

行业标准《高纯钼粉》编制说明

（送审稿）

一、工作简况

1、任务来源

1.1 根据 2024 年 8 月 14 日，工业和信息化部办公厅工信厅科函〔2024〕317 号关于印发《2024 年第三批行业标准制修订和外文版项目计划》的要求，有色金属行业标准《高纯钼粉》编制项目由全国有色金属标准化技术委员会归口，计划编号：2024-0927T-YS，项目周期为 12 个月，完成年限为 2025 年 8 月，由金堆城钼业股份有限公司、成都虹波实业股份有限公司、安泰天龙钨钼科技有限公司、洛阳科威钨钼有限公司、常州苏晶电子材料有限公司、山东格美钨钼材料股份有限公司、有研亿金新材料有限公司、有研工程技术研究院有限公司等负责起草。

1.2 项目编制组单位变化情况

依据标准编制工作任务量，调整之后，本文件起草单位为金堆城钼业股份有限公司、成都虹波实业股份有限公司、有研亿金新材料有限公司、西安建筑科技大学、有研工程技术研究院有限公司、安泰天龙钨钼科技有限公司、辽宁宏拓新材料科技有限公司、西部鑫兴稀贵金属有限公司等。

2、背景

高纯钼粉广泛应用于耐高压大电流半导体器件的钼引线、声像设备、照相机零件、高密度集成电路中的门电极靶材及微电子等领域。随着中国半导体国产化加速、新能源及军工材料需求增长，4N 级钼粉市场进入高速增长期。2023 年中国 4N 级高纯钼粉市场规模约 20-25 亿元，占全球 30%左右，预计 2025 年将突破 40 亿元。2023 年中国 4N5 级高纯钼粉市场规模约 5-8 亿元，预计 2025 年将突破 12-18 亿元。与高纯钼粉市场所呈现的飞速发展不相匹配的是无统一的标准，各企业自定技术指标，缺乏有效指引和标准化监督。通过建立《高纯钼粉》行业标准，从而规范高纯钼粉市场，提升国产高端钼粉竞争力、推动技术升级，促进产业集中化、保障半导体、微电子技术等高科技领域供应链安全。

高纯钼粉与 GB/T3461 中普通钼粉比，具有以下区别：

制备工艺方面：晶体中散布一定的杂质原子，因其与晶体原子的半径不同，将导致晶格产生微小的畸变能和很大的位形熵，因此，从热力学角度考虑，在一定温度下，晶体中杂质原子的存在将有利于体系的稳定，即所有材料都有一定的“晶体极限纯度”。以钼粉为例，当纯度达到 99.95%时，要进一步剔除 77 个固态杂质元素和 H、C、N、O、S 等 5 个气体杂质元素，不仅需要从原料、火法冶金、湿法冶金、粉末冶金的整个工艺流程增加多道额外的化学深度除杂工艺，如离子交换、萃取等化工分离操作单元将制备高纯钼粉的原料予以深度净化，制备出高纯钼化合物，而且需要严格控制整个工艺流程中与物

料接触的工装、设备材质和生产环境，避免钼粉体系的破坏。相对而言，GB/T 3461《钼粉》中规定的普通钼粉制备工艺相对简单、参数控制相对宽松，通过常规的湿法冶金和粉末冶金技术和常规的工装、设备即可实现普通钼粉的生产。

产品应用方面：由于钼粉中杂质元素的数量与分布直接影响着钼制品的缺陷数量和状态，进而影响制品的整体质量、后续加工性能和使用效果，因此，高纯钼粉在新型高分辨率平面显示器的基础靶材、芯片、耐高压大电流半导体器件的钼引线等对杂质含量有苛刻要求的领域具有传统钼粉无法比拟的优势。以半导体领域用钼及钼合金靶材为例，由于杂质元素与钼晶体结构和晶体参数不同，其富集或偏聚会直接导致靶材局部组织的异常，进而引起溅射薄膜的局部出现该杂质原子的特有显微组织，从而溅射薄膜的表面形貌与粗糙度、附着力、热导率、电导率、热应力、耐腐蚀性、热稳定性等物理特性出现局部异常，因此，不同含量的杂质元素对靶材产品的质量会产生直接的影响。更为严重的是，杂质元素隐藏在钼及钼合金靶材中产生的组织缺陷往往过少、过小，很容易在检测过程中遗漏，直到溅射薄膜出现问题已为时已晚，往往造成钼及钼合金靶材价值数百倍的经济损失。所以，严格要求高纯钼粉的杂质含量，对于钼及钼合金后续产品的质量保证，具有非常重要的现实意义。

