

# 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](http://www.ctia.com.cn)

[www.chinatungsten.com](http://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](http://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](http://www.ctia.com.cn)

[ceo@tungsten.com.cn](mailto: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](mailto:sales@chinatungsten.com).

DR. HANNS

©CHINATUNGSTEN ONLINE  
XIAMEN CHINA, NOV.01,2023

[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)

[ceo@tungsten.com.cn](mailto: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](http://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](http://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](mailto:ceo@tungsten.com.cn)  
中钨在线® [www.ctia.com.cn](http://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](http://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](http://news.chinatungsten.com), [www.ctia.com.cn](http://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](http://www.ctia.com.cn)

[ceo@tungsten.com.cn](mailto: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](http://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](mailto: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
    - 5.11.1.2 新能源电池用钨酸锌
    - 5.11.1.3 新能源电池用钨酸钴
  - 5.11.4 钨酸盐生产方法
  - 5.11.5 钨酸盐应用

## 第六章 钨在锂离子电池中的应用

- 6.1 纳米钨酸在锂离子电池中的应用**
  - 6.1.1 锂电池正极材料用纳米钨酸
  - 6.1.2 锂电池负极材料用纳米钨酸





- 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 燃料电池用氢钨钨青铜
  - 10.4.1 燃料电池催化剂用氢钨钨青铜
  - 10.4.2 燃料电池催化剂用氢钨钨青铜挑战
- 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

14.1 钨在电池中的潜在价值

14.2 钨在电池中的应用前景

## 第 III 部分 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 钨钒氧化物在锂离子电池中的应用

19.3.1 锂离子电池电极材料用钨钒氧化物

19.2.2 锂离子电池电极材料用钨钒氧化物的挑战

### 19.4 钨酸锌在锂离子电池中的应用

19.4.1 锂离子电池负极保护层用钨酸锌

19.4.2 锂离子电池负极保护层用钨酸锌的挑战

## 第二十章 钨在燃料电池中的应用

### 20.1 金属钨在燃料电池中的应用

20.1.1 燃料电池催化剂用金属钨

20.1.2 燃料电池电极用金属钨

20.1.3 燃料电池用金属钨的挑战

### 20.2 三氧化钨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钨纳米线

20.2.2 燃料电池阳极用三氧化钨纳米线的挑战

### 20.3 碳化钨在燃料电池中的应用

20.3.1 燃料电池阳极材料用碳化钨

20.3.2 燃料电池阴极材料用碳化钨

20.3.3 燃料电池催化剂用碳化钨

20.3.4 燃料电池用碳化钨的挑战

### 20.4 氮化钨在燃料电池中的应用

20.4.1 燃料电池阳极材料用氮化钨

20.4.2 燃料电池阴极材料用氮化钨

20.4.3 燃料电池电极用氮化钨的挑战

### 20.5 磷钨酸在燃料电池中的应用

20.5.1 燃料电池催化剂用磷钨酸

20.5.2 燃料电池碳间接电氧化介质用磷钨酸

20.5.3 燃料电池用磷钨酸的挑战

### 20.6 钨酸镧在燃料电池中的应用

20.6.1 燃料电池电解质用钨酸镧

20.6.2 燃料电池电解质用钨酸镧的挑战

### 20.7 镍钨合金在燃料电池中的应用

20.7.1 燃料电池催化剂用镍钨合金

20.7.2 燃料电池催化剂用镍钨合金的挑战

### 20.8 铂铜钨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钨三元合金

20.8.2 燃料电池催化剂用铂铜钨三元合金的挑战

## 第二十一章 钨在太阳能电池中的应用

### 21.1 硫化钨在太阳能电池中的应用

21.1.1 硫化钨薄膜异质结太阳能电池

21.1.2 硫化钨薄膜异质结太阳能电池的创新研究



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

## 第二十二章 钨在电池中的技术挑战与解决方案

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

## 第二十三章 钨基电池的生产成本

## 第二十四章 钨在电池中的潜在价值与应用前景

- 24.1 钨在电池中的潜在价值
- 24.2 钨在电池中的应用前景

## 第 IV 部分 稀土在新能源电池市场的介绍

## 第二十五章 新能源电池中的稀土元素介绍

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



## 第二十六章 稀土元素在锂离子电池中的应用

- 26.1 镧元素在锂离子电池中的应用
- 26.2 铈元素在锂离子电池中的应用
- 26.3 钕元素在锂离子电池中的应用
- 26.4 镨元素在锂离子电池中的应用
- 26.5 钐元素在锂离子电池中的应用
- 26.6 铈元素在锂离子电池中的应用
- 26.7 钐元素在锂离子电池中的应用
- 26.8 铈元素在锂离子电池中的应用
- 26.9 铈元素在锂离子电池中的应用
- 26.10 铈元素在锂离子电池中的应用
- 26.11 镨元素在锂离子电池中的应用
- 26.12 钐元素在锂离子电池中的应用
- 26.13 铈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

- 27.1 镧元素在钠离子电池中的应用
- 27.2 铈元素在钠离子电池中的应用
- 27.3 钐元素在钠离子电池中的应用
- 27.4 铈元素在钠离子电池中的应用
- 27.5 钐元素在钠离子电池中的应用
- 27.6 铈元素在钠离子电池中的应用
- 27.7 铈元素在钠离子电池中的应用
- 27.8 铈元素在钠离子电池中的应用
- 27.9 铈元素在钠离子电池中的应用
- 27.10 钐元素在钠离子电池中的应用
- 27.11 铈元素在钠离子电池中的应用

## 第二十八章 稀土元素在镍氢电池中的应用

- 28.1 镧元素在镍氢电池中的应用
- 28.2 铈元素在镍氢电池中的应用
- 28.3 镨元素在镍氢电池中的应用
- 28.4 钕元素在镍氢电池中的应用
- 28.5 钐元素在镍氢电池中的应用
- 28.6 铈元素在镍氢电池中的应用
- 28.7 钐元素在镍氢电池中的应用
- 28.8 铈元素在镍氢电池中的应用
- 28.9 铈元素在镍氢电池中的应用
- 28.10 铈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

- 29.1 镧元素在太阳能电池中的应用
- 29.2 铈元素在太阳能电池中的应用
- 29.3 镨元素在太阳能电池中的应用
- 29.4 钕元素在太阳能电池中的应用
- 29.5 钷元素在太阳能电池中的应用
- 29.6 钐元素在太阳能电池中的应用
- 29.7 铕元素在太阳能电池中的应用
- 29.8 镱元素在太阳能电池中的应用
- 29.9 镱元素在太阳能电池中的应用
- 29.10 铒元素在太阳能电池中的应用

## 第三十章 稀土元素在太阳能电池中的应用

- 30.1 镧元素在燃料电池中的应用
- 30.2 铈元素在燃料电池中的应用
- 30.3 镨元素在燃料电池中的应用
- 30.4 钕元素在燃料电池中的应用
- 30.5 钷元素在燃料电池中的应用
- 30.6 铕元素在燃料电池中的应用
- 30.7 镱元素在燃料电池中的应用
- 30.8 镱元素在燃料电池中的应用
- 30.9 铒元素在燃料电池中的应用

## 第三十一章 稀土元素在电池中的技术挑战与解决方案

- 31.1 镧元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.2 铈元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.3 镨元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.4 钕元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.5 钷元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.6 钷元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.7 钷元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.8 铕元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.9 镱元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.10 铕元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.11 铕元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.12 铕元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.13 铕元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.14 铕元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.15 铕元素在电池中的技术挑战与解决方法
- 31.16 铕元素在电池中的技术挑战与解决方法



