

钨铜棒百科全书

中钨智造科技有限公司
CTIA GROUP LTD

中钨智造® | 硬科技·智未来
全球钨钼稀土产业数字化智能化服务领航者

[版权与免责声明](#)

中钨智造简介

中钨智造科技有限公司（简称“中钨智造”CTIA GROUP）是中钨在线科技有限公司（简称“中钨在线”CHINATUNGSTEN ONLINE）设立的具有独立法人资格的子公司，致力于在互联网时代推动钨钼材料的智能化、集成化和柔性化设计与制造。中钨在线成立于1997年，以中国首个顶级钨制品网站 www.chinatungsten.com 为起点，系国内首家专注钨、钼及稀土行业的电子商务公司。依托近三十年在钨钼领域的深厚积累，中钨智造传承母公司卓越的设计制造能力、优质服务及全球商业信誉，成为钨化学品、金属钨、硬质合金、高比重合金、钼及钼合金领域的综合应用解决方案服务商。

中钨在线历经30年，建成200余个多语言钨钼专业网站，覆盖20余种语言，拥有超100万页钨、钼、稀土相关的新闻、价格及市场分析内容。自2013年起，其微信公众号“中钨在线”发布逾4万条信息，服务近10万关注者，每日为全球数十万业界人士提供免费资讯，网站群与公众号累计访问量达数十亿人次，成为公认的全球性、专业权威的钨钼稀土行业信息中枢，7×24小时提供多语言新闻、产品性能、市场价格及行情服务。

中钨智造承接中钨在线的技术与经验，聚焦客户个性化需求，运用AI技术与客户协同设计并生产符合特定化学成分及物理性能（如粒度、密度、硬度、强度、尺寸及公差）的钨钼制品，提供从开模、试制到精加工、包装、物流的全流程集成服务。30年来，中钨在线已为全球超13万家客户提供50余万种钨钼制品的研发、设计与生产服务，奠定了客制化、柔性化与智能化的制造基础。中钨智造以此为依托，进一步深化工业互联网时代钨钼材料的智能制造与集成创新。

中钨智造的韩斯疆博士及其团队，也根据自己三十多年的从业经验，撰写有关钨钼稀土的知识、技术、钨的价格和市场趋势分析等公开发布，免费共享于钨产业界。韩斯疆博士自1990年代起投身钨钼制品电子商务、国际贸易及硬质合金、高比重合金的设计与制造，拥有逾30年经验，是国内外知名的钨钼制品专家。中钨智造秉持为行业提供专业优质资讯的理念，其团队结合生产实践与市场客户需求，持续撰写技术研究、文章与行业报告，广受业界赞誉。这些成果为中钨智造的技术创新、产品推广及行业交流提供坚实支撑，推动其成为全球钨钼制品制造与信息服务的引领者。



版权与法律责任声明

中钨智造科技有限公司
钨铜棒产品介绍

一、钨铜棒概述

钨铜棒是一种由高纯度钨粉与铜通过真空熔渗工艺制备的复合材料。其具有独特的微观结构，并结合了钨的高强度、高熔点与铜的高导电性、高导热性，形成兼具热稳定性、耐磨性和导电性的高性能材料。

二、钨铜棒特性

高导热性：铜的高热导率确保快速散热，适合高功率器件和激光系统。

高强度与耐高温：钨的高熔点和稳定力学性能，使材料在高温极限工况下依然可靠。

耐电弧侵蚀：钨铜复合结构在电气应用中抗电弧烧蚀性能优异，延长电极寿命。

低热膨胀系数：有效降低热应力，提高结构稳定性。

优异加工性能：可精密加工成电极、散热基板或复杂零件，满足多样化需求。

三、钨铜棒性能参数

产品名称	化学成分%			物理机械性能			
	Cu	杂质总和≤	W	密度 (g/cm ³)	硬度 (HB)	电阻率 (MΩ·cm)	抗拉强度 (MPa)
钨铜(50)	50±2.0	0.5	余量	11.85	115	3.2	—
钨铜(55)	45±2.0	0.5	余量	12.3	125	3.5	—
钨铜(60)	40±2.0	0.5	余量	12.75	140	3.7	—
钨铜(65)	35±2.0	0.5	余量	13.3	155	3.9	—
钨铜(70)	30±2.0	0.5	余量	13.8	175	4.1	790
钨铜(75)	25±2.0	0.5	余量	14.5	195	4.5	885
钨铜(80)	20±2.0	0.5	余量	15.15	220	5	980
钨铜(85)	15±2.0	0.5	余量	15.9	240	5.7	1080
钨铜(90)	10±2.0	0.5	余量	16.75	260	6.5	1160

四、钨铜棒产品优势

高性能组合：兼顾强度、导电性、导热性与耐高温性

定制化服务：可按客户需求调整钨铜比例与尺寸

长寿命与稳定性：显著降低维护和更换成本

五、采购信息

邮箱: sales@chinatungsten.com

电话: +86 592 5129595; 592 5129696

更多钨铜棒资讯, 请访问中钨在线网站 (www.tungsten-copper.com)。

更多市场与实时资讯, 请扫描左侧二维码关注微信公众号“中钨在线”。



版权与免责声明

目录

第一章 钨铜棒概述

- 1.1 钨铜棒的定义与基本概念
- 1.2 钨铜复合材料的发展历史与技术演进
- 1.3 钨铜棒在材料体系中的地位与作用
- 1.4 国内外钨铜材料的研究与应用现状

第二章 钨铜棒的主要种类

- 2.1 按钨铜比例分类
 - 2.1.1 W-Cu 50/50 型钨铜棒
 - 2.1.2 W-Cu 70/30 型钨铜棒
 - 2.1.3 W-Cu 75/25 型钨铜棒
 - 2.1.4 W-Cu 80/20 型钨铜棒
 - 2.1.5 W-Cu 85/15 型钨铜棒
 - 2.1.6 W-Cu 90/10 型钨铜棒
 - 2.1.7 特殊比例钨铜棒
- 2.2 按应用领域分类
 - 2.2.1 电气与电子用钨铜棒
 - 2.2.1.1 高压开关与电弧触头
 - 2.2.1.2 放电电极与火花塞电极
 - 2.2.1.3 半导体封装与导电连接件
 - 2.2.2 散热与热管理用钨铜棒
 - 2.2.2.1 微电子与集成电路热沉
 - 2.2.2.2 激光器与高功率器件散热基板
 - 2.2.2.3 航空航天散热组件
 - 2.2.3 军工与航天用钨铜棒
 - 2.2.3.1 电磁炮与防护装甲材料
 - 2.2.3.2 高能武器用电极与部件
 - 2.2.3.3 火箭喷管与推进系统元件
 - 2.2.4 机械与模具工业用钨铜棒
 - 2.2.4.1 电火花加工（EDM）电极
 - 2.2.4.2 冲压模具与耐磨部件
 - 2.2.5 医疗与科研应用钨铜棒
 - 2.2.5.1 医疗电极与特殊探针
 - 2.2.5.2 高能物理实验与核工业应用

第三章 钨铜棒的制备与生产工艺

- 3.1 原材料准备
 - 3.1.1 钨粉的制备与质量要求
 - 3.1.2 电解铜的制备与特性
 - 3.1.3 钨粉粒度、形貌与纯度对工艺的影响

版权与免责声明

- 3.2 钨基预制体的成形工艺
 - 3.2.1 压制成形（单轴压制、等静压）
 - 3.2.2 烧结致密化（真空或氢气气氛）
 - 3.2.3 预制体的孔隙率与连通性控制
- 3.3 真空熔渗工艺
 - 3.3.1 真空熔渗的基本原理
 - 3.3.2 熔渗炉结构与工作原理
 - 3.3.3 渗铜温度、真空度与渗透动力学
 - 3.3.4 熔渗过程中的界面反应与组织演变
 - 3.3.5 熔渗均匀性与质量控制
- 3.4 后处理与机械加工
 - 3.4.1 热处理与应力消除
 - 3.4.2 精密机械加工与尺寸控制
 - 3.4.3 表面修饰与涂层技术
- 3.5 新型工艺探索
 - 3.5.1 纳米钨铜预制体与超细渗铜技术
 - 3.5.2 真空熔渗与增材制造的结合
 - 3.5.3 高均匀性与低孔隙率优化工艺

第四章 钨铜棒的物理与化学特性

- 4.1 钨铜棒的基本物理性质
 - 4.1.1 钨铜棒的密度与比重
 - 4.1.2 钨铜棒的熔点与热稳定性
 - 4.1.3 钨铜棒的热膨胀系数与热导率
 - 4.1.4 钨铜棒的电导率与电阻率
- 4.2 钨铜棒的力学性能
 - 4.2.1 钨铜棒的硬度与强度
 - 4.2.2 钨铜棒的延展性与韧性
 - 4.2.3 钨铜棒的耐磨性与抗冲击性能
- 4.3 钨铜棒的化学性质
 - 4.3.1 钨铜棒的氧化与耐腐蚀性能
 - 4.3.2 钨铜棒的高温化学稳定性
 - 4.3.3 钨铜棒的与其他金属的相容性
- 4.4 钨铜棒的微观结构与组织特征
 - 4.4.1 钨铜棒的晶体结构与相组成
 - 4.4.2 钨相与铜相的分布特征
 - 4.4.3 界面结合机理与显微组织分析
- 4.5 中钨智造钨铜棒 MSDS

第五章 钨铜棒的主要应用领域

- 5.1 电气与电子领域
- 5.2 航空航天与国防工业

- 5.3 机械与模具工业
- 5.4 热管理与散热器件
- 5.5 其他应用领域

第六章 钨铜棒的生产设备与工艺控制

- 6.1 粉末制备与成形设备
- 6.2 真空烧结与预制体制备设备
- 6.3 真空熔渗设备（核心）
- 6.4 后处理与机械加工设备
- 6.5 检测与质量控制设备

第七章 钨铜棒的质量检测与评价方法

- 7.1 钨铜棒的外观与尺寸检测
- 7.2 钨铜棒的物理性能测试
- 7.3 钨铜棒的力学性能测试
- 7.4 钨铜棒的化学性能检测
- 7.5 钨铜棒的显微组织与结构分析
- 7.6 国际常用检测标准与方法对比

第八章 钨铜棒的标准与规范

- 8.1 钨铜棒的中国国家与行业标准
- 8.2 钨铜棒的国际标准（ISO、ASTM、IEC 等）
- 8.3 钨铜棒的美国标准（ASTM、ANSI、SAE）
- 8.4 钨铜棒的欧洲标准（EN、DIN、BS）
- 8.5 钨铜棒的日本标准（JIS）
- 8.6 钨铜棒标准对比与适用性分析

第九章 钨铜棒的性能优化

- 9.1 合金比例对性能的影响
 - 9.1.1 钨铜比例与导电导热性能
 - 9.1.2 钨铜比例与机械性能
 - 9.1.3 钨铜比例与热膨胀系数
 - 9.1.4 优化策略
- 9.2 热处理与性能增强
 - 9.2.1 退火处理
 - 9.2.2 固溶处理与时效处理
 - 9.2.3 热等静压（HIP）
 - 9.2.4 注意事项
- 9.3 微观结构与性能的关系
 - 9.3.1 钨颗粒尺寸与分布
 - 9.3.2 微观结构与性能的关系
 - 9.3.3 界面结合状态

- 9.3.4 微观结构分析技术
- 9.4 耐磨与耐腐蚀性能优化
 - 9.4.1 耐磨性能优化
 - 9.4.2 耐腐蚀性能优化
 - 9.4.3 综合优化案例
 - 9.4.4 注意事项

第十章 钨铜棒的选购与使用指南

- 10.1 如何选择适合的钨铜棒
 - 10.1.1 明确应用场景与性能需求
 - 10.1.2 了解钨铜棒的规格与标准
 - 10.1.3 评估供应商的可靠性
 - 10.1.4 定制化需求
 - 10.1.5 成本与性能平衡
 - 10.1.6 选购流程建议
- 10.2 储存与运输注意事项
 - 10.2.1 储存环境
 - 10.2.2 包装要求
 - 10.2.3 运输注意事项
 - 10.2.4 特殊场景的储存与运输
- 10.3 使用过程中的维护与保养
 - 10.3.1 加工过程中的维护
 - 10.3.2 运行过程中的保养
 - 10.3.3 储存与再利用
 - 10.3.4 维护记录
- 10.4 常见问题与解决方案
 - 10.4.1 表面氧化
 - 10.4.2 电弧烧蚀
 - 10.4.3 加工裂纹
 - 10.4.4 导电性下降
 - 10.4.5 热膨胀失配
 - 10.4.6 储存变形
 - 10.4.7 案例分析

第十一章 钨铜棒的市场与发展趋势

- 11.1 全球钨铜材料产业链概况
- 11.2 市场需求结构与应用份额分析
- 11.3 钨铜棒的未来发展趋势
 - 11.3.1 高性能化与纳米化
 - 11.3.2 绿色制备与可持续发展
 - 11.3.3 新兴应用方向

附录

A. 术语表

B. 参考文献



第一章 钨铜棒概述

1.1 钨铜棒的定义与基本概念

钨铜棒是一种由钨（W）和铜（Cu）组成的金属基复合材料，通常以钨为基体，铜作为次要成分，通过特定的工艺制备而成。钨铜棒的含铜量通常在 10%至 50%之间，具体比例根据应用需求而定。这种材料结合了钨的高熔点、高硬度、高密度和耐磨性以及铜的优异导电性和导热性，形成了独特的物理和化学性能。由于钨和铜的熔点差异显著（钨的熔点约为 3410℃，铜的熔点约为 1083℃）且两者互不相溶，钨铜棒无法通过传统的熔铸方法生产，而通常采用粉末冶金技术，包括混合、压制、烧结和渗铜等工艺步骤。

钨铜棒的基本特性包括：

高导电导热性：铜的高导电性和导热性赋予钨铜棒优异的电热传导能力，使其在电气和电子领域应用广泛。

耐高温性：钨的高熔点和高温强度使钨铜棒在极端高温环境下仍能保持结构稳定，特别是在 3000℃以上，铜会液化蒸发，吸收大量热量，降低材料表面温度，因此钨铜棒也被称为“金属发汗材料”。

低热膨胀系数：钨的低热膨胀特性使钨铜棒在高温环境下具有较好的尺寸稳定性。

高硬度和耐磨性：钨的高硬度和耐磨性赋予钨铜棒优异的机械性能，适用于制造耐磨零件和模具。

良好的断弧性能：钨铜棒在高压电弧环境中表现出色，适合用作电接触材料和电极。

钨铜棒的典型制备工艺包括粉末冶金法、热等静压法和熔渗法等。其中，粉末冶金法是将高纯钨粉和高纯铜粉按一定比例混合，经静压成型、高温烧结和渗铜工艺制成。这种方法能够确保材料内部组织的均匀性，同时优化其导电、导热和机械性能。

1.2 钨铜复合材料的发展历史与技术演进

钨铜复合材料的发展始于 20 世纪初，随着工业对高性能材料需求的增加，钨铜合金逐渐受到关注。以下是其发展历史与技术演进的主要阶段：

1.2.1 早期探索（20 世纪初至 1950 年代）

钨铜复合材料的研发起源于对高性能电接触材料的需求。20 世纪初，电力工业和电子工业的快速发展对具有高导电性和耐高温性的材料提出了更高要求。由于单一金属无法同时满足这些需求，科学家开始探索钨和铜的复合材料。早期的钨铜材料主要通过机械混合钨粉和铜粉后进行压制和烧结制备，但由于工艺技术限制，材料的均匀性和性能稳定性较差。

1.2.2 粉末冶金技术的成熟（1950 年代至 1980 年代）

20 世纪中期，粉末冶金技术的进步为钨铜复合材料的发展提供了技术支持。研究人员优化了钨粉和铜粉的混合比例、颗粒尺寸和烧结工艺，显著提高了材料的导电性和机械性能。渗铜工艺的引入进一步改善了钨铜复合材料的致密性和性能均匀性。这一时期，钨铜材料开始应用于电接触器、电阻焊电极和航空航天部件。

版权与免责声明

1.2.3 新工艺的引入（1980年代至2000年代）

随着材料科学的发展，热等静压法、等离子烧结法和激光烧结等新型制备工艺被引入钨铜复合材料的制造中。这些技术显著提高了材料的密度和性能一致性。例如，热等静压法通过高温高压下压制钨铜粉末，能够生产出高致密度的钨铜棒，适用于高精度电子封装和航空航天领域。此外，纳米技术的应用使钨粉和铜粉的颗粒尺寸进一步缩小，改善了材料的微观结构和性能。

1.2.4 现代技术与多元化应用（2000年代至今）

21世纪以来，钨铜复合材料的研究和应用进入了一个新阶段。随着先进制造技术（如增材制造和微纳加工）的兴起，钨铜棒的性能进一步优化，应用领域也更加广泛。例如，3D打印技术的引入使得钨铜复合材料能够制备复杂形状的部件，满足航空航天和核工业的特殊需求。此外，针对不同应用场景，研究人员开发了不同钨铜比例的合金体系，例如高钨含量（70%–90%）用于高硬度和耐磨性要求高的场合，低钨含量（50%–70%）用于需要更高导电性的场景。

1.2.5 未来发展趋势

未来，钨铜复合材料的发展将聚焦于以下几个方面：

绿色制造：开发低能耗、低污染的制备工艺，如冷喷涂技术和绿色粉末冶金技术。

性能优化：通过掺杂稀土元素或其他微量元素，进一步提升钨铜材料的力学性能和电热性能。

智能化应用：结合智能制造技术，开发具有自适应性能的钨铜复合材料，满足下一代电子器件和能源设备的需求。

1.3 钨铜棒在材料体系中的地位与作用

在现代材料体系中，钨铜棒作为一种高性能复合材料，占据了重要地位。其独特的性能组合使其在多个高技术领域中不可或缺，主要作用包括：

1.3.1 电气与电子领域

钨铜棒因其优异的导电性和耐磨性，广泛用于制造电接触材料、电阻焊电极和电子封装材料。例如，在高压开关设备中，钨铜棒用作电触头，能够承受高电压和电弧的冲击，保证设备的稳定性和耐久性。在电子封装领域，钨铜棒的低热膨胀系数和高导热性使其成为半导体器件散热基板的理想材料。

1.3.2 航空航天与国防工业

钨铜棒的高温强度和耐磨性使其在航空航天领域具有重要应用。例如，在航空发动机和航天器中，钨铜棒用于制造高温导热元件和耐磨部件，能够在极端环境下保持性能稳定。此外，钨铜棒的高密度特性使其在国防工业中用于制造穿甲弹芯和配重部件。

1.3.3 机械加工与模具制造

钨铜棒的耐磨性和导热性使其成为制造切削工具、冲压模具和压铸模具的理想材料。例如，在铝合金压铸模具中，钨铜棒用作芯棒和喷嘴，能够显著延长模具的使用寿命并提高产品质量。

1.3.4 核工业与能源领域

在核聚变反应堆中，钨铜棒作为偏滤器热沉材料，能够承受高温高压环境下的热负荷和粒子轰击。此外，钨铜棒还用于制造热导管和散热部件，提高核电设备和高温工业炉的效率和寿命。

1.3.5 其他领域

钨铜棒还广泛应用于摩擦材料（如刹车片）、化工设备（如耐腐蚀导热元件）和医疗设备（如辐射屏蔽部件）。其多功能性和高性能使其在材料体系中具有不可替代的地位。

1.4 国内外钨铜材料的研究与应用现状

1.4.1 国内研究与应用现状

中国是全球钨资源最丰富的国家，钨铜材料的研究和生产具有显著优势。近年来，国内科研机构和企业钨铜复合材料领域取得了重要进展：

研究进展：国内高校和研究机构（如清华大学、中南大学和中科院金属研究所）在钨铜材料的制备工艺、性能优化和微观结构分析方面开展了深入研究。例如，通过掺杂稀土元素（如镧、铈）改善钨铜材料的力学性能和抗氧化性。此外，新型制备技术（如等离子烧结和微波烧结）显著提高了钨铜棒的致密性和性能均匀性。

应用现状：国内钨铜棒广泛应用于电力、电子、航空航天和机械加工领域。例如，高性能钨铜棒被用于电接触材料、电阻焊电极和电子封装基板。国内还开发了多种钨铜合金牌号（如WCu10、WCu20、WCu30），满足不同应用需求。

产业优势：中国拥有完整的钨产业链，从钨矿开采到钨铜棒生产，形成了较强的产业竞争力。

1.4.2 国外研究与应用现状

国外在钨铜材料的研究和应用方面起步较早，特别是在欧美和日本，相关技术较为成熟：

研究进展：美国、日本和德国在钨铜复合材料的制备工艺和性能优化方面处于领先地位。例如，美国的CBMM公司开发了高性能钨铜棒，用于航空航天和国防领域。日本通过纳米技术和精密烧结工艺，生产出高致密度的钨铜材料，广泛应用于半导体封装。德国的研究机构则专注于钨铜材料在核聚变领域的应用，开发了适用于偏滤器热沉的钨铜复合材料。

应用现状：国外钨铜棒主要应用于高精度电子器件、航空航天部件和核工业设备。例如，美国的钨铜棒被用于制造卫星散热器和导弹部件，日本的钨铜材料则用于高端电子封装和电阻焊电极。欧洲在核聚变研究（如ITER项目）中大量使用钨铜棒作为热沉材料。

