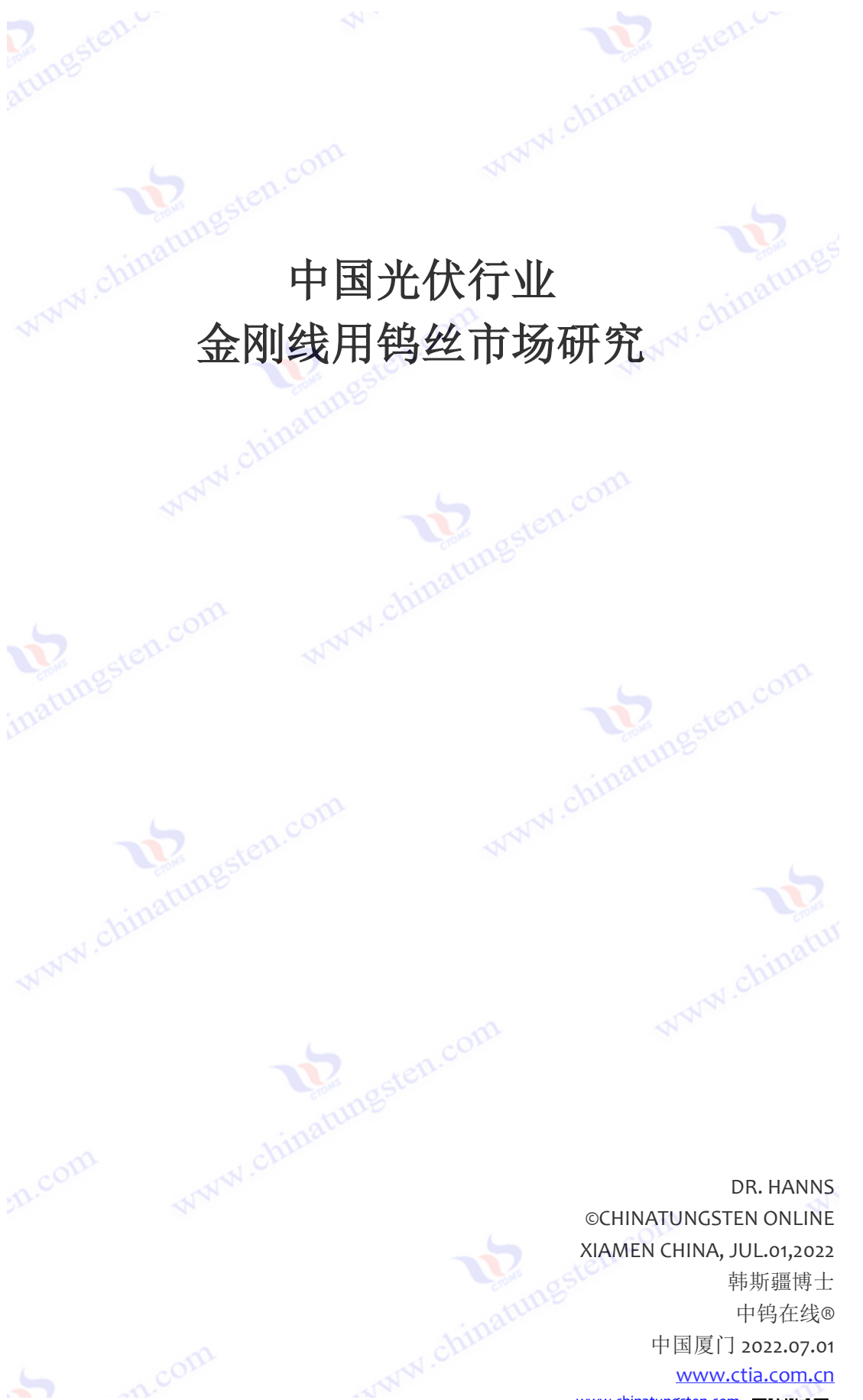




# 中国光伏行业 金刚线用钨丝市场研究



DR. HANNS  
©CHINATUNGSTEN ONLINE  
XIAMEN CHINA, JUL.01,2022  
韩斯疆博士  
中钨在线®  
中国厦门 2022.07.01  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)





## 著作权、法律责任声明

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

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

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

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

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

■ 如有需要我们的中文和/或英文版本，欢迎直接发邮件索取。

©中钨在线科技有限公司  
韩斯疆博士  
中钨在线®  
中国厦门 2022.07.01  
[www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)





