**铅及铅合金化学分析方法**

**第18部分：银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、**

**镍、镁、铝、钙、硒、碲含量的测定**

**电感耦合等离子体质谱法**

**编 制 说 明**

（送审稿）

国合通用测试评价认证股份公司

2023年9月

一、工作简况

1、任务来源

2022年7月，国家标准化管理委员会下达了《第二批推荐性国家标准计划及相关标准外文版计划的通知》-国标委发﹝2022﹞22号文件，其中《铅及铅合金化学分析方法 第18部分：银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲含量的测定 电感耦合等离子体质谱法》由国合通用测试评价认证股份公司、国标（北京）检验认证有限公司负责起草，项目计划编号为[20220733-T-6](http://219.239.107.155:8080/TaskBook.aspx?id=YSCPZT06842020)10，项目周期18个月，计划完成年限2023年。

2、目的和意义

铅是重要的有色金属，其年产销量在有色金属中排在铝、铜、锌之后的第四位，主要应用在铅蓄电池、电缆护套、铅箔等领域。铅产品不仅包括高纯度的铅锭、再生铅，还包括铅锑合金、铅钙合金等合金产品，各杂质元素的质量分数是鉴别产品等级的重要参数。地壳中的铅常与锌、铜共生，构成铅锌矿或铅锌铜矿，此外还会含有银、铋、镉、锡等杂质元素。根据GB/T 469、GB/T 21181、GB/T 26045、GB/ T 1470等铅相关产品标准，铅及铅合金中通常需要检测银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍等痕量杂质元素。

目前，铅及铅合金化学成分的检测依据为GB/T 4103《铅及铅合金化学分析方法》，该系列共17个部分，前15部分均为单一元素测定方法，涉及原子荧光光谱法、原子吸收光谱法、分光光度法等，涉及锡、锑、铜、铁、铋等杂质元素的测定。第16部分为《铜、银、铋、砷、锑、锡、锌量的测定 光电直读发射光谱法》。第17部分为《钠量、镁量的测定 火焰原子吸收光谱法》。

本项目的目的在于建立电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）测定铅及铅合金中银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲等痕量杂质元素的化学分析方法。ICP-MS具有多元素同时测定、干扰少、灵敏度高等优点，是近些年高纯金属及合金材料化学成分分析的重要手段。建立铅及铅合金中痕量杂质元素的ICP-MS分析方法具有重要意义，项目完成后GB/T 4103标准体系更加完善，为检测机构提供更加便捷的方法标准，提高铅及铅合金样品的检测速度，更好的服务铅及铅合金产品的生产和使用单位。

3、项目编制组单位及变化情况

2022年9月，任务落实会议确定编制组成员包括国合通用测试评价认证股份公司、国标（北京）检验认证有限公司、广东省科学院工业分析检测中心、阜阳市产品质量监督检验所、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、北矿检测技术股份有限公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、金川集团股份有限公司、紫金铜业有限公司、国合通用（青岛）测试评价有限公司、湖南水口山有色金属集团有限公司、辽宁中科力勒检测技术服务有限公司。

4、主要参加单位和工作成员及其所做的工作

4.1主要参加单位情况

国合通用测试评价认证股份公司、国标（北京）检验认证有限公司是本标准的起草单位。在工作前期，对现阶铅及铅合金相关的产品标准、检测现状及国内外相关检测标准进行了充分的调研，并设计了采用电感耦合等离子体质谱（ICP-MS）测定铅及铅合金中银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲含量的实验方案。项目计划下达后，编制组购买铅标准物质及高纯铅样品并积极联系阜阳市产品质量监督检验所协调准备铅钙合金、铅锑合金和铅银合金等公共样品；完成ICP-MS测定方法的研究并形成研究报告及《讨论稿》；发放样品并协调验证单位完成验证报告，并在综合各验证单位意见的基础上提出《征求意见稿》；负责汇总精密度数据，完成数理统计工作；负责意见征集与汇总；并负责在标准预审会、审定会上进行项目介绍与答辩，最终形成报批稿，协助标准化技术委员会秘书处完成标准的报批工作。

广东省科学院工业分析检测中心、阜阳市产品质量监督检验所、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司等3家单位作为一验，负责逐条验证《研究报告》的内容，对方法的可行性进行论证并给出结论；负责提供本试验室公共样品的原始测定数据；协助起草单位完成标准报批稿的校核工作。

