

# CPMA 团体标准《大功率脉冲氙灯用稀土钨电极材料》

## 编制说明

### 一、工作简况

#### （一）任务来源

根据2025年粉末冶金产业技术创新战略联盟和中关村材料试验技术联盟标准化工作计划，制定《大功率脉冲氙灯用稀土钨电极材料》团体标准。本标准由粉末冶金产业技术创新战略联盟提出并归口，立项编号LX004-2025，项目周期为5个月，完成年限为2025年8月。起草单位包括安泰科技股份有限公司、安泰天龙钨钼科技有限公司、中国工程物理研究院核物理与化学研究所、北京工业大学、中国科学院上海光学精密机械研究所等。

#### （二）主要参加单位和工作组成员及其所作的工作

##### 2.1 主要参加单位情况

标准主编单位安泰科技股份有限公司和安泰天龙钨钼科技有限公司在标准的编制过程中，能积极主动收集国内外相关标准，负责项目的总体实施和策划，能够带领编制组成员认真细致修改标准文本，征求多家企业的修改意见，编制实测数据统计表，带领编制组完成标准的编制工作。

北京工业大学为本标准提供理论研究基础，并为国内外稀土钨电极标准研究工作提供有力支持。与此同时，配合主编单位开展大量的现场调研、开展各种试验工作，为标准编写提供了真实有效的实测数据，针对标准的讨论稿和征求意见稿提出修改意见。

中国工程物理研究院核物理与化学研究所积极参加标准调研工作，对标准中稀土钨电极的技术指标进行严格把关。积极配合编制组开展现场取样及试验验证工作，完成了稀土钨电极验证数据的对比，为标准技术要求部分提供有力保障。

中国科学院上海光学精密机械研究所积极配合主编单位开展大量的现场调研、取样、开展各种试验工作，为标准编写提供了真实有效的实测数据，针对标准的讨论稿和征求意见稿提出修改意见，并对标准中稀土钨电极的技术指标进行严格把关。积极配合编制组开展现场取样及试验验证工作，为标准顺利完成做出了较大贡献。

2.2 主要工作成员所负责的工作情况

本标准主要起草人及工作职责见表 1。

表1 主要起草人及工作职责

| 起草人 | 工作职责                            |
|-----|---------------------------------|
| 王承阳 | 负责标准的工作指导、标准的编写、试验方案确定及组织协调     |
| 熊宁  | 负责标准中相关技术要求内容的编写及把关             |
| 曹健  | 负责提供企业的现场调研及配合标准编写开展现场试验验证及数据积累 |
| 姚惠龙 | 对国内外复合钨电极标准对比提供支持               |
| 汪旭光 | 编写标准试验验证数据的对比分析                 |
| 董帝  | 标准编写材料的收集及标准部分内容的编写与把关          |

(三) 工作过程

- (1) 预研阶段（2025年1-3月）：调研国内外复合钨电极生产现状，收集技术资料。
- (2) 立项阶段（2025年4月）：提交立项材料并通过评审。
- (3) 起草阶段（2025年4月）：形成标准草案，召开专家讨论会修改完善。
- (4) 征求意见阶段（2025年4-5月）：公开征求意见并汇总处理。
- (5) 审查阶段（2025年6月）：召开专家审查会，形成报批稿。
- (6) 审批阶段（2025年7月）：标准审批。

二、标准编制原则和确定主要内容的论据及解决的主要问题

(一) 标准编制原则

1.1 原则性

本着与时俱进、切合实际、合理利用资源、促进科技进步、促进产业升级与产品结构调整、满足市场需要和供需双方公平受益、获取最大社会综合效益的基本原则。标准的制定格式严格按照GB/T 1.1《标准化工作导则第一部分：标准的结构与编写规则》的规定进行。

1.2 适应性

当前市场的复合钨电极产品已不能满足越来越高的使用需求，随着产品生产技术的发展，相关要求对产品使用性能判定已失去指导意义，并且目前市场新增增加的产品规格未在原标准中体现，已不能引导产品的持续改进。因此本项目参考国际先进水平，规定应用于大功率脉冲氙灯用稀土钨电极材料规范要求，通过相