技术特点：国外在钨铜材料的制备中更加注重高精度和复杂形状部件的制造。例如，增材制造技术的应用使国外企业能够生产复杂几何结构的钨铜部件。此外，国外在表面处理技术（如镀金、镀镍）方面具有优势，提高了钨铜棒的耐腐蚀性和导电性。

1.4.3 国内外差距与未来展望

尽管中国在钨铜材料的生产规模和资源优势上领先，但在高精度制备工艺、复杂部件制造和

版权与法律声明

高端应用领域仍与国外存在一定差距。例如，国外在纳米级钨铜材料的研发和增材制造技术方面更为先进。未来，国内需加强以下方面的研究：

高端制备技术：开发高精度、复杂形状的钨铜部件制造技术，如 3D 打印和激光烧结。

性能优化：通过掺杂和新型工艺进一步提升钨铜材料的导电性、导热性和力学性能。

国际化合作：加强与国际科研机构和合作企业的合作，借鉴国外先进技术，推动钨铜材料在全球市场的应用。



第二章 钨铜棒的主要种类

钨铜棒作为一种高性能复合材料，其种类和分类方式多样，主要基于钨铜比例和应用领域进行划分。钨铜棒的性能因钨和铜的含量比例不同而变化，不同比例的钨铜棒被设计用于特定的工业场景，以满足导电性、导热性、机械强度和耐高温性的不同需求。同时，根据其应用领域的差异，钨铜棒被进一步细分为电气与电子、散热与热管理、军工与航天、机械与模具工业以及医疗与科研等多个类别。以下将详细探讨钨铜棒的分类方式及其在各领域的具体应用。

2.1 按钨铜比例分类

钨铜棒的性能与其钨和铜的含量比例密切相关，不同比例的钨铜棒在导电性、导热性、硬度、耐磨性和耐高温性等方面表现出显著差异。以下是常见的钨铜比例分类及其特性与应用。

2.1.1 W-Cu 50/50 型钨铜棒（导电性能与热导率平衡型）

W-Cu 50/50 型钨铜棒含有 50% 的钨和 50% 的铜，是导电性和导热性平衡的典型代表。由于铜含量较高，这种类型的钨铜棒具有优异的电导率（约为纯铜的 50%–60%）和热导率（约为 200–250 W/m·K），同时保留了一定的机械强度和耐磨性。其主要特性包括：

版权与免责声明

高导电性：适合需要快速电信号传输的场合。

优异的导热性：能够高效散热，适用于热管理器件。

适中的机械强度：相比高钨含量的材料，其硬度和耐磨性稍低，但加工性能更好。

应用领域：W-Cu 50/50 型钨铜棒广泛用于电子封装材料、连接器和低压电接触部件。例如，在集成电路的导电基板和连接件中，这种材料能够提供稳定的电信号传输和良好的热管理效果。此外，它还用于制造电阻焊电极和低功率电弧触头。

制备特点：该类型钨铜棒通常通过粉末冶金法生产，采用高纯度钨粉和铜粉混合后压制烧结，部分工艺可能加入渗铜步骤以提高材料致密度。由于铜含量较高，烧结温度相对较低（约 1200-1300°C），工艺成本较低。

2.1.2 W-Cu 70/30 型钨铜棒（常见电极与触头用）

W-Cu 70/30 型钨铜棒含有 70%的钨和 30%的铜，是电气和电子领域中最常用的钨铜比例之一。该类型材料在导电性、导热性和机械强度之间取得了较好的平衡，适合作为电极和电接触材料。其主要特性包括：

较高的硬度和耐磨性：钨含量增加使其更适合承受机械磨损。

适中的导电性：电导率约为纯铜的 30%-40%，适合中高压电气应用。

良好的断弧性能：在电弧环境下具有较强的抗烧蚀能力。

应用领域：W-Cu 70/30 型钨铜棒是制造高压开关电触头、电阻焊电极和电火花加工（EDM）电极的首选材料。例如，在中高压断路器中，该材料能够承受频繁的电弧冲击和机械应力，延长设备使用寿命。此外，它还用于汽车工业的点焊电极和航空领域的电连接部件。

制备特点：该类型钨铜棒通常采用粉末冶金法结合渗铜工艺生产。由于钨含量较高，烧结过程中需要更高的温度（约 1300-1500°C）和更严格的工艺控制，以确保材料的均匀性和致密度。

2.1.3 W-Cu 75/25 型钨铜棒（中等导热与强度结合型）

W-Cu 75/25 型钨铜棒含有 75%的钨和 25%的铜，在导热性和机械强度之间提供了进一步的平衡。该类型材料适用于需要同时具备较高强度和一定导热性能的情况。其主要特性包括：

较高的机械强度：硬度和耐磨性优于 W-Cu 70/30，适合高负荷环境。

适中的导热性：热导率约为 150-200 W/m·K，适用于中等功率的热管理应用。

低热膨胀系数：钨的高含量使其在高温下具有较好的尺寸稳定性。

应用领域：W-Cu 75/25 型钨铜棒广泛用于制造中功率电子器件的散热基板和电接触材料。例如，在功率半导体器件（如 IGBT 模块）中，该材料用作热沉基板，能够有效散热并保持结构稳定性。此外，它还用于制造航空航天领域的耐磨部件和中高压电触头。

制备特点：该类型材料的生产工艺与 W-Cu 70/30 相似，但由于钨含量进一步提高，烧结温

度和压力需进一步优化。部分厂家采用热等静压（HIP）技术以提高材料的致密度和性能一致性。

2.1.4 W-Cu 80/20 型钨铜棒（高强度与耐烧蚀应用）

W-Cu 80/20 型钨铜棒含有 80%的钨和 20%的铜，注重高强度和耐烧蚀性能，适合高负荷和高温环境。其主要特性包括：

极高的硬度和耐磨性：钨含量高使其具有优异的抗机械磨损能力。

良好的耐烧蚀性：在高温电弧或等离子体环境中表现出色。

较低的导电性和导热性：电导率约为纯铜的 20%-30%，热导率约为 120-150 W/m·K。

应用领域：W-Cu 80/20 型钨铜棒主要用于高强度电极、航空航天高温部件和军工领域。例如，在等离子切割机和电火花加工设备中，该材料用作电极，能够承受强烈的电弧烧蚀。此外，它还用于制造火箭喷管的喉衬和高温耐磨部件。

制备特点：由于钨含量较高，生产过程中需要更高的烧结温度（约 1500-1600℃）和更复杂的渗铜工艺。部分先进工艺采用等离子烧结或激光烧结技术，以提高材料的微观结构均匀性。

2.1.5 W-Cu 85/15 型钨铜棒（高温高强度型，兼顾导电性）

W-Cu 85/15 型钨铜棒含有 85%的钨和 15%的铜，是一种高温高强度型材料，同时保留了一定的导电性。其主要特性包括：

极高的耐高温性：能够在接近 3000℃的极端环境中保持结构稳定。

优异的机械强度：硬度和耐磨性进一步提高，适合极端工况。

较低的导电性：电导率约为纯铜的 15%-25%，适用于需要高强度的电气应用。

应用领域：W-Cu 85/15 型钨铜棒广泛用于核聚变反应堆的偏滤器热沉、航空航天发动机部件和高压电弧触头。例如，在国际热核聚变实验堆（ITER）项目中，该材料被用作偏滤器热沉材料，能够承受高热负荷和粒子轰击。此外，它还用于制造高能激光器和等离子体的电极。

制备特点：该类型材料的制备难度较高，通常采用热等静压或等离子烧结技术，以确保材料的高致密度和性能稳定性。渗铜工艺需要精确控制，以避免材料内部出现孔隙或性能不均。

2.1.6 W-Cu 90/10 型钨铜棒（超高强度与耐高温极限工况）

W-Cu 90/10 型钨铜棒含有 90%的钨和 10%的铜，是钨铜棒中强度和耐高温性能最高的类型，适合极限工况。其主要特性包括：

超高硬度和耐磨性：接近纯钨的机械性能，适合极端机械负荷。

极强的耐高温性：能够在极端高温和等离子体环境中长期工作。

极低的导电性和导热性：电导率仅为纯铜的 10%-15%，热导率约为 80-120 W/m·K。

应用领域：W-Cu 90/10 型钨铜棒主要用于极端环境下的高温部件和军工领域。例如，在航

版权与免责声明

天器的推进系统（如火箭喷管）中，该材料用作高温耐磨衬里。此外，它还用于制造电磁炮的导轨材料和核聚变装置的耐高温部件。

制备特点：由于钨含量极高，生产工艺需要极高的烧结温度（约 1600–1700°C）和高压条件。热等静压和等离子烧结是常用的制备技术，部分工艺还需加入微量添加剂（如镍或铁）以改善烧结性能。

2.1.7 特殊比例钨铜棒（定制合金）

除了上述标准比例外，根据特定应用需求，还可以定制特殊比例的钨铜棒。例如，W-Cu 60/40、W-Cu 65/35 或更高铜含量的合金可用于需要更高导电性的场合，而超高钨含量的合金（如 W-Cu 93/7）则用于极端耐磨和高温场景。定制合金的开发通常涉及以下方面：

掺杂改性：添加稀土元素（如镧、铈）或过渡金属（如镍、钴）以改善特定性能。

微观结构优化：通过控制钨粉和铜粉的颗粒尺寸，优化材料的均匀性和致密度。

特殊工艺：采用增材制造、微波烧结或冷喷涂技术，生产复杂形状或高性能的钨铜棒。

应用领域：定制合金广泛应用于尖端科研、航空航天和高端电子器件。例如，某些特殊比例的钨铜棒被用于制造高能物理实验设备的靶材和核工业的辐射屏蔽部件。

2.2 按应用领域分类

根据应用领域的不同，钨铜棒可分为电气与电子、散热与热管理、军工与航天、机械与模具工业以及医疗与科研等五大类。以下将详细介绍各类钨铜棒的具体用途和性能要求。

2.2.1 电气与电子用钨铜棒

钨铜棒在电气与电子领域具有广泛应用，其优异的导电性、断弧性能和耐磨性使其成为电接触材料和电极的首选。

2.2.1.1 高压开关与电弧触头

高压开关和断路器需要材料能够承受高电压和电弧冲击，同时保持长期的稳定性。W-Cu 70/30 和 W-Cu 75/25 型钨铜棒因其良好的导电性和耐烧蚀性而被广泛用于制造电弧触头。其主要优势包括：

高断弧性能：能够快速切断电弧，减少触头烧损。

耐高温性：在电弧高温下保持结构完整。

长寿命：高硬度和耐磨性延长触头的使用寿命。

应用案例：在高压输电系统和工业断路器中，钨铜电弧触头被用于 10kV 至 500kV 的开关设备，能够承受数千次开关操作。

2.2.1.2 放电电极与火花塞电极

电火花加工（EDM）和火花塞需要电极材料具有高耐磨性和抗烧蚀性。W-Cu 70/30 和 W-Cu 80/20 型钨铜棒是常用的电极材料，其优势包括：

版权与免责声明

高精度加工：钨铜棒的均匀微观结构确保加工精度。

抗烧蚀性：在高频放电环境中保持稳定。

良好的导电性：确保放电过程的效率和稳定性。

应用案例：在汽车工业中，钨铜棒被用于制造高性能火花塞电极；在精密模具制造中，钨铜电极用于电火花加工复杂形状的金属部件。

2.2.1.3 半导体封装与导电连接件

在半导体封装中，钨铜棒被用作导电基板和连接件，以提供电信号传输和热管理功能。W-Cu 50/50 和 W-Cu 75/25 型钨铜棒因其高导电性和低热膨胀系数而被广泛应用。其优势包括：

低热膨胀系数：与硅和陶瓷基板匹配，减少热应力。

高导热性：有效散热，保护敏感电子元件。

高可靠性：在高温高湿环境下保持性能稳定。

应用案例：在功率半导体器件（如 MOSFET 和 IGBT）中，钨铜棒被用作导电基板和散热底板，广泛应用于新能源汽车和工业自动化设备。

2.2.2 散热与热管理用钨铜棒

钨铜棒在热管理领域的应用得益于其优异的导热性和低热膨胀系数，适用于高功率电子器件和航空航天设备的散热需求。

2.2.2.1 微电子与集成电路热沉

微电子和集成电路需要高效散热材料以防止过热。W-Cu 75/25 和 W-Cu 80/20 型钨铜棒因其高导热性和与硅基板的热膨胀匹配而被广泛用于热沉制造。其优势包括：

高效散热：热导率高达 150-200 W/m·K。

尺寸稳定性：低热膨胀系数确保长期运行中的结构完整性。

高可靠性：在高功率运行中保持性能稳定。

应用案例：在高性能计算机和服务器的 CPU/GPU 模块中，钨铜热沉用于散热，确保芯片在高负荷下稳定运行。

2.2.2.2 激光器与高功率器件散热基板

高功率激光器和射频器件需要高效散热基板以维持性能。W-Cu 70/30 和 W-Cu 75/25 型钨铜棒是理想的散热基板材料，其优势包括：

高导热性：快速导出热量，防止器件过热。

良好的机械性能：能够承受高功率器件运行中的机械应力。

表面平整度：适合精密加工和表面镀层。

应用案例：在光通信激光器和雷达系统中，钨铜散热基板用于支持高功率激光二极管和射频放大器。

2.2.2.3 航空航天散热组件

航空航天设备需要在极端环境中高效散热。W-Cu 80/20 和 W-Cu 85/15 型钨铜棒因其高强度和耐高温性而被用于制造散热组件。其优势包括：

耐高温性：能够在高温环境下保持性能。
高密度：提供足够的机械强度和质量平衡。
抗热冲击性：在快速温差变化中保持稳定。

应用案例：在卫星热管理系统和航空发动机中，钨铜散热组件用于管理高温气流和电子器件的热负荷。

2.2.3 军工与航天用钨铜棒

钨铜棒在军工和航天领域的应用得益于其高密度、高强度和耐高温性，适合制造高性能武器和航天部件。

2.2.3.1 电磁炮与防护装甲材料

电磁炮和防护装甲需要材料具有高密度和耐磨性。W-Cu 90/10 型钨铜棒因其高强度和高密度而被用于制造导轨和装甲部件。其优势包括：

高密度：提供足够的动能和质量稳定性。
耐磨性：在高速摩擦和冲击中保持性能。
耐高温性：承受电磁炮发射时的瞬时高温。

应用案例：在电磁炮系统中，钨铜导轨用于承受高速弹丸的摩擦和电弧冲击；在装甲材料中，钨铜棒用于增强防护性能。

2.2.3.2 高能武器用电极与部件

高能武器（如激光武器和等离子武器）需要耐高温和抗烧蚀的电极材料。W-Cu 80/20 和 W-Cu 85/15 型钨铜棒是理想选择，其优势包括：

抗烧蚀性：在高能放电中保持结构完整。
高导电性：确保电能高效传输。
长寿命：减少更换频率，提高武器可靠性。

应用案例：在高能激光武器中，钨铜电极用于支持高功率放电；在等离子武器中，钨铜部件用于承受高温等离子体冲击。

2.2.3.3 火箭喷管与推进系统元件

火箭喷管和推进系统需要在高温高压环境下工作。W-Cu 85/15 和 W-Cu 90/10 型钨铜棒因

版权与法律责任声明

其耐高温性和高强度而被用于制造喷管喉衬和推进系统部件。其优势包括：

极高的耐高温性：承受火箭燃烧室的高温（>3000℃）。

抗热冲击性：在快速温差变化中保持稳定。

高密度：提供结构强度和质量平衡。

应用案例：在固体火箭发动机和液体火箭推进系统中，钨铜棒用于制造喷管喉衬和高温导流部件。

2.2.4 机械与模具工业用钨铜棒

钨铜棒在机械与模具工业中的应用得益于其高硬度、耐磨性、优异的导热性和抗烧蚀性能，使其成为制造高精度加工工具和模具的理想材料。特别是在电火花加工（EDM）和冲压模具等领域，钨铜棒展现出独特优势，能够显著提高加工效率和模具寿命。

2.2.4.1 电火花加工（EDM）电极

电火花加工（Electrical Discharge Machining, EDM）是一种通过电火花放电进行材料去除的精密加工技术，广泛应用于模具制造、航空航天零件加工和复杂几何形状的金属加工。EDM 电极需要材料具备高耐磨性、抗烧蚀性和良好的导电性，以确保加工精度和电极寿命。W-Cu 70/30 和 W-Cu 80/20 型钨铜棒是 EDM 电极的首选材料，其主要优势包括：

高耐磨性：钨的高硬度使电极在高频放电中能够抵抗磨损，延长使用寿命。

优异的抗烧蚀性：在电火花放电产生的瞬时高温（可达 6000℃ 以上）下，钨铜棒能够保持结构完整，减少电极损耗。

良好的导电性：铜的加入确保电极具有足够的导电性（电导率约为纯铜的 20%-40%），支持高效的放电加工。

加工精度高：钨铜棒的均匀微观结构和低热膨胀系数确保电极在加工过程中保持尺寸稳定性，有助于实现高精度加工。

易于加工：相比纯钨，钨铜棒具有更好的机械加工性能，便于制备复杂形状的电极。

应用案例：在精密模具制造中，W-Cu 70/30 型钨铜棒被广泛用于加工复杂形状的钢质模具，如汽车零部件模具和电子器件外壳模具。在航空航天领域，钨铜电极用于加工钛合金和高温合金部件，确保高精度和表面质量。此外，在微型零件加工中，钨铜电极能够实现微米级的加工精度，满足 MEMS（微机电系统）和精密仪器的制造需求。

制备特点：EDM 用钨铜电极通常通过粉末冶金法生产，采用高纯度钨粉和铜粉混合后压制烧结。为提高电极的致密度和性能均匀性，部分工艺会结合渗铜或热等静压（HIP）技术。电极表面通常需要精密加工（如磨削或抛光）以满足高精度加工的要求。

发展趋势：随着 EDM 技术向微纳加工领域发展，钨铜电极的制备工艺也在不断优化。例如，采用纳米级钨粉和铜粉能够进一步提高电极的微观结构均匀性，减少放电过程中的微小缺陷。此外，表面改性技术（如镀镍或镀金）被用于提高电极的抗氧化性和导电性，从而进一步延长电极寿命。

版权与免责声明

中钨智造科技有限公司
钨铜棒产品介绍

一、钨铜棒概述

钨铜棒是一种由高纯度钨粉与铜通过真空熔渗工艺制备的复合材料。其具有独特的微观结构，并结合了钨的高强度、高熔点与铜的高导电性、高导热性，形成兼具热稳定性、耐磨性和导电性的高性能材料。

二、钨铜棒特性

高导热性：铜的高热导率确保快速散热，适合高功率器件和激光系统。

高强度与耐高温：钨的高熔点和稳定力学性能，使材料在高温极限工况下依然可靠。

耐电弧侵蚀：钨铜复合结构在电气应用中抗电弧烧蚀性能优异，延长电极寿命。

低热膨胀系数：有效降低热应力，提高结构稳定性。

优异加工性能：可精密加工成电极、散热基板或复杂零件，满足多样化需求。

三、钨铜棒性能参数

产品名称	化学成分%			物理机械性能			
	Cu	杂质总和≤	W	密度 (g/cm ³)	硬度 (HB)	电阻率 (MΩ·cm)	抗拉强度 (MPa)
钨铜(50)	50±2.0	0.5	余量	11.85	115	3.2	—
钨铜(55)	45±2.0	0.5	余量	12.3	125	3.5	—
钨铜(60)	40±2.0	0.5	余量	12.75	140	3.7	—
钨铜(65)	35±2.0	0.5	余量	13.3	155	3.9	—
钨铜(70)	30±2.0	0.5	余量	13.8	175	4.1	790
钨铜(75)	25±2.0	0.5	余量	14.5	195	4.5	885
钨铜(80)	20±2.0	0.5	余量	15.15	220	5	980
钨铜(85)	15±2.0	0.5	余量	15.9	240	5.7	1080
钨铜(90)	10±2.0	0.5	余量	16.75	260	6.5	1160

四、钨铜棒产品优势

高性能组合：兼顾强度、导电性、导热性与耐高温性

定制化服务：可按客户需求调整钨铜比例与尺寸

长寿命与稳定性：显著降低维护和更换成本

五、采购信息

邮箱: sales@chinatungsten.com

电话: +86 592 5129595; 592 5129696

更多钨铜棒资讯, 请访问中钨在线网站 (www.tungsten-copper.com)。

更多市场与实时资讯, 请扫描左侧二维码关注微信公众号“中钨在线”。



版权与免责声明

2.2.4.2 冲压模具与耐磨部件

在冲压模具和耐磨部件制造中，钨铜棒因其高硬度、耐磨性和优异的导热性而被广泛应用。冲压模具和耐磨部件通常需要在高负荷、频繁冲击和高温环境下工作，钨铜棒能够有效满足这些苛刻要求。W-Cu 75/25 和 W-Cu 80/20 型钨铜棒是该领域的常用材料，其主要优势包括：

