

高纯铌化学分析方法  
痕量杂质元素含量的测定  
电感耦合等离子体质谱法

编制说明

（预审稿）

主编单位：国标（北京）检验认证有限公司

2023年8月

# 高纯铌化学分析方法 痕量杂质元素含量的测定 电感耦合等离子体质谱法 编制说明（讨论稿）

## 一、工作简况

### 1.1 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计划和外文版项目计划》（工信厅科[2022]158 号）的文件精神，行业标准《高纯铌化学分析方法 痕量杂质元素含量的测定 电感耦合等离子体质谱法》由全国有色金属标准化技术委员会负责归口，由国标（北京）检验认证有限公司负责起草，由广东省科学院工业分析检测中心、金川集团股份有限公司、宝鸡钛业股份有限公司、国合通用（青岛）测试评价有限公司、西安西部新锆科技股份有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、有研亿金新材料有限公司、宁夏东方钽业股份有限公司、稀美资源（贵州）科技有限公司、承德天大钒业参与起草。该项目计划编号为 2022-0834T-YS，项目计划完成时间为 2023 年。

### 1.2 目的和意义

铌是一种银灰色、质地较软且具有延展性的稀有金属，金属铌具有良好的超导性、熔点高、耐腐蚀、耐磨等特点，被广泛应用到钢铁、超导材料、航空航天、原子能等领域，战略意义重大。应用行业对铌的品质要求越来越高，因此准确判定铌中的杂质含量以此来判定产品是否合格至关重要。研究表明，高纯铌的理化性能与其化学成分之间有着紧密联系。锂、铍、硼、镁、铝、钛、钒、锰、铬、铁、钴、镍、铜、锌、镓、砷、锶、锆、钼、镉、锡、锑、铅、钨、钨、铅、铋等均属于高纯铌中的杂质元素。高纯铌中杂质元素含量过高会导致金属的微观组织结构不均匀，从而使铌性能指标下降，故而需要在制备工艺上严格控制这些杂质元素的含量，因此准确测定高纯铌中这些杂质元素的含量就显得尤为重要。

YS/T 896-2013 标准在发布实施后，随着高纯铌产业的迅速发展，在高纯铌行业领域广泛应用，特别是在高纯铌的生成厂家和第三方检测机构应用都比较多。不仅指导高纯铌的科研生产，又提升高纯铌纯度的评定技术水平，为高纯铌行业发展提供技术支撑。

但随着铌行业技术的进步和发展，铌的产品标准对相关元素的技术要求在不断更新变化，分析方法已经没法满足产品标准的要求。用最新的铌的产品标准和分析方法 YS/T 896-2013 比较：产品标准 YS/T 656-2015《铌及铌合金加工产品牌号和化学成分》包含金属元素有：Zr、Cu、Ti、Ta、Fe、Si、W、Ni、Mo、Mn、Cr、Al。其中牌号 NbT, Nb1, Nb2, NbZr1, FNb1, FNb2 都对 Cr 做出规定，含量范围在小于等于 0.001%~0.01%。牌号 NbT 中 Al 含量范围为 $\leq 0.002\%$ 。Al 和 Cr 在分析方法 YS/T 896-2013 中都没有包含。YS/T 884-2013《铌锭》包含金属元素有：Fe、Ni、Cr、Ti、Ta、Cu、W、Mo、Mn、Si、Al、Zr。此产品标准只有一个牌号 NbT，Cr 的含量为 $\leq 0.001\%$ ，Al 的含量为 $\leq 0.002\%$ ，Al 和 Cr 在分析

方法 YS/T 896-2013 中都没有包含。GB/T 6896-2007《铌条》包含金属元素有：Ta, Fe, W, Mo, Ti, Al, Cu, Cr, Ni, Zr。此产品标准有两个牌号 TNb1, TNb1, Cr 的含量为 $\leq 0.005\%$ , Al 的含量为 $\leq 0.003\%$ 和 $\leq 0.005\%$ , Al 和 Cr 在分析方法 YS/T 896-2013 中都没有包含。YS/T 1560-2022《高纯铌锭》包含三个牌号 GND-1, GND-2, GND-3, 共 12 种金属元素, 其中 Al 在不同牌号含量在 0.0001%~0.0020%之间; Cr 在 0.0001%~0.0010%之间, 这两种元素在分析方法 YS/T 896-2013 中都没有包含。

YS/T 896-2013 标准中涉及的检测元素都不包含上述产品标准中共同包含的元素 Cr、Al, 导致分析方法严重落后于产品标准, 无法准确判定产品品质。因此修订 YS/T 896-2013 迫在眉睫。在修订过程中, 主要的修订内容包含:

(1) 增加产品标准中涉及的检测元素 Al, Cr;

(2) 推荐质量数部分进行修改, 增加 Cd 元素的干扰方程。因为 Cd114 和 Sn114 是同量异位素, 不增加干扰方程会使检测结果出现误差。增加 Ti、Ni、Mo、Hf、W 的第二条推荐质量数。

(3) 增加内标的变化, 由单一内标元素增加为三个内标元素, 分别适用低中高质量数的内标。

(4) 增加标准文本规范性使用文件、术语定义、实验室间实验结果的统计数据。

通过修订 YS/T 896-2013, 使分析方法更加科学合理, 更具有实用性; 能够与现行产品标准 YS/T 656-2015《铌及铌合金加工产品牌号和化学成分》、YS/T 884-2013《铌锭》、GB/T 6896-2007《铌条》、YS/T 1560-2022 与 YS/T 896-2013 配套使用, 分析方法标准和产品标准更加协调, 完善整个高纯铌的标准体系。本标准的研究和建立对于研究高纯铌材料的理化性能、改进制备工艺、把控产品质量具有十分重要的支撑作用。不仅完善有色金属新材料测试评价体系, 而且为有色稀有金属材料行业发展提供技术支撑, 为生产制造、科学研究及进出口贸易保驾护航。

