

# 《钨坩埚》

## 审定稿编制说明

### 一、工作简况

#### (一) 任务来源

根据工业和信息化部办公厅《2022 年第一批行业标准制修订和英文版项目计划》（工信厅科函[2022]94 号）的要求，行业标准《钨坩埚》，计划编号：2022-0231T-YS，项目周期为 18 个月，计划完成年限为 2023 年 10 月，标准起草单位为西北有色金属研究院、安泰天龙钨钼科技有限公司、中钨稀有金属新材料（湖南）有限公司、厦门虹鹭钨钼工业有限公司、西安瑞福莱钨钼有限公司、北矿新材料科技有限公司、有色金属技术经济研究院有限责任公司，技术归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。

#### (二) 主要参加单位和工作成员及其所作的工作

##### 2.1 主要参加单位情况

西北有色金属研究院创立最早的研究领域之一是粉末冶金。40 多年来，在金属多孔材料及其元器件、难熔、稀有金属粉末冶金材料、特种粉末及其制品等方面，开设了百余项具有国内先进技术水平研究课题，开发了大批新产品，荣获国家及省部级科技成果奖、优秀新产品奖等成果 63 项。在稀有金属粉末方面，研制的超细钴粉、钴镍系列合金粉荣获省科技进步二等奖，应用于兵器及航天发动机点火用药；低氧含量钛粉达到世界先进水平。在粉末钛合金方面，研制的粉末冶金 Ti-6Al-4V 荣获省科技进步二等奖，稀土粉末冶金钛合金具有自主知识产权。在难熔金属粉末冶金方面，研制的钨钼靶、钨流口、高品质钼坯等，荣获部级科技进步二等奖 2 项，三等奖 2 项。在耐热钨钼永磁材料方面，荣获部级科技进步二等奖。标准主编单位西北有色金属研究院在标准的编制过程中，负责项目的总体实施和策划，西北有色金属研究院能够带领编制组成员单位认真细致修改标准文本，征求多家企业的修改意见，最终带领编制组完成标准的编制工作。

安泰天龙钨钼科技有限公司核心产品与技术竞争优势明显且应用领域广泛，主要涉及核电、航天航空、冶金、能源等。代表性产品主要有钨坩埚、高性能 FeCrAl 电热合金材料、钢粉末刀具钢、异步电机笼式转子、核电主泵推力盘、核电用双金属螺母组件等。拥有国内唯一的热等静压工程技术研究中心，已成为国内技术实力最强的热等静压技术研发和创新基地，并在国内率先通过热等静压的 NADCAP 认证。公司形成了可以根据客户需求进行材料设计、包套设计与制备、HIP 工艺、精密加工与装配的完整产业链，满足了航空、航天、船舶、核工业等各个领域对热等静压业务的需求。

中钨稀有金属新材料（湖南）有限公司由原株洲硬质合金集团有限公司钨钼制品事业部、钽铌制品事业部及湖南有色新材料科技有限公司于 2021 年战略整合成立。目前已建

成各类稀有金属初级产品到深度加工产品的生产、科研、营销体系。主营产品分为“钻石牌”稀有金属粉末、钨钼钽铌中间产品和精深加工产品等 6 大类，共 20 多个系列。公司产品远销欧、美、日、亚等五十多个国家和地区，年出货量达到 1800 吨以上，各系列产品广泛应用于冶金化工、电子信息、新能源、平面显示、5G 通信及半导体等领域，为经济社会发展提供了必不可少的关键性基础材料。

厦门虹鹭钨钼工业有限公司作为国内知名的钨钼材料及粉末制品制造商，占据了 70% 的钨丝市场份额，是跨国公司飞利浦、通用电气、欧司朗等大型企业的钨钼材料主要供应商，为全球客户提供最具竞争力的钨钼材料及粉末冶金制品。厦门虹鹭注重钨钼制品的开发研究，是钨丝国家标准的起草者。目前公司主要生产高品质钨钼材料及粉末冶金制品，主要产品包括高纯钨粉、板材、棒材、丝材、钨坩埚、钼坩埚、钨聚合物、高温热场材料、CVD 钨制品，被广泛应用于电光源及电真空、半导体及电子技术、航空航天及汽车工业、机械制造及焊接、工业窑炉、3C 及医疗等领域。