高硬度和耐磨性：钨的高硬度（接近纯钨的 9 级莫氏硬度）使钨铜棒能够抵抗冲压过程中的机械磨损，延长模具寿命。

优异的导热性：铜的加入使钨铜棒具有较高的热导率（约为 150-200 W/m·K），能够快速散热，防止模具因过热而变形或失效。

低热膨胀系数：钨的低热膨胀特性（约为 $4.5-5.5 \times 10^{-6}/K$ ）确保模具在高温下的尺寸稳定性，适合高精度冲压。

抗疲劳性能：钨铜棒在频繁冲击下能够保持结构完整，减少裂纹和疲劳失效的风险。

应用案例：在汽车工业中，钨铜棒被用于制造冲压模具，用于生产车身面板、发动机部件和传动系统零件。在铝合金和镁合金的压铸模具中，钨铜棒用作芯棒和喷嘴，能够承受高温熔融金属的冲击和腐蚀。此外，在精密五金件和电子连接器的冲压生产中，钨铜模具因其高耐磨性和长寿命而受到青睐。

制备特点：冲压模具用钨铜棒通常采用粉末冶金法结合渗铜工艺生产，以确保材料的高致密度和性能均匀性。为满足模具的复杂形状需求，部分工艺采用数控加工或激光切割技术对钨铜棒进行精加工。此外，表面硬化处理（如渗碳或氮化）可进一步提高模具的耐磨性和抗腐蚀性。

发展趋势：未来，冲压模具用钨铜棒将向更高性能和更复杂形状方向发展。例如，增材制造（3D 打印）技术的应用使钨铜模具能够实现复杂内部冷却通道的设计，提高散热效率。此外，掺杂微量元素（如镍或稀土元素）可进一步优化钨铜棒的抗疲劳性能和耐磨性，满足高强度冲压需求。

2.2.5 医疗与科研应用钨铜棒

钨铜棒在医疗和科研领域的应用得益于其高密度、耐高温性和生物相容性，特别适合制造医疗电极、特殊探针和高能物理实验部件。W-Cu 80/20 和 W-Cu 85/15 型钨铜棒是该领域的常用材料，能够满足高精度和极端环境的需求。

2.2.5.1 医疗电极与特殊探针

在医疗领域，钨铜棒被用于制造高精度电极和探针，广泛应用于神经刺激、射频消融和微创手术设备。这些应用要求材料具有高导电性、耐腐蚀性和生物相容性。W-Cu 70/30 和 W-Cu 80/20 型钨铜棒因其优异的性能而被广泛应用，其主要优势包括：

高导电性：确保电信号的精准传输，适合神经刺激和电生理监测。

耐腐蚀性：在生理环境下（如血液或组织液）保持稳定，减少材料降解。

高硬度和耐磨性：支持探针在高精度操作中的长期使用。

版权与免责声明

生物相容性：钨铜棒经过适当表面处理（如镀金或镀银）后，可满足医疗器械的生物相容性要求。

应用案例：在神经刺激设备中，钨铜电极用于深脑刺激（DBS）治疗帕金森病和癫痫，能够精准传递电脉冲。在射频消融手术中，钨铜探针用于治疗心脏病变或肿瘤，能够在高温和高频电场中保持稳定。此外，在微创手术中，钨铜棒被加工成微型探针，用于内窥镜检查和组织采样。

制备特点：医疗用钨铜棒通常采用高纯度钨粉和铜粉，通过粉末冶金法和热等静压技术生产，以确保材料的高致密度和无孔隙结构。表面处理（如电镀或化学钝化）是关键步骤，用于提高材料的生物相容性和抗腐蚀性。此外，微纳加工技术被用于制造微型电极和探针，以满足高精度医疗设备的需求。

发展趋势：随着微创医疗技术的发展，钨铜电极和探针将向更小尺寸和更高精度方向发展。例如，纳米级钨铜复合材料的开发能够进一步提高电极的导电性和机械性能。此外，结合智能材料技术，未来钨铜探针可能集成传感器功能，用于实时监测生理信号。

2.2.5.2 高能物理实验与核工业应用

在高能物理实验和核工业中，钨铜棒因其高密度、耐高温性和抗辐射性能而被广泛应用。W-Cu 85/15 和 W-Cu 90/10 型钨铜棒是该领域的首选材料，能够承受极端环境下的高温、高压和粒子轰击。其主要优势包括：

高密度：钨的高密度（约为 19.25 g/cm^3 ）使钨铜棒能够有效屏蔽高能辐射，适合用于核反应堆和粒子加速器的部件。

耐高温性：在核聚变或高能粒子碰撞产生的极端高温（ $>3000^\circ\text{C}$ ）下保持性能稳定。

抗辐射性：钨铜棒能够抵抗中子辐照和伽马射线的损伤，延长部件寿命。

优异的导热性：快速散热，防止部件因高温而失效。

应用案例：在国际热核聚变实验堆（ITER）项目中，W-Cu 85/15 型钨铜棒被用作偏滤器热沉材料，能够承受高热负荷和等离子体轰击。在粒子加速器（如 CERN 的大型强子对撞机）中，钨铜棒被用于制造靶材和辐射屏蔽部件，保护设备免受高能粒子的损害。此外，在核电工业中，钨铜棒被用作高温导热元件和辐射屏蔽材料，提高反应堆的安全性和效率。

制备特点：核工业用钨铜棒的制备需要极高的材料纯度和致密度，通常采用热等静压或等离子烧结技术，以消除材料内部的微孔和缺陷。为提高抗辐射性能，部分工艺会掺杂稀土元素（如镧或铈）以优化材料的微观结构。此外，表面涂层技术（如钼涂层或陶瓷涂层）被用于提高材料的抗腐蚀性和耐高温性。

发展趋势：未来，核工业用钨铜棒将向更高性能和更复杂结构方向发展。例如，增材制造技术的应用使钨铜棒能够制备复杂几何形状的热沉和屏蔽部件，满足下一代核聚变反应堆的需求。此外，新型掺杂技术和表面改性技术将进一步提高钨铜棒的抗辐射性能和耐高温性，推动其在高能物理实验和核工业中的应用。

版权与免责声明



第三章 钨铜棒的制备与生产工艺

钨铜棒作为一种兼具钨的高强度、耐高温特性和铜的优异导电导热性能的复合材料，在电子器件、电气触头、热管理部件以及航空航天领域中扮演着不可替代的角色。其制备过程是一场材料科学的精妙旅程，融合了粉末冶金的传统工艺与现代技术的创新突破。从原材料的精挑细选到最终成品的精密加工，每一步都需精心设计，以确保材料的均匀性、致密性和性能稳定性。核心在于通过构建多孔钨骨架并让熔融铜精准渗入，实现两相的完美复合。传统工艺依赖压制、烧结和真空熔渗，而新兴技术则引入纳米化、增材制造和智能化控制，以应对更高性能需求。本章将以详细的叙述性描述，深入探讨从原材料准备到新型工艺探索的每一个环节，聚焦工艺原理、操作细节、挑战与优化策略，避免过多技术数据的堆砌，而是通过生动的语言展现制备过程的复杂性与魅力。

3.1 原材料准备

原材料的准备是钨铜棒制备的起点，犹如为一场精密的交响乐准备乐器。钨粉和电解铜作为主要原料，需经过严格的筛选和处理，以确保它们在后续工艺中能够无缝协作，形成性能优异的复合材料。纯度、粒度和形态的调控不仅影响成形和烧结效果，还决定了最终产品的导热、导电和机械性能。

3.1.1 钨粉的制备与质量要求

钨粉的制备如同将坚硬的钨矿石转化为细腻的艺术原料，通常采用氢气还原法。这是一种成熟的工业技术，从钨矿（如黑钨矿或白钨矿）出发，通过化学提纯得到钨酸盐，再经过焙烧形成三氧化钨。随后的还原过程在高温炉中进行，氢气如一位耐心工匠，逐步剥离氧化物，生成纯净的钨粉。其他方法，如电解法或机械合金化，能制备更细小的颗粒，但成本较高，适合特殊需求。

版权与免责声明

钨粉的质量要求近乎苛刻：它需要极高的纯度以减少杂质的干扰，颗粒形态需均匀以便于堆积和结合，氧含量必须严格控制以避免在高温下形成不必要的氧化物。高质量的钨粉如同精选的种子，为后续工艺奠定基础。通过添加微量活化剂，可以让粉末在烧结时更易融合，但需谨慎使用以免影响材料的导热性。储存时，钨粉需置于干燥、密封的环境中，防止湿气或氧气侵蚀其活性。

3.1.2 电解铜的制备与特性

电解铜的制备是一场电化学的精炼之旅。粗铜在电解液中被分解，铜离子在电场引导下沉积到阴极，形成纯净的铜箔或粉末。这个过程如同提炼黄金，需通过精确控制来去除杂质，确保铜的品质达到工业顶尖标准。

电解铜以其卓越的导电和导热性能成为钨铜棒中的“润滑剂”。它的低熔点使其能在熔渗时轻松流动，填充钨骨架的孔隙；良好的塑性则保证了复合材料的韧性。铜的形态多样，可能是细腻的粉末或坚实的块状，适合不同工艺需求。在钨铜棒中，铜不仅传递电流和热量，还连接钨颗粒，形成坚韧的网络。然而，铜对氧气敏感，储存和处理时需格外小心，以免氧化影响性能。

3.1.3 钨粉粒度、形貌与纯度对工艺的影响

钨粉的粒度和形态如同雕塑家的工具，直接塑造了材料的结构。细小的颗粒能更紧密地结合，提升骨架强度，但可能让孔隙过早封闭，阻碍铜的渗入；较大的颗粒则利于形成开放的孔隙网络，却需要更多能量来融合。合适的粒度选择就像调配一幅画的色彩，需在强度和渗透性间找到平衡。

颗粒的形貌也至关重要：接近球形的粉末堆积得更紧密，利于均匀结构的形成；不规则的颗粒则增加接触点，可能增强机械性能，但也可能导致局部缺陷。纯度则如材料的灵魂，决定界面的稳定性和性能的可靠性。高纯粉末减少不必要的化学反应，确保复合过程顺畅；低纯粉末则可能引发脆性问题，影响耐用性。通过精心的筛分和处理，这些因素可以被优化，为后续工艺铺平道路。

3.2 钨基预制体的成形工艺

钨基预制体的成形是制备过程中的“筑基”阶段，目标是打造一个多孔的钨骨架，为铜的渗入提供理想的通道。这个过程结合了压制和烧结技术，宛如在坚硬的钨粉中雕琢出一座微观城市，孔隙和强度需精心平衡，以避免结构过密或过于松散。

3.2.1 压制成形（单轴压制、等静压）

单轴压制是一项简单而直接的工艺，类似于用模具将散沙压成砖块。钨粉被装入钢模，通过单向施力压缩成初步形状。加入少量粘结剂，如同为泥土添加黏合剂，帮助粉末更好地成型。这种方法成本低，适合小规模生产，但可能导致密度不均，中心疏松而边缘紧实。

等静压则像给粉末一个全方位的拥抱，通过液体或气体介质施加均匀压力。无论是冷等静压还是结合高温的热等静压，都能显著提高预制体的均匀性，特别适合大尺寸或复杂形状的钨铜棒。压制后的坯体需小心干燥，去除粘结剂，为后续烧结做好准备。

3.2.2 烧结致密化（真空或氢气气氛）

烧结过程如同将松散的颗粒焊接成坚固的框架。压制后的坯体被送入高温炉，在真空或氢气保护下加热。真空环境如同无菌室，防止氧化并帮助排出气体；氢气则像一位清洁工，还原表面氧化物，让颗粒结合更紧密。

在这个过程中，颗粒通过扩散和颈部生长逐渐连结，坯体收缩并变得更致密。添加微量活化剂能降低所需温度，但需谨慎以免影响材料的纯净性。烧结就像一场缓慢的化学舞会，温度和时间的搭配需恰到好处，以确保骨架既有强度又保留足够孔隙。

3.2.3 预制体的孔隙率与连通性控制

孔隙率和连通性是预制体的“呼吸系统”，直接影响铜液的渗入效果。孔隙过多，骨架可能脆弱；过少则阻碍渗透，需通过粉末配比和工艺条件精心调控。添加临时造孔剂，如同在泥土中埋入可溶的颗粒，烧结后移除形成通道。

检测孔隙的连通性如同检查城市的交通网络，确保没有死胡同。优化后的预制体拥有均匀的孔隙分布，为熔渗提供顺畅的路径，同时保持足够的机械强度。

3.3 真空熔渗工艺

真空熔渗是钨铜棒制备的灵魂阶段，宛如将流动的铜液注入钨骨架的微观脉络中，形成致密的复合材料。这个过程不仅是技术上的挑战，更是一场物理与化学的交响乐。熔融铜在真空中顺着毛细管力渗透进钨骨架的孔隙，填满每一处空隙，最终形成均匀的复合结构。成功的关键在于控制温度、真空度和渗入动力学，同时避免铜的挥发、界面缺陷或不均匀分布。以下将从原理、设备到具体操作，深入描绘这一工艺的复杂性与精妙之处。

3.3.1 真空熔渗的基本原理

真空熔渗的本质是利用毛细管作用和真空辅助，让熔融铜液自然流入钨骨架的孔隙网络。想象一滴水被吸进海绵的场景：铜液在高温下变为流动的液体，在真空负压的帮助下，顺着微小的孔隙通道渗入钨结构。钨和铜并不发生化学反应，而是依靠物理润湿实现结合。润湿角的大小决定铜液是否能自发流动，而真空环境则清除了气体阻力，让铜液更顺畅地填充每一处角落。

这个过程如同给钨骨架注入生命，铜液不仅填补了孔隙，还在冷却后形成一个导电导热的网络，与钨骨架共同构成坚韧而高效的复合体。关键在于确保润湿效果良好，同时避免因温度过高导致铜的挥发或因孔隙不均造成的不完全渗透。

3.3.2 熔渗炉结构与工作原理

熔渗炉是真空熔渗的“心脏”，其设计精巧如同精密的手术室。炉体由真空室、加热系统、真空泵和冷却系统组成。真空室通常采用耐高温材料如不锈钢或石英，内部放置石墨坩埚，用于盛放钨预制体和铜块。加热系统可以是电阻加热或感应加热，像一位精准的厨师，将温度控制在铜的熔点以上。真空泵如同呼吸机，抽取空气形成高真空环境，减少气体干扰。冷却系统在渗入完成后逐渐降低温度，避免热应力引发裂纹。

版权与法律责任声明

工作时，钨预制体被置于坩埚中，铜块放置在其上方或侧面。炉内先抽真空，排除空气和水分，然后缓慢升温使铜熔化。熔融铜在毛细力和真空的共同作用下渗入骨架，填满孔隙后冷却固化。整个过程如同一次微观世界的灌注成型，需确保每一步都精确无误。

3.3.3 渗铜温度、真空度与渗透动力学

渗铜的温度需高于铜的熔点，但不能过高以免铜液挥发或钨骨架发生不必要的晶粒生长。温度的选择如同烹饪中的火候，需恰到好处。真空度则决定渗入的顺畅性：高真空环境如同真空的跑道，让铜液流动无阻；若真空不足，残留气体可能形成气泡，影响材料致密性。

渗透动力学是这一过程的动态核心。铜液的流动速度取决于孔隙的大小、润湿性以及温度对铜液粘度的影响。较小的孔隙提供更大的毛细力，但可能增加流动阻力；较大的孔隙则相反。优化这些因素需要通过实验和模拟，找到温度、真空和时间的理想组合，以实现快速而均匀的渗入。

3.3.4 熔渗过程中的界面反应与组织演变

在熔渗过程中，铜液与钨颗粒的界面如同两位舞者的接触面，需协调一致。钨和铜互不相溶，界面处主要发生物理润湿，而非化学反应。铜液在接触钨颗粒时，会形成一层薄薄的扩散区，增强两者的结合力。添加少量元素如铬或锆可以改善润湿效果，减少界面处的空隙或微裂纹。

组织的演变从多孔的钨骨架开始，逐渐变为铜填充的致密复合体。铜液先渗入较大的孔隙，再逐步填充细小通道，最终形成三维网络。这个过程如同城市从空旷的框架逐渐填满街道和建筑，冷却后铜相固化，与钨骨架形成紧密的整体。显微观察显示，理想的组织没有明显裂纹或未填充区域，铜相均匀分布，增强了材料的性能。

3.3.5 熔渗均匀性与质量控制

均匀性是熔渗工艺的终极追求，任何局部的不完全渗入或铜池都会削弱材料的性能。均匀性依赖于钨骨架孔隙的均匀性和熔渗条件的稳定性。预制体的孔隙设计需科学合理，避免过密的区域阻挡铜液，或过疏松的区域导致强度不足。

质量控制如同为成品进行全面体检。密度测量可以判断填充的完整性，显微镜观察检查组织的均匀性，无损检测如超声波或 X 射线则能发现隐藏的缺陷。如果发现不均匀渗入，可以通过多步熔渗或调整温度曲线进行修正。最终目标是确保材料内部没有气泡或裂纹，性能达到设计要求。

3.4 后处理与机械加工

后处理和机械加工是将钨铜棒从“粗胚”打磨成“精雕细琢”的成品的过程。这些步骤不仅消除制备中的残余问题，还赋予材料精确的尺寸和优化的表面特性。

3.4.1 热处理与应力消除

热处理如同为材料做一次深度放松，消除熔渗和冷却过程中累积的内部应力。钨铜棒在保护氛围如氢气或真空下加热，温度逐渐升高并保温，让晶体结构重新调整，增强韧性。冷却过程需缓慢进行，宛如让材料缓缓“呼吸”，避免新的应力产生。这个步骤能显著提高材料的

可靠性和使用寿命。

3.4.2 精密机械加工与尺寸控制

精密加工是赋予钨铜棒最终形状的关键。使用高精度的车床、铣床或磨床，结合金刚石刀具，材料被小心雕琢成设计尺寸。加工过程如同雕塑家的工作，需控制切削速度和进给量，以避免过热或表面损伤。尺寸的精确性通过激光测量和三坐标检测来保证，确保公差达到微米级，满足高精度应用的需求。

3.4.3 表面修饰与涂层技术

表面修饰如同为材料穿上保护外衣。抛光或化学蚀刻使表面光滑如镜，减少摩擦和磨损。涂层技术则进一步提升性能，例如通过电镀或物理气相沉积（PVD）施加镍或金层，增强耐腐蚀性和导电性。涂层的厚度需精心控制，既要提供保护，又不能影响材料的导热性能。

3.5 新型工艺探索

随着材料科学的进步，新型工艺为钨铜棒的制备注入了新的活力。这些技术如同探险家，探索更高效、更精密的制备路径，以满足未来复杂应用的需求。

3.5.1 纳米钨铜预制体与超细渗铜技术

纳米级钨粉的使用如同将制备精度提升到分子层面。通过特殊方法制备的超细粉末，能形成更高密度的预制体。超细渗铜技术则利用纳米铜粉，在较低温度下实现渗透，减少能耗的同时提升材料均匀性。这种方法如同用更细腻的画笔绘制材料结构，显著提高性能。

3.5.2 真空熔渗与增材制造的结合

增材制造（3D 打印）为钨铜棒的制备开辟了新天地。通过激光或电子束打印钨骨架，再结合真空熔渗，可以制造出复杂几何形状的部件。这种方法如同用数字技术雕刻材料，突破传统工艺的限制，适合定制化生产。

3.5.3 高均匀性与低孔隙率优化工艺

新型优化工艺通过结合高压辅助熔渗、微波烧结或智能控制技术，追求极致的均匀性和低孔隙率。智能系统如同指挥家，实时调整工艺参数，确保每一步都达到最佳状态。这些技术让钨铜棒的性能更上一层楼，满足苛刻的应用场景。



第四章 钨铜棒的物理与化学特性

钨铜棒作为一种独特的复合材料，其物理与化学特性源于钨的高耐热、耐磨特性和铜的优异导电导热能力的完美融合。这种材料仿佛是大自然中坚硬的岩石与柔顺的溪流的和谐统一，不仅在电子封装、电气触头和热沉领域发挥着关键作用，还在航空航天和高压电器中展现出非凡的适应性。这些特性不是简单相加，而是通过微观结构的巧妙设计形成的整体优势，让钨铜棒在极端条件下保持稳定性和高效性能。本章将从基本物理性质入手，逐步深入探讨力学性能、化学性质以及微观结构特征，通过详细的描述和分析，揭示这些特性的内在机制、影响因素以及在实际应用中的体现，帮助读者全面理解钨铜棒如何成为现代工业中的可靠伙伴。

4.1 钨铜棒的基本物理性质

钨铜棒的基本物理性质构成了其应用基础，这些性质如同材料的内在“体质”，决定了它在温度、电场和热环境中的表现。钨的加入赋予了材料更高的稳定性和密度，而铜则带来了出色的传导能力，二者相互补充，形成了一个平衡而高效的体系。在设计和使用钨铜棒时，这些物理性质往往是首要考虑因素，因为它们直接影响材料的耐久性和兼容性。

