钨钼稀土
在新能源电池领域的应用与市场研究

DR. HANNS
©CHINATUNGSTEN ONLINE
XIAMEN CHINA, NOV.01,2023
韩斯疆博士
中钨在线®
中国厦门 2023.11.01
www.ctia.com.cn

Copyright© 2021 All Rights Reserved
ISO 9001-2015 认证号码:00122Q31380R3S/3502
标准文件版本号 CTOXMQCD-MA-E/P 2022 版
www.chinatungsten.com
电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Emailsales@chinatungsten.com

著作版权、法律责任声明

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

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

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

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

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

■如有需要我们的中文和/或英文版本，欢迎直接发邮件索取。

©中钨在线科技有限公司
韩斯疆博士
中钨在线®
中国厦门 2023.11.01
www.ctia.com.cn

LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

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

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

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

DR. HANNS
©CHINATUNGSTEN ONLINE
XIAMEN CHINA, NOV.01,2023
www.ctia.com.cm
ceo@tungsten.com.cn

COPYRIGHT

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

DR. HANNS
©CHINATUNGSTEN ONLINE
XIAMEN CHINA, NOV.01,2023
www.ctia.com.cm
ceo@tungsten.com.cn

作者简介

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

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

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

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

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

Copyright© 2021 All Rights Reserved

BRIEF INTRODUCTION TO THE AUTHOR

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

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

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

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

DR. HANNS
©CHINATUNGSTEN ONLINE
XIAMEN CHINA, NOV.01,2023
www.ctia.com.cm
ceo@tungsten.com.cn

Copyright© 2021 All Rights Reserved

钨钼稀土市场的新蓝海

——《钨钼稀土在新能源电池领域的应用与市场研究》内容简介

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

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

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

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

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

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

Copyright© 2021 All Rights Reserved

ISO 9001-2015 认证号码:00122Q31380R3S/3502
标准文件版本号 CTOXMQCD-MA-E/P 2022 版
电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Emailsales@chinatungsten.com

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

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

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

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

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

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

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

Copyright© 2021 All Rights Reserved

目 录

第 I 部分 电池、钨、钼和稀土的介绍

第一章 电池、钨、钼和稀土的基本概念

1.1 蓄电池
1.1.1 蓄电池基本结构
1.1.1.1 正极材料
1.1.1.2 负极材料
1.1.1.3 电解液
1.1.1.4 隔膜
1.1.2 蓄电池工作原理
1.1.3 蓄电池分类
1.1.3.1 传统电池
1.1.3.2 新能源电池
1.1.3.3 动力电池
1.1.3.4 储能电池
1.1.3.5 圆柱电池
1.1.3.6 方形电池
1.1.3.7 软包电池
1.1.4 新能源电池的发展历程
1.1.5 新能源电池应用领域
1.1.6 新能源电池市场趋势和前景
1.1.6.1 新能源电池行业发展现状
1.1.6.2 新能源电池行业发展前景
1.2 金属钨
1.2.1 钨的理化性质
1.2.2 钨的发展历史
1.2.3 钨的用途
1.3 金属钼
1.3.1 钼的理化性质
1.3.2 钼的发展历史
1.3.3 钼的用途
1.4 稀土元素
1.4.1 稀土用途

第二章 常见电池的介绍

2.1 铅酸电池
2.1.1 铅酸电池基本结构
2.1.1.1 铅酸电池正极材料
2.1.1.2 铅酸电池负极材料

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

2.1.1.3 铅酸电池隔板
2.1.1.4 铅酸电池电解液
2.1.2 铅酸电池工作原理
2.1.3 铅酸电池主要特性
2.1.4 铅酸电池生产工序
2.1.5 铅酸电池性能的影响因素
2.1.5.1 正极材料对铅酸电池性能的影响
2.1.5.2 负极材料对铅酸电池性能的影响
2.1.5.3 隔膜对铅酸电池性能的影响
2.1.5.4 电解液对铅酸电池性能的影响
2.1.5.5 放电深度对铅酸电池性能的影响
2.1.5.6 过充电程度对铅酸电池性能的影响
2.1.5.7 工作温度对铅酸电池性能的影响
2.1.5.8 浮充电压对铅酸电池性能的影响
2.1.5.9 保养不到位对铅酸电池性能的影响
2.1.6 铅酸电池技术指标
2.1.7 铅酸电池使用注意事项
2.1.8 铅酸电池的应用
2.1.9 铅酸电池的发展状况
2.1.10 铅酸电池的发展瓶颈
2.1.11 铅酸电池的发展前景
2.2 锂离子电池
2.2.1 锂离子电池基本结构
2.2.1.1 锂离子电池正极材料
2.2.1.1.1 磷酸铁锂正极材料
2.2.1.1.2 三元锂材料
2.2.1.1.3 钴酸锂正极材料
2.2.1.1.4 锰酸锂正极材料
2.2.1.2 锂离子电池负极材料
2.2.1.2.1 锂离子电池碳负极材料
a. 锂离子电池石墨化碳负极材料
b. 锂离子电池无定形碳负极材料
2.2.1.2.2 锂离子电池非碳负极材料
a. 锂离子电池钨基非碳负极材料
b. 锂离子电池钼基非碳负极材料
c. 锂离子电池硅基非碳负极材料
d. 锂离子电池钛基非碳负极材料
e. 锂离子电池锡基非碳负极材料
f. 锂离子电池合金负极材料
2.2.1.3 锂离子电池隔膜
2.2.1.3.1 锂离子电池聚乙烯隔膜
2.2.1.3.2 锂离子电池聚丙烯隔膜
2.2.1.4 锂离子电池电解液
2.2.1.4.1 锂离子电池液态电解质

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

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

Copyright© 2021 All Rights Reserved

2.3 磷酸铁锂电池
2.3.1 磷酸铁锂电池基本结构
2.3.2 磷酸铁锂电池工作原理
2.3.3 磷酸铁锂电池主要特性
2.3.4 磷酸铁锂电池的应用
2.3.5 磷酸铁锂电池的发展现状
2.3.6 磷酸铁锂电池的发展前景
2.3.7 磷酸铁锂电池的发展瓶颈
2.4 三元电池
2.4.1 三元电池基本结构
2.4.2 三元电池分类
2.4.2.1 镍钴锰三元电池
2.4.2.2 镍钴铝三元电池
2.4.3 三元电池工作原理
2.4.4 三元电池主要特性
2.4.5 三元电池的应用
2.4.6 三元电池的发展现状
2.4.7 三元电池的发展前景
2.4.8 三元电池的发展瓶颈
2.5 钴酸锂电池
2.5.1 钴酸锂电池基本结构
2.5.2 钴酸锂电池工作原理
2.5.3 钴酸锂电池主要特性
2.5.4 钴酸锂电池的应用
2.5.5 钴酸锂电池的发展现状
2.5.6 钴酸锂电池的发展前景
2.5.7 钴酸锂电池的发展瓶颈
2.6 锰酸锂电池
2.6.1 锰酸锂电池基本结构
2.6.2 锰酸锂电池工作原理
2.6.3 锰酸锂电池主要特性
2.6.4 锰酸锂电池的应用
2.6.5 锰酸锂电池的发展现状
2.6.6 锰酸锂电池的发展前景
2.6.7 锰酸锂电池的发展瓶颈
2.7 无钴电池
2.7.1 无钴电池基本结构
2.7.2 无钴电池工作原理
2.7.3 无钴电池主要特性
2.7.4 无钴电池的应用
2.7.5 无钴电池的发展现状
2.7.6 无钴电池的发展前景
2.7.7 无钴电池的发展瓶颈
2.8 锂硫电池

Copyright© 2021 All Rights Reserved

2.8.1 锂硫电池基本结构
2.8.1.1 锂硫电池正极材料
2.8.1.1.1 锂硫电池正极材料的种类
2.8.1.1.2 锂硫电池正极材料的制备方法
2.8.1.2 锂硫电池负极材料
2.8.1.2.1 锂硫电池负极材料的种类
2.8.1.2.2 锂硫电池负极材料的制备方法
2.8.1.2.3 锂硫电池负极材料的研究进展
2.8.1.3 锂硫电池隔膜
2.8.1.3.1 锂硫电池隔膜的种类
2.8.1.3.2 锂硫电池隔膜的制备方法
2.8.1.4 锂硫电池电解液
2.8.1.4.1 锂硫电池电解液的种类
2.8.1.4.2 锂硫电池电解液的制备方法
2.8.2 锂硫电池工作原理
2.8.3 锂硫电池主要特性
2.8.4 锂硫电池性能的影响因素
2.8.4.1 正极材料对锂硫电池性能的影响
2.8.4.2 负极材料对锂硫电池性能的影响
2.8.4.3 隔膜对锂硫电池性能的影响
2.8.4.4 电解液对锂硫电池性能的影响
2.8.4.5 放电深度对锂硫电池寿命的影响
2.8.4.6 过充电程度对锂硫电池寿命的影响
2.8.4.7 温度对锂硫电池寿命的影响
2.8.4.8 放电电流密度对锂硫电池寿命的影响
2.8.5 锂硫电池技术指标
2.8.6 锂硫电池使用注意事项
2.8.7 锂硫电池的应用
2.8.8 锂硫电池的发展现状
2.8.9 锂硫电池的发展前景
2.8.10 锂硫电池的发展瓶颈
2.9 钠离子电池
2.9.1 钠离子电池基本结构
2.9.1.1 钠离子电池正极材料
2.9.1.1.1 钠电池层状氧化物正极材料
2.9.1.1.2 钠电池普鲁士蓝正极材料
2.9.1.1.3 钠电池聚阴离子化合物正极材料
2.9.1.2 钠离子电池负极材料
2.9.1.2.1 钠电池碳负极材料
2.9.1.2.2 钠电池钨基负极材料
2.9.1.2.4 钠电池合金负极材料
2.9.1.3 钠离子电池隔膜
2.9.1.4 钠离子电池电解液
2.9.2 钠离子电池工作原理

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

2.10.7 锌离子电池使用注意事项
2.10.8 锌离子电池的应用
2.10.9 锌离子电池的发展现状
2.10.10 锌离子电池的发展前景
2.10.11 锌离子电池的发展瓶颈
2.11 镍氢电池
2.11.1 镍氢电池基本结构
2.11.1.1 镍氢电池正极材料
2.11.1.2 镍氢电池负极材料
2.11.1.3 镍氢电池隔膜
2.11.1.4 镍氢电池电解液
2.11.2 镍氢电池工作原理
2.11.3 镍氢电池主要特性
2.11.4 镍氢电池生产工序
2.11.5 镍氢电池性能的影响因素
2.11.5.1 正极材料对镍氢电池性能的影响
2.11.5.2 负极材料对镍氢电池性能的影响
2.11.5.3 隔膜对镍氢电池性能的影响
2.11.5.4 电解液对镍氢电池性能的影响
2.11.5.5 放电深度对镍氢电池寿命的影响
2.11.5.6 过充电程度对镍氢电池寿命的影响
2.11.5.7 工作温度对镍氢电池寿命的影响
2.11.5.8 放电电流密度对镍氢电池寿命的影响
2.11.6 镍氢电池技术指标
2.11.7 镍氢电池使用注意事项
2.11.8 镍氢电池的应用
2.11.9 镍氢电池的发展现状
2.11.10 镍氢电池的发展前景
2.11.11 镍氢电池的发展瓶颈
2.12 燃料电池
2.12.1 燃料电池基本结构
2.12.1.1 燃料电池阳极材料
2.12.1.2 燃料电池阴极材料
2.12.1.3 燃料电池隔膜
2.12.1.4 燃料电池电解质
2.12.1.5 燃料电池催化剂
2.12.1.6 燃料电池集电器
2.12.2 燃料电池工作原理
2.12.3 燃料电池主要特性
2.12.4 燃料电池生产工序
2.12.5 燃料电池性能的影响因素
2.12.5.1 阳极材料对燃料电池性能的影响
2.12.5.2 阴极材料对燃料电池性能的影响
2.12.5.3 催化剂对燃料电池性能的影响

Copyright© 2021 All Rights Reserved

2.12.5.4 隔膜对燃料电池性能的影响
2.12.5.5 电解质对燃料电池性能的影响
2.12.5.6 集电器对燃料电池性能的影响
2.12.5.7 工作温度对燃料电池寿命的影响
2.12.5.8 工作压力对燃料电池寿命的影响
2.12.5.9 电流密度对燃料电池寿命的影响
2.12.6 燃料电池技术指标
2.12.7 燃料电池使用注意事项
2.12.8 燃料电池的应用
2.12.9 燃料电池的发展现状
2.12.10 燃料电池的发展前景
2.12.11 燃料电池的发展瓶颈
2.13 太阳能电池
2.13.1 太阳能电池基本组成
2.13.1.1 太阳能电池 PN 结
2.13.1.2 太阳能电池金属电极
2.13.1.3 太阳能电池透明导电膜
2.13.1.4 太阳能电池硅片
2.13.2 太阳能电池工作原理
2.13.3 太阳能电池主要特性
2.13.4 太阳能电池生产工序
2.13.5 太阳能电池性能的影响因素
2.13.5.1 硅片质量对太阳能电池性能的影响
2.13.5.2 硅片厚度对太阳能电池性能的影响
2.13.5.3 光照强度对太阳能电池性能的影响
2.13.5.4 工作温度对太阳能电池性能的影响
2.13.6 太阳能电池技术指标
2.13.7 太阳能电池使用注意事项
2.13.8 太阳能电池的应用
2.13.9 太阳能电池的发展现状
2.13.10 太阳能电池的发展前景
2.13.11 太阳能电池的发展瓶颈

第三章 电池性能的检测

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

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

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

第四章 蓄电池应用领域概览

4.1 交通工具用蓄电池
4.1.1 电动汽车用蓄电池
4.1.3 电动自行车用蓄电池
4.1.4 电动摩托车用蓄电池
4.1.5 电动船舶用蓄电池
4.1.6 电动飞机用蓄电池
4.1.7 电动航空器用蓄电池
4.2 电子产品用蓄电池
4.2.1 手机用蓄电池
4.2.2 电脑用蓄电池
4.2.3 智能手表用蓄电池
4.2.4 游戏机用蓄电池
4.2.5 移动电源用蓄电池
4.2.6 无人机用蓄电池
4.3 智能家电用蓄电池
4.3.1 智能扫地机用蓄电池
4.3.2 智能门锁用蓄电池
4.3.3 智能吸尘器用蓄电池

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

4.3.4 智能窗帘用蓄电池
4.3.5 智能夜灯用蓄电池
4.3.6 智能音箱用蓄电池
4.3.7 智能马桶用蓄电池
4.4 航空器用蓄电池
4.4.1 卫星用蓄电池
4.4.2 火箭推进系统用蓄电池
4.4.3 军事设备用蓄电池
4.5 电力系统用蓄电池
4.6 医疗设备用蓄电池
4.6.1 电子体温计用蓄电池
4.6.2 呼吸机用蓄电池
4.6.3 便携式心电图机用蓄电池
4.6.4 移动式超声设备用蓄电池
4.6.5 除颤仪用蓄电池
4.7 电动工具用蓄电池
4.7.1 电钻用蓄电池
4.7.2 电锤用蓄电池
4.7.3 电锯用蓄电池
4.7.4 角磨机用蓄电池
4.7.5 电剪用蓄电池
4.8 农业设备用蓄电池
4.8.1 收割机用蓄电池
4.8.2 播种机用蓄电池
4.8.3 喷灌机用蓄电池
4.8.4 饲料投喂器用蓄电池

第 II 部分 钨在新能源电池市场的介绍

第五章 新能源电池中的钨化合物介绍

5.1 什么是钨酸
5.1.1 钨酸理化性质
5.1.2 钨酸分类
5.1.2.1 新能源电池用黄钨酸
5.1.2.2 新能源电池用白钨酸
5.1.2.3 新能源电池用偏钨酸
5.1.3 钨酸生产方法
5.1.3.1 黄钨酸生产方法
5.1.3.2 白钨酸生产方法
5.1.3.3 偏钨酸生产方法
5.1.4 钨酸应用
5.2 什么是氧化钨
5.2.1 氧化钨理化性质

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

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

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

5.4.2 紫色氧化钨理化性质
5.4.3 紫色氧化钨分类
5.4.3.1 新能源电池用针状紫色氧化钨
5.4.3.2 新能源电池用棒状紫色氧化钨
5.4.3.3 新能源电池用微米紫色氧化钨
5.4.3.4 新能源电池用亚微米紫色氧化钨
5.4.3.5 新能源电池用纳米紫色氧化钨
5.4.3.6 新能源电池用亚纳米紫色氧化钨
5.4.4 紫色氧化钨生产方法
5.4.5 紫色氧化钨应用
5.5 什么是二氧化钨
5.5.1 二氧化钨结构
5.5.2 二氧化钨理化性质
5.5.3 二氧化钨分类
5.5.3.1 新能源电池用二氧化钨纳米颗粒
5.5.3.2 新能源电池用二氧化钨纳米片
5.5.3.3 新能源电池用二氧化钨纳米线
5.5.3.4 新能源电池用二氧化钨纳米棒
5.5.3.5 新能源电池用二氧化钨纳米花
5.5.3.6 新能源电池用微米二氧化钨
5.5.3.7 新能源电池用亚微米二氧化钨
5.5.3.8 新能源电池用纳米二氧化钨
5.5.3.9 新能源电池用亚纳米二氧化钨
5.5.4 二氧化钨生产方法
5.5.5 二氧化钨应用
5.6 什么是铌钨氧化物
5.6.1 铌钨氧化物结构
5.6.2 铌钨氧化物理化性质
5.6.3 铌钨氧化物生产方法
5.6.4 铌钨氧化物应用
5.7 什么是氮化钨
5.7.1 氮化钨结构
5.7.2 氮化钨理化性质
5.7.3 氮化钨分类
5.7.3.1 新能源电池用六叠氮化钨
5.7.3.2 新能源电池用二氮化钨
5.7.3.3 新能源电池用氮化二钨
5.7.4 氮化钨生产方法
5.7.5 氮化钨应用
5.8 什么是硼化钨
5.8.1 硼化钨结构
5.8.2 硼化钨理化性质
5.8.3 硼化钨分类
5.8.3.1 新能源电池用一硼化钨

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

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 锂离子电池正极材料用纳米钨酸
6.1.2 锂离子电池负极材料用纳米钨酸

Copyright© 2021 All Rights Reserved

6.1.3 锂离子电池电极材料用纳米钨酸的优势
6.1.4 锂离子电池电极材料用纳米钨酸的挑战
6.2 纳米黄色氧化钨在锂离子电池中的应用
6.2.1 锂离子电池正极材料用纳米黄色氧化钨
6.2.2 锂离子电池负极材料用纳米黄色氧化钨
6.2.3 锂离子电池电极材料用纳米黄色氧化钨的优势
6.2.4 锂离子电池电极材料用纳米黄色氧化钨的挑战
6.3 纳米紫色氧化钨在锂离子电池中的应用
6.3.1 锂离子电池正极材料用纳米紫色氧化钨
6.3.2 锂离子电池负极材料用纳米紫色氧化钨
6.3.3 锂离子电池电极材料用纳米紫色氧化钨的优势
6.3.4 锂离子电池电极材料用纳米紫色氧化钨的挑战
6.4 二氧化钨在锂离子电池中的应用
6.4.1 锂离子电池正极材料用二氧化钨
6.4.2 锂离子电池负极材料用二氧化钨
6.4.3 锂离子电池电极材料用二氧化钨的优势
6.4.4 锂离子电池电极材料用二氧化钨的挑战
6.5 铌钨氧化物在锂离子电池中的应用
6.5.1 锂离子电池正极材料用铌钨氧化物
6.5.2 锂离子电池负极材料用铌钨氧化物
6.5.3 锂离子电池电极材料用铌钨氧化物的优势
6.5.4 锂离子电池电极材料用铌钨氧化物的挑战
6.6 氮化钨在锂离子电池中的应用
6.6.1 锂离子电池正极材料用氮化钨
6.6.2 锂离子电池负极材料用氮化钨
6.6.3 锂离子电池电极材料用氮化钨的优势
6.6.4 锂离子电池电极材料用氮化钨的挑战
6.7 二硫化钨在磷酸铁锂中的应用
6.7.1 磷酸铁锂正极材料用二硫化钨纳米片
6.7.2 磷酸铁锂负极材料用二硫化钨纳米片
6.7.3 磷酸铁锂电极材料用二硫化钨纳米片的优势
6.7.4 磷酸铁锂电极材料用二硫化钨纳米片的优势
6.8 钨酸钠在锂离子电池中的应用
6.8.1 锂离子电池正极材料用钨酸钠
6.8.2 锂离子电池负极材料用钨酸钠
6.8.3 锂离子电池电极材料用钨酸钠的优势
6.8.4 锂离子电池电极材料用钨酸钠的挑战
6.9 钨酸锌在锂离子电池中的应用
6.9.1 锂离子电池电解液用钨酸锌
6.9.2 锂离子电池电解液用钨酸锌的优势
6.9.3 锂离子电池电解液用钨酸锌的挑战

第七章 钨在锂硫电池中的应用

Copyright© 2021 All Rights Reserved

7.1 氧化钨在锂硫电池中的应用
7.1.1 锂硫电池正极材料用氧化钨纳米片
7.1.2 锂硫电池负极材料用氧化钨纳米片
7.1.3 锂硫电池电极材料用氧化钨的优势
7.1.4 锂硫电池电极材料用氧化钨的挑战
7.2 二硫化钨在锂硫电池中的应用
7.2.1 锂硫电池正极材料用二硫化钨纳米片
7.2.2 锂硫电池负极材料用二硫化钨纳米片
7.2.3 锂硫电池正极材料用二硫化钨量子点
7.2.4 锂硫电池负极材料用二硫化钨量子点
7.2.5 锂硫电池电极材料用二硫化钨的优势
7.2.6 锂硫电池电极材料用二硫化钨的挑战
7.3 二硒化钨在锂硫电池中的应用
7.3.1 锂硫电池正极材料用二硒化钨纳米片
7.3.2 锂硫电池负极材料用二硒化钨纳米片
7.3.3 锂硫电池正极材料用二硒化钨超点阵
7.3.4 锂硫电池负极材料用二硒化钨超点阵
7.3.5 锂硫电池电极材料用二硒化钨的优势
7.3.6 锂硫电池电极材料用二硒化钨的挑战
7.4 氮化钨在锂硫电池中的应用
7.4.1 锂硫电池正极材料用氮化钨纳米片
7.4.2 锂硫电池负极材料用氮化钨纳米片
7.4.3 锂硫电池电极材料用氮化钨的优势
7.4.4 锂硫电池电极材料用氮化钨的挑战

第八章 钨在钠离子电池中的应用

8.1 二硫化钨在钠离子电池中的应用
8.1.1 钠离子电池正极材料用二硫化钨空心球
8.1.2 钠离子电池负极材料用二硫化钨空心球
8.1.3 钠离子电池正极材料用二硫化钨纳米片
8.1.4 钠离子电池负极材料用二硫化钨纳米片
8.1.5 钠离子电池电极材料用二硫化钨的优势
8.1.6 钠离子电池电极材料用二硫化钨的挑战

第九章 钨在锌空电池中的应用

9.1 二硫化钨在锌空电池中的应用
9.1.1 锌空电池催化剂用二硫化钨
9.1.2 锌空电池催化剂用二硫化钨的优势
9.1.3 锌空电池催化剂用二硫化钨的挑战
9.2 钨酸钴在锌空电池中的应用
9.2.1 锌空电池催化剂用钨酸钴
9.2.2 锌空电池催化剂用钨酸钴的优势

Copyright© 2021 All Rights Reserved

9.2.3 锌空电池催化剂用钨酸钴的挑战

第十章 钨在燃料电池中的应用

10.1 氧化钨在燃料电池中的应用
10.1.1 燃料电池催化剂用氧化钨
10.1.2 燃料电池催化剂用氧化钨的优势
10.1.3 燃料电池催化剂用氧化钨的挑战

第十一章 钨在太阳能电池中的应用

11.1 二硫化钨在太阳能电池中的应用
11.2 二硒化钨在太阳能电池中的应用
11.3 钨酸镉在太阳能电池中的应用

第十二章 钨在电池中的技术挑战与解决方案

第十三章 钨基电池的生产成本

第十四章 钨在电池中的潜在价值与应用前景

第 III 部分 钼在新能源电池市场的介绍

第十五章 新能源电池中的钼化合物介绍

15.1 什么是氧化钼
15.1.1 氧化钼结构
15.1.2 氧化钼理化性质
15.1.3 氧化钼分类
15.1.3.1 新能源电池用三氧化钼
15.1.3.2 新能源电池用二氧化钼
15.1.3.3 新能源电池用氧化钼纳米线
15.1.3.4 新能源电池用氧化钼纳米棒
15.1.3.5 新能源电池用氧化钼纳米纤维
15.1.3.6 新能源电池用微米氧化钼
15.1.3.7 新能源电池用亚微米氧化钼
15.1.3.8 新能源电池用纳米氧化钼
15.1.3.9 新能源电池用亚纳米氧化钼
15.1.4 氧化钼生产方法
15.1.5 氧化钼应用
15.2 什么是碳化钼
15.2.1 碳化钼结构
15.2.2 碳化钼理化性质
15.2.3 碳化钼分类

Copyright© 2021 All Rights Reserved

15.2.3.1 新能源电池用碳化钼纳米管
15.2.3.2 新能源电池用碳化钼纳米片
15.2.3.3 新能源电池用碳化钼纳米线
15.2.3.4 新能源电池用碳化钼纳米棒
15.2.3.5 新能源电池用碳化钼纳米纤维
15.2.3.6 新能源电池用微米碳化钼
15.2.3.7 新能源电池用亚微米碳化钼
15.2.3.8 新能源电池用纳米碳化钼
15.2.3.9 新能源电池用亚纳米碳化钼
15.2.4 碳化钼生产方法
15.2.5 碳化钼应用
15.3 什么是氮化钼
15.3.1 氧化钼结构
15.3.2 氮化钼理化性质
15.3.3 氮化钼分类
15.3.3.1 新能源电池用氮化钼量子点
15.3.3.2 新能源电池用氮化钼纳米片
15.3.3.3 新能源电池用氮化钼纳米簇
15.3.3.4 新能源电池用一氮化钼
15.3.3.5 新能源电池用六叠氮化钼
15.3.3.6 新能源电池用二氮化钼
15.3.3.7 新能源电池用氮化二钼
15.3.3.8 新能源电池用二氮化三钼
15.3.4 氮化钼生产方法
15.3.5 氮化钼应用
15.4 什么是二硫化钼
15.4.1 二硫化钼结构
15.4.2 二硫化钼理化性质
15.4.3 二硫化钼分类
15.4.3.1 新能源电池用二硫化钼纳米颗粒
15.4.3.2 新能源电池用二硫化钼纳米片
15.4.3.3 新能源电池用二硫化钼纳米棒
15.4.3.4 新能源电池用 二硫化钼纳米花
15.4.3.5 新能源电池用二硫化钼纳米纤维
15.4.3.6 新能源电池用微米二硫化钼
15.4.3.7 新能源电池用亚微米二硫化钼
15.4.3.8 新能源电池用纳米二硫化钼
15.4.3.9 新能源电池用亚纳米二硫化钼
15.4.4 二硫化钼生产方法
15.4.5 二硫化钼应用
15.5 什么是二硒化钼
15.5.1 二硒化钼结构
15.5.2 二硒化钼理化性质
15.5.3 二硒化钼分类

Copyright© 2021 All Rights Reserved

15.5.3.1 新能源电池用二硒化钼纳米颗粒
15.5.3.2 新能源电池用二硒化钼纳米片
15.5.3.3 新能源电池用二硒化钼纳米棒
15.5.3.4 新能源电池用二硒化钼纳米花
15.5.3.5 新能源电池用二硒化钼纳米纤维
15.5.3.6 新能源电池用微米二硒化钼
15.5.3.7 新能源电池用亚微米二硒化钼
15.5.3.8 新能源电池用纳米二硒化钼
15.5.3.9 新能源电池用亚纳米二硒化钼
15.5.4 二硒化钼生产方法
15.5.5 二硒化钼应用
15.6 什么是钼酸盐
15.6.1 钼酸盐结构
15.6.2 钼酸盐理化性质
15.6.3 钼酸盐分类
15.6.3.1 新能源电池用钼酸锂
15.6.3.2 新能源电池用钼酸铁
15.6.3.3 新能源电池用钼酸铜
15.6.3.4 新能源电池用钼酸镍
15.6.3.5 新能源电池用钼酸镁
15.6.3.6 新能源电池用钼酸锌
15.6.3.7 新能源电池用磷钼酸
15.6.3.8 新能源电池用七钼酸铵
15.6.3.9 新能源电池用钼酸钠
15.6.3.10 新能源电池用钼酸钾
15.6.4 钼酸盐生产方法
15.6.5 钼酸盐应用

第十六章 钼在锂离子电池中的应用

16.1 氧化钼在锂离子电池中的应用
16.1.1 锂离子电池负极材料用氧化钼
16.1.2 锂离子电池负极材料用氧化钼的优势
16.1.3 锂离子电池负极材料用氧化钼的挑战
16.2 氮化钼在锂离子电池中的应用
16.2.1 锂离子电池负极材料用氮化钼
16.2.2 锂离子电池负极材料用氮化钼的优势
16.2.3 锂离子电池负极材料用氮化钼的挑战
16.3 二硫化钼在锂离子电池中的应用
16.3.1 锂离子电池负极材料用二硫化钼
16.3.2 锂离子电池负极材料用二硫化钼的优势
16.3.3 锂离子电池负极材料用二硫化钼的挑战
16.4 二硒化钼在锂离子电池中的应用
16.4.1 锂离子电池负极材料用二硒化钼

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

16.4.2 锂离子电池负极材料用二硒化钼的优势
16.4.3 锂离子电池负极材料用二硒化钼的挑战
16.5 钼酸锂在锂离子电池中的应用
16.5.1 锂离子电池正极材料用钼酸锂
16.5.2 锂离子电池电极材料用钼酸锂的优势
16.5.3 锂离子电池电极材料用钼酸锂的挑战
16.5.4 锂离子电池电解液用钼酸锂
16.5.5 锂离子电池电解液用钼酸锂的优势
16.5.6 锂离子电池电解液用钼酸锂的挑战
16.6 钼酸铁在锂离子电池中的应用
16.6.1 锂离子电池负极材料用纳米棒状钼酸铁
16.6.2 锂离子电池电极材料用纳米棒状钼酸铁的优势
16.6.3 锂离子电池电极材料用纳米棒状钼酸铁的挑战
16.7 钼酸铜在锂离子电池中的应用
16.7.1 锂离子电池负极材料用钼酸铜
16.7.2 锂离子电池电极材料用钼酸铜的优势
16.7.3 锂离子电池电极材料用钼酸铜的挑战
16.8 钼酸镍在锂离子电池中的应用
16.8.1 锂离子电池正极材料用钼酸镍
16.8.2 锂离子电池负极材料用钼酸镍
16.8.3 锂离子电池电极材料用钼酸镍的优势
16.8.4 锂离子电池电极材料用钼酸镍的挑战