钼靶材广泛应用于薄膜半导体管-液晶显示器（TFT-LCD）、平面显示、太阳能电池等领域，其中高纯钼粉部分杂质元素对后端电子元器件性能稳定性影响较大，在电子行业，由于碱金属离子（Na⁺、K⁺）易在绝缘层中成为可移动性离子，降低元器件性能，影响平面显示的分辨率，元素钾与钠总量不得超过 30ppm；U、Th 等元素会释放射线， α 射线产生电子-空穴对造成器件产生软击穿，每个元素含量不能超过 1ppm；过渡金属 Fe、Ni、Cr 离子会产生界面漏电及氧元素增加，各元素含量不得超过 10ppm；P、B、Ga、Al、As 等元素，陷阱效应、降低载流子移动性，影响电子元器件性能，每个元素含量不能超过 1ppm。钨与钼在电阻率和热膨胀系数差异会导致局部热应力集中，引发界面开裂、焊点脱落或材料分层，W 元素含量应控制在 35ppm 以内。

与 GB/T 3461 中普通钼粉相比，高纯钼粉的杂质元素检测数量、含量、检测方法等要求完全不同。

综合以上高纯钼粉制备工艺、产品应用实际情况，因此，制定高纯钼粉产品标准以规范高纯钼粉质量要求是非常有必要的。本项目依托国家重点研发计划课题“超高纯 W、Mo、Ta、Re 关键制备技术研究”（课题编号 2017YFB0305404），对 4N 级和 4N5 级高纯钼粉的制备技术与应用进行了系统研究，明确与普通钼粉产品质量的差别，明确、规范其化学成分、物理性能、外观质量等指标参数及其检验方法，不但符合《国家中长期科学和技术发展规划纲要（2006-2020 年）》中难熔金属基础原材料、相关材料及其关键技术的发展需求；而且建立健全高纯钼粉的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装等质量保证体系，对指导高纯钼粉的生产、使用、贮存、运输和应用，进而为高纯钼电极、门电极钼靶

材等高纯钼制品提供稳定、合格的原材料，推进新时期钼纯化技术发展、高纯钼粉质量管理科学发展及钼金属加工业及其相关产业的发展，具有重要的工程指导意义。

3、主要参加单位和工作组成员及其所作的工作

金堆城钼业股份有限公司作为标准起草的牵头单位，在工作前期，对高纯钼粉产品系列和现阶段国内外产品现状进行了充分的调研和梳理，制定了系统的研究方案。在标准制定过程中，负责项目的总体实施和策划，积极组织各参编单位收集并认真研究国内外相关技术标准资料，结合生产实际，充分调研和了解现场实际情况，收集实测数据，编制实测数据统计表，认真细致地修改标准文本。

成都虹波实业股份有限公司、有研亿金新材料有限公司、西安建筑科技大学、有研工程技术研究院有限公司、安泰天龙钨钼科技有限公司、辽宁宏拓新材料科技有限公司、西部鑫兴稀贵金属有限公司等单位积极参加标准调研工作，配合主编单位开展大量的现场调研、各种试验工作，为本标准提供国内外客户意见反馈和真实有效的基础数据。

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
张强、厉学武	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
弋社峰、冯鹏发	负责标准中相关技术要求内容的编写及把关
赵新瑞、左烨盖、王波	负责试验方案确定，标准编写材料的收集
	负责提供企业的现场调研，配合标准编写开展现场试验验证
	提供理论支撑，并对国内外高纯钼粉相关标准对比提供支持
	提供检测服务，整理、验证、比对试验数据

4、工作过程

4.1 预研阶段

2022 年 11 月，金堆城钼业股份有限公司成立行业标准《高纯钼粉》编制小组，对国内高纯钼粉的生产现状进行调研，了解国内高纯钼粉的制备技术水平、检测及市场应用情况，开展现场试验验证，与企业技术人员、客户深入讨论标准的技术要求。根据调研情况，整理并编制形成了《高纯钼粉》行业标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等材料。