4.1.1 钨铜棒的密度与比重

钨铜棒的密度是其最基础却又至关重要的物理特性之一，它反映了材料内部成分的紧密程度和重量分布。随着钨含量的逐渐增加，密度会相应升高，这使得钨铜棒在需要较高质量的应用场景中表现出色，例如作为精密仪器的平衡部件或辐射防护屏蔽材料。这种密度特性让材料在有限的空间内承载更大的重量，避免了体积过大的设计问题，同时也提升了材料的稳定性，避免在振动或高速运动中发生偏移。在实际应用中，高密度的钨铜棒常常被用于航空领域的配重系统，因为它能提供可靠的惯性平衡，而不会牺牲材料的其他性能。比重作为密度相对于水的相对值，进一步强调了这种沉重感，它在计算材料用量或评估运输成本时特别有

版权与免责声明

用。总体而言，密度和比重的优化使得钨铜棒成为那些对重量敏感却又追求高性能的应用的理想选择，通过调整钨铜比例，可以灵活适应不同需求，避免过高密度带来的加工难度或过低密度导致的强度不足问题。

4.1.2 钨铜棒的熔点与热稳定性

钨铜棒的熔点特性继承了钨的极端耐热能力，这让材料在高温环境中保持形态完整，仿佛一座经受烈火考验的堡垒。钨的高熔点显著提升了整体材料的耐热上限，即使接近铜的熔化温度，钨铜棒也不会轻易软化或变形。这种热稳定性在电弧放电或高温焊接场合尤为突出，它能抵抗瞬间热冲击，避免材料内部结构崩解，从而延长使用寿命。在长期高温暴露下，钨铜棒的热稳定性还体现在相结构的持久性上，不会发生明显的晶体转变或热分解，这使得它适合于航空发动机部件或电子热沉等持续高温的应用。通过精细的复合工艺，这种稳定性可以进一步增强，让钨铜棒在极端热环境中游刃有余，犹如一位不畏火海的勇士，守护着设备的正常运转。

4.1.3 钨铜棒的热膨胀系数与热导率

热膨胀系数是钨铜棒应对温度波动时的关键“调节器”，钨的低膨胀特性主导了整体表现，使得材料在热循环过程中保持尺寸的相对稳定，避免因膨胀差异引发的应力集中和裂纹形成。这种特性如同桥梁在季节变化中的柔性设计，特别适用于与陶瓷、玻璃或半导体材料结合的场所，例如在微电子封装中，钨铜棒能与芯片完美匹配，防止热应力导致的失效。热导率则主要得益于铜的优秀传热能力，钨铜棒能像高效的热管道一样，将热量迅速从热源导出，分散到周围环境中，防止局部过热积累。在高功率激光器件或功率半导体中，这种热导率确保了稳定的工作温度，降低了热失效风险。热膨胀系数与热导率的协同作用，让钨铜棒在热管理领域脱颖而出，它不仅能承受温度变化，还能主动调控热流，实现高效的能量传输和散热平衡。

4.1.4 钨铜棒的电导率与电阻率

电导率是钨铜棒在电气应用中的核心优势，铜相形成的连续网络如同一条高效的电流高速公路，提供顺畅的导电路径，而钨的加入虽会略微提升电阻率，却大大增强了材料的耐弧性和整体稳定性。这种平衡设计让钨铜棒在高压电接触或开关设备中表现出色，既允许大电流平稳通过，又能抵抗电弧侵蚀引起的损伤。在实际使用中，钨铜棒的电性能使得它成为电极材料的首选，它能处理高频或高功率信号，而不会产生过多的热量或信号衰减。电阻率的变化随钨含量的调整而灵活，这为定制化应用提供了空间，例如在需要低电阻的导线中降低钨比例，或在耐磨电触头中增加钨以提升寿命。总体上，电导率与电阻率的优化让钨铜棒在电气领域如鱼得水，兼顾了传导效率与长期可靠性。

4.2 钨铜棒的力学性能

钨铜棒的力学性能是其在机械应力环境下的可靠保障，这些性能结合了钨的刚性和铜的柔韧，仿佛一位刚柔并济的武者，能在磨损、冲击和变形中屹立不倒。这些特性让材料在动态应用中大放异彩，不仅能承受静态负载，还能应对反复的机械挑战。

4.2.1 钨铜棒的硬度与强度

硬度是钨铜棒力学性能的突出体现，钨颗粒的均匀分布如同坚固的骨骼框架，提升了材料对

外部压力的抵抗力，使得它在高压或高摩擦场合不易被刮伤或变形。这种硬度特性在模具和切削工具中特别有用，它能维持锋利的边缘，延长工具寿命。强度则体现在拉伸、压缩和弯曲下的表现，钨的加入显著提高了材料的抗拉强度，让钨铜棒在负载下保持结构完整，避免突然断裂。在建筑或机械部件中，这种强度如同支撑梁柱，确保安全可靠。通过先进的制备工艺，这些性能可以得到进一步强化，让钨铜棒适应更严苛的工业环境，犹如一座永不倒塌的堡垒。

4.2.2 钨铜棒的延展性与韧性

延展性源于铜相的柔韧特性，它让钨铜棒在应力作用下能略微变形而不立即破裂，这与纯钨的脆性形成了鲜明对比，使得材料更易于加工和成型。在拉伸或弯曲过程中，这种延展性如同材料的弹性缓冲，吸收部分能量，防止灾难性失效。韧性则反映了材料吸收冲击能量的能力，在振动或碰撞环境中，钨铜棒能缓冲外力，维持整体完整性。这种特性在汽车零件或振动设备中发挥关键作用，它让材料在反复应力下保持耐用，避免疲劳积累导致的损坏。通过优化钨铜界面，延展性和韧性可以进一步提升，让钨铜棒在动态应用中表现出色。

4.2.3 钨铜棒的耐磨性与抗冲击性能

耐磨性是钨铜棒在摩擦环境下的“防护层”，钨的硬质相如同金刚石般抵抗磨损颗粒的侵蚀，显著延长了材料的使用寿命。在高速机械或磨损严重的场合，这种耐磨性确保表面光滑持久，避免性能衰退。抗冲击性能则得益于复合结构的能量分散机制，冲击力在钨铜界面被均匀吸收，防止局部破坏。这种特性如同缓冲垫，在碰撞或掉落时保护材料完整。在军事装备或重工业工具中，耐磨性和抗冲击的结合让钨铜棒成为可靠选择，它能经受严酷考验而保持功能。

4.3 钨铜棒的化学性质

钨铜棒的化学性质决定了其在腐蚀性或高温化学环境中的表现，这些性质如同材料的“免疫系统”，抵抗外部侵蚀，确保长期稳定性和安全性。

4.3.1 钨铜棒的氧化与耐腐蚀性能

氧化性能在高温空气中尤为重要，钨的稳定氧化层如同一层保护膜，减缓了铜相的氧化过程，使得材料在灼热环境中保持完整。这种抗氧化能力让钨铜棒适合于炉膛或排气系统，避免快速劣化。耐腐蚀性能则在酸碱或潮湿环境中闪光，钨铜棒能抵抗多种化学介质的侵蚀，如同一位不惧风雨的守护者。在化工管道或海洋设备中，这种特性延长了寿命，减少了维护需求。通过表面处理，这些性能可以进一步强化，让材料在恶劣化学条件下游刃有余。

4.3.2 钨铜棒的高温化学稳定性

高温化学稳定性让钨铜棒在灼热气体或熔融介质中保持惰性，钨的化学惰性阻止了不必要的反应或分解。这种稳定性如同熔炉中的定海神针，在高温反应器或传感器中确保可靠运行，避免相变带来的失效。在冶金或能源领域，这种特性支持了持续的高温操作，维持材料的结构和功能。

4.3.3 钨铜棒的与其他金属的相容性

与其他金属的相容性是钨铜棒的另一大优势，它能轻松与铝、钢或镍形成稳定界面，避免界面分离或腐蚀。这种相容性如同桥梁，连接不同材料，在复合结构如电子连接器中发挥作用，

版权与法律声明

确保整体系统的稳定性。在焊接或合金化过程中，这种特性简化了工艺，提高了效率。

4.4 钨铜棒的微观结构与组织特征

微观结构是钨铜棒性能的“内部蓝图”，它揭示了钨铜相的分布、结合和演变过程，这些特征如同材料的 DNA，决定了宏观特性的表现。

4.4.1 钨铜棒的晶体结构与相组成

晶体结构以钨的体心立方晶格和铜的面心立方晶格为主，二者独立存在，形成一种伪合金体系。这种结构让材料兼具钨的刚性和铜的柔韧，在显微镜下如同两套和谐的建筑框架。相组成如同精密拼图，钨相提供坚固骨架，铜相填充间隙，确保整体平衡。

4.4.2 钨相与铜相的分布特征

钨相在铜矩阵中均匀分布，如同星星均匀点缀在夜空中，避免了局部聚集导致的不均。这种分布确保了性能的一致性，铜相则形成连续网络，提升传导路径。在制备过程中，通过工艺控制实现这种均匀性，让材料在微观尺度上达到完美和谐。

4.4.3 界面结合机理与显微组织分析

界面结合机理主要依赖机械互锁和微观扩散，钨铜界面形成紧密连接，无明显化合物层干扰。显微组织分析显示，界面光滑而坚固，组织整体均匀，如同精密齿轮的啮合，确保能量和应力的有效传递。在电子显微镜下，这种结构揭示了材料的内在强度来源。



中钨智造科技有限公司
钨铜棒产品介绍

一、钨铜棒概述

钨铜棒是一种由高纯度钨粉与铜通过真空熔渗工艺制备的复合材料。其具有独特的微观结构，并结合了钨的高强度、高熔点与铜的高导电性、高导热性，形成兼具热稳定性、耐磨性和导电性的高性能材料。

二、钨铜棒特性

高导热性：铜的高热导率确保快速散热，适合高功率器件和激光系统。

高强度与耐高温：钨的高熔点和稳定力学性能，使材料在高温极限工况下依然可靠。

耐电弧侵蚀：钨铜复合结构在电气应用中抗电弧烧蚀性能优异，延长电极寿命。

低热膨胀系数：有效降低热应力，提高结构稳定性。

优异加工性能：可精密加工成电极、散热基板或复杂零件，满足多样化需求。

三、钨铜棒性能参数

产品名称	化学成分%			物理机械性能			
	Cu	杂质总和≤	W	密度 (g/cm ³)	硬度 (HB)	电阻率 (MΩ·cm)	抗拉强度 (MPa)
钨铜(50)	50±2.0	0.5	余量	11.85	115	3.2	—
钨铜(55)	45±2.0	0.5	余量	12.3	125	3.5	—
钨铜(60)	40±2.0	0.5	余量	12.75	140	3.7	—
钨铜(65)	35±2.0	0.5	余量	13.3	155	3.9	—
钨铜(70)	30±2.0	0.5	余量	13.8	175	4.1	790
钨铜(75)	25±2.0	0.5	余量	14.5	195	4.5	885
钨铜(80)	20±2.0	0.5	余量	15.15	220	5	980
钨铜(85)	15±2.0	0.5	余量	15.9	240	5.7	1080
钨铜(90)	10±2.0	0.5	余量	16.75	260	6.5	1160

四、钨铜棒产品优势

高性能组合：兼顾强度、导电性、导热性与耐高温性

定制化服务：可按客户需求调整钨铜比例与尺寸

长寿命与稳定性：显著降低维护和更换成本

五、采购信息

邮箱: sales@chinatungsten.com

电话: +86 592 5129595; 592 5129696

更多钨铜棒资讯, 请访问中钨在线网站 (www.tungsten-copper.com)。

更多市场与实时资讯, 请扫描左侧二维码关注微信公众号“中钨在线”。



版权与免责声明

第五章 钨铜棒的主要应用领域

钨铜棒作为一种高性能复合材料，结合了钨的高强度、耐高温特性和铜的优异导电导热性能，广泛应用于多个高技术领域。其独特的物理与化学特性使其能够在苛刻的工作环境中保持稳定性和可靠性，满足电气、电子、航空航天、国防、机械制造及热管理等行业的严格要求。本章将详细探讨钨铜棒在电气与电子、航空航天与国防、机械与模具、热管理以及其他新兴领域的应用，重点分析其功能、优势、挑战及技术要求，通过专业而详尽的描述阐明其在现代工业中的重要地位。

5.1 电气与电子领域

钨铜棒在电气与电子领域具有重要应用，主要得益于其高导电性、优异的耐电弧烧蚀性能和良好的热稳定性。这些特性使其成为高压电触头、开关元件和电极材料的理想选择，广泛用于电力传输、分配以及微电子封装等场景。

在高压电气设备中，钨铜棒常被用作电触头材料。铜相提供低电阻的电流通道，确保高效的电流传输，而钨相的高熔点和硬度有效抵抗电弧引发的高温烧蚀和机械磨损。在高压断路器和开关设备中，钨铜棒触头能够承受频繁的开关操作，保持长期的性能稳定性。例如，在电力分配系统中，钨铜棒触头支持快速断开和闭合，减少电弧引发的能量损失和表面损伤，从而延长设备寿命。此外，其抗粘连性能确保了触头在高电流冲击下不会发生熔焊现象，提高了系统的安全性。

在电子领域，钨铜棒被广泛应用于微电子封装中的电极和连接部件。其热膨胀系数与半导体材料（如硅和砷化镓）高度匹配，有效减少热循环中因膨胀差异导致的应力集中和裂纹形成。这种特性在高功率集成电路和功率放大器的封装中尤为重要，钨铜棒作为基板或电极材料，能够确保芯片与基材的可靠连接，同时通过铜相的高导电性实现高效信号传输。此外，其优异的热导率有助于快速散热，防止芯片过热失效，适用于高性能电子设备如雷达系统和通信模块。

钨铜棒在电火花加工（EDM）电极中的应用也值得关注。其高硬度和耐磨性确保电极在加工过程中保持形状精度，而良好的导电性支持稳定的放电性能。这种特性使其在精密模具制造和复杂零件加工中表现出色，能够加工高硬度材料如钛合金和硬质合金。

5.2 航空航天与国防工业

钨铜棒在航空航天与国防工业中的应用得益于其高密度、耐高温和抗冲击性能，能够在极端环境下保持结构完整性和功能可靠性。这些特性使其成为火箭发动机部件、导弹导引头和装甲穿透材料的优选材料。

在航空航天领域，钨铜棒常用于制造火箭发动机喷嘴的喉衬和热防护部件。其高熔点和热稳定性能够承受燃烧室中的高温高压气体冲刷，避免材料熔化或烧蚀。铜相的高导热性则快速将热量从高温区域导出，防止局部过热，确保喷嘴在长时间运行中的稳定性。此外，钨铜棒的高密度使其在航天器配重系统中具有独特优势，用于调整飞行器的重心位置，确保发射和轨道运行的精确性。例如，在卫星姿态控制系统中，钨铜棒配重块能够提供稳定的惯性平衡，

版权与免责声明

满足高精度的动态要求。

在国防工业中，钨铜棒被用于制造穿甲弹芯和电触头部件。其高密度和硬度使其能够穿透坚硬的装甲材料，而铜相的韧性则增强了弹芯的抗冲击性能，减少断裂风险。此外，钨铜棒在军用电子设备中作为电极材料，能够在高功率脉冲条件下保持稳定，适用于雷达和电子对抗系统。材料的抗腐蚀性和高温稳定性进一步确保了其在恶劣战场环境中的可靠性，例如在高温、高湿或盐雾条件下仍能正常运行。

5.3 机械与模具工业

钨铜棒在机械与模具工业中的应用主要基于其高硬度、耐磨性和良好的加工性能，适用于制造高精度模具、切削工具和耐磨部件。这些特性使其在高负载和摩擦环境中表现出色，延长了设备和工具的使用寿命。

在模具制造中，钨铜棒常用于制作电火花加工模具和冲压模具。其高硬度能够抵抗加工过程中的磨损和变形，确保模具的尺寸精度和表面质量。铜相的导电性则支持高效的电火花放电，适用于加工复杂几何形状的零件，如航空部件和医疗器械。此外，钨铜棒的热导率有助于快速散热，减少模具在连续工作中的热疲劳裂纹，提高生产效率。

在切削工具领域，钨铜棒被用作刀具材料或刀具镶嵌部件。其耐磨性和抗冲击性能能够应对高硬度材料的切削加工，如不锈钢和钛合金，保持刀具的锋利度和使用寿命。同时，铜相的韧性降低了刀具脆断的风险，使其在高速切削和重载加工中更具竞争力。在注塑和压铸模具中，钨铜棒的高温强度和抗热冲击性能确保了模具在反复加热和冷却循环中的稳定性，减少了表面裂纹和变形问题。

5.4 热管理与散热器件

钨铜棒在热管理与散热器件领域中的应用得益于其优异的热导率和低热膨胀系数，使其成为高功率电子设备和热沉材料的理想选择。现代电子设备的高功率密度对散热性能提出了更高要求，钨铜棒在这一领域展现了卓越的能力。

在高功率电子器件中，钨铜棒常被用作热沉基板和散热器材料。其高导热性能能够迅速将芯片或激光器产生的热量传递到外部环境，防止过热导致的性能下降或器件失效。例如，在激光二极管和功率放大器中，钨铜棒热沉有效降低了工作温度，提高了器件的可靠性和寿命。其低热膨胀系数与半导体材料的匹配性减少了热应力，确保长期运行中的结构完整性。

在新能源汽车和 5G 通信设备中，钨铜棒被用于制造电池管理系统和基站的散热模块。其快速导热能力支持高效的热量管理，防止电池过热或信号处理器的热失效。此外，钨铜棒的高强度和耐腐蚀性使其能够在潮湿或高温环境中长期使用，满足户外设备的需求。在热管和换热器制造中，钨铜棒的导热性和机械稳定性进一步提升了系统的效率，适用于数据中心和工业冷却系统。

5.5 其他应用领域

除了上述主要领域，钨铜棒还在多个新兴和专业化领域展现出潜力，其多功能性使其应用范

围不断扩展。

在医疗领域，钨铜棒被用于制造放射治疗设备的屏蔽部件和准直器。其高密度能够有效屏蔽X射线和伽马射线，保护患者和医务人员免受辐射伤害，同时其加工性能支持复杂形状的制作。此外，钨铜棒在医疗成像设备中作为电极或散热部件，提升了设备的性能和稳定性。

在新能源领域，钨铜棒被应用于光伏和风能发电系统中的电接触部件。其高导电性和耐磨性支持高效的电流传输，而耐腐蚀性则确保了设备在户外环境中的长期可靠性。例如，在太阳能逆变器中，钨铜棒作为连接器材料，能够承受高电流和频繁切换的挑战。

在科学研究中，钨铜棒常用于高温实验装置和粒子加速器的部件。其耐高温和抗冲击性能使其能够承受极端实验条件，如高温等离子体环境或高能粒子撞击。此外，其导电性和热导率支持精密实验设备中的信号传输和热量管理。

在体育和娱乐领域，钨铜棒被用于制造高精度运动器材，如高尔夫球杆的配重块。其高密度允许在小体积内实现理想的重量分布，改善器材的平衡性和操控性。这种应用虽然小众，但展示了钨铜棒在非工业领域的潜力。

综上所述，钨铜棒凭借其优异的综合性能，在电气与电子、航空航天与国防、机械与模具、热管理以及其他新兴领域中展现了广泛的应用前景。其高导电性、耐高温性和机械强度的结合，使其能够应对复杂和苛刻的工作环境，为现代工业和科技发展提供了可靠支持。随着材料科学的进步，钨铜棒的应用领域有望进一步拓展，为更多行业带来创新解决方案。



中钨智造科技有限公司
钨铜棒产品介绍

一、钨铜棒概述

钨铜棒是一种由高纯度钨粉与铜通过真空熔渗工艺制备的复合材料。其具有独特的微观结构，并结合了钨的高强度、高熔点与铜的高导电性、高导热性，形成兼具热稳定性、耐磨性和导电性的高性能材料。

二、钨铜棒特性

高导热性：铜的高热导率确保快速散热，适合高功率器件和激光系统。

高强度与耐高温：钨的高熔点和稳定力学性能，使材料在高温极限工况下依然可靠。

耐电弧侵蚀：钨铜复合结构在电气应用中抗电弧烧蚀性能优异，延长电极寿命。

低热膨胀系数：有效降低热应力，提高结构稳定性。

优异加工性能：可精密加工成电极、散热基板或复杂零件，满足多样化需求。

三、钨铜棒性能参数

产品名称	化学成分%			物理机械性能			
	Cu	杂质总和≤	W	密度 (g/cm ³)	硬度 (HB)	电阻率 (MΩ·cm)	抗拉强度 (MPa)
钨铜(50)	50±2.0	0.5	余量	11.85	115	3.2	—
钨铜(55)	45±2.0	0.5	余量	12.3	125	3.5	—
钨铜(60)	40±2.0	0.5	余量	12.75	140	3.7	—
钨铜(65)	35±2.0	0.5	余量	13.3	155	3.9	—
钨铜(70)	30±2.0	0.5	余量	13.8	175	4.1	790
钨铜(75)	25±2.0	0.5	余量	14.5	195	4.5	885
钨铜(80)	20±2.0	0.5	余量	15.15	220	5	980
钨铜(85)	15±2.0	0.5	余量	15.9	240	5.7	1080
钨铜(90)	10±2.0	0.5	余量	16.75	260	6.5	1160