## 第三十二章 稀土基电池的生产成本

## 第三十三章 稀土元素在电池中的潜在价值与应用前景

## 第 V 部分 电池、钨、钼和稀土企业介绍

## 第三十四章 主要电池生产企业概览

- 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

## 第三十五章 主要钨、钼和稀土企业概览

- 34.1 国内主要钨、钼和稀土生产企业
- 34.2 国外主要钨、钼和稀土生产企业

- 附录 1: 电池行业相关标准
- 附录 2: 电池专有名词解释
- 附录 3: 钨钼稀土行业相关标准
- 附录 4: 钨钼稀土专有名词解释



## 第III部分 钼在新能源电池市场的介绍

### 第二十四章 钼在电池中的潜在价值与应用前景

钼基电池是一种以钼或其化合物作为关键活性材料的电池。在锂离子电池中，钼可以参与电极材料的改性，以提高电池的整体性能。钼基电池的基本原理是通过在正极和负极之间交换离子（如锂离子）来实现电能的转化和储存。

钼基电池特点：具有较高的能量密度，可以储存更多的电能，从而提供更长的使用时间；在充放电过程中具有较好的循环稳定性，可以承受多次充放电循环而不显著损失性能；在长时间储存过程中具有较低的自放电率，可以保持较高的能量储存效率；可以在较宽的温度范围内工作，包括高温和低温环境，这使得它在多种应用场景中具有优势。



电池

钼基电池的高能量密度和长循环寿命使其成为电动汽车领域的理想选择。钼基电池在储能系统中也有广泛应用，特别是在需要长时间储存电能或应对极端温度条件的场景中。随着技术的不断进步，钼基电池也有望在电子设备领域得到应用，如智能手机、平板电脑等。

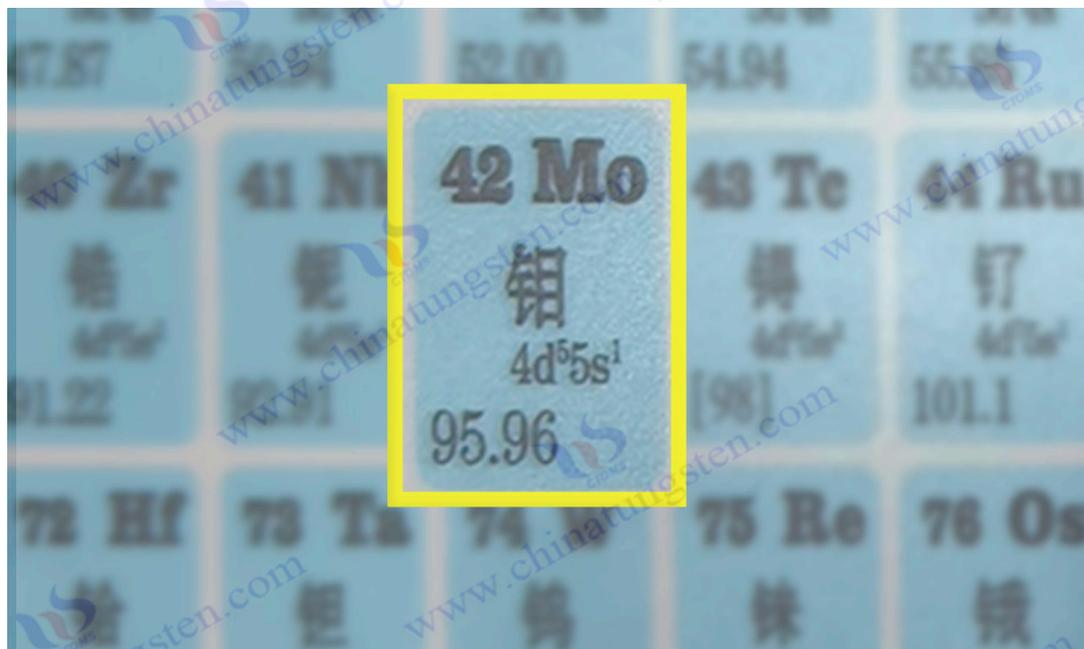
#### 24.1 钼在电池中的潜在价值

##### 一、钼的基本介绍

钼 (Mo) 是一种银白色金属元素，其原子序数为 42，原子量为 95.94，CAS 号为 7439-98-7。在晶体结构上，钼的晶胞呈现为体心立方晶胞，每个晶胞内包含 2 个金属原子。

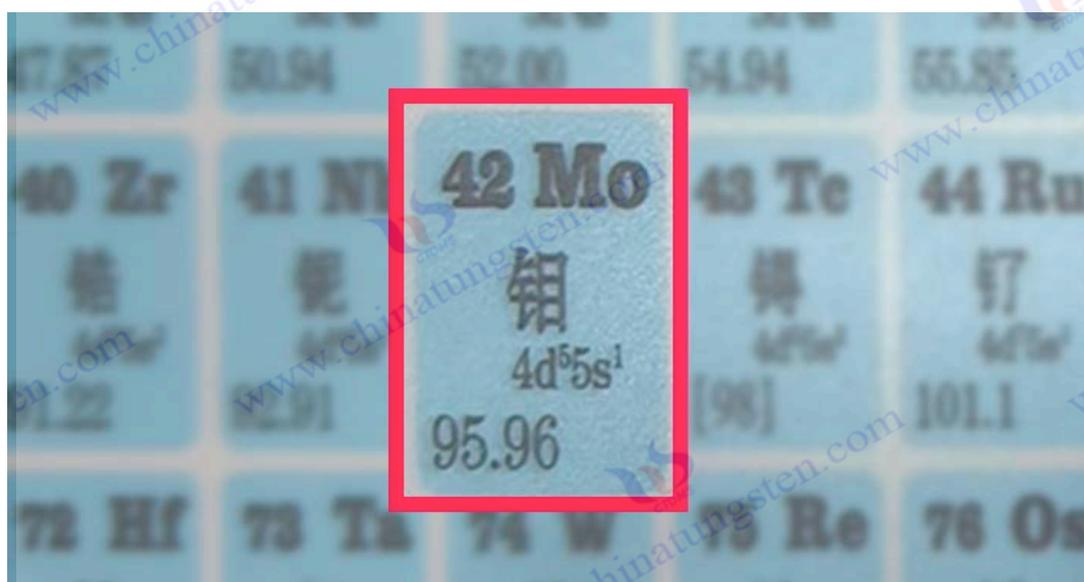


钼的熔点约为 2620°C (也有资料记录为 2070°C, 这可能是由于不同测量条件导致的差异), 沸点高达 5560°C (另有资料为 3620°C, 同样受测量条件影响), 密度为 10.2 克/立方厘米, 摩氏硬度为 5~5.5, 具有良好的延展性和可塑性, 易于加工成各种形状和尺寸的制品。此外, 钼的热膨胀系数较低, 能在高温下保持稳定的尺寸和形状, 且热传导率较高, 有利于热量的传递和散热。