第十七章 钼在锂硫电池中的应用

17.1 氮化钼在锂硫电池中的应用
17.1.1 锂硫电池隔膜用氮化钼量子点
17.1.2 锂硫电池隔膜用氮化钼量子点的优势
17.1.3 锂硫电池隔膜用氮化钼量子点的挑战
17.2 二硫化钼在锂硫电池中的应用
17.2.1 锂硫电池负极材料用二硫化钼纳米片
17.2.2 锂硫电池负极材料用二硫化钼纳米片的优势
17.2.3 锂硫电池负极材料用二硫化钼纳米片的挑战
17.3 二硒化钼在锂硫电池中的应用
17.3.1 锂硫电池负极材料用二硒化钼复合材料
17.3.2 锂硫电池负极材料用二硒化钼复合材料的优势
17.3.3 锂硫电池负极材料用二硒化钼复合材料的挑战

第十八章 钼在钠离子电池中的应用

18.1 二硫化钼在钠离子电池中的应用
18.1.1 钠离子电池负极材料用二硫化钼复合材料
18.1.2 钠离子电池负极材料用二硫化钼复合材料的优势
18.1.3 钠离子电池负极材料用二硫化钼复合材料的挑战

Copyright© 2021 All Rights Reserved

18.2 二硒化钼在钠离子电池中的应用
18.2.1 钠离子电池负极材料用二硒化钼复合材料
18.2.2 钠离子电池负极材料用二硒化钼复合材料的优势
18.2.3 钠离子电池负极材料用二硒化钼复合材料的挑战
18.3 钼酸镍在钠离子电池中的应用
18.3.1 钠离子电池阳极材料用钼酸镍
18.3.2 钠离子电池电极材料用钼酸镍的优势
18.3.3 钠离子电池电极材料用钼酸镍的挑战

第十九章 钼在锌离子电池中的应用

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

第二十章 钼在燃料电池中的应用

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

第二十一章 钼在太阳能电池中的应用

第二十二章 钼在电池中的技术挑战与解决方案

第二十三章 钼基电池的生产成本

第二十四章 钼在电池中的潜在价值与应用前景

第 IV 部分 稀土在新能源电池市场的介绍

Copyright© 2021 All Rights Reserved

第二十五章 新能源电池中的稀土元素介绍

第二十六章 稀土元素在锂离子电池中的应用

第二十七章 稀土元素在钠离子电池中的应用

第二十八章 稀土元素在镍氢电池中的应用

第二十九章 稀土元素在太阳能电池中的应用

第三十章 稀土元素在电池中的技术挑战与解决方案

第三十一章 稀土基电池的生产成本

第三十二章 稀土元素在电池中的潜在价值与应用前景

第 V 部分 电池、钨、钼和稀土企业介绍

第三十三章 主要电池生产企业概览

33.1 国内主要电池正极生产企业
33.2 国内主要电池负极生产企业
33.3 国内主要电池隔膜生产企业
33.4 国内主要电池电解液生产企业
33.5 国外主要电池生产企业

第三十四章 主要钨、钼和稀土企业概览

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

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

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

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

纳米钨酸、纳米三氧化钨、针状紫色氧化钨、铌钨氧化物、二硫化钨纳米片、二硒化钨纳米片、钨酸盐等钨化合物凭借其良好的物理化学性质，如高导电性、高化学稳定性、高能量密度等，被广泛应用于新能源电池的电极材料中。

在锂离子电池中，纳米氧化钨可以作为正极材料或负极材料的添加剂，能提高电池的能量密度和循环寿命。同时，由于其高稳定性，可以有效地避免电池在充放电过程中的分解和失效。在锂硫电池中，钨化合物可以作为硫正极的载体，提高硫的利用率和电池的能量密度。此外，在钠离子电池中，钨化合物也被用作正极材料或负极材料，以提高电池的续航性能和稳定性。

除了在电池领域的应用，钨化合物在其他领域也有广泛的应用，如汽车、航天航空、医疗等。例如，钨酸可以用于制造金属钨、钨丝、钨酸盐等，可用于媒染剂、颜料、染料、油墨。紫色氧化钨可以用于制造电子元件，如电容器、电阻器等。



锂离子电池

5.1 什么是钨酸

作为一种典型的钨酸，黄钨酸通常是指三氧化钨（WO_3）和水（H_2O）的比值为 1:1 的一种过渡金属化合物，是由 1 个钨原子、2 个氢原子和 4 个氧原子构成的一种物质，是一种淡黄色晶体或粉末，是一种无机化合物，是一种水合氧化钨，英文名为 Tungstic Acid，分子式为 H_2WO_4 或 $WO_3 \cdot H_2O$，分子量为 249.86。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

钨酸与钨的其他氧化态形式（如氧化钨和氧化钨酸盐）有不同的性质和用途。钨及其化合物在工业和科学中有广泛的应用，包括用于制造钨丝、合金、电极和催化剂等。

5.1.1 钨酸的理化性质

以下是钨酸的一些理化性质：

（1）外观：钨酸通常是黄色或橙黄色的固体，可以是无定形的或结晶的。

（2）溶解性：钨酸在水中溶解，并形成酸性溶液。它也可溶于碱性溶液中，形成钨酸盐。

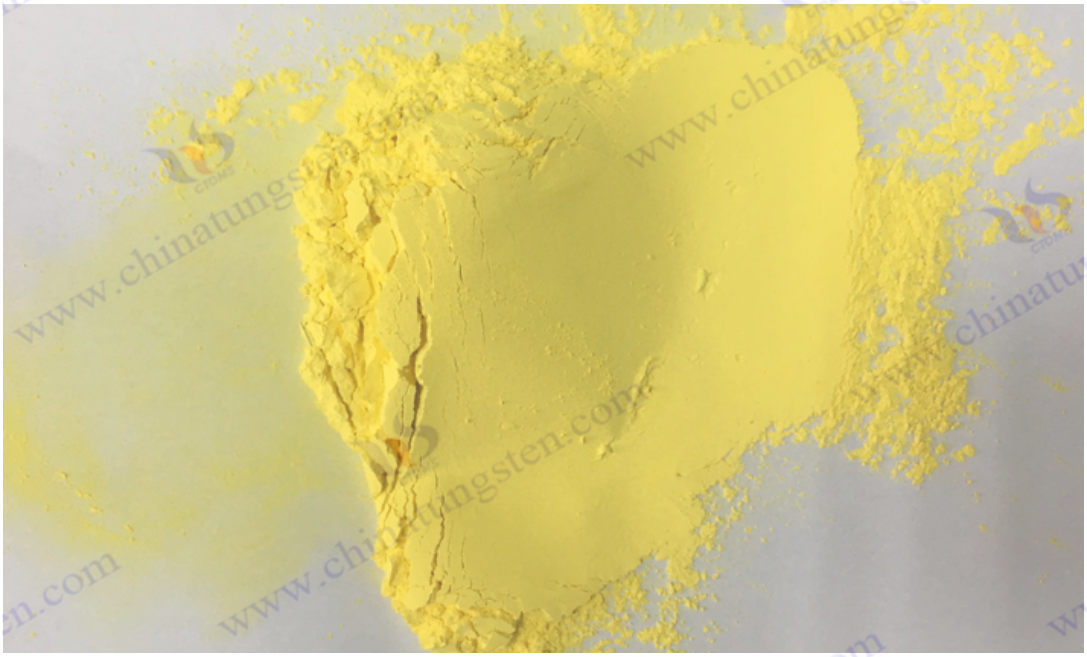
（3）密度：钨酸的密度约为 7.2g/cm³。

（4）熔点：钨酸的熔点相对较高，约在 750 摄氏度以上。

（5）稳定性：钨酸是相对稳定的化合物，但在高温和强酸性条件下可能会分解。

（6）酸性：钨酸是弱酸，它可以释放出氢离子（H^+），使溶液呈酸性。

（7）化学反应：钨酸可以用作催化剂，在某些化学反应中发挥重要作用。它还可以与其他化合物形成钨酸盐，这些盐在一些应用中具有重要的用途。



钨酸

5.1.2 钨酸的分类

根据三氧化钨（WO_3）和水（H_2O）比值、结合形式的不同，钨酸种类有很多种，如黄钨

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Emailsales@chinatungsten.com
ISO 9001-2015 认证号码:00122Q31380R3S/3502
标准文件版本号 CTOXMQCD-MA-E/P 2022 版

酸、白钨酸、偏钨酸等。

5.1.2.1 新能源电池用黄钨酸

黄钨酸是一种三氧化钨和水比值为 1:1（n:m=1:1）的过渡金属化合物，它由 1 个钨原子、2 个氢原子和 4 个氧原子构成，分子式为 H_2WO_4 或 $WO_3 \cdot H_2O$，分子量为 249.86。它是一种淡黄色晶体或粉末，不溶于水、磷酸溶液和铌/钽酸钾溶液，但溶于碱性溶液（如氨水）和浓盐酸。黄钨酸无酸性和活性，热稳定性较差（灼烧易生成黄色氧化钨），具有良好的催化性能和较强的氧化性。

黄钨酸成分表

WO_3 含量(wt=%min)				90.00			
杂质	Al	As	Bi	Ca	Cr	Cu	Fe
%MAX	0.0010	0.0150	0.0010	0.0080	0.0010	0.0010	0.0030
杂质	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb
%MAX	0.0010	0.0010	0.1000	0.0050	0.0010	0.0050	0.0010
杂质	Sb	Si	Sn	Ti	K	S	灼烧
%MAX	0.0010	0.0060	0.0010	0.0010	0.0010	0.0050	10



黄钨酸

5.1.2.2 新能源电池用白钨酸

白钨酸是一种由钨元素、氧元素和氢元素组合而成的一种无机化合物，外观呈微晶形白色粉末或白色胶体，可以由三氧化钨和水以不同比例组合而成。它具有较高的化学活性、较弱的热稳定性和较强的光敏性等特点，加热易脱去部分的水，因此在加热时要避免过度加热。它在生产和应用中，可用作制备氧化钨、钨粉等产品的原料，也可用作催化剂。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

从物理化学性质上来看，白钨酸的外观为微晶形白色粉末或白色胶体，溶于氨水、磷酸溶液、铌/钽酸钾溶液，具有一定的酸性、较高的化学活性、较弱的热稳定性、较强的光敏性（见光呈蓝色）和显著的交换性能等特点。

值得一提的是，白钨酸较弱的热稳定性主要表现在：加热易脱去部分的水，但如果 n:m 的比值仍大于 1.3 的话，仍具有活性；在稀盐酸中加热易转变为黄钨酸，失去活性。其与黄钨酸的性质存在较大区别，后者不仅无酸性，而且还不会与磷酸溶液、铌/钽酸钾溶液发生反应。



白钨酸

5.1.2.3 新能源电池用偏钨酸

偏钨酸是一种无色晶体状的聚钨酸，英文名为 Metatungstic acid，分子式为 $H_6[H_2(W_3O_{10})_4]\cdot nH_2O$（n 为 10 或 23），密度约 3.93g/cm³，易溶于水，易降解，热稳定性较差，所以制备上存在较大困难。

在钨酸盐溶液中，偏钨酸是唯一已知的、结构已经确定的化合物。它可以作为催化剂使用，也可以制备其他钨化合物。偏钨酸钡晶体是一种重要的偏钨酸盐。此外，它也有一些应用在生物化学和放射化学中。

5.1.3 钨酸生产方法

钨酸是一种无机化合物，根据外观颜色或成分比例的不同，它可分为黄钨酸、白钨酸、偏钨酸等。然而，这些钨酸的生产方法略有区别。

5.1.3.1 黄钨酸生产方法

Copyright© 2021 All Rights Reserved

黄钨酸的生产方法主要有以下三种：

方法一：用硫酸或盐酸将钨酸钠溶液酸化形成聚钨酸钠溶液，然后再加入过量的热浓盐酸，即可生成所需要的产品。

方法二：先将钨酸钠溶液和氯化钙溶液反应生成钨酸钙沉淀，然后向钨酸钙沉淀物中加入热的浓盐酸，即可生成所需要的产品。

方法三：先用盐酸调节经过除杂处理后的钨酸钠溶液的 pH 值，然后与萃取剂（由酸化的异辛醇和磺化煤油组成）融合并进行萃取，接着将负钨有机相与反萃剂（由双氧水和柠檬酸组成）融合并进行反萃取，反萃液再经过加热、冷却、过滤即可。



黄钨酸

5.1.3.2 白钨酸生产方法

将在强烈搅拌下的 0.3-0.85mol/L 钨酸钠（Na_2WO_4）溶液以 0.1ml/min 的速度滴入 2mol/L 硫酸或硝酸溶液中，直至 pH 值 1.0 为止；静置后分层过滤，过滤后的沉淀物可用水洗（如需要保存，再用乙醇或乙醚洗涤），再干燥即可得到所需要的产物。注意事项：用硝酸溶液沉淀白钨酸的效果虽然比硫酸的好得多，但是硝酸作为沉淀剂时滤液无法排放。

5.1.3.3 偏钨酸生产方法

制备偏钨酸的方法主要有两种。第一种方法是将阳离子树脂加入到不断搅拌的 80℃、浓度为 2%的钨酸钠溶液中，直至溶液 pH 值为 2.5，继续搅拌 20 分钟后，溶液放入水浴中 2 小时，然后用氯化钡溶液处理，微溶部分被过滤掉，从而获得偏钨酸钡滤液，接着再将偏钨酸钡滤液多次重结晶，后再次制成溶液，溶液通过阳离子树脂进行交换，交换液在热空

Copyright© 2021 All Rights Reserved

气中蒸发，得到偏钨酸晶体。第二种方法是将钨酸盐溶液酸化至 pH 值为 4.0 左右，然后保持溶液 pH 值、陈化 48 小时，加入适量乙醚-12N 硫酸，经振荡后生成比重较大的偏钨酸乙醚油状物，然后将此油状物迅速干燥可获得结晶的偏钨酸。



5.1.4 钨酸的应用

钨酸的用途有以下几个方面：

（1）钨酸是新能源电池如锂离子电池或钠离子电池正极材料或负极材料的重要改性剂。

（2）钨酸是一种重要的化工原料，可以用于制造金属钨、钨丝、钨酸盐等。

（3）由于钨酸丰富的颜色，可用于媒染剂、颜料、染料、油墨。

（4）纺织工业中将钨酸用作织物加重剂或织物助剂。由钨酸、硫酸铵、磷酸铵等组成的混合物可用于纤维的防火和防水，此种纤维可制作防火人造丝和人造棉。

（5）用于电镀镀层防腐。

（6）用作助溶剂引入瓷釉色料能起降低烧成温度和补色作用。

（7）用于石油工业及航空、航天材料的制造。

（8）用于隔热膜、隔热玻璃的原料。

5.2 什么是氧化钨

Copyright© 2021 All Rights Reserved

氧化钨（WO_{3-x}）是从钨矿制取单质钨工业的重要中间体。氧化钨可用于生产化工产品，如油漆和涂料、石油工业催化剂等；同时，氧化钨是一种中间产品，大量的氧化钨被用于生产金属钨粉和碳化钨粉，进而用于生产金属钨。氧化钨具有气体敏感性，用于检测二氧化氮，氨气等有毒气体。目前已经制备了氧化钨薄膜气敏传感器和氧化钨的纳米颗粒传感器，纳米传感器的发现大大的提高了对于低浓度有毒气体的检测。

氧化钨也是制备薄膜的重要原料。在众多的薄膜材料中，三氧化钨薄膜具有多种特性如电致变色、气致变色、光致变色、热致变色、电化学性能等，三氧化钨薄膜得到了广泛应用，如灵巧变色窗、气体传感器、pH 计等。近年来，纳米氧化钨已被用于锂电池的正极材料，有望实现对钴的替代。

氧化钨简史：钨在 18 世纪被发现，元素符号 W。1841 年，罗伯特化学家准备了三氧化钨和钨酸钠的第一个程序，之后被认为是钨化学的创始人。



黄色氧化钨

5.2.1 氧化钨理化性质

氧化钨理化性质包括较强的氧化性、较强的还原性、良好的电致变色、优异的光致变色、出色的气敏性和较高的能量密度等。

5.2.1.1 什么是氧化钨的氧化还原性

氧化钨具有一定的氧化性和还原性。在氧化环境下，钨容易被氧化成三氧化钨；而在还原环境下，三氧化钨易被还原成二氧化钨或金属钨粉。当加入还原剂时，还原剂会将三氧化钨还原成金属钨粉，达到控制三氧化钨还原反应的目的。

5.2.1.2 什么是氧化钨的电致变色

Copyright© 2021 All Rights Reserved

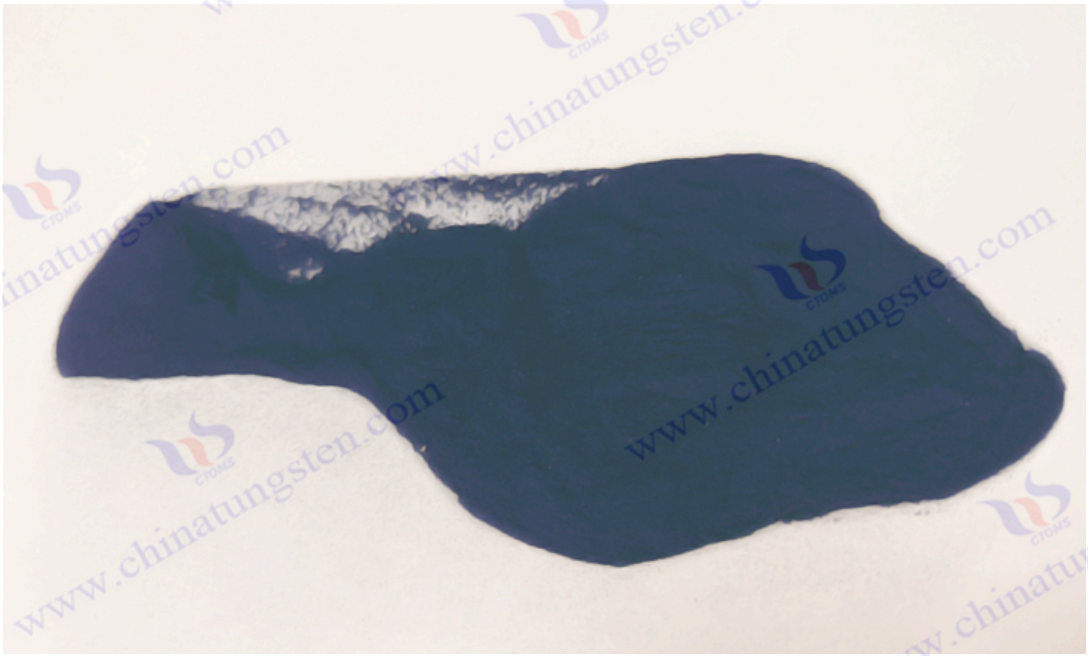
氧化钨的电致变色是指将氧化钨薄膜置于氢气和氧气混合气体中所发生的颜色变化现象。当加上外加电场时，氧化钨中的钨氧键会断裂，出现氧离子的运动，导致电致色变。当电场加强时，氧离子的速率也会增加，颜色变深；反之，颜色变浅。

5.2.1.3 什么是氧化钨的光致变色

氧化钨的光致变色是指受到一定波长的光照射时，氧化钨可发生光化学反应得到产物，而且 A 和 B 的颜色（即对光的吸收）明显不同。在另外一束光的照射下或经加热又可恢复到原来的形式。这是一种可逆的化学反应。

5.2.1.4 什么是氧化钨的气敏性

氧化钨具有气敏性。具体来说，氧化钨在接触到某些气体如乙醇、氢气等时，其某些性能如电阻等会发生明显的变化。一般来说，变化程度越大，说明其对这种气体的敏感度越高。



紫色氧化钨

5.2.1.5 什么是氧化钨的能量密度

纳米氧化钨与碳材料相比，具有较高的理论比容量，因此它在锂电领域也日益受到关注。氧化钨本身不是一种高能量密度的储能材料，而是一种氧化物。通过包覆法、材料复合等对其进行电化学性能改善，使其大大提高锂电池材料的性能。

5.2.3 氧化钨分类

根据形貌的不同，氧化钨可以分类为氧化钨纳米颗粒、氧化钨纳米片、氧化钨纳米线、氧化钨纳米棒、氧化钨纳米花等；根据氧含量或外观颜色的不同，氧化钨又可以分类为黄色

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

氧化钨、蓝色氧化钨、紫色氧化钨、白色氧化钨、二氧化钨。

5.2.3.1 新能源电池用氧化钨纳米颗粒

氧化钨纳米颗粒是即纳米氧化钨粉末。这些颗粒具有包括稳定性、高度可调控性以及出色的光学和电子性能。

氧化钨纳米颗粒具有卓越的稳定性，它们在不同环境中都能保持其结构和性能的稳定，这意味着它们可以在广泛的条件下应用，包括高温、高压和酸碱环境。

由于其尺寸可调控性，氧化钨纳米颗粒具有出色的可定制性。技术人员可以根据需要调整颗粒的大小和形状，以实现特定的功能和应用。这使得它们在生物医学、能源存储和传感器等领域具有广泛的应用潜力。

氧化钨纳米颗粒还表现出优异的光电性能。它们能够吸收和发射特定波长的光，具有较高的光电转换效率。这使得它们在光催化、光电检测和太阳能电池等领域有广泛的应用前景。

中钨在线纳米氧化钨成分表

等级		纳米级		WO_3 含量(wt≥%min)			99.95	
粒度（纳米）		＜300		比表面积(g/cm³)			12.4	
杂质	Al	As	Bi	Ca	Cr	Cu	Fe	Cd
%MAX	0.0005	0.0010	0.0001	0.0008	0.0005	0.0004	0.0006	0.0002
杂质	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Co
%MAX	0.0005	0.0005	0.0018	0.0008	0.0004	0.0007	0.0001	0.0003
杂质	Sb	Si	Sn	Ti	K	S	V	\
%MAX	0.0008	0.0008	0.0005	0.0007	0.0006	0.0006	0.0001	\

5.2.3.2 新能源电池用氧化钨纳米片

氧化钨纳米片是一种由氧化钨（Tungsten oxide，WO_3）材料制成的纳米结构薄片或薄片状的纳米颗粒。这种纳米片的特点在于其在一个或多个维度上的尺寸在纳米级别，通常在 1 到 100 纳米之间。氧化钨纳米片具有独特的电学、光学和化学性质，因此在多个领域具有广泛的应用潜力。

以下是一些氧化钨纳米片的主要特点和应用领域：

（1）光学应用：氧化钨纳米片对光的吸收和散射特性具有优异的调控性能，因此可用于制备光学滤光片、抗反射涂层、太阳能电池、光散射材料等。

（2）电化学应用：氧化钨纳米片在电催化领域具有广泛应用，可以用作电极材料，用于水分解、电池和超级电容器等电化学装置。

（3）气体传感器：由于其高表面积和表面化学性质的变化，氧化钨纳米片可以用于气体

Copyright© 2021 All Rights Reserved

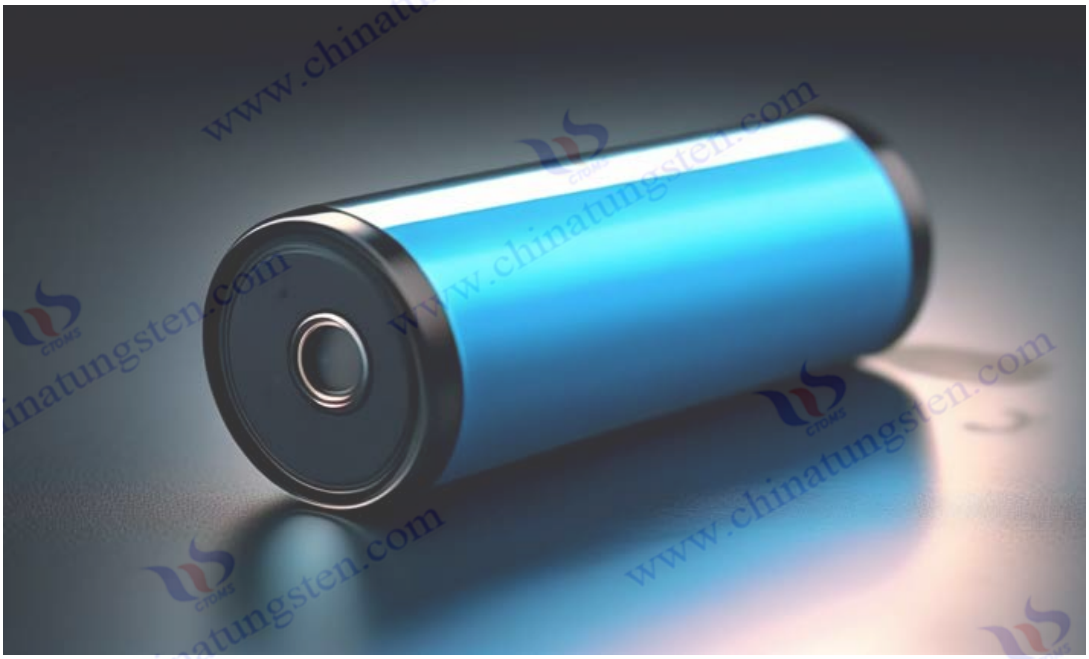
传感器，用于检测环境中的气体污染物，如一氧化碳、氮氧化物等。

（4）纳米电子器件：氧化钨纳米片可以用于纳米电子器件，如场效应晶体管（FET）和光电二极管（LED），用于制备高性能的电子和光电子元件。

（5）纳米催化剂：氧化钨纳米片在催化领域也具有应用前景，可用于催化多种化学反应，如氧化、还原和酸碱中和反应。

（6）生物医学应用：在生物医学领域，氧化钨纳米片可以用于药物传递、生物成像和诊断等应用，利用其纳米级别的尺寸和表面修饰的特性。

（7）作新能源电池正、负极材料的添加剂。



新能源电池

5.2.3.3 新能源电池用氧化钨纳米线

氧化钨纳米线（Tungsten Oxide Nanowires）是由氧化钨材料构成的极细长的纳米结构，其直径通常在纳米尺度（1 到 100 纳米）范围内，而长度可以从几百纳米到数微米不等。这种纳米线具有高比表面积和一维形态，使其在各种领域具有独特的性质和应用潜力。

与传统的氧化钨材料相比，氧化钨纳米线具有更大的比表面积，其在气敏传感器、电致发光、光致发光、电导电极及光催化等方面均具有广泛的应用前景。特别是在氧化物半导体气敏传感器应用领域，氧化钨纳米线除了具有大的比表面积外，还具有更大的表面活性和更强的吸附能力，加快了与气体的反应，从而大大提高了灵敏度并进一步降低了传感器的工作温度。

5.2.3.4 新能源电池用氧化钨纳米棒

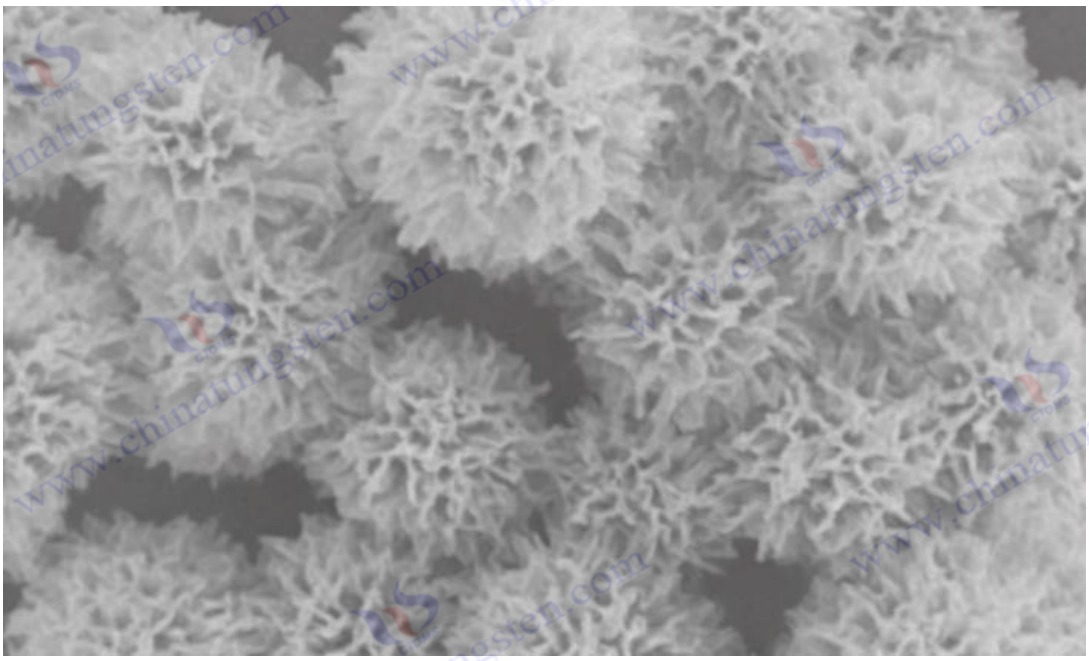
Copyright© 2021 All Rights Reserved

氧化钨纳米棒是一种由氧化钨（Tungsten Oxide，WO_3）材料构成的纳米结构，其形状类似细长的棒状结构，直径通常在纳米尺度范围内，而长度可以从数十纳米到数微米不等。这些纳米棒具有高比表面积和一维形态，因此在各种领域具有独特的性质和应用潜力。现有各种形貌氧化钨纳米材料的紫外-可见漫反射吸收光谱，主要吸收峰都为波长小于350nm 的紫外光区的能量，对可见光区的蓝紫光仅有微弱的吸收。氧化钨纳米棒这种新晶型在辐射光谱区域具有红移现象，在光学领域具有很大的应用潜力。

5.2.3.5 新能源电池用氧化钨纳米花

纳米氧化钨在电化学，光催化学等方面有着独特的性质，在电致变色、气敏传感器、太阳能电池、超级点容器方面有着广泛的应用。是一种多功能、前景很好的无机过渡金属氧化物材料，而纳米氧化钨的形貌结构对其功能性的应用具有很大影响作用，目前对于氧化钨纳米结构的研究主要集中在纳米棒、纳米线、纳米片等方面的研究，而对于具有较好球形度，呈现较薄花状的氧化钨纳米结构制备的研究很少。