四、钨铜棒产品优势

高性能组合：兼顾强度、导电性、导热性与耐高温性

定制化服务：可按客户需求调整钨铜比例与尺寸

长寿命与稳定性：显著降低维护和更换成本

五、采购信息

邮箱: sales@chinatungsten.com

电话: +86 592 5129595; 592 5129696

更多钨铜棒资讯, 请访问中钨在线网站 (www.tungsten-copper.com)。

更多市场与实时资讯, 请扫描左侧二维码关注微信公众号“中钨在线”。



版权与免责声明

第六章 钨铜棒的生产设备与工艺控制

钨铜棒的制备是一项复杂的粉末冶金工艺，涉及多个关键环节，包括粉末制备、成形、烧结、真空熔渗、后处理以及质量检测。每一环节都需要精密的生产设备和严格的工艺控制，以确保材料性能的稳定性和一致性。生产设备的设计与操作直接决定了钨铜棒的微观结构、物理性能和最终产品质量，而工艺控制则通过精确的参数管理实现高效率 and 低缺陷率。本章将详细阐述钨铜棒生产过程中涉及的主要设备及其功能，结合工艺控制的关键点，分析设备选型、操作要求及优化策略，为工业生产提供技术指导。

6.1 粉末制备与成形设备

粉末制备与成形设备是钨铜棒生产的基础环节，用于制备高纯度钨粉和电解铜粉，并将其压制初步形状的坯体。这些设备需确保粉末的纯度、粒度分布和成形坯体的均匀性，以为后续烧结和熔渗奠定基础。

粉末制备设备主要包括氢气还原炉和电解精炼系统。氢气还原炉用于从钨酸盐或三氧化钨中制备高纯钨粉，通常采用管式炉或回转炉，配备精密的温度控制系统和氢气供应装置。炉内温度分区明确，初级还原和二级还原分别在不同温区进行，确保粉末粒度均匀且氧含量低。电解精炼系统用于生产电解铜粉，包含电解槽、阴极板和电流控制装置，电解液循环系统确保铜粉的高纯度和一致性。此外，气流分级机和振动筛用于调控粉末粒度分布，通过高速气流或筛网分离不同尺寸颗粒，确保钨粉和铜粉的粒径满足工艺要求。

成形设备主要包括单轴压制机和等静压机。单轴压制机通过液压或机械驱动，将钨粉（可混入少量铜粉或粘结剂）在钢模中压缩成坯体，配备压力传感器和自动化控制系统以实现精确的压力施加和保压时间控制。等静压机则通过液体或气体介质施加均匀压力，适用于大尺寸或复杂形状坯体的成形，配备高压泵和柔性模具，能够显著提高坯体密度均匀性。成形过程中，设备的模具设计和脱模系统至关重要，需采用耐磨材料并配备润滑装置，以防止坯体表面缺陷或粘模现象。

工艺控制方面，粉末制备需严格监控还原气氛、温度梯度和电解液成分，确保粉末纯度达到99.95%以上，粒度分布控制在1-5 μm 范围内。成形工艺中，压力、粘结剂添加量和脱模速度需精确调节，以避免坯体裂纹或密度梯度。设备维护和清洁也是关键，防止杂质污染或设备磨损影响粉末质量。

6.2 真空烧结与预制体制备设备

真空烧结与预制体制备设备用于将压制坯体转化为具有适当孔隙率和强度的多孔钨骨架，为后续真空熔渗提供结构基础。这些设备需具备高精度温度控制和气氛管理能力，以确保烧结过程的稳定性和骨架的均匀性。

真空烧结炉是核心设备，通常采用电阻加热或感应加热方式，配备多区温控系统和真空泵组。炉体由耐高温材料（如不锈钢或石英）制成，内部配置石墨或钨质加热元件，能够实现1200-1600 $^{\circ}\text{C}$ 的高温烧结。真空泵系统包括机械泵和扩散泵，维持炉内真空度低于 10^{-3} Pa，防止氧化并促进气体排出。部分烧结炉支持氢气气氛烧结，配备氢气供应和尾气处理系统，以还

版权与免责声明

原表面氧化物并提高颗粒结合效率。多区加热设计确保温度场均匀，减少坯体变形或局部过烧。

预制体制备还可能涉及辅助设备，如脱脂炉和造孔剂处理系统。脱脂炉用于去除压制坯体中的粘结剂（如聚乙烯醇），通过低温（400–600℃）加热在保护气氛下分解有机物，避免残留碳化物影响骨架质量。造孔剂处理系统用于添加和移除临时造孔剂（如碳酸氢铵），通过精准计量和热处理工艺调控孔隙率。

工艺控制中，烧结温度、保温时间和升温速率是关键参数。温度需逐步升高，避免热应力导致坯体开裂；保温时间控制在 2–4 小时，确保颗粒间形成牢固颈部连接。真空度或氢气流量的实时监测防止氧化或杂质引入。孔隙率的调控通过粉末粒度配比和烧结参数优化实现，目标是获得 20–40% 的连通孔隙率，以支持后续铜液渗透。

6.3 真空熔渗设备

真空熔渗设备是钨铜棒生产的核心，负责将熔融铜液渗入多孔钨骨架，形成致密的复合材料。该设备需具备高真空性能、精确的温度控制和稳定的操作环境，以确保铜液均匀填充并避免缺陷。

真空熔渗炉通常由真空室、加热系统、真空泵组和冷却系统组成。真空室采用耐高温材料制造，内部配置石墨坩埚，用于盛放钨预制体和铜块。加热系统多采用中频感应加热，能够快速升温至 1100–1300℃，确保铜液完全熔化并具有适当流动性。真空泵组包括罗茨泵和分子泵，维持真空度低于 10^{-3} Pa，排除气体阻力，促进铜液自发渗透。冷却系统通过水冷或气冷方式控制降温速率，防止热应力引发裂纹。部分先进设备配备高压气体辅助系统，通过惰性气体（如氩气）施加额外压力，增强渗透深度。

熔渗炉的操作流程包括预热、熔化、渗透和冷却四个阶段。预热阶段将钨预制体加热至 1000–1100℃，去除表面吸附气体；熔化阶段将铜块加热至熔点以上，铜液在毛细力和真空负压作用下渗入骨架；保温阶段确保铜液充分填充孔隙；冷却阶段则通过程序化降温避免组织缺陷。设备需配备高精度的温度传感器和真空度监测系统，实时反馈工艺参数。

工艺控制中，渗铜温度、真空度和保温时间是关键。温度需高于铜熔点但低于钨的重结晶温度，以避免铜挥发或骨架晶粒粗化。真空度需保持稳定，防止气泡形成或氧化反应。渗透动力学受孔隙尺寸和润湿性影响，需通过预制体设计和添加润湿剂（如微量铬）优化。设备维护方面，坩埚和加热元件的定期检查至关重要，以防止材料污染或热效率下降。

6.4 后处理与机械加工设备

后处理与机械加工设备用于消除制备过程中的残余应力、调整材料性能并实现精密尺寸成型。这些设备需具备高精度和耐磨性，以应对钨铜棒的高硬度和复合特性。

后处理设备主要包括热处理炉和退火炉。热处理炉采用氢气或真空保护气氛，在 800–1000℃ 下保温 1–3 小时，消除熔渗和冷却过程中产生的残余应力，提高材料韧性。退火炉通过多级加热和缓慢冷却优化晶体结构，减少内部缺陷。设备配备精确的温控系统和气氛循环装置，

确保热处理过程的均匀性和安全性。

机械加工设备包括数控车床、铣床、磨床和电火花加工机。数控车床和铣床用于粗加工和精加工，配备金刚石或硬质合金刀具，适应钨铜棒的高硬度。切削速度和进给量需严格控制，避免过热或表面损伤。磨床用于实现高表面光洁度 ($Ra < 0.2 \mu m$)，通过多轴联动实现复杂形状加工。电火花加工机适用于精密模具和微小特征的加工，利用钨铜棒自身的导电性进行高效放电加工。加工过程中，冷却液循环系统和刀具磨损监测装置是关键，确保加工精度和设备寿命。

工艺控制中，热处理需优化温度曲线和保温时间，防止过热导致铜相析出或强度下降。机械加工需通过数控编程和在线测量控制尺寸公差在 0.01 mm 以内。刀具选择和切削参数的匹配对避免微裂纹和表面粗糙至关重要。

6.5 检测与质量控制设备

检测与质量控制设备用于评估钨铜棒的性能和一致性，确保产品满足设计要求。这些设备覆盖物理、化学和微观结构分析，贯穿生产全流程。

密度测量设备包括阿基米德密度计和 X 射线密度扫描仪，用于评估材料的致密性和孔隙率，确保熔渗后无未填充区域。热导率测试仪采用激光闪光法或热流法，测量钨铜棒的热导性能，验证其热管理能力。电导率测试仪通过四点探针法测量电阻率，确保材料满足电气应用要求。力学性能测试设备包括万能试验机和硬度计，分别用于拉伸、压缩、弯曲和硬度测试，评估材料的强度和耐磨性。

微观结构分析设备包括扫描电子显微镜 (SEM)、X 射线衍射仪 (XRD) 和能谱仪 (EDS)。SEM 用于观察钨铜相分布和界面结合，检测是否存在裂纹或未渗透区域；XRD 分析晶体结构和相组成，确保无杂质相生成；EDS 检测元素分布，验证材料纯度和均匀性。无损检测设备如超声波探伤仪和 X 射线 CT 扫描仪用于发现内部缺陷，如气泡或夹杂物，确保产品质量。

工艺控制中，检测需覆盖原材料、半成品和成品的全流程。粉末阶段通过粒度分析仪和化学分析确保质量；烧结和熔渗阶段通过在线监测温度和真空度控制工艺稳定性；成品阶段通过多维度检测验证性能一致性。数据管理系统用于记录和分析检测结果，通过统计过程控制 (SPC) 方法优化生产参数，降低缺陷率。



第七章 钨铜棒的质量检测与评价方法

钨铜棒作为一种高性能复合材料，其质量检测与评价是确保其在电气、电子、航空航天、热管理等应用领域中稳定性和可靠性的关键环节。质量检测不仅涵盖外观和尺寸的初步检查，还包括物理性能、力学性能、化学性能以及显微结构的全面评估。这些检测方法通过精密的设备和标准化的流程，全面验证钨铜棒是否满足设计要求，识别潜在缺陷并为工艺优化提供依据。本章将系统阐述钨铜棒的质量检测与评价方法，详细分析各检测环节的技术原理、操作流程、设备要求及关键控制点，同时对比国际常用标准，为生产和应用提供专业指导。

7.1 钨铜棒的外观与尺寸检测

外观与尺寸检测是钨铜棒质量控制的首要步骤，旨在确保材料表面质量和几何精度符合设计规范，为后续性能测试奠定基础。外观检测关注材料的表面完整性，检查是否存在裂纹、气孔、夹杂物、铜池或烧伤等缺陷，这些缺陷可能源于制备过程中的压制不均、烧结缺陷或熔渗不足。检测通常采用目视检查结合放大镜或低倍显微镜进行，操作人员需在明亮且均匀的光源下观察棒材表面，确保无肉眼可见的瑕疵。对于复杂形状的钨铜棒，工业内窥镜可用于检查内部表面或难以触及的区域。

尺寸检测则确保钨铜棒的几何参数（如直径、长度、圆度）符合公差要求，通常采用高精度测量工具。千分尺和游标卡尺用于测量基本尺寸，精度可达 0.01 mm；对于更高精度的要求，三坐标测量机（CMM）通过多点接触式探针扫描，获取棒材的三维轮廓，检测公差是否在 0.005 mm 以内。激光扫描仪则通过非接触方式快速获取表面轮廓数据，适用于大批量生产中的快速检测。尺寸检测还需考虑热处理或机械加工后可能发生的微小变形，因此在不同生产阶段需进行多次测量。

工艺控制中，外观检测需建立标准化的缺陷分类体系，例如按缺陷尺寸和类型（如裂纹长度

版权与免责声明

<0.1 mm 为合格）制定判定标准。尺寸检测需校准测量设备，确保重复性和准确性，同时记录环境温度以修正热膨胀影响。缺陷的早期识别可追溯至制备工艺的特定环节，如压制压力不足或熔渗温度过高，为工艺优化提供数据支持。

7.2 钨铜棒的物理性能测试

物理性能测试评估钨铜棒的密度、导热性、导电性和热膨胀特性，这些性能直接影响其在热管理和电气应用中的表现。密度测试通过阿基米德原理进行，使用高精度电子天平测量棒材在空气和液体中的质量，计算密度并与理论值对比，评估熔渗的完整性和孔隙率。典型钨铜棒的密度随钨含量（50–90 wt%）变化而介于 11.8–17.0 g/cm³ 之间，密度偏差可反映内部未填充区域或铜分布不均。

导热性测试采用激光闪光法，设备包括激光热导仪和样品加热装置。棒材样品被激光脉冲加热，红外探测器测量背面温度随时间的变化，计算导热率。钨铜棒的导热率通常在 180–250 W/m·K 之间，取决于铜含量和微观结构均匀性。导电性测试使用四点探针法，通过恒定电流源和电压计测量电阻率，转换为电导率（通常为 30–50% IACS）。高导电性是电气触头应用的关键，而导热性则决定热沉性能。

热膨胀系数测试通过热机械分析仪（TMA）进行，样品在控制温度下（20–1000°C）受热，测量其线性膨胀。钨铜棒的热膨胀系数通常在 $6-10 \times 10^{-6}/K$ 之间，与半导体材料匹配良好，适合电子封装。测试需控制升温速率（5–10°C/min）以避免热应力影响结果。

工艺控制中，物理性能测试需确保样品制备的一致性，如表面平整度和尺寸标准化。测试环境需控制湿度与温度，防止外界干扰。结果分析通过统计方法（如均值和标准偏差）评估批次一致性，异常值可提示工艺缺陷，如孔隙率过高或铜相分布不均。

7.3 钨铜棒的力学性能测试

力学性能测试评估钨铜棒的硬度、强度、韧性和耐磨性，确保其在机械应力环境下的可靠性。硬度测试采用维氏或布氏硬度计，通过压头在棒材表面施加特定载荷，测量压痕尺寸。钨铜棒的硬度随钨含量增加而提高，通常在 100–250 HV 范围内，适用于耐磨应用如模具和电极。

强度测试包括拉伸、压缩和弯曲试验，使用万能试验机进行。拉伸试验测量抗拉强度和延伸率，钨铜棒的抗拉强度通常在 500–800 MPa，延伸率较低（1–5%），反映其有限的延展性。压缩试验评估抗压强度，适用于配重或高压部件，通常在 800–1200 MPa 范围内。三点弯曲试验则测量抗弯强度和断裂韧性，反映材料在动态负载下的表现。测试需使用标准样品（如 ASTM E8 规定的拉伸试样），并控制加载速率以确保结果准确。

耐磨性测试采用摩擦磨损试验机，通过样品与标准磨料（如氧化铝）在特定载荷下的相对滑动，测量质量损失或磨痕深度。抗冲击性能测试则通过落锤试验或夏比冲击试验机进行，评估材料吸收冲击能量的能力。钨铜棒的耐磨性和抗冲击性能得益于钨的硬度和铜的韧性，适用于高速切削或振动环境。

工艺控制中，力学测试需确保样品表面无缺陷，测试设备需定期校准。测试结果需结合微观

结构分析，评估是否因界面结合不良或孔隙导致性能下降。批次间的力学性能一致性通过统计过程控制（SPC）监控，确保产品质量稳定。

7.4 钨铜棒的化学性能检测

化学性能检测评估钨铜棒的抗氧化性、耐腐蚀性和高温化学稳定性，确保其在苛刻化学环境中的可靠性。抗氧化性测试通过热重分析仪（TGA）进行，将样品在空气或氧气氛围中加热（200-1000°C），测量质量变化以评估氧化速率。钨铜棒因钨的稳定氧化层而具有较好的抗氧化性，铜相的氧化倾向在高温下得到抑制。

耐腐蚀性测试采用浸泡试验或电化学测试。浸泡试验将样品置于酸性（如硫酸）、碱性（如氢氧化钠）或盐雾环境中，观察表面腐蚀程度和质量损失。电化学测试通过电位动力学极化法，测量腐蚀电位和腐蚀电流密度，评估材料在腐蚀介质中的稳定性。钨铜棒在多种化学环境中表现出较好的耐腐蚀性，适合海洋或化工应用。

高温化学稳定性测试在高温炉中进行，样品暴露于特定气体（如氮气、氢气或二氧化碳）中，检测是否发生相变或化学反应。钨铜棒的高温惰性使其在高温反应器或传感器中表现稳定。

工艺控制中，化学性能测试需控制环境条件（如温度、湿度、气体纯度），确保结果可重复。样品表面需清洁以避免污染影响测试。结果分析需结合微观结构，评估是否因杂质或界面缺陷导致化学性能下降。

7.5 钨铜棒的显微组织与结构分析

显微组织与结构分析深入揭示钨铜棒的微观特性，评估钨铜相分布、界面结合和缺陷情况，为性能优化提供依据。扫描电子显微镜（SEM）是主要工具，用于观察钨铜相的分布和形态，检测是否存在未渗透区域、裂纹或夹杂物。SEM 配备背散射电子（BSE）模式，可区分钨（高原子序数，亮区）和铜（暗区），清晰显示相分布均匀性。

X 射线衍射仪（XRD）用于分析晶体结构和相组成，验证钨的体心立方和铜的面心立方结构，检测是否生成杂质相（如氧化物）。能量色散谱仪（EDS）结合 SEM 使用，分析元素分布，评估钨铜比例和杂质含量，确保材料纯度。电子背散射衍射（EBSD）进一步提供晶粒取向和界面特性，揭示钨铜结合机制。

体视显微镜和光学显微镜用于低倍观察，评估宏观组织均匀性和表面缺陷。X 射线计算机断层扫描（CT）用于无损检测内部结构，识别隐藏的气泡、裂纹或不均匀区域。孔隙率分析通过水银压入法或图像分析软件进行，量化孔隙分布和连通性。

工艺控制中，显微分析需使用标准样品制备流程（如抛光、蚀刻），避免引入伪影。测试结果需结合物理和力学性能，分析微观结构对宏观性能的影响。异常组织（如铜池或孔隙）可追溯至熔渗或烧结工艺的缺陷，为优化提供依据。

版权与免责声明

中钨智造科技有限公司
钨铜棒产品介绍

一、钨铜棒概述

钨铜棒是一种由高纯度钨粉与铜通过真空熔渗工艺制备的复合材料。其具有独特的微观结构，并结合了钨的高强度、高熔点与铜的高导电性、高导热性，形成兼具热稳定性、耐磨性和导电性的高性能材料。

二、钨铜棒特性

高导热性：铜的高热导率确保快速散热，适合高功率器件和激光系统。

高强度与耐高温：钨的高熔点和稳定力学性能，使材料在高温极限工况下依然可靠。

耐电弧侵蚀：钨铜复合结构在电气应用中抗电弧烧蚀性能优异，延长电极寿命。

低热膨胀系数：有效降低热应力，提高结构稳定性。

优异加工性能：可精密加工成电极、散热基板或复杂零件，满足多样化需求。

三、钨铜棒性能参数

产品名称	化学成分%			物理机械性能			
	Cu	杂质总和≤	W	密度 (g/cm ³)	硬度 (HB)	电阻率 (MΩ·cm)	抗拉强度 (MPa)
钨铜(50)	50±2.0	0.5	余量	11.85	115	3.2	—
钨铜(55)	45±2.0	0.5	余量	12.3	125	3.5	—
钨铜(60)	40±2.0	0.5	余量	12.75	140	3.7	—
钨铜(65)	35±2.0	0.5	余量	13.3	155	3.9	—
钨铜(70)	30±2.0	0.5	余量	13.8	175	4.1	790
钨铜(75)	25±2.0	0.5	余量	14.5	195	4.5	885
钨铜(80)	20±2.0	0.5	余量	15.15	220	5	980
钨铜(85)	15±2.0	0.5	余量	15.9	240	5.7	1080
钨铜(90)	10±2.0	0.5	余量	16.75	260	6.5	1160

四、钨铜棒产品优势

高性能组合：兼顾强度、导电性、导热性与耐高温性

定制化服务：可按客户需求调整钨铜比例与尺寸

长寿命与稳定性：显著降低维护和更换成本

五、采购信息

邮箱: sales@chinatungsten.com

电话: +86 592 5129595; 592 5129696

更多钨铜棒资讯, 请访问中钨在线网站 (www.tungsten-copper.com)。

更多市场与实时资讯, 请扫描左侧二维码关注微信公众号“中钨在线”。



版权与免责声明

7.6 国际常用检测标准与方法对比

国际上对钨铜棒的检测遵循一系列标准化的规范，确保测试结果的可比性和可靠性。以下对比主要国际标准及其适用范围：

1. ASTM 标准

- ASTM B702：规定了钨铜复合材料的化学成分、物理性能和力学性能测试方法，适用于电气触头和热沉材料的检测。包括密度、导电性、硬度和拉伸测试规范，强调样品制备和测试条件的一致性。