钼元素

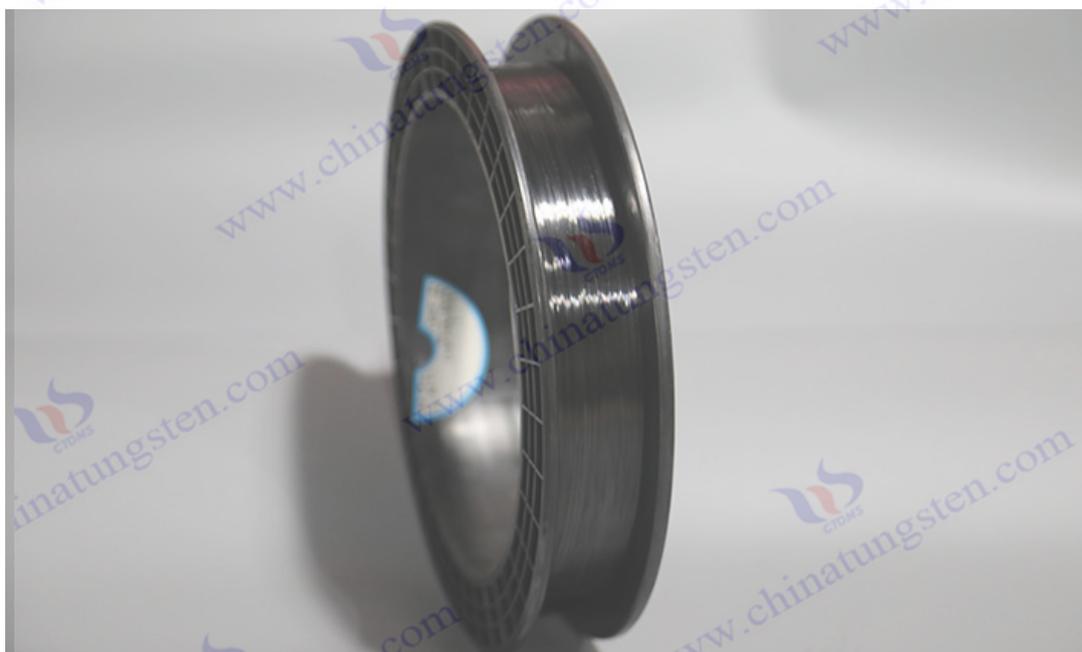
钼在空气中表现出一定的抗氧化性, 不易被氧化, 但在高温条件下会与氧气反应, 生成一层保护性的氧化物薄膜, 有效防止内部钼被进一步氧化。同时, 钼作为一种典型的亲铁元素, 与铁、硫、氢等元素能够形成化合物, 展现出较强的还原性。此外, 钼在多种恶劣环境中, 特别是在熔融玻璃、熔盐和金属液中, 均表现出优异的耐腐蚀性。



钼元素



钼的提炼工艺是一个复杂而精细的过程，通常从选矿开始，通过精心挑选和研磨矿石，有效去除其中的杂质，以获得高纯度的钼矿石。接着，将选矿后的钼矿石在高温环境下进行焙烧，这一步骤旨在使钼与矿石中的含硫杂质发生反应，生成二氧化硫气体，同时形成氧化钼。随后，在氧化阶段，向焙烧后的钼矿石中加入一定量的氨水或碱性溶液，使得氧化钼与氨水中的氧化钠或氨气进一步反应，生成钠钼酸或氨基钼酸。紧接着是还原步骤，将钠钼酸或氨基钼酸与氢气进行反应，利用氢气的还原性将其还原为金属钼。然而，此时的金属钼仍需经过精炼处理，以彻底去除其中的杂质，确保最终产品的纯度。最后，经过精炼的金属钼可被加工成各种形态的钼制品，如钼丝、钼片、钼棒等，以满足不同领域的应用需求。



钼丝

## 二、钼化合物在电池中的应用

钼（Mo）作为一种独特的金属元素，在电池领域展现出了广泛的应用潜力和价值。通过掺杂和涂层等技术手段，钼化合物如氧化钼、二硫化钼、二硒化钼及钼酸盐等可以显著提高锂电池的电化学性能和循环稳定性。同时，钼电池作为一种新型电池技术，具有高能量密度、长寿命和环保等优势，未来将在电动汽车、便携式电子设备、航空航天、智能电网等领域得到广泛应用。

### 氧化钼

氧化钼，特别是三氧化钼，是一种重要的无机化合物，其分子式为  $\text{MoO}_3$ ，分子量为 143.94，通常为白色或浅绿色、浅黄色结晶粉末，加热时可能呈现鲜黄色。它具有较高的熔点（ $795^\circ\text{C}$ ）和沸点（ $1155^\circ\text{C}$ ），在空气中稳定，微溶于水，但易溶于氨水、纯碱、烧碱、氢氟酸和浓硫酸。氧化钼具有特殊的层状结构，层与层之间靠范德华力作用而交错堆积排列，使得其他小分子或离子容易嵌入，因此具有较高的电化学活性。



在电池领域，氧化钼具有显著的应用价值。它可以作为锂离子电池的正极材料，利用锂离子的嵌入和脱出过程实现电能的转化，具有高比能量和高比容量的特点，可以提高电池的能量密度和容量。此外，氧化钼还具有优异的化学稳定性和热稳定性，有助于提高电池的安全性和稳定性。同时，在超级电容器中，氧化钼作为电极材料也表现出高比电容和快速充放电速度的优势。



高纯氧化钼

## 二硫化钼

二硫化钼是一种无机化合物，化学式为  $\text{MoS}_2$ ，分子量为 160.07，是辉钼矿的主要成分。它呈现为黑色固体粉末，具有金属光泽，熔点高达  $2375^\circ\text{C}$ ，密度为  $4.80\text{g}/\text{cm}^3$  ( $14^\circ\text{C}$ )，莫氏硬度在 1.0 至 1.5 之间。 $\text{MoS}_2$  具有层状结构，其中钼原子平面被硫离子平面夹在中间，形成单层二硫化钼，这些单层再通过弱范德华相互作用连接在一起。



二硫化钼



二硫化钼在多个领域都有广泛应用。由于其层状结构和低摩擦系数，它表现出优异的润滑性能，被广泛用作干润滑剂，特别是在高温和高负荷条件下。此外， $\text{MoS}_2$  还具有良好的化学稳定性和催化活性，可用作石化工业中的脱硫催化剂。在材料科学领域， $\text{MoS}_2$  的纳米结构材料具有独特的电学和光学性质，可用于制备电子器件、传感器和光电器件等。



手机

在电池领域，二硫化钼同样展现出显著的应用潜力。特别是在 Li-S 电池中， $\text{MoS}_2$  可以作为负极材料的包裹层，有效防止金属锂负极与电解液直接接触，减少界面电阻，促进锂离子的连续插入和脱离，从而提高电池的性能和循环稳定性。此外， $\text{MoS}_2$  还可以作为锂离子电池和钠离子电池的负极材料，通过其独特的结构和性质，提高电池的容量和循环寿命。这些应用使得  $\text{MoS}_2$  在新能源领域具有广阔的发展前景。



电动汽车



## 二硒化钼

二硒化钼是一种由稀有金属钼与非金属硒组成的化合物，化学式为  $\text{MoSe}_2$ ，分子量为 253.86，CAS 号为 12058-18-3。它呈现出灰黑色粉末状，具有高纯度（通常大于 99.999%），粒度尺寸在 5 至 10 毫米之间，密度为  $6.90\text{g/cm}^3$ ，熔点为  $1200^\circ\text{C}$ ，禁带宽度约为  $1.4\text{eV}$ 。二硒化钼具有与二硫化钼相似的层状结构，每一层由无数个六边形组成，这种结构赋予了它优良的结构刚性、导电性、电催化活性以及电子迁移率等特性。