## LEGAL LIABILITY STATEMENT

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

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

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

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

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

DR. HANNS

©CHINATUNGSTEN ONLINE

XIAMEN CHINA, JUL.01,2022

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

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





## COPYRIGHT

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

DR. HANNS

©CHINATUNGSTEN ONLINE

XIAMEN CHINA, JUL.01,2022

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

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



## 作者简介

厦门中钨在线科技有限公司，简称“中钨在线”，是中国第一家钨、钼、稀土行业的电子商务公司，1997年9月以我国第一家顶级钨制品网站 [www.chinatungsten.com](http://www.chinatungsten.com) 为基础在厦门设立。中钨在线以其在钨钼制品领域几十年积累的信息数据和专业经验为基础的设计、制造，卓越的商业信誉和优质服务闻名全球业界，使其成为钨钼稀土，特别是钨化学品、金属钨、硬质合金、高比重合金、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](http://www.ctia.com.cn) 为基础创建了超过100万个钨、钼、稀土新闻、价格、市场调查分析的网页；2013年以来，以“中钨在线”为名的公司微信公众号制作了近20000条微信信息送达近五万名订阅者，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程性能、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20年中，中钨在线为全球10000多家客户提供了超过10万种不同类型的钨、钼和稀土产品研发生产及后续服务；多年的经验和技術积累，也奠定了中钨在线客制化产品的柔性化和智能化制造集成能力和基础。

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

©厦门中钨在线科技有限公司  
韩斯疆博士 [ceo@tungsten.com.cn](mailto:ceo@tungsten.com.cn)  
中钨在线® [www.ctia.com.cn](http://www.ctia.com.cn)  
中国 厦门



## BRIEF INTRODUCTION TO THE AUTHOR

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

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

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

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

DR. HANNS

©CHINATUNGSTEN ONLINE  
XIAMEN CHINA, JUL.01,2022

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

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





## 金刚线钨丝母丝市场机会

### ——《中国光伏行业金刚线用钨丝市场研究》内容简介

2022 年以来，中钨高新和厦门钨业股票在经历了低谷之后一路凯歌高奏，究其原因不外乎是他们对外宣布的金刚线用钨丝母丝投资项目光明的未来市场预期；跟着一众钨制品和硬质合金企业也莫名地沾光大涨，与有荣焉。

中钨在线深处钨制品行业数十年，很清楚这次钨丝作为金刚线母丝的机会所在，从 2021 年开始便深入研究，并且已经和市场中有钨丝产能的合作伙伴建立了紧密合作关系，借此一方面可以作为生产者洞悉钨丝生产技术和成本控制，另一方面作为市场专业资讯人士为业界提供最有价值的信息。

今年以来，我们社媒方面的人马便分头就光伏行业、金刚线制造领域、钨丝母丝适宜性及其生产技术、成本与价格等诸方面进行了深入的研究，最终形成了包括中美日钨丝标准在内的近 10 万字的《光伏行业金刚线用钨丝市场研究》，本研究大量借鉴了光伏行业和金刚线产业的资讯，并深度参考了钨丝企业的技术发展和现状，厘清了金刚线钨丝母丝的市场逻辑，分析未来发展趋势和局限性，同时也深度思考了钨丝母丝市场面临的问题和风险。明天开始我们便会就其中的部分内容在“中钨在线”微信公众号开放送，如有兴趣希望先睹为快或者需要该报告全文，请联系我们 [zhenghua@ctia.com.cn](mailto:zhenghua@ctia.com.cn)。

钨丝作为金刚线的母丝被市场所热捧，是由于金刚线行业发展遇到的瓶颈所催生的。在过去的一段时间里，（1）全球都在呼吁减排减碳、实现碳中和等人类宏伟目标给了所有新能源机会，光伏行业在经历了长时间的低谷之后迎来了新生机会；（2）俄乌冲突带来的海运阻断、能源短缺危机进一步助推了太阳能产业的高速发展。这样的多重需求背景使得晶硅材料价格不断升高，光伏产业链上任何硅材料的节省技术和环节都会带巨大利润空间，因此业界便从几个方面寻求晶硅材料减量的尝试：

首先，近年来硅片切割完全淘汰游离磨料线锯技术，全部采用固结金刚线切割技术，大幅提高效率和企业利润。隆基股份在 2015 年全面实现金刚线切片，当年营收首次突破 50 亿元达到 59 亿元，净利润超过 5 亿元，2019 年则实现营收 329 亿元，净利 53 亿元。

其次，单晶硅内部晶核排列整齐，光电转换理论效率高，由于生产成本较高而在很长的时间里市占仅为 20% 左右，但金刚线切割技术使单晶硅片生产成本大幅下降，单晶硅的市占率 2020 年接近 90%，对多晶硅实现碾压式替代。在此基础上如果需要更好地控制成本，金刚线线径细化以减少晶硅磨削损耗就是重点方向之一，在切割效率要求下，金刚线母丝强度不能因线径细化降低，因而需求材料的改变就成了母丝的不二之选，光伏切割便成为钨丝这个夕阳产业的还魂草。