- ASTM E8：拉伸试验标准，适用于钨铜棒的强度和延展性测试，规定了试样尺寸和加载速率。

- ASTM E384：维氏硬度测试标准，适用于评估钨铜棒的硬度，特别强调压头选择和载荷控制。

2. ISO 标准

- ISO 4499-2：硬质合金硬度测试标准，可部分适用于钨铜棒，规定了布氏和维氏硬度的测量方法。

- ISO 3369：密度测试标准，采用阿基米德原理，适用于钨铜棒的致密度评估。

- ISO 6892-1：金属材料拉伸试验标准，适用于高温和室温下的力学性能测试。

3. 中国国家标准（GB/T）

- GB/T 3458-2006：钨粉技术条件，规定了钨粉的纯度、粒度和杂质检测方法，间接影响钨铜棒的原材料质量。

- GB/T 8320-2017：钨铜合金电气触头材料标准，涵盖导电性、耐磨性和抗电弧性能的测试要求。

- GB/T 26038-2020：钨基复合材料标准，规定了密度、热导率和显微结构分析方法。

4. 其他标准

- JIS H 0502（日本）：金属材料耐磨性测试标准，适用于钨铜棒的摩擦磨损性能评估。

- DIN EN 623-4（欧洲）：电子材料导电性测试标准，适用于钨铜棒的电阻率测量。

方法对比：

- ASTM 标准更注重电气和热管理应用的测试，强调导电性和热导率；ISO 标准更通用，适用于多种金属复合材料；中国标准结合国情，增加了对原材料和触头应用的详细规定。密度测试中，阿基米德法（ASTM、ISO）简单高效，但 X 射线 CT（GB/T）更适合检测内部孔隙。力学测试中，ASTM E8 和 ISO 6892-1 在拉伸试验方法上相似，但 ISO 更注重高温测试。显微分析中，SEM 和 XRD 是国际通用的核心方法，但 EBSD 在 ASTM 中应用更广，适合界面分析。

工艺控制中，需根据应用场景选择适当标准，如电气触头优先采用 GB/T 8320，热沉材料则参考 ASTM B702。测试设备的校准和操作人员的培训是确保标准执行一致性的关键。多标准对比可优化检测流程，提高结果的国际认可度。

版权与免责声明



第八章 钨铜棒的标准与规范

钨铜棒作为一种高性能复合材料，其性能和质量要求在全球范围内受到严格的标准与规范约束。这些标准涵盖了材料的化学成分、物理性能、力学性能、制造工艺及检测方法，确保产品在电气、电子、航空航天、热管理等领域的可靠性和一致性。不同国家和地区的标准体系因工业背景和应用需求而异，但均旨在为钨铜棒的生产、测试和应用提供统一的技术指南。本章将系统阐述中国、国际、美国、欧洲和日本的钨铜棒相关标准，分析其要求、适用范围及差异，并对比评估其适用性。

8.1 钨铜棒的中国国家与行业标准

中国国家与行业标准为钨铜棒的生产 and 应用提供了详尽的技术规范，结合国内工业特点，覆盖原材料、制造工艺、性能测试及质量控制。以下是主要相关标准：

-GB/T 3458-2006 钨粉技术条件：该标准规定了钨粉的化学成分、粒度分布、松装密度及杂质含量要求，适用于钨铜棒制备中的原材料控制。标准要求钨粉纯度不低于 99.95%，氧含量低于 0.05 wt%，粒度范围 1-5 μm ，确保粉末适合压制和烧结工艺。还规定了检测方法，如 X 射线荧光光谱（XRF）分析杂质和激光粒度分析仪测定粒度。

-GB/T 8320-2017 钨铜合金电气触头材料：该标准专为钨铜棒作为电气触头材料制定，涵盖化学组成、导电性、耐磨性和抗电弧性能要求。标准规定钨含量范围为 50-90 wt%，电导率不低于 30% IACS，硬度范围 100-250 HV。测试方法包括四点探针法测量电阻率、维氏硬度测试及电弧烧蚀试验，适用于高压开关和断路器触头。

-GB/T 26038-2020 钨基复合材料技术条件：该标准适用于钨铜棒等钨基复合材料，规定了密度（11.8-17.0 g/cm^3 ）、热导率（180-250 $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ）和热膨胀系数（ $6-10\times 10^{-6}/\text{K}$ ）等性

版权与法律声明

能要求。标准还包括显微结构分析要求，强调钨铜相均匀分布和无明显孔隙。检测方法包括阿基米德密度测试、激光闪光法导热测试及扫描电子显微镜（SEM）观察。

-YS/T 649-2016 有色金属工业钨铜合金标准：该行业标准针对钨铜棒的化学成分和机械加工性能，规定了不同钨铜比例（如 W70Cu30、W80Cu20）的性能参数，适用于电极和热沉应用。标准要求表面粗糙度 $Ra < 0.2 \mu m$ ，尺寸公差 $\pm 0.01 mm$ ，并规定了化学分析和力学测试方法。

中国标准注重实用性和生产可操作性，结合国内钨资源优势，强调原材料纯度和电气性能，适用于电气触头和热管理领域。工艺控制要求严格，检测方法详细，为大规模生产提供了明确指导。

8.2 钨铜棒的国际标准（ISO、ASTM、IEC 等）

国际标准为钨铜棒的全球贸易和应用提供了统一规范，主要由国际标准化组织（ISO）、国际电工委员会（IEC）等制定，涵盖材料性能和测试方法。

-ISO 4499-2:2020 硬质合金硬度测试：虽然主要针对硬质合金，该标准部分适用于钨铜棒的硬度测试，规定了维氏和布氏硬度测量方法，要求测试载荷范围 5-100 kgf，确保压痕尺寸准确。标准强调设备校准和样品表面准备，适用于评估钨铜棒的耐磨性。

-ISO 3369:2006 金属材料密度测试：该标准规定了阿基米德法测量密度的流程，适用于钨铜棒的致密度评估。要求测试液体（如去离子水）纯度高，温度控制在 $20 \pm 0.5^\circ C$ ，以确保测量精度。标准适用于验证熔渗工艺的完整性。

-ISO 6892-1:2019 金属材料拉伸试验：该标准规定了室温和高温下的拉伸试验方法，适用于钨铜棒的抗拉强度和延伸率测试。要求试样符合标准尺寸（如圆柱形试样，直径 6-12 mm），加载速率控制在 0.5-2 mm/min，适用于评估材料在机械应力下的性能。

-IEC 60468:1974 电气触头材料测试方法：该标准针对电气触头材料的导电性和抗电弧性能，适用于钨铜棒在开关设备中的应用。规定了电阻率测试（四点探针法）和电弧烧蚀试验，要求电导率不低于 30% IACS，抗电弧性能通过循环测试验证。

国际标准具有通用性，强调跨国应用的兼容性，测试方法科学严谨，适合出口产品和高端应用。ISO 标准侧重材料性能的通用测试，IEC 则专注于电气性能，确保钨铜棒在全球电气设备中的可靠性。

8.3 钨铜棒的美国标准（ASTM、ANSI、SAE）

美国标准以其严谨性和应用导向性著称，主要由美国材料与试验协会（ASTM）、美国国家标准协会（ANSI）等制定，广泛应用于北美市场和航空航天领域。

-ASTM B702-93 (2019) 钨铜复合材料标准：该标准专为钨铜复合材料制定，涵盖化学成分、物理性能和力学性能要求。规定钨含量 50-90 wt%，密度 11.8-17.0 g/cm³，电导率 30-50%

版权与免责声明

IACS，热导率 180-250 W/m·K。测试方法包括阿基米德密度测试、四点探针法电阻率测试和激光闪光法导热测试，适用于电气触头和热沉材料。

-ASTM E8/E8M-21 金属材料拉伸试验：该标准规定了拉伸试验的样品制备、测试条件和数据处理方法，适用于钨铜棒的抗拉强度（500-800 MPa）和延伸率测试。要求试样表面无缺陷，测试温度控制在 $23 \pm 2^\circ\text{C}$ ，加载速率 0.015-0.05 mm/s。

-ASTM E384-17 维氏硬度测试：该标准适用于钨铜棒的硬度测试，规定载荷范围 0.1-100 kgf，压痕测量精度 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 。要求测试表面抛光至 $Ra < 0.1 \mu\text{m}$ ，确保结果准确。

-ANSI C63.2-2016 电磁兼容性测试：虽然主要针对电磁设备，该标准部分适用于钨铜棒作为电极材料的导电性测试，强调低电阻率和抗电弧性能，适用于雷达和通信设备。

美国标准注重电气和热管理应用的测试要求，检测方法详细，设备校准严格，适合高精度和高端市场。ASTM 标准在航空航天和电子行业应用广泛，确保钨铜棒满足苛刻的性能需求。

8.4 钨铜棒的欧洲标准（EN、DIN、BS）

欧洲标准由欧洲标准化委员会（EN）、德国工业标准（DIN）和英国标准协会（BS）制定，注重材料性能和环保要求，适用于欧盟市场的钨铜棒生产和应用。

-EN 623-4:2004 电子材料导电性测试：该标准规定了金属复合材料的电阻率测试方法，适用于钨铜棒作为电极和触头的应用。要求使用四点探针法，电导率不低于 30% IACS，测试环境温度 $20-25^\circ\text{C}$ 。

-DIN EN ISO 6507-1:2018 维氏硬度测试：该标准与 ASTM E384 类似，适用于钨铜棒的硬度测试，规定载荷范围 0.2-100 kgf，要求测试表面平整度高，压痕测量精度 $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 。标准强调测试重复性，适用于耐磨性评估。

-EN ISO 6892-1:2019 金属材料拉伸试验：与 ISO 标准一致，规定了钨铜棒的拉伸强度和延伸率测试方法，适用于机械性能评估。要求试样加工精度高，测试机校准符合 ISO 7500-1。

-BS EN 1011-1:2009 焊接材料相容性：该标准部分适用于钨铜棒与其他金属的焊接性能测试，规定了界面结合强度和耐腐蚀性测试方法，适用于复合结构应用。

欧洲标准注重环保和安全性，测试方法与国际标准高度兼容，适合出口欧盟的钨铜棒产品。DIN 和 EN 标准在机械和电子行业应用广泛，强调材料性能的可靠性和一致性。

8.5 钨铜棒的日本标准（JIS）

日本工业标准（JIS）为钨铜棒的生产 and 应用提供了技术规范，结合日本制造业的高精度要求，适用于电子和模具行业。

-JIS H 0502:1986 金属材料耐磨性测试：该标准规定了摩擦磨损试验方法，适用于钨铜棒

作为模具或电极材料的耐磨性评估。要求使用标准磨料（如氧化铝），测试载荷 5-50 N，测量质量损失或磨痕深度。

-JIS Z 2241:2011 金属材料拉伸试验：该标准规定了拉伸试验的样品制备和测试条件，适用于钨铜棒的抗拉强度和延伸率测试。要求试样尺寸符合标准，加载速率 0.5-2 mm/min。

-JIS G 0557:2006 硬度测试方法：该标准适用于维氏和布氏硬度测试，规定了钨铜棒的硬度测量流程，要求测试表面抛光，载荷范围 0.1-100 kgf。

-JIS C 2520:1999 电工用铜合金：虽然主要针对铜合金，该标准部分适用于钨铜棒的导电性测试，规定了电阻率测量方法，要求电导率满足电气触头应用需求。

JIS 标准注重高精度制造和电子应用的测试要求，检测方法简洁高效，适合日本市场的精密加工和电子行业。标准强调设备校准和操作规范化，确保测试结果的可靠性。

8.6 钨铜棒标准对比与适用性分析

不同国家和地区的标准在钨铜棒的性能要求和测试方法上存在共性与差异，对比分析有助于选择适合的规范并优化生产与应用。

共性：

-化学成分：各标准均要求钨铜棒的高纯度和低杂质含量，如 GB/T 3458 和 ASTM B702 规定钨纯度 $\geq 99.95\%$ ，铜纯度 $\geq 99.99\%$ 。

-物理性能：密度、导电性和导热性是核心测试项目，ISO 3369、ASTM B702 和 GB/T 26038 均采用阿基米德法和激光闪光法，测试范围相似（密度 11.8-17.0 g/cm³，导热率 180-250 W/m·K）。

-力学性能：拉伸试验和硬度测试是普遍要求，ISO 6892-1、ASTM E8 和 JIS Z 2241 在试样设计和加载速率上高度一致。

-检测方法：SEM、XRD 和四点探针法是国际通用的微观结构和导电性测试方法，确保结果可比性。

差异：

-侧重点：中国标准（GB/T 8320）强调电气触头性能，ASTM B702 注重热管理和航空航天应用，IEC 60468 专注电气性能，JIS H 0502 突出耐磨性。

-测试条件：ASTM 和 ISO 标准对高温测试要求更严格（如拉伸试验温度可达 1000℃），而中国标准更注重室温性能。JIS 标准对表面粗糙度要求更高（Ra<0.1 μm），适合精密加工。

-环保要求：欧洲标准（EN）强调材料的环境相容性和回收性，规定了有害物质限制，而其他标准较少涉及。

-适用范围：ASTM 和 ISO 标准更适合国际贸易，GB/T 标准适应国内大规模生产，JIS 标准适合高精度电子应用。

适用性分析：

-电气触头：推荐采用 GB/T 8320 或 IEC 60468，注重导电性和抗电弧性能，适合高压开关

版权与法律责任声明

和断路器。

-热沉材料：ASTM B702 和 GB/T 26038 更适用，强调导热性和热膨胀系数匹配，适合微电子封装。

-模具制造：JIS H 0502 和 DIN EN ISO 6507-1 优先，注重耐磨性和硬度，适合电火花加工和冲压模具。

-航空航天：ASTM B702 和 EN 623-4 适合，强调高温强度和相容性，适用于火箭喷嘴和配重部件。

-国际贸易：ISO 和 ASTM 标准具有更高通用性，便于跨国认证和市场准入。

在实际应用中，生产商需根据目标市场和应用场景选择标准，结合多标准要求优化工艺。例如，出口欧盟的钨铜棒需符合 EN 标准的环境要求，国内电气触头则优先遵循 GB/T 8320。跨标准测试可提高产品竞争力，但需注意设备校准和测试条件的一致性，以确保结果可比。



中钨智造科技有限公司
钨铜棒产品介绍

一、钨铜棒概述

钨铜棒是一种由高纯度钨粉与铜通过真空熔渗工艺制备的复合材料。其具有独特的微观结构，并结合了钨的高强度、高熔点与铜的高导电性、高导热性，形成兼具热稳定性、耐磨性和导电性的高性能材料。

二、钨铜棒特性

高导热性：铜的高热导率确保快速散热，适合高功率器件和激光系统。

高强度与耐高温：钨的高熔点和稳定力学性能，使材料在高温极限工况下依然可靠。

耐电弧侵蚀：钨铜复合结构在电气应用中抗电弧烧蚀性能优异，延长电极寿命。

低热膨胀系数：有效降低热应力，提高结构稳定性。

优异加工性能：可精密加工成电极、散热基板或复杂零件，满足多样化需求。

三、钨铜棒性能参数

产品名称	化学成分%			物理机械性能			
	Cu	杂质总和≤	W	密度 (g/cm ³)	硬度 (HB)	电阻率 (MΩ·cm)	抗拉强度 (MPa)
钨铜(50)	50±2.0	0.5	余量	11.85	115	3.2	—
钨铜(55)	45±2.0	0.5	余量	12.3	125	3.5	—
钨铜(60)	40±2.0	0.5	余量	12.75	140	3.7	—
钨铜(65)	35±2.0	0.5	余量	13.3	155	3.9	—
钨铜(70)	30±2.0	0.5	余量	13.8	175	4.1	790
钨铜(75)	25±2.0	0.5	余量	14.5	195	4.5	885
钨铜(80)	20±2.0	0.5	余量	15.15	220	5	980
钨铜(85)	15±2.0	0.5	余量	15.9	240	5.7	1080
钨铜(90)	10±2.0	0.5	余量	16.75	260	6.5	1160

四、钨铜棒产品优势

高性能组合：兼顾强度、导电性、导热性与耐高温性

定制化服务：可按客户需求调整钨铜比例与尺寸

长寿命与稳定性：显著降低维护和更换成本

五、采购信息

邮箱: sales@chinatungsten.com

电话: +86 592 5129595; 592 5129696

更多钨铜棒资讯, 请访问中钨在线网站 (www.tungsten-copper.com)。

更多市场与实时资讯, 请扫描左侧二维码关注微信公众号“中钨在线”。



版权与免责声明

第九章 钨铜棒的性能优化

钨铜棒作为一种高性能复合材料，因其优异的导电性、导热性、高强度及耐高温特性，在电子、航空航天、电力等行业中得到广泛应用。然而，不同的应用场景对钨铜棒的性能要求各异，因此通过优化合金比例、热处理工艺、微观结构以及耐磨与耐腐蚀性能，可以显著提升其在特定环境下的表现。本章将深入探讨这些优化手段的原理、方法及实际效果。

9.1 合金比例对性能的影响

钨铜棒是由钨（W）和铜（Cu）通过粉末冶金工艺复合而成，其性能受钨铜比例的直接影响。钨含量通常在 50%至 90%之间，铜含量则相应变化，不同比例对材料的物理、机械和热学性能产生显著影响。

9.1.1 钨铜比例与导电导热性能

铜是优良的导电和导热材料，而钨的导电导热性较差。随着铜含量的增加，钨铜棒的导电率和导热率显著提高。例如，Cu 含量为 30%（W70Cu30）的钨铜棒，其导电率可达约 45% IACS（国际退火铜标准），而 Cu 含量为 10%（W90Cu10）时，导电率降至约 20% IACS。导热系数也呈现类似趋势，W70Cu30 的导热系数约为 200 W/(m·K)，而 W90Cu10 则降至约 150 W/(m·K)。因此，在电子封装和电极材料等需要高导电导热性的应用中，通常选择铜含量较高的钨铜棒。

9.1.2 钨铜比例与机械性能

钨具有高硬度和高密度（19.25 g/cm³），而铜的硬度较低（布氏硬度约 50 HB）。随着钨含量的增加，钨铜棒的硬度、抗压强度和耐磨性显著提高。例如，W80Cu20 的硬度可达 200 HB 以上，而 W60Cu40 的硬度仅为约 120 HB。然而，铜含量的增加可提高材料的韧性和抗冲击性能。因此，在需要高硬度和耐磨性的场景（如模具材料）中，优先选择高钨含量；在需要一定韧性的场景（如电触头）中，则适当增加铜含量。

9.1.3 钨铜比例与热膨胀系数

钨的热膨胀系数较低（约 $4.5 \times 10^{-6}/K$ ），而铜的热膨胀系数较高（约 $16.5 \times 10^{-6}/K$ ）。钨铜棒的热膨胀系数随铜含量增加而增大。例如，W80Cu20 的热膨胀系数约为 $8.0 \times 10^{-6}/K$ ，适合与陶瓷或半导体材料（如 SiC、AlN）匹配，用于电子封装。优化钨铜比例可确保材料在高温环境下的尺寸稳定性，减少热应力引发的失效。

9.1.4 优化策略

需求导向的配比选择：根据应用需求选择合适的钨铜比例。例如，电子封装优先选择 W70Cu30 或 W75Cu25 以平衡导热性和热膨胀匹配；电火花加工电极则选择 W80Cu20 以确保高硬度和耐磨性。

微量元素掺杂：通过添加微量银（Ag）或镍（Ni）等元素，可进一步优化导电性或机械性能，但需注意控制掺杂量以避免降低耐高温性能。

工艺协同优化：合金比例的优化需与后续烧结和热处理工艺结合，以确保材料性能的均匀性和稳定性。

版权与免责声明

9.2 热处理与性能增强

热处理是提升钨铜棒性能的重要手段，通过控制加热、保温和冷却过程，可改善材料的微观结构、消除内应力并增强性能。

9.2.1 退火处理

退火通常在 800° C 至 1000° C 的惰性气氛（如氮气或氩气）中进行，旨在消除粉末冶金过程中产生的内应力并提高材料的延展性。例如，W80Cu20 钨铜棒在 900° C 退火 2 小时后，其抗拉强度可从 600 MPa 提高至 650 MPa，延展性提高约 10%。退火还可改善铜相的分布均匀性，从而提升导电性和导热性。

9.2.2 固溶处理与时效处理

对于含微量添加剂的钨铜棒，可采用固溶处理（在 1000° C 以上快速加热后淬火）与时效处理（在 400° C 至 600° C 保温数小时）结合的方式。固溶处理可使添加剂（如 Ni）均匀分布于基体中，而时效处理则促进析出相的形成，从而提高硬度和强度。例如，添加 0.5% Ni 的 W75Cu25 在固溶-时效处理后，硬度可提高 15%，耐磨性显著增强。

9.2.3 热等静压（HIP）

热等静压是一种在高温高压下（约 1000° C，100 MPa）进行的处理工艺，可显著降低钨铜棒内部的孔隙率，提高致密度。例如，W80Cu20 经 HIP 处理后，致密度可从 95% 提升至 99% 以上，导热系数提高约 10%，抗压强度提升约 20%。HIP 特别适用于高性能电子封装材料的生产。