氧化钨纳米花是一种花状的氧化钨纳米材料，该材料形貌均一，球体均匀，花状片厚度较薄，可以应用于染料敏化太阳能电池、电致变色等领域。



氧化钨纳米花

5.2.3.6 新能源电池用黄色氧化钨

黄色氧化钨是钨的一种氧化物，化学式为 WO_3，常温下性质稳定，表观密度 2.4-3.0g/ cm^3。黄色氧化钨外观呈黄色或黄绿色粉末状。常规的黄色氧化钨费氏粒度为 12~20μm，主要用于生产金属钨粉。

中钨在线已成功研发并实现量产纳米级氧化钨，可灵活调整粒度，颗粒度在 30~300nm 之

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

间，以满足客户的各种需求，尤其是在电动汽车和光伏等新能源行业。

中钨在线黄色氧化钨规格表

等级		纳米级		WO_3 含量(wt≥%min)			99.95	
粒度（纳米）		＜300		比表面积(g/cm³)			12.4	
杂质	Al	As	Bi	Ca	Cr	Cu	Fe	Cd
%MAX	0.0005	0.0010	0.0001	0.0008	0.0005	0.0004	0.0006	0.0002
杂质	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Co
%MAX	0.0005	0.0005	0.0018	0.0008	0.0004	0.0007	0.0001	0.0003
杂质	Sb	Si	Sn	Ti	K	S	V	\
%MAX	0.0008	0.0008	0.0005	0.0007	0.0006	0.0006	0.0001	\



黄色氧化钨

5.2.3.7 新能源电池用蓝色氧化钨

蓝色氧化钨是指一类含有钨（Ⅵ）及钨（Ⅴ）混合价态的深蓝色化合物，外观为深蓝色粉末。分子式为 $WO_{2.9}$。蓝色氧化钨多被用作还原制造金属钨粉的最重要高纯中间产物。 近年来用于制备近红外遮蔽材料、红外线吸收剂、隔热母粒、隔热浆料、锂电池正极材料等。

蓝色氧化钨的理化性质包括：外观为蓝色固体粉末状，密度为 7.16g/cm³，熔点为 1473℃，折射率为 2.4，在水和大多数酸中几乎不溶，但可溶于氢氧化钠溶液，不受磁场影响，具有一定的可溶性、氧化性和还原性，良好的热化学稳定性、催化性、吸附性、气敏性、电致变色和光致变色等特点。

蓝色氧化钨的生产方法主要有热分解法、水热合成法、溶胶凝胶法等。其中，水热法是制备 BTO 最常用的一种生产方法，即在高温高压的条件下，使用钨酸或钨酸铵作为前驱体，

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

加入一定量的还原剂和表面活性剂，通过水热反应，即可制得 BTO 材料。

中钨在线蓝色氧化钨规格表

$WO_{2.9}$ 含量(wt≥%min)				99.95				
费氏粒度(μm)				12~25				
密度（g/cm⁻³）				2.4~2.8				
杂质	Al	A_S	Bi	Ca	Cr	Cu	Fe	Cd
%MAX	0.0005	0.0010	0.0001	0.0010	0.0010	0.0003	0.0010	0.0001
杂质	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Co
%MAX	0.0007	0.0010	0.0020	0.0010	0.0007	0.0007	0.0001	0.0010
杂质	Sb	Si	Sn	Ti	K	S	V	\
%MAX	0.0002	0.0010	0.0002	0.0010	0.0010	0.0007	0.0010	\

5.2.3.8 新能源电池用紫色氧化钨

紫色氧化钨是氧化钨的一种，分子式为 $WO_{2.72}$ 或 $W_{18}O_{49}$。由于紫色氧化钨特殊的针状或细柱状晶型结构，加之它比其它氧化钨颗粒更丰富的裂纹（所有氧化钨的团粒内部都具有丰富的裂纹），这种结构具有很大的空隙，使其松装密度较低，有利于还原或其它反应的进行。

紫色氧化钨的用途如下：制备钨粉，特别是纳米、亚微米或超细钨粉的制备；应用于气敏传感器，在室温下对二氧化氮（NO_2）展现出良好的气体敏感性；碳化钨粉、超细 WC-Co 粉末的制备；生产玻璃隔热涂布分散液的原材料；作锂电池正极材料的添加剂。

中钨在线紫色氧化钨规格表

$WO_{2.72}$ 含量(wt≥%min)				99.95				
费氏粒度(μm)				10~18				
密度（g/cm⁻³）				1.75				
杂质	Al	As	Bi	Ca	Cr	Cu	Fe	Cd
%MAX	0.0005	0.0005	0.0005	0.0001	0.0002	0.0010	0.0002	0.0005
杂质	Mg	Mn	V	Na	Ni	P	Pb	Co
%MAX	0.0002	0.0005	0.0002	0.0002	0.0002	0.0005	0.0005	0.0002
杂质	Sb	Si	Sn	Ti	K	S	\	\
%MAX	0.0001	0.0005	0.0005	0.0002	0.0006	0.0005	\	\

5.2.3.9 新能源电池用白色氧化钨

白色氧化钨是一种化学物质，也称为氧化钨（Tungsten oxide）。它的化学式通常是 WO_3。这种化合物的颜色通常是白色或淡黄色，因此得名"白色氧化钨"。以下是一些关于白色氧化钨的基本信息：

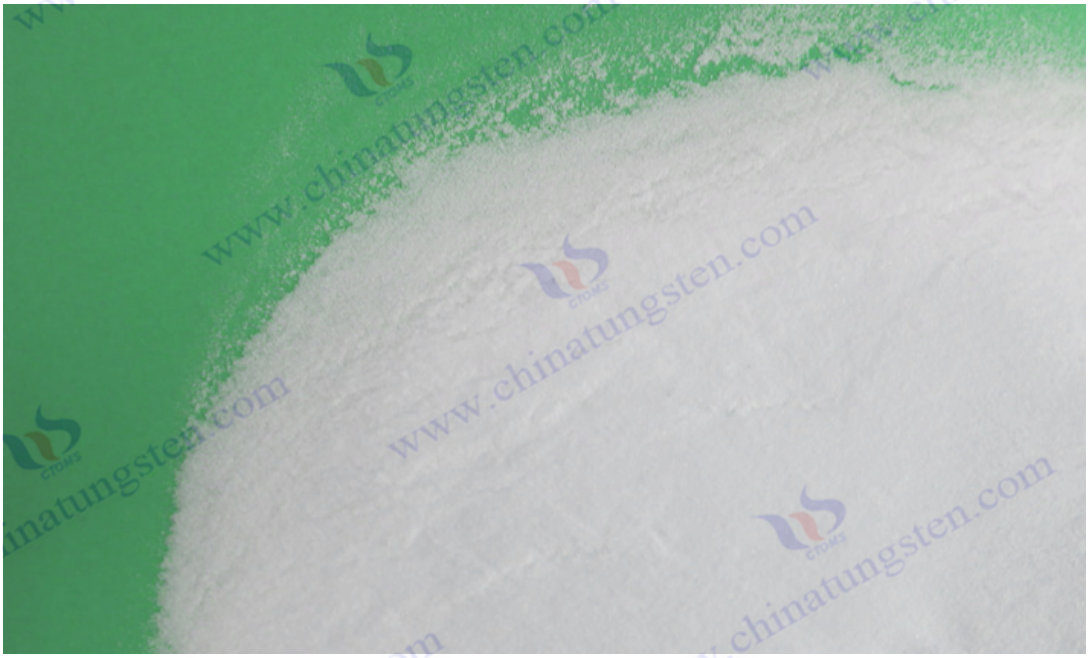
化学性质：白色氧化钨是氧化钨的一种形式，是由氧和钨元素组成的化合物。它在空气中相对稳定，但可以与一些还原剂发生化学反应。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

光学性质：白色氧化钨的光学性质使其在光学应用中非常有用。它可以用于制造光学薄膜，例如用于控制光的透射和反射特性的薄膜。

气敏性：白色氧化钨也具有气敏性，可以用于气体传感器的制造。它的电学性质会随着环境中某些气体浓度的变化而变化，从而实现对气体浓度的检测。

应用领域：白色氧化钨在工业和科学领域有各种应用。其中一些包括用作催化剂、电子器件的材料、光学薄膜的成分以及化学分析中的试剂。



白色氧化钨

5.2.3.10 新能源电池用二氧化钨

二氧化钨（Tungsten dioxide），化学式 WO_2，是一种由钨（W）和氧（O）元素组成的化合物。与白色氧化钨（WO_3）不同，二氧化钨是一种棕色的化合物。以下是有关二氧化钨的一些基本信息：

物理性质：二氧化钨通常呈现为黑色或深蓝灰色的固体，具有一定的半导体性质。它的物理性质取决于结晶结构和制备方法，可以是单斜晶体、正交晶体或其他形式。

半导体性质：二氧化钨是一种半导体材料，其电导率可通过控制材料的结构和掺杂来调节。这使其在半导体行业和电子器件制造中具有潜力。

应用领域：二氧化钨具有一些特殊的电子和磁性性质，因此在电子器件和磁性材料研究中。

需要注意的是，尽管二氧化钨在某些领域有应用前景，但它的研究和应用相对较少，与其他钨化合物如三氧化钨相比，二氧化钨的应用较为有限。它通常作为一种特殊材料用于特

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

定领域的研究和开发。

5.2.4 氧化钨生产方法

氧化钨的生产方法主要有热分解法、水热合成法、溶胶凝胶法以及电化学氧化法。

5.2.4.1 热分解法制备氧化钨

热分解法制备氧化钨的主要原料为仲钨酸铵（APT）。APT 在空气中加热煅烧时，在不同的温度下会产生不同的物相，当温度升至 500℃左右时，才能完全转化为三氧化钨。采用差热分析和 X 射线衍射方法对 APT 煅烧过程进行分析，发现仲钨酸铵在空气中加热时，其物相变化历程为：

（1）在温度不小于 240℃时，仲钨酸铵转化为偏钨酸铵（AMT）；
（2）继续升温至 300~350℃，则转化为非晶态物质（铵钨青铜 ATB）；
（3）温度升至 400℃，变成六方晶型的 WO_3；
（4）温度达到 500℃，得到三斜晶型的三氧化钨。

热分解反应方程式：$5(NH_4)_2O{\cdot}12WO_3{\cdot}5H_2O = 12WO_3+10NH_3+10H_2O$



偏钨酸铵

5.2.4.2 水热合成法制备氧化钨

水热法制备三氧化钨的步骤如下：

（1）按一定摩尔比称取二水合钨酸钠（$Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$）和氯化钠加入到蒸馏水中，使二水合钨酸钠在蒸馏水的浓度控制在一定范围内；

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com
ISO 9001-2015 认证号码:00122Q31380R3S/3502
标准文件版本号 CTOXMQCD-MA-E/P 2022 版

（2）将二水合钨酸钠水溶液超声处理，在磁力搅拌下，用盐酸调节溶液的 pH 值，继续搅拌一定时间得到前驱体溶液；

（3）将得到的前驱体溶液转移至反应釜内，水热反应一定时间，自然冷却至室温，所得产物分别用蒸馏水和无水乙醇洗涤，离心后干燥，得到 WO_3 粉体。

5.2.4.3 溶胶凝胶法制备氧化钨

溶胶凝胶法是一种由金属有机化合物、金属无机化合物或两者的混合物经过溶液、溶胶、凝胶而固化，再经过热处理工艺而形成氧化物或其他化合物的方法。例如，以 Na_2WO_4 为原料，加入盐酸制成溶胶后，再加入十六烷基三甲基溴化铵（CTAB）表面活性剂，得到凝聚体，干燥、锻烧，最后得到粒径为 31~45nm 的三氧化钨粉体。

该生产方法的优点：所得粉体粒度小，均匀性好，纯度高，较易进行工业化生产。缺点：控制溶胶-凝胶的转变比较困难，产物烘干后易形成硬团聚，同时合成周期往往较长等。



黄色氧化钨

5.2.4.4 电化学氧化法制备氧化钨

电化学阳极氧化是一种价格低廉并能够在较大面积上构建规则纳米材料的方法，其基本原理是以金属或合金置于相应的电解液中作为阳极，在特定条件和外加电场的作用下，电解质的离子刻蚀阳极的金属表面，在电极表面逐渐积聚成一定的形貌和结构的金属氧化物膜层。但是通常生成的膜层较薄，结构单一，对于金属阳极的利用率很低，在工业化生产应用上不具备很高的经济效益。

电化学氧化法制备氧化钨步骤：以金属钨为阳极，钛片为对电极，在电解液中，于温度为 0-100℃、电压为 15-50V 的条件下进行恒电位电化学阳极氧化反应，直至金属钨完全溶解，

Copyright© 2021 All Rights Reserved

并氧化为粉末状，之后过滤收集固体粉末，用去离子水清洗后干燥，即得三氧化钨纳米片。

5.2.5 氧化钨应用

一、光学应用

（1）纳米氧化钨用于制备光学滤光片，可用于光学传感器、太阳能电池等。
（2）作为光学涂层的一部分，用于抗反射涂层，降低光学表面的反射。
（3）在光学材料中用于改变或调整材料的折射率和透明度。

二、电化学应用

（1）用于电池和超级电容器中，以储存和释放能量。
（2）在电解池中作为电极材料，用于电化学反应，如水分解。
（3）用作电催化剂，促进氧化还原反应。



蓄电池

三、传感器

（1）用于气体传感器，可以检测环境中的气体污染物，如一氧化碳、氮氧化物等。
（2）用于湿度和温度传感器，可以监测环境的湿度和温度变化。

四、催化剂

（1）在化学反应中用作催化剂，促进氧化、还原和酸碱中和反应。
（2）在工业领域中用于制备化学品和石化产品。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

五、生物医学应用

（1）用于生物成像，例如通过调整其光学性质，可用于显微镜下的生物标记和细胞成像。
（2）作为药物传递载体，可以帮助传递药物到目标组织或细胞。

六、陶瓷和涂料

（1）用于制备陶瓷材料，如高温陶瓷。
（2）作为涂层材料，提供保护、防腐蚀和抗紫外线的性质。

七 、玻璃着色剂

用于制造特殊颜色和光学效果的玻璃材料。

八、光散射材料

用于光学散射材料，如散射屏，用于散射和扩散光线。

九、新能源材料

（1）锂电池正极材料的添加剂。
（2）光伏储能电池的添加剂。



锂电池

5.3 什么是黄色氧化钨

黄色氧化钨（WO_3，Yellow Tungsten Oxide），是钨的一种氧化物，外观呈黄色粉末状。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com
ISO 9001-2015 认证号码:00122Q31380R3S/3502
标准文件版本号 CTOXMQCD-MA-E/P 2022 版

黄色氧化钨两种不同的颗粒大小不一，呈现出不同的颜色。当晶体尺寸约为 1.5μm，显现为黄色；当晶体尺寸约为 15μm，显现为绿色。虽然外观显示不同，但特性是类似的。

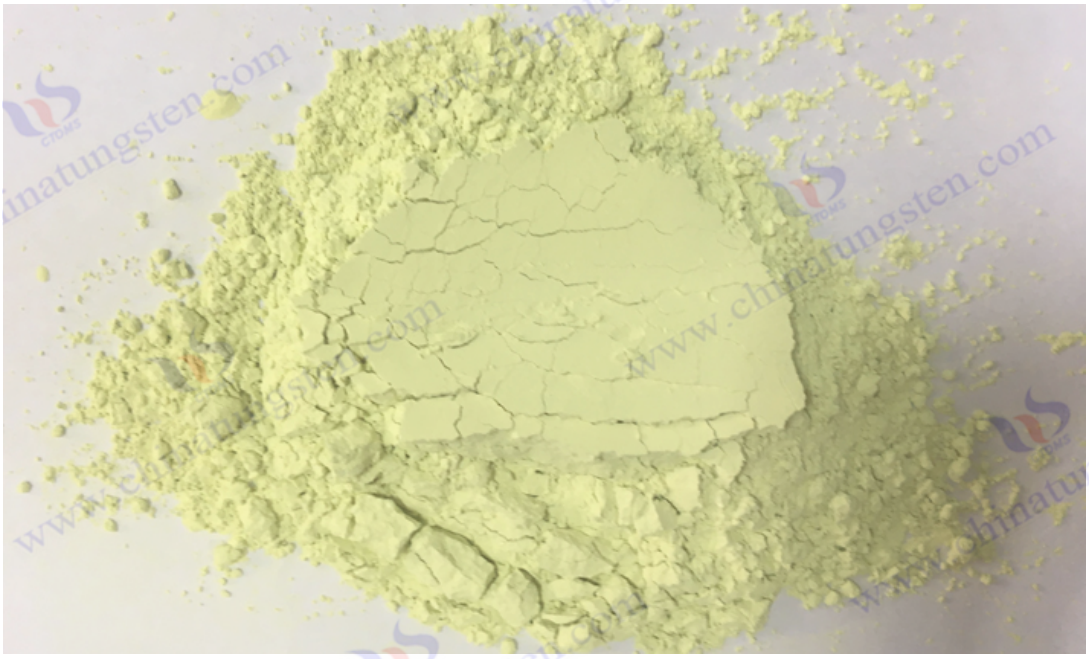
5.3.1 黄色氧化钨结构

黄色氧化钨，也被称为钨的氧化物，具有不同的晶体结构，具体的结构取决于其温度和制备条件。常见的氧化钨结构包括：

低温相：在较低温度下，氧化钨通常采用六方晶体结构，也称为蓝氧化钨。这种结构在室温以下稳定，呈现出黄色或蓝色的颜色，具有六方晶系的结构。

高温相：在高温下，氧化钨会转化为四方晶体结构，也称为红氧化钨。这种高温相在温度升高时稳定，呈现出红色或橙色的颜色，具有四方晶系的结构。

黄色氧化钨通常指的是低温相的蓝氧化钨，其结构是六方晶系的。这种材料在光学和电子领域具有广泛的应用，因为它对可见光有一定的透明性，同时也具有半导体性质。其颜色可以因掺杂或处理条件而略有变化，但通常为黄色或浅蓝色。



黄色氧化钨

5.3.2 黄色氧化钨理化性质

物理性质：黄色或亮绿色，粉末状，无味，熔点 1472℃，沸点 1837℃，实测密度 7.21~7.30g/cm³，X 光测密度 7.27g/cm³，松装密度 2.3~2.8g/cm³，易升华（750℃以上）和挥发，能溶于 HF 酸，但不溶于水和其他无机酸；具有酸性：能与碱性溶液反应，如 NaOH；具有氧化性：能与还原性物质反应，如 H_2 和 C；具有良好的电致变色，光电变色，气体敏感性。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

5.3.2.1 什么是黄色氧化钨的密度

黄色氧化钨是一种化学物质，它具有特定的物理性质，其中之一就是密度。密度是指物质单位体积的质量，是物质的基本性质之一。黄色氧化钨的密度为 7.2~7.4g/cm³。

黄色氧化钨的密度是经过严格测量得出的。在测量过程中，首先需要制备黄色氧化钨样本，然后使用精密的测量仪器进行密度测量。通常使用的测量仪器为比重瓶法，该方法能够准确地测量出黄色氧化钨的密度。

黄色氧化钨的密度对其应用有着重要的影响。在一些特定的应用中，如陶瓷和电子行业，黄色氧化钨的密度对其性能有着至关重要的影响。在这些行业中，黄色氧化钨的密度必须得到严格控制，以确保其在使用过程中能够达到预期的效果。



黄色氧化钨

5.3.2.2 什么是黄色氧化钨的松装密度

黄色氧化钨的松装密度是指其在一个松散的状态下的质量与体积的比值，为 2.3~2.8g/cm³。松装密度是衡量黄色氧化钨粉末特性的重要参数之一，它对于黄色氧化钨的应用效果和生产过程都有一定的影响。

首先，松装密度的测量方法是将黄色氧化钨粉末样品放入一个标准的量筒中，然后将其振动到松散状态，读取其体积和质量，进而计算出松装密度。

黄色氧化钨的松装密度通常被控制在一定的范围内。如果松装密度过大，说明粉末颗粒较大，会影响到产品的应用效果；而如果松装密度过小，则说明粉末颗粒较小，易形成粉尘，会给生产过程带来困难。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

其次，松装密度对于黄钨的应用效果也有一定的影响。在电子行业中，黄色氧化钨常被用作添加剂来提高产品的导电性和稳定性。如果松装密度过大，会导致添加剂的分布不均匀，影响到产品的整体性能；而如果松装密度过小，则可能会形成粉尘，给生产过程带来困难。

此外，松装密度还与黄色氧化钨的生产过程有关。在生产过程中，如果松装密度过大或过小，都会导致生产效率低下或产品质量不稳定。因此，控制好黄色氧化钨的松装密度对于提高生产效率和产品质量都具有重要的意义。

5.3.2.3 什么是黄色氧化钨的氧化性

氧化性是指物质倾向于接受电子，从而导致其他物质被氧化（失去电子）的能力。黄色氧化钨的氧化性可以通过其电子结构和化学性质来解释：

（1）电子结构：黄色氧化钨的电子结构使其具有氧化性。在该化合物中，钨原子通常以+6 的氧化态存在，而氧原子以-2 的氧化态存在。这意味着每个钨原子需要获取 6 个电子来达到稳定状态。因此，黄色氧化钨的钨部分倾向于吸收电子，从而显示出氧化性。

（2）化学反应：黄色氧化钨可以与其他物质发生氧化还原反应，通常表现为它将其他物质氧化为更高的氧化态。例如，它可以与还原剂发生反应，将其自身还原，并氧化还原剂。这种化学反应是氧化性的体现。



5.3.2.4 什么是黄色氧化钨的电致变色

黄色氧化钨的电致变色是指其在外加电场作用下，可以发生颜色变化的现象。这一现象是由于纳米材料具有的表面效应，使得 WO_3 晶粒表面的氧离子具有很高的活性，可以在样品中迁移，相应的，钨离子就可以在外加电场作用下与电子结合或分离，从而使样品随外加电压而变色。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

具体来说，当外加电场作用在黄色氧化钨上时，电子和阳离子分别从薄膜两侧同时注入 WO_3 中，电子被 W 原子俘获形成局域态，金属离子 M+则驻留在此区域形成深蓝色钨青铜化合物 $M_x WO_3$。在这个过程中，WO_3 薄膜的颜色会发生变化，从而实现从透明到不透明的调光。

黄色氧化钨的电致变色特性被广泛应用于智能玻璃等领域。例如，可以将黄色氧化钨电致变色薄膜镶嵌在建筑玻璃中，通过调节外加电压，实现自动调节室内光线的效果。此外，还可以将黄色氧化钨电致变色薄膜应用于汽车后视镜等领域，提高驾驶安全性。

总之，黄色氧化钨的电致变色是一种新型的功能材料特性，它具有高灵敏度、快速响应和可逆变化等优点，能够实现智能调控和节能环保的效果。在未来的发展中，随着技术的不断进步和应用领域的不断拓展，黄钨的电致变色特性将会得到更广泛的应用和推广。



智能玻璃

5.3.2.5 什么是黄色氧化钨的气敏性

黄色氧化钨的气敏性是指其对某些特定气体的敏感反应。这种反应是当特定气体与黄色氧化钨接触时，会导致其电阻值发生变化。

具体来说，当黄色氧化钨暴露在某些还原性气体如一氧化碳、氢气等环境中时，这些气体将吸附在黄色氧化钨的表面，并与其发生化学反应，导致其电阻值发生变化。这种变化可以用来检测这些气体的存在。

此外，通过将黄色氧化钨与其他材料复合，可以进一步提高其对某些气体的敏感性和选择性。例如，将黄钨与硅纳米线复合，可以形成硅纳米线-氧化钨纳米线复合结构。这种结构对一氧化氮气体具有很高的敏感性和选择性，可以用来检测一氧化氮气体的存在。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com
ISO 9001-2015 认证号码:00122Q31380R3S/3502
标准文件版本号 CTOXMQCD-MA-E/P 2022 版

黄色氧化钨的气敏性被广泛应用于气体传感器领域。例如，可以将黄色氧化钨气敏材料制备成微型气体传感器，用于检测室内空气质量、工业生产过程中的气体泄漏以及环境空气中的有害气体等。此外，还可以将黄色氧化钨气敏材料应用于便携式设备中，用于现场检测和实时监控。

5.3.3 黄色氧化钨分类

根据颗粒形貌的不同，黄色氧化钨可以分为黄色化钨纳米颗粒、黄色氧化钨纳米片、黄色氧化钨纳米线、黄色氧化钨纳米花等；根据颗粒尺寸/粒径大小的不同，黄色氧化钨又可以分为微米黄色氧化钨、亚微米黄色氧化钨、纳米黄色氧化钨、亚纳米黄色氧化钨。



黄色氧化钨

5.3.3.1 新能源电池用黄色氧化钨纳米颗粒

黄色氧化钨纳米颗粒是指具有纳米级别尺寸的氧化钨颗粒，通常表现为黄色或浅蓝色。这种纳米颗粒具有特殊的性质和应用潜力，因为它们的尺寸和表面特性与大颗粒相比有显著差异。以下是黄色氧化钨纳米颗粒的一些特点和应用：

光学性质：由于其纳米尺寸，黄色氧化钨纳米颗粒可以显示出与大颗粒不同的光学性质。它们可能会表现出量子尺寸效应，导致光学特性的变化。这使得它们在光电子学、光催化和传感器等领域具有潜在应用。

光催化：黄色氧化钨纳米颗粒对光敏感，可用于光催化反应。它们可以吸收可见光并促进某些化学反应，如水分解或有机废水处理。这使得它们在环境保护和清洁能源生产中具有潜在用途。

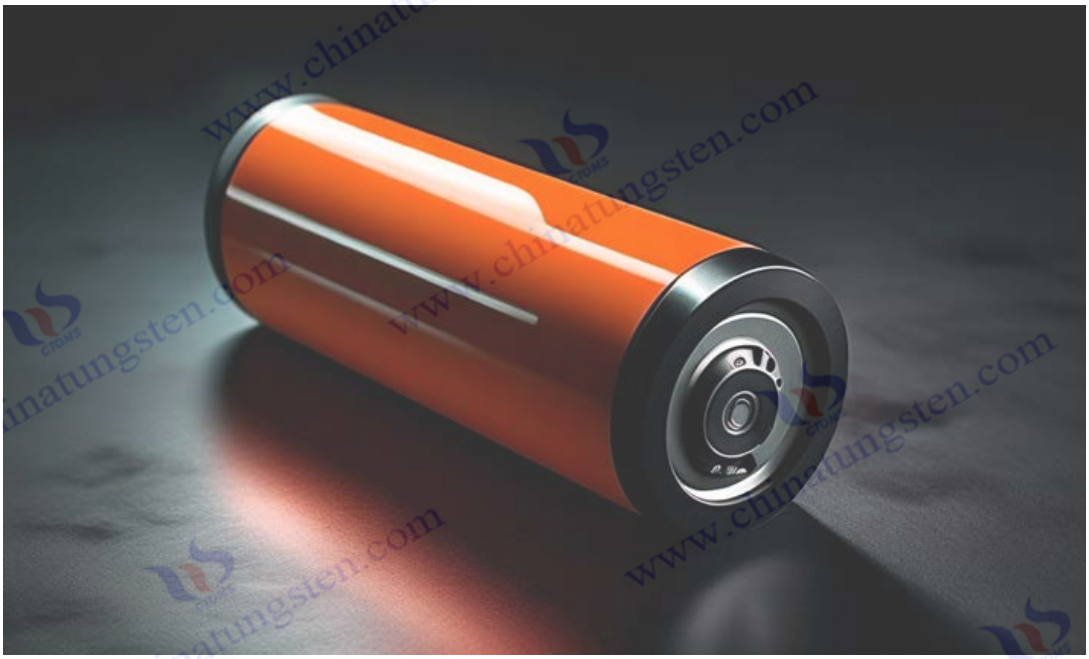
Copyright© 2021 All Rights Reserved

电子器件：纳米尺寸的氧化钨颗粒也可以用于电子器件中，如传感器和电子催化剂。它们的高比表面积和电子传输性质使其在这些应用中具有优势。

医学应用：黄色氧化钨纳米颗粒还被研究用于药物传递、影像学和癌症治疗等医学应用中，因为它们的尺寸和表面性质使其具有潜在的生物相容性和药物储存能力。

锂电池正极：氧化钨纳米颗粒由于其较大的比表面积以及较高的能量密度，可被用于锂电池正极材料的添加剂。

要注意，黄色氧化钨纳米颗粒的制备和性质高度依赖于合成方法和处理条件。因此，研究人员需要精心设计合成方法以获得所需的颗粒大小、形状和性质，以满足不同应用的需求。此外，安全性和环境影响也是研究和开发纳米材料时需要考虑的重要因素。



锂电池

5.3.3.2 新能源电池用黄色氧化钨纳米片

黄色氧化钨（WO_3）纳米片是指氧化钨的纳米级别薄片或薄片状纳米结构。这些纳米片通常具有极薄的厚度，并且在平面上有较大的表面积，因此在某些应用中具有独特的性质和潜在的用途。以下是关于黄色氧化钨纳米片的一些特点和应用：

光电性质：由于其纳米级别的薄片结构，黄色氧化钨纳米片对光敏感，具有优异的光电性质。它们可以用于光电子器件，如太阳能电池和光电二极管，以吸收和转换光能。

气敏性：WO_3 纳米片对某些气体的存在具有敏感性，这使得它们在气体传感器中有潜在应用。当与目标气体发生反应时，其电学性质可能会发生变化，可用于检测和监测气体浓度。