再者，光伏产业的兴盛直接的后果便是晶硅材料的价格大涨，隆基股份旗下的隆基绿能 6 月 30 日单晶硅片 P 型 M10 160 $\mu$ m (182/247mm) 价格 7.30 元/片，上月仅为 6.86 元；单晶硅片 P 型 M6 160 $\mu$ m (166/223mm) 价格 6.08 元/片（上月 5.72 元）；单晶硅片 P 型 158.75/223mm 160 $\mu$ m 价格 5.88 元/片（上月 5.52 元），几个上调均超 6%。在硅材料价格





不断攀高的形势之下，减少硅片厚度降低单位硅晶消耗也是降低光伏成本的主要方向。而降低硅片厚度，同样也需要更为细化的金刚线切割及其设备和技术，由此可见两个降耗思路均指向了金刚线线径，但是碳钢丝的线径细化却遇到了瓶颈。在硅片切割过程中，金刚线线速须在 4 秒内从静止状态加速至 2,400 米/分（合 144 公里/小时），维持 30 秒后在 4 秒内减速至 0 米/分；之后往复运动以达到高速切割的目的。这样的速度要求使得碳钢母丝的金钢线在细化到 50 $\mu$ m 线径便遇到了瓶颈：金刚砂粒度、线速度、切割效率（断线率-出片率）、硅晶损耗、晶硅质量等看似简单却又交互影响的逻辑关系中，要大幅度提高效率，保持降低断线率，保持出片率，就必须改变其中决定性因素，意即母线材质。这就促使金刚线行业不得不改变技术思路，寻求新的母丝替代材料了。

最后，人们发现钨丝已经发展了半个多世纪，技术成熟，材料充足、产能可迅速提高的条件可谓得天独厚，所以在商机出现时，厦门钨业和中钨高新便义无反顾地投入大笔资金加入金刚线母丝的竞争中。因为就现状而言，金刚线主要原料母线和金刚石粉约占成本的 50%、15%，母线不是金刚线切割效果的决定因素，却是金刚砂决定性载体，也占据主要成本。实际生产的数据研究表明碳钢基金刚线线径理论极限约 30 $\mu$ m，业界估计在 2023 年前后涂覆金刚砂之后的碳钢金刚线便会达到产业化极限约 35-36 $\mu$ m，而从抗拉强度数据理论计算的钨丝母线金刚线预计产业化极限能到 24-25 $\mu$ m，则可以从理论上看到解决线径极限美好前景。

以此推断，如果钨丝母线金刚线凭借其韧性好、强度高、不易断线的特点，在规模效应上能够抵消高于碳钢母线金刚线成本（市场价格 17 元/KM）2 倍左右的价格劣势，那么，碳钢基金刚线将很快成为历史，也将为传统钨丝行业带来新的生机，发挥我国钨资源、钨丝加工优势，由此巩固我国在光伏晶片上的既有质量和价格优势地位。

以上便是我们精心调研和撰写的《光伏行业金刚线用钨丝市场研究》一文的基本内容和思维逻辑，我们将从明天起推出部分内容，献给“中钨在线”各位尊敬的关注者。







## 目 录

### 第一章 太阳能、光伏和钨丝的基本概念

1. 太阳电池
2. 光伏硅材料
  - 2.1 结晶态硅材料
  - 2.2 多晶硅
  - 2.3 单晶硅
  - 2.4 半导体硅材料
3. 线锯
  - 3.1 游离磨料线锯
  - 3.2 固结磨粒线锯
  - 3.3 树脂结合剂固结磨粒线锯
  - 3.4 电镀固结磨粒线锯
  - 3.5 金刚石线锯
4. 金属钨丝

### 第二章 光伏行业各环节概况

1. 光伏产业链概述
2. 光伏产业链主要材料产销情况
  - 2.1 多晶硅
  - 2.2 硅片
  - 2.3 晶硅电池片
  - 2.4 晶硅组件
  - 2.5 光伏市场
  - 2.6 硅片环节拉棒电耗
  - 2.7 拉棒单炉投料量
  - 2.8 硅片厚度
  - 2.9 金刚线母线直径
  - 2.10 单位方棒/方锭在金刚线切割下的出片量
  - 2.11 不同尺寸硅片市场占比
3. 光伏行业发展趋势