4.2 立项阶段

1) 2023 年 4 月，金堆城钼业股份有限公司向全国有色金属标准化委员会提交《高纯钼粉》的标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等材料，经全体委员会会议讨论同意《高纯钼粉》行业标准立项，由有色金属标准委员会转报上级单位。

2) 2024 年 8 月,工业和信息化部下达制订《高纯钼粉》行业标准任务,计划编号: 2024-0927T-YS,项目周期为 12 个月,完成年限为 2025 年 8 月,技术归口单位为全国有色金属标准化技术委员会。由金堆城钼业股份有限公司、成都虹波实业股份有限公司、有研亿金新材料有限公司、西安建筑科技大学、有研工程技术研究院有限公司、安泰天龙钨钼科技有限公司、辽宁宏拓新材料科技有限公司、西部鑫兴稀贵金属有限公司等负责起草。

4.3 起草阶段

本标准为编制标准,在起草阶段进行了大量的数据收集,同时兼顾全国高纯钼粉生产厂家的现状。

1) 2024 年 8 月成立标准编制组,并明确了工作的职能和任务。

2) 2024 年 8 月~2024 年 9 月对高纯钼粉使用状况进行了相关资料的收集和总结,并对相关的技术资料进行了对比分析。

3) 2024 年 10 月,稀有金属分标委带领编制小组一行 7 人赴金钼股份、成都虹波实业股份有限公司进行现场调研。通过参观企业现场生产情况,详细了解高纯钼粉的生产工艺流程、技术装备水平、产品检测及应用情况,与企业技术人员深入探讨标准中产品的范围、分类、技术要求等内容逐一进行了核实,经修改,形成了《高纯钼粉》的讨论稿,并进行了广泛的征求意见工作。

4) 第一次标准工作会: 2024 年 12 月 16 日~19 日,由全国有色金属标准化技术委员会主持,在黑龙江省哈尔滨市召开了有色金属标准工作会议,来自金堆城钼业股份有限公司、成都虹波实业股份有限公司、安泰天龙钨钼科技有限公司、洛阳科威钨钼有限公司、常州苏晶电子材料有限公司、山东格美钨钼材料股份有限公司、有研亿金新材料有限公司、西安建筑科技大学、有研工程技术研究院有限公司等多家单位专家对本标准(讨论稿)进行了认真、细致的讨论,提出了修改意见及建议。标准编制组及时对讨论稿进行了修改,形成《高纯钼粉》(征求意见稿),编制组根据征求意见稿规定的性能要求及试验方法启动了验证工作。

4.4 征求意见阶段

本标准以召开专题会议、发送标准邮件、标委会网站上公开挂网等多种形式和办法进行了广泛的征求意见。

1) 2025 年 4 月 16 日~19 日,全国有色金属标准化技术委员会在云南省昆明市组织召开了行业标准《高纯钼粉》工作会议,来自中国有色金属工业标准计量质量研究所、宝钛集团有限公司、西部新锆核材料科技有限公司、国核宝钛锆业股份公司、西安瑞福莱钨钼有限公司、西北有色金属研究院、有研亿金新材料有限公司、西安建筑科技大学、有研工程技术研究院有限公司、厦门虹鹭钨钼科技有限公司、有研科技集团有限公司等 15 家单位的 18 名专家对行业标准《高纯钼粉》(征求意见稿)进行了认真仔

细的讨论。

2025 年 4 月下旬，本文件编制组依据会上对征求意见稿提出的意见和建议，对征求意见稿进行了修改和完善。征求意见阶段，共发送行业标准《高纯钼粉》（征求意见稿）的单位 21 个，收到回函的单位 21 个，回函并有建议或意见的单位 19 个，回函无意见的单位 2 个，无回函的单位 0 个，详见征求意见稿意见汇总处理表。征求意见范围广泛且具代表性，编制组根据意见对征求意见稿进行修改完善，于 2025 年 5 月底形成了行业标准《高纯钼粉》的送审稿。

4.5 审查阶段

4.5.1 标准技术专家审查会议

4.5.2 委员审查会议

4.6 报批阶段

二、标准编制原则

2.1 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。

本标准在制定时主要遵守四大原则：

- （1）积极采用国际标准和国外先进标准；
- （2）有利于促进技术进步，提高产品质量；
- （3）有利于合理利用资源；
- （4）符合用户要求，保护消费者利益,促进对外贸易。