西安瑞福莱钨钼有限公司（瑞福莱）是西部金属材料股份有限公司（上市公司，股票代码“002149”）控股的高新技术企业。瑞福莱前身为西北有色金属研究院第六研究室，是中国重要的稀有金属材料研究加工基地和行业技术开发中心，由原西部金属材料股份有限公司钨钼材料及制品事业部改制建立。瑞福莱生产经营范围主要包括半导体离子注入、MOCVD 等用钨钼材料及精深加工部件；高速旋转 X 射线管用高性能 TZM 钼棒；医疗 CT 准直用高精度钨片器件；钨钼溅射靶材；蒸发镀膜用钨钼舟皿；钨钼的板、带、箔、丝、棒、管及其深加工产品；晶体生长、烧结、科学实验、高温真空炉用钨钼隔热屏、发热体等。

北矿新材料科技有限公司是由中央直属大型科技企业北京矿冶研究总院的全资子公司北矿新材料科技有限公司与江苏光明新材料有限公司共同投资组建的现代化高新技术企业。目前钨、钼制品年生产能力超过 1000 吨。原北京钨钼材料厂所有业务已转移至北矿新材料科技有限公司。

有色金属技术经济研究院有限责任公司为本文件提供理论研究基础，并为国内外钨坩埚标准研究工作提供有力支持。

## 2.2 主要工作成员所负责的工作情况

本文件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
王国栋	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
薛少博、王丹	负责标准中相关技术要求内容的编写及把关
张外平、方漳云、姚惠龙、刘聪之、张丹华	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
王建永、赵娟、刘小宇、黄广华	标准编写材料的收集及标准部分内容的编写与把关
白智辉	提供技术指导

### **(三) 工作过程**

#### **3.1 预研阶段**

2020年5月至2020年10月，由西北有色金属研究院、株洲硬质合金集团有限公司及安泰天龙钨钼科技有限公司对国内钨坩埚进行了现场调研，具体内容为：了解国内钨坩埚的科研、生产、应用及产品实际情况，与企业技术人员深入讨论钨坩埚的具体要求，参观企业现场生产及检测情况，根据调研情况，由主编单位整理并编制形成了《钨坩埚》标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等材料。

#### **3.2 立项阶段**

1) 2020年10月，西北有色金属研究院向全体委员会议提交了《钨坩埚》标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等材料，全体委员会议论证结论为同意行业标准立项。由秘书处组织委员网上投票，投票通过后转报国标委，并挂网向社会公开征求意见。

2) 2022年4月，工业和信息化部办公厅下达了制定《钨坩埚》行业标准的任务，计划编号：2022-0231T-YS，完成年限为2023年10月，技术归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。

#### **3.3 起草阶段**

2022年8月25日，由全国有色金属标准化技术委员会组织召开了《钨坩埚》制定任务落实与协调会议。主编单位对标准的主要技术要求以及编制进度进行了汇报，各相关单位对标准的技术指标进行了充分讨论，并确定了标准编制组：西北有色金属研究院、安泰天龙钨钼科技有限公司、中钨稀有金属新材料（湖南）有限公司、厦门虹鹭钨钼工业有限公司、北矿新材料科技有限公司、西安瑞福莱钨钼有限公司。依据此次会议精神，编制组及时修改了标准文本，形成了《钨坩埚》标准讨论稿及编制说明。2023年2月23日，佛山有色标准会议对《钨坩埚》讨论稿进行了充分讨论，根据此次会议精神，编制组修改了标准文本，并形成了《钨坩埚》标准预审稿及编制说明。2023年5月31日，大理有色标准会议对《钨坩埚》预审稿进行了充分讨论，根据此次会议精神，编制组修改了标准文本，并形成了《钨坩埚》标准审定稿及编制说明。

