.91	56 Ba 钡 $6s^2$ 137.3	57~71 La~Lu 镧系 138.91	72 Hf 铪 $5d^2 6s^2$ 178.5	73 Ta 钽 $5d^3 6s^2$ 180.9	74 W 钨 $5d^4 6s^2$ 183.8

钇元素

钇因其独特的物理化学性质，在多个领域有着广泛的应用。以下是一些主要的用途：

(1) 冶金领域：钇可以作为合金元素添加到钢、铝、镁等金属中，提高金属的强度和耐腐蚀性。同时，钇还可以用于制造特种合金，如钇基合金，具有优异的耐高温性能。

(2) 电子领域：钇在电子领域的应用主要体现在制造电容器、电阻器、磁性材料等方面。钇的化合物具有优良的电子性能和磁性能，使得钇在电子器件的制造中发挥着重要作用。

(3) 光学领域：钇在光学领域的应用主要体现在制造激光晶体、光学玻璃等方面。例如，



含钕的钇铝石榴石（YAG:Nd）是优良的激光材料，广泛应用于激光技术中。

（4）电池领域：虽然钕本身并不直接作为电池的主要活性材料，但它在电池技术中仍有一定的应用潜力。例如，钕的化合物可能作为添加剂或改性剂，用于改善电池的性能。



电池

（4）环保领域：钕及其化合物具有良好的吸附性能，可以有效地吸附并去除废水中的重金属离子，从而降低环境污染。

（5）新能源领域：钕在新能源领域的应用主要体现在制造稀土永磁材料方面。稀土永磁材料具有优异的磁性能，广泛应用于风力发电、电动汽车、节能家电等领域。钕作为稀土永磁材料的重要成分，为新能源技术的发展提供了有力支持。



电动车



25.13 钪元素

钪 (Scandium, Sc)，是一种轻质、银白色的稀有金属元素，原子序数 21，原子质量 44.95，密度为 2.98g/cm³，熔点为 1541°C，沸点为 2836°C。在空气中能迅速变暗，生成氧化物，失去金属光泽。在冷水中反应缓慢，但在热水中反应迅速，显示出其一定的活泼性。

钪是一种活泼金属，容易与氧、水和酸反应，生成相应的化合物。钪的氧化物及氢氧化物只显碱性，但其盐类几乎不能水解。钪的氯化物为白色结晶，易溶于水并能在空气中潮解。



19 K 钾 4s ¹ 39.0983	20 Ca 钙 4s ² 40.0784	21 Sc 钪 3d¹4s² 44.9559	22 Ti 钛 3d ² 4s ² 47.8671	23 V 钒 3d ³ 4s ² 50.9415	24 Cr 铬 3d ⁵ 4s ¹ 51.9961
Rb 铷 5s ¹ 85.4678	38 Sr 锶 5s ² 87.62	39 Y 钇 4d ¹ 5s ² 88.9058	40 Zr 锆 4d ² 5s ² 91.224	41 Nb 铌 4d ⁴ 5s ¹ 92.90638	42 Mo 钼 4d ⁵ 5s ¹ 95.94
Cs 铯 6s ¹ 132.90545	56 Ba 钡 6s ² 137.327	57-71 La-Lu 镧系 138.90547	72 Hf 铪 5d ² 6s ² 178.49	73 Ta 钽 5d ³ 6s ² 180.94788	74 W 钨 5d ⁴ 6s ² 183.84

钪元素

由于钪在地壳中的含量极低（约为 0.0005%），提取和加工钪成为一项具有挑战性的任务。目前，工业上主要采用湿法冶金法从稀土矿中分离和提取钪。这个过程包括多个步骤：

矿石破碎与浸出：将含有钪的稀土矿石进行破碎，然后通过酸浸等方法将钪离子从矿石中浸出。萃取与反萃取：利用萃取剂对钪离子进行选择性地萃取，并通过反萃取过程将钪离子与其他稀土离子分离。金属还原：将得到的钪化合物进行还原反应，生成金属钪。常用的还原剂包括钙、镁等。提纯：通过真空蒸馏、电解等方法对金属钪进行提纯，得到高纯度的钪金属。

钪常用于制造合金，以改善合金的强度、硬度和耐热性能。例如，在铁水中加入少量的钪可以显著改善铸铁的性能；在铝中加入少量的钪可以提高其强度和耐热性。钪可用作各种半导体器件的原料，如钪的亚硫酸盐在半导体中的应用已引起广泛关注。钪化合物可用作酒精脱氢及脱水剂，以及生产乙烯和用废盐酸生产氯时的高效催化剂。钪可用于制造含钪的特种玻璃，这些玻璃具有优异的物理和化学性能。含钪和钠制成的钪钠灯具有效率高和光色正的优点，在照明领域有一定应用。