### 1.3 主要参加单位介绍

本文件起草单位有: 广东省科学院工业分析检测中心、金川集团股份有限公司、宝鸡钛业股份有限公司、国合通用(青岛)测试评价有限公司、西安西部新锆科技股份有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、有研亿金新材料有限公司、宁夏东方钽业股份有限公司、稀美资源(贵州)科技有限公司、承德天大钒业。

其中国标(北京)检验认证有限公司负责统一样品的收集和分发, 分析方法的实验研究, 样品测试结果的收集和处理, 标准文本、试验报告和编制说明的撰写。广东省科学院工业分析检测中心和金川集团股份有限公司为一验单位, 负责对试验报告中的条件实验进行验证, 提供精密度和准确度测试数据, 并对标准文本提出修改意见。宝鸡钛业股份有限公司、国合通用(青岛)测试评价有限公司、西安西部新锆科技股份有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、有研亿金新材料有限公司、宁夏东方钽业股份有限公司、稀美资源(贵州)科技有限公司、承德天大钒业为二验单位, 负责提供精密度试验数据, 并对标准文本提出修改意见。宁夏东方钽业股份有限公司和稀美资源(贵州)科技有限公司负责提供高纯铌样品。

起草单位国标（北京）检验认证有限公司作为国合通用测试评价认证股份公司的全资子公司，前身是北京有色金属研究总院分析测试技术研究所，是国内知名的第三方检验机构。国合通用测试评价认证股份公司于2017年8月17日成立，注册资金5亿元，其实际控制人为有研科技集团有限公司，是我国有色金属行业规模最大的综合性研究开发机构之一。公司自成立以来，承担着“国家新材料测试评价平台-主中心”建设项目，积极整合完善现有测试评价、设计应用、大数据等平台资源，逐步形成立足北京、布点全国、服务全行业的国家新材料测试评价平台。国标（北京）检验认证有限公司运营管理着国家有色金属及电子材料分析测试中心和国家有色金属质量监督检验中心，拥有一支基础理论扎实、实践经验丰富的研究和服务队伍，自2004年至今共承担了国家科技支撑计划、国家863计划、国家自然科学基金、军工配套等省部级科技项目40余项；曾获国家科技进步奖6项，国家发明奖3项，省部级科技进步一等奖10项，二、三等奖107项；近5年获得国家发明专利20余项；负责和参加起草制订分析方法国家标准、行业标准300余项；国家标准物质/标准样品120个，在国内外科技期刊上发表论文800余篇，撰写论著22部。

#### 1.4 主要工作过程

国标（北京）检验认证有限公司在接到该标准制订任务后，立即组织骨干人员成立了标准编制组，制定了该标准的研究内容、技术路线、任务分工和进度安排。主要工作过程安排如下：

##### 1.4.1 起草阶段

###### （1）任务落实：

2022年11月1日~11月5日全国有色金属标准化技术委员会年会召开，稀有金属分标委年会上对《高纯铈化学分析方法 痕量杂质元素含量的测定 电感耦合等离子体质谱法》行业标准进行了任务落实。会议确定了本标准由国标（北京）检验认证有限公司作为该标准主起草单位，由金川集团股份有限公司、广东省科学院工业分析检测中心、宝鸡钛业股份有限公司、国合通用（青岛）测试评价有限公司、西安西部新铝科技股份有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、钢研纳克检测技术股份有限公司、有研亿金新材料有限公司、宁夏东方钽业股份有限公司、上海有色金属工业技术监测中心有限公司、稀美资源（贵州）科技有限公司、承德天大钒业有限责任公司等十几家单位参与起草，其中宁夏东方钽业股份有限公司和稀美资源（贵州）科技有限公司为样品提供单位。会上确定采用电感耦合等离子体质谱法测定高纯铈中的锂、铍、硼、镁、铝、钛、钒、锰、铬、铁、钴、镍、铜、锌、镓、砷、锶、锆、钼、镉、锡、锑、铟、铊、铋、钨、钼、铀、钍元素的含量，测定范围为0.0001%~0.010%；同时确定了样品提供单位、制订计划、时间节点等事项，并形成了任务落实会的会议纪要。

###### （2）标准制定过程：

2022年12月~2023年4月，样品提供单位宁夏东方钽业股份有限公司完成样品采集工作，提供高纯

铌粒和高纯铌粉。起草单位完成样品初筛工作，发现这两个样品的某些元素，如 Fe 和 Ta 元素不均匀，剩余其它元素如 Ti, V, Cr 等均匀性较好，因此这两个样品中的两种元素 Fe 和 Ta 不能作为起草标准样品使用。稀美资源（贵州）科技提供的高纯铌粒样品，所有元素均匀性比较好。为了兼顾粉状和粒装形态，1#样品为铌块，2#样品为铌粉进行试验。2023 年 2 月~2023 年 4 月，主起草单位完成主要试验工作。

2023 年 4 月，起草单位和各验证单位参加全国稀有金属标准化技术委员会在武汉召开的标准讨论会上。会上广东省科学院工业分析检测中心、西安汉唐分析检测有限公司、国合（青岛）分析检测有限公司、宝鸡钛业股份有限公司、北矿检测技术有限公司、宁夏东方钽业股份有限公司等单位的四十余位专家代表对本标准（讨论稿）提出了修改意见。

2023 年 4 月~2023 年 8 月，验证单位完成验证工作，将验证报告返给主起草单位，提出修改意见。主起草单位根据各参与单位意见，完善标准文本并进行数理统计，形成标准文本和编制说明征求意见稿，并报送有色金属标委会进行挂网征求意见。