9.2.4 注意事项

温度控制：过高的热处理温度可能导致铜相熔化或挥发，降低材料性能。需精确控制温度和保温时间。

气氛保护：热处理过程中需使用惰性或还原性气氛（如氢气），以防止氧化。

工艺成本：HIP 等高级热处理工艺成本较高，需根据应用需求权衡成本与性能。

9.3 微观结构与性能的关系

钨铜棒的性能与其微观结构密切相关，包括钨颗粒的尺寸、分布、铜相的连续性以及界面结合状态。

9.3.1 钨颗粒尺寸与分布

钨颗粒的尺寸通常在 1-10 μm 之间，颗粒越细小，材料的强度和韧性越高，但导电导热性略有下降。通过控制粉末冶金过程中的粉末粒度和烧结条件，可实现钨颗粒的优化。例如，使用 1 μm 的超细钨粉制备的 W70Cu30，其抗拉强度可达 700 MPa，较 5 μm 钨粉制备的材料高约 15%。

9.3.2 微观结构与性能的关系

铜相在钨铜棒中形成连续网络，直接影响导电性和导热性。烧结温度和压力是影响铜相连续性的关键因素。例如，在 1350° C 烧结的 W75Cu25，其铜相网络更均匀，导电率可提高约 8%。此外，液相烧结可促进铜的渗透，增强相间结合，但需避免过烧导致铜相流失。

版权与免责声明

9.3.3 界面结合状态

钨与铜的界面结合质量对材料性能至关重要。界面缺陷（如孔隙或裂纹）会降低导热性和机械强度。通过优化烧结工艺（如采用真空烧结或添加微量界面活性剂），可增强界面结合。例如，添加 0.1% Co 可改善钨-铜界面的润湿性，降低界面电阻，提升导热系数约 5%。

9.3.4 微观结构分析技术

扫描电子显微镜（SEM）：用于观察钨颗粒分布和铜相网络。

X 射线衍射（XRD）：分析晶体结构和相组成。

电子背散射衍射（EBSD）：研究界面结合和晶粒取向。

通过这些技术，可精准评估微观结构对性能的影响，为工艺优化提供依据。

9.4 耐磨与耐腐蚀性能优化

钨铜棒在高温、高压或腐蚀环境中常需具备优异的耐磨和耐腐蚀性能。优化这些性能可延长材料使用寿命并提高可靠性。

9.4.1 耐磨性能优化

钨的高硬度使其具有天然的耐磨优势，但铜相的软性可能导致材料在高摩擦环境下磨损加剧。优化策略包括：

提高钨含量：W85Cu15 的耐磨性优于 W70Cu30，适用于电火花加工电极。

表面强化：通过离子渗氮或激光表面熔覆，生成硬质表面层（如 WC 或 TiN），可将耐磨性提高 2-3 倍。

添加硬质相：在钨铜棒中添加少量碳化钨（WC）或氧化铝（Al₂O₃），可显著提升耐磨性，但需注意避免降低导电性。

9.4.2 耐腐蚀性能优化

钨铜棒在潮湿或酸性环境中可能因铜相的腐蚀而失效。优化方法包括：

表面涂层：采用电镀镍或化学气相沉积（CVD）涂覆耐蚀层（如 CrN 或 DLC），可有效防止铜相的电化学腐蚀。

合金化改性：添加微量银或铬可提高铜相的耐蚀性。例如，W75Cu24Ag1 在盐雾测试中的耐蚀时间延长约 30%。

优化微观结构：通过提高致密度和减少孔隙率，可降低腐蚀介质的渗透路径，从而提升耐腐蚀性。

9.4.3 综合优化案例

在航空航天领域，钨铜棒常用于高温电触头。通过采用 W80Cu20 配比、HIP 处理和表面 CrN 涂层，可实现以下性能提升：

耐磨性：摩擦系数降低 20%，磨损量减少 50%。

耐腐蚀性：在高温潮湿环境下，寿命延长 2 倍。

版权与法律责任声明

导电性：保持在 40% IACS 以上，满足电气性能要求。

9.4.4 注意事项

性能平衡：耐磨和耐腐蚀优化可能导致导电性下降，需根据应用需求权衡。

成本控制：表面涂层和添加剂工艺成本较高，需评估经济性。

环境适应性：不同腐蚀环境（如酸性、碱性或高温）需选择针对性的优化方案。

总结

通过优化合金比例、热处理工艺、微观结构以及耐磨与耐腐蚀性能，钨铜棒可满足多样化的应用需求。合金比例的调整需结合导电、导热和机械性能的平衡；热处理工艺可显著提高致密度和强度；微观结构的优化是性能提升的基础；耐磨与耐腐蚀性能的增强则延长了材料的使用寿命。实际应用中，需综合考虑性能需求、工艺成本和环境因素，选择最优的优化方案。



第十章 钨铜棒的选购与使用指南

钨铜棒作为一种高性能复合材料，广泛应用于电子、航空航天、电力、模具制造等行业，其性能直接影响最终产品的质量和寿命。选购合适的钨铜棒、确保其储存与运输安全、正确使用与维护，以及有效解决使用中的常见问题，是确保其性能充分发挥的关键。

10.1 如何选择适合的钨铜棒

选择适合的钨铜棒需要综合考虑应用场景、性能要求、成本预算和供应商可靠性。以下从多个维度详细阐述如何进行选择。

10.1.1 明确应用场景与性能需求

钨铜棒的性能受其钨铜比例、制造工艺和后续处理的影响，不同应用场景对性能的需求差异显著。以下是常见应用场景及推荐的钨铜棒规格：

版权与法律责任声明

电子封装：需要高导电性和导热性，同时要求与陶瓷或半导体材料的热膨胀系数匹配。推荐选择 W70Cu30 或 W75Cu25，导电率约为 40-45% IACS，热膨胀系数约为 $7.5-8.5 \times 10^{-6}/K$ ，导热系数约为 190-200 W/(m·K)。这些规格适用于功率模块、微波器件和芯片散热器。

电火花加工(EDM)电极：要求高硬度、耐磨性和耐高温性，以承受电弧烧蚀。推荐选择 W80Cu20 或 W85Cu15，硬度可达 200 HB 以上，耐磨性优异，适合加工复杂模具。

电触头：需要平衡导电性和耐电弧烧蚀性能，同时具备一定的韧性以抵抗机械冲击。推荐选择 W75Cu25，兼顾导电率（约 40% IACS）和抗拉强度（约 650 MPa）。

航空航天部件：要求高温强度和低热膨胀系数，推荐 W90Cu10，热膨胀系数低至 $6.5 \times 10^{-6}/K$ ，适合高温环境下的喷嘴或连接件。

医疗设备：如 X 射线靶材，要求高密度和耐磨性，推荐 W80Cu20，密度约为 15.5 g/cm³，耐磨性强。

在选择时，用户应明确以下参数：

导电导热需求：根据电气和热管理要求选择铜含量较高的材料。

机械性能：确定硬度、强度和韧性的优先级。

热膨胀匹配：确保与相邻材料的热膨胀系数相近，以避免热应力失效。

尺寸与形状：确认棒材的直径、长度和加工精度是否满足设计要求。

10.1.2 了解钨铜棒的规格与标准

钨铜棒通常按钨含量（如 W70Cu30、W80Cu20）分类，常见直径范围为 3-100 mm，长度为 100-300 mm，具体规格需根据供应商提供的产品目录选择。国际标准（如 ASTM B702）和国内标准（如 GB/T 8320）对钨铜棒的化学成分、密度、导电率和机械性能有明确要求。例如：

W70Cu30：密度约为 13.8-14.2 g/cm³，导电率约为 40-45% IACS。

W80Cu20：密度约为 15.1-15.5 g/cm³，硬度约为 200-220 HB。

用户应要求供应商提供材料检测报告，确保产品符合标准。此外，需注意公差要求（如直径公差 ±0.05 mm）以满足精密加工需求。

10.1.3 评估供应商的可靠性

选择可靠的供应商是确保钨铜棒质量的关键。以下是评估供应商的主要标准：

生产能力：确认供应商是否具备先进的粉末冶金设备和热处理设施，如真空烧结炉或热等静压（HIP）设备。

质量认证：优先选择通过 ISO 9001 或行业特定认证（如航空航天 AS9100）的供应商。

供货能力：评估供应商的库存量和交货周期，确保满足项目进度。

技术支持：优质供应商应提供材料选择建议、定制加工和售后服务。

价格与性价比：在保证质量的前提下，比较多家供应商的报价，选择性价比最高的。

建议通过实地考察、样品测试或查阅客户评价来验证供应商的可靠性。例如，可要求供应商提供 W80Cu20 样品进行导电率和硬度测试。

中钨智造科技有限公司
钨铜棒产品介绍

一、钨铜棒概述

钨铜棒是一种由高纯度钨粉与铜通过真空熔渗工艺制备的复合材料。其具有独特的微观结构，并结合了钨的高强度、高熔点与铜的高导电性、高导热性，形成兼具热稳定性、耐磨性和导电性的高性能材料。

二、钨铜棒特性

高导热性：铜的高热导率确保快速散热，适合高功率器件和激光系统。

高强度与耐高温：钨的高熔点和稳定力学性能，使材料在高温极限工况下依然可靠。

耐电弧侵蚀：钨铜复合结构在电气应用中抗电弧烧蚀性能优异，延长电极寿命。

低热膨胀系数：有效降低热应力，提高结构稳定性。

优异加工性能：可精密加工成电极、散热基板或复杂零件，满足多样化需求。

三、钨铜棒性能参数

产品名称	化学成分%			物理机械性能			
	Cu	杂质总和≤	W	密度 (g/cm ³)	硬度 (HB)	电阻率 (MΩ·cm)	抗拉强度 (MPa)
钨铜(50)	50±2.0	0.5	余量	11.85	115	3.2	—
钨铜(55)	45±2.0	0.5	余量	12.3	125	3.5	—
钨铜(60)	40±2.0	0.5	余量	12.75	140	3.7	—
钨铜(65)	35±2.0	0.5	余量	13.3	155	3.9	—
钨铜(70)	30±2.0	0.5	余量	13.8	175	4.1	790
钨铜(75)	25±2.0	0.5	余量	14.5	195	4.5	885
钨铜(80)	20±2.0	0.5	余量	15.15	220	5	980
钨铜(85)	15±2.0	0.5	余量	15.9	240	5.7	1080
钨铜(90)	10±2.0	0.5	余量	16.75	260	6.5	1160

四、钨铜棒产品优势

高性能组合：兼顾强度、导电性、导热性与耐高温性

定制化服务：可按客户需求调整钨铜比例与尺寸

长寿命与稳定性：显著降低维护和更换成本

五、采购信息

邮箱: sales@chinatungsten.com

电话: +86 592 5129595; 592 5129696

更多钨铜棒资讯, 请访问中钨在线网站 (www.tungsten-copper.com)。

更多市场与实时资讯, 请扫描左侧二维码关注微信公众号“中钨在线”。



版权与免责声明

10.1.4 定制化需求

对于特殊应用，可能需要定制化钨铜棒，如特定直径、表面涂层或微量元素掺杂。定制时需明确以下要求：

尺寸定制：如直径 50 mm、长度 500 mm 的非标规格。

表面处理：如镀镍或抛光处理以提高耐腐蚀性或表面光洁度。

添加剂：如添加 0.5% Ni 以增强强度，或添加 Ag 以提高导电性。

定制化通常需要与供应商协商工艺参数，并可能增加成本和交货时间。建议在合同中明确性能指标和验收标准。

10.1.5 成本与性能平衡

钨铜棒的价格随钨含量增加而升高，W90Cu10 的价格可能比 W70Cu30 高 30-50%。此外，热等静压或表面涂层等工艺会进一步增加成本。用户需根据预算和性能需求选择合适的规格。例如，在预算有限的情况下，可选择 W75Cu25 代替 W80Cu20，用于对耐磨性要求不高的场景。

10.1.6 选购流程建议

需求分析：明确应用场景和性能要求，列出关键参数（如导电率、硬度）。

市场调研：收集多家供应商的报价和产品信息，比较规格和质量。

样品测试：采购少量样品进行性能测试，验证是否满足需求。

签订合同：明确规格、数量、交货时间和质量标准。

验收与反馈：收货后进行质量检测，记录性能数据并与供应商沟通改进。

10.2 储存与运输注意事项

钨铜棒的储存和运输直接影响其性能和使用寿命。以下从储存环境、包装要求和运输注意事项三个方面进行详细说明。

10.2.1 储存环境

钨铜棒中的铜相容易受潮湿、氧化或腐蚀环境的影响，因此储存环境需严格控制：

温度与湿度：储存环境应保持温度在 15-25° C，相对湿度低于 60%。高温高湿可能导致铜相氧化，生成氧化铜（CuO），降低导电性。

干燥防潮：建议在储存区域放置干燥剂（如硅胶）或使用密封包装。长期储存时，可将钨铜棒放入真空密封袋。

避免化学腐蚀：储存区域远离酸性、碱性或盐类物质，避免铜相发生电化学腐蚀。例如，靠近海边的仓库需特别注意盐雾影响。

防尘与清洁：储存环境应清洁，避免灰尘或颗粒物附着在棒材表面，影响后续加工精度。

对于长期储存的钨铜棒，建议每 6 个月检查一次表面状态，必要时进行清洁和重新包装。

10.2.2 包装要求

钨铜棒的密度较高（13-17 g/cm³），质地较脆，易因碰撞受损。包装时需注意以下事项：

版权与法律声明

防护材料：使用泡沫塑料、气泡膜或木箱包装，确保棒材之间不直接接触。建议每根棒材单独包裹。

防氧化包装：在包装中加入防潮剂或真空密封，防止铜相氧化。

标识清晰：包装上标明钨铜比例（如 W80Cu20）、规格（直径、长度）、批次号和储存注意事项，便于管理和追溯。

抗压设计：对于大批量运输，使用抗压木箱或金属框架，确保堆叠时不压坏棒材。

10.2.3 运输注意事项

运输过程中需防止振动、碰撞和环境变化对钨铜棒的影响：

防震措施：使用减震垫或弹簧固定装置，确保棒材在运输中不发生位移。

温度控制：避免在极端高温（ $>50^{\circ}\text{C}$ ）或低温（ $<-10^{\circ}\text{C}$ ）环境下运输，防止热应力或冷脆现象。

运输方式：短途运输可采用公路运输，长途或国际运输建议使用海运或空运，并确保包装符合国际运输标准（如 ISTA）。

运输保险：对于高价值钨铜棒，建议购买运输保险以降低损失风险。

验收流程：收货时检查包装完整性，核对规格和数量，发现损坏或氧化及时与供应商联系。

10.2.4 特殊场景的储存与运输

航空航天用钨铜棒：需在无尘车间内储存，包装采用防静电材料，运输时使用恒温恒湿集装箱。

医疗设备用钨铜棒：储存和运输需符合医疗器械标准（如 ISO 13485），避免任何污染。

高温环境运输：如运往热带地区，需增加隔热层和防潮措施。

通过规范的储存和运输管理，可有效延长钨铜棒的保存期限并确保其性能不受损。

10.3 使用过程中的维护与保养

钨铜棒在使用过程中需定期维护和保养，以保持其性能并延长使用寿命。以下从加工、运行和储存三个阶段提供详细指导。

10.3.1 加工过程中的维护

钨铜棒常需进行车削、铣削、钻孔或电火花加工，加工过程中需注意以下事项：

工具选择：使用硬质合金或金刚石刀具，避免普通钢刀因硬度不足导致磨损。推荐刀具硬度高于 HRC 60。

冷却液使用：加工时使用水基或油基冷却液，降低切削温度，防止铜相软化或钨颗粒脱落。冷却液需保持清洁，避免引入腐蚀性杂质。

加工参数：控制切削速度（如 100-200 m/min）和进给量（如 0.05-0.2 mm/rev），避免过高应力导致棒材裂纹。

表面保护：加工后立即清洁表面残留的冷却液和金属屑，防止化学腐蚀。建议使用酒精或中性清洁剂擦拭。

10.3.2 运行过程中的保养

钨铜棒在使用场景（如电极、电触头或散热器）中需定期检查和维护：

表面检查：定期检查棒材表面是否有氧化、磨损或电弧烧蚀痕迹。例如，电火花加工电极表面若出现明显烧蚀坑，应及时更换。

清洁维护：使用超声波清洗或软布擦拭去除表面污垢，避免使用酸性或碱性清洁剂。清洗频率根据使用环境确定（如每月一次）。

温度监控：在高温环境下（如电触头），监测工作温度不超过铜的软化点（约 800° C），防止性能下降。

防腐蚀措施：在潮湿或腐蚀性环境中，定期涂抹防锈油或临时涂层（如薄层硅油），保护铜相。

10.3.3 储存与再利用

未使用的钨铜棒或加工后的余料需妥善储存：

短期储存：放入防潮密封袋，放置在干燥通风处。

长期储存：使用真空包装或充氮包装，定期检查表面状态。

余料再利用：加工余料可回收用于低要求场景（如实验样品），但需检测其性能是否符合要求。

10.3.4 维护记录

建议建立维护记录，记录每次检查、清洁和更换的时间、状态及处理措施。例如：

日期：2025 年 8 月 20 日

检查内容：W80Cu20 电极表面检查

状态：轻微烧蚀，导电率下降 5%

措施：超声波清洗，计划下月更换

通过规范的维护和保养，可显著延长钨铜棒的使用寿命并降低故障率。

10.4 常见问题与解决方案

钨铜棒在使用过程中可能遇到多种问题，以下总结常见问题及其解决方案，帮助用户快速应对。

10.4.1 表面氧化

问题描述：钨铜棒表面出现绿色或黑色氧化层（CuO 或 Cu₂O），导电性下降。

原因：储存或使用环境潮湿，或暴露于高温氧化气氛。

解决方案：

用稀醋酸（5%）或柠檬酸溶液擦拭表面，去除氧化层，然后用酒精清洗并干燥。

优化储存环境，保持湿度低于 60%，使用密封包装。

在高温使用场景中，增加惰性气体保护（如氮气或氩气）。

中钨智造科技有限公司
钨铜棒产品介绍

一、钨铜棒概述

钨铜棒是一种由高纯度钨粉与铜通过真空熔渗工艺制备的复合材料。其具有独特的微观结构，并结合了钨的高强度、高熔点与铜的高导电性、高导热性，形成兼具热稳定性、耐磨性和导电性的高性能材料。

二、钨铜棒特性

高导热性：铜的高热导率确保快速散热，适合高功率器件和激光系统。

高强度与耐高温：钨的高熔点和稳定力学性能，使材料在高温极限工况下依然可靠。

耐电弧侵蚀：钨铜复合结构在电气应用中抗电弧烧蚀性能优异，延长电极寿命。

低热膨胀系数：有效降低热应力，提高结构稳定性。

优异加工性能：可精密加工成电极、散热基板或复杂零件，满足多样化需求。

三、钨铜棒性能参数

产品名称	化学成分%			物理机械性能			
	Cu	杂质总和≤	W	密度 (g/cm ³)	硬度 (HB)	电阻率 (MΩ·cm)	抗拉强度 (MPa)
钨铜(50)	50±2.0	0.5	余量	11.85	115	3.2	—
钨铜(55)	45±2.0	0.5	余量	12.3	125	3.5	—
钨铜(60)	40±2.0	0.5	余量	12.75	140	3.7	—
钨铜(65)	35±2.0	0.5	余量	13.3	155	3.9	—
钨铜(70)	30±2.0	0.5	余量	13.8	175	4.1	790
钨铜(75)	25±2.0	0.5	余量	14.5	195	4.5	885
钨铜(80)	20±2.0	0.5	余量	15.15	220	5	980
钨铜(85)	15±2.0	0.5	余量	15.9	240	5.7	1080
钨铜(90)	10±2.0	0.5	余量	16.75	260	6.5	1160

四、钨铜棒产品优势

高性能组合：兼顾强度、导电性、导热性与耐高温性

定制化服务：可按客户需求调整钨铜比例与尺寸

长寿命与稳定性：显著降低维护和更换成本

五、采购信息

邮箱: sales@chinatungsten.com

电话: +86 592 5129595; 592 5129696

更多钨铜棒资讯, 请访问中钨在线网站 (www.tungsten-copper.com)。

更多市场与实时资讯, 请扫描左侧二维码关注微信公众号“中钨在线”。



版权与免责声明

10.4.2 电弧烧蚀

问题描述：电火花加工电极或电触头表面出现烧蚀坑，影响加工精度或接触性能。

原因：电弧能量过高，或钨铜棒耐磨性不足。

解决方案：

降低电火花加工的放电能量，优化脉冲宽度和电流（如脉冲宽度 50-100 μs ）。

选择高钨含量材料（如 W85Cu15），提高耐磨性。

定期检查电极表面，及时修整或更换。

10.4.3 加工裂纹

问题描述：加工过程中钨铜棒出现微裂纹，导致强度下降。

原因：切削速度过快、刀具磨损或材料内部缺陷。

解决方案：

降低切削速度（如 80-150 m/min），使用新刀具。

检查材料质量，要求供应商提供无损检测报告（如超声波检测）。

采用预热处理（200-300° C）降低加工应力。

10.4.4 导电性下降

问题描述：钨铜棒在使用一段时间后导电率显著下降，影响电气性能。

原因：铜相氧化、微观结构变化或表面污染。

解决方案：

清洁表面污垢，使用超声波清洗或酒精擦拭。

检查使用环境，避免高温或腐蚀性气氛。

若导电性持续下降，考虑更换新棒材或进行热处理恢复性能。

10.4.5 热膨胀失配

问题描述：钨铜棒与相邻材料（如陶瓷）在高温下出现剥离或裂纹。

原因：热膨胀系数差异过大。

解决方案：

重新选择钨铜比例，如 W80Cu20（热膨胀系数约 $8.0 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）以匹配陶瓷（如 AlN，约 $4.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ ）。