2.2 合理性

当前国内外高纯钼粉的主要生产单位有金堆城钼业股份有限公司、成都虹波实业股份有限公司、奥地利 Plansee 公司。编制小组是在对国内外市场应用领域和国内主要生产厂家充分调研的基础上制定本标准，收集对比了大量的实测数据，产品的技术指标均得到了响应和印证，确保合理性。本标准的制定充分反应了当前国内高纯钼粉行业内各企业的技术水平和应用水平，宜以应用。

2.3 先进性

通过本标准的制定，将对国内高纯钼粉生产企业和相关行业的技术进步起到积极作用。本标准涉及内容的技术水平达到国内先进水平。

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

本文件是新制定的行业标准。主要在对市场需求和国内高纯钼粉的实际生产水平充分调研的基础上，对产品的范围、分类、技术要求等内容进行了规定。

1.范围

随着半导体芯片产业的发展，高纯钼靶材、高纯钼合金靶材、高纯钼器件的需求越来越多，带动了高纯钼粉需求的不断增长，原有的 GB/T 3461-2016《钼粉》标准规定的内容难以适应行业发展的需求。

2.分类和标记

高纯钼粉在新型高分辨率平面显示器的基础靶材、芯片、耐高压大电流半导体器件的钼引线等对杂质含量有苛刻要求的领域具有传统钼粉无法比拟的优势。因此，根据化学成分含量的不同，产品划分为 GMo4N、GMo4N5 两个牌号。高纯钼粉按钼的纯度分类见表 2。

表 2 高纯钼粉分类

产 品	牌 号	钼含量 %	用 途
高纯钼粉	GMo4N	≥99.99	主要应用在电子元器件、溅射靶材、高温炉部件等领域
	GMo4N5	≥99.995	主要应用在高分辨率平面显示器、精密溅射靶材等领域

3.技术要求

1) 化学成分

化学成分是高纯钼粉的关键技术指标，针对不同的牌号，我们对高纯钼粉全元素分析，结合生产商、客户和贸易商、分析检测单位等相关方的需求，确定化学成分标准。高纯钼粉的化学成分应符合表 3、表 4 的规定。

表 3 化学成分

(质量分数, 10^{-6})

产品牌号		GMo4N	GMo4N5
Mo (质量分数), 不小于		99.99	99.995
杂质含量, 不大于	B	0.1	0.05
	Na	2	2
	Mg	1	1
	Al	1	1
	Si	2	2
	P	0.5	0.5
	K	26	10
	Ca	2	1
	Ti	0.5	0.5
	V	0.2	0.1
	Cr	4	1
	Mn	0.5	0.5
	Fe	10	3
	Co	0.5	0.05
	Ni	3	2
	Cu	3	1
	Zn	0.2	0.1
	Ga	0.1	0.05
	Ge	0.1	0.05
	As	0.1	0.05
	Se	0.1	0.1
	Br	0.1	0.05
	Rb	0.1	0.05
	Sr	0.5	0.1
	Y	0.1	0.05
	Zr	0.5	0.1
	Nb	0.1	0.05
	Ag	0.1	0.1
	Sn	0.1	0.05
	Sb	1	0.2
	Ba	3	1
	La	0.5	0.2
	Ce	0.1	0.05
	Hf	0.1	0.05
	Ta	0.1	0.05
	W	35	20
	Re	0.5	0.5
	Pt	0.1	0.05
	Au	0.1	0.05

续表 3

(质量分数, 10^{-6})

产品牌号	GMo4N	GMo4N5
Hg	0.1	0.05
Tl	0.1	0.05
Pb	0.1	0.05
Bi	0.1	0.05
Th	0.1	0.05
U	0.5	0.1
注: Mo 含量按杂质减量法计算(气体元素 H、C、N、O、S 含量除外)。		

表4 气体元素

(质量分数, 10^{-6})

产品牌号	GMo4N	GMo4N5
Mo (质量分数), 不小于	99.99	99.995
杂质含量, 不大于	H	30
	C	25
	N	30
	O	800
	S	25

2) 物理性能

通过调研, 结合实际的生产和使用情况, 我们确定高纯钼粉的物理性能如下:

2.1 费氏粒度。依据客户要求, 将高纯钼粉的费氏粒度标准确定为 $2.5\mu\text{m} - 8.0\mu\text{m}$ 。粒度太小和粒度太大的钼粉生产工艺较为复杂, 同时会增加杂质含量升高的风险, 其中费氏粒度范围 $3.5\mu\text{m} - 5.0\mu\text{m}$ 应用在靶材等领域, 其余费氏粒度范围应用在钼制品领域。