关试验验证及大量的生产实际情况，制定本标准，提升标准对产品用途的适应性，有效提高产品整体的质量水平，促进产品在国内外市场的推广。

1.3 先进性

通过本标准的制定，促使国内生产企业和相关行业的技术进步，并且极大促进复合钨电极的市场需求。

(二) 确定主要内容的论据

经过广泛调研后根据稀土钨电极的材质确定本标准的产品类型，对市场的要求和稀土钨电极的实际质量水平，从而制定本标准。

2.1 化学成分

(1) 关于稀土钨电极化学成分中钨含量的确定：钨因其高熔点（3422℃）、高电子发射能力、优异的高温强度 成为电极材料的首选基体。在电极产品中，可以提供结构支撑，确保电极在高温电弧环境下的机械稳定性，并且由于纯钨的电阻率低，适合高电流负载，可以保证产品具有良好的导电性，维持热稳定性。

通过不同钨含量的电极性能测试，得出最优范围，如表2所示：

表2 稀土钨电极中 W 含量对应的性能表现

| W含量（%）    | 性能表现                            | 适用性结论       |
|-----------|---------------------------------|-------------|
| >98.5     | 导电性优，但稀土强化效果不足，高温抗氧化性和电子发射性能下降。 | 不适用（稀土功能不足） |
| 97.5~98.5 | 稀土强化效果显著，电子发射、耐热性、机械强度均衡。       | 最佳范围        |
| <97.5     | 稀土过量导致脆性增加，加工困难，导电性下降。          | 不适用（力学性能恶化） |

(2) 关于稀土元素含量的确定：

在钨基体中加入稀土元素，可有效细化基体晶粒，依据细晶强化的机理，可提高钨电极产品的使用性能，提高产品使用寿命。

其中，氧化镧（La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）可以提高电子发射能力，降低逸出功，增强电极在高温电弧环境下的稳定性，并且有效细化晶粒，提高电极的再结晶温度，减少高温变形，提高钨电极在变形加工过程中的稳定性；氧化钇（Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>）可以提高电极的高温抗氧化性，减少电弧烧蚀，增强电极的耐热冲击性能，延长使用寿命。氧化钍（ThO<sub>2</sub>）的添加也可以提高电极热稳定性，并且对材料起到弥散强化的作用，抑制晶粒长大，改善高温蠕变性能。

通过不同配比的稀土掺杂钨电极进行性能测试，得出最优成分范围：

表3 稀土氧化物含量

| 牌号   | 掺杂类别                           | 含量/ wt. % | 杂质总含量/wt. % | 钨含量/ wt. % |
|------|--------------------------------|-----------|-------------|------------|
| WT20 | ThO <sub>2</sub>               | 1.8-2.2   | ≤0.1        | 余量         |
| WL20 | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 1.8-2.2   | ≤0.1        | 余量         |
| WC20 | CeO <sub>2</sub>               | 1.8-2.2   | ≤0.1        | 余量         |

对国内外相关标准调研发现，国外先进企业标准中，只对钨钨材料进行了相关规范，并且掺杂量较低；而国内GB/T 34498-2017和YS/T 1447-2021对氙灯用钨电极材料做了相关规范，但也只包含钍钨电极和铈钨电极，产品覆盖不够全面。本标准填补了脉冲氙灯用稀土钨电极的空白，更具先进性。

(3) 关于杂质元素含量的确定：

钨电极产品中主要关注C杂质元素的含量变化，过高的碳含量会与钨形成碳化物（如W<sub>2</sub>C），导致电极脆性增加，降低其高温强度和导电性。实验数据表明，当C>0.01%时，电极的断裂韧性显著下降，影响使用寿命。因此，为保证钨电极产品的使用性能，应对杂质元素含量进行严格精细的控制。

2.2 产品性能

稀土钨电极的密度应满足表4的要求。

表4 稀土钨电极密度

| 牌号   | 掺杂类别                           | 密度                      |
|------|--------------------------------|-------------------------|
| WT20 | ThO <sub>2</sub>               | ≥18.6 g/cm <sup>3</sup> |
| WL20 | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ≥18.4 g/cm <sup>3</sup> |
| WC20 | CeO <sub>2</sub>               | ≥18.5 g/cm <sup>3</sup> |

稀土钨电极的抗压强度不小于 2000MPa。

2.3 产品的尺寸及其偏差

稀土钨电极的尺寸公差控制是确保其性能稳定性和应用可靠性的关键指标，其确定依据涵盖加工工艺、应用需求和行业标准等多个方面。产品尺寸及其偏差应符合表5规定。

表5 稀土钨电极尺寸公差

单位：mm

| 牌号             | 直径  | 直径偏差  | 长度      | 长度偏差 |
|----------------|-----|-------|---------|------|
| WT20、WL20、WC20 | 3.0 | ±0.10 | 200-500 | ±1.0 |
|                | 4.0 |       |         |      |
|                | 5.0 |       |         |      |
|                | 6.0 |       |         |      |
|                | 8.0 |       |         |      |