## **二、标准编制原则**

本文件在编制过程中，始终遵循满足市场需求、技术内容合理、检测方法可行的原则，以目前主要生产厂家水平及用户使用反馈为主要制定依据，以提高与已发布实施的国家标准之间的协调性和一致性为编制原则，以提高产品精度控制和通用性为技术要求，体现了国内大多数钨坩埚生产企业的技术水平，并充分借鉴了下游使用企业的原料技术要求，具有良好的行业适用性，为国内相关产业提供技术指导。同时，项目组确定出以下主要原则：

1) 本文件应严格按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第一部分：标准化文件的结构和起草原则》的规定格式进行编写。

2) 本文件规定产品的技术指标应均得到相应印证, 保证本文件的规范性、先进性, 注重其使用性、可操作性和完整性。

### 三、标准主要内容的确定依据及主要试验和验证情况分析

#### (一) 确定标准主要内容的论据

##### 1.1 化学成分

为了增加本文件和已发布实施的标准之间的相互协调性和一致性, 本文件在规定化学成分时, 直接引用了YS/T 659中规定的化学成分。本文件规定产品的化学成分应符合YS/T 659的规定, 需方从产品上取样进行化学成分复验时其成分允许偏差应符合YS/T 659的规定。产品的化学成分应符合YS/T 659中W1牌号的要求。

##### 1.2 尺寸规格及允许偏差

本文件规定的尺寸规格及允许偏差主要参考根据多年来用户要求及各单位加工实际情况确定。坩埚主要用于蓝宝石长晶、稀土冶炼、石英玻璃等行业中, 随着行业生产规模的不断扩大, 大规格坩埚的需求也在不断增加, 对坩埚尺寸及公差的要求越来越高。当前, 我国制备大尺寸钨坩埚技术已经达到国际先进水平, 安泰天龙钨钼科技有限公司于2013年制备出外径700mm, 高度760mm、密度 $18.0\text{g/cm}^3$ , 株洲硬质合金集团有限公司在2015年生产出了外径560mm、高度640mm、密度 $18.3\text{g/cm}^3$ 、成品质量达到540多千克的钨坩埚。

坩埚尺寸精度的提升, 是工艺改进的提升, 加工难度较之前相比有了很大的挑战。另一方面, 烧结态尺寸要求与精加工态要求差别很大, 故对其尺寸要求分开描述。烧结态钨坩埚外径存在烧结变形, 允许公差较大。实际上, 大多数生产单位为提高收率和钨坩埚外形质量在烧结前均要进行割型机加工, 其尺寸能较好的满足表2及表3要求的水平。

精加工钨坩埚外径规格存在小规格坩埚, 因此需方如有特殊要求, 经双方协商, 可提供其他规格的钨坩埚; 目前钨坩埚精加工方法和刀具均得到技术突破, 精度普遍可达到 $\pm 0.5\text{mm}$ , 小规格甚至可达到 $\pm 0.1\text{mm}$ 或更高的水平, 综合考虑用户对尺寸的要求, 精加工态钨坩埚的公差尺寸应适当加严, 见表1。其中外径和高度多为装配用, 是主要尺寸, 一般要求不低于 $\pm 1\text{mm}$ ; 壁厚和底厚与使用寿命和装料量有关, 可适当放宽要求。不同用途的钨坩埚对倒角有不同的要求, 角度允许偏差见表2。

表1

单位为毫米

供货状态	外径( $\varphi$ )	外径 允许偏差	高度( $H$ )	高度 允许偏差	壁厚( $b$ )	壁厚 允许偏差	底厚( $\delta$ )	底厚 允许偏差
烧结态	60~150	$\pm 2$	50~120	$\pm 3$	5~10	$\pm 1$	15~20	$\pm 2$
	>150~200	$\pm 2$	>120~280	$\pm 4$	>10~15	$\pm 2$	>20~25	$\pm 3$