催化性能：黄色氧化钨纳米片也可以用于催化应用，如化学反应的催化剂。其高比表面积

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

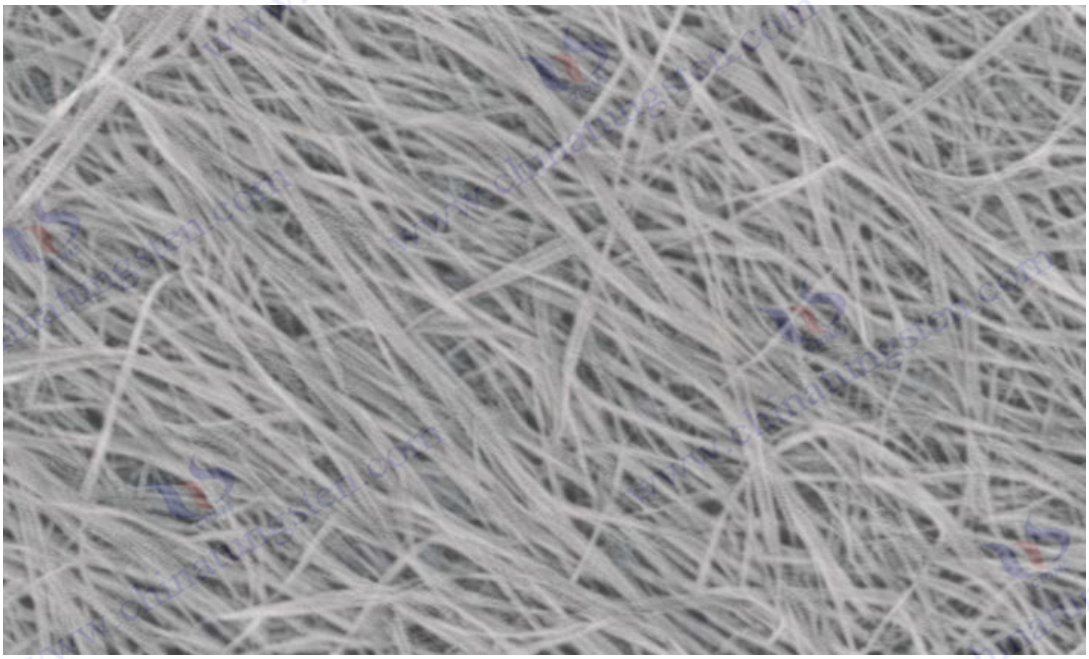
和特殊的表面结构可以提高催化活性，用于促进各种化学反应。

能源存储：这些纳米片的高表面积和电子传输性质使其在能源存储领域具有潜在应用，如超级电容器或锂离子电池的电极材料。

制备黄色氧化钨纳米片通常需要特殊的合成方法，以控制其厚度和形状。常见的合成方法包括化学气相沉积、溶液法、水热法等。这些方法可以通过调整反应条件来获得不同性质的纳米片。

5.3.3.3 新能源电池用黄色氧化钨纳米线

黄色氧化钨纳米线是一种具有特殊形貌和性质的纳米材料，它由钨元素和氧元素组成，形貌呈线条状，直径约在几十纳米左右。这种纳米线的特点是具有很高的比表面积和活性表面，可以用于制备高性能的气敏材料。



黄色氧化钨纳米线

WO_3 纳米线的制备通常采用化学合成的方法，通过控制合成条件如温度、浓度、pH 值等，可以实现对纳米线直径和长度的调控。由于其具有优异的物理化学性能，黄色氧化钨纳米线在能源、环保、生物医学等领域展现出广阔的应用前景。

在能源领域，WO_3 纳米线可以作为电池的正极材料，具有高能量密度和长循环寿命等优点。此外，还可以用于制备高效能燃料电池和太阳能电池等。

在环保领域，WO_3 纳米线可以用于检测空气中的有害气体，如一氧化碳、二氧化硫等。同时，还可以用于治理空气污染和水污染等问题。

在生物医学领域，WO_3 纳米线可以用于药物载体、生物成像、肿瘤治疗等方面。例如，将

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

抗癌药物包裹在黄色氧化钨纳米线中，通过靶向作用将药物精准输送到肿瘤部位，提高药物的疗效并降低副作用。

5.3.3.4 新能源电池用黄色氧化钨纳米棒

黄色氧化钨纳米棒是指钨氧化物的纳米级别棒状结构。这些纳米棒通常具有纳米级别的直径，但相对较长，形状类似于细长的棒子或柱子。黄色氧化钨纳米棒具有独特的性质，适用于多个科学和工程领域，以下是一些相关特点和应用：

光学性质：WO_3 纳米棒的纳米级别形状使其在光学应用中具有潜在用途。它们可以用作光学增强材料，用于表面增强拉曼散射（SERS）分析、光学传感器和光学波导等。

气体传感器：与氧化钨纳米线类似，黄色氧化钨纳米棒也对气体的存在非常敏感。当暴露在目标气体环境中时，其电学性质可能会发生变化，可用于气体传感器中，用于检测和监测各种气体。

催化剂：纳米棒状结构的黄色氧化钨也可用作催化剂，用于促进化学反应。其高比表面积和表面活性位点可提高催化性能，适用于气相催化反应或电催化反应等应用。

能源存储：由于其高表面积和导电性质，WO_3 纳米棒可以用作超级电容器或锂离子电池的电极材料，用于能源存储和释放。



锂离子电池

纳米电子器件：这些纳米棒也可以用于制备纳米电子器件，如纳米悬浮桥、场效应晶体管（FET）等，用于纳米电子学领域的研究和应用。

制备黄色氧化钨纳米棒通常需要采用特殊的合成方法，以控制其尺寸、形状和性质。这些

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

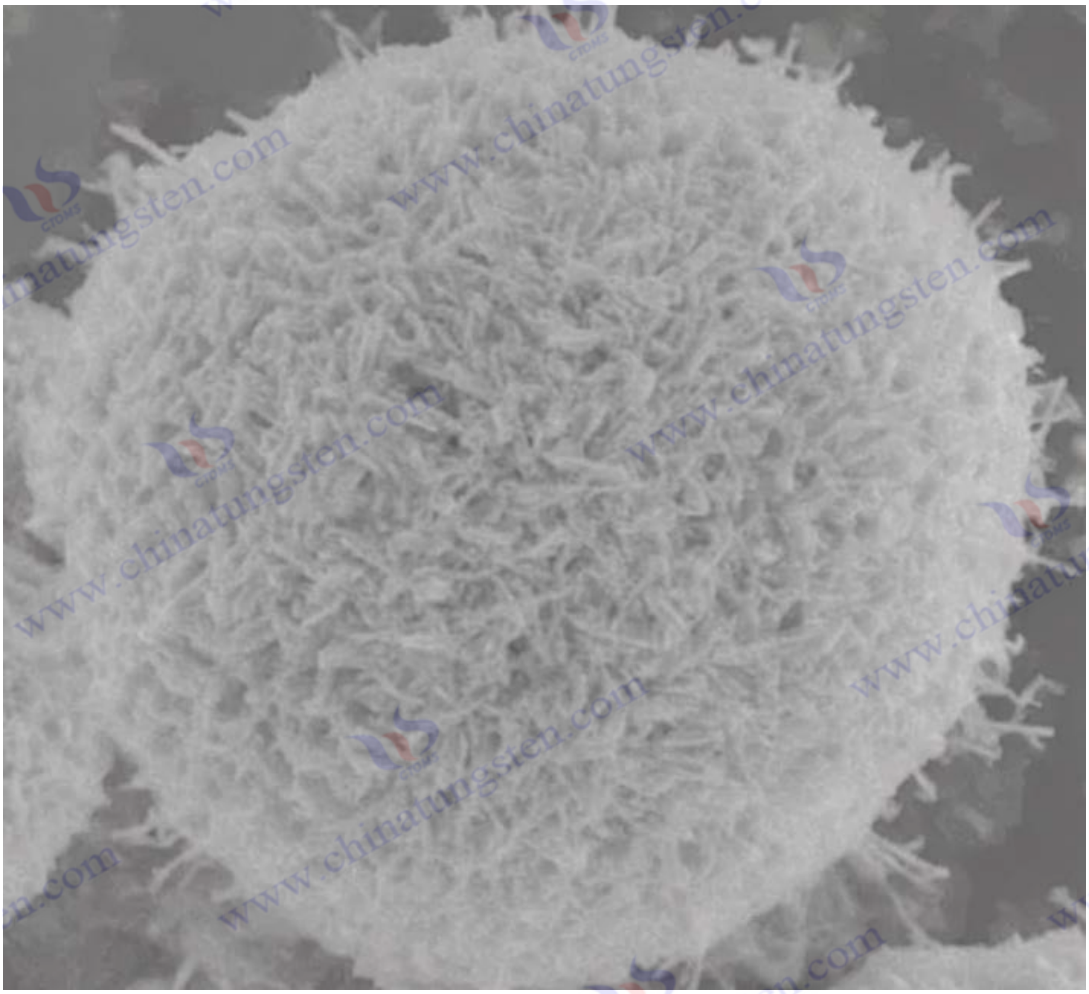
纳米棒的性质和应用取决于它们的制备方法以及后续的处理和功能化步骤。

5.3.3.5 新能源电池用黄色氧化钨纳米花

黄色氧化钨纳米花是一种独特的纳米材料，其特点是具有形貌为花朵状的特殊结构。这种纳米材料由钨元素和氧元素组成，其直径通常在几百纳米左右。

黄色氧化钨纳米花的制备通常采用化学合成的方法，通过控制反应条件如温度、浓度、pH值等，可以实现对纳米花形貌和尺寸的精细调控。这种纳米花因其具有高比表面积和活性表面，成为一种具有广泛应用价值的纳米材料。

在能源领域，黄色氧化钨纳米花可以作为催化剂的载体，用于燃料电池和光电池等能源转化和储存装置中。其高比表面积和活性表面可以提高催化剂的活性和稳定性，从而提高能源转化效率和储存密度。此外，黄色氧化钨纳米花还可以作为电池的正极材料，具有高能量密度和长循环寿命等优点。



黄色氧化钨纳米花

在环保领域，黄色氧化钨纳米花可以用于检测空气中的有害气体，如一氧化碳、二氧化硫等。其高比表面积和活性表面可以增强气体吸附和化学反应能力，从而提高检测灵敏度和

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

响应速度。此外，黄色氧化钨纳米花还可以用于治理空气污染和水污染等问题，具有高效、环保的特点。

在生物医学领域，黄色氧化钨纳米花可以作为药物载体、生物成像、肿瘤治疗等用途。由于其形貌和尺寸可控性，可以更好地适应生物体内的复杂环境和生理变化，从而提高治疗效果和降低副作用。此外，黄色氧化钨纳米花还可以用于抗菌消毒等领域，具有广泛的应用前景。

5.3.3.6 新能源电池用微米黄色氧化钨

微米黄色氧化钨是一种纳米材料，它由纳米尺度的氧化钨颗粒组成。这些颗粒具有许多令人着迷的特性，包括稳定性、高度可调控性以及出色的光学和电子性能。

中钨在线微米黄色氧化钨成分表

WO_3 含量(wt≥%min)				99.90				
费氏粒度(μm)				12~20				
密度（g/cm³）				2.4~3.0				
杂质	Al	As	Bi	Ca	Cr	Cu	Fe	Cd
%MAX	0.0005	0.0010	0.0001	0.0010	0.0010	0.0003	0.0010	0.0010
杂质	Mg	Mn	V	Na	Ni	P	Pb	Co
%MAX	0.0004	0.0010	0.0002	0.0010	0.0007	0.0007	0.0010	0.0010
杂质	Sb	Si	Sn	Ti	K	S	V	Mo
%MAX	0.0005	0.0010	0.0002	0.0010	0.0010	0.0007	0.0010	0.0020

首先，微米黄色氧化钨具有卓越的稳定性，可以在不同环境中保持其结构和性能的稳定，这意味着它们可以在广泛的条件下应用，包括高温、高压和酸碱环境。

其次，由于其尺寸可调控性，微米黄色氧化钨具有出色的可定制性。技术人员可以根据需要调整颗粒的大小和形状，以实现特定的功能和应用。这使得它们在生物医学、能源存储和传感器等领域具有广泛的应用潜力。

最重要的是，微米黄色氧化钨表现出优异的光电性能。它们能够吸收和发射特定波长的光，具有较高的光电转换效率。这使得它们在光催化、光电检测和太阳能电池等领域有广泛的应用前景。

微米黄色氧化钨在生物医学领域具有巨大的潜力。它们可以用作生物成像和肿瘤治疗的工具。通过将荧光染料或药物包裹在粒子表面，可以实现对生物体内组织和器官的高分辨率成像和精确靶向治疗。

此外，微米黄色氧化钨在能源领域也有重要的应用。在电池的储能密度和循环寿命方面表现出色，正推动可再生能源的开发和利用。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

5.3.3.7 新能源电池用亚微米黄色氧化钨

亚微米级的黄色氧化钨（WO_3）通常是指颗粒尺寸在亚微米级别的氧化钨材料，一般为0.6~1.8μm。

中钨在线亚微米黄色氧化钨成分表

WO_3 含量(wt≥%min)				99.95				
费氏粒度(μm)				0.6~1.8				
密度（g/cm³）				0.6~1.0				
杂质	Al	As	Bi	Ca	Cr	Cu	Fe	Mo
%MAX	0.0010	0.0150	0.0010	0.0060	0.0010	0.0010	0.0010	0.1000
杂质	Mg	Mn	V	Na	Ni	P	Pb	V
%MAX	0.0010	0.0010	0.0010	0.0050	0.0010	0.0050	0.0010	0.0010
杂质	Sb	Si	Sn	Ti	K	S	\	\
%MAX	0.0010	0.0060	0.0010	0.0010	0.0040	0.0050	\	\

5.3.3.8 新能源电池用纳米黄色氧化钨

纳米级的黄色氧化钨（WO_3）通常是指颗粒尺寸在纳米级别的氧化钨材料，一般为<300nm。

中钨在线纳米黄色氧化钨成分表

等级		纳米级		WO_3 含量(wt≥%min)			99.95	
粒度（纳米）		＜300		比表面积(g/cm³)			12.4	
杂质	Al	A_S	Bi	Ca	Cr	Cu	Fe	Cd
%MAX	0.0005	0.0010	0.0001	0.0008	0.0005	0.0004	0.0006	0.0002
杂质	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Co
%MAX	0.0005	0.0005	0.0018	0.0008	0.0004	0.0007	0.0001	0.0003
杂质	Sb	Si	Sn	Ti	K	S	V	\
%MAX	0.0008	0.0008	0.0005	0.0007	0.0006	0.0006	0.0001	\

5.3.3.9 新能源电池用亚纳米黄色氧化钨

亚纳米黄色氧化钨是指氧化钨（WO_3）的纳米级别颗粒，其尺寸小于100nm（1 nm = 10^-9米）。这种纳米材料通常表现出特殊的性质，由于其极小的尺寸，表面效应和量子尺寸效应可能在其性质中起到重要作用。

中钨在线亚纳米黄色氧化钨电镜照片

5.3.4 黄色氧化钨生产方法

黄色氧化钨一般采用煅烧法生产。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

矿石开采：首先，钨矿石（通常是钨酸盐矿石，如钨酸铵或钨酸钠）被开采并提炼。这些矿石通常包含其他杂质和金属，需要经过矿石选矿和冶炼过程以提高钨的纯度。

提取钨：提取钨的方法通常包括浸出和溶解。最常用的方法是将钨矿石浸出，以将钨从矿石中分离出来，形成含有钨的溶液。然后，这个溶液可能需要进一步处理，以去除杂质。

沉淀和结晶：通过在含钨的溶液中加入特定的化学试剂，可以使钨形成氧化钨的沉淀物。这通常涉及将氧化钨从溶液中结晶出来。这个过程可能需要多次重复以提高产率和纯度。

干燥和煅烧：得到的氧化钨沉淀物需要干燥和煅烧，以去除残留的水分和有机物，同时使氧化钨的颜色从白色变为黄色。这通常在高温下进行。

粉碎和精炼：煅烧后的氧化钨通常需要经过粉碎和精炼，以获得所需的颗粒大小和纯度。制备成品：最后，经过精炼的氧化钨可以制备成所需的形式，如粉末、块状材料、薄膜或其他形状，以供不同应用使用。



黄色氧化钨

需要注意的是，氧化钨的颜色可以通过煅烧温度和处理条件来调控，从而使其呈现出不同的颜色。黄色氧化钨通常是在适当的温度下制备的，以使其呈现黄色或浅蓝色。

整个生产过程需要严格控制，以确保所得的氧化钨达到所需的质量和纯度标准，以满足不同应用的要求。

5.3.5 黄色氧化钨应用

黄色氧化钨（WO_3）是一种重要的化学物质，具有广泛的应用领域，以下是一些黄色氧化钨的主要应用：

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Emailsales@chinatungsten.com
ISO 9001-2015 认证号码:00122Q31380R3S/3502
标准文件版本号 CTOXMQCD-MA-E/P 2022 版

气体传感器：黄色氧化钨在气体传感器中具有广泛的应用。它可以用于检测多种气体，包括有害气体（如一氧化碳、二氧化硫）、挥发性有机化合物（如甲烷）、和气体浓度等。氧化钨的电学性质随着气体环境的变化而变化，因此可以用于监测气体浓度和安全性。

光电子器件：黄色氧化钨在光电子器件中有应用，如太阳能电池和光电二极管。它对可见光的吸收和电导性质使其成为用于能源转换和光电子学的候选材料。

催化剂：氧化钨可用作催化剂，用于促进化学反应，包括气相催化反应和电催化反应。它在清洁能源生产、环境保护和化学合成等方面具有应用潜力。

能源存储：黄色氧化钨可用作电化学超级电容器或储能电池的电极材料，有助于能源存储和释放，尤其在需要高能量密度和快速充放电的应用中。



储能电池

光学应用：氧化钨在光学领域中具有应用，例如光学涂料、光学增强材料和光学滤光片等。其光学性质使其成为用于光学传感器和光学波导的材料。

电阻器和电容器：氧化钨的电学性质和稳定性使其成为用于电阻器和电容器的材料，用于电子电路和电器设备。

医学应用：氧化钨纳米材料被用于生物医学领域，如药物传递、影像学和癌症治疗等应用。

防腐蚀涂层：氧化钨也可以用于制备具有优异耐腐蚀性的涂层，用于保护金属表面免受化学腐蚀的侵害。

总之，黄色氧化钨是一种多功能材料，其应用范围广泛，涵盖了许多不同的领域，包括传

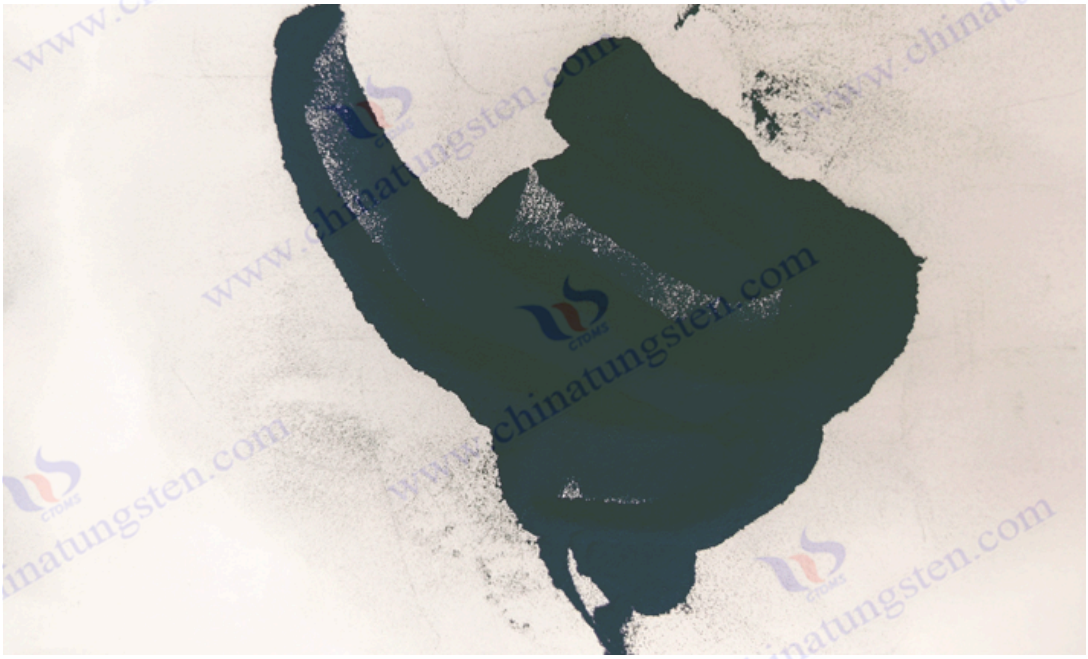
Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

感器技术、能源领域、光电子学、催化化学、医学和电子器件制造等。其性质和应用在不同领域中有所不同，根据具体的需求可以进行定制化的研究和开发。

5.4 什么是紫色氧化钨

紫色氧化钨简称紫钨，是氧化钨中的一种，化学式为 $WO_{2.72}$ 或 $W18O_{49}$，分子量 227.36，海关编码：2825901990，英文为 Purple Tungsten Oxide 或 Violet Tungsten Oxide，简称 VTO，是一种紫色细碎晶体状粉末，颜色一般呈现紫色或蓝紫色。



紫色氧化钨

5.4.1 紫色氧化钨结构

紫色氧化钨因有独特的晶体结构，即所有的氧化钨团粒内部都具有丰富的裂纹，而具有较大的空隙、较低的松装密度和显著的表面效应等特点。

紫钨颗粒保持了仲钨酸铵（APT）的外观形貌，即表面均有不同程度的破碎，裂纹较多，但是棱角并不明显。紫色氧化钨的电镜照片呈现针状。

5.4.2 紫色氧化钨理化性质

紫钨具有与其他几种氧化钨不同的形态和结构，呈现固有晶形为针状和棒状,相互之间形成拱桥，颗粒分布较为松散，它的比表面、平均粒度及松装密度相对于蓝钨、黄钨都要小。因此它的性能也和其他氧化钨有大大不同。但是也是因其独特的结构，它在制取细钨粉和细碳化钨粉时具有生产速度快，颗粒度细等优点在科技和工业领域中被广泛应用。

外观性状：紫色或蓝紫色碎晶体状粉末
溶解性（水）：不溶

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

溶解性（其它溶剂）：不溶于醇、大部分酸，溶于氨水、碱液

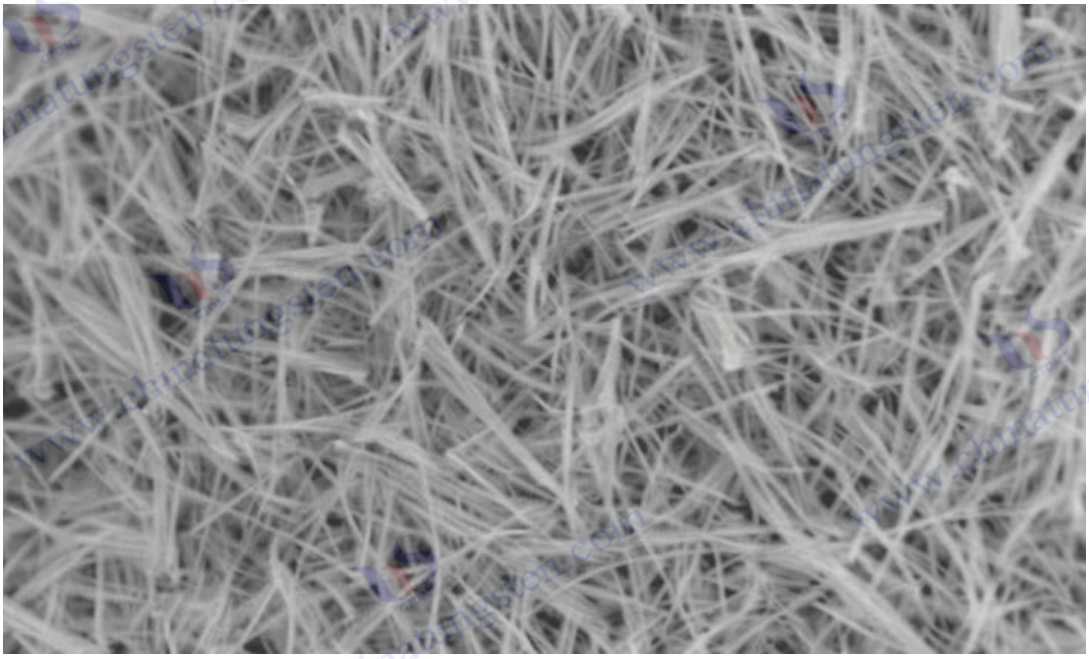
5.4.3 紫色氧化钨分类

根据颗粒形貌的不同，紫色氧化钨可分为针状紫钨、棒状紫钨。根据颗粒尺寸大小的不同，紫色氧化钨粉末可以分为粗颗粒紫钨、细颗粒紫钨、超细颗粒紫钨、亚微米紫钨、微米紫钨、纳米紫钨和亚纳米紫钨等，它们的力学性能指标略有不同。

5.4.3.1 新能源电池用针状紫色氧化钨

针状紫色氧化钨因颗粒形貌为针状、粒度较小和纯度较高等特点，而能使所制备的无钴电池负极材料容纳更多的带电离子及有更宽的离子运输通道和更稳定的层状结构。因此针状紫色氧化钨可用于电池的负极材料。

纳米针紫色氧化钨的制备方法，以仲钨酸铵为原料；或以钨酸为原料；或以钨氧化物为原料；制备在一个倾斜、转动的炉管中进行。在炉管的进料端，原料被进料装置从进料口推入到被加热的炉管内，在倾斜炉管的转动作用下，逐渐从低温区向高温区移动；原料在炉管内的高温区被 H_2 还原生成纳米针状紫色氧化钨 $WO_{2.72}$，并在倾斜炉管的转动作用下，逐渐向出料端移动，可得针状紫色氧化钨 $WO_{2.72}$。



针状紫钨

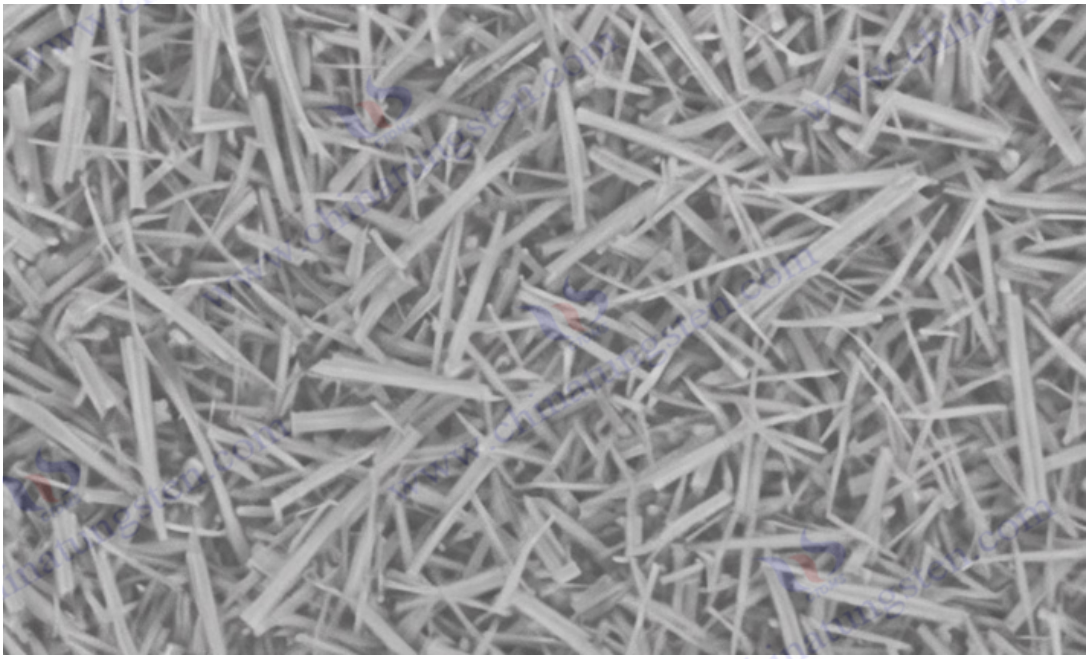
5.4.3.2 新能源电池用棒状紫色氧化钨

棒状紫色氧化钨具有以下特点：形成为棒状，具有较长的长度和直径，可以提供较大的比表面积和较多的活性位点。化学性质活泼，具有较高的化学反应活性，在电化学反应中可以提供较高的电导率和倍率性能。热稳定性较好，可以在较高的温度下保持稳定的物理和化学性质。具有较好的结构稳定性和机械强度，可以承受电池循环过程中的压力和应力。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

综上，棒状紫色氧化钨在电化学领域具有广泛的应用前景，尤其是在高能量密度电池、长寿命电池等方面具有潜在的应用价值。

棒状紫钨制备方法的具体步骤如下：（1）将粒径 3-5μm 的钨粉和双氧水按摩尔比 1:1-8 称取；（2）将称取的钨粉溶解在双氧水中，待钨粉全部溶解；（3）按钨粉与葡萄糖的 W:C 摩尔比为 4-24:1 称取葡萄糖，加入称取的葡萄糖，搅拌均匀；（4）混合均匀后放入烘箱干燥，干燥结束后，将所得粉末研磨，获得前驱体粉末；（5）将前驱体粉末在惰性气氛保护下进行热处理，即可得到棒状紫色氧化钨。



棒状紫色氧化钨

5.4.3.3 新能源电池用微米紫色氧化钨

微米级紫色氧化钨的颗粒度为 10~18μm。微米级紫色氧化钨主要用于制备超细钨粉。

中钨在线微米级紫色氧化钨成分表

等级：A1			$WO_{2.72}$ 含量(%min) ： 95.00			WO_3 含量(%min) ： 5.00		
费氏粒度（μm）		10-18		密度(g/cm³)			1.75	
杂质	Al	As	Bi	Ca	Cr	Cu	Fe	Cd
%MAX	0.0002	0.0005	0.0005	0.0001	0.0002	0.0010	0.0002	0.00005
杂质	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	Pb	Co
%MAX	0.0002	0.00005	0.00005	0.0004	0.0002	0.00005	0.0001	0.0002
杂质	Sb	Si	Sn	Ti	K	S	V	\
%MAX	0.0001	0.0005	0.00005	0.0002	0.0006	0.0005	0.0002	\