2023 年 8 月，有色标委会召开标准预审会；

#### 1.4.2 征求意见阶段

（1）标准编制组通过中国有色金属标准质量信息网上公开、发函、会议等形式对《高纯铌化学分析方法 痕量杂质元素含量的测定 电感耦合等离子体质谱法》进行征求意见。

（2）在征求意见阶段，起草单位将征求意见稿发送至 xx 家单位。其中收到征求意见稿后，回函的单位数为 x 个，回函并有建议或意见的单位数为 x 个，没有回函的单位数为 x 个。编制组依据各家单位的意见和对标准文本进行修改，最后形成本标准的**预审稿**。

## 二、标准编制原则

### 2.1 符合性

本文件严格按照 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》、GB/T 20001.4-2015《标准编写规则 第 4 部分：试验方法标准》、GB/T 6379.2-2004《测量方法与结果的准确度》的要求进行编制。

### 2.2 适用性和先进性：

依据 YS/T 656-2015《铌及铌合金加工产品牌号和化学成分》、YS/T 884-2013《铌锭》、GB/T 6896-2007《铌条》、YS/T 1560-2022《高纯铌锭》等产品标准的要求，并结合高纯铌材料生产和使用的实际需求，确定测定方法和测定范围，提高了本标准的适用性。通过充分调研，采用操作简便、灵敏度高、精密度好和准确度高、在行业内普及的电感耦合等离子体质谱法，能很好地满足行业对高纯铌材料的分析测试需求，提高了本标准的可操作性和先进性。

### 三、确定标准主要内容的依据

#### 3.1 测定元素种类的确定

YS/T 896-2013 标准在发布实施后，随着高纯铌产业的迅速发展，在高纯铌行业领域广泛应用，特别是在高纯铌的生成厂家和第三方检测机构应用都比较多，提升了高纯铌纯度的评定技术水平，为高纯铌行业提供技术支撑。但随着高纯铌产品标准的不断更新需求，YS/T 896-2013 已不能满足用来高纯铌的检测需求。

本标准测定基体为高纯铌，关于铌国内现行的产品标准 YS/T 656-2015《铌及铌合金加工产品牌号和化学成分》包含金属元素有：Zr、Cu、Ti、Ta、Fe、Si、W、Ni、Mo、Mn、Cr、Al。其中牌号 NbT，Nb1，Nb2，NbZr1，FNb1，FNb2 都对 Cr 做出规定，含量范围在小于等于 0.001%~0.01%。牌号 NbT 中 Al 含量范围为 $\leq 0.002\%$ 。Al 和 Cr 在分析方法 YS/T 896-2013 中都没有包含。

YS/T 884-2013《铌铪》包含金属元素有：Fe、Ni、Cr、Ti、Ta、Cu、W、Mo、Mn、Si、Al、Zr。此产品标准只有一个牌号 NbT，Cr 的含量为 $\leq 0.001\%$ ，Al 的含量为 $\leq 0.002\%$ ，Al 和 Cr 在分析方法 YS/T 896-2013 中都没有包含。

GB/T 6896-2007《铌条》包含金属元素有：Ta、Fe、W、Mo、Ti、Al、Cu、Cr、Ni、Zr。此产品标准有两个牌号 TNb1，TNb1，Cr 的含量为 $\leq 0.005\%$ ，Al 的含量为 $\leq 0.003\%$ 和 $\leq 0.005\%$ ，Al 和 Cr 在分析方法 YS/T 896-2013 中都没有包含。

YS/T 1560-2022《高纯铌铪》包含金属元素有 Fe、Ni、Cr、Ti、Ta、Cu、W、Mo、Mn、Si、Al、Zr。此产品标准有两个牌号 GND-1、GND-2、GND-3，其中 GND-3 为 Nb 纯度为 99.995，大部分杂质元素的含量都不大于 0.0001，其中 Al、Cr 在 YS/T 896-2013 中都没有包含。

YS/T 896-2013《高纯铌化学分析方法 痕量杂质元素的测定 电感耦合等离子体质谱法》中包含 25 种元素，测定范围为 0.0001%~0.010%。

对比 YS/T 896-2013 和上述产品标准，YS/T 896-2013 已经不满足高纯铌的检测需求，由于 YS/T 896-2013 标准中检测元素都不包含上述产品标准中共同包含的元素 Cr、Al，导致分析方法落后于产品标准，无法准确判定产品品质。因此修订 YS/T 896-2013 时增加检测元素 Al、Cr。

做为第三方检测机构，公司经常收到客户委托检测纯铌中的 Al、Cr 等元素。因此修订 YS/T 896-2013 高纯铌分析方法标准迫在眉睫，扩大分析方法检测范围，服务铌产品标准即补充有色金属铌材料的测试评价方法，完善有色金属新材料测试评价体系，为有色稀有金属材料行业发展提供技术支撑。因此本标准利用电感耦合等离子质谱仪测定高纯铌中的锂、铍、硼、镁、铝、钛、钒、锰、铬、铁、钴、镍、铜、锌、镓、砷、锑、锆、钼、镉、锡、锑、钨、钨、铅、铋共二十七种元素。

本标准制定一项针对高纯铌中锂、铍、硼、镁、铝、钛、钒、锰、铬、铁、钴、镍、铜、锌、镓、砷、锑、锆、钼、镉、锡、锑、钨、钨、铅、铋等杂质元素的电感耦合等离子体质谱法的分析测试标准具有一定的必要性。

### 3.2 测定范围的确定

本标准适用于高纯铌中杂质元素含量的测定。本标准的测定范围以国内现行的产品标准 YS/T 656-2015《铌及铌合金加工产品牌号和化学成分》、YS/T 884-2013《铌锭》、GB/T 6896-2007《铌条》、YS/T 1560-2022《高纯铌锭》中规定的杂质元素含量范围为依据。为了能够充分覆盖产品标准中规定的含量范围，同时考虑到高纯铌的研发和生产，故本标准锂、铍、硼、镁、铝、钛、钒、锰、铬、铁、钴、镍、铜、锌、镓、砷、锶、锆、钼、镉、锡、锑、钨、钽、钨、铅、铋测定范围为 0.0001%~0.010%。