二硒化钼

在电池领域，二硒化钼的应用尤为引人注目。特别是其高电导率的  $1\text{T}$  相，在镁存储方面展现出了卓越的性能，使其成为镁电池正极材料的优选之一。镁电池作为下一代高能量密度储能系统的候选者，对正极材料提出了高电导率、优化的离子扩散路径以及稳定结构的要求，而二硒化钼恰好满足这些条件。通过创新的合成方法，如溶剂热法，可以制备出高  $1\text{T}$  相含量的  $\text{MoSe}_2$ ，这种材料不仅粒径更小、比表面积更大，还展现出了惊人的倍率性能和优异的放电/充电循环稳定性。在高电流密度下， $\text{MoSe}_2$  的较大层间距促进了镁离子的固态扩散，而小粒径和大比表面积则显著增强了其赝电容特性，进一步提升了电池的动力学性能。因此， $\text{MoSe}_2$  在镁电池中的应用为镁电池技术的发展注入了新的活力，并有望在未来成为高性能储能系统的重要组成部分。

## 碳化钼

碳化钼（Molybdenum Carbide，化学式为  $\text{MoC}$ ）是一种重要的无机化合物，具有灰色六方晶体的结构，其分子量为 107.95，熔点高达  $2692^\circ\text{C}$ 。碳化钼展现出高熔点、高硬度、良好的热稳定性和机械稳定性，以及优异的抗腐蚀性，这些特性使得它在多个领域都有广泛的应用。它不溶于水和碱液，但微溶于硝酸、硫酸和氢氟酸。此外，碳化钼还表现出类似贵金属的电子结构和催化特性，能够催化多种化学反应，如加氢氢解反应、加氢脱硫反



应、加氢脱氮反应以及氨合成反应等。

在电池领域，碳化钼因其高导电性、稳定性及潜在的储能能力而受到关注。作为电极材料，碳化钼的高导电性有助于减少电池内阻，提高能量转换效率，从而提升电池的整体性能。同时，其稳定性有助于延长电池的使用寿命，并降低电池在使用过程中的热失控风险，提高电池的安全性。尽管目前碳化钼在电池中的应用仍处于实验阶段，且面临制备成本高、性能优化等挑战，但随着对碳化钼研究的不断深入和技术的不断进步，碳化钼有望在未来成为新型电池材料的重要组成部分，为电池技术的发展注入新的活力。



电池

## 氮化钼

氮化钼 (Molybdenum Nitride, 化学式  $\text{MoN}$ , 分子量约 109.95) 是一种无机化合物，具有深灰色的外观。这种化合物坚硬而难熔，遇水并不会发生分解反应。氮化钼的晶体结构中，钼原子组成面心立方晶格，形成具有 8 个  $\text{MoN}$  分子的超晶格结构，密度达到  $9.20\text{g}/\text{cm}^3$ 。它在 12K 与 5.0K 以下为超导体，与硝酸、稀硫酸无反应，但在王水、浓硫酸中会分解，与碱共熔时会放出氨气，在空气中加热时则会被氧化。 $\text{MoN}$  通常通过在干燥氨气流中将钼粉加热至  $700^\circ\text{C}$ ，并经过长达 120 小时的氮化过程制得。

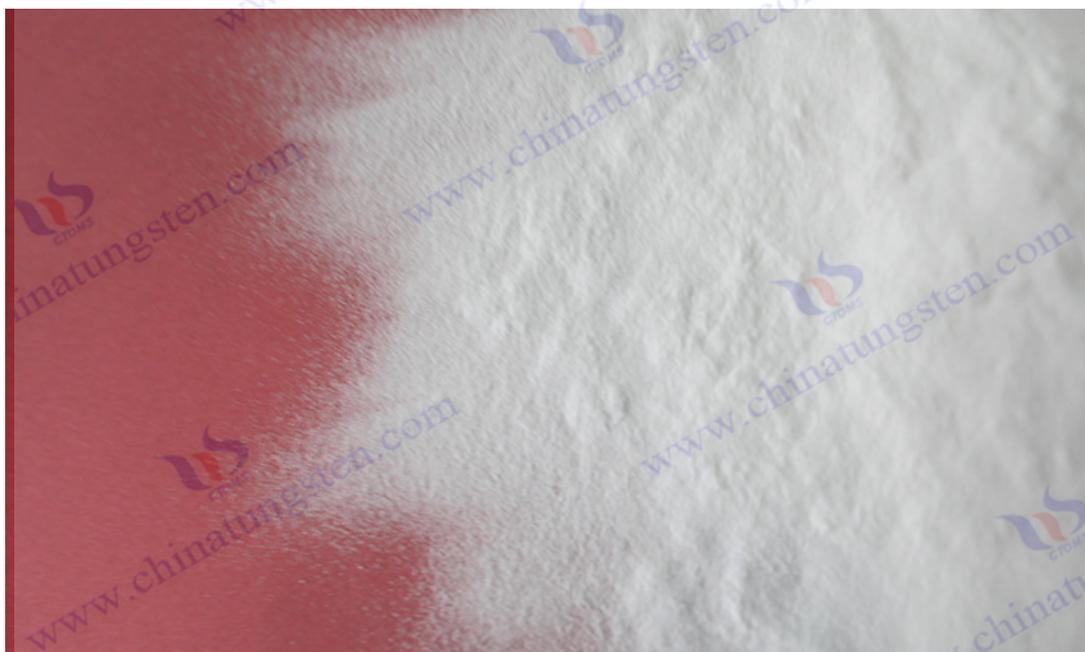
在电池领域，氮化钼展现出了巨大的应用潜力。氮化钼电池作为一种新型的电池技术，相比传统的锂离子电池，具有高能量密度、长寿命以及快速充电等显著优点。高能量密度意味着含氮化钼粉末的电池能够在同样体积下存储更多的电能，这对于提升电池续航能力至关重要。长寿命则使得含氮化钼粉末的电池能够经受更多的充电和放电循环，降低了电池更换的频率和成本。此外，含氮化钼粉末的电池的快速充电特性使其在电动汽车、无人机以及智能家居等领域具有广泛的应用前景。这些特性使得氮化钼成为电池材料领域的一个研究热点，未来有望在新能源汽车、便携式电子设备等领域发挥重要作用。



## 钼酸盐

钼酸盐是一类重要的无机功能材料，其阴离子含有钼酸根 ( $\text{MoO}_4^{2-}$ ) 或聚钼酸根，而阳离子可以是碱金属离子 (如  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  等)、碱土金属离子 (如  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  等)、铵根离子 ( $\text{NH}_4^+$ ) 或多种重金属离子。这类化合物在自然界中广泛存在，也可以通过人工合成获得。钼酸盐具有多样的晶体结构和物理化学性质，如高比表面、多活性位点、高选择性等，这些特性使得钼酸盐在多个领域都有广泛的应用。

在电池领域，钼酸盐同样展现出了其独特的优势。首先，钼酸盐是一种优秀的正极材料，特别是在锂电池中，它具有较高的比能量和循环寿命，能够提高电池的能量密度和延长使用寿命。其次，钼酸盐也适用于钠电池，具有较高的能量密度和可逆性能，显示出良好的储钠性能。此外，钼酸盐还可以作为电解液添加剂，例如在锂氧电池中，它能够提高电池的性能和循环寿命。同时，钼酸盐在超级电容器中也表现出优异的电化学性能，能够在高电流密度下保持较高的比能量和功率密度，具有长寿命和良好的稳定性。这些特性使得钼酸盐成为电池领域极具潜力的材料之一，有望在未来的储能技术中发挥更加重要的作用。



