**稀土行业标准《高纯金属钬》送审稿**

**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关于印发2022 年第二批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》（工信厅科函〔2022〕158 号）的要求，全国稀土标准化技术委员会于2022 年7 月25 日至26 日以网络会议的形式召开了2022 年第五次稀土标准工作会议，正式下达了《高纯金属钬》行业标准项目计划。本标准计划号为2022-0575T-XB，完成年限为2024年。

本文件由全国稀土标准化技术委员会（SAC/TC 229）提出并归口，由有研稀土新材料股份有限公司、虔东稀土集团股份有限公司、中稀（广西）金源稀土新材料有限公司、福建省长汀金龙稀土有限公司、包头稀土研究院、瑞科稀土冶金及功能材料国家工程研究中心有限公司、乐山有研稀土新材料有限公司、国瑞科创稀土功能材料（赣州）有限公司、有研稀土高技术有限公司、中稀天马新材料科技股份有限公司、益阳鸿源稀土有限责任公司、湖南稀土金属材料研究院有限责任公司等多家生产单位共同参与起草

**（二）****主要参加单位和工作成员及其所做的工作**

标准牵头起草单位有研稀土新材料股份有限公司（简称“有研稀土”）负责组织《高纯金属钬》行业标准的技术内容调研、标准文本起草、预审稿和审定稿的牵头撰写等工作。有研稀土是2001年由中国有研科技集团有限公司（原北京有色金属研究总院）作为主发起人对“稀土国家工程研究中心”进行整体改制而设立的股份公司，是首家在中关村科技园区德胜科技园的注册高新技术企业，被评为中关村国家自主创新示范区“十百千工程”重点培育企业。有研稀土一直积极参与标准的制修订工作，牵头/参与制定了《高纯金属镝》、《高纯金属铽》、《高纯金属镱》、《金属钬》、《氟化镝》、《氟化钕》、《稀土术语-稀土金属及合金》、《稀土术语-稀土矿产品及化合物》、《快淬钕铁硼永磁粉》、《粘结钕铁硼永磁材料》、《钕铁硼速凝薄片合金》等60多项稀土国际标准/国家标准/行业标准。

此外，有研稀土还多次参与制修订国务院新闻办《中国的稀土状况与政策》白皮书，工信部《稀土行业发展规划（2016-2020年）》、《稀土行业规范条件》、科技部《稀土化合物及金属技术发展战略研究报告》、中国工程院科技咨询项目《稀土功能材料及应用发展战略研究》等稀土政策以及重点报告，为稀土行业发展献言献策。

虔东稀土集团股份有限公司、中稀（广西）金源稀土新材料有限公司、福建省长汀金龙稀土有限公司、包头稀土研究院、瑞科稀土冶金及功能材料国家工程研究中心有限公司、乐山有研稀土新材料有限公司、国瑞科创稀土功能材料（赣州）有限公司、有研稀土高技术有限公司、中稀天马新材料科技股份有限公司、益阳鸿源稀土有限责任公司、湖南稀土金属材料研究院有限责任公司等单位是《高纯金属钬》行业标准的主要参与起草单位。《高纯金属钬》起草单位涵盖了国内主要高纯稀土金属产品生产单位，也是长期牵头或参与多项稀土标准的制修订，将为《高纯金属钬》标准技术内容的确定提供良好的基础。

本标准主要参加单位和工作成员及其所做的工作见表1。

表1 主要起草人及工作职责

| 单位名称 | 工作职责 |
| --- | --- |
| 有研稀土新材料股份有限公司 | （1）牵头组织制定高纯金属钬标准；（2）成立高纯金属钬标准项目组，组织标准技术内容讨论会；（3）收集汇总标准参与单位代表意见，负责编制高纯金属钬标准征求意见稿、编制说明等文件；（4）调研高纯金属钬产品的应用情况及其技术要求。 |
| 虔东稀土集团股份有限公司、中稀（广西）金源稀土新材料有限公司、福建省长汀金龙稀土有限公司、包头稀土研究院、瑞科稀土冶金及功能材料国家工程研究中心有限公司、乐山有研稀土新材料有限公司、国瑞科创稀土功能材料（赣州）有限公司、有研稀土高技术有限公司、中稀天马新材料科技股份有限公司、益阳鸿源稀土有限责任公司、湖南稀土金属材料研究院有限责任公司等 | （1）提供各单位有关高纯金属钬产品生产情况、技术指标，以及产品的应用情况；（2）参与征求意见稿的制定；（3）参与高纯金属钬产品的应用领域及其技术指标的调研。 |