2.2 粒度分布。因不同应用领域的客户要求不同, 以及厂家的检测设备和检测方法存在差异性, 因此, 本文件中对高纯钼粉的粒度分布不作具体要求, 而由供需双方协商确定。

2.3 松装密度。钼粉类产品多为间歇式还原生产, 使用前均需合批均匀化处理, 随着合批时间长短, 高纯钼粉的松装密度有大小变化。无论作为零部件成形的原料, 还是半导体浆料的原料, 高纯钼粉的松装密度大小均不会对后续产品质量构成影响, 不同用户有自己的习惯, 需要松装密度较大时, 高纯钼粉生产厂家需延长合批时间; 需要松装密度较小时, 高纯钼粉生产厂家需适当缩短合批时间。因此, 产品的松装密度由供需双方协商确定。

3) 外观质量

①深灰色是钼粉的典型外观, 颜色应均匀一致是高纯钼粉物理化学性能一致性的外观体现。

②钼粉还原过充分形成假烧结块, 钼粉还原不彻底导致钼粉中残留低价态的氧化钼, 都可能以结块形式出现, 因此, 高纯钼粉中应无结块。

③目视可见的夹杂物造成钼粉杂质超标的重要因素, 因此, 无目视可见的夹杂物也是高纯钼粉一

致性的重要保障。

（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，针对高纯钼粉产品，要按本标准规定的方法对主要技术指标进行验证。

1、技术要求验证

1.1 化学成分验证

针对高纯钼粉，按照本标准规定的方法，对技术指标化学成分进行了验证，验证数据见表 5、表 6、表 7、表 8。高纯钼粉的化学成分按 GB/T 4325.15《钼化学分析方法 第 15 部分：钠量的测定 火焰原子吸收光谱法》、GB/T 4325.16《钼化学分析方法 第 16 部分：钾量的测定 火焰原子吸收光谱法》、GB/T 4325.21《钼化学分析方法 第 21 部分：碳量和硫量的测定 高频燃烧红外吸收法》、GB/T 4325.23《钼化学分析方法 第 23 部分：氧量和氮量的测定 惰气熔融红外吸收法-热导法》、GB/T 4325.25《钼化学分析方法 第 25 部分：氢量的测定 惰气熔融红外吸收法/热导法》、YS/T 1473《高纯钼化学分析方法 痕量杂质元素的测定 辉光放电质谱法》测定高纯钼粉的其他元素含量。

表 5 GMo4N 高纯钼粉化学成分验证表

化学成分		标准	企业 1		企业 2		企业 3		企业 4		企业 5	
			样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10
Mo 含量		≥ 99.99 %	99.99 3%	99.99 4%	99.99 3%	99.99 2%	99.99 4%	99.99 2%	99.99 2%	99.99 3%	99.99 2%	99.99 2%
杂质元 素最大 含量 (×10 ⁻⁶)	B	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Na	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Mg	1	0.76	0.25	0.30	0.21	0.20	<	0.85	0.79	0.50	0.7
	Al	1	0.55	0.43	0.60	0.32	0.26	<	0.25	0.28	0.95	0.66
	Si	2	0.55	0.90	1.3	0.25	0.18	1.1	1.5	2.2	0.66	0.76
	P	0.5	0.20	0.10	0.11	0.06	<	0.10	0.22	0.18	0.16	0.17
	K	26	21	22	20	21	21	23	24	23	22	26
	Ca	2	1.80	0.92	1.80	0.84	0.68	0.07	0.79	1.50	1.90	1.1
	Ti	0.5	0.08	0.06	0.08	<	<	0.12	0.06	0.08	0.10	0.06
	V	0.2	<	<	<	<	<	0.06	0.07	0.13	<	<
	Cr	4	2.20	1.80	1.90	2.20	1.50	3.50	1.60	1.40	2.90	2.8
	Mn	0.5	0.08	0.08	0.11	0.08	0.06	0.44	0.10	0.11	0.17	0.13
	Fe	10	5.9	6.3	7.6	4.5	3.0	6.4	6.0	5.1	10	9.0
	Co	0.5	0.06	<	<	<	<	<	0.40	0.37	0.14	0.08
	Ni	3	0.62	0.41	0.66	0.52	2.7	3.9	1.9	2.3	0.9	1.7
	Cu	3	0.32	0.64	0.77	1.0	0.95	<	1.1	0.93	1.7	0.41
	Zn	0.2	0.05	<	<	<	0.08	<	<	<	<	<
	Ga	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Ge	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	As	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Se	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Br	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Rb	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Sr	0.5	0.18	0.10	0.09	0.06	0.09	<	<	<	0.17	0.19
	Y	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Zr	0.5	0.06	0.06	0.07	<	0.15	<	<	<	0.07	0.06
	Nb	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Ag	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	0.06	<
	Sn	0.1	<	<	<	<	<	<	<	0.05	<	<
	Sb	1	0.46	0.31	0.34	0.40	0.35	<	0.13	0.10	0.62	0.55
	Ba	3	2.2	1.5	1.4	0.87	1.34	0.42	1.8	1.5	1.2	2.3
	La	0.5	0.05	0.05	0.06	<	<	0.14	<	<	<	<
	Ce	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Hf	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Ta	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	W	35	32	18	31	26	21	39	25	23	35	34
	Re	0.5	0.16	<	<	<	<	<	0.05	0.05	0.25	0.33
	Pt	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Au	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Hg	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Tl	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Pb	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Bi	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Th	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	U	0.5	0.23	<	<	<	<	<	<	<	0.29	0.28