	>200~700	±3	>280~1000	±5	>15~50	±3	>25~50	±4
精加工态	60~150	±1	50~120	±1	5~10	±1	15~20	±1
	>150~200	±1	>120~280	±1	>10~15	±1	>20~25	±1
	>200~700	±1	>280~1000	±1	>15~50	±2	>25~50	±2

注：需方如有特殊要求，经双方协商，可提供其他规格的钨坩埚。

表 2

单位为度

角度 (A)	角度允许偏差
0.5~1.5	±0.5

### 1.3 密度

本文件规定的产品密度测量主要参考了 GB/T 3850，无论对于稀土冶炼用钨坩埚还是单晶炉用钨坩埚，其使用寿命均与密度呈正相关关系。中钨稀有稀土冶炼用钨坩埚可以达到  $18.5\text{g/cm}^3$  以上，单晶炉钨坩埚一般都在  $18.3\text{g/cm}^3$  以上，有的单位单晶炉用钨坩埚密度可达到  $18.5\text{g/cm}^3$  以上。对于目前国内粉末冶金钨烧结致密工艺来说，密度达到  $18.3\text{g/cm}^3$  以上是轻轻松松的事情，因此，目前的钨坩埚密度应提高到  $18.3\text{g/cm}^3$  以上方可代表行业水平，同时有益于坩埚使用寿命的提升，提高钨坩埚产品品质，降低成本。

### 1.4 外观质量

钨坩埚外观应光滑、洁净、去毛刺，无裂纹、凹坑、夹杂等缺陷。钨坩埚的使用环境要求坩埚外观表面应光滑、洁净、去毛刺，无裂纹、凹坑、夹杂等缺陷，这样才能保证钨坩埚的使用寿命，只在客户有要求的情况下作表面光洁度的处理。外观质量如图 1 所示。



图 1

### 1.5 化学成分检测

钨坩埚化学成分检测在随炉试样上取样，每批取一个。随炉试样在客户要求情况下可提供给用户单位。

#### (二) 主要试验（或验证）情况分析

本文件经过了大量实物供应及数据验证，对钨坩埚的技术要求和考核指标进行了科学合理的规定，并对主要技术进行了试验验证。

## 2.1 主要验证分析

产品经过多批次验证，具体数据如表 3：

表 3

坩埚 状态	生产 单位	编号	规格 (mm)	外径 (mm)	高度 (mm)	壁厚 (mm)	底厚 (mm)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	外观 质量
烧结态	安泰 科技	1-1	Φ305*Φ282*306	305.22	306.34	11.64	26.12	18.61	无分 层、裂 纹、气 孔，呈 银灰 色。
		1-2	Φ341.5*Φ316.5*411.5	342.28	412.28	12.56	31.24	18.61	
		1-3	Φ350*Φ330*450	350.26	450.46	10.12	30.02	18.47	
		1-4	Φ360*Φ338*387	361.42	387.12	11.26	30.42	18.65	
	中钨 稀有	2-1	Φ110*Φ100*200	111.12	201.56	10.13	15.12	18.36	表面银 灰色， 无分 层、裂 纹、孔 洞。
		2-2	Φ160*Φ140*270	161.20	272.86	11.56	15.12	18.42	
		2-3	Φ250*Φ230*320	252.34	322.26	10.30	21.22	18.48	
		2-4	Φ380*Φ350*440	382.56	442.34	15.12	42.76	18.46	
		2-5	Φ560*Φ530*660	562.84	663.14	15.12	45.66	18.39	
	厦门 虹鹭	3-1	D105×190 外径 105±1mm 高度 190±1mm 壁厚 10±0.5mm 底厚 15±0.5mm	105.24	190.28	10.16	15.12	18.71	无裂 纹、无 崩口， 呈均匀 银灰色
		3-2		104.87	190.05	9.88	15.03	18.69	
		3-3		105.34	190.27	10.13	15.21	18.80	