5.4.3.4 新能源电池用亚微米紫色氧化钨

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

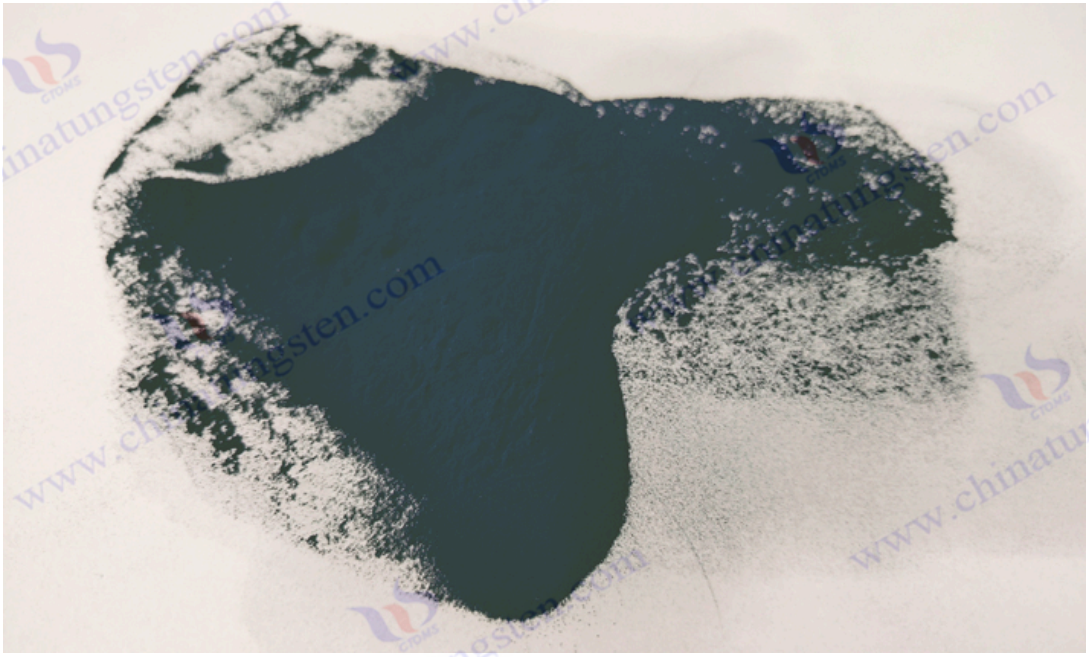
亚微米紫色氧化钨（简称“亚微米紫钨”）是指一系列颗粒尺寸位于纳米级与微米级之间的氧空位氧化钨，其因晶体结构较为独特，而具有极为出色的光电转换效应、声致变色以及良好的热力学性能等特点，广泛应用于高密度钨合金，硬质合金，锂电池负极材料，超级电容器，近红外光热诊疗药物，光催化剂，燃料电池载体，电阻组件的生产。

5.4.3.5 新能源电池用纳米紫色氧化钨

纳米紫色氧化钨可以让锂离子电池实现超快速充放电，因为它有助于电子传导性和锂离子扩散。不过，由于过度金属氧化物在锂离子脱出与嵌入的过程中体积变化较大，容易导致电极破裂，电极材料与集流体分离，使电池的使用寿命降低。目前，纳米紫色氧化钨已被小规模应用于电池正极材料。若能解决电池使用寿命的问题，其应用范围将进一步扩大。

5.4.3.6 新能源电池用亚纳米紫色氧化钨

亚纳米紫色氧化钨是一种平均颗粒尺寸比纳米紫色氧化钨还小的过渡金属化合物材料。相对于其他的钨氧化物来说，亚纳米紫色氧化钨的晶体结构更为特殊，颗粒内部不仅有丰富的裂纹，形状也基本为针状或棒状，这使得该材料具有较大的空隙率、较高的化学活性、较低的松装密度等特点，更适合作为超细钨粉和超细碳化钨粉的生产原材料。



亚纳米紫色氧化钨

5.4.4 紫色氧化钨生产方法

APT 湿氢直接还原法制备紫色氧化钨是以仲钨酸铵（APT）为原料，在湿氢条件下进行氢还原制备细颗粒活性氧化钨~~紫钨的工艺。其制备方法为：将一定量的 APT 装舟，推入还原炉高温区，同时送入一定比例的氢气和水蒸气混合气体，加热至指定温度并保温适当时间后降温，冷却至常温出炉；在加热、保温、冷却过程中气体流量不变，最终获得紫色氧化钨（VTO）。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

5.4.5 紫色氧化钨应用

紫色氧化钨（VTO）是一种具有特殊颜色的细碎晶体状粉末，它是在精准控制温度还原状态下，生产仲钨酸铵的过程中产生的。这种化合物在许多领域中都有广泛的应用。

首先，紫色氧化钨主要用于生产金属钨粉和碳化钨。金属钨粉具有高密度、高强度和高熔点的特性，被广泛应用于航空航天、电子、能源等领域。碳化钨是一种硬度极高、耐磨性好的材料，被用于制造切削工具、模具等。

其次，紫色氧化钨在电池领域也有重要的应用。它可以提高电池的性能，延长电池的使用寿命。具体来说，紫色氧化钨能够提高电池的能量密度和充放电效率，同时还能增强电池的循环寿命。这些优点使得紫色氧化钨成为一种理想的电池材料，特别是在电动汽车和储能领域。



电池

此外，紫色氧化钨还可以用于制备传感器。传感器是一种能够感知和检测环境信息的装置，广泛应用于环境监测、生物医学和工业生产等领域。紫色氧化钨可以用作气体传感器，能够对一些有害气体如二氧化硫和一氧化碳进行灵敏检测。它的高灵敏度和选择性使得紫色氧化钨成为一种理想的气体检测材料。

另外，紫色氧化钨在电子领域也有应用。它可以用于制造电子元件，如电容器、电阻器等。这些元件在电子设备中起到关键的作用，如存储电荷、控制电流等。

最后，紫色氧化钨还可以用于催化剂的制备。催化剂是一种能够加速化学反应的物质，广泛应用于化工、环保等领域。紫色氧化钨具有高活性和稳定性，可以作为催化剂的载体，用于制备高效催化剂。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

总之，紫色氧化钨是一种具有广泛应用价值的化合物。它不仅在生产金属钨粉和碳化钨方面发挥着重要作用，还在电池、传感器、电子和催化剂等领域中有着广泛的应用。随着科技的不断进步和应用领域的拓展，紫色氧化钨的应用前景将更加广阔。

5.5 什么是二氧化钨

作为无机金属钨一种重要的中间产物，二氧化钨由于钨原子处于中间价态（+4），所以在惰性气体中易发生歧化反应，既能生成金属钨也可生产更高价态的氧化钨如三氧化钨、蓝色氧化钨、紫色氧化钨等。

二氧化钨是由 1 个钨原子和 2 个氧原子组成的氧化物，是一种棕褐色粉末，所以又称为棕褐色氧化钨，英文名为 Tungsten Dioxide，分子式为 WO_2，分子量为 215.84。



二氧化钨

5.5.1 二氧化钨结构

二氧化钨是青铜色的单斜晶体，晶体结构为金红石结构（单斜晶系），其展现出了扭曲的 WO6 八面体中心，相间的短 W－W 键为 248pm，空间群 P21/c。

5.5.2 二氧化钨理化性质

二氧化钨的外观为棕褐色粉末，熔点约 1600℃，沸点约 1730℃，密度约 11g/cm³，生成热 134 千卡/mol，1050℃易挥发，电子电导率约 3.5×10^²S/cm，不溶于水、碱溶液、盐酸和稀硫酸，具有较好的导电性、还原性和氧化性。

二氧化钨溶于硫酸生成红色盐，易被硝酸氧化成高价氧化钨；在惰性气体中易歧化，生成

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Emailsales@chinatungsten.com
ISO 9001-2015 认证号码:00122Q31380R3S/3502
标准文件版本号 CTOXMQCD-MA-E/P 2022 版

金属钨和三氧化钨；在 N_2 气流中加热至 1500～1600℃时熔融同时分解；在高温（1020℃）时能被氢气还原为金属钨；在 40%～55%氢中稳定，900℃下在 45%～60%水汽中稳定；在空气中很快地被氧化成三氧化钨，在氧化氮中加热到 500℃时变成蓝色氧化钨。

5.5.3 二氧化钨分类

根据颗粒形貌的不同，二氧化钨可以分为二氧化钨纳米颗粒、二氧化钨纳米片、二氧化钨纳米线、二氧化钨纳米棒、 二氧化钨纳米花等；根据颗粒尺寸大小的不同，可分为粗颗粒和细颗粒。其中，细颗粒又可分为亚纳米级、纳米级、亚微米级（100nm 以上）、微米级（5μm 以下）等。



二氧化钨

5.5.3.1 新能源电池用二氧化钨纳米颗粒

二氧化钨纳米颗粒是指由二氧化钨构成的纳米级颗粒或纳米粒子。这些颗粒通常具有非常小的尺寸，一般在 1 到 100 纳米的范围内，因此它们在尺寸上远小于常规的微米级颗粒。

二氧化钨是一种由钨和氧元素组成的化合物，具有多种应用。在纳米颗粒形式下，它可以具备一些特殊的性质和应用。

二氧化钨纳米颗粒可以用作催化剂，用于促进化学反应。它们的高表面积和特殊的表面性质使其在催化领域具有潜力，用于改善反应速率和选择性。

由于纳米尺寸的特殊电子性质，二氧化钨纳米颗粒也可用于制造电子器件，如纳米传感器和纳米电子元件。

纳米级的二氧化钨颗粒可以用于电池和超级电容器等能源存储设备中，以提高能量密度和

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

电化学性能。

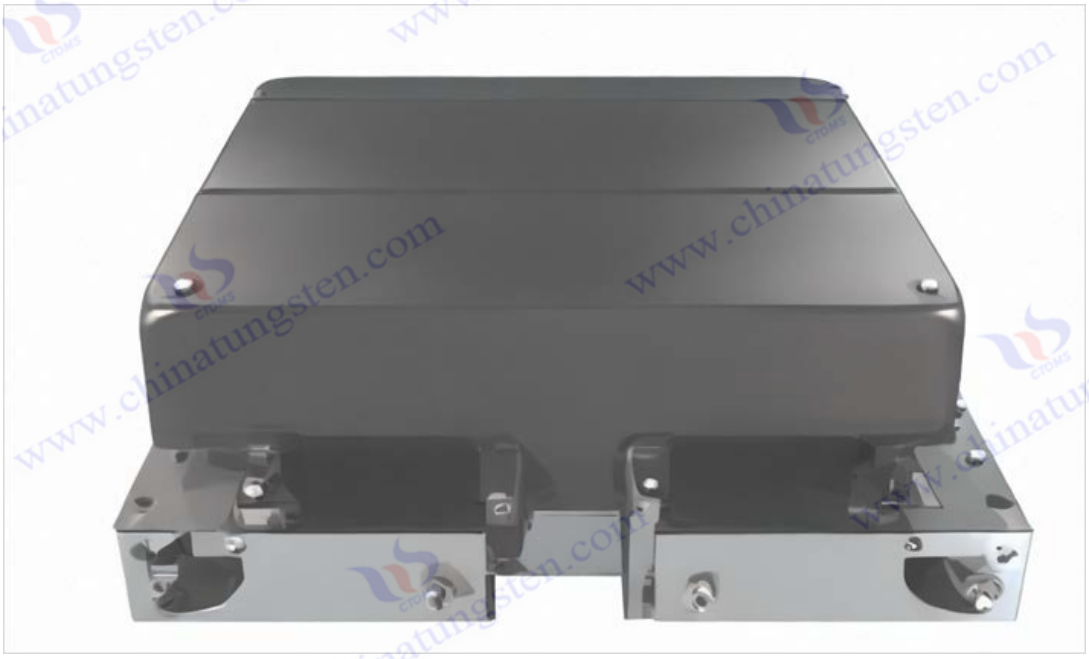
纳米颗粒通常具有良好的生物相容性，因此可以用于药物传递、生物成像和其他生物医学应用中。

5.5.3.2 新能源电池用二氧化钨纳米片

二氧化钨纳米片是一种纳米材料，其特点是具有规整的四边形形状和高度结晶的内部结构。这种纳米片的尺寸通常在几纳米到几十纳米之间，具有高比表面积和活性表面，可以用于制备高性能的气敏材料和催化剂等。

二氧化钨纳米片的制备通常采用化学合成的方法，通过控制合成条件如温度、浓度、pH值等，实现对纳米片形貌和尺寸的精细调控。这种纳米片因其具有高比表面积和活性表面，成为一种具有广泛应用价值的纳米材料。

在能源领域，二氧化钨纳米片可以作为催化剂的载体，用于燃料电池和光电池等能源转化和储存装置中。其高比表面积和活性表面可以提高催化剂的活性和稳定性，从而提高能源转化效率和储存密度。此外，二氧化钨纳米片还可以作为电池的正极材料，具有高能量密度和长循环寿命等优点。



燃料电池

在环保领域，二氧化钨纳米片可以用于检测空气中的有害气体，如一氧化碳、二氧化硫等。其高比表面积和活性表面可以增强气体吸附和化学反应能力，从而提高检测灵敏度和响应速度。此外，二氧化钨纳米片还可以用于治理空气污染和水污染等问题，具有高效、环保的特点。

在生物医学领域，二氧化钨纳米片可以作为药物载体、生物成像、肿瘤治疗等用途。由于

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com
ISO 9001-2015 认证号码:00122Q31380R3S/3502
标准文件版本号 CTOXMQCD-MA-E/P 2022 版

其形貌和尺寸可控性，可以更好地适应生物体内的复杂环境和生理变化，从而提高治疗效果和降低副作用。此外，二氧化钨纳米片还可以用于抗菌消毒等领域。

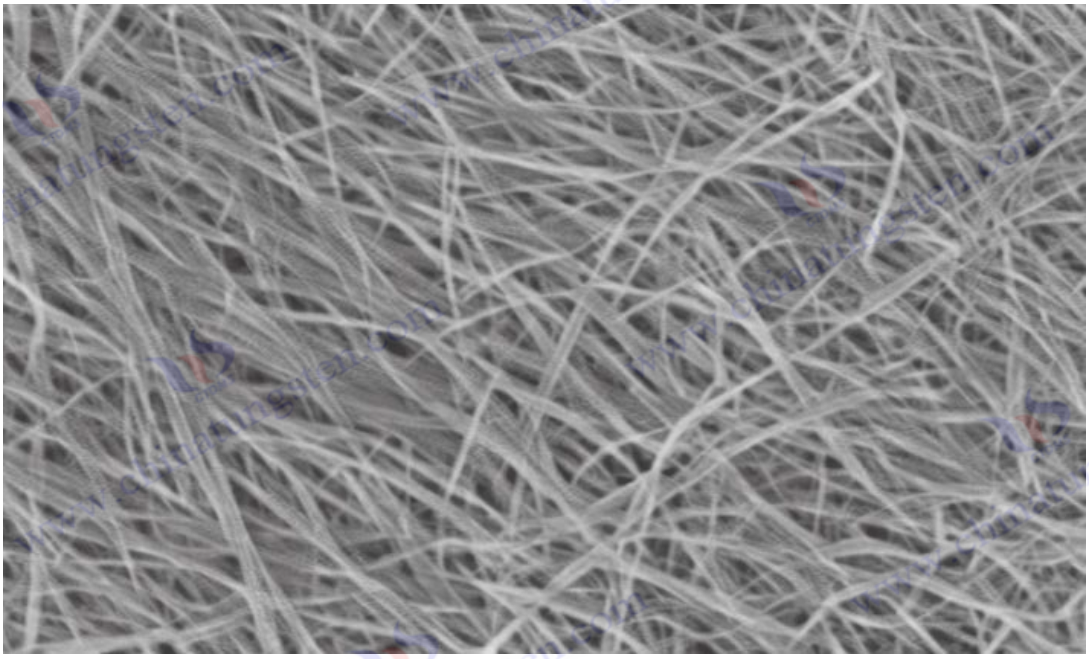
5.5.3.3 新能源电池用二氧化钨纳米线

二氧化钨纳米线指的是由二氧化钨构成的极细长、纳米级别的线状结构。这些纳米线通常具有非常小的直径，一般在几纳米到几十纳米的范围内，而且长度通常要比直径长得多，有时可以达到微米级。

二氧化钨纳米线因其独特的形状和性质而受到广泛研究和应用，以下是一些与它们相关的特点和应用：

（1）传导性能：二氧化钨纳米线具有优异的电子传导性能，因此可用于制造高性能的电子器件，如纳米场效应晶体管（nano-FETs）和纳米线晶体管。

（2）能量存储：由于其高表面积和电子传导性能，纳米线可用于制造高性能的电池和超级电容器，用于能量存储和释放。



二氧化钨纳米线

（3）光学应用：纳米线的形状和尺寸可以调制其光学性质，因此它们可用于光学传感器、光电探测器和太阳能电池。

（4）催化剂：纳米线的形状和暴露的表面活性位点使其成为优秀的催化剂，可用于促进化学反应，如氧化反应和还原反应。

（5）纳米机械：纳米线可以作为纳米机械部件，用于制造纳米机器人和纳米传感器，可在微观尺度进行控制和操作。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

（6）生物医学应用：纳米线也在生物医学领域中研究，可用于药物传递、生物成像和生物传感等应用，例如通过功能化表面来识别生物分子。

5.5.3.4 新能源电池用二氧化钨纳米棒

二氧化钨纳米棒是一种纳米材料，由二氧化钨组成，具有棒状或纳米棒状的形态。这种材料通常具有独特的物理和化学性质，因此在多个领域都有潜在的应用。

二氧化钨纳米棒通常通过化学合成方法制备。这可以包括溶剂热法、水热法、溶胶-凝胶法等不同的化学过程，以控制纳米棒的尺寸和形状。

二氧化钨纳米棒的性质可以根据其尺寸和形状的变化而变化，但通常具有较大的比表面积，这使得它们在催化、传感和能源存储等应用中具有优势。此外，它们还可以表现出光学、电学和磁学性质，因此在光电子学和纳米电子学领域也有应用前景。

二氧化钨纳米棒在各种领域中都有潜在的应用，包括：催化：用于催化反应，如水分解、氧化还原反应等。传感：作为传感器的组件，用于检测气体、生物分子等。能源存储：用于制备高性能的锂离子电池和超级电容器。光电子学：用于制备光电探测器和光伏材料。纳米医学：在纳米药物传递和医学成像方面的应用。



锂离子电池

5.5.3.5 新能源电池用二氧化钨纳米花

二氧化钨纳米花是一种特殊的纳米材料，其结构由钨原子和氧原子组成，呈现出花状的形态。这种纳米材料的颗粒大小通常在纳米级别，具有高比表面积和活性表面，可以用于制备高性能的气敏材料、催化剂、太阳能电池板等领域。

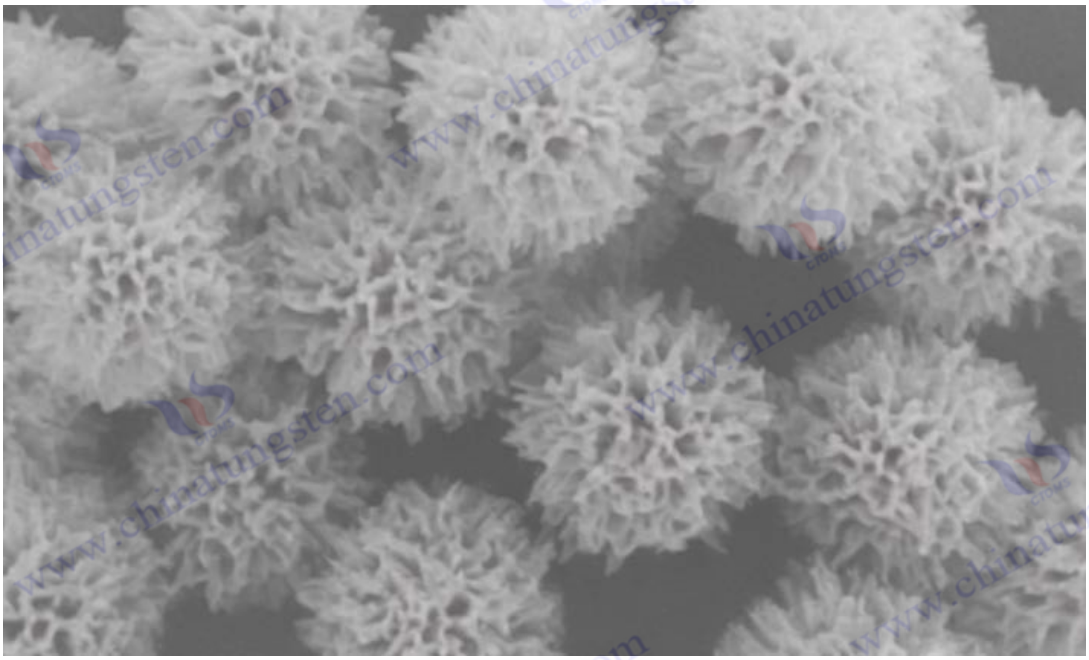
Copyright© 2021 All Rights Reserved

二氧化钨纳米花的制备通常采用化学合成的方法，通过控制反应条件如温度、浓度、pH值等，实现对纳米花形貌和尺寸的精细调控。这种纳米花因其具有高比表面积和活性表面，成为一种具有广泛应用价值的纳米材料。

在气敏传感器领域，二氧化钨纳米花可以作为气敏材料的载体，用于检测空气中的有害气体。其高比表面积和活性表面可以增强气体吸附和化学反应能力，从而提高检测灵敏度和响应速度。同时，二氧化钨纳米花还可以用于环境监测、生物医学等领域。

在太阳能电池板领域，二氧化钨纳米花可以通过黏附在太阳能面板表面并种植氧化锌纳米线等方法，大幅度提高太阳能吸收效率。这种方法可以有效提高电池板的光电转换效率，降低能源损失，为绿色能源的发展提供新的可能性。

此外，二氧化钨纳米花还可以作为药物载体用于药物输送和治疗，以及作为生物成像剂用于医学诊断等领域。由于其形貌和尺寸可控性，可以更好地适应生物体内的复杂环境和生理变化，从而提高治疗效果和降低副作用。。



二氧化钨纳米花

5.5.3.6 新能源电池用微米二氧化钨

微米二氧化钨是指二氧化钨的微米级别的颗粒或颗粒状形态。与纳米材料不同，微米材料的尺寸通常在微米（百万分之一米）级别，比纳米材料要大。

微米二氧化钨可以通过不同的合成方法来制备，包括固相反应、气相沉积、溶液法和化学气相沉积等。这些方法可以产生不同形态和尺寸的微米二氧化钨颗粒。

微米二氧化钨通常具有较低的比表面积，与纳米材料相比，表面活性较低。微米二氧化钨

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

通常是绝缘体或半导体，具有良好的化学稳定性和机械性能。

微米二氧化钨的用途：可用作电阻材料、热散热材料和电子陶瓷；可以添加到涂料和涂层中，以提高它们的耐磨性和耐高温性；可用作防辐射材料，用于医学和核工业应用；可以用于制备特殊的光学器件，如吸收光谱仪；可以用于一些催化反应。

5.5.3.7 新能源电池用亚微米二氧化钨

亚微米二氧化钨是指二氧化钨（WO_2）的尺寸在亚微米级别的颗粒或颗粒状形态。亚微米级别的材料通常在纳米（百万分之一米）和微米（千分之一毫米）之间。这种材料具有介于微米和纳米尺寸之间的特性，通常表现出与其尺寸相关的独特性质。

亚微米二氧化钨的性质通常介于微米尺寸和纳米尺寸之间。它们可能具有一定的比表面积，但较低于纳米颗粒。亚微米二氧化钨可以具有良好的电学、热学和光学性质。



亚微米二氧化钨

亚微米二氧化钨可以通过多种制备方法来获得，包括物理方法（如机械合成和球磨法）、化学方法（如水热合成和溶胶-凝胶法）以及气相沉积等。选择的制备方法将影响颗粒的形状、尺寸和性质。

亚微米二氧化钨在多个应用领域中都有潜在的用途，包括但不限于：

（1）催化：用于催化反应，如氧化还原反应和化学合成。

（2）电子器件：可用于制备电子器件的材料，例如电阻器、电容器等。

（3）光学：可用于制备光学元件，如透明电极、光学薄膜和非线性光学材料。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com
ISO 9001-2015 认证号码:00122Q31380R3S/3502
标准文件版本号 CTOXMQCD-MA-E/P 2022 版

（4）纳米材料强化：作为增强材料的添加剂，以提高其他材料的性能。

（5）涂料和涂层：可用于增强涂料和涂层的性能，如抗腐蚀性和耐磨性。

5.5.3.8 新能源电池用纳米二氧化钨

纳米二氧化钨是一种纳米材料，由钨原子和氧原子组成，呈现出纳米尺度的颗粒形态。其尺寸通常在几个纳米到几十纳米之间，具有高比表面积、高活性表面和良好的电学性能等优点。

纳米二氧化钨的制备方法包括化学气相沉积法、溶胶-凝胶法、机械合成法等。这些方法能够控制纳米二氧化钨的尺寸、形貌和组分，从而调控其性能。

纳米二氧化钨具有优异的物理、化学和电学性能，被广泛应用于能源、环境、医学和电子等领域。在能源领域，纳米二氧化钨可用于太阳能电池板制造、电池电极材料和超级电容器等；在环境领域，纳米二氧化钨可用于空气净化器制造、水处理和土壤修复等；在医学领域，纳米二氧化钨可用于药物输送、肿瘤治疗和生物成像等；在电子器件领域，纳米二氧化钨可用于电子元件制造、晶体管和传感器等。

然而，纳米二氧化钨也存在一些挑战和风险。首先，其制备和控制需要一定的技术和设备支持，成本较高。其次，纳米二氧化钨的生物安全性和环境影响尚不明确，可能对生物体和环境产生潜在的风险。



5.5.3.9 新能源电池用亚纳米二氧化钨

与普通的二氧化钨相比，亚纳米二氧化钨具有更为优秀的物理性质和化学性质，更适合用

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

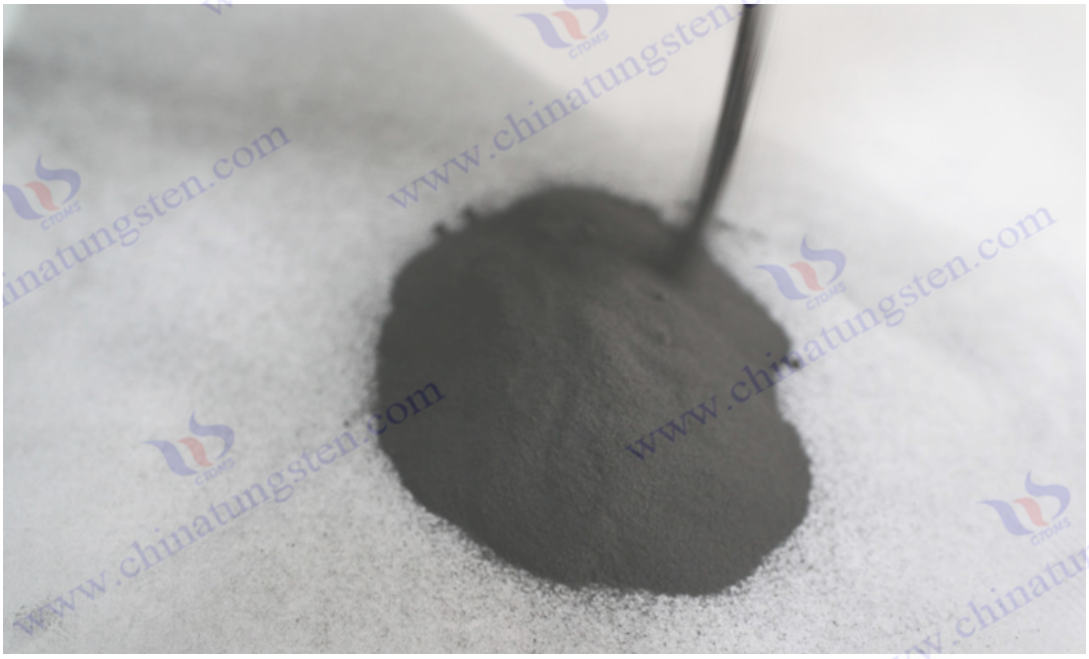
来制造更高档的钨化合物，如金属钨粉、碳化钨粉、三氧化钨超细颗粒等。

网络数据显示，二氧化钨在空气中很容易被氧化成三氧化钨，在氧化氮中加热到 500℃时会变成蓝色氧化物；在 1020℃时，WO_2 会被碳还原成金属钨。换句来说，WO_2 是钨粉和三氧化钨的重要生产原料，并且其颗粒尺寸也将直接影响到钨粉和三氧化钨的质量。对于以亚纳米氧化钨为制造原料的钨粉和三氧化钨粉末来说，它们的颗粒尺寸正常也为亚纳米级。在其他条件都相同的情况下，二氧化钨颗粒越小，所制得的产物颗粒也会越小。

亚纳米二氧化钨储存方式：包装采用的是铁桶/木箱密封包装，内衬聚乙烯塑料袋（或再加布袋）。

5.5.4 二氧化钨生产方法

二氧化钨生产步骤：（1）在 900℃下，用带有饱和水蒸气的氢气气流还原 WO_3 即可得产物。（2）在真空条件下，将混合后的钨粉和三氧化钨加热至 950℃即可得 WO_2。



钨粉

5.5.5 二氧化钨应用

二氧化钨是由钨元素和氧元素组成的一种无机化合物，是一种具有金属电导率的棕褐色粉末，具有较高的比重，良好的导电性、还原性和氧化性等特点，因而用途十分广泛，可用于电子、化工、储能、建筑、航空航天等领域。

在钨行业，二氧化钨可以用来生产金属钨粉和纳米三氧化钨等，其中钨粉是生产碳化钨粉、高比重钨合金和钨材的重要原材料。碳化钨粉主要用来制造硬质合金。硬质合金、钨合金和钨材广泛应用于汽车、医疗、国防、军工和农业等领域。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

在电子行业，二氧化钨因在高温下保持较好的电导性和稳定性，而成为电子管、热电偶和半导体等电子产品生产的关键原料。

在储能领域，二氧化钨因具有金属导电性，而能作为锂离子电池负极材料制造的原料，可以缓解高理论容量三氧化钨负极材料在循环过程中存在体积变化较大的问题。

在化工领域，二氧化钨因具有良好的氧化性、还原性和酸碱性，而成为催化剂的重要组成部分，可以在不同的条件下催化各种化学反应，包括氧化、加氢、加氧、脱氢、烷基化等。

在建筑领域，二氧化钨被用作建筑材料的添加剂，能够改善水泥的性能，提高混凝土的强度和耐久性。WO_2 能与水泥反应生成硅酸盐水泥凝胶，并在水泥中起催化剂的作用。在水泥硬化过程中，WO_2 可改善水泥的耐久性、抗渗透性和抗冻性能。此外，WO_2 还能够减缓水泥的凝胶反应速度，使水泥更易于施工和加工。

除了上述领域之外，二氧化钨还可以用于玻璃、陶瓷、涂料、化妆品等行业。



智能玻璃

5.6 什么是铌钨氧化物

铌钨氧化物（WNbO）是由过渡金属钨（W）和铌（Nb）、非金属氧（O）三元素组合成的一种粉末，英文名为 Niobium tungsten oxide，化学式为 $Nb_{18}W_{16}O_{93}$ 或 $Nb_{16}W_5O_{55}$，晶体结构为正交相，拥有稳定的三维网络结构和较大的空位尺寸。

5.6.1 铌钨氧化物结构

铌钨氧化物晶体结构为正交相，拥有稳定的三维网络结构和较大的空位尺寸。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