表 6 GMo4N 高纯钼粉气体元素验证表

化学成分		标准	企业 1		企业 2		企业 3		企业 4		企业 5	
			样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10
杂质元素最大含量 ($\times 10^{-6}$)	H	30	13	15	14	15	13	16	16	15	15	15
	C	25	14	16	14	13	15	25	20	18	13	14
	N	30	16	16	18	14	18	19	17	16	18	19
	O	800	480	450	500	480	400	340	480	450	440	570
	S	25	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15

表 7 GMo4N5 高纯钼粉化学成分验证表

化学成分		标准	企业 1		企业 2		企业 3		企业 4		企业 5	
			样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10
Mo 含量		≥99.995%	99.998%	99.998%	99.998%	99.997%	99.998%	99.998%	99.997%	99.997%	99.998%	99.998%
杂质元素最大含量 (×10 ⁻⁶)	B	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Na	2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
	Mg	1	0.21	0.09	0.05	0.12	0.06	<	0.45	0.37	0.16	0.12
	Al	1	0.28	0.21	0.44	0.32	0.20	<	0.87	0.76	0.54	0.42
	Si	2	1.1	0.91	1.3	1.8	0.40	0.34	1.1	1.3	1.4	1.2
	P	0.5	0.07	0.31	0.50	0.50	0.06	<	0.06	0.08	0.16	0.19
	K	10	<2	<2	<2	2	<2	<2	<2	2	<2	<2
	Ca	1	1.1	0.89	0.62	0.52	0.56	0.43	0.44	0.47	0.70	0.72
	Ti	0.5	0.25	0.29	0.38	0.45	0.40	0.37	0.30	0.34	0.09	0.12
	V	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Cr	1	0.12	0.14	<	0.07	0.13	0.06	0.74	0.61	0.27	0.31
	Mn	0.5	0.05	<	<	<	<	<	<	0.05	<	<
	Fe	3	1.0	1.0	0.84	2.4	0.43	0.41	1.6	1.4	0.62	0.49
	Co	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Ni	2	0.55	0.09	0.21	0.10	0.11	<	1.1	1.4	0.87	0.94
	Cu	1	0.13	0.28	0.13	0.55	0.28	0.35	0.67	0.63	0.81	0.73
	Zn	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Ga	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Ge	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	As	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Se	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Br	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Rb	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Sr	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Y	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Zr	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Nb	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Ag	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Sn	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Sb	0.2	<	<	<	<	<	0.02	<	<	<	<
	Ba	1	0.85	0.90	0.05	1.3	<	0.97	0.45	0.64	0.31	0.28
	La	0.2	<	<	<	<	0.12	0.18	<	<	<	<
	Ce	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Hf	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Ta	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	W	20	0.44	0.39	9.6	13	0.31	0.05	15	17	9.2	10.3
	Re	0.5	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Pt	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Au	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Hg	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Tl	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Pb	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	Bi	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<

	Th	0.05	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<
	U	0.1	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<