### 3.3 样品的溶解

高纯铌的溶解，试验发现，高纯铌在硝酸和氢氟酸同时加入时，反应比较快，若铌的形态是粉状时，反应会更剧烈，因此本实验选择先加入少量水，后加入 2mL 硝酸和 2mL 氢氟酸，低温加热后可以使 0.10g 高纯铌样品溶解完全。冷却后转入到 100mL 塑料容量瓶中，加入内标元素后定容，摇匀。

### 3.4 质量数选择

按照被测元素同位素丰度高和无干扰的原则进行待测元素同位素选择。 $^{56}\text{Fe}^+$ 受到 $^{40}\text{Ar}^{16}\text{O}^+$ 双原子离子干扰；需要在氢气反应池模式下进行测定，其余元素分别常规氩气模式测定即可。YS/T 896-2013 版标准文本中推荐质量数的选择，大部分元素的推荐质量数都是不会产生误差，准确无误的。元素 Ti、Ni、Mo、Hf、W 在实际测试过程中可能会选择多个质量数进行测试，因为由于仪器状态不一致，选择单一的质量数可能会造成误差。元素 Cd 在 2013 版中选择质量数为 114，这个在实际测试中可能会产生误差，因此修订 896 过程中将重点讨论元素 Cd 质量数的选择。

元素镉同位素和干扰情况如表 1 所示，Cd 的所有同位素都有不同的干扰，Cd 的 110 和 111 两条线是有 NbO 干扰，干扰比较严重。Cd 的其他同位素都有同量异位素干扰，受样品中 Pd, Sn, In 的含量多少会产生不同影响。

表 1 镉干扰情况

元素	同位素	丰度/%	干扰
Cd	106	1.25	106Pd
	108	0.89	108Pd
	110	12.49	93Nb17O
	111	12.80	93Nb18O
	112	24.13	112Sn
	113	12.22	113In
	114	28.73	114Sn
	116	7.49	116Sn

2013 版的标准中 Cd 采用质量数 114 作为推荐质量数，在检测过程中仪器会把 Cd114 和 Sn114 同时采集到质量接收器中，从而对 Cd 的检测结果造成误差。基体铋中 Sn 的含量不同会对 Cd114 产生不同程度的影响，因此，可以采用质量转移进行质量数的矫正。经过计算，干扰方程如下所示：

$$[^{114}\text{Cd}] = [^{114}\text{I}] - 0.08594[^{117}\text{I}] \dots\dots\dots(1)$$

其中式子（1）中： $[^{114}\text{Cd}]$ 表示  $^{114}\text{Cd}$  同位素产生的质谱信号强度； $[^{114}\text{I}]$ 表示质量数为 114 处测得的质谱信号强度； $[^{117}\text{I}]$ 表示质量数为 117 处测得的质谱信号强度。验证干扰方程镉的干扰去除情况结果见表 2。

表 2 镉干扰去除情况

	铋中锡含量 w/%	不加干扰方程 Cd <sup>114</sup> 测试结果 w/%	加干扰方程 Cd <sup>114</sup> 测试结果 w/%	辉光放电质谱法 Cd 测试结果 w/%
纯铋	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
铋	0.0080	0.0002	<0.0001	<0.0001
铋	0.40	0.011	<0.0001	<0.0001

如表 2 所示：三种不同 Sn 含量的铋样品中 Cd 的测定值随着 Sn 含量的增加出现增强趋势，产生的干扰也越来越严重；而采用式 1 进行干扰校正后，发现铋中的 Cd 的干扰被去除，能够与分辨率较高的辉光放电质谱结果一致，证明此干扰方程是正确有效的。

元素 Mo 的质量数选择在 2013 年版是选择 Mo95，而在实际测试过程中，有些仪器在状态不是特别好的情况下会出现数值高的现象，可能是由于 Nb 拖尾或者是铋加氢导致，而同时选择 95 和 97 可以避免这种情况发生。因此 Mo 元素的推荐质量数选择为 95 和 97。

因此所有被测元素推荐选择的质量数如表 3 所示。

表 3 各元素推荐质量数

元素	同位素质量数	元素	同位素质量数	元素	同位素质量数
Li	7	Co	59	Sn	118
Be	9	Ni	58/60	Sb	121
B	11	Cu	63	Hf	178/179
Mg	24	Zn	64	Ta	181
Al	27	Ga	69	W	184/182
Ti	47/49	As	75	Pb	208
V	51	Sr	88	Bi	209
Mn	55	Zr	90	Sc	45
Cr	52	Mo	95/97	Cs	133



Fe	56	Cd	114		
<p>注：元素 Fe 采用氦气模式进行测定；Cd 采用干扰方程进行校正，方程如下：  <math>[^{114}\text{Cd}] = [^{114}\text{Tl}] - 0.08594[^{117}\text{Tl}]</math>  式中：<math>[^{114}\text{Cd}]</math>表示 <math>^{114}\text{Cd}</math> 同位素产生的质谱信号强度，cps；  <math>[^{114}\text{Tl}]</math>表示质量数为 114 处测得的质谱信号强度，cps；  <math>[^{117}\text{Tl}]</math>表示质量数为 117 处测得的质谱信号强度，cps。</p>					

### 3.5 基体效应影响和内标选择

改变基体浓度，当高纯铈基体浓度分别为 0 mg/mL、0.5 mg/mL、0.8 mg/mL、1.0 mg/mL 时测定 20 ng/mL 的混合标准溶液中锂、铍、硼、镁、铝、钛、钒、锰、铬、铁、钴、镍、铜、锌、镓、砷、锶、锆、钼、镉、锡、锑、钨、钨、铅、铋等杂质元素的信号强度，结果见表 4。可知，随着基体浓度的升高，大部分杂质元素的信号强度均呈现下降趋势，也有部分元素呈现增强趋势，表明高纯铈基体对杂质元素存在一定基体效应。