5.6.2 新能源电池用铌钨氧化物理化性质

将过渡金属离子铌引入 WO_6 八面体结构中，使铌钨氧化物整个八面结构具有较大比表面积、并且改变纳米氧化钨内部电子的排列、空穴和缺陷的变化，使得铌钨氧化物拥有对紫外光良好的吸收性能。

5.6.3 铌钨氧化物生产方法

文档序号为 22551925 的研究者提出了一种多孔微米球结构铌钨氧化物电极材料的生产方法，具体步骤如下：

（1）将铌盐（如氯化铌或氟化铌）、氢氟酸、异丙醇、钨盐（如氯化钨或氟化钨）在室温下搅拌均匀得到混合溶液；（2）将混合溶液密封加热到 180-220℃，保持 12-48 小时，待混合溶液自然冷却后收集粉末，洗涤后烘干；（3）将烘干后的活性物质收集，在空气中加热后退火就可以得到 $W_6Nb_{14}O_{53}$；（4）向铌钨氧化物中加入一定量的导电剂乙炔黑和粘结剂聚偏氟乙烯，即可制得锂离子电池负极材料。



锂离子电池

该生产方法注意事项：铌盐应先溶解于氢氟酸中，后将溶液与含有 W^{6+}的异丙醇溶液充分混合搅拌；搅拌时注意隔绝空气，避免 W^{6+}与氧气反应先生成 WO_3；搅拌后转移至聚四氟乙烯内衬中并置于水热釜中加热反应；水热反应后生成含有氯离子与氟离子的铌钨氧化物粉末，洗涤粉末并干燥后在空气中高温退火，将电极材料中的氯离子与氟离子去除同时提高材料的结晶性。

该生产技术的优势如下：一是通过钨元素的加入改变了传统铌基氧化物较差的导电性，使其在锂电池中表现出良好的电化学性能；二是铌钨氧化物的多孔微米球结构，可以使电解液与活性材料充分接触，增加电解液的渗透能力，减小界面电阻，使得整个结构更加稳定；

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

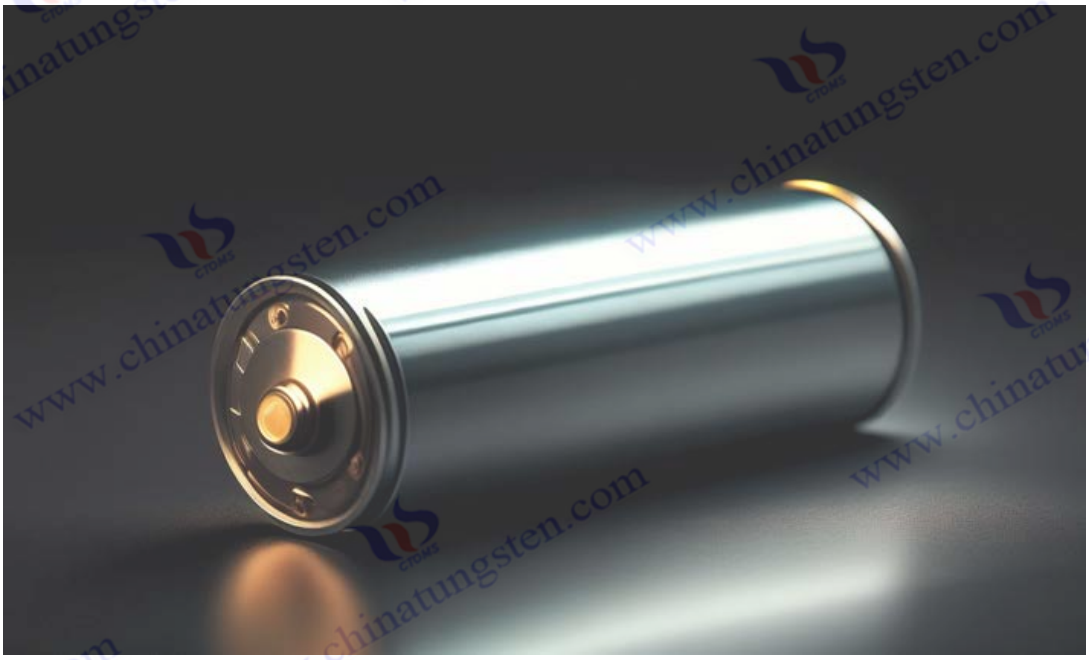
三是使用简单的低温水热法合成铌钨氧化物材料，具有可重复性高、过程简单等优点，可适用于工业化生产应用。

5.6.4 铌钨氧化物应用

铌钨氧化物的用途广泛，可应用于电致变色器件和储能电池中。

电致变色器件：与常用的电致变色材料三氧化钨和氧化铌相比，铌钨氧化物不仅具有更大的空位尺寸，还有稳定的三维网络结构，因而更有利于带电锂离子在此材料中进行稳定地嵌入与脱出。此外，WNbO 材料还具有较大的比表面积，能容纳大量的锂离子，所以由它组装成的电致变色器件具有较快的响应速度、较短的响应时间、较长的着色时间和褪色时间，较大的光学调制和良好的电化学稳定性等特点，适合应用于电致变色智能窗及防眩晕后视镜中。

储能电池：相对于石墨材料来说，铌钨氧化物更适合作为储能电池的负极材料，主要是归因于该材料具有更好的扩散动力学性能和更高的储锂能力。研究表明，WNbO 材料的晶体结构、隧道尺寸与电化学性能密切相关。五边形 WNbO 材料具有较大的隧道尺寸，因而能使所制备的电池拥有更好的倍率性能。而四边形 WNbO 材料因有独特的开放式晶体，而具有较强的锂离子存储能力，其每单位体积可储存的锂离子数量是传统锂离子电池负极材料的两倍以上，这样能使所制造的电池拥有更高的容量和更好的循环稳定性。



储能电池

5.7 什么是氮化钨

氮化钨是由过渡金属钨和非金属氮两种元素共同组成的一种无机化合物，具有良好的物理化学性质，广泛应用于催化领域。根据钨原子和氮原子个数的不同，氮化钨可以分为六叠氮化钨，二氮化钨和氮化二钨等，它们在外观形貌和生产工艺等方面上具有一定区别。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

5.7.1 氮化钨结构

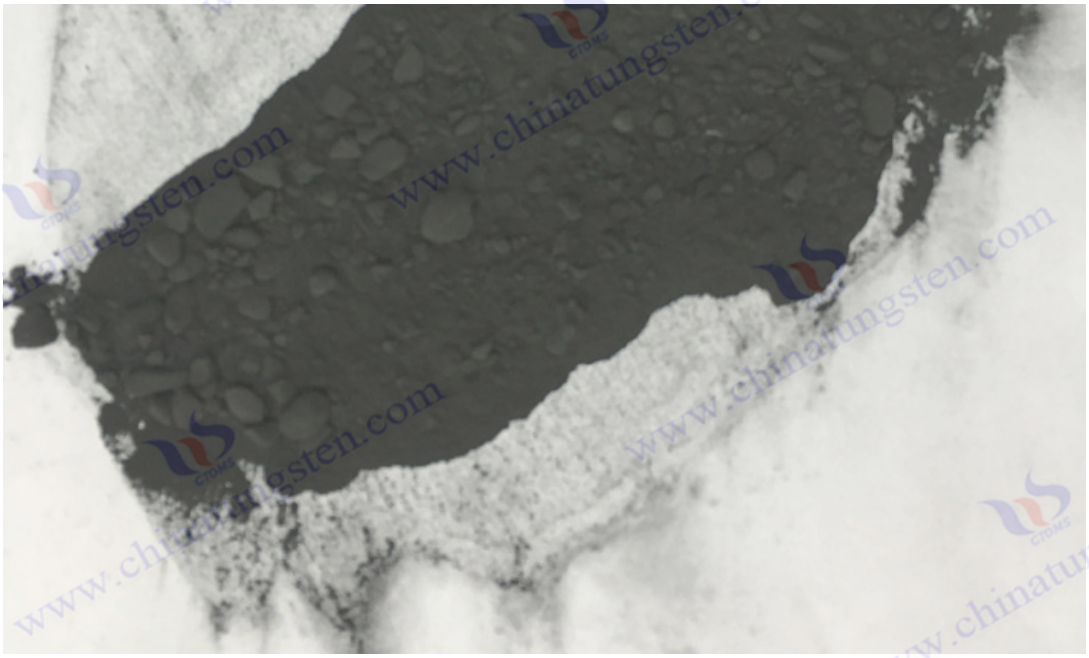
氮化钨（WN），为棕色固体，质地坚硬，其晶体结构属于立方晶系。

5.7.2 氮化钨理化性质

氮化钨的电阻率为 1.5×10^{-3}~$4.0\times10^{-3}\Omega/cm$，电阻率随着退火温度的增加而进一步降低，当薄膜温度高于 725℃，其电阻率被降到 1.2×10^{-4}~$5.0\times10^{-4}\Omega/cm$，而当温度高于 725℃，氮化钨失去氮，变成纯钨。

5.7.3 氮化钨分类

根据钨原子和氮原子个数的不同，氮化钨可以分为六叠氮化钨，二氮化钨和氮化二钨等，它们在外观形貌和生产工艺等方面上具有一定区别。



氮化钨

5.7.3.1 新能源电池用六叠氮化钨

六叠氮化钨是钨的一种高氧化态叠氮化物，是一种宝石红晶体，英文名 Tungsten Hexaazide，化学式 $W(N_3)_6$ 或 $N_{18}W$，摩尔质量 435.96g/mol，可由六氟化钨与氮化三甲基硅烷（$(CH_3)_3SiN_3$）在低温的环境下制备成。

5.7.3.2 新能源电池用二氮化钨

二氮化钨是一种褐色六方晶体，英文名 Tungsten dinitride，化学式 WN_2，分子量 211.31，CAS 号为 60922-26-1，密度约 7.7g/cm³，熔点约 600℃，能溶于水，可由钨丝和低压氮在

Copyright© 2021 All Rights Reserved

2500℃下反应生成，或在 Li_3N 或 $LiNH_2$ 作为催化剂的条件下，常压氮和钨在 550~600℃下反应生成。

5.7.3.3 新能源电池用氮化二钨

氮化二钨是一种棕色的立方晶体，质地坚硬，英文名 Tungsten Nitride，化学式 W_2N，分子量 381.7，CAS 号为 12033-72-6，EINECS 号为 234-792-6，其中 β-和 γ-相是已知的，=可溶于水和有机溶剂，具有良好的催化性能、机械和热稳定性能，可在 NH_3、N_2 和 H_2 的气氛中加热钨可制得。

5.7.4 氮化钨生产方法

方法一：钨原料在氮、氢混合气体中反应，制备氮化钨。

方法二：钨原料在氨气体中高温反应，因为氨气能够在高温下分解出氮气和氢气的混合气体，再与钨反应生成 WN。

方法三：以偏钨酸铵（AMT）为原料先制得氧化钨，再通入氨气，升温反应，制备氮化钨。



偏钨酸铵

5.7.5 氮化钨应用

氮化钨（Tungsten Nitride）是一种由钨（Tungsten）和氮（Nitrogen）元素组成的化合物，具有多种应用领域。以下是氮化钨的一些主要应用：

（1）硬质涂层：氮化钨被广泛用作硬质涂层材料，特别是在切削工具、钻头、铣刀和其他工具的涂层中。它可以增加工具的硬度、耐磨性和耐腐蚀性，从而延长其使用寿命并提

Copyright© 2021 All Rights Reserved

高工作效率。

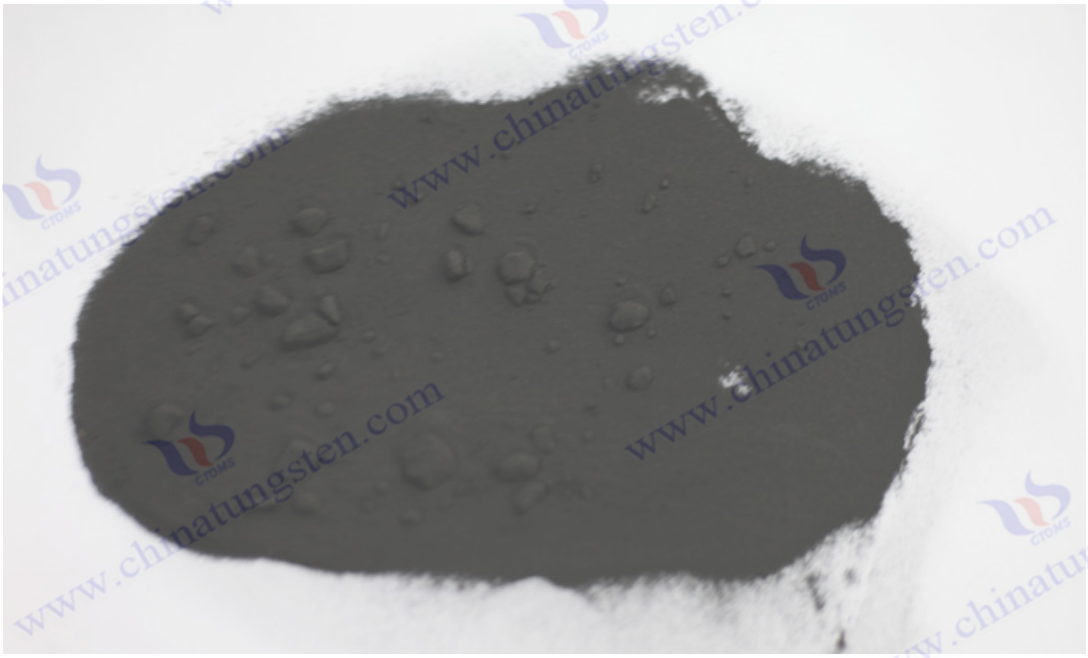
（2）电子元件：氮化钨具有良好的导电性能，因此可用于制造电子元件，如电极、电阻器和其他电子器件。它还可用于制造高温电阻器。

（3）金属陶瓷：氮化钨可以与其他材料组成金属陶瓷，用于高温和高压环境下的应用，如电子封装、高温熔炉部件和高温反应器。

（4）涂层防护：由于其化学稳定性和耐腐蚀性，氮化钨可用于涂层，以保护金属表面免受腐蚀和氧化的影响。这在化学工业和高温环境下的设备中尤为重要。

（5）太阳能电池：氮化钨还被研究用作太阳能电池中的电极材料，因为它具有高导电性和良好的光学性能，可以提高太阳能电池的效率。

（6）催化剂：氮化钨可以用作催化剂，促进化学反应，例如氮气还原和氢气制氨等反应。



氮化钨

5.8. 什么是硼化钨

钨与硼能形成六种基本的化合物，W_2B、WB、WB_2、WB_3、W_2B_5、WB_4 等。硼化钨是一种黑色或灰色粉末。所有钨的硼化物质硬（莫氏硬度在 9 以上）而脆，具有导电性能。

5.8.1 硼化钨结构

硼化钨为银白色八面体结晶。其由电炉加热金属钨与元素硼直接反应而得，具有 W-B 系化合物的优良性能，未来应用前景广阔。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

5.8.2 硼化钨理化性质

（1）高硬度：36~41GPa（维氏硬度）

（2）高熔点：2365℃

（3）高导电导热性：电导率 5.3×10^4S/cm，与铝青铜合金接近

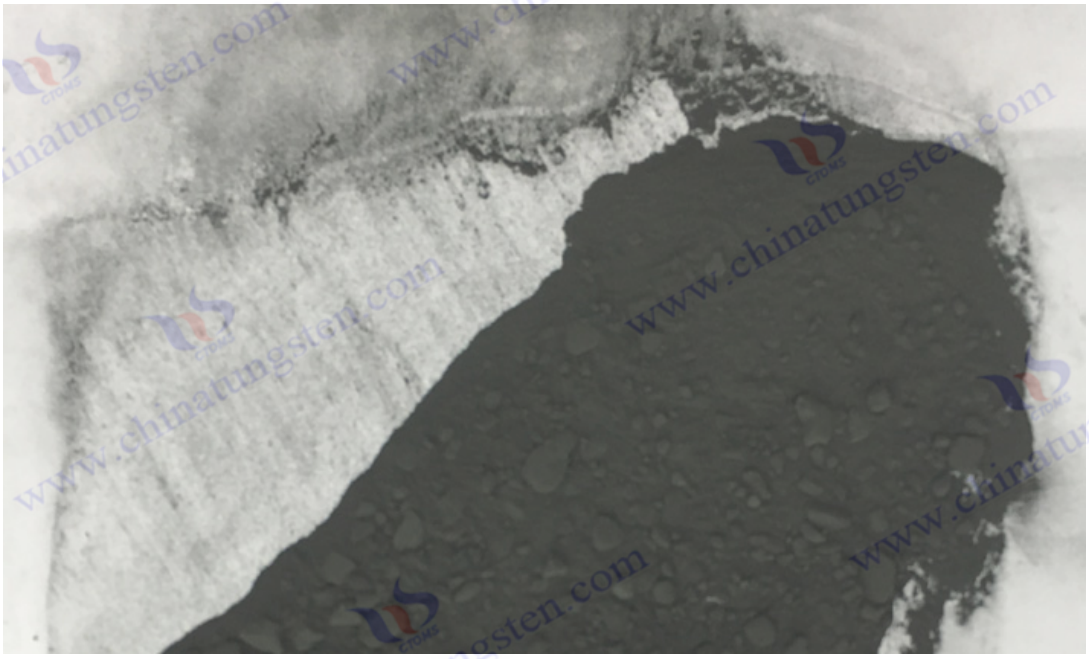
（4）高化学惰性：耐腐蚀性强，可用作电极防腐涂层

（5）抗氧化性好：空气中长期工作温度 800℃，短时间可达 1200℃

（6）具备中子屏蔽能力

5.8.3 硼化钨分类

根据钨原子与硼原子个数的不同，硼化钨可分为一硼化钨、二硼化钨、硼化二钨、四硼化钨、五硼化二钨。



硼化钨

5.8.3.1 新能源电池用一硼化钨

一硼化钨是由 1 个钨原子和 1 个硼原子组成的一种黑色或灰色六方结晶（晶格常数 a 为 3115nm、c 为 1.693nm，）粉末，英文名为 Tungsten Monoboride，化学式为 BW，分子量为 194.66，CAS 登录号为 12007-09-9，EINECS 登录号为 234-498-8。

一硼化钨的外观为黑色或灰色粉末，熔点约 2660℃，相对密度约 15.2g/cm3，显微硬度约

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Emailsales@chinatungsten.com
ISO 9001-2015 认证号码:00122Q31380R3S/3502
标准文件版本号 CTOXMQCD-MA-E/P 2022 版

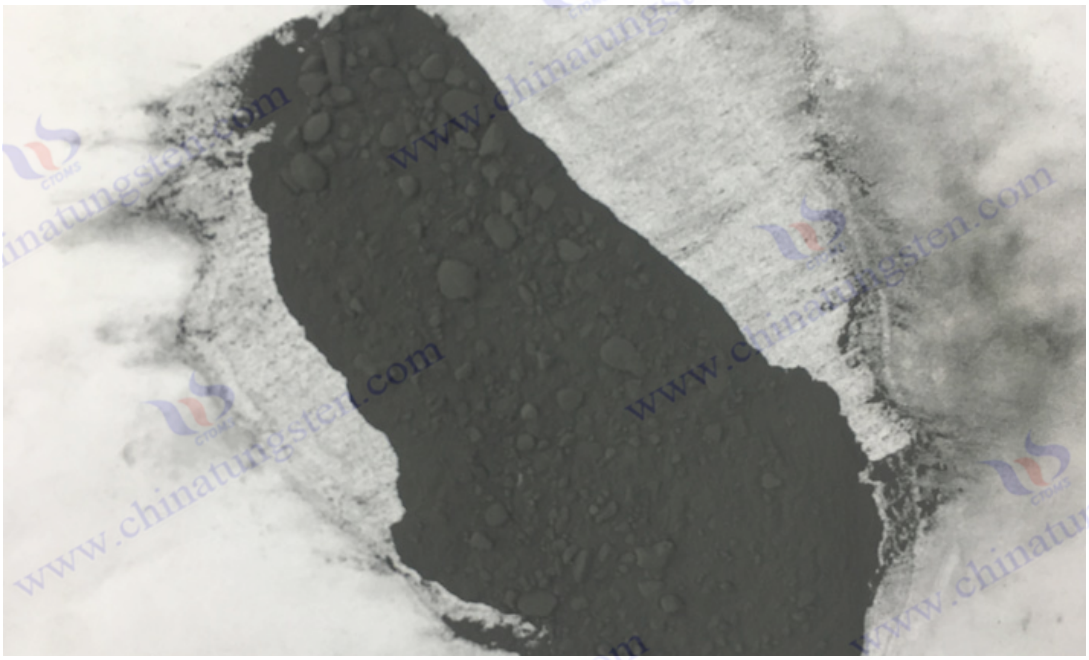
3700kg/mm2，维氏硬度约 20GPa，难溶于水，在常温常压下能稳定存在，具有高韧性、大比表面积、优良的耐磨性、良好的金属导电性和化学稳定性等特点。

一硼化钨可由 1mol 钨粉与 1mol 硼粉在真空或氩气气氛中于 1200～1300℃下进行反应即可。另外，将原料钨粉和碳化硼（B_4C）放在高温的环境下进行反应，然后将所生成的硼化产物与钙反应生成 CaC_2 进行脱碳，最后经 CaC_2 和 Ca 酸浸后，即可以制得 BW 粉末。

一硼化钨常用作结构材料、耐磨材料、耐火材料、电极材料、半导体薄膜、切削刀具材料、耐腐蚀材料等。硼化钨也作为化学试剂、精细化学品、医药中间体、材料中间体等。

5.8.3.2 新能源电池用二硼化钨

二硼化钨是由 2 个钨原子和 1 个硼原子组成的一种无机化合物，是一种黑色的固体粉末，是钨工业中一种重要的中间体，英文名为 Tungsten Diboride，化学式为 BW_2，分子量为 378.49，纯度高达 99%，CAS 登入号为 12007-10-2。根据粒径的不同，其可以分为亚纳米 BW_2、纳米 BW_2、亚微米 BW_2、微米 BW_2 等。



二硼化钨

二硼化钨的结构为八角形晶体，外观为黑色粉末状，密度为 1.6g/ml，熔点为 2670℃，不溶于水，能溶于王水，具有大硬度，高韧性，耐磨损，耐高温，耐腐蚀，良好的化学稳定性和导电性，及对中子有优异的吸收效果等特点。

从生产方法上来看，BW_2 的生产步骤为先将钨粉和无定型硼粉按一定比例进行混合，然后加入氯化钠等熔盐，搅拌均匀得到混合粉末，接着在惰性气体或真空的环境下加热处理混合粉末，最后冷却，分离和干燥，即可得到所需要的产品。

从用途上来看，二硼化钨常用作结构材料、耐磨材料、电极材料、半导体薄膜、切削刀具

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

材料、耐腐蚀材料等。其中，制备一种具有富硼化钨涂层的工件，包括工件基体，以及依次设置于基体上的钨层、硼化钨梯度层和富硼化钨涂层；沿工件基体向钨层的厚度方向和硼化钨梯度层中逐渐增加硼含量。

5.8.3.3 新能源电池用硼化二钨

硼化二钨为灰黑色正方晶粉，英文名为 Tungsten Boride，Tungstenio (Tungstenylidene) Borane，Ditungsten Monoboride，分子式 BW_2 或 W_2B，分子量 378.49，CAS 号 12007-10-2，密度 1.6g/mL，熔点 2770 ℃，具有金属导电性，不溶于水，能溶于王水。用钛、钽和锆能把硼化二钨还原成金属钨。

硼化二钨具有高熔点、高硬度、高电导率以及对不同类型介质的高耐腐蚀性和抗氧化性，这些优良的特性使得 W-B 系列化合物可以在恶劣的环境中得到广泛的应用。用于耐磨涂层及半导体薄膜，高温耐腐蚀电极材料、熔铸模具、坩埚等；也常用于耐磨件的耐磨涂层及半导体薄膜。



硼化二钨

硼化二钨的合成方法：

方法一：以金属钨和硼为原料，将两者充分混合、研磨，在 1400℃以上加热反应得硼化钨，继续反应生成 W_2B，经冷却、粉碎得产品。

方法二：钨与化学计量的硼粉按摩尔比 W:B 为 2:1 混合，在真空或氩气氛中于 1200~1300℃烧结，可制得一硼化二钨。

方法三：采用固相法。以金属钨和硼为原料制备硼化钨，反应式如下。将化学计量的金属钨粉和元素硼充分混合、研磨、成型，在 1400℃以上加热反应得硼化钨。继续反应生成

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

W_2B，经冷却、粉碎得产品。

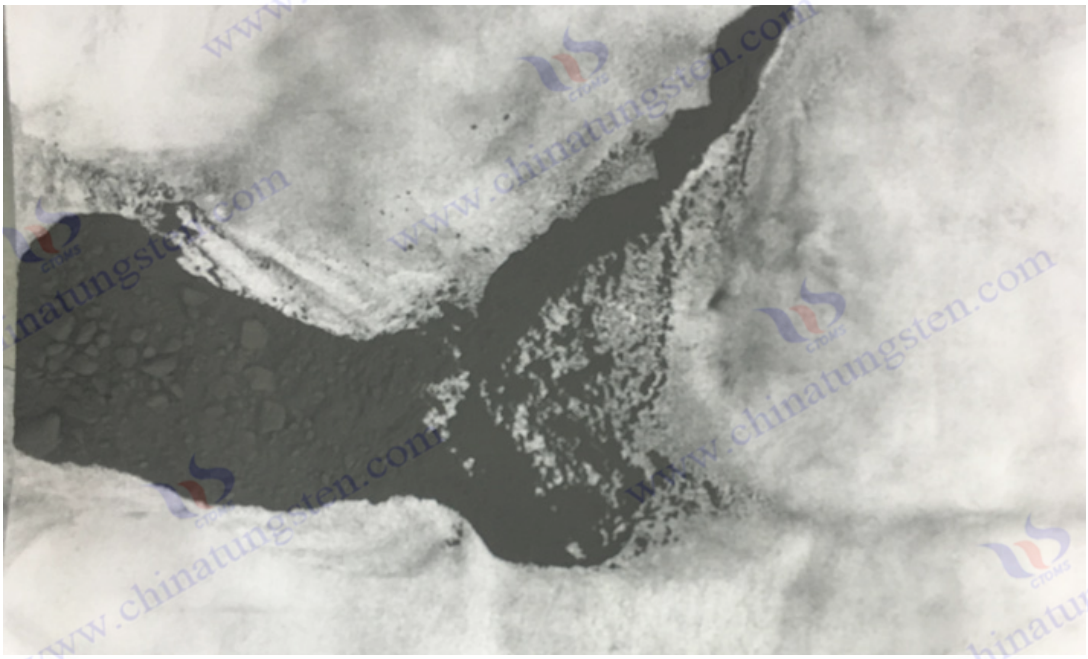
硼化二钨的用途：用于耐磨件的耐磨涂层及半导体薄膜。

硼化二钨的存储：存储于密闭阴凉且干燥的环境中。如果遵照规定使用则不会分解。

5.8.3.4 新能源电池用四硼化钨

四硼化钨是由过渡金属钨（W）元素和非金属硼（B）元素组合成的一种无机化合物，具有出色的机械性能和电学性能，因而在机械加工、极端条件下电极制备等领域有着重要的应用。

四硼化钨是由 1 个钨原子和 4 个确原子组成的一种黑色粉末，是一种新型的超硬材料，英文名 Tungsten Tetraborate，化学式 WB_4，相对分子量为 227.85。



四硼化钨

四硼化钨的结构为六方结构，其主体结构与 α-Mo B_2 结构类似，主要区别是在 W 层中多了两个硼原子，形成了硼-硼二聚体。此硼-硼二聚体将 WB_4 中类石墨烯硼层连接了起来，形成了三维空间的硼结构。有研究认为，在这些过渡金属硼化物中，WB_4 由于 3D 硼网状结构，曾被认为是潜在的超硬材料，但 WB_4 的维氏硬度只接近 30 GPa，并非超硬材料；理论计算发现 WB_4 的结构在动力学、力学以及能量方面都不稳定。而缺少硼-硼二聚体层状结构的 WB_3 却是稳定的，因此理论计算提出 WB_4 其实不存在，WB_4 结构应该是 WB_3。

四硼化钨的外观为黑色粉末状，具有高硬度、低导电率、耐高温、抗磨损、良好的化学稳定性和能在常压下合成等优点。不过，在高于 1000℃下，WB_4 仍会分解成硬度较低的 WB_2，从而降低力学性能。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

一种四硼化钨陶瓷粉体的制备步骤：将钨粉和硼粉混合得混合粉体；将混合粉体置于石墨热压模具中，并放入反应炉；将反应炉抽真空后升温至 1200～1600℃，然后在压力 10～100MPa，保温保压烧制 30～180min；保温结束后卸压，自然冷却至室温，制得四硼化钨块体；将块体表层的石墨纸除去，然后将块体粉碎研磨，得到四硼化钨陶瓷粉体。

四硼化钨可以作为陶瓷粉体，用于民用建筑涂料，固体工业涂料，卷钢涂料和底漆等；可以作为金刚石的代替材料制作各类切割工具。

5.8.3.5 新能源电池用五硼化二钨

作为钨硼化物中的一种，五硼化二钨是由 2 个钨原子和 5 个硼原子所组成的一种无机化合物，是一种新型的超硬材料，是钨工业中一种不常见的中间体，英文名为 Tungsten Pentaborate，化学式为 W_2B_5，分子量为 421.76，CAS 登录号为 12007-98-6，EINECS 登录号为 234-524-8。

W_2B_5 的外观为黑色粉末，带有一定的刺激性和毒性，纯度高达 99%以上，熔点为 2365° C，密度为 15.3 g/cm3，具有比碳化钨更高的硬度和更强的抗氧化性。目前，碳化钨系列化合物最高维氏硬度为 30GPa，而五硼化二钨硬度为 41GPa。

W_2B_5 的制备步骤为：（1）生产高纯度钨粉：以三氧化钨为原材料，在加热及有氢气的环境下，将三氧化钨还原成二氧化钨，后继续加热升温，将二氧化钨还原成钨粉；（2）制备高纯度硼粉：工业硼粉直接溴化，后除溴和分馏得到高纯溴化硼，后加热高纯溴化硼液体使其气化，接着将其进行还原即可；（3）取一定量的钨粉和硼粉在真空或氩气氛中进行高温烧结，即可得到五硼化二钨。