**（三）研制背景**

**1、项目的必要性简述**

高纯稀土金属作为先进磁、光、电功能材料的关键基础材料，在国防军工和新一代电子信息等战略性新兴产业中发挥着不可或缺的关键作用。稀土金属本征性质与材料性能密切相关，不同高纯稀土金属对应的应用领域不同，高纯金属钬主要用于生产钬铜合金、高纯金属钬靶材及其合金靶材等新材料，用于蓄冷、电子信息等领域。

近年来，高纯稀土金属作为新材料的基础物质保障，可以确保从原子、电子层次研究稀土材料组织结构与性能关系，其纯度要求也不断提高。微纳电子制造领域对高纯金属钬的纯度要求99.99%以上，Fe、Cu和Ni等过渡族元素杂质含量＜10ppm；磁致冷材料对高纯金属钬的纯度要求3N以上，Al、Si、Ca、Mg等常见杂质含量均控制在200ppm以下。然而，高纯稀土金属由于活性高、工艺步骤多，制备难度非常大，是典型的高技术、高附加值稀土产品。不同的稀土金属，其提纯工艺路线也不同。目前，随着我国稀土金属制备与提纯技术的发展，我国多家企业已具备高纯稀土金属生产能力，但不同企业生产的金属钬产品纯度差异大，涵盖了3N~4N5，一定程度上影响了下游用户选用高纯稀土钬产品。此外， 现行《金属钬》标准均采用相对纯度进行分类，最高牌号产品的绝对纯度仅为99%，且要求杂质种类少，不能反应研发及产业水平，也不能满足下游应用的需要。

高纯稀土金属产品标准的研制高度契合了国家相关政策。《新材料标准领航行动计划（2018-2020 年）》（国质检标联[2018]77 号主要行动：7.稀土新材料 制定优特钢用高纯稀土金属与稀土合金标准，扩大稀土在钢铁行业的应用，打造国际化的稀土品牌；推进高纯稀土金属和稀土化合物材料标准研制，促进我国稀土产业改造升级；《重点新材料首批次应用示范指导目录（2019版）》中涵盖了超高纯稀土金属材料及制品新材料；“十四五”科技部发布国家重点研发计划中资源矿产专项指南中涉及高纯稀土金属研究方向等。

因此，研制《高纯金属钬》行业标准，助力高纯稀土金属产业向高质量方向发展，进一步提升我国在高纯金属材料领域国际竞争力。

**2、项目的可行性简述**

项目牵头单位和参与单位涵盖了国内主要高纯金属钬生产单位和使用单位，建立了高纯金属钬完整的生产工艺技术条件，具有完善的工艺操作制度和分析检测制度，为标准技术指标的合理设定提供了良好的技术基础。此外，有研稀土新材料股份有限公司成立20多年来一直积极参与标准的制修订工作，牵头/参与制定了《氟化镝》、《氟化钕》、《稀土术语-稀土金属及合金》、《稀土术语-稀土矿产品及化合物》、《快淬钕铁硼永磁粉》、《粘结钕铁硼永磁材料》、《钕铁硼速凝薄片合金》、《金属钬》、《高纯金属镝》、《高纯金属铽》等60多项稀土国际标准/国家标准/行业标准，具备组织承担标准制订稀土国际标准/国家标准/行业标准项目的能力。

**（四）主要工作过程**

4.1预研阶段

2019年10月，有研稀土新材料股份有限公司根据国内高纯金属钬生产技术水平、应用情况等，调研了国内外高纯金属钬产品的实际贸易及使用情况，提出起草《高纯金属钬》标准项目研制计划。