表 4 基体浓度对杂质元素信号的影响

元素	基体浓度			
	0 mg/mL	0.5 mg/mL	0.8 mg/mL	1.0 mg/mL
Li	31268.8	29270.9	29074.4	28204.6
Be	8101.7	7270.1	7001.7	6788.8
B	5244.3	4983.9	5235.4	5535.4
Mg	48520.2	43293.5	42503.6	59624.9
Al	43128.2	48533.4	43534.3	57377.8
Ti	4717.6	4490.8	4612.8	4562.2
V	78599.1	68986.9	66712.7	64930.5
Mn	60445.5	56529.7	55597.3	54487.2
Cr	79764.8	75743.6	75080.9	73564.8
Fe	62384.6	70312.0	81746.5	74714.5
Co	37923.6	34325.4	33625.0	33223.1
Ni	67066.4	62552.7	60631.7	59701.0
Cu	36772.8	33960.9	33183.8	32616.0
Zn	16710.0	15296.9	15344.3	15031.7
Ga	40986.9	39256.6	37992.7	37577.8
As	9874.4	9403.1	9398.6	9489.2
Sr	118082.8	115505.0	139824.3	145954.0
Zr	74902.9	73876.2	88143.2	89191.6
Mo	22003.9	21142.7	21796.4	22073.5
Cd	27650.0	26364.9	25434.5	24996.9
Sn	40382.2	38926.1	37801.1	37115.5
Sb	56318.6	53392.5	52921.5	51758.9
Hf	67541.7	65913.1	66074.6	64751.1
Ta	239705.5	491665.6	638537.8	725967.4
W	57558.3	58656.9	59077.4	59563.3

元素	基体浓度			
	0 mg/mL	0.5 mg/mL	0.8 mg/mL	1.0 mg/mL
Pb	101030.7	97795.3	98077.7	96900.6
Bi	157290.1	153774.8	152778.7	147331.1

校正基体效应影响的方法通常有内标法和基体匹配法。本方法优先选择内标校正法进行仪器波动的校正。当基体浓度为 1mg/mL 时，加标 20 ng/mL 的标准溶液，分别以钪、铯、铷为内标元素，计算各杂质元素的回收率，结果见表 5。由结果可知，Sc 做为内标元素时，轻质量元素回收率比较好，比如 Li、Be、B、Mg、Al 等轻质量元素可以利用 Sc 做内标元素回收率比较好，而重质量元素回收率比较差；而 Cs 做内标时，大部分元素的回收率稍偏低一点，重质量元素的回收率比较好，比如 Hf、Ta、W、Pb、Bi 等重质量元素推荐采用 Cs 作为内标元素。中间元素利用 Rh 做内标元素，回收率比较好，如 Ti、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Co、Cu、Zn、Ga、As、Sr、Zr、Mo、Cd、Sn、Sb 推荐用 Rh 作为内标元素。因此本标准 Li、Be、B、Mg、Al 推荐采用 Sc 做内标元素；Ti、V、Cr、Mn、Fe、Ni、Co、Cu、Zn、Ga、As、Sr、Zr、Mo、Cd、Sn、Sb 推荐采用 Rh 作为内标元素；Hf、Ta、W、Pb、Bi 推荐采用 Cs 作为内标元素。

表 5 内标校正回收情况

元素	Sc 内标		Cs 内标		Rh 内标	
	浓度/ng/mL	回收率/%	浓度/ng/mL	回收率/%	浓度/ng/mL	回收率/%
Li	20	101	20	91	20	100
Be	20	96	20	86	20	95
B	20	98	20	88	20	96
Mg	20	98	20	88	20	97
Al	20	97	20	87	20	95
Ti	20	98	20	88	20	97
V	20	98	20	88	20	96
Cr	20	98	20	98	20	98
Mn	20	98	20	88	20	98
Fe	20	96	20	96	20	98
Ni	20	95	20	88	20	99
Co	20	97	20	87	20	95
Cu	20	95	20	85	20	93
Zn	20	98	20	88	20	97
Ga	20	99	20	89	20	98
As	20	100	20	99	20	96
Sr	20	102	20	92	20	100
Zr	20	103	20	92	20	101
Mo	20	101	20	90	20	99
Cd	20	104	20	93	20	102
Sn	20	104	20	94	20	103
Sb	20	104	20	94	20	103
Hf	20	115	20	103	20	113
Ta	20	125	20	111	20	122
W	20	115	20	102	20	113

元素	Sc 内标		Cs 内标		Rh 内标	
	浓度/ng/mL	回收率/%	浓度/ng/mL	回收率/%	浓度/ng/mL	回收率/%
Pb	20	113	20	101	20	111
Bi	20	113	20	101	20	111

### 3.6 检出限和测定下限

系列标准曲线的配制，高纯铈中待测元素为锂、铍、硼、镁、铝、钛、钒、锰、铬、铁、钴、镍、铜、锌、镓、砷、锶、锆、钼、镉、锡、锑、钨、钨、铅、铋。其中元素钛、锆、钼、钨、铋在氢氟酸介质中稳定，并且若采用市售的标准贮存溶液，单元素的贮存溶液中可能会存在锂、铍、硼、镁、铝、钒、锰、铬、铁、钴、镍、铜、锌、镓、砷、锶、锆、钼、锡、锑、钨、钨、铅、铋，若是混合配在一起，有可能会引起这些元素的标准系列出现偏差。因此修订 YS/T 896 时，推荐将标准系列溶液分成两套标准溶液配制。