北矿检测技术股份有限公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、金川集团股份有限公司、紫金铜业有限公司、国合通用（青岛）测试评价有限公司、湖南水口山有色金属集团有限公司、辽宁中科力勒检测技术服务有限公司是等单位作为二验，主要按照《研究报告》中的试验步骤完成公共样品的测定并提供原始测定数据，对于试验中发现的问题及时反馈给起草单位。

国标（北京）检验认证有限公司和阜阳市产品质量监督检验所为本项目提供公共样品。

4.2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1-1。

表1-1 主要起草人及工作职责

| 起草人 | 工作职责 |
| --- | --- |
| 墨淑敏 | 负责方法的起草，各阶段标准文本、编制说明的编写。 |
| 潘元海、郑佳乐 | 协助完成ICP-MS的相关试验。 |
| 李爱嫦、赵莎莎 | 与验证单位联系及数据统计。 |
| 周明俊、李彪、杨建兵、鲁仕梅、郭鑫涛 | 负责方法一验工作，对ICP-MS的条件实验进行了验证，并完成精密度数据。  负责提供标准验证用铅及铅合金样品。 |
| 孙梦荷、郭明芳、张宗磊、刘娜、王兴君、李明珠、王洋、朱国忠、廖彬玲、郑佳滢、董振 | 负责二验，提供精密度数据。 |

5、主要工作过程

5.1 起草阶段

（1）任务落实

2022年7月，国家标准化管理委员会正式批复本项目，项目计划编号为[20220733-T-6](http://219.239.107.155:8080/TaskBook.aspx?id=YSCPZT06842020)10。2022年9 月 26 日～9 月 28 日在山西省太原市召开工作会议，对本项目进行了任务落实。会议明确了项目的时间进度安排，确定国合通用测试评价认证股份公司为起草单位，国标（北京）检验认证有限公司、广东省科学院工业分析检测中心、阜阳市产品质量监督检验所等11家单位参与方法的验证。

（2）样品收集及试验研究

任务落实会议后，起草单位成立项目研发组。起草人员对现行的铅及铅合金产品标准进行了调研，主要涉及GB/T 469《铅锭》、GB/T 26045《蓄电池板栅用铅钙合金锭》、GB/T 26011《电缆护套用铅合金锭》、GB/T 21181《再生铅及铅合金锭》、YS/T 915《蓄电池板栅用铅锑合金锭》、YS/T 498《电解沉积用铅阳极板》、YS/T 636《铅及铅锑合金棒和线材》等；对各产品牌号中需要检测的化学元素、含量范围进行了统计，明确了适合ICP-MS方法测定的元素种类和范围。

阜阳市产品质量监督检验所作为样品提供单位积极联络相关铅合金生产厂家，提供了铅锑合金、铅钙合金、铅银合金。国标（北京）检验认证有限公司购买了铅锭光谱与化学标准样品（GSB04-3278-2016）共5个梯度，并进行了样品加工。同时为了进行条件实验研究，购买了5N高纯铅。

2022年11月~2023年2月，编制组人员对样品的溶解包括硝酸酸度和酒石酸用量的影响、质谱干扰特别是Bi、Ni、Sb的质谱干扰情况、基体效应及内标元素的选择、工作曲线及检出限等进行条件实验，确定了采用ICP-MS分析铅及铅合金中银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲含量的基本方法。并根据铅及铅合金质谱干扰情况，对元素的测定范围进行了调整。按照确定的实验方法，对纯铅和铅合金等8个公共样品进行精密度测试，并对数据的平均值和相对标准偏差进行整理汇总。

2023年3月，起草单位完成研究报告，并按照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》的规定撰写了GB/T《铅及铅合金化学分析方法 第18部分：银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲含量的测定 电感耦合等离子体质谱法》（讨论稿）。

（3）验证单位验证

2023年3月底，起草单位将样品和方法研究报告邮寄给各验证单位进行数据的验证工作。2023年6月，各验证单位陆续完成验证工作并返回验证报告。验证单位提出的意见及反馈见表1-2。起草单位综合各验证单位反馈意见对《讨论稿》进行修改完善，形成标准文本的《征求意见稿1》。