4.2立项及任务落实阶段

2019年11月，有研稀土新材料股份有限公司向全体委员会议提交了《高纯金属钬》标准项目建议书、标准草案及标准立项说明等项目申报材料，并汇报了《高纯金属钬》标准立项的目的、标准内容等内容，会议论证结论同意该项行业标准申请立项。

2022 年7 月，全国稀土标准化技术委员会下达了《高纯金属钬》行业标准制定任务，项目计划编号为2022-0575T-XB，完成年限为2023年，由全国稀土标准化技术委员会（SAC/TC 229）提出并归口。

4.3起草阶段

任务下达后，有研稀土联合参编单位成立《高纯金属钬》标准项目组，并建立工作群，通过多种途径进行讨论，确认标准技术内容。根据高纯金属钬生产技术水平以及下游需求情况，最终确认了本文件的适用范围、技术要求、实验方法、检验规则、 包装、运输、贮存及随行文件等内容，并形成了《高纯金属钬》标准征求意见稿及其编制说明。

4.4征求意见阶段

2023年5月，标准主撰写人通过邮件形式广泛征求稀土行业对《高纯金属钬》预审稿文本修改意见。本文件发送《征求意见稿》的单位数17个，回函的单位数11个，函并有建议或意见的单位数7个。经汇总各方意见及项目组专家代表进行讨论，形成标准预审稿。

2023年6月，《高纯金属钬》在中国有色金属标准质量信息网上公开征求意见。

4.5预审阶段

2023年7月26日，在贵州省贵阳市召开2023 年第四次稀土标准工作会议，与会专家对《高纯金属钬》行业标准进行了审定。专家组审阅了相关资料，听取了标准牵头单位的工作汇报，经质询、讨论，提出了具体的修改意见：

1. 4.1产品分类删除H-Ho-3Na7牌号；
2. 4.2 产品牌号表示方法中“表示高纯纯金属产品”修改为“表示高纯”；
3. 在编制说明中增加B、Co、Cr等杂质元素的依据；
4. 表1中删除H-Ho-3Na7牌号及其化学成分，U和Th修改为具体指标值；
5. 提供4N级高纯金属Ho检测报告；
6. 6.1.1和6.1.2中均删除“若H-Ho-4Na5及 H-Ho-4Na牌号产品中稀土杂质合量超过GB/T 18115.10下限，按XB/T 628的规定进行”；
7. 6.2数值修约与6.3外观质量调整顺序；
8. 标准征求意见稿意见汇总处理表的单位需写全称，意见不包括标准参与单位。

4.6送审征求意见阶段

牵头起草《高纯金属钬》行业标准项目组根据预审会专家意见进行文本修改，并分别发送给本标准参与起草单位进行第二轮的修改意见征集，收到修改意见如下：

1）在范围部分，“本文适用于……，其主要用于生产钬铜合金、高纯金属钬靶材及其合金靶材、特种稀土合金等。”用途表述建议简化，修改为“本文适用于……，主要用于钬铜合金、高纯金属钬靶材等。”，上述意见已采纳修改；

2）“分析范围交叉时以XB/T 628为仲裁方法”修改为“分析范围重叠时以XB/T 628为仲裁方法”，未采纳；

3）6.1.2 中“按GB/T 12690(所有部分)……”修改为“按GB/T 12690……”；

4）牌号H-Ho-3Na5中Fe含量不大于0.001%，此标准要求高于H-Ho-4Na，此处是否应为0.01%更合理；

5）表1中非稀土杂质元素数量多，是否可以按照原子序数排序，方便查找；

6）7.1.1 中“第三方行检验”修正为“第三方进行检验”；

7）4.2 “a为absolute首字母，Na表示绝对纯度”改为“Na表示绝对纯度，上角标a为英文-absolute（绝对的）首字母”。更符合书写习惯，更容易辨识。

本标准文本起草单位讨论修改，形成了《高纯金属钬》行业标准送审意见征集稿，并在稀土行业内相关产品及下游用户单位进行广泛意见征集，发送《征求意见稿》的单位数14个，收到《征求意见稿》后回函的单位数9个，其中回函并有建议或意见的单位数3个。具体见意详见意见汇总表。