工作曲线 A 系列配置：分别移取 0 mL、2.0 mL、4.0 mL、6.0 mL、8.0 mL、10.0 mL 锂、铍、硼、镁、铝、钒、铬、锰、铁、钴、镍、铜、锌、镓、砷、锶、锆、钼、锡、锑、钨、钨、铅、铋的混合标准溶液 A 于一组 100 mL 塑料容量瓶中，分别加入 1.00 mL 混合内标溶液 C，用水稀释至刻度，混匀。此标准系列溶液 1 mL 中分别含有元素锂、铍、硼、镁、铝、钒、铬、锰、铁、钴、镍、铜、锌、镓、砷、锶、锆、钼、锡、锑、钨、钨、铅和铋为 0 ng、20 ng、40 ng、60 ng、80 ng、100 ng。

工作曲线 B 系列配置：分别移取 0 mL、2.0 mL、4.0 mL、6.0 mL、8.0 mL、10.0 mL 钛、锆、钼、钨、钨的混合标准溶液于一组 100 mL 塑料容量瓶中，分别加入 1.00 mL 混合内标溶液 C，用水稀释至刻度，混匀。此标准系列溶液 1 mL 中分别含有元素钛、锆、钼、钨和钨为 0 ng、20 ng、40 ng、60 ng、80 ng、100 ng。

以标准溶液中待测元素的质量浓度为横坐标，待测元素与内标元素的信号强度比值为纵坐标，绘制工作曲线。对 11 份全流程空白溶液进行测定，计算标准偏差，以 3 倍标准偏差对应的浓度计算检出限，以 10 倍标准偏差对应的浓度计算测定下限，结果见表 6。

表 6 方法的检出限和检测下限

元素	线性方程	相关系数	检出限 (ng/mL)	测定下限 (ng/mL)
7Li	$Y=0.0662X+0.0138$	1.0000	0.0188	0.62
9Be	$Y=0.0159X+1.122E-004$	1.0000	0.005	0.016
11B	$Y=0.0095X+0.0199$	0.9998	0.14	0.46
24Mg	$Y=0.0611X+0.0285$	1.0000	0.22	0.72
27Al	$Y=0.0694X+0.0442$	1.0000	0.075	0.25
47Ti	$Y=0.0069X+0.0010$	1.0000	0.058	0.19
51V	$Y=0.0987X+0.0317$	1.0000	0.265	0.88
52Cr	$Y=0.0856X+0.0387$	1.0000	0.089	0.29
55Mn	$Y=0.1128X+0.0420$	1.0000	0.014	0.048
56Fe	$Y=0.0879X+0.0409$	1.0000	0.084	0.28
58Ni	$Y=0.0531X+0.0213$	1.0000	0.045	0.15

元素	线性方程	相关系数	检出限 (ng/mL)	测定下限 (ng/mL)
59Co	$Y=0.1005X+0.0102$	1.0000	0.089	0.29
63Cu	$Y=0.0532X+0.0253$	1.0000	0.028	0.096
64Zn	$Y=0.0229X+0.0091$	1.0000	0.058	0.19
69Ga	$Y=0.0769X+0.0012$	1.0000	0.012	0.039
75As	$Y=0.0132X+0.0059$	1.0000	0.14	0.46
88Sr	$Y=0.1297X+0.0090$	1.0000	0.023	0.077
90Zr	$Y=0.0030X+0.0018$	1.0000	0.009	0.029
95Mo	$Y=0.0249X+4.0855E-004$	1.0000	0.008	0.027
114Cd	$Y=0.0292X+5.0672E-004$	1.0000	0.009	0.028
118Sn	$Y=0.0383X+0.0048$	1.0000	0.053	0.18
121Sb	$Y=0.0521X+0.0050$	1.0000	0.074	0.24
178Hf	$Y=0.0564X+1.6419E-004$	1.0000	0.001	0.004
181Ta	$Y=0.2070X+0.0053$	1.0000	0.097	0.32
182W	$Y=0.0476X+0.0093$	1.0000	0.010	0.032
208Pb	$Y=0.0810X+0.0095$	1.0000	0.096	0.32
209Bi	$Y=0.1260X+0.0686$	0.9998	0.011	0.038

### 3.7 准确度实验

为了验证本方法的准确性，对 1#样品进行加标回收实验。分别加入 10 $\mu$ g/g、20 $\mu$ g/g 杂质元素，统计测得值，计算回收率，测定结果见表 7。

表7 加标回收率 (%)

元素	浓度 $\rho$ (ng/mL)	回收率/%	浓度 $\rho$ (ng/mL)	回收率/%
Li	10	100	20	100
Be	10	96	20	97
B	10	98	20	98
Mg	10	101	20	99
Al	10	97	20	98
Ti	10	98	20	98
V	10	102	20	110
Cr	10	98	20	101
Mn	10	98	20	98
Fe	10	96	20	98
Ni	10	99	20	96
Co	10	97	20	97
Cu	10	95	20	102
Zn	10	98	20	98
Ga	10	99	20	97
As	10	100	20	99
Sr	10	102	20	102
Zr	10	103	20	103

Mo	10	101	20	101
Cd	10	104	20	101
Sn	10	104	20	104
Sb	10	103	20	103
Hf	10	103	20	101
Ta	10	103	20	111
W	10	102	20	99
Pb	10	101	20	101
Bi	10	101	20	101

由表 7 可知：样品中各元素的回收率在 95%~104%之间，回收率良好。

### 3.8 精密度实验

#### 3.8.1 起草单位精密度实验

根据样品提供单位提供样品，进行样品初筛，最后选定 1#样品为钨块；2#样品为钨粉；3#样品为 1#样品加标 50ng/mL 模拟获得；4#样品为 1#样品加标 100ng/mL 模拟获得。