三氧化钨

五硼化二钨可以用来制造高速切削刀具、油/气用钻探复合片、煤/矿用钻探复合片、高硬

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

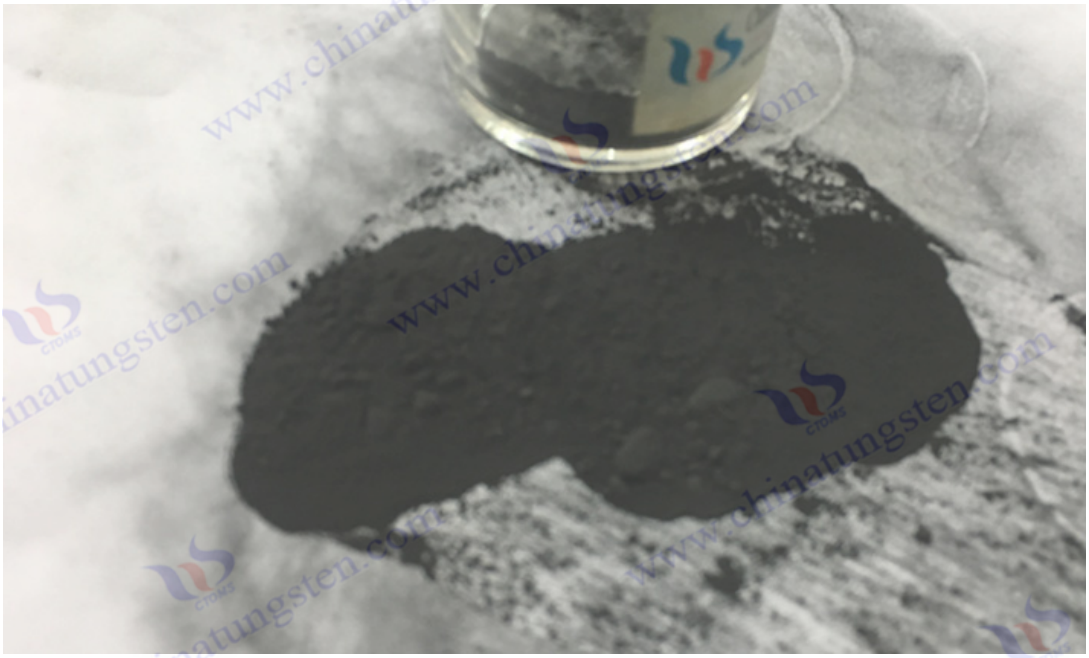
度磨料、超高温耐火材料，或著作为医药和化工材料的中间体。值得一提的是，使用 W_2B_5 制得的高速切削刀具在加工过程中可以避免渗碳行为的发生，以保障加工过程刀具的金属性能不受影响。

5.8.4 硼化钨生产方法

常用钨粉与硼直接烧结的方法来制备硼化钨。其他方法还有用铝还原二氧化钨和三氧二硼的混合物熔融盐电解法和气相沉积法等。

硼还原三氧化钨也会得到五硼化二钨，但同时生成一硼化钨作为副产物。

五硼化二钨可以用 2mol 的钨与 5mol 的硼粉在真空或氩气中于 1200～1300℃烧结。



五硼化二钨

5.8.5 硼化钨应用

硼化钨应用包括：作医药中间体；作军用坚硬金属；作超硬材料添加剂；作热喷涂材料。

有专利称，具有富硼化钨涂层的工件，包括工件基体，以及依次设置于基体上的钨层、硼化钨梯度层和富硼化钨涂层；沿工件基体向钨层的厚度方向和硼化钨梯度层中逐渐增加硼含量。硼化钨-金属/高分子基复合材料在核屏蔽材料领域的应用：核屏蔽材料通常需要同时添加防中子和伽马射线的组分才能实现同时屏蔽中子和 γ 射线的功能。

另有研究认为：以硼化钨为主要组分，通过金属浸渗、粉末冶金法等材料制备的组元分布均匀、力学性能优异、兼具中子和 γ 射线屏蔽性能的高体积密度硼化钨-铝基复合材料、硼化钨-钛基复合材料、硼化钨-高分子基复合材料。其中 3mm 厚的硼化钨-铝基复合材料的热中子屏蔽率达到了 99%；15cm 厚的硼化钨-铝基复合材料对 γ 射线（0.662，MeV）的

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

屏蔽率达到了 99%。硼化钨新型核辐射防护复合材料有望在乏燃料贮存、航空航天、反应堆屏蔽，仪器仪表元件、医疗射线防护等领域得到广泛应用。

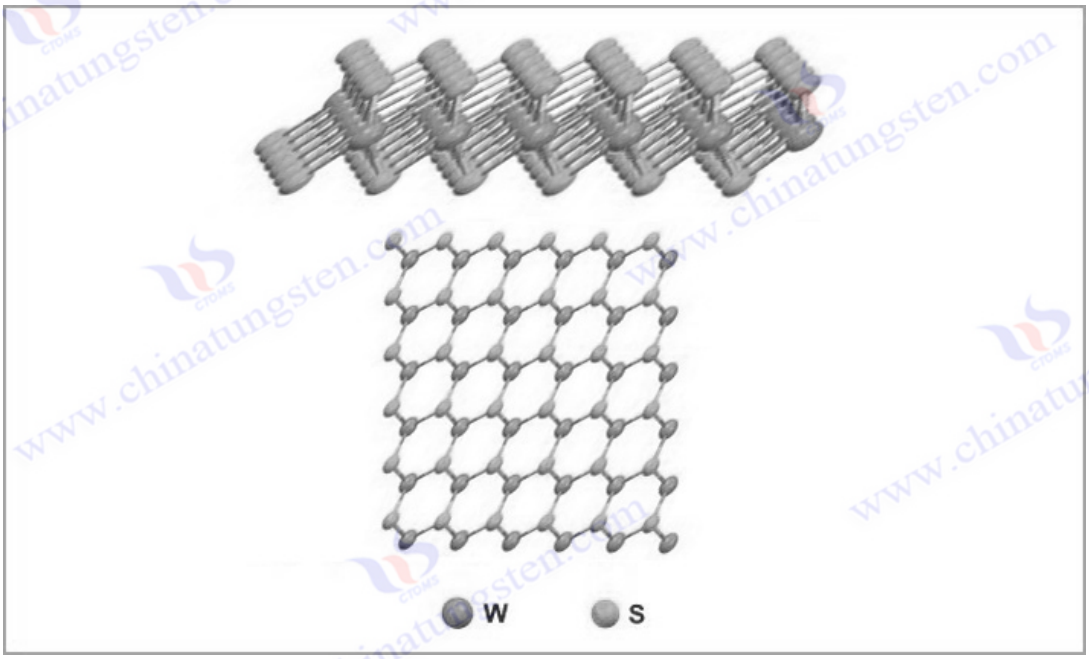
5.9 什么是二硫化钨

二硫化钨是由钨和硫组成的无机化合物，是一种低维度过渡金属硫化物，化学式为 WS_2. 具有与石墨烯层状结构相似的，因力学、热学、光学和电学良好的原因，广泛应用于光电、润滑、储能、医疗等领域。

中钨在线二硫化钨规格表

WS_2 含量(%min)		95.00						
费氏粒度（μm）		1~20μm (D50)之间的颗粒度可以根据客户要求定制生产						
杂质	Al	Si	C	Ca	O	Cu	Fe	K
% WT	0.003	0.002	0.01	0.002	0.004	0.002	0.001	0.001
杂质	Mg	Mn	Co	Na	Ni	N	Pb	\
% WT	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	\

硫与钨的化合物中，二硫化钨是唯一可以从元素合成的化合物。通常二硫化钨为六方晶体，具有和二硫化钼相同的层状结构。在一定条件下，可以制得硫化钨的三方变体。



二硫化钨结构

5.9.1 二硫化钨结构

WS_2 的晶体结构是典型的六方晶体层状结构。其中每一层由两层六边形硫原子夹一层金属钨原子组成，硫原子与钨原子组成三角锥形。每一层中硫原子与钨原子是由强共价键连接，而层与层之间是由相对较弱的范德瓦耳斯力相结合。这样的连接使得层间具有很强滑动

Copyright© 2021 All Rights Reserved

性，而硫原子又很容易与多数金属发生物理或化学吸附形成转移膜，摩擦大多发生在润滑膜与转移膜之间，因而虽有摩擦单不一定发生磨损，而且，膜层的破损部位通过移动粘着被润滑材料上的润滑膜和堆积在摩擦部位两旁的 WS_2 碎屑还可以得到修补。

从微观上来看，WS_2 的表面以 S-W-S 分子团形成六方形网络，层间以范德瓦尔斯力连接，层内以 W-S 共价键链接。

5.9.2 二硫化钨理化性质

二硫化钨（WS_2）作为固体润滑剂在物理性质方面具有显着特征过去，石油基油和润滑脂最常用作润滑剂。

近年来，随着工业技术的进步，对于新的固体润滑的需求随着机器输出，转速，滑动速度，负载的增加以及在诸如高温和真空的恶劣环境中的使用而增加。 保持清洁的气氛和保护环境也非常重要。

二硫化钨的氧化温度比二硫化钼（MoS_2）高约 100℃，具有优异的耐热性和极压性能，并且具有较低的摩擦系数。

二硫化钨可抵抗高表面压力。在固体润滑剂中，它的摩擦系数拥有随负荷增加而降低的趋势。空气中它在-273℃ 至 450℃ 的温度范围内起润滑剂的作用。



二硫化钨润滑剂

二硫化钨在 450℃ 的高温下也具有润滑性，有助于防止烧结或者卡咬。

二硫化钨更耐磨损。相关耐久性试验表明，二硫化钼的耐久性至少是其三倍。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

二硫化钨具有很好的节能效果。除了通过降低摩擦系数来降低能耗，还可延长部件使用寿命，实现节能和降低成本。

WS_2 还具有惰性，无机，无毒，无腐蚀的特性；与大多数油和润滑脂兼容；与石墨、MoS_2 和 Teflon 相比，表面沉积物减少了一半。

5.9.3 二硫化钨分类

根据颗粒形貌的不同，二硫化钨可分为二硫化钨纳米颗粒、二硫化钨纳米片、二硫化钨纳米线、二硫化钨纳米棒、二硫化钨纳米花、二硫化钨量子点。

5.9.3.1 新能源电池用二硫化钨纳米颗粒

二硫化钨（Tungsten Disulfide，WS_2）纳米颗粒是由钨和硫元素组成的纳米材料，具有许多有趣的性质和潜在应用。以下是一些关于二硫化钨纳米颗粒的信息以及其应用领域：纳米 WS_2 纯度：99.9%；W＝73.5～74.3wt%；纳米 WS_2 粒径：<100 纳米。

纳米 WS_2 主要用作石油催化剂，干膜润滑剂，是高性能润滑油脂的添加剂，还可以用作电池电极材料、半导体材料等，也可作为新型无机功能材料有效的催化剂，为改善全球变暖的趋势铺路。



二硫化钨润滑剂

5.9.3.2 新能源电池用二硫化钨纳米片

二硫化钨纳米片是具有纳米片状结构的二硫化钨粉末。二硫化钨作为一种过渡族金属二硫化物，是具有层状结构的半导体材料，表现出良好的半导体、金属甚至是超导特性。单层二硫化钨是一种二维的直接带隙半导体材料，二硫化钨纳米片具有一些优异的物理化学性

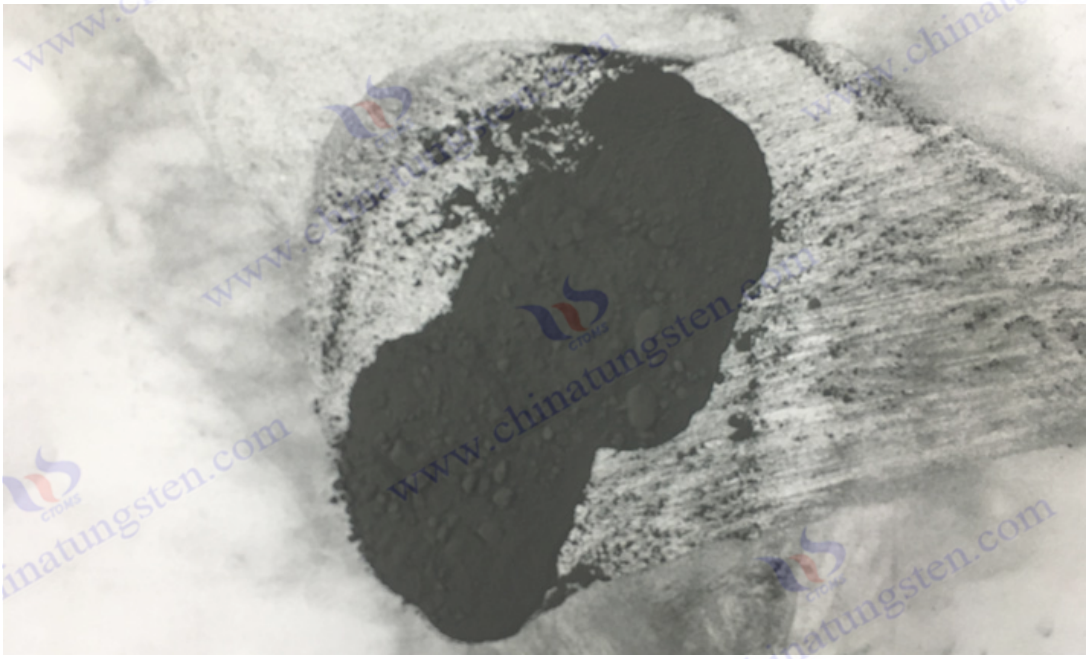
Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

质，其常见的制备方法有：直接热解法、化学气相沉积法等。

二硫化钨纳米片不仅继承了二硫化钨的润滑特性，可以用于石油工业催化剂；而且，被证明可以用于抗癌。有研究指明，二硫化钨纳米片能够抑制 αβ 聚集，同时能够有效的光热解聚已形成的 αβ 纤维聚集体，并且起到降低 Aβ 引起的细胞毒性的作用。

二硫化钨纳米片的制备可以氧化钨和硫为原料，通过球磨混合活化，在保护气氛中在 600-700℃下恒温退火 30-120 分钟，然后在保护气氛中随炉冷却至 250℃以下制得。



二硫化钨纳米片

5.9.3.3 新能源电池用二硫化钨纳米线

二硫化钨纳米线（Tungsten Disulfide Nanowires，WS_2 Nanowires）是由钨和硫元素构成的一维纳米材料，具有特殊的结构和性质。以下是关于 WS_2 纳米线的信息以及其潜在应用：

（1）结构特点：二硫化钨纳米线通常具有纤维状或细长的形态，其直径通常在几纳米到数十纳米之间，而长度则可以达到微米级别。这种一维结构使得它们在某些应用中表现出独特的性能。

（2）电子性能：二硫化钨纳米线具有优异的电子传输性能。它们可以用于制造纳米电子器件，如纳米晶体管和纳米电子线路。

（3）光学性能：由于其二维层状结构，二硫化钨纳米线也表现出出色的光学性能。它们可以用于制备光电子器件、光学增强材料和光学传感器。

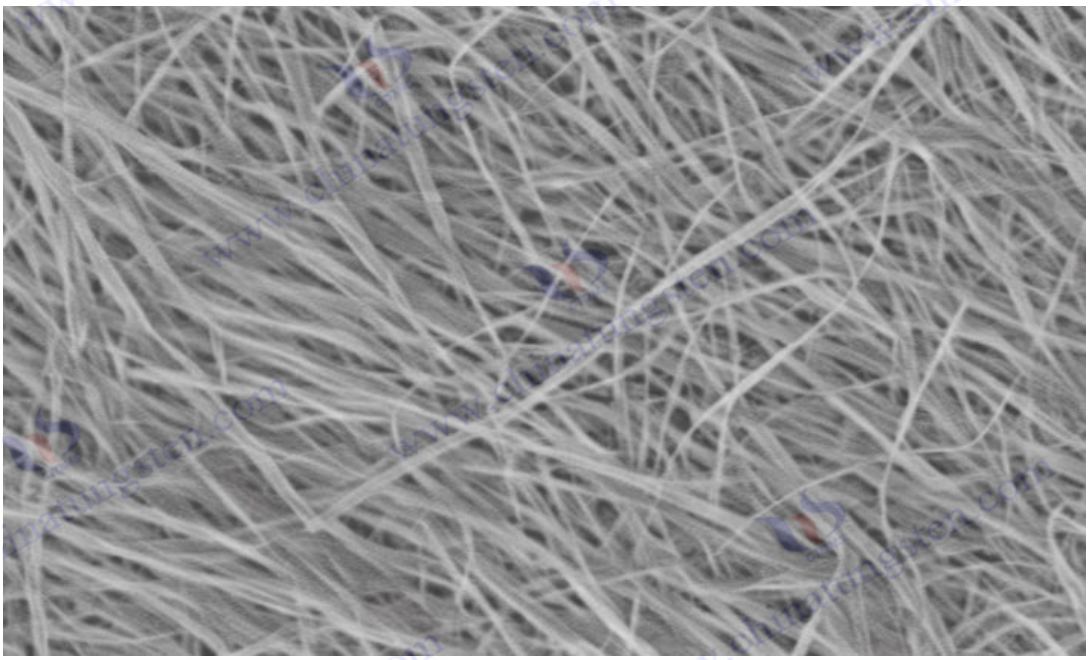
（4）催化剂：二硫化钨纳米线在催化领域具有潜在应用。它们可以作为催化剂用于氢气产生、电化学反应和其他催化反应中。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

（5）纳米机械材料：这些纳米线的高强度和柔韧性使它们在纳米机械系统中有潜在应用，如纳米机器人和纳米机械部件。

（6）能源存储：由于其高导电性和电化学性能，二硫化钨纳米线可以用作能源存储器件的电极材料，例如锂离子电池和超级电容器。

（7）传感器：由于其纳米尺度和表面敏感性，二硫化钨纳米线可以用于制备高灵敏度的传感器，如气体传感器和生物传感器。



二硫化钨纳米线

5.9.3.4 新能源电池用二硫化钨纳米棒

WS_2 是一种典型的具有层层之间发生范德华力相互作用的层状过渡金属二硫化物。纳米结构的 WS_2 具有增强催化性能、优异的光传导和优异的摩擦性能，可用于太阳能电池、场效应晶体管中。

专利号 CN104192909A 的专利介绍了二硫化钨纳米棒制备步骤：（1）配制溶液：将 $(NH_4)_2WO_4$、$CS(NH_2)_2$、$NH_2OH{\cdot}HCl$ 以及表面活性剂溶于水中，溶解得到溶液，再用酸调节溶液的 pH 值为 5～6.5；（2）将步骤（1）得到的溶液搅拌后，移入不锈钢反应釜，密封，恒温反应后，冷却至室温，得到反应产物；（3）分离上述反应产物，洗涤、干燥，得到二硫化钨纳米棒。

5.9.3.5 新能源电池用二硫化钨纳米花

当超薄的二硫化钨纳米片组装成花状结构时，更加有利于增大其比表面积，从而能大大提高储能材料的电化学性能。

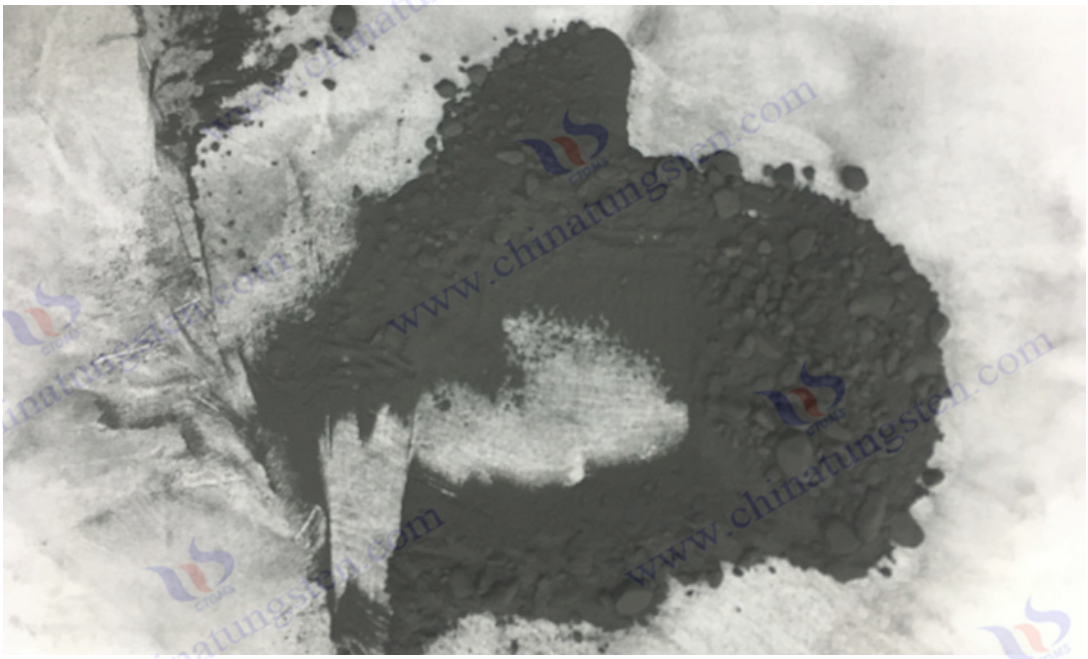
Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

一种花状二硫化钨颗粒的新制备方法的具体步骤如下：将硫粉、硫脲和三氧化钨按比例混合，再对混合粉体研磨，使粉体混合均匀，然后将研磨后粉体压制成圆片，并将圆片放入坩埚，后将坩埚推入管式炉中央位置，管式炉将以 10~12℃/min 的速度升温到 800~850℃，同时也应向管式炉中通入保护气体，在 800~850℃ 保温 30~60min，最后随炉冷却到室温，得到花状二硫化钨纳米材料。

5.9.3.6 新能源电池用二硫化钨量子点

二硫化钨量子点（WS_2 QDs）是一种由钨与硫元素组成的零维材料，具有比 WS2 纳米片更大的比表面积、更好的热稳定性、更高的理论容量、更佳的倍率性能、更优异的催化活性和荧光特性等优点。



二硫化钨

WS2 QDs 的制备步骤包括：先称取适量 WS_2 粉末，然后放入研钵里充分研磨，再加入适量的氮甲基吡咯烷酮，并进行超声，最后离心，收集上层棕色澄清溶液即 WS_2 QDs 溶液。WS_2 QDs 溶液通过旋转蒸发的方式把溶液中的溶质蒸发掉，然后将所得到的干燥物通过超声方式溶解在水中，放入冷冻干燥剂中进行冷冻干燥，得到 WS_2 QDs 粉末。该生产技术具有工艺简单，环保，成本低廉，重复性好，产品质量佳如尺寸均匀和结晶度好等特点。

硫化钨量子点可以制作锂离子电池负极材料、光电器件和超级电容器等。研究表明，WS_2 量子点因具有大量作为活性位点的边缘原子和表面缺陷，而容纳诸多的锂离子，适合制作电池负极；因具有良好的生物兼容性和荧光稳定性，而适合制作白光器件。

5.9.4 二硫化钨生产方法

以下是四种不同的二硫化钨制备方法。用不同方法制备的二硫化钨有不同的晶体结构。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

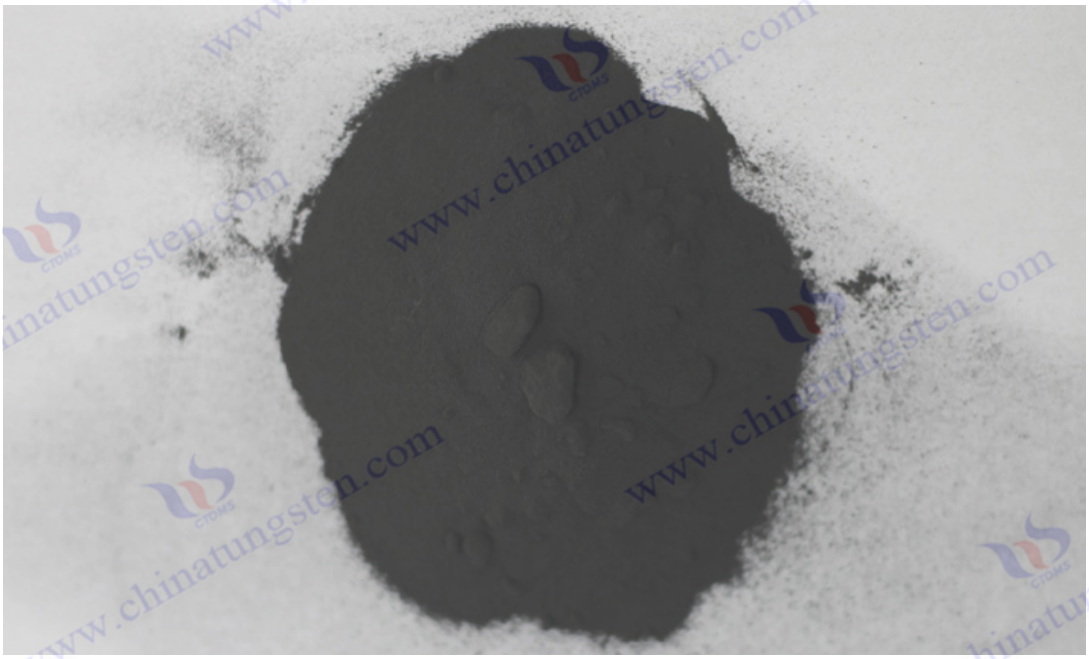
方法一：直接合成

可将钨粉和硫粉混合物在石英管中通氮气加热，于 800~900℃ 下反应；也可将此混合物先在 110-250℃ 反应，而后再在 550~650℃ 下反应，最后蒸发除去产品中的硫。后一方法可得纯度 99.9%、粒度 0.1~2μm 的二硫化钨。

室温下将硫沉积于钨触头上，加热可形成二硫化钨；用离子注入等方法，可在多种钢材表面上形成二硫化钨薄膜，用以降低其摩擦系数，延长使用寿命。

方法二：钨与硫化氢作用制成二硫化钨

在石英表面上沉积钨的薄层，置于含比 H_2S 气的炉内， 于 1000℃ 进行合成。在此高温下 ，通常以片状存在的二硫化铝的某些键合被破坏，并使薄片卷曲，形成密封的笼形结构。



二硫化钨

方法三：三氧化钨或钨酸制取二硫化钨

将三氧化钨和硫、碳酸钾的混合物于隔绝空气条件下， 在 900 ℃ 进行熔融 反应，或将钨酸、硫和炭黑混合，在反射炉内焙烧；也可以把三氧化钨置于流动的硫化氢气中，于 900~1200 'C 下反应 4 小时制得二硫化钨。

方法四：四硫代钨酸铁制取二硫化钨

四硫代钨酸铁制取二硫化钨是工业上常用的方法。该法首先使钨酸与氨水反应制得钨酸按，再通入硫化氢生成四硫代钨酸铵经焙烧得二硫化钨。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

5.9.5 二硫化钨应用

电刷中添加使用 3-5%的 WS_2 可以有效延长电刷的寿命 20%-40%；尤其适用于电动工具、家用电器用电刷，效果显著。

石墨机械密封圈中添加 5-10%的 WS_2 可以有效降低磨损率，延长寿命 30%以上。

此外，WS_2 还可以用于模具脱模剂；滚珠轴承和滚子轴承润滑剂；发动机和传动系部件；空气振动器，气动马达电连接器；断路器和开关（超级电接触材料添加剂）；电动机；压机和可调电阻；工业齿轮和轴承润滑剂；先导阀，链锯等；橡胶垫圈，O 型密封圈；卫星和飞机零件；高真空应用产品；低温泵密封圈等。



二硫化钨润滑剂

5.10 什么是二硒化钨

硒化钨（英文为 Tungsten Diselenide，分子式为 WSe_2）因晶体结构特殊，而具有较为出色的力学、电学、光学、磁学等性能，广泛应用于航天航空、军事、医疗设备等领域中。

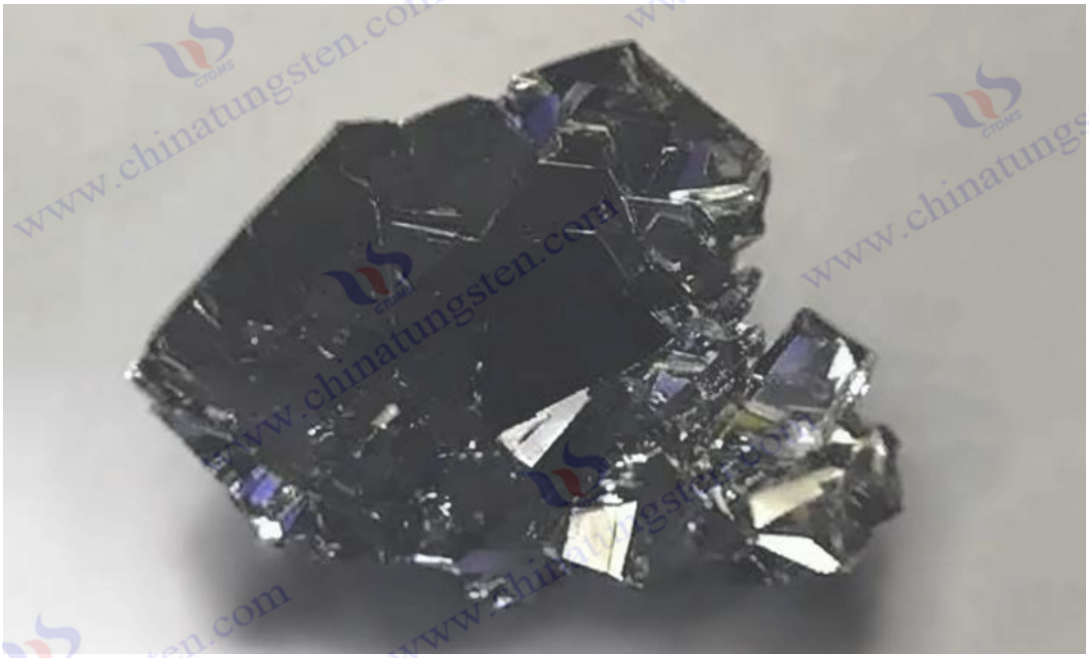
5.10.1 二硒化钨结构

二硒化钨是一种层状结构的无机化合物，具有类似于二硫化钼（MoS_2）的六角形结构，每一个钨原子都会和六个硒原子以三棱镜的配位方式键结，每一个硒原子则是以角锥状的组态和三个钨键结。钨和硒之间的键长为 2.526 Å，硒和硒之间的键长为 3.34 Å，而层与层之间是以范德华力相结合。