4.7审定阶段

。。。。

4.8报批阶段

。。。。

**二、标准编制原则、主要内容及其确定依据**

1、本标准起草过程中遵循以下原则：

（1）本标准是根据GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分:标准化文件的结构和起草规则》和GB/T 20001.4-2015《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》的要求进行编写的；

（2）充分满足市场要求的原则；

（3）划繁就简的原则；

（4）有利于创新发展的原则。

2、主要技术内容及其确定的依据：

**2.1范围**

金属钬的熔点1470℃、沸点2720℃，属于较高熔点、较高饱和蒸汽压类稀土金属之一。通过国内外文献资料调研及国内生产高纯金属钬产品及其工艺情况，其提纯方法主要包括真空精炼、真空蒸馏、电子束熔炼、固态电迁移等。由于高纯金属钬具有特殊的电子结构，制备的的金属钬、氧化钬等薄膜或者特种合金具有高介电常数、耐高温等特性，成为高纯钬铜合金、高纯金属钬靶材及其合金靶材等稀土新材料的关键基础材料。

因此，本标准范围适用于以真空精炼、真空蒸馏、区域熔炼等提纯方法制得的高纯金属钬，主要用于生产高纯钬铜合金、高纯金属钬靶材、特种合金和涂层材料等。

**2.2产品牌号**

高纯金属钬产品属于我国自主研发的重点新产品，国内高纯金属钬产品以覆盖了3N-4N5范围的不同技术指标产品，已在不同领域实现规模化应用。产品按化学成分分为H-Ho-4Na5、H-Ho-4Na、H-Ho-3Na5、H-Ho-3Na五个牌号。

高纯金属钬牌号共分为三个层次。其中第一层次表示高纯，用高纯的英文首字母“H”表示；第二层次表示产品金属钬，用元素符号“Y”表示；第三层次表示纯度，当产品稀土绝对纯度（质量分数）不小于99%时，用质量分数中“9”的个数加“N”来表示，其中“X”表示质量分数中“9”的个数， “Z”表示质量分数最后一位的值（当值为0时省略），a为absolute首字母，Na表示绝对纯度。具体表示方法如下：



牌号示例：H-Ho-3Na5表示绝对纯度为99.95%的高纯金属钬产品。

**2.3技术要求**

稀土金属在高新技术领域应用广泛，而超高纯的稀土金属最能体现稀土本征性质，是高新技术材料研发和制备高性能磁、光、电功能材料的物质保障。高端应用对高纯金属具有严苛的要求，如在微纳电子制造领域，高纯金属钬的绝对纯度必须大于4N，其中，金属钬中的氧含量会遗传至金属钬靶中，溅射稳定性会受到影响，氧含量＜100ppm；锂、钠、钾、钙等碱金属及碱土金属为正电性，造成使器件的特性不稳定的问题，各元素含量控制在1ppm以下；过渡金属元素镍、铜等引起漏电流的增加，成为耐压下降的原因，各元素含量控制在10ppm以下。除在微纳电子制造领域；高纯金属钬还广泛应用于蓄冷材料、高温合金等材料中，要求高纯金属钬的纯度至少大于3N，且对各杂质元素提出了具体的要求，具体指标如下表所示。