钼酸锌

## 二、钼在电池中的应用优势

### 提升电池的电化学性能

昆士兰大学的一项研究表明，钨钼 (Mo) 等特殊金属材料能显著改善锂电池中正极材料的电化学性能，特别是循环稳定性。随着电动车行驶里程的增加，需要增加镍以提高能量密度，但这同时也会降低循环的稳定性。钨钼通过增强结构稳定性和正极表层对电极/电解质的侧面反应的抵抗，从而改善稳定性。

镍钴锰三元氧化物材料 (NCMs) 和镍钴铝材料 (NCAs) 因能量密度高、循环性能好、安



全性能好、成本相对较低，而被认为是锂离子电池（LIBs）的理想正极材料。然而，增加镍的含量将大大降低其他电池性能，如循环稳定性（特别是长期循环）和热稳定性。在增加锂电池正极材料的稳定性中发现钼具有重要作用。适度的 Mo 掺杂可以促进表层岩盐的形成，因为  $\text{Mo}^{6+}$  引起的  $\text{Ni}^{2+}$  浓度增加。循环前形成的岩盐将缓解循环过程中从层状结构到岩盐的进一步相变。最佳的 Mo 含量为 1wt%，在 1C 条件下有 184mAh/g 的高容量，100 次循环后容量保持率为 92%。Mo 掺杂（1-3mol%）可以大大改善电化学性能。

$\text{Mo}^{6+}$  会更好地替代 Ni 位点，因为密度泛函理论（DFT）计算证明，与 Li、Co 和 Mn 相比，Ni/Mo 交换显示出最低的替代能量。 $\text{Mo}^{6+}$  对 Ni 阳离子的替代和  $\text{Ni}^{2+}$  浓度的增加也可以提高  $\text{Ni}^{2+}$  在颗粒局部位点的相对富集度，诱发岩盐相的形成。在锂电池正极材料中使用钼进行掺杂/涂层是一种有前途的策略，可以改善包括 NCM、NCA 和超高镍材料在内的层状结构阴极材料的循环稳定性，一般表现为较低的电位极化、较小的电荷转移电阻增加和循环中较少的微裂缝。



电池

### 提高电池的循环寿命

钼基电池领域取得了最新进展，这种能源存储技术正成为未来能源存储的潜力之星。新进展涉及钼基电池的高能量密度、快速充电能力和长寿命等方面，预示着未来其在能源存储领域的广泛应用。

钼基电池具有较高的能量储存能力，能够满足高功率需求。含钼元素的电极材料具有良好的稳定性，使得含有钼的电池具有较长的使用寿命。同时，钼基电池在充放电过程中产生的热量较少，安全性较高。此外，钼作为地球上储量丰富的元素，具有良好的可持续性。

近年来，全球科研团队在钼电池领域取得了诸多重要突破，包括新型钼电极材料研发、电解质优化、制造工艺改进以及钼电池与其他技术的融合。科研人员通过改进电极材料制备

工艺,成功开发出具有更高能量密度和更好循环稳定性的新型钨电极材料,这些新材料提高了钨电池的储能能力和寿命。电解质的性能对钨电池的性能具有重要影响,科研人员正在研究新型电解质,以提高钨电池的离子传导率和电化学稳定性。为了提高钨电池的生产效率,降低生产成本,科研人员正在优化钨电池的制造工艺,通过采用先进的制造技术和设备,实现钨电池的规模化生产。钨电池与其他能源存储技术的融合也是当前的研究热点,将钨电池与太阳能、风能等可再生能源相结合,实现能源的储存与利用。



风能

### 提高电池的能量密度

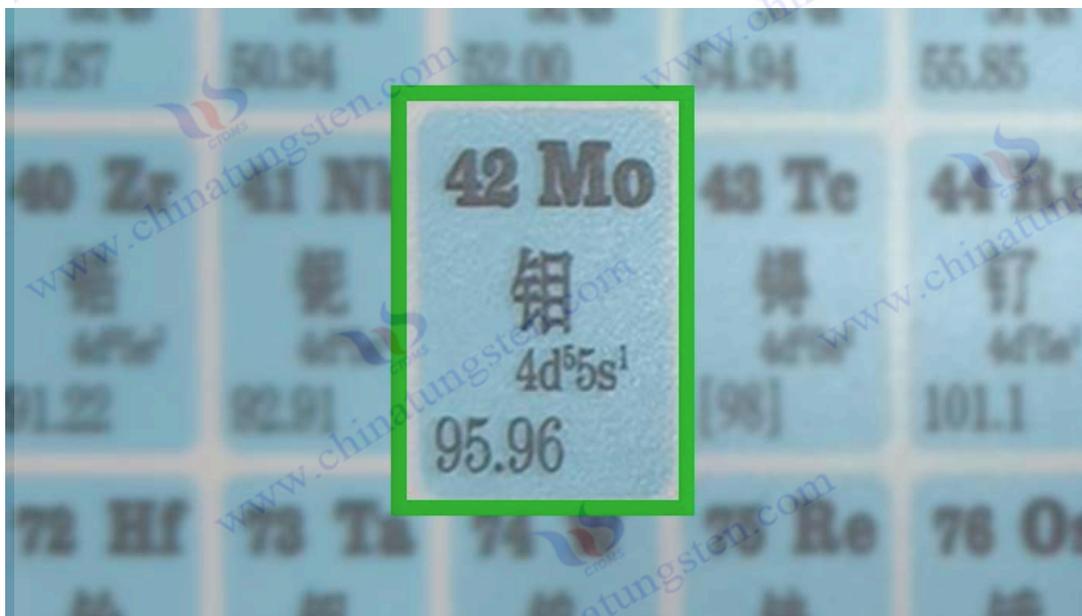
改善正极材料的结构稳定性:钨掺杂可以稳定正极材料的晶体结构,减少在充放电过程中因锂离子的嵌入和脱嵌而导致的结构变化。这种结构稳定性的提高有助于保持正极材料的活性,从而提高电池的能量密度。



钨酸锌



提高正极材料的化学稳定性：钼掺杂可以增强正极材料对电解液中离子的耐受性，减少因化学反应而导致的性能衰退。这有助于延长电池的使用寿命，同时保持较高的能量密度。



钼元素

磷酸铁锂钼掺杂：通过电导率测试和循环伏安测试，可以发现钼掺杂磷酸铁锂材料的电导率比未掺杂材料高出数倍，同时锂离子的扩散系数也有所提高。这种改善有助于提高电池的充放电速率和能量密度，使其在高功率应用中表现出更好的性能。例如，在某些研究中，钼掺杂的磷酸铁锂材料在充放电循环后保持了较高的容量保持率，显示出优异的循环稳定性和能量密度。



电池



镍钴锰三元氧化物材料（NCMs）：对于 NCM622 材料，研究人员发现 0.7mol% 的 Mo 掺杂提高了循环稳定性。适度的 Mo 掺杂可以促进表层岩盐的形成，因为  $\text{Mo}^{6+}$  引起的  $\text{Ni}^{2+}$  浓度增加。循环前形成的岩盐将缓解循环过程中从层状结构到岩盐的进一步相变。最佳的 Mo 含量为 1wt%，在 1C 条件下有 184mAh/g 的高容量，100 次循环后容量保持率为约 92%。