表1-2 验证单位提出的意见及反馈

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 编号 | 意见内容 | 处理意见 |
| 1 | 5.17 铝标准贮存溶液和5.23 锡标准贮存溶液配制方法 | 采纳 |
| 2 | 表2 可以不写出潜在质谱干扰。 | 采纳 |
| 3 | 建议钙、硒、银增加推荐同位素质量数 | 采纳，增加Ca44、Se78、Ag109 |
| 4 | 建议增大称样量 | 不采纳 |
| 5 | 80Se受40Ar40Ar+影响，建议选择78作为Se的同位素质量数。 | 80保留，补充推荐质量数78 |
| 6 | 基体浓度为1.0mg/mL时，内标校正对100ng/mL Bi的校正效果不好 | 增加备注试液适当稀释后测定，如基体浓度0.5mg/mL，见8.4.1注 |
| 7 | 赛默飞ICPQ测定过程中，基体效应严重，内标回收率低 |
| 8 | 明确是否采用高纯铅进行空白 | 采纳 |
| 9 | 溶样的酸（1+2）5mL偏少，由于体积损失，会出现白色沉淀物，建议将酸量增加至10ml | 采纳，采用硝酸（1+4）增加体积 |

5.2 征求意见阶段

2023年6月25日~28日有色标委会在辽宁沈阳召开预审会。来自有研粉末新材料（合肥）有限公司、云南锡业股份有限公司、浙江华友钴业股份有限公司、云南云铜锌业股份有限公司等单位的40多位专家对《征求意见稿》进行讨论，并提出了宝贵意见。

2023年7月XX日至 2023年9月XX日，全国有色金属标准化技术委员会将征求意见资料在国家标准化管理委员会的“公共信息服务平台”上挂网，向社会公开征求意见。同时，全国有色金属标准化技术委员会通过工作群、邮件向委员单位征求意见，并将征求意见资料在www.cnsmq.com网站上挂网。征求意见的单位包括主要生产、经销、使用、科研、检验等单位及大专院校，征求意见单位广泛且具有代表性，征求意见时间大于2个月。

整个征求意见过程中，标准编制组发送“征求意见稿”的单位数有31个，收到“征求意见稿”后，回函并有建议或意见的单位数有11个，没有未回函的单位。截至2023年9月，编制组共收到11条意见，对收集到的意见进行整理，形成了意见汇总处理表。

根据相关意见，编制组对征求意见稿进行修改，2022年9月底，完成了《铅及铅合金化学分析方法 第18部分：银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲含量的测定 电感耦合等离子体质谱法》（送审稿）。

5.3 审查阶段

1. 技术专家审查

2023年9月25日~27日在重庆召开标准工作会议，对本标准进行了审定。来自XXXXXX等XXX家单位的XX名专家（详见有色金属标准审定会专家签名表）参加了会议，会议对标准送审稿进行了审定，见《审定会会议纪要》。

与会专家对 《铅及铅合金化学分析方法 第18部分：银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲含量的测定 电感耦合等离子体质谱法》标准的送审稿进行了认真审定，提出多条修改意见，编制小组会后按照专家的修改意见进行了修改，完善了《送审稿》及《送审稿编制说明》。

1. 委员审查

5.4 报批阶段

二、标准编制原则

本标准起草过程中遵循以下原则：

（一）规范性原则：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；并按照GB/T 6379.2-2004《测量方法与结果的准确度》进行数理统计分析。

（二）先进性：标准采用电感耦合等离子体质谱法测定铅及铅合金中银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲等15种杂质元素含量。本标准在国内外均为首次制定，具有前瞻性和引领性。

（三）适用性：本标准以满足我国铅及铅合金产品实际检测需求为原则，宜于应用。标准适用于GB/T 469《铅锭》、GB/T 26045《蓄电池板栅用铅钙合金锭》、GB/T 26011《电缆护套用铅合金锭》、GB/T 21181《再生铅及铅合金锭》、YS/T 915《蓄电池板栅用铅锑合金锭》、YS/T 498《电解沉积用铅阳极板》、YS/T 636《铅及铅锑合金棒和线材》等多种铅产品中杂质元素的测定，有利于快速确定产品牌号，对生产企业的技术进步产生积极的促进作用。

（四）合规性：充分考虑国家法律、安全、卫生、环保法规的要求。

三、标准主要内容的确定依据

本标准为首次制定标准。在标准的制定过程中对以下几个方面进行了确认：

1. 元素种类及测定范围

电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）适用于金属及合金中微痕量杂质元素的测定，本方法制定过程对GB/T 469《铅锭》、GB/T 26045《蓄电池板栅用铅钙合金锭》、GB/T 26011《电缆护套用铅合金锭》、GB/T 21181《再生铅及铅合金锭》、YS/T 915《蓄电池板栅用铅锑合金锭》、YS/T 498《电解沉积用铅阳极板》、YS/T 636《铅及铅锑合金棒和线材》等铅及铅合金相关产品标准中对产品化学成分的要求进行了统计，发现上述纯铅及铅合金中涉及到的微痕量杂质元素主要包括银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲等元素。同时，各种牌号铅及铅合金产品中Ag、Cu、As、Sn、Sb、Zn、Fe、Ni、Cd等杂质元素的最低限量要求为不大于0.0002%～0.0008%；Mg、Ca、Bi、Se、Te、Al等杂质元素的最低限量要求为不大于0.003%～0.01%。