对 1#样品、2#样品、3#样品、4#样品四个不同配比的高纯钨中杂质元素进行测定。

水平 1 的数据：Ti, V, Cr 元素精密度数据采用 2#样品（钨粉）测试数据；其它待测元素采用 1#样品（钨块）得到。

水平 2 的数据：全部元素数据采用 3#模拟样品（1#样品加标 50ng/mL 模拟获得）检测得到。

水平 3 的数据：全部元素数据采用 4#模拟样品（1#样品加标 100ng/mL 模拟获得）检测得到。

按照前面最优实验方案，对 1#样品、2#样品、3#样品、4#样品四个高纯钨中杂质元素进行独立测定 7 次，统计精密度数据，结果如表 8 所示。起草单位的精密度实验 RSD 在 1.1%~18%之间，精密度良好。

#### 3.8.2 验证单位精密度实验

为了考察本方法的重复性和再现性，在国内选择 10 家实验室，按照起草单位制定的实验方案进行了协同试验，其中一验单位并对条件实验进行验证，对杂质含量低中高水平高纯钨样品分别独立测定 7 次，测定结果见表 9~表 19 所示。

对各试验室数据进行柯克伦检验后，再采用格拉布斯（Grubbs）检验法对上述数据结果的异常值进行检验，剔除之后实验数据进行数理统计结果见表 18 所示：

表 18 精密度数据统计

样品编号	元素	平均值	$S_L^2$	$S_R$	$S_r$	r	R
1#	Al						
	V						
	Mn						
	Cr						
	Fe						
	Ni						
	Ga						
	Sr						
	Zr						
	Mo						
	Cd						
Sb							

	Sn						
	Pb						

表8 精密度

元素	样品编号	质量分数/%							平均值/%	SD/%	RSD/%
		1	2	3	4	5	6	7			
Li	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0048	0.0048	0.0048	0.0050	0.0046	0.0049	0.0048	0.0048	0.000116	2.4
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0092	0.0095	0.0098	0.0096	0.00024	2.5
Be	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0046	0.0045	0.0046	0.0047	0.0044	0.0046	0.0046	0.0046	0.000101	2.2
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0098	0.0095	0.0090	0.0096	0.00030	3.1
B	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0049	0.0049	0.0049	0.0052	0.0048	0.0050	0.0049	0.0049	0.000131	2.7
	3#	0.0097	0.0101	0.0098	0.0101	0.0095	0.0098	0.0085	0.0097	0.00056	5.8
Mg	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0047	0.0047	0.0047	0.0048	0.0044	0.0047	0.0047	0.0047	0.000114	2.5
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0092	0.0095	0.0099	0.0096	0.00026	2.7
Al	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0046	0.0046	0.0047	0.0048	0.0045	0.0047	0.0047	0.0047	0.000098	2.1
	3#	0.0096	0.0099	0.0097	0.0100	0.0098	0.0096	0.0100	0.0098	0.00018	1.9
Ti	1#	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0013	0.00005	3.7
	2#	0.0047	0.0047	0.0048	0.0047	0.0045	0.0047	0.0046	0.0047	0.000090	1.9
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0092	0.0095	0.0099	0.0096	0.00026	2.7
V	1#	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0011	0.00004	3.9
	2#	0.0047	0.0047	0.0047	0.0048	0.0045	0.0047	0.0047	0.0047	0.000106	2.3
	3#	0.0096	0.0099	0.0096	0.0098	0.0092	0.0096	0.0098	0.0097	0.00023	2.4
Cr	1#	0.0003	0.0003	0.0004	0.0005	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004	0.00007	18
	2#	0.0047	0.0047	0.0047	0.0048	0.0045	0.0047	0.0047	0.0047	0.000103	2.2
	3#	0.0095	0.0094	0.0096	0.0098	0.0090	0.0095	0.0091	0.0094	0.00028	3.0
Mn	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0047	0.0047	0.0047	0.0048	0.0045	0.0047	0.0047	0.0047	0.000102	2.2

元素	样品编号	质量分数/%							平均值/%	SD/%	RSD/%
		1	2	3	4	5	6	7			
	3#	0.0095	0.0100	0.0096	0.0098	0.0092	0.0095	0.0099	0.0097	0.00028	2.9
Fe	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0046	0.0047	0.0046	0.0047	0.0045	0.0046	0.0047	0.0046	0.000085	1.8
	3#	0.0095	0.0100	0.0096	0.0099	0.0095	0.0096	0.0100	0.0097	0.00021	2.1
Ni	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0047	0.0047	0.0048	0.0049	0.0046	0.0048	0.0047	0.0047	0.000096	2.03
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0098	0.0095	0.0099	0.0097	0.00017	1.8
Co	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0046	0.0045	0.0046	0.0047	0.0044	0.0045	0.0045	0.0045	0.000087	1.9
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0091	0.0092	0.0095	0.0099	0.0095	0.00031	3.3
Cu	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0044	0.0044	0.0044	0.0046	0.0043	0.0044	0.0044	0.0044	0.000078	1.8
	3#	0.0095	0.0098	0.0096	0.0098	0.0092	0.0095	0.0099	0.0096	0.00026	2.7
Zn	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0047	0.0046	0.0046	0.0048	0.0045	0.0045	0.0045	0.0046	0.000097	2.1
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0098	0.0097	0.0099	0.0097	0.00015	1.5
Ga	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0047	0.0046	0.0047	0.0048	0.0046	0.0046	0.0046	0.0047	0.000072	1.6
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0093	0.0095	0.0099	0.0096	0.00023	2.4
As	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0046	0.0045	0.0046	0.0047	0.0044	0.0045	0.0046	0.0046	0.000101	2.2
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0097	0.0095	0.0099	0.0097	0.00017	1.7
Sr	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0048	0.0048	0.0048	0.0049	0.0046	0.0048	0.0048	0.0048	0.000083	1.7
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0096	0.0095	0.0099	0.0097	0.00017	1.8
Zr	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0048	0.0048	0.0049	0.0048	0.0047	0.0048	0.0048	0.0048	0.000056	1.2
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0098	0.0095	0.0099	0.0097	0.00017	1.7