高纯氧化钼

其他锂离子电池正极材料：除了磷酸铁锂和 NCMs 外，钼掺杂还被应用于其他锂离子电池正极材料中，如镍钴铝材料（NCAs）等。这些材料在钼掺杂后也表现出了更高的能量密度和更好的循环稳定性。

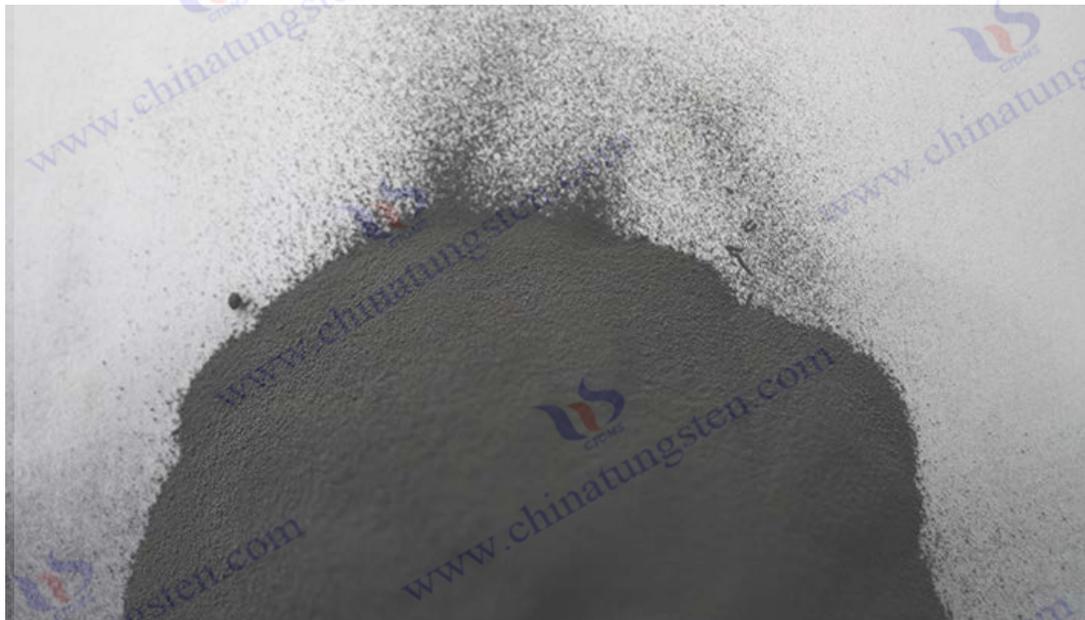


电池



## 提高电池的安全性

热稳定性增强：钼掺杂可以改变电池材料的电子结构和晶体结构，从而提高其热稳定性。通过热重分析（TGA）和差示扫描量热法（DSC）等测试方法，可以评估材料的热稳定性。测试结果表明，钼掺杂可以提高材料的热分解温度，减少热失控的风险。



二硫化钼

减少热量产生：在充放电过程中，钼掺杂的电池材料产生的热量较少。这有助于降低电池的温度，减少因高温而导致的电池性能衰退和安全风险。



电池



减少化学反应和副反应：钼掺杂可增强电池材料的化学稳定性，减少其与电解液之间的化学反应和副反应。这有助于降低电池内部的化学活性，减少因化学反应而导致的安全风险。



钼酸镍

提高正极材料稳定性：钼掺杂可稳定正极材料的结构，减少其在充放电过程中的结构变化。这种结构稳定性的提高有助于保持正极的活性，同时减少因结构变化而导致的安全风险。



电池

磷酸铁锂钼掺杂：通过电化学阻抗谱（EIS）测试，可以分析钼掺杂磷酸铁锂材料与电解



液之间的界面稳定性。测试结果表明，钼掺杂可以减少界面副反应，提高界面稳定性。在高温条件下，钼掺杂磷酸铁锂材料的热稳定性得到增强，有助于防止电池过热和热失控。



钼元素

镍钴锰三元氧化物材料（NCMs）：对于 NCM811 材料，研究人员尝试用 Mo 掺杂来改变其热稳定性。DSC 结果表明，Mo 掺杂减少了电极/电解质的放热反应。采用热解吸光谱-质谱法（TDS-MS）来测量气体，检测到了 O<sub>2</sub>、HF 和 CO<sub>2</sub>。掺入 Mo 的样品的氧气释放量比原始样品少得多，证明了其热稳定性的提高。



电池



其他锂离子电池正极材料：除了磷酸铁锂和 NCMs 外，钨掺杂还被应用于其他锂离子电池正极材料中，如镍钴铝材料（NCAs）等。这些材料在钨掺杂后也表现出了更高的安全性和更好的循环稳定性。



二硒化钨

### 降低电池生产成本

优化电极材料制备工艺：通过优化电极材料的制备工艺，可以实现钨掺杂电极材料的规模化生产。这有助于降低电极材料的生产成本，从而进一步降低电池的整体成本。



电池



制造工艺优化：钼掺杂电池的制造工艺也可以进行优化，以提高生产效率和降低成本。例如，通过改进电池组装工艺、优化电解液配方等方法，可进一步提高电池的生产效率和降低成本。



钼酸锌

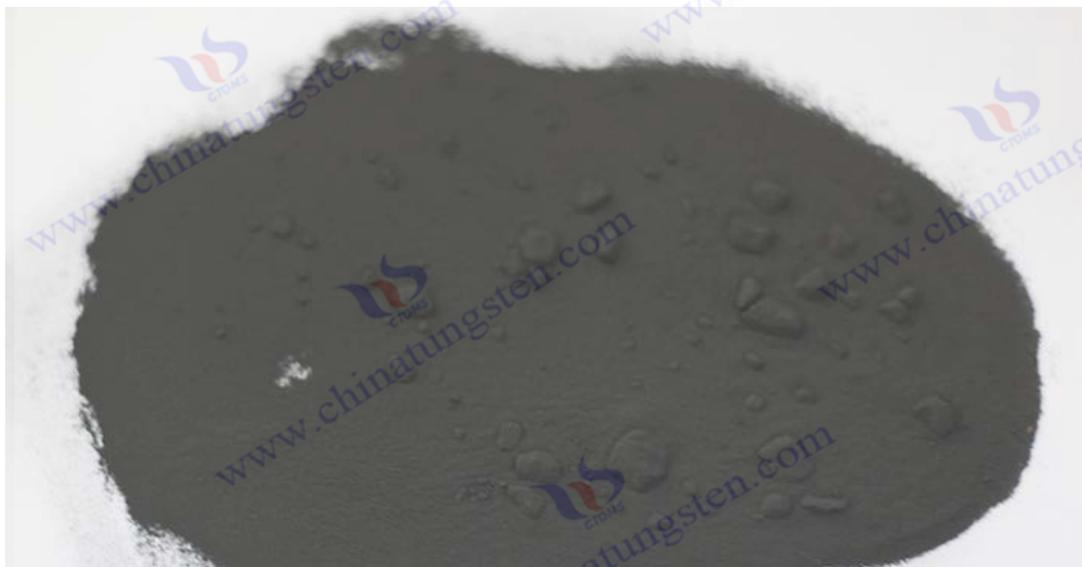
性能稳定性提升：钼掺杂还可以提高电池的性能稳定性，减少因性能衰退而导致的电池更换和维护成本。例如，在锂离子电池中，钼掺杂可以稳定正极材料的结构，减少其在充放电过程中的结构变化，从而提高电池的循环稳定性和性能稳定性。