5.10.2 二硒化钨理化性质

Copyright© 2021 All Rights Reserved

二硒化钨是一种黑色或灰色的固体粉末，摩尔质量为 341.76g/mol，晶体为六方层状结构，密度为 9.32g/cm³，热传导性能较差。其热传导率约是热传导性能较好的钻石的十万分之一。此外，WSe_2 带隙处于宽隙半导体与零带隙石墨烯之间，具有优良的电学、光学性能以及高量子产率。



二硒化钨结构

5.10.3 二硒化钨分类

根据颗粒形貌的不同，二硒化钨可分为二硒化钨纳米颗粒、二硒化钨纳米片、二硒化钨纳米线、二硒化钨纳米棒、二硒化钨纳米花。

5.10.3.1 新能源电池用二硒化钨纳米颗粒

二硒化钨纳米颗粒（Tungsten Diselenide Nanoparticles，WSe_2 Nanoparticles）是由钨、硒元素组成的纳米材料，具有一系列有趣的性质和潜在应用。以下是关于二硒化钨纳米颗粒的信息以及其可能的应用领域：

（1）半导体性质：二硒化钨是一种半导体材料，纳米颗粒的尺寸可以影响其电子和光学性质。这使得它们在电子器件、光电子器件和传感器等领域具有应用潜力。

（2）电子器件：由于其半导体性质，二硒化钨纳米颗粒可用于制造纳米晶体管、薄膜晶体管和其他电子器件。它们在纳米电子学中有着重要作用。

（3）光电子器件：二硒化钨在光学和光电子学应用中也表现出色。纳米颗粒可以用于制造光探测器、太阳能电池和光电调制器等光电子器件。

（4）催化剂：二硒化钨纳米颗粒在催化领域具有潜在应用，可用作催化剂来促进化学反

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

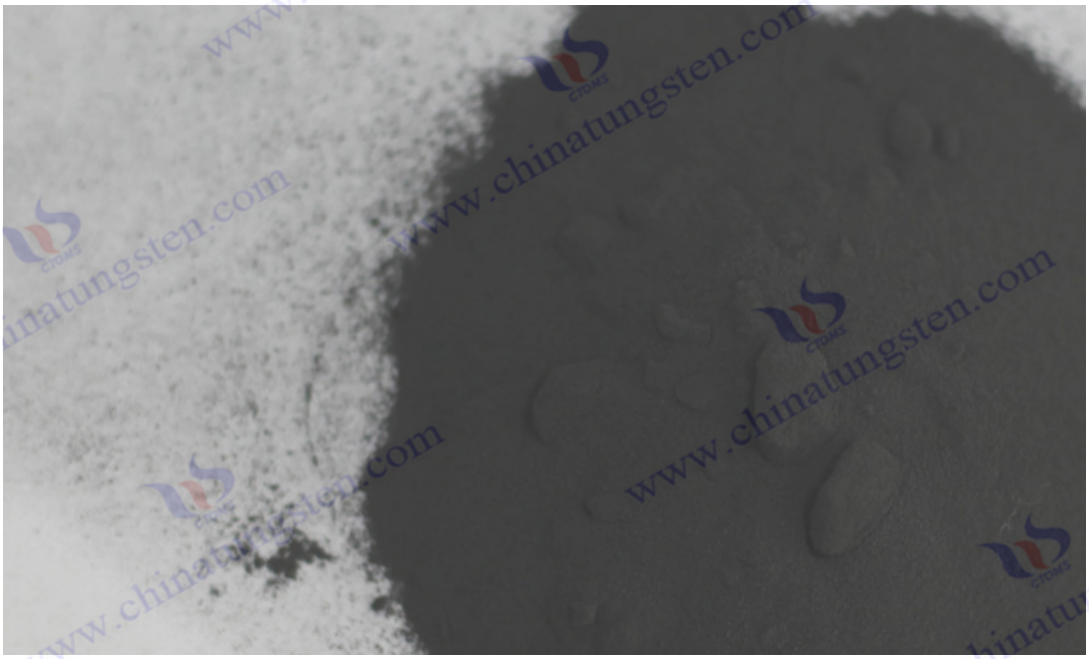
应，例如氢气产生、氧还原反应和氮气固定等。

（5）纳米复合材料：将二硒化钨纳米颗粒引入其他材料中，如聚合物、陶瓷或金属，可以改善这些材料的性能，包括电导率、机械强度和热稳定性。

（6）生物医学应用：二硒化钨纳米颗粒还在生物医学领域中引起了兴趣。它们可以用于药物输送、生物成像和生物传感器等应用。

（7）传感器：由于其高表面积和敏感性，二硒化钨纳米颗粒可以用于制备高灵敏度的传感器，用于检测气体、生物分子和环境参数。

总的来说，二硒化钨纳米颗粒是一种多功能的纳米材料，其性质和应用潜力取决于其尺寸、形状和表面性质。它们在纳米科学和纳米技术领域具有广泛的研究兴趣，预计将在电子学、光电子学、能源存储和生物医学等多个领域发挥重要作用。



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

WSe_2 具有层状结构，两个硒原子与金属钨原子分别以共价键结合，层间以较弱的范德华力结合，被用作润滑油添加剂在受到剪切力时便容易发生层间的滑动，因而起到减摩作用。

专利号 CN102092690A 的专利显示：二硒化钨纳米片的制备方法，通过采用一定摩尔比的钨粉和硒粉，混合均匀后，在氩气保护下加热反应，冷却后即得到二硒化钨纳米片，具有无机类纳米片层状结构，在基础油以及高分子复合物中具有良好的分散性能，且具有良好的摩擦性能，制备方法工艺简单、安全环保、产率高、成本低、适合大规模工业化生产。

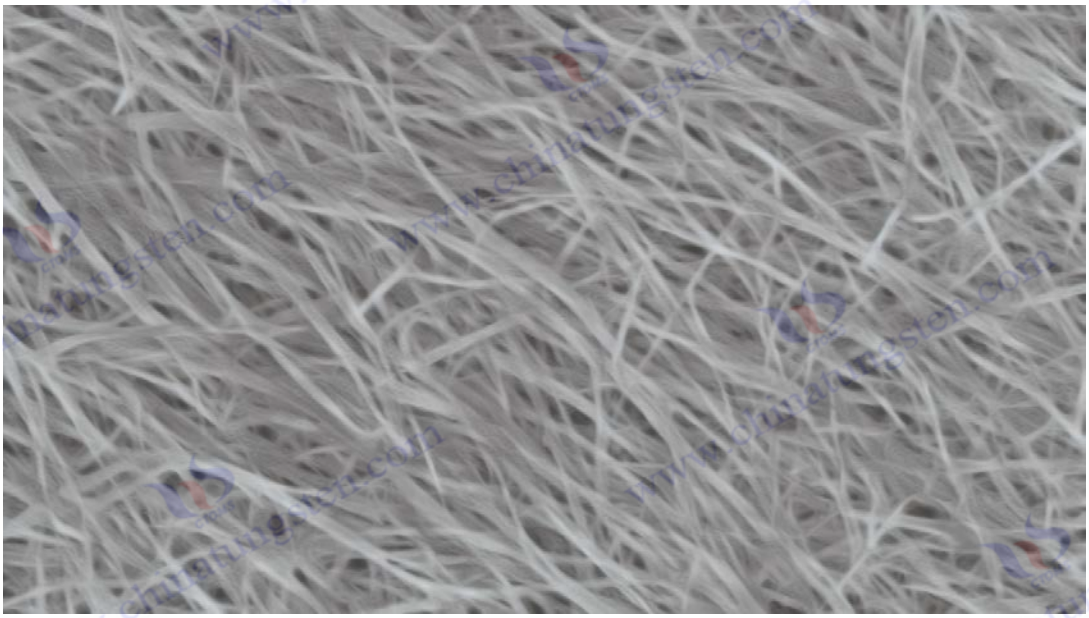
5.10.3.3 新能源电池用二硒化钨纳米线

Copyright© 2021 All Rights Reserved

二硒化钨纳米线是一种特殊的纳米材料，它是由钨原子和硒原子组成的一维纳米结构。这种材料的尺寸通常在几纳米到几十纳米之间，具有高比表面积、高活性表面和良好的导电性能等优点。

专利号 CN102849692A 的专利显示：二硒化钨纳米线的生产方法采用两步反应法，首先以 $Na_2WO_4 \cdot 2H_2O$ 和 CH_3CSNH_2 为反应溶质，以 CTAB 为络合剂，纯度为 18 兆欧以上的去离子水做反应溶剂，采用水热方法制备出 WO_2 纳米线，然后再将这种纳米线用纯度为 99.9% 以上的高纯硒（Se）硒化，获得了高取向性的二硒化钨纳米线。

二硒化钨纳米线在能源领域中有着广泛的应用，如太阳能电池板制造、电池电极材料和超级电容器等。由于其具有高导电性能和良好的光电转换性能，二硒化钨纳米线可以作为太阳能电池的光吸收剂，提高电池的光电转换效率。此外，二硒化钨纳米线还可以作为催化剂载体，用于燃料电池和光电池中以提高光电转换效率。



二硒化钨纳米线

在环境领域中，二硒化钨纳米线可以用于空气净化器制造、水处理和土壤修复等。例如，二硒化钨纳米线可以作为催化剂用于废气处理，以及作为光催化剂用于水处理中。

在医学领域中，二硒化钨纳米线可以用于药物输送、肿瘤治疗和生物成像等。由于二硒化钨纳米线具有高比表面积和良好的生物相容性，可以作为药物载体来提高药物的输送效率和生物利用度。此外，二硒化钨纳米线还可以作为基因治疗载体和光热治疗试剂等来治疗肿瘤等疾病。

在电子器件领域中，二硒化钨纳米线可以用于电子元件制造、晶体管和传感器等。由于二硒化钨纳米线具有高导电性能和良好的机械性能，可以作为电子器件的电极材料和结构材料来提高器件的性能和稳定性。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

5.10.3.4 新能源电池用二硒化钨纳米棒

二硒化钨纳米棒是一种特殊的纳米材料，它是由钨原子和硒原子组成的一维纳米结构，具有棒状形态。这种材料的尺寸通常在几纳米到几百纳米之间，具有高比表面积、高活性表面和良好的导电性能等优点。

二硒化钨纳米棒的制备方法通常包括模板法、溶剂热法、化学气相沉积法、电化学合成法等。这些方法能够控制纳米棒的尺寸、形貌和组分，从而调控其性能。

二硒化钨纳米棒在能源领域中有着广泛的应用，如太阳能电池板制造、电池电极材料和超级电容器等。由于其具有高导电性能和良好的光电转换性能，二硒化钨纳米棒可以作为太阳能电池的光吸收剂，提高电池的光电转换效率。此外，二硒化钨纳米棒还可以作为催化剂载体，用于燃料电池和光电池中以提高光电转换效率。



太阳能电池板

在环境领域中，二硒化钨纳米棒可以用于空气净化器制造、水处理和土壤修复等。例如，二硒化钨纳米棒可以作为催化剂用于废气处理，以及作为光催化剂用于水处理中。

在医学领域中，二硒化钨纳米棒可以用于药物输送、肿瘤治疗和生物成像等。由于二硒化钨纳米棒具有高比表面积和良好的生物相容性，可以作为药物载体来提高药物的输送效率和生物利用度。此外，二硒化钨纳米棒还可以作为基因治疗载体和光热治疗试剂等来治疗肿瘤等疾病。

在电子器件领域中，二硒化钨纳米棒可以用于电子元件制造、晶体管和传感器等。由于二硒化钨纳米棒具有高导电性能和良好的机械性能，可以作为电子器件的电极材料和结构材料来提高器件的性能和稳定性。

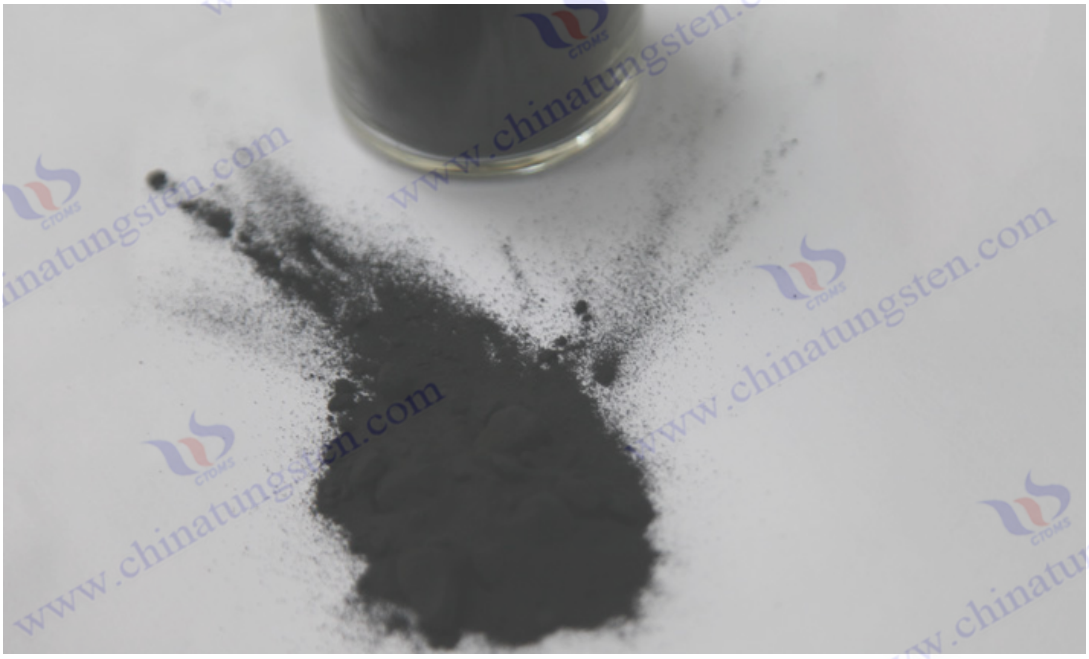
Copyright© 2021 All Rights Reserved

5.10.3.5 新能源电池用二硒化钨纳米花

专利号为 CN105967155A 的专利显示，一种二硒化钨纳米花的新生产方法，具体步骤如下：（1）将亚硒酸（H_2SeO_3，浓度为 0.0375-0.1333mol/L）溶解于有机溶剂（N，N-二甲基甲酰胺或二甲苯）中混合均匀，边搅拌边加入钨酸钠（$Na_2WO_4.2H_2O$）制得混合溶液；（2）将步骤（1）所得的混合溶液转移到反应釜中，在大约 210℃ 的条件下反应 12~48h；（3）待步骤（2）中反应釜的温度自然冷却至室温后，通过抽滤收集黑色产物，并分别用去离子水和乙醇对产物进行洗涤，真空干燥后得到 WSe_2 纳米花。

5.10.4 二硒化钨生产方法

二硒化钨的生产步骤：首先，采用磁控溅射的方法在基底上沉积不同厚度的钨薄膜，对部分钨薄膜进行退火处理，备用，然后将退火以及未退火的钨薄膜样品与一定量的硒粉经过封装放在真空石英管中；接着将封装好的样品置于管式炉中，加热，硒化，即可得到产物。相关反应方程为：$W+2Se \rightarrow WSe_2$



二硒化钨

5.10.5 二硒化钨应用

（1）二硒化钨的光电极在酸性和碱性下都很稳定，因此可以用在光电化学电池中；

（2）机械剥离的二硒化钨分子膜可以用在制造透明的光伏设备及超薄的 LED；

（3）WSe_2 单分子膜因为其性质和一般的二硒化钨不同，也有科学家在进行相关研究；

（4）奥地利维也纳科技大学（Vienna University of Technology）的研究人员们开发出由二硒化钨（Tungsten Diselenide；WSe_2）制做的二极体，根据实验显示，这种材料可被用

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

于超薄的软性太阳能电池；

（5）二硒化钨的热传导率低，能够实现系统高效的能量转换，从而提高能源的使用效率。



太阳能电池

5.11 什么是钨酸盐

钨酸盐（tungstate）是一类阴离子含钨酸根或聚钨酸根的盐，是一类金属离子、很多重金属阳离子或铵根离子（NH_4^+）与钨酸根离子（$(WO_4)^{2-}$）或聚钨酸根离子结合的化合物，常见的生产方法是将三氧化钨（WO_3）溶解于碱金属氢氧化物或碳酸盐溶液中。

5.11.1 钨酸盐结构

钨酸盐是一类包含钨元素（W）和氧元素（O）的化合物，它们的结构可以因化学组成的不同而有所变化。最常见的钨酸盐之一是钨酸钠，其化学式为 Na_2WO_4。

钨酸盐的结构通常涉及钨和氧原子的排列，形成不同的晶体结构。钨酸盐的结构可以是多种多样的，取决于其化学组成和条件。以下是钨酸盐的一些可能结构：

正交晶体结构：钨酸盐钠的晶体结构通常采用正交晶体结构，其中钨氧八面体和钠离子排列在晶体中。

单斜晶体结构：某些钨酸盐可以采用单斜晶体结构，其中钨氧八面体和其他离子（如钙离子或铵离子）组成不同的晶体结构。

钨氧八面体：钨酸盐中最基本的结构单元是钨氧八面体，其中一个钨原子位于中心，周围有六个氧原子。这些钨氧八面体可以彼此连接，形成不同的结构。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

电话/TEL：0086 592 512 9696/512 9595
传真/FAX：0086 592 512 9797
邮箱/Email:sales@chinatungsten.com

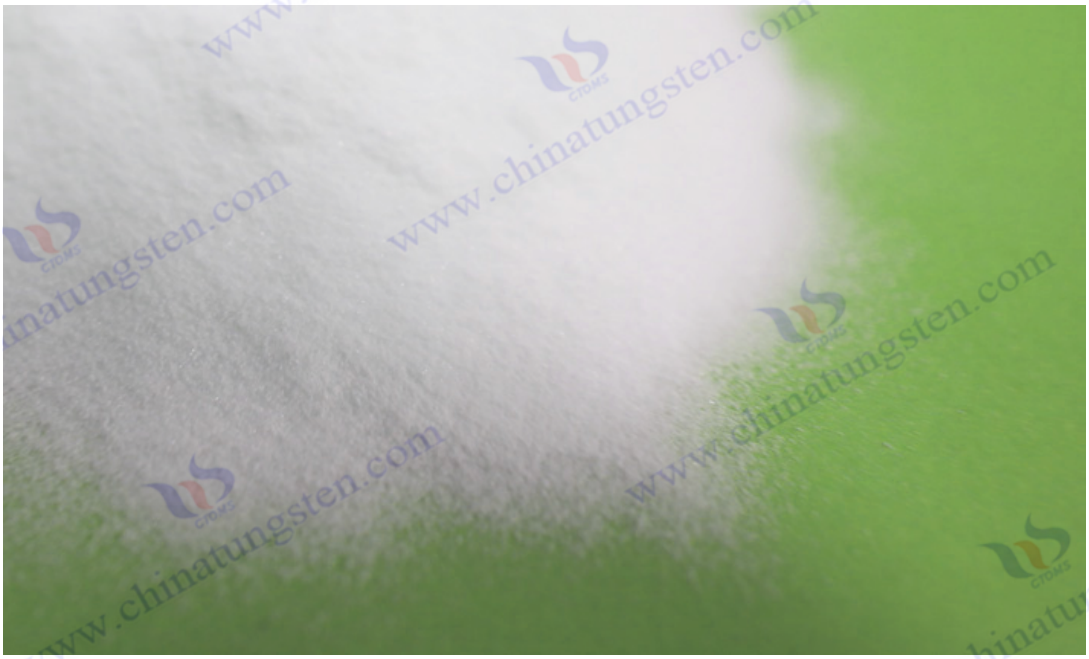
5.11.2 钨酸盐理化性质

钨酸盐是一类金属离子与钨酸根离子结合的化合物，它们的理化性质可以因化学组成的不同而有所变化。以下是一般性质，但请注意具体的性质可能因化合物的种类而异：

（1）熔点和沸点：钨酸盐通常具有高熔点和沸点，这是由于钨的高熔点（3,422 摄氏度）的影响。不同的钨酸盐可能具有不同的熔点和沸点，取决于其化学组成。

（2）溶解性：钨酸盐在水中通常具有良好的溶解性，尤其是碱性钨酸盐如钨酸钠。然而，一些特定的钨酸盐可能在其他溶剂中也具有一定的溶解性。

（3）酸碱性质：钨酸盐在水中呈现碱性，因为钨酸（H_2WO_4）是一种弱酸，它可以释放氢离子（H^+）并形成钨酸盐。这使得钨酸盐在酸性条件下可以发生中和反应。



钨酸铵

（4）密度：钨酸盐的密度因其化学组成而异，但通常较高，因为钨本身是一种密度较大的金属。

（5）颜色：不同的钨酸盐可以具有不同的颜色，这取决于其中的离子和配位结构。例如，钨酸盐钠通常是白色的，而一些其他钨酸盐可能具有不同的颜色。

（6）化学反应：钨酸盐在一些化学反应中可以起到催化剂的作用。例如，钨酸铵（ammonium paratungstate）可以用作分离和纯化钨的前体化合物。

5.11.3 钨酸盐分类

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

根据阳离子的不同，钨酸盐可以分为钨酸钠（Na_2WO_4）、钨酸锌（$ZnWO_4$）钨酸钴（$CoWO_4$）等，它们在物理化学性质和用途等方面上都存在一定的区别。

5.11.3.1 新能源电池用钨酸钠

钨酸钠（Sodium Tungstate Dihydrate）是一种无色或白色结晶粉末，一般以二水合物（$Na_2WO_4•2H_2O$）的形式存在，分子式为 Na_2WO_4，分子量 329.86，CSA 登录号为 10213-10-2，MDL 号 MFCD00003505，EINECS 号 231-143-9。

中钨在线钨酸钠成分表

WO_3 含量(wt%≥min)			68.00			
水不溶物			0.05			
pH 值			7.5~9.5			
杂质	Mo	As	Cu	Al	Fe	Si
%MAX	0.80	0.05	0.005	0.0025	0.02	0.04

钨酸钠是无色或白色结晶粉末，密度为 3.25g/cm³，沸点为 5660℃，熔点 698℃，分子量为 183.84，精确质量为 183.951。它化学性质为在 0℃水中溶解度为 57.5g/100mL（H_2O），在 100℃水中溶解度为 95.9g/100mL（H_2O），不溶于乙醇。



钨酸钠

钨酸钠用途：（1）用于媒染剂、分析试剂、催化剂、水处理药剂，制造防火、防水材料，以及磷钨酸盐、硼钨酸盐等。（2）用于制造金属钨、钨酸、钨酸盐等。（3）用于媒染剂、颜料、染料、油墨。（4）纺织工用作织物加重剂，本品用作织物助剂，由钨酸钠、硫酸铵磷酸铵等组成的混合物用于纤维的防火和防水。此种纤维可制作防火人造丝和人造棉。亦可用于皮革鞣制。（5）用于电镀镀层防腐。（6）用作助溶剂引入瓷釉色料能起降低烧

Copyright© 2021 All Rights Reserved

成温度和补色作用。（7）用于石油工业及航空、航天材料的制造。（8）用于分析化学实验中做指示剂。（9）用于锂电池电极材料的添加剂。

5.11.1.2 新能源电池用钨酸锌

钨酸锌又称为氧化钨锌，是由两种过渡金属元素和氧元素组成的一种化合物，是由钨、锌和氧三种元素组成的一种钨酸盐，是由正二价锌离子（Zn^{2+}）和钨酸根离子[$(WO_4)^{2-}$]组成的一种共价化合物，为黑钨矿结构，英文名为 tungsten zinc，化学式 $ZnWO_4$，分子量 313.22，CAS 登录号为 13597-56-3。

钨酸锌为白色粉末，常温常压下稳定。它在自然界以和铁共生的钨锌矿的形式存在。它可由氯化锌或硝酸锌和钨酸钠在水溶液中反应得到。反应方程式：$Na_2WO_4 + ZnCl_2 \quad ZnWO_4 \downarrow +2NaCl$



钨酸锌

从物理化学性质上来看，$ZnWO_4$ 是一种白色并带有一定刺激性的粉末，纯度为 99.9%，密度为 7.41g/cm³，熔点为 1220°C，不溶水，具有宽禁带、高激发能、高紫外光响应、高催化活性、短辐射长度、强抗辐射损伤性能等特点。

$ZnWO_4$ 的制备方法包括。其中，将硝酸锌和聚乙烯吡咯烷酮（PVP）或者 PVP 和 SDBS（十二烷基苯磺酸钠）混合表面活性剂加入水中，搅拌均匀；然后将钨酸钠加入到上述溶液中，搅拌均匀；接着再将混合液被转移到高压釜中，加水直至釜的总体积的 80%；最后进行加热反应，待反应结束后自然降温，再用去离子水和无水乙醇各洗涤产物，后烘干即可。

钨酸锌可以作为闪烁材料，用于 X 射线断层扫描仪、安全检查设备等技术领域中；可以作为半导体型的催化剂，用于卤化苯衍生物和水污染物的降解。

Copyright© 2021 All Rights Reserved

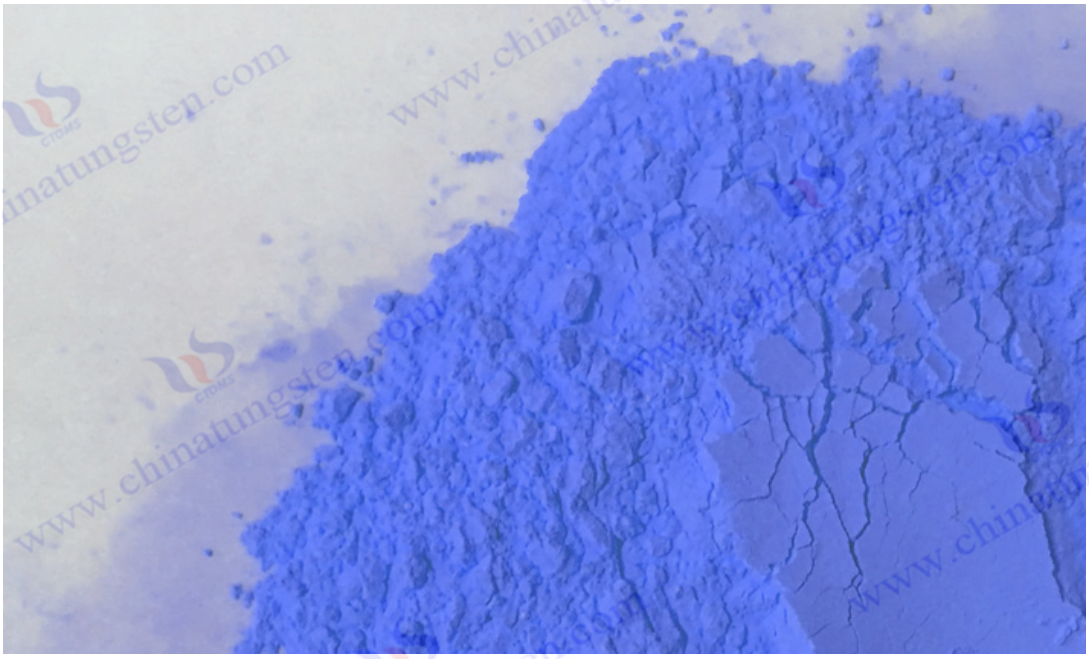
5.11.1.3 新能源电池用钨酸钴

钨酸钴是过渡金属钨的一种典型化合物，是钨的一种中间产物，是由正二价钴离子（Co^{2+}）与钨酸根离子[$(WO_4)^{2-}$]组成的一种钨酸盐，英文名为 Cobalt(Ⅱ) tungstate，化学式为 $CoWO_4$，摩尔质量 306.77g/mol，CAS 号为 12640-47-0。它在自然界中以 Krasnoselskite 的矿物形式存在，具有钨锰铁矿结构。

$CoWO_4$ 的外观为蓝色粉末状，具有钨锰铁矿结构，密度 7.8g/cm³，在中性溶液中可稳定存在，易被碳酸盐分解。注意：钨锰铁矿有单斜晶系和斜方柱晶系两种，晶体形态呈板状或柱状，集合体多为板状。

钨酸钴可以通过钨酸钠和硫酸钴的反应得到：$Na_2WO_4+CoSO_4 \rightarrow CoWO_4\downarrow+Na_2SO_4$

钨酸钴可以作抗爆添加剂、颜料添加剂、催化剂、微波介电陶瓷和光阳极材料等。扩展资料：微波介质陶瓷用作谐振器、滤波器、介质天线等，广泛应移动电话、电视卫星接收器、雷达、无线电遥控等微波技术领域。光阳极材料主要是用于光电化学催化领域，可以将太阳能直接转化为化学能。



钨酸钴

5.11.4 钨酸盐生产方法

钨酸盐的制备是将三氧化钨溶解于碱金属氢氧化物或碳酸盐溶液，可制得碱金属钨酸盐；将其他金属盐与碱金属钨酸盐进行复分解反应，可制得相应金属的钨酸盐；若将三氧化钨与金属氧化物或碳酸盐熔融，或将金属氯化物与钨酸盐熔融，也可制得相应的钨酸盐。

5.11.5 钨酸盐应用

Copyright© 2021 All Rights Reserved

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

钨酸盐通常具有特定的晶体结构，如白钨矿型和黑钨矿型，在陶瓷材料、催化剂、颜料、防腐剂等领域中有广泛的应用。

（1）钨的提取和精炼：钨酸盐是从钨矿石中提取和精炼钨金属的重要前体化合物。通过一系列化学反应，钨酸盐可以转化为氧化钨，然后进一步还原为纯度较高的钨金属。钨金属在工具制造、电子元件、航空航天和其他领域中具有广泛应用。

（2）催化剂：钨酸盐被用作催化剂的一种。其中一种常见的催化剂是钨酸铵，它在石油化工和化学生产中用于催化反应，如脱氮、氧化和加氢反应。

（3）电子材料：钨酸盐被用于制备电子材料，例如，它们可以用于制造高温超导体和电子元件，如场发射器和电子显微镜中的阴极。

（4）涂料和陶瓷：由于其高温稳定性和耐腐蚀性，钨酸盐被用于制备高温涂料和陶瓷材料。这些材料可以用于炉具、炉衬、电子元件绝缘体和其他高温应用。

（5）化学分析：钨酸盐可以用于分析化学中的钨含量。

（6）颜料：一些钨酸盐可以用作颜料，用于油漆、墨水和陶瓷的着色。

（7）辅助材料：钨酸盐还可以用作其他材料的添加剂，以改善其性能，例如，在电池中用作电解质或半导体材料的添加剂。

总之，钨酸盐是多功能的化合物，其应用涵盖了多个领域，从提取和精炼钨金属到催化、电子材料制备以及高温稳定性材料的制备等。这些应用使得钨酸盐在工业和科学研究中具有重要地位。



钨酸铵

Copyright© 2021 All Rights Reserved