表2 产品的化学成分

| 产品牌号 | H-Ho-4Na5 | H-Ho-4Na | H-Ho-3Na5 | H-Ho-3Na |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 化学成分（质量分数）/% | Ho,不小于 | 99.995 | 99.99 | 99.95 | 99.9 |
| 杂质含量，不大于 | 稀土杂质合量 | 0.001 | 0.001 | 0.005 | 0.01 |
| 非稀土杂质 | Al | 0.001 | 0.0015 | 0.02 | 0.025 |
| B | 0.00005 | 0.0005 | 0.002 | 0.005 |
| Ca | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.005 |
| Co | 0.0001 | 0.0005 | 0.002 | 0.005 |
| Cr | 0.0001 | 0.0005 | 0.002 | 0.01 |
| Cu | 0.0002 | 0.001 | 0.005 | 0.01 |
| Fe | 0.001 | 0.002 | 0.01 | 0.02 |
| K | 0.00005 | 0.0001 | 0.001 | 0.002 |
| Li | 0.00005 | 0.0001 | 0.001 | 0.002 |
| Mg | 0.0001 | 0.0005 | 0.0015 | 0.005 |
| Mn | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 |
| Na | 0.00005 | 0.0001 | 0.001 | 0.002 |
| Ni | 0.0005 | 0.001 | 0.005 | 0.01 |
| Pb | 0.0005 | 0.001 | 0.002 | 0.005 |
| Si | 0.0002 | 0.001 | 0.005 | 0.01 |
| Sn | 0.0001 | 0.0005 | 0.001 | 0.002 |
| Th | 0.000001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| Ti | 0.0005 | 0.001 | 0.01 | 0.015 |
| U | 0.000001 | 0.0001 | 0.0001 | 0.0001 |
| V | 0.0001 | 0.0001 | 0.001 | 0.002 |
| Zn | 0.0001 | 0.0001 | 0.001 | 0.005 |
| Ta、 Nb 、Mo 、 W的合量 | 0.001 | 0.002 | 0.005 | 0.01 |
| C | 0.002 | 0.005 | 0.01 | 0.015 |
| O | 0.005 | 0.008 | 0.03 | 0.05 |
| N | 0.002 | 0.003 | 0.005 | 0.008 |
| S | 0.002 | 0.003 | 0.005 | 0.008 |
| Cl | 0.0005 | 0.001 | 0.005 | 0.01 |
| 杂质合量，不大于 | 0.005 | 0.01 | 0.05 | 0.1 |

三、试验验证的分析、综述报告，预期达到的社会效益

《高纯金属钬》标准为首次制定，起草单位涵盖了国内高纯稀土金属生产主要单位，规定了高纯金属钬的分类、技术要求、试验方法、检验规则等内容，产品按化学成分分为绝对纯度H-Ho-4Na 5a、H-Ho-4Na、H-Ho-3Na5、H-Ho-3Na四个牌号。本文内容全面、详实，条款清晰，可操作性强，将打破美国、日本等发达国家技术标准封锁，实现国产高纯金属钬产品的安全可控。因此，《高纯金属钬》标准的研制，将引领高纯稀土金属产业的高质量发展方向，提升我国在高纯金属材料领域国际竞争力，具有重大经济社会效益。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

目前，未见有关高纯金属钬的国际、国外同类标准技术内容。欧美日等发达国家生产的高纯金属钬的绝对纯度达到99.99%（4N）以上，在新一代电子信息等领域实现稳定应用，如美国埃姆斯、日矿金属、日本钇公司等单位。面向国内外微纳电子制造领域对高纯金属钬的应用需求，通过开展技术创新、标准研制和产业提升联动攻关，国内多家企业突破了高纯金属钬规模化制备技术，最高规格产品的绝对纯度≥4N，满足了集成电路、磁致冷等高端器件的应用要求，技术指标达到国际先进水平。

《高纯金属钬》行业标准为首次制定，起草单位涵盖了国内高纯稀土金属生产的主要单位，规定了高纯金属钬产品的分类、技术要求、试验方法、检验规则等内容。产品按化学成分分为绝对纯度H-Ho-4Na5、H-Ho-4Na、H-Ho-3Na5、H-Ho-3Na四个牌号，打破了美国、日本等发达国家技术标准封锁，该文本内容全面、详实，条款清晰，可操作性强，实现国产高纯金属钬产品的安全可控。

五、采标情况，以及是否合规引用或采用国际国外标准

经查，本标准的制订与现有的标准及制订中的标准协调配套，无重复交叉现象。

六、与有关法律、法规的关系

本标准本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。本标准与现行法律、法规和相关标准相协调、无冲突。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧。

八、涉及专利的有关说明

本标准未涉及相关知识产权。

九、贯彻国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

无。

十、其他应当说明的事项

无。

 《高纯金属钬》标准编制工作组

2024年1月15日