电池



钼掺杂富锂锰电池：钼掺杂富锂锰电池具有较高的安全性、低成本和广阔的应用前景。通过钼掺杂，可以降低富锂锰电池的材料成本和制造成本，同时提高其循环稳定性和性能稳定性。



二硒化钼

无钴高镍锂离子电池：韩国汉阳大学的研究团队通过在镍锰氢氧化物  $NMgO$  正极中引入钼 (Mo) 元素，成功实现了在 4.4V 高压条件下半电池容量达到 234mAh/g。通过优化电解质和引入碳酸氟乙烯 (FEC) 添加剂，进一步提高了电池的循环稳定性。该研究为无钴电极材料在富镍层状正极中的作用提供了基础见解，并为实现商业可行的无钴富镍层状正极材料开发提供了新途径。钼的引入降低了对钴的依赖，从而降低了电池的成本。



电池



磷酸铁锂钼掺杂: 通过钼掺杂, 可以提高磷酸铁锂材料的热分解温度, 减少热失控的风险。钼掺杂还可以优化锂离子的扩散路径, 降低锂离子在晶格中的迁移能垒, 从而提高电池的充放电性能。这些性能的提升有助于降低电池的更换和维护成本。



钼酸锌

## 24.2 钼在电池中的应用前景

电池作为能量储存与转换的关键设备, 在现代社会中扮演着举足轻重的角色。随着科技的进步和环保意识的提升, 各类电池的应用前景日益广阔。以下是对磷酸铁锂电池、铅酸蓄电池、镍氢电池、氢燃料电池以及超级电容器等几种主要电池类型的应用前景的详细分析。



电池



## 一、磷酸铁锂电池

磷酸铁锂电池（ $\text{LiFePO}_4$  电池或 LFP 电池）近年来在多个领域得到了广泛应用。其市场发展现状、前景、环境及趋势均呈现出积极的态势。随着新能源汽车、储能系统、消费电子等领域的快速发展，铁锂电池市场规模持续扩大。根据中国汽车动力电池产业创新联盟的数据，2024 年 1~6 月，磷酸铁锂电池累计装车量达到 141GWh，同比增长 35.7%。



汽车

磷酸铁锂电池在快充性能和续航里程方面实现了突破。例如，宁德时代推出的神行电池，全球首次突破铁锂 4C 快充，后续产品续航可达 1000km。储能铁锂向大容量方向持续演进，目前主流产品已迭代至 314Ah，进一步提升了储能产品的经济性。



电池



磷酸铁锂电池市场竞争激烈，既有国内企业之间的竞争，也有国内外企业之间的竞争。宁德时代、比亚迪等企业凭借在动力电池领域的深厚积累和技术创新，占据了市场的主导地位。国际市场上，LG 新能源、松下等知名企业也具有较强的竞争力。

磷酸铁锂电池因其较低的生产成本和高热稳定性而受到市场的青睐。随着新能源汽车市场的不断扩大和消费者对续航里程等要求的提高，动力汽车锂电池市场需求将持续增长。随着可再生能源发电的普及和电网对储能系统的需求增加，磷酸铁锂电池在储能领域的应用前景广阔。预计未来储能市场将保持高速增长，磷酸铁锂电池将占据重要地位。中国企业在磷酸铁锂电池技术路线上的优势明显，纷纷奔赴海外建厂。出口量的增长和国际主流车企对磷酸铁锂电池的青睐，证明了其在全球电池市场中的竞争力和受欢迎程度。



汽车

## 二、铅酸蓄电池

铅酸蓄电池作为传统的化学电源，具有技术成熟、成本低廉、性能稳定等优点，在多个领域仍有广泛应用。我国电动自行车社会保有量已达 3.5 亿辆，并且这一数字在未来仍有望继续提升。铅酸蓄电池作为电动两轮车的主要配套能源，在市场中占据着重要位置。

随着政策支持力度的不断增加和外卖、快递等即时配送业务的迅猛发展，我国电动自行车保有量增长稳定，带动上游铅酸蓄电池市场规模的快速扩张。国家统计局数据显示，2023 年，全国规模以上企业铅酸蓄电池产量 2.98 亿 kWh，同比增长 10.50%。

铅酸蓄电池主要可分为备用电源电池、储能电池、起动电池和动力电池四大类。其中，备用电源电池和起动电池在通信、电力、交通等领域有着广泛的应用。

铅蓄电池行业长期面临铅污染这一严峻问题，主要集中在生产和回收利用这两个阶段。因



此，铅酸蓄电池产业亟需增强研发投资力度，致力于创新材料的探索、新型结构设计以及先进制造工艺的开发。



铅酸蓄电池

随着国家环保政策力度的加大和行业准入标准的严格执行，铅酸蓄电池企业必须加大环保投入，积极采用更为成熟、先进且适用的清洁生产技术和工艺。

商务部等五部门联合发布的《推动电动自行车以旧换新实施方案》明确指出，对交回老旧锂离子蓄电池电动自行车并换购铅酸蓄电池电动自行车的消费者，将适当加大补贴力度。这将进一步推动铅酸蓄电池市场的发展。



汽车



然而，随着锂离子电池等新型电池技术的不断进步和成本的降低，铅酸蓄电池在某些领域可能会面临替代风险。因此，铅酸蓄电池企业需要不断进行技术创新和产品升级，以提高市场竞争力。



铅酸蓄电池

### 三、镍氢电池

镍氢电池具有较高的能量密度、长寿命和较少的环境影响，在混合动力汽车、消费电子产品等领域有着广泛的应用。

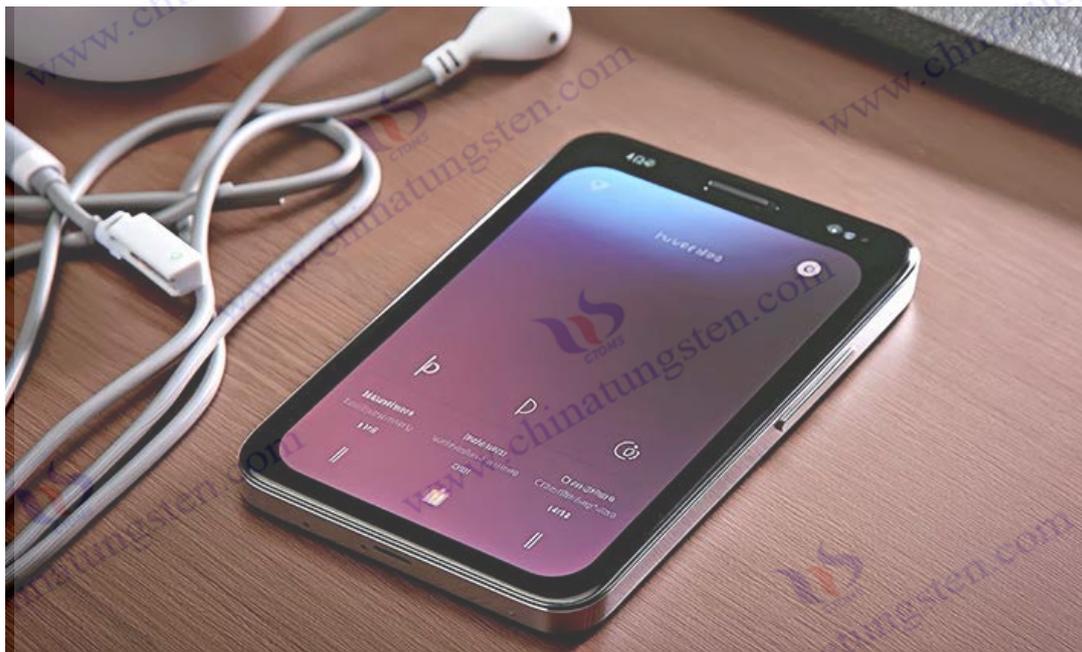


电池



近年来，随着消费者对高品质产品的需求增加以及技术创新推动产品升级，镍氢电池市场增长动力不断增强。数据显示，我国已经成为全球镍氢电池的主要生产国和出口国。2023年我国镍氢电池的出口量达到了 3.45 亿个，出口金额为 3.5 亿美元。