2.4 微观组织

电极产品确保稀土氧化物分布均匀，且微观组织晶粒均匀细小，晶粒度不小于9级。

2.5 表面质量

电极产品表面不得有沾污，毛刺，裂纹等缺陷；横截面上不允许有裂纹、孔洞及其它可见的锻造缺陷。

2.6 外形尺寸

产品交付的外形尺寸应满足合同或者订货图纸的要求。

2.7 内部质量

产品内部不允许存在疏松、夹杂、裂纹等缺陷。

三、主要试验（或验证）情况分析

针对稀土钨电极产品，按本标准规定的方法，对主要技术指标化学成分和性能指标进行了验证，验证数据结果见表 6。

表6 稀土钨电极技术指标验证结果

| 牌号   | 密度                      | 晶粒度     | 稀土氧化物含量                                   |
|------|-------------------------|---------|-------------------------------------------|
| WT20 | 18.66 g/cm <sup>3</sup> | 13.05 级 | ThO <sub>2</sub> :2.03wt.%                |
| WL20 | 18.40 g/cm <sup>3</sup> | 13.01 级 | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :1.98 wt.% |
| WC20 | 18.51 g/cm <sup>3</sup> | 10.18 级 | CeO <sub>2</sub> :1.98 wt.%               |

从表 6 的数据分析，标准中规定的产品化学成分和性能是科学合理的。

四、知识产权情况说明

本标准不涉及专利问题。

五、产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益

（一）项目的必要性简介

大功率脉冲氙灯用稀土钨电极目前缺乏统一标准，导致产品性能差异大，影响激光器的输出稳定性和寿命。而电极的电子发射效率、耐高温性等关键指标无明确规范，增加用户选型难度。大功率脉冲激光灯（如医疗激光、工业切割）对电极的耐电弧烧蚀性能要求显著提升，需通过标准引导材料优化。目前国际厂商（如Plansee、日本东芝等）已建立企业标准，国内企业需通过建立标准增强竞争力。因此本项目通过相关试验验证及大量的生产实际情况，建立激光灯专用复合

稀土钨电极，提升标准对产品用途的适应性；统一影响产品质量的关键指标，能有效提高产品整体的质量水平，促进产品在国内外市场的推广。

（二）项目的可行性简介

国内目前已掌握稀土均匀掺杂、变形加工等核心技术，可稳定生产高性能电极。并且从钨粉制备、电极加工到激光灯组装的全链条已成熟。现目前行业内的许多电极产品型号在标准中未有体现，且高速发展的工业对电极产品的质量提出更高的要求。因此《大功率脉冲氙灯用稀土钨电极材料》标准修订时机已成熟，标准的实施将会进一步提高复合稀土钨电极的质量。

（三）标准的先进性、创新性、标准实施后预期产生的经济效益和社会效益。

本标准根据我国大功率脉冲氙灯用复合稀土钨电极生产情况首次制定，填补了国内复合稀土钨电极行业的一项空白，其技术指标符合用户要求，先进合理。本标准在编制过程中进行了大量的数据收集和试验测试工作，同时兼顾了国内大部分复合稀土钨电极生产厂家的现状。

通过文献检索，网上查询，国内关于脉冲氙灯用钨电极的标准覆盖不够全面，并且难以满足日益提高的产品使用需求。目前复合稀土钨电极生产技术非常成熟，且国内及国外已得到大规模普及，因此迫切需要制定该产品行业标准，对脉冲氙灯用钨电极材料制造生产作出规范。

综上所述，本标准的主要技术指标均达到国外脉冲氙灯用钨电极材料生产企业质量水平，综合水平达到国内先进水平。

六、国内外标准（包括国际标准和国外先进标准）对比

国内外相关标准对比如表7所示，目前，国内外相关标准主要关注于产品的使用，缺少对产品材料制造过程中的性能关注。本团队结合多年的生产制造经验及产品使用反馈，总结出大功率氙灯钨电极材料在密度、平均晶粒度、抗压强度方面的性能规范，并将产品规范覆盖至钨钨、钨钨、钨钨三种电极材料，极大促进了产业发展，并且可以满足日益提高的产品使用需求。