元素	样品编号	质量分数/%							平均值/%	SD/%	RSD/%
		1	2	3	4	5	6	7			
Mo	1#	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.000004	2.1
	2#	0.0049	0.0050	0.0049	0.0049	0.0048	0.0049	0.0049	0.0049	0.000054	1.1
	3#	0.0097	0.0101	0.0098	0.0100	0.0099	0.0098	0.0101	0.0099	0.00017	1.7
Cd	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0049	0.0048	0.0049	0.0050	0.0047	0.0048	0.0048	0.0049	0.000094	1.9
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0098	0.0095	0.0099	0.0097	0.00017	1.8
Sn	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0049	0.0049	0.0049	0.0051	0.0047	0.0049	0.0049	0.0049	0.000093	1.9
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0092	0.0095	0.0099	0.0096	0.00026	2.7
Sb	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0049	0.0049	0.0049	0.0051	0.0048	0.0048	0.0049	0.0049	0.000100	2.0
	3#	0.0095	0.0099	0.0094	0.0098	0.0092	0.0095	0.0099	0.0096	0.00027	2.9
Hf	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0049	0.0049	0.0050	0.0049	0.0047	0.0049	0.0049	0.0049	0.000087	1.8
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0092	0.0095	0.0099	0.0096	0.00026	2.7
Ta	1#	0.0015	0.0015	0.0017	0.0015	0.0017	0.0017	0.0017	0.0016	0.000093	5.8
	2#	0.0069	0.0068	0.0070	0.0068	0.0067	0.0070	0.0070	0.0069	0.000115	1.7
	3#	0.0110	0.0114	0.0113	0.0113	0.0108	0.0112	0.0117	0.0113	0.00028	2.5
W	1#	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007	0.0005	0.0006	0.00003	5.5
	2#	0.0055	0.0054	0.0055	0.0054	0.0053	0.0055	0.0055	0.0054	0.000076	1.4
	3#	0.0101	0.0104	0.0102	0.0104	0.0098	0.0101	0.0106	0.0102	0.00026	2.6
Pb	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0047	0.0048	0.0049	0.0050	0.0046	0.0048	0.0048	0.0048	0.000112	2.3
	3#	0.0098	0.0099	0.0096	0.0097	0.0096	0.0098	0.0099	0.0097	0.00013	1.3
Bi	1#	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	-	-	-
	2#	0.0048	0.0048	0.0049	0.0050	0.0046	0.0049	0.0048	0.0048	0.000110	2.3
	3#	0.0095	0.0099	0.0096	0.0098	0.0098	0.0095	0.0099	0.0097	0.00017	1.8

#### 四、标准中涉及的专利情况

本文件不涉及专利问题。

#### 五、标准预期达到的社会效益等情况

##### 5.1 标准预期作用

研究表明，高纯铌的理化性能与其化学成分之间有着紧密联系。锂、铍、硼、镁、铝、钛、钒、锰、铬、铁、钴、镍、铜、锌、镓、砷、锶、锆、钼、镉、锡、锑、铅、钽、钨、钨、铅、铋等均属于高纯铌中的杂质元素。高纯铌中杂质元素含量过高会导致金属的微观组织结构不均匀，从而使铌性能指标下降，故而需要在制备工艺上严格控制这些杂质元素的含量，因此准确测定高纯铌中这些杂质元素的含量就显得尤为重要。YS/T 896-2013 标准在发布实施后，随着高纯铌产业的迅速发展，在高纯铌行业领域广泛应用，特别是在高纯铌的生成厂家和第三方检测机构应用都比较多。提升了高纯铌纯度的评定技术水平，为高纯铌行业提供技术支撑。但随着高纯铌产品标准的不断更新需求，YS/T 896-2013 已经不满足高纯铌的检测需求，由于 YS/T 896-2013 标准中检测元素都不包含上述产品标准中共同包含的元素 Cr、Al，导致分析方法落后于产品标准，无法准确判定产品品质。因此修订 YS/T 896-2013 时增加检测元素 Al, Cr。

目前国内外现行的产品标准和正在实施的铌分析方法标准不配套，出现产品标准中包含的，但是分析方法中不包含不能解决的元素，因此修订 YS/T 896-2013，增加元素 Al, Cr；修改元素质量数选择，完善分析方法标准。而本标准的研究和建立对于研究材料的理化性能、改进制备工艺、把控产品质量具有十分重要的支撑作用。

##### 5.2 标准预期效益

本文件充分考虑了目前国内高纯铌生产、研发、应用和检测的实际技术水平。本文件颁布执行后，将在国内形成对高纯铌化学成分的统一的分析测试标准，对于增加各机构检测数据之间的可靠性和可比性，助力我国高纯铌产业的发展发挥着十分重要的作用。

#### 六、采用国际标准和国外先进标准的情况

无

#### 七、与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本文件与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。标准涉及内容全面、条款详细、在编制过程中吸纳了国内相关先进技术，能够与现行产品标准 YS/T 656-2015《铌及铌合金加工产品牌号和化学成分》、YS/T 884-2013《铌锭》、GB/T 6896-2007《铌条》、YS/T 1560-2022 与 YS/T 896-2013 配套

使用，整体达到国内先进水平。

#### **八、重大分歧意见的处理经过和依据**

无。

#### **九、标准作为强制性或推荐性标准的建议**

建议本标准为推荐性行业标准，供相关组织参考采用。

#### **十、贯彻标准的要求和措施建议**

建议向高纯铌研发、生产、销售、检测的相关企业和单位积极贯彻本标准的内容。

#### **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**

无。

《高纯铌化学分析方法 痕量杂质元素含量的测定 电感耦合等离子体质谱法》编制组

2023年8月