镍氢电池产业链主要包括上游原材料供应（如镍矿、锰矿、稀土、储氢合金等）、中游电池制造及下游应用市场（如新能源汽车、航空航天、军工、医疗器械、消费电子等）三个环节。



手机

上游原材料的质量和供应稳定性直接影响到镍氢电池的性能和生产成本。中游电池制造环节涉及技术研发、产品生产等方面。下游应用市场则决定了镍氢电池的需求量和应用领域。

技术创新是推动镍氢电池行业发展的关键力量。未来，随着材料科学、电化学理论的不断突破和生产工艺的改进，镍氢电池的性能将得到进一步提升，生产成本也将逐步降低。

国内镍氢电池企业在满足国内市场需求的同时，也将加快海外市场布局，提升国际竞争力。通过参加国际展会、建立海外销售渠道等方式，将中国制造的镍氢电池推向更广阔的市场。随着全球对清洁能源和环保产品的需求持续增加，镍氢电池市场有望继续保持稳定的增长态势。特别是在新能源汽车、储能系统以及消费电子市场不断发展的背景下，镍氢电池的应用领域将进一步拓宽。

#### 四、氢燃料电池

氢燃料电池是一种将氢气和氧气的化学能直接转换成电能的发电装置，具有高效、环保、燃料来源多样等优点。



得益于技术进步、政策支持以及市场需求的不断增加，中国氢燃料电池行业市场规模快速增长。数据显示，中国氢燃料电池行业的市场规模（按销售额计）由 2019 年的 16.3 亿元增至 2023 年的 39.3 亿元，复合年增长率为 24.61%。预计 2024 年中国氢燃料电池系统市场规模将达到 59.9 亿元。



燃料电池

中国氢燃料电池目前主要应用在燃料电池汽车领域，特别是货运重卡、公共汽车等大型商用车。此外，燃料电池还正逐步应用于船舶、轨道车辆、航空等交通运输领域以及分布式发电和固定式发电等领域。



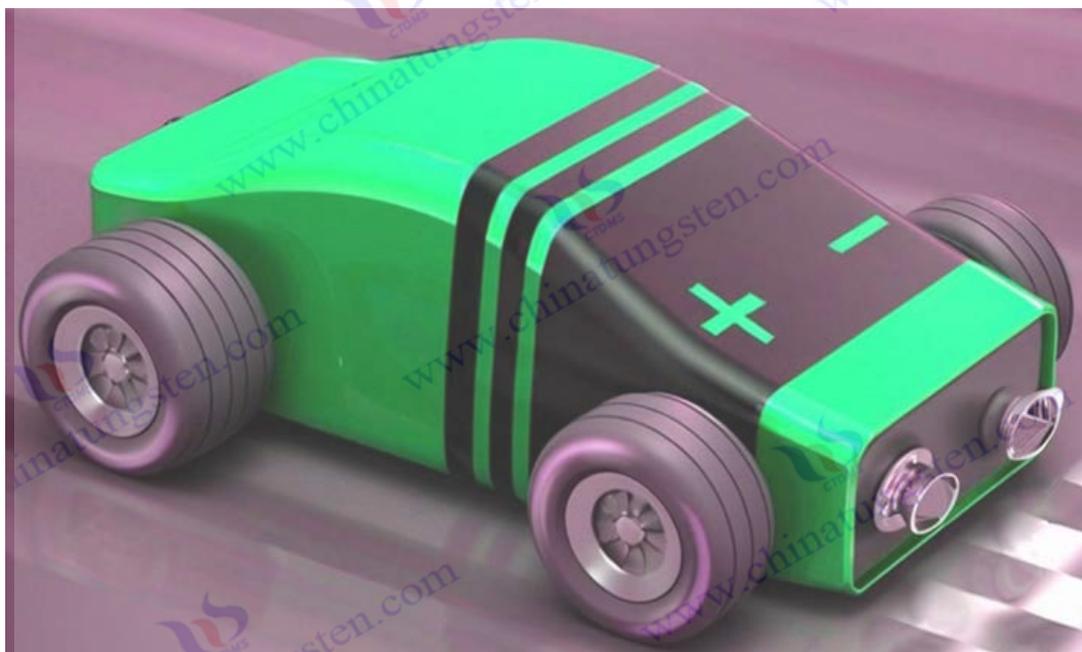
汽车



近年来，中国氢燃料电池行业受到各级政府的高度重视和国家产业政策的重点支持。国家陆续出台了多项政策鼓励氢燃料电池行业发展与创新，为氢燃料电池行业的发展提供了明确、广阔的市场前景和良好的生产经营环境。

技术创新是推动氢燃料电池行业发展的关键因素之一。随着材料科学、电化学理论的不断突破和生产工艺的改进，氢燃料电池的性能将得到进一步提升，生产成本也将逐步降低。

随着中国减碳战略方针的逐步落地和氢燃料电池技术的不断进步，氢燃料电池市场投资不断增加并逐步实现商业化。预计未来氢燃料电池将在更多领域得到广泛应用，并成为未来能源体系中的重要组成部分。



燃料电池

## 五、超级电容器

超级电容器是一种新型的电能储存装置，具有功率密度高、充放电速度快、使用寿命长等优点。超级电容器主要应用场景为新能源、交通、工业等领域。因具备辅助峰值功率、备用电源、存储再生能量、替代电源等用途，超级电容器在工业设备、汽车、轨道交通、消费电子等不同场景具有非常广阔的发展前景。

在轨交领域，超级电容器能够实现制动能量回收，提高能量利用效率。目前多采用“超级电容器+蓄电池”的混合储能方案。此外，超级电容器在新型电力系统中的发电侧、输配电侧、用电侧等多个环节也开始得到应用。

超级电容器具有高功率密度和长循环寿命的特点，能够在短时间内快速充放电，适用于需要高功率输出的场合。与传统电池相比，超级电容器具有更长的使用寿命和更高的可靠性，能够在恶劣环境下稳定工作。



未来，随着材料科学、电化学理论的不不断突破和生产工艺的改进，超级电容器的性能将得到进一步提升，生产成本也将逐步降低。

超级电容器在电动汽车、城市轨道交通、新能源等领域均具备较好的发展前景。特别是在新能源汽车领域，超级电容器可以作为辅助电源或峰值功率电源使用，提高整车的动力性能和续航能力。

综上所述，各大电池类型均有着广泛的应用前景和巨大的市场潜力。随着技术的不断进步和市场的持续扩大，这些电池将在更多领域得到广泛应用，并呈现出更加多元化和国际化的发展趋势。然而，不同类型的电池在性能、成本、环保等方面存在差异，因此需要根据具体应用场景和需求进行选择和优化。同时，政府政策的支持和产业链上下游的协同发展也将对各大电池的应用前景产生重要影响。



超级电容器