### 第三章 金刚线的介绍

1. 什么是金刚线?
  - 1.1 概念
  - 1.2 金刚线直径
  - 1.3 金刚石线锯切割形式
  - 1.4 环形金刚线





## 2. 金刚线有哪些种类？

### 2.1 以金刚石涂覆工艺划分

#### 2.1.1 电镀金刚石线

#### 2.1.2 树脂金刚石线

### 2.2 以金刚线母线材质分类

#### 2.2.1 碳钢丝金刚线

#### 2.2.2 钨丝金刚线

## 3. 金刚线有哪些优点？

## 4. 金刚线主要有哪些用途？

## 5. 金刚线的发展历程

## 6. 金刚线的发展前景

## 第四章 钨丝金刚线的介绍

### 1. 什么是钨丝金刚线？

### 2. 钨丝金刚线发展简史

### 3. 钨丝金刚线分类

### 4. 钨丝金刚线基本特点

### 5. 钨丝金刚线与碳钢丝金刚线区别

#### 5.1 直径方面

#### 5.2 寿命方面

#### 5.3 切割效率方面

#### 5.4 切割质量方面

#### 5.5 应用范围方面

#### 5.6 经济方面

### 6. 钨丝金刚线切割原理

### 7. 钨丝金刚线生产工艺

### 8. 钨丝金刚线应用

## 第五章 金刚线用钨丝母丝简介

### 1. 什么是钨丝？

#### 1.1 什么是黑钨丝？

#### 1.2 什么是白钨丝？

#### 1.3 什么是纯钨丝？

#### 1.5 什么是掺杂钨丝？

##### 1.5.1 抗下垂钨丝的优点

##### 1.5.2 抗下垂钨丝的分类

#### 1.6 钨丝的直径规格

#### 1.7 纯金属钨及钨合金丝的应用

### 2. 钨丝简史

### 3. 钨丝掺杂机理

### 4. 钨丝的生产方法

#### 4.1 氧化钨制备





- 4.2 钨氧化钨掺杂
- 4.3 钨粉制备
- 4.4 钨粉酸洗
- 4.5 坯料压制
- 4.6 坯条烧结
- 4.7 塑性加工
  - 4.7.1 旋锻
  - 4.7.2 轧制
  - 4.7.3 拉拔
- 4.8 质量检验

## 5. 超细钨丝电解抛光工艺

- 5.1 超细钨丝电解抛光原理
- 5.2 超细钨丝电解抛光工艺流程
- 5.3 生产超细白钨丝时的工艺要求
- 5.4 电解液配方
- 5.5 影响电解抛光速度的因素
- 5.6 质量要求

## 6. 钨丝的国家标准有哪些?

- 6.1 钨丝的牌号、类型、状态和直径
- 6.2 各类型钨丝的推荐用途
- 6.3 直径允许偏差

### 附件

- GB/T 4181-2017 钨丝
- GB/T 4194-2017 钨丝蠕变试验、高温处理及金相检查方法
- YS/T 515-2012 钨丝下垂试验方法
- YS/T 516-2012 钨丝二次再结晶温度测量方法
- GB/T 23272-2009 照明及电子设备用钨丝
- GB/T 10681-2009 家庭和类似场合普通照明用钨丝灯性能要求
- GB/T 21095-2007 飞机用钨丝灯
- GB 7000.18-2003 钨丝灯用特低电压照明系统安全要求
- ASTM F288-96 美国照明钨丝标准
- JIS H4461-2002 日本照明和电子设备用钨丝

## 第六章 金刚线的生产工艺

### 1. 电镀碳钢丝金刚线的生产工艺

- 1.1 金刚线用高碳钢丝的生产
- 1.2 高碳钢丝制成金刚线的步骤

### 2. 电镀钨丝金刚线的生产工艺

- 2.1 电镀钨丝金刚线生产流程
- 2.2 金刚线用钨丝的生产步骤
- 2.3 掺杂钨丝制成钨丝电镀金刚线的步骤
- 2.4 钨丝电镀金刚线生产注意事项
- 2.5 钨丝电镀金刚线生产技术优点





- 2.6 钨丝母线表面清洁质量的检测
3. 树脂钨丝金刚线的生产工艺
4. 电镀金刚线的检测

## 第七章 金刚线的切割工艺

### 1. 什么是金刚线切割技术?

- 1.1 磨削理论
- 1.2 固结磨料线锯
- 1.3 影响金刚线锯切割效果的因素
- 1.4 主要电镀金刚线生产企业

### 2. 金刚线切割技术发展脉络

### 3. 金刚石线切割机

- 3.1 WSK 系列数控金刚线切片机
- 3.2 JXQ 系列金刚线切片机
- 3.3 WSK 系列数控金刚线蓝宝石开方机
- 3.4 JDQ-601 金刚线多线切割机
- 3.5 DWS 系列金刚石线切割机
- 3.6 STX 系列金刚石线切割机

### 4. 金刚石线切割机的切割原理

### 5. 金刚石线切割机操作步骤

## 第八章 硅片切割工艺

### 1. 硅片切割概论

### 2. 硅片切割的几种工艺

- 2.1 硅片内圆切割工艺
- 2.2 硅片多线切割技术
- 2.3 硅片电火花线切割技术
- 2.4 硅片超声振动切割

### 3. 内圆切割法

### 4. 砂浆切割法

### 5. 金刚线切割与砂浆切割区别

### 6. 金刚线（多线）切割与内圆锯切割区别

### 7. 硅片切割缺陷及原因

## 第九章 金刚线用途概览

### 1. 晶体硅用金刚线

### 2. 蓝宝石用金刚线

### 3. 硬质合金用金刚线

### 4. 光学玻璃用金刚线

### 5. 陶瓷用金刚线

### 6. 磁性材料用金刚线





7. 石材用金刚线
8. 建筑用金刚线
9. 石英用金刚线

第十章 钨丝金刚线的生产成本

第十一章 钨丝金刚线行业前景

第十二章 钨丝生产企业概览

第十三章 钨丝母线金刚丝市场格局预测

第十四章 金刚线生产企业概览

第十五章 硅片生产企业概览

第十六章 主要金刚石线切割机企业概览

第十七章 主要光伏行业主要企业概览

附件:

钨丝和光伏产业发展年谱简编





## 第六章 金刚线的生产工艺

前一章我们就钨丝的种类、生产工艺，特别是就掺杂钨丝的特性、和掺杂元素等作了详细介绍。本章我们将就金刚线实际生产的基本知识和生产工艺做一个简单介绍。



金刚线

据财联社报道，6月29日在回答投资者提问时，三超新材表示公司目前金刚线产能不足，无法满足客户的发货要求，具有金刚线、钨丝技术背景的A股上市公司近期也频繁受到机构调研。今年新一轮产能密集下沉，钨丝技术浮出水面；以原轼新材、惠丰钻石为代表的产业新军开始闯关资本市场，金刚石线将再掀波澜。而根据中钨在线近期观察和调研，大量资本正虎视眈眈已经涌入金刚石线领域。

价格方面，金刚石线造富盛宴大幕徐启，老牌加码扩产，新军上市热潮井喷。长期以来金刚石线的生产公司凤毛麟角，直到三超新材、东尼电子、岱勒新材“三兄弟”2017年集中上市，之后美畅股份、高测股份等龙头公司登陆资本市场使金刚石线炙手可热。在TCL中环和隆基股份订单扶持下，国产金刚石线迅速崛起，逐步替代了进口；金刚石线价格伴随着四化技术逐步提高不断下探。早期电镀金刚石线销售价能达到600元/千米，美畅股份2021年的销售均价40.17元/公里，岱勒新材等主流产品价格目前也都在40元左右；原轼新材招股书中最新披露的均价也已经降至39.6元/公里。钨丝母丝金刚线方面，消息称东尼电子的钨丝金刚线价格为60元左右，但根据岱勒新材的资讯，钨丝金刚线的价格要比碳钢丝高出2-4倍，但两者在线耗上是没有很大差异的，差异仅仅在于保持基本性能基础上的细线化，中钨在线认为在目前的硅材料价格和市场需求情况下，能够有5 $\mu$ m细线比较优势的钨丝金刚线是具有市场竞争力的。