		3-4		105.38	190.30	10.21	15.14	18.65	
		3-5		105.22	189.86	10.26	14.89	18.76	
		3-6	D281×313 外径 281±1.5mm 高度 313±1.5mm 壁厚 15±0.5mm 底厚 35±0.5mm	281.12	314.10	15.22	35.20	18.66	
		3-7		281.63	313.35	15.16	35.11	18.68	
		3-8		281.45	313.56	15.25	35.19	18.60	
		3-9		280.96	312.89	14.85	34.96	18.53	
		3-10		281.59	313.63	15.32	35.31	18.64	
精加工 态	安泰 科技	1-1	Φ445*Φ409*850	445.64	850.62	18.18	78.02	18.37	表面不 能有分 层、裂 纹、孔 洞。
		1-2	Φ500*Φ480*653	500.25	653.24	10.06	40.12	18.52	
		1-3	Φ450*Φ418*560	450.36	559.88	16.20	50.21	18.67	
	中钨 稀有	2-1	Φ110*Φ100*200	110.50	200.02	10.56	15.24	18.36	表面光 洁，无 分层、 裂纹、 孔洞。
		2-2	Φ160*Φ140*270	161.00	270±1	10±1	15±1	18.42	
		2-3	Φ250*Φ230*320	250±1	320±1	10±1	20±1	18.48	
		2-4	Φ380*Φ350*440	380±1	440±1	15±1	40±1	18.46	

		2-5	Φ560*Φ530*660	560±1.5	660±1	15±1	45±1	18.39	
厦门虹鹭		3-1	D301×381 外径 301±1mm 高度 381±2mm 壁厚 15±0.5mm 底厚 40±0.5mm	300.77	380.96	14.92	39.88	18.70	无裂纹、无崩口，呈均匀银色金属光泽。
		3-2		301.26	381.12	15.33	40.40	18.71	
		3-3		301.38	381.80	15.20	40.27	18.49	
		3-4	D330×450 外径 330±1mm 高度 450±2mm 壁厚 15±0.5mm 底厚 45±0.5mm	330.10	450.15	15.01	45.21	18.35	
		3-5		330.55	450.98	15.23	45.11	18.40	
		3-6		330.67	451.23	15.31	45.30	18.49	
瑞福莱		4-1	Φ80*Φ70*150	80.42	150.62	5.21	15.48	18.5	表面光洁、无分层、裂纹、孔洞。
		4-2	Φ120*Φ100*260	120.53	260.76	10.16	20.56	18.3	

## 2.2 验证分析结论

2.2.1 经过前期多批次试验验证，产品的技术要求满足本文件规定要求。

2.2.2 本文件对产品技术要求的规定是合理可行的，同时产品主要技术参数的实测验证数据稳定，并有一定富余度及可提升空间，规定产品的技术要求科学合理。

## 四、标准中涉及专利的情况

本文件不涉及专利问题

## 五、预期达到的社会效益等情况

### (一) 项目的必要性简述

金属钨是国家的重要战略资源之一，具有高熔点（3410℃）、高密度、高温强度大、高温硬度高、热膨胀系数小、抗腐蚀性能强等特性。以纯钨为原料制备的钨坩埚被广泛应用于蓝宝石、稀土冶炼、石英玻璃、晶体生长等高附加值行业，在现代航空航天、舰船、



核工业等产业中扮演着重要的作用。因此，近些年来对于高质量钨坩埚及深加工异形钨坩埚的需求量逐年增加、质量要求越来越高。其中，蓝宝石作为一种重要的技术晶体，已被广泛地应用于科学技术、国防与民用工业的许多领域。由于具有环保、耐用和节能的优点，发光二极管（LED）是照明的未来趋势，而作为 LED 的主要衬底材料，蓝宝石被用于生产绝大部分的蓝色、白色、绿色和 UVLED。另外，蓝宝石具有透光度高、物理强度大、耐磨、耐腐蚀、耐高温、化学惰性和生物相容的优点，这些物理特性决定了它也是高性能光学应用的理想材料。钨坩埚作为蓝宝石制备过程中不可缺少的部分，拉动了整个钨行业的深加工发展。根据国内外的分析调查，目前全球每年的蓝宝石制备所要新增与替换的钨材料至少在 1000t 以上。