表7 标准对比

|  |     | 国外先进标准<br>(Plansee/OSRAM) | 中国国家标准<br>(GB)  | 有色行业标准         | 本标准（拟制定）    |
|--|-----|---------------------------|-----------------|----------------|-------------|
|  | 标准号 | 企业标准（未公开）                 | GB/T 34498-2017 | YS/T 1447-2021 | T/XXXX-2025 |

|                      |               |                                          |                                                              |                                      |                                                                                      |
|----------------------|---------------|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 标准<br>基本<br>信息<br>对比 | 标准<br>名称      | 钨电极产品规格<br>书                             | 《激光灯用钨阴极<br>材料》                                              | 《氙灯钨阴极》                              | 《大功率脉冲<br>氙灯用稀土钨<br>电极材料》                                                            |
|                      | 范围            | 通用钨电极                                    | 适用于激光泵浦灯<br>用钨阴极材料                                           | 适用于粉末冶金法、压力<br>加工法制取的氙灯钨阴<br>极。      | 大功率脉冲氙<br>灯专用稀土钨<br>电极材料                                                             |
| 技术<br>参数<br>对<br>比   | 稀土<br>含量      | La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> :0.9-1.1% | ThO <sub>2</sub> :1.7-2.2%<br><br>CeO <sub>2</sub> :1.8-2.2% | ThO <sub>2</sub> :1.8-2.2%           | ThO <sub>2</sub> 、La <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 、<br>CeO <sub>2</sub> :<br>1.8-2.2% |
|                      | 密度            | ≥18.65g/cm <sup>3</sup>                  | WT20、WC20≥18.2                                               | 直径≤15 密度≥18.75<br><br>直径>15 密度≥18.65 | ≥18.4~18.6                                                                           |
|                      | 平均<br>晶粒<br>度 | 根据直径区分<br><br>≥7 级（直径：<br>3-13mm）        | 2000-5000 个/mm <sup>2</sup><br><br>(对应晶粒度：<br>7.97-9.3 级)    | 未规定                                  | ≥9 级                                                                                 |
|                      | 抗压<br>强度      | 未规定                                      | 未规定                                                          | 未规定                                  | ≥2000MPa                                                                             |
|                      | 表面<br>粗糙<br>度 | ≤1.0μm                                   | ≤1.6μm                                                       | 端面≤0.8μm<br><br>斜面≤1.6μm             | ≤1.6μm                                                                               |
|                      | 外观<br>质量      | 不应有分层、裂纹<br>等                            | 不应有分层、裂纹<br>等                                                | 不应有分层、裂纹等                            | 不应有分层、<br>裂纹等                                                                        |

注：若和相关标准差异较大，无法进行比对，请在“无法比对”行说明无法比对的具体原因和主要差异。

## 七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调性

本文件的修订符合现行法律、法规的要求，本文件与其他强制性国家标准无矛盾与不协调之处。制定的《大功率脉冲氙灯用稀土钨电极材料》从技术上保证了产品使用的安全性和可靠性，条文精炼，表述清楚，技术要求全面、准确、科学、合理；标准的格式和表达方式等方面完全执行了现行的国家标准和有关法规，符合GB/T 1.1-2020的有关要求。

## 八、重大分歧意见的处理经过和依据

暂无重大分歧意见。

## 九、贯彻标准的要求和措施建议

1.首先应在实施前保证标准文本的充足供应，使每个制造厂及检测机构等都能及时获取本标准文本，这是保证新标准贯彻实施的基础。

2.本项目制定的《大功率脉冲氙灯用稀土钨电极材料》，不仅与生产企业有关，而且与使用单位、检测机构等相关。对于标准使用过程中容易出现的疑问，起草单位有义务进行必要的解释。

3.可以针对标准使用的不同对象，如制造厂、质量监管等相关部门，有侧重点地进行标准的培训和宣贯，以保证标准的贯彻实施。

4.建议本标准批准发布6个月后实施。

#### **十、替代或废止现行相关标准的建议**

无

#### **十一、其它应予说明的事项**

本标准的发布实施，将显著提升我国大功率脉冲氙灯用钨电极的整体质量水平，使其全面达到国际先进标准，满足高功率、高频率激光器的严苛需求。通过规范生产、引导创新、扩大出口，不仅可促进钨资源的高值化利用，还将推动我国激光产业链从“跟跑”向“领跑”转变，对实现“中国制造 2025”中关键材料自主可控具有重要战略意义。

CPMA 团体标准《大功率脉冲氙灯用稀土钨电极材料》

编制工作组

2025-05-19