技术方面，除了美畅股份、岱勒新材，东尼电子重新回归并称公司钨丝生产厂房预计于5

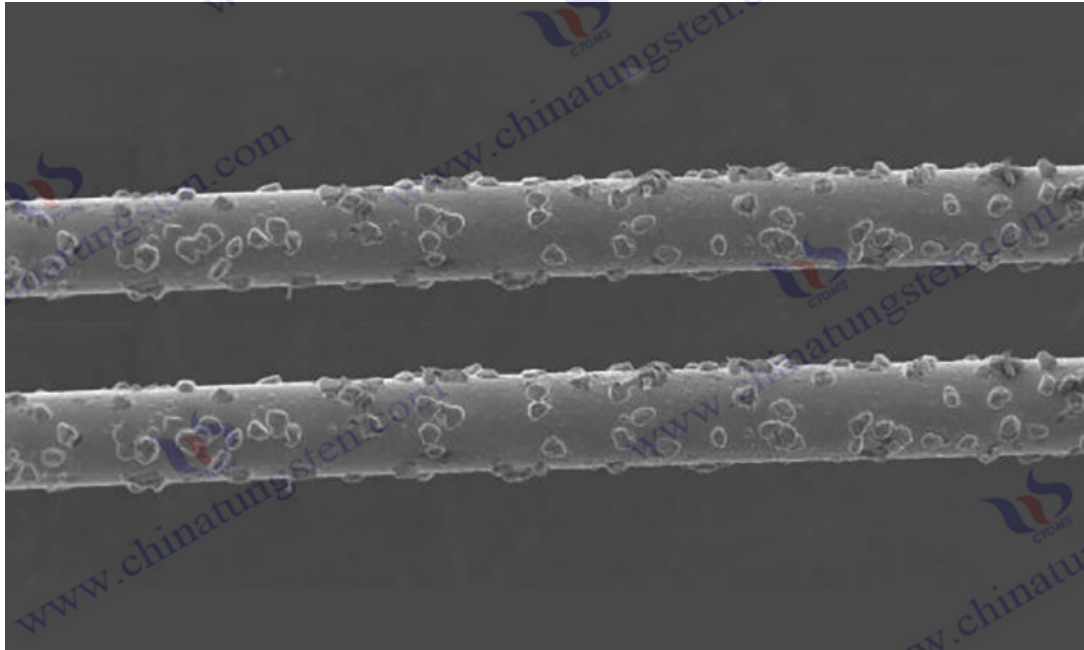




月底建成开始试制钨丝基母丝金刚线。目前国内主要的光伏硅片生产厂商几乎都采用金刚石线切割工艺，基线的主流工艺已经达到  $35\mu\text{m}$ ， $30$  线以下的工艺已经在大厂中试产，美畅股份主流的线径为  $38\mu\text{m}$ ，岱勒新材  $35\mu\text{m}$  碳钢丝母丝金刚线技术日趋成熟。尽管钨丝成本价格和碳钢比高出很多，但其抗拉强度大、抗腐蚀性更强、线耗低、耐久性好、切割成频率高也使其具有一定的竞争力，岱勒新材目前也在试制钨丝绳、钨丝环形金刚线等钨丝基体替代碳钢材料的诸多产品。

从岱勒新材来观察整个金刚线行业主要 7、8 家企业的生产情况，据岱勒新材公布的资讯，公司目前主流产品为  $38\mu\text{m}$  碳钢丝金刚线， $30\mu\text{m}$  钨丝基体金刚线在测试中。月产量 180 万 km，新增产能在 6 月份达产后可以增加 120 万 km；公司 1-3 月份产销量已经达到去年前年的 80% 左右，其中出口也飙升了 70%；目前公司在投产 15 线机的同时测试 20 线机。

以上综述，我们得知，近期金刚线钨丝基体技术发展神速，很多早已停产的钨丝企业纷纷重操旧业加入到细钨丝的生产大潮中，而金刚线企业也是加班加点昼夜不停地赶工，颇有突如一夜春风来的感觉。



电镀固结金刚线

作为晶硅片和蓝宝石等高硬脆材料切割环节的核心耗材，金刚线根据母线的不同可以分为高碳钢丝金刚线和钨丝金刚线。其中，根据生产方式的不同，钨丝金刚线又可以分为电镀钨基金刚线和树脂钨基金刚线。由于生产方式、母线材质、母线性能强度、线径等不同方式和材料所制造的金钢线质量和应用范围也有所区别。

21 世纪初，电镀金刚线以其优异的切割效率被应用于晶硅切割。到 2022 年，单晶硅棒硅片切割，已经完全不再使用砂线切割，树脂固结金刚线也逐步退出主流产线，电镀金刚线已经成为光伏切割，尤其是单晶硅切割的主流，多晶硅也越来越多地使用金刚线切割技术。从 2020 年开始研发的钨丝基体母丝电镀金刚线开始发轫，估计将在 2022 年底开始放量，2023-2024 年成为市场主流，与碳钢丝金刚线各站半壁江山。





## 1. 电镀碳钢丝金刚线的生产工艺

电镀碳钢丝金刚线是以高碳钢丝为基材通过电镀工艺制成的一种切割线，能用来切割晶体硅、玻璃、陶瓷和石墨等硬脆材料。其由内而外依次包括钢丝母线、预镀镍层、上砂镍层和固砂镍层。生产步骤是先生产高碳钢丝，然后在掺杂高碳钢丝的表面上进行上砂和镀层，最后清洗，烘干即可。

对于金刚线而言，碳钢丝起到通过附着镀层承载和携带金刚石微粉、施加压力和作用力的两相作用以使金刚线达到切割的目的，因此钢丝须有足够的力学性能并且要和镀层有良好的亲和力，是电镀容易实施并具有良好效果。上述目标就要求碳钢丝力学性能如抗拉强度、屈服强度、刚性（圈径）、抗扭强度等技术指标符合标准要求，在此基础上钢丝与镀层之间的界面结合力要强，母线的表面要进行适当的活化处理技术，有效的表面处理才能使得电镀后的线锯在抗拉、抗扭强度方面较裸线大幅提高。

光伏市场对金刚石线不断细线化要求使碳钢丝母线线径越来越细，也就对钢丝的力学性能提出了巨大挑战，因此，金刚石线的质量决定于碳钢丝母线，也决定于电镀生产工艺技术。

### 1.1 金刚线用高碳钢丝的生产

世界上生产优质碳钢丝的钢厂主要有德国蒂森克虏伯、日本新日铁住金、日本神户、韩国浦项、中国的宝钢等；在碳钢盘条领域神户号称线材的神户，其超洁净钢夹杂物含量很低，已占据世界最优地位。



金刚线基体母丝碳钢线盘条生产

碳钢盘条的一般生产工艺为：铁水预处理→转炉（电炉）冶炼→钢包精炼→RH 炉真空处理→连铸→超声波探伤、涡流探伤、板坯清理→加热炉加热→高速线材轧机轧制→在线热处理。

盘条又称为线材，通常是指成盘的小直径圆钢，在 5-19 毫米范围内，具有抗拉强度高、屈服强度大、塑性好和松弛性能低等特点。业界较为流行的金刚线生产所用原料以 92 钢为主，如日本神户制钢的 KSC92E 和 NSC90，其盘条化学成分和夹杂物控制严格，钢中碳