表 8 GMo4N5 高纯钼粉气体元素验证表

化学成分		标准	企业 1		企业 2		企业 3		企业 4		企业 5	
			样品 1	样品 2	样品 3	样品 4	样品 5	样品 6	样品 7	样品 8	样品 9	样品 10
杂质元素最大含量 (×10 ⁻⁶)	H	20	15	16	13	14	15	20	17	16	15	13
	C	20	18	19	20	16	18	18	18	16	12	17
	N	25	22	20	21	23	19	23	20	21	19	20
	O	700	560	580	650	650	600	610	680	670	610	630
	S	20	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15

1.2 外观质量及费氏粒度数据验证

针对高纯钼粉，按照本标准规定的方法，对产品粒度和外观进行了验证，验证结果见表 9。

表 9 高纯钼粉粒度和外观验证表

批号	样品来源	样品编号	费氏粒度, μm	外观
GMo4N	企业 1	样品 1	4.40	深灰色
		样品 2	3.86	深灰色
	企业 2	样品 3	3.80	深灰色
		样品 4	3.83	深灰色
	企业 3	样品 5	4.00	深灰色
		样品 6	5.24	深灰色
	企业 4	样品 7	3.60	深灰色
		样品 8	4.50	深灰色
	企业 5	样品 9	4.60	深灰色
		样品 10	3.64	深灰色
GMo4N5	企业 1	样品 1	3.86	深灰色
		样品 2	4.06	深灰色
	企业 2	样品 3	4.52	深灰色
		样品 4	4.22	深灰色
	企业 3	样品 5	3.98	深灰色
		样品 6	4.40	深灰色
	企业 4	样品 7	4.32	深灰色
		样品 8	3.98	深灰色
	企业 5	样品 9	3.76	深灰色
		样品 10	4.02	深灰色

2.验证分析结论

由表 5~表 9 的数据显示,产品的化学成分、粒度和外观质量稳定,满足本标准各项指标要求。本标准对产品主要技术参数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,规定的产品技术要求科学合理,同时便于生产厂家调整。

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

五、预期达到的社会效益等情况

(一) 项目的可行性简介

近几年来,随着钼行业加工水平的发展,以及生产厂家技术水平升级,高纯钼粉已积累大量的产品技术条件参数、性能测试数据和应用数据,现制订《高纯钼粉》的行业标准技术条件已成熟,具备充分的修订条件和恰当的修订时机。

(二) 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。

本标准根据我国情况首次制定,填补了国内钼加工行业的一项空白,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钼粉生产厂家的现状。

通过文献检索,网上查询,国内没有关于高纯钼粉的相关标准。目前国外高纯钼粉生产技术相对成熟,但是未发现相关标准。

综上所述,本标准规定的各项技术指标符合用户要求,先进合理,标准整体水平达到国内先进水平。

(三) 预期效益

本标准的制定,可及时解决高纯钼粉产品无标准可依的现状。对高纯钼粉的生产、贸易进行规范,提高钼金属的利用率,更好地推动钼加工行业的发展,引领相关行业向国际先进行列迈进。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

无

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

本标准《高纯钼粉》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

鉴于本标准规定的高纯钼粉，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，建议本标准作为行业标准推广使用。

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标准文本，这是保证新标准贯彻实施的基础。

2、本次制订的《高纯钼粉》行业标准，不仅与生产企业有关，而且与检测机构等相关。对于标准使用过程中容易出现疑问，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、建议本标准批准后 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

本标准是我国钼金属制品系列标准之一，规范了国内高纯钼粉的生产和使用，完善了钼金属制品标准体系，而且符合原国家质检总局、工信部、发改委、科技部、国防科工局、中科院、中国工程院、国家认监委和国家标准委等九部委联合印发的《新材料标准领航行动计划（2018~2020）》（国质检标联[2018]77 号）中的“稀有金属材料”高技术含量深加工材料为基础，体现客户利益。标准制定时充分考虑了国内外相关生产企业实际质量水平，具有充分的先进性、科学性、普遍性、广泛性和适用性，其综合水平达到国际先进水平，完全满足国内外用户、市场的需求，更有利于提高我国高纯钼粉产品的国际竞争力。

通过推广采用该标准，对钼金属加工领域实施“中国制造”或“中国创造”的飞速发展，提升产品质量，促进产业发展，具有极大的政治意义、社会效益和经济效益。

编制组

2025 年 6 月 3 日