综上，结合ICP-MS在日常检测中的应用情况，确定本方法用于铅锭、再生铅、再生铅锑合金、再生铅钙合金、蓄电池板栅用铅钙合金锭、蓄电池板栅用铅锑合金锭、电缆护套用铅合金锭、电解沉积用铅阳极板、铅及铅锑合金棒和线材中银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲含量的测定。元素及测定范围见表2。

表2 元素及测定范围

|  |  |
| --- | --- |
| 元素 | 测定范围/% |
| Ag、Cu、As、Sb、Sn、Zn、Fe、Cd、Ni a、Mg、Al、Se、Te | 0.0001～0.010 |
| Bi、Ca | 0.0010～0.010 |
| a 铅合金（*w*Sn≤2%）中镍测定范围0.0010%～0.010%；铅合金（*w*Sn＞2%）中镍的测定不适用于本文件。 | |

2、样品的溶解方法

YS/T 229.1～.3《高纯铅化学分析方法》中采用稀硝酸溶解样品测定高纯铅中As、Sb、Ag、Cu、Bi、Al、Ni、Sn、Mg、Fe含量。GB/T 4103.1～.17《铅及铅合金化学分析方法》中采用稀硝酸、硝酸-酒石酸、硝酸-酒石酸-EDTA-柠檬酸溶解样品测定铅锭、铅合金中Sn、Sb、Cu、Fe、Bi、As、Se、Te、Ca、Ag、Zn、Tl、Al、Cd、Ni、Na、Mg含量，部分元素的检测涉及采用硫酸或盐酸沉淀铅基体从而获得更低的测定下限。综上，本方法拟采用稀硝酸溶解铅锭、再生铅等纯铅样品以及铅银合金，对于锡、锑、钙含量较高的铅锑合金、铅钙合金则采用硝酸-酒石酸混酸溶解金。

通过条件实验对硝酸和酒石酸的用量进行了确认。由表3和表4结果可知，硝酸酸度在1%～3%、酒石酸用量在0.1g/100mL～0.3g/100mL%范围内变化时，对测定结果无明显影响。

本实验中称取0.10g试料于100mL烧杯中，加入5 mL硝酸（1+2），样品为铅锑合金、铅钙合金时补加0.1 g酒石酸，加热可使样品溶解至澄清，稀释定容至100 mL无沉淀析出。

表3 硝酸酸度对测定结果的影响

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 元素 | 硝酸酸度 | | |
| 1% | 2% | 3% |
| Mg | 39.73 | 40.39 | 39.55 |
| Al | 41.04 | 41.56 | 41.27 |
| Ca | 39.43 | 39.87 | 39.50 |
| Fe | 38.92 | 38.73 | 38.55 |
| Ni | 39.31 | 39.78 | 39.76 |
| Cu | 39.07 | 39.22 | 39.18 |
| Zn | 40.12 | 39.53 | 39.74 |
| As | 39.43 | 39.17 | 39.56 |
| Se | 40.01 | 40.15 | 39.86 |
| Ag | 40.02 | 40.32 | 40.46 |
| Cd | 40.76 | 40.18 | 40.98 |
| Sn | 40.74 | 40.63 | 40.80 |
| Sb | 40.38 | 40.94 | 41.06 |
| Te | 40.03 | 39.14 | 39.67 |
| Bi | 40.98 | 40.51 | 41.67 |