质量分数控制在 0.82%~0.95%，硅质量分数控制在 0.25%以下，锰质量分数控制在 0.35%以下。

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
0.90~0.95	0.10~0.25	0.30~0.50	≤0.02	≤0.02	0.10~0.30	≤0.05	≤0.05
1.02~1.07	0.15~0.30	0.20~0.40	≤0.02	≤0.02	0.10~0.30	≤0.05	≤0.05

日本神户公司的 KSC92-E 及 KSC105-E 化学成分

以碳钢盘条为原料生产碳钢线的生产流程简化描述为：盘条表面预处理（机械除磷、酸洗、涂硼砂）→一次拉拔到  $\varnothing 2.3\text{mm}$ →一次索氏体化→表面预处理→二次拉拔到  $\varnothing 0.66\text{mm}$ →二次索氏体化→表面处理（碱洗、酸洗）→镀铜→镀锌→热扩散→热水洗→湿拉拔到  $70\mu\text{m}$  或客户需求的规格→真空包装。

我们以  $70\mu\text{m}$  碳钢丝为例简单说明生产过程如下：

- (1) 5.5mm $\varnothing$ 2E 盘条原料采用 LZ7/560 直进式拉丝机拉至 2.3mm，总压缩率 82.5%；
- (2) 2.3mm 半成品钢丝通过常规奥氏体化加热、水浴热处理完成索氏体化；
- (3) 通过 LZ11/450 拉丝机进行中丝拉拔至 0.66mm，速度 9~11m/s，总压缩率为 91.8%；中丝进行热处理并电镀黄铜，Dv 值为 50~60mm·m/min；
- (4) 镀后钢丝在 28 模水箱拉丝机拉拔，总压缩率 98.9%，速度 240~360m/min，采用恒张力放线，收线排线精密，在拉丝机为专用水箱拉丝机完成  $70\mu\text{m}$  碳钢丝拉丝工艺。

该生产工艺的主要优点是拉拔速度控制。一般来说，钢丝本身温升与拉拔速度成正比，适当降低拉拔速度有利于控制高碳钢丝生产过程中的断丝问题，提升整体合格率。高碳钢丝自身温度升高，造成强度上升、塑性下降、拉拔脆断、扭转开裂和变形不均匀，归因于钢丝产生的应变时效，时效的机理基于“位错钉扎”和“位错塞积”理论。此外，随着湿拉拔速度提升，钢丝发热量增加，钢丝中渗碳体溶解是导致钢丝分层、扭转次数下降的主要原因。



金刚线用碳钢丝





## 1.2 高碳钢丝制成金刚线的步骤

先将高碳钢丝放线，然后进行预处理，将钢丝表面上的油渍、油脂和手指纹等污染物处理干净，后用析塔 SITA 清洁度仪进行检测，如果表面足够干净，则可以进行预镀镍，再上砂即上预处理后的金刚砂，接着将金刚砂进行二次电镀固化在基线上，最后清洗、烘干、检测和收线即可。在生产过程中，需要用到的材料包括去离子水、氨基磺酸镍溶液、硼酸溶液、氯化镍溶液和萘三磺酸钠。

一种金刚线生产线，包括用于预处理基线线材表面污渍的预处理组、用于基线上砂的上砂组、用于将金刚砂固化在基线上的电镀组以及用于清洗金刚线的后处理组，所述预处理组、上砂组、电镀组及后处理组依次沿基线传送方向设置，且后处理组可收卷成品金刚线，所述上砂组包括用于电镀固化金刚砂在基线上的上砂筒以及用于为上砂筒循环上料的循环装置，所述循环装置的输出端连通上砂筒的下部，所述循环装置的输入端连接上砂筒的上部，所述电镀组可将金刚砂进行二次电镀固化在基线上。



2022 年主流的电镀金刚线集体材料—碳钢丝

碳钢丝基体电镀金刚线基本工艺流程...

## 2. 电镀钨丝金刚线的生产工艺

目前电镀钨丝金刚线的线径一般在  $0.35-0.40\mu\text{m}$ 。根据基线是否为环形可分为电镀长切割线和环形电镀切割线；根据基线种类可分为以单根钨丝、双股钨丝为基线的金刚线；根据所用金刚石磨料是否改性可分为普通金刚石切割线和磨料带金属衣的金刚石切割线。其中，电镀金刚线长切割线是指采用电镀的方法将金刚石磨料固结到有头的金属基体上形成