《钨坩埚》行业标准自发布至今已十年，钨坩埚产品技术状态已发生变化。根据钨坩埚的应用及研究现状，预计未来几年，钨坩埚的发展方向将是研究制备大尺寸、高品质、低成本特征的钨坩埚。随着蓝宝石、稀土冶炼、石英玻璃、晶体生长等行业的快速发展，提高加工工艺和表面光洁度生产出大体积寿命长的钨坩埚的技术要求不断提高，生产单位进行了技术改进，制备了大尺寸、高密度的钨坩埚，已经间接促进了下游领域的发展。这些技术要求主要包括产品规格尺寸、表面光洁度、坩埚密度等，现有标准要求都滞后于当前制备技术水平，对生产、采购和验收等环节造成较大影响，急需修订。

## （二）项目的可行性简介

目前钨坩埚制备技术已经得到明显的提升，本项目所涉及修订的钨坩埚相关技术指标，已经得到了普遍用户的认可。已经形成了专用的技术和装备，技术稳定、可靠、符合钨坩埚用户要求，具备了修订改进国家标准的基础和条件。本项目的制定可使我国钨坩埚的技术要求更加先进、合理，使我国钨坩埚的整体质量水平达到国际先进水平，对促进我国钨坩埚生产应用的有序化和规范化将产生积极作用，对推广我国钨坩埚的发展将产生重要影响。

## （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。

以纯钨为原料制备的钨坩埚被广泛应用于蓝宝石、稀土冶炼、石英玻璃、晶体生长等高附加值行业，在现代航空航天、舰船、核工业等产业中扮演着重要的作用，因此，近些年来对于高质量钨坩埚及深加工异形钨坩埚的需求量逐年增加、质量要求越来越高。我国制备和使用钨坩埚的研究要晚于前苏联及其他欧洲国家，随着市场的发展，各生产厂家不断加大设备和资金的投入，用于钨坩埚的研发和生产，钨坩埚的质量和产能也逐步提高。与国外技术相比较，我国应用该方法制备大尺寸钨坩埚技术已经达到国际先进水平，安泰天龙钨钼科技有限公司于 2013 年制备出外径 700mm，高度 760mm、密度 18.0g/cm<sup>3</sup>，株洲硬质合金集团有限公司在 2015 年生产出了外径 560mm、高度 640mm、密度 18.3g/cm<sup>3</sup>、成品质量达到 540 多千克的钨坩埚，把等静压-烧结法生产钨坩埚的研究推向了新的阶段。

## 六、采用国际标准和国外先进标准的情况

现无查询到国外相关标准

## 七、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性国家标准的协调配套情况

本文件的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和贮存等方面与国内相关标准协调一致；本文件将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、标准性质的建议说明

鉴于本文件规定的钨坩埚不涉及人身及设备安全的内容，其属产品标准，不属于安全性标准。依据标准化法和有关规定，建议本文件的性质为推荐性行业标准。

## 十、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、设计单位以及检测机构等都能及时获取本文件文本，这是保证新标准贯彻实施的基础。

2、本次制定的《钨坩埚》不仅与生产企业有关，而且与设计单位、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、建议本文件批准发布 6 个月后实施。

## 十一、废止现行有关标准的建议

无。

## 十二、其他应予说明的事项

本标准发布实施后，将有助于提升我国钨坩埚的整体质量水平。相关产品在满足国内需求的同时也提高了在国际市场上的竞争实力，对促进我国钨坩埚的发展将产生积极影响。

《钨坩埚》标准编制组

2023 年 7 月 6 日