在界面添加缓冲层（如 Ni 或 Mo 薄层），缓解热应力。

优化工作温度，尽量控制在 600° C 以下。

10.4.6 储存变形

问题描述：长期储存的钨铜棒出现轻微弯曲或变形。

原因：储存时受力不均或包装不当。

解决方案：

检查储存方式，确保棒材水平放置，避免堆叠压力。

使用专用支架或木箱，分散重量。

对于轻微变形，可通过低温退火（约 600° C）消除应力。

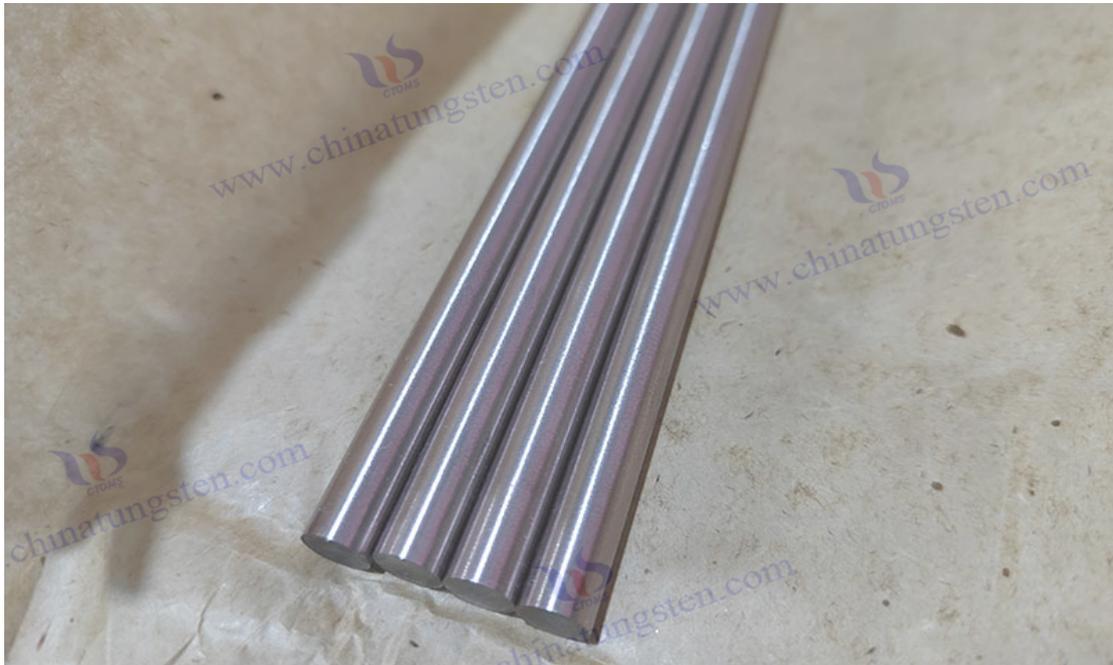
10.4.7 案例分析

案例 1：某电子封装厂使用 W70Cu30 钨铜棒，发现高温下导热性下降。检查发现表面氧化严重。解决措施：采用真空包装储存，使用前进行超声波清洗，导热性恢复至 95%以上。

案例 2：某模具厂的 W80Cu20 电极在电火花加工中快速磨损。分析发现放电能量过高。解决措施：降低电流至 50 A，脉冲宽度至 80 μ s，电极寿命延长 2 倍。

总结

钨铜棒的选购与使用是一个系统工程，涉及需求分析、供应商选择、储存运输、维护保养和问题解决等多个环节。选择合适的钨铜棒需根据应用场景明确性能需求，并结合规格标准和供应商可靠性进行综合评估。储存与运输需严格控制环境条件，防止氧化和物理损伤。使用过程中通过规范的加工和维护，可延长棒材寿命并保持性能。针对常见问题，及时采取针对性措施可有效降低故障率。通过科学的管理和操作，钨铜棒能够在各种高要求场景中发挥最佳性能。



中钨智造科技有限公司
钨铜棒产品介绍

一、钨铜棒概述

钨铜棒是一种由高纯度钨粉与铜通过真空熔渗工艺制备的复合材料。其具有独特的微观结构，并结合了钨的高强度、高熔点与铜的高导电性、高导热性，形成兼具热稳定性、耐磨性和导电性的高性能材料。

二、钨铜棒特性

高导热性：铜的高热导率确保快速散热，适合高功率器件和激光系统。

高强度与耐高温：钨的高熔点和稳定力学性能，使材料在高温极限工况下依然可靠。

耐电弧侵蚀：钨铜复合结构在电气应用中抗电弧烧蚀性能优异，延长电极寿命。

低热膨胀系数：有效降低热应力，提高结构稳定性。

优异加工性能：可精密加工成电极、散热基板或复杂零件，满足多样化需求。

三、钨铜棒性能参数

产品名称	化学成分%			物理机械性能			
	Cu	杂质总和≤	W	密度 (g/cm ³)	硬度 (HB)	电阻率 (MΩ·cm)	抗拉强度 (MPa)
钨铜(50)	50±2.0	0.5	余量	11.85	115	3.2	—
钨铜(55)	45±2.0	0.5	余量	12.3	125	3.5	—
钨铜(60)	40±2.0	0.5	余量	12.75	140	3.7	—
钨铜(65)	35±2.0	0.5	余量	13.3	155	3.9	—
钨铜(70)	30±2.0	0.5	余量	13.8	175	4.1	790
钨铜(75)	25±2.0	0.5	余量	14.5	195	4.5	885
钨铜(80)	20±2.0	0.5	余量	15.15	220	5	980
钨铜(85)	15±2.0	0.5	余量	15.9	240	5.7	1080
钨铜(90)	10±2.0	0.5	余量	16.75	260	6.5	1160

四、钨铜棒产品优势

高性能组合：兼顾强度、导电性、导热性与耐高温性

定制化服务：可按客户需求调整钨铜比例与尺寸

长寿命与稳定性：显著降低维护和更换成本

五、采购信息

邮箱: sales@chinatungsten.com

电话: +86 592 5129595; 592 5129696

更多钨铜棒资讯, 请访问中钨在线网站 (www.tungsten-copper.com)。

更多市场与实时资讯, 请扫描左侧二维码关注微信公众号“中钨在线”。



版权与免责声明

第十一章 钨铜棒的市场与发展趋势

钨铜棒作为一种高性能复合材料，凭借其优异的导电性、导热性、耐高温性和机械强度，在电气、电子、航空航天、热管理等领域具有广泛应用。随着全球工业技术的进步和新兴行业的快速发展，钨铜棒的市场需求持续增长，产业链不断完善，技术创新推动其性能优化和应用拓展。本章将详细分析全球钨铜材料产业链的结构、市场需求的分布与特点，以及未来发展的关键趋势，涵盖高性能化、绿色制备和新兴应用方向。

11.1 全球钨铜材料产业链概况

钨铜材料的产业链涵盖从原材料开采到最终产品应用的多个环节，涉及资源提取、材料制备、加工制造、检测认证及终端应用。产业链的上游主要包括钨矿和铜矿的开采与提纯。钨资源主要集中在中国、俄罗斯、澳大利亚和加拿大，中国占据全球约 80% 的钨储量和 60% 的产量，是钨粉制备的核心供应国。铜资源分布较广，智利、秘鲁和澳大利亚是主要产地，电解铜的生产技术成熟，供应充足。

中游环节包括钨铜棒的制备与加工。钨粉通过氢气还原法从钨酸盐或三氧化钨中提取，电解铜则通过电化学精炼获得。制备过程采用粉末冶金技术，包括压制、烧结和真空熔渗，核心设备如真空烧结炉和熔渗炉需高精度控制以确保产品质量。加工环节涉及精密机械加工、热处理和表面改性，满足不同应用场景的尺寸和性能要求。中游企业多为专业化的材料制造商。

下游环节涵盖钨铜棒的终端应用，涉及电气触头、电子封装、航空航天部件、热沉和模具制造。分销渠道包括直接供应给设备制造商（如西门子、GE）和通过贸易商进入国际市场。检测与认证是产业链的重要补充，需符合国际标准（如 ASTM B702、GB/T 8320）以确保产品在全球市场的竞争力。

产业链的全球化程度较高，中国在原材料和制备环节占据主导地位，而欧美和日本在高端应用和精密加工领域具有技术优势。产业链协作强调供应链稳定性和技术集成，原材料价格波动和环保法规是主要挑战。

11.2 市场需求结构与应用份额分析

钨铜棒的市场需求受全球工业化进程、电子行业发展和新能源技术的推动，呈现多样化分布。市场需求结构可分为以下几个主要领域：

-电气与电子（约 45% 市场份额）：钨铜棒在高压开关、断路器和电火花加工电极中的应用占据市场主导地位。其高导电性和抗电弧烧蚀性能使其成为电气触头和电极的理想材料，尤其在电力传输和分配设备中需求旺盛。例如，全球电网升级和智能电网建设推动了对高性能触头材料的需求。此外，微电子封装中用于热沉和电极的钨铜棒需求快速增长，特别是在 5G 通信、功率半导体和雷达系统中。

-航空航天与国防（约 20% 市场份额）：钨铜棒在火箭发动机喷嘴、配重部件和穿甲弹芯中的应用受到航空航天和国防工业的驱动。全球航天产业的快速发展，如 SpaceX 和 Blue Origin 的商业航天项目，增加了对高耐热、高密度材料的需求。国防领域对高性能电极和热管理材

版权与免责声明

料的需求也在增长，特别是在雷达和电子对抗设备中。

-热管理与散热器件（约 20%市场份额）：随着高功率电子器件（如激光器、IGBT 模块）和新能源汽车的普及，钨铜棒作为热沉和散热基板的用途迅速扩大。其高导热性和与半导体材料的热膨胀匹配性使其在数据中心、电动车电池管理系统和 5G 基站中不可或缺。全球对高效散热解决方案的需求推动了这一领域的快速增长。

-机械与模具工业（约 10%市场份额）：钨铜棒在电火花加工模具、冲压模具和切削工具中的应用得益于其高硬度和耐磨性。全球制造业的自动化和精密化趋势增加了对高性能模具材料的需求，尤其在汽车和医疗器械制造中。

-其他领域（约 5%市场份额）：包括医疗辐射屏蔽、光伏逆变器电接触部件和高尔夫球杆配重等新兴应用。这些领域虽占比小，但增长潜力显著，特别是在新能源和医疗行业。

市场需求地域分布上，亚太地区（以中国为主）占全球市场的 50%以上，北美和欧洲各占约 20%，其余分布在南美、非洲和中东。需求增长驱动因素包括全球能源转型、电子行业升级和航空航天投资增加。挑战在于原材料价格波动（如钨价受供需影响较大）和环保法规对生产成本的压力。

11.3 钨铜棒的未来发展趋势

钨铜棒的未来发展受技术创新、市场需求和可持续发展要求的共同驱动。以下从高性能化、绿色制备和新兴应用三个方面分析其发展趋势。

11.3.1 高性能化与纳米化

高性能化是钨铜棒技术发展的核心方向，旨在提升材料的导电性、导热性、强度和耐磨性，以满足下一代高功率电子器件和极端环境应用的需求。纳米化技术是实现高性能化的关键途径，通过使用纳米级钨粉和铜粉，显著改善材料的微观结构。纳米颗粒的更大比表面积增强了颗粒间结合力，降低了烧结温度，提高了钨铜棒的致密度和均匀性。例如，纳米钨粉（粒径 $<100\text{ nm}$ ）可形成更细密的骨架结构，提升铜相的渗透效率，从而改善导热性和机械强度。

高性能化的另一个方向是功能梯度材料（FGM）的开发，通过在钨铜棒中引入梯度分布的钨铜比例，优化特定区域的性能。例如，表面高钨含量增强耐磨性，内部高铜含量提升导热性，适用于复杂工况下的电极和热沉。此外，添加微量元素（如铅、铬）改善钨铜界面润湿性，进一步提升材料性能。先进制备技术，如等离子烧结（SPS）和微波烧结，缩短了加工时间并提高了组织均匀性，推动了高性能钨铜棒的产业化。

11.3.2 绿色制备与可持续发展

绿色制备和可持续发展是钨铜棒行业的长期趋势，响应全球对环保和资源效率的要求。传统粉末冶金工艺能耗高且产生废气废液，绿色制备通过优化工艺和设备降低环境影响。例如，低温烧结技术通过添加活化剂或采用纳米粉末，降低烧结温度 20-30%，减少能耗。真空熔渗工艺中的尾气回收系统可捕集挥发性铜蒸汽，减少排放。废料回收技术也日益重要，通过化学提纯和再加工，将生产中的废钨铜棒重新转化为高纯粉末，实现资源循环利用。

版权与法律责任声明

可持续发展的另一个重点是原材料的可持续供应。钨作为稀有金属，面临资源短缺风险，绿色开采技术和替代材料研究（如钨基复合材料）成为关注点。生产企业还需遵守国际环保法规，如欧盟的 RoHS 指令和 REACH 法规，限制有害物质使用，确保钨铜棒符合环保标准。智能化生产系统的引入，通过实时监控和数据分析优化工艺参数，进一步提高了能源效率和产品质量。

11.3.3 新兴应用方向

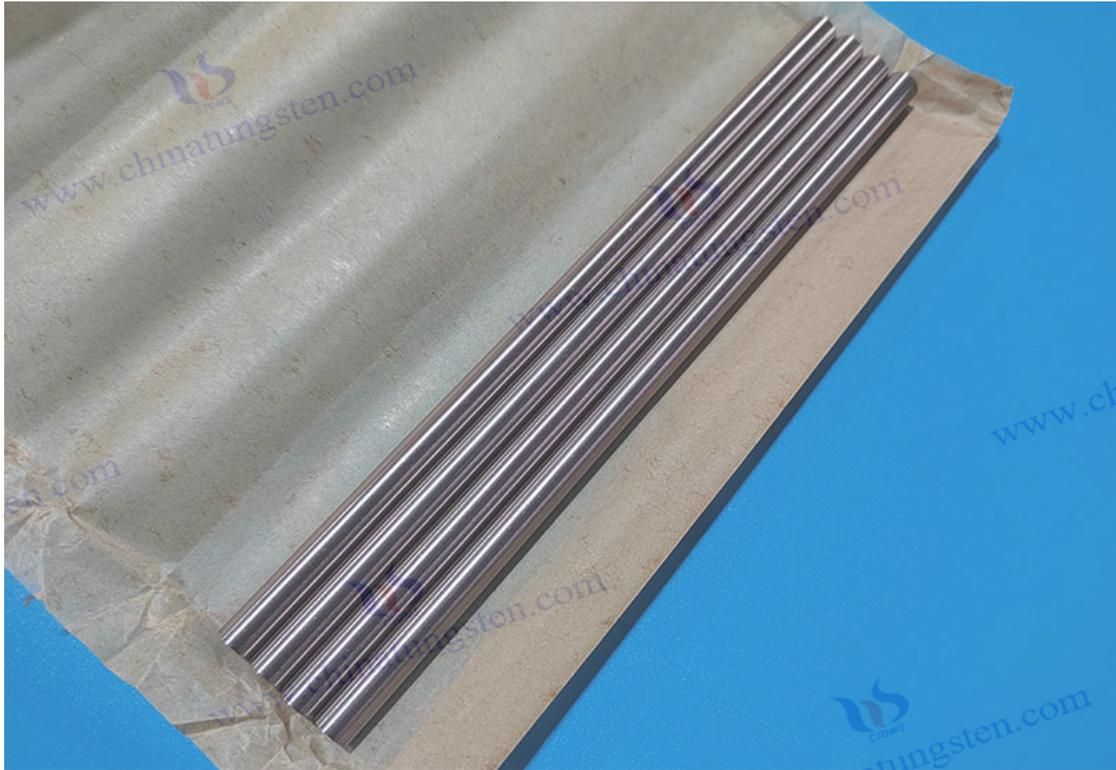
钨铜棒的未来应用领域随着技术进步不断扩展，涵盖新能源、医疗、增材制造等新兴行业。在新能源领域，钨铜棒在光伏逆变器和风电变流器中的电接触部件需求增长，其高导电性和耐腐蚀性支持高效能量转换。在电动车电池管理系统中，钨铜棒作为散热基板，能够有效管理高功率电池的热量，延长电池寿命。

在医疗领域，钨铜棒的辐射屏蔽性能使其在 X 射线和伽马射线防护设备中具有潜力，例如用于 CT 机准直器和放疗设备的屏蔽部件。其高密度和加工性能支持复杂形状的制造，满足医疗设备的高精度要求。

增材制造（3D 打印）是另一个新兴方向，通过激光或电子束熔融沉积技术打印钨骨架，再结合真空熔渗工艺，可生产复杂几何形状的钨铜部件。这种方法突破了传统加工的限制，适用于航空航天和电子行业的小批量定制化生产。例如，3D 打印的钨铜热沉可实现内部微通道设计，进一步提升散热效率。

此外，钨铜棒在量子计算和 6G 通信设备中的潜在应用也值得关注。量子计算需要超低温环境下的高导热材料，钨铜棒的低热膨胀和高导热性使其成为候选材料。6G 基站的高功率密度对散热和电接触材料提出了更高要求，钨铜棒的综合性能能够满足这些需求。

综上所述，钨铜棒的市场与发展趋势受全球产业升级和新兴技术驱动。产业链的完善和技术创新推动了其在传统和新兴领域的广泛应用。高性能化、绿色制备和新兴应用的协同发展将进一步提升钨铜棒的市场竞争力，为未来工业提供关键支持。行业需关注原材料供应、环保合规和技术研发，以应对市场挑战并抓住增长机遇。



附录

A. 术语表

钨铜合金：由钨和铜组成的金属基复合材料，铜含量通常为 10% - 50%。

真空熔渗工艺：通过在真空环境下将铜熔渗入钨骨架中制备钨铜棒的工艺。

金属发汗效应：在高温（如 3000°C 以上）下，铜液化蒸发吸收热量，降低材料表面温度的现象。

导电率（%IACS）：国际退火铜标准导电率，用于衡量材料的电导性能。

热膨胀系数：材料在温度变化时体积或长度的变化率。

抗电弧烧蚀：材料在电弧作用下抵抗烧蚀破坏的能力。

近净成形：通过优化工艺减少后续加工，直接获得接近最终形状的制造技术。

电阻焊电极：用于电阻焊接的电极，需耐高温和抗磨损。

电火花电极：用于电火花加工的电极，具有高电腐蚀速度和低损耗率。

电子封装材料：用于半导体器件封装的材料，具有高导热性和低热膨胀特性。

高频燃烧红外吸收法：用于测定钨铜合金中碳含量的分析方法。

辛可宁重量法：用于测定钨铜合金中钨含量的化学分析方法。

热导率：材料传导热量的能力，通常以 $W/m \cdot K$ 表示。

硬度（HB/HV）：布氏硬度（HB）或维氏硬度（HV），用于衡量材料抗变形能力。

B. 参考文献

- [1] University of Padova, Materials & Design, 2023
- [2] AEM Metal, Tungsten Copper Alloy
- [3] Chinatungsten, 低温烧结熔渗法制备钨铜合金棒, 2024

版权与免责声明

- [4] 高性能钨-铜复合材料制备与性能研究进展. 铸造技术, 2023.
- [5] 我国钨基高比重合金发展的回顾. 稀有金属, 2021.
- [6] 核聚变堆偏滤器热沉材料研究现状及展望. 材料科学, 2022.
- [7] Chinatungsten Online, Manufacturing Process of Tungsten Copper
- [8] Chinatungsten Online, Tungsten Copper Rod Machining
- [9] Refractory Metal, Copper Tungsten Contact Material Preparation Method
- [10] Chinatungsten, 低温烧结熔渗法制备钨铜合金棒, 2024
- [11] ScienceDirect, Ultra-rapid processing of high-hardness tungsten - copper nanocomposites, 2016
- [12] Springer, Tungsten nanoparticle-strengthened copper composite prepared by a sol-gel method and in-situ reaction, 2019
- [13] PMC, In Situ Tungsten Carbide Formation in Nanostructured Copper Matrix Composite Using Mechanical Alloying and Sintering, 2022
- [14] ScienceDirect, Multi-material additive-manufacturing of tungsten - copper alloy bimetallic structure with a stainless-steel interlayer and associated bonding mechanisms, 2022
- [15] ScienceDirect, Study on the effect of vacuum fusion infiltration technology on the properties of tungsten/copper joining interface, 2024
- [16] Metal AM, Enabling the fusion energy revolution: Mastering tungsten with PBF-EB Additive Manufacturing, 2024
- [17] MDPI, A Review on the Additive Manufacturing of W-Cu Composites, 2025
- [18] Confer, PREPARATION OF W - CU COMPOSITES BY INFILTRATION OF W SKELETONS - REVIEW, 2021