的切割线，常用基体截面形状为圆形；而环形电镀金刚石切割线是指将金刚石磨料电镀到环形金属基体上形成的切割线。

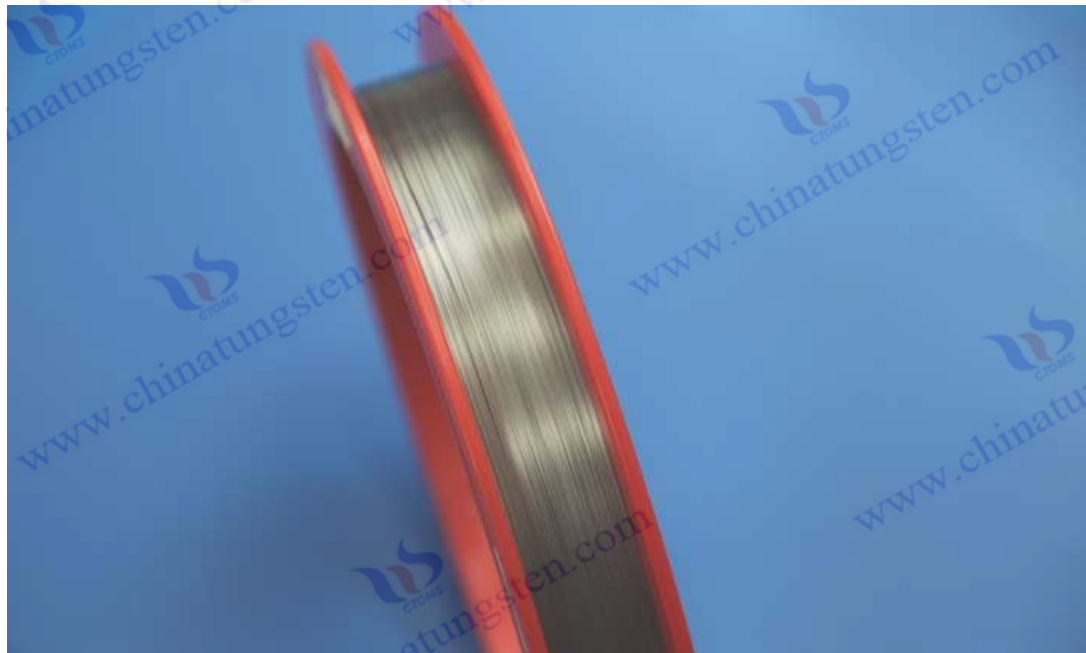
电镀钨丝金刚线是通过电镀工艺在钨丝上沉积一层金属镍，金属镍内包裹金刚石微粉，使金刚石颗粒固结在钨丝上。其由内而外依次包括钨丝母线、预镀镍层、上砂镍层和固砂镍层。生产步骤是先制备掺杂钨丝，然后在掺杂钨丝表面进行镀层，最后清洗，烘干即可。

### 某型金刚线的化学成分质量标准

元素	指标	元素	指标	元素	指标	元素	指标	元素	指标
镍 Ni	15-20%	锰 Mn	0.2-0.4%	钙 Ca	≤0.0010%	镉 (Cd)	<0.0002%	多溴联苯	<0.0005%
铁 Fe	75-80%	钴 Co	≤0.0020%	镁 Mg	≤0.0010%	铅 (Pb)	<0.0002%	多溴联苯醚	<0.0005%
碳 C	1-2%	硅 Si	≤0.2000%	硫 S	≤0.0200%	汞 (Hg)	<0.0002%		
铜 Cu	0.2-0.4%	铬 Cr	≤0.0200%	锌 Zn	≤0.2000%	其他	<0.0002%		

### 2.1 电镀钨丝金刚线生产流程

原料（仲钨酸铵）→一次还原→酸洗→掺杂→二次还原→酸洗→混料→等静压→预烧结→锤熔→旋锻开坯→高频退火→连续旋锻→黑丝拉拔→电解→烘干→白丝→电镀→金刚线。



钨丝

### 2.2 金刚线用钨丝的生产步骤

中钨在线在本文比较倾向于给大家介绍掺杂钨丝作为金刚线基体母丝的原材料，所以在本文我们尽量使用 AKS 掺杂钨丝、和钨铼、钨镧等掺杂钨丝，有时此类钨丝也被称为钨合金丝，或者合金钨丝。





金刚线一般采用具备高强度、耐腐蚀、抗震、抗变形等优异性能的掺杂钨丝作母线。一般的掺杂钨丝的生产工艺已在[上一章节](#)作详细介绍，以下介绍一种在掺杂 Si、Al、K 元素基础上再添加少量金属铼（Re）和金属镧（La）的掺杂钨丝（钨铼镧合金丝）的生产工艺...

### 2.3 掺杂钨丝制成钨丝电镀金刚线的步骤

### 2.4 钨丝电镀金刚线生产注意事项

### 2.5 钨丝电镀金刚线生产技术优点

### 2.6 钨丝母线表面清洁质量的检测

## 3. 树脂钨丝金刚线的生产工艺

## 4. 电镀金刚线的检测

参考附件：某型金刚线质量检测报告蓝本

全文阅读需付费，请联系中钨在线

邮箱：[info@chinatungsten.com](mailto:info@chinatungsten.com)

微信：15259269485