表4 酒石酸用量对测定结果的影响

| 元素 | 酒石酸用量g/100mL | | |
| --- | --- | --- | --- |
| 0.1 | 0.2 | 0.3 |
| Mg | 40.48 | 40.54 | 41.19 |
| Al | 41.04 | 41.16 | 41.48 |
| Ca | 40.65 | 39.92 | 40.39 |
| Fe | 39.10 | 39.78 | 39.75 |
| Ni | 39.11 | 39.63 | 39.37 |
| Cu | 39.31 | 40.00 | 39.68 |
| Zn | 41.49 | 40.35 | 39.65 |
| As | 39.27 | 39.50 | 39.39 |
| Se | 40.43 | 40.88 | 39.21 |
| Ag | 39.97 | 39.99 | 40.45 |
| Cd | 40.66 | 40.82 | 41.05 |
| Sn | 40.68 | 40.79 | 40.87 |
| Sb | 40.96 | 41.17 | 41.45 |
| Te | 40.26 | 41.20 | 41.33 |
| Bi | 40.69 | 40.30 | 40.61 |

一验单位广东省科学院工业分析检测中心、阜阳市产品质量监督检验所，质谱干扰条件试验与起草单位结论一致。水口山有色和紫金铜业验证过程中出现随着溶液体积蒸发，析出白色物质，补水后加热复溶。推测可能是100mL烧杯中溶剂蒸发快，导致有溶质析出，修改为在50mL烧杯中加入10mL硝酸（1+4）（铅锑合金、铅钙合金补加0.1 g酒石酸），盖上表面皿，低温加热。经确认，纯铅、铅银、铅锑合金、铅钙合金均能够较快（10 min内）溶解，且无白色物质析出。

2023年6月预审会专家建议采纳增大称样量的意见，改为称取试料0.50g。起草单位对溶解进行了新的条件实验。称取0.50g样品，置于100 mL烧杯中，加入25 mL硝酸（1+4）（铅锑合金、铅钙合金补加0.5 g酒石酸），盖上表面皿，低温加热至完全溶解，冷却后移入50 mL容量瓶中。用水稀释至刻度，混匀。辽宁中科力勒检测技术服务有限公司对上述补充条件进行了验证，无异议。

3、质谱干扰情况

铅及铅合金中24Mg、27Al、63Cu、66Zn、75As、107Ag、111Cd、118Sn、128Te同位素丰度高且无同量异位素干扰，无基体氧化物、双电荷干扰，可以直接采用。40Ca+、56Fe+、80Se+受到40Ar+、40Ar16O+ 、40Ar40Ar+的干扰，可采用H2 / He碰撞反应模式进行测定。

本标准适用的铅合金包括蓄电池板栅用铅钙合金锭、蓄电池板栅用铅锑合金锭、电缆护套用铅合金锭、电解沉积用铅阳极板。上述铅合金中除了基体元素Pb，还存在Sb、Sn、Ag、Cu、Ca、Al，其最高含量见表5。

表5 铅合金中合金元素最大质量分数

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 元素 | 质量分数/% | 元素 | 质量分数/% |
| Sb | 8.5 | Cu | 0.2 |
| Sn | 1.8 | Ca | 0.12 |
| Ag | 1.2 | Al | 0.05 |

因此，分析试液中除了大量的Pb+，还存在一定量的Sb+、Sn+、Ag+、Cu+、Ca+、Al+，需要考察上述离子对待测元素的质谱干扰。经分析，重点明确了208Pb1H对209Bi的干扰；116Sn2+、120Sn2+、122Sn2+、124Sn2+等双电荷离子对58Ni+、60Ni+、61Ni+、62Ni+的干扰；以及Sn的氢化物和Ag的氧化物离子对Sb的干扰。

**3.1 铋质谱干扰情况**

209Bi（M=208.98039）易受到208Pb1H（M=208.98447）的质谱干扰，导致测定结果偏高。实验室采用硫酸沉淀分离铅基体，对Bi的干扰情况进行了确认。

分别称取5N高纯铅样品0.10g，按照实验方法溶解后，加入0.5 mL硫酸（1+1）沉淀分离铅基体，转移到100mL容量瓶中，与不分离基体直接测定结果进行对比。2#铅标样沉淀分离铅基体，并考察加入20 ng/mL Bi时的加标回收率。结果见表6。

表6 分离基体对Bi测定结果的影响

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 | 5N高纯铅结果/% | | 2#铅标样结果/% | | |
| 直接测定 | 分离基体测定 | 直接测定 | 分离基体测定 | 加标回收率 |
| Bi | 0.00010 | 0.00005 | 0.00166 | 0.00169 | 97.0 |

由上述结果可知，ICP-MS直接测定Bi，存在0.00005%左右的基体干扰，几乎不影响质量分数≥0.0010%的铋的结果的准确性。提高Bi结果的准确度，采用高纯铅基体（*w*Pb≥99.999%）对基体空白进行监测，必要时进行扣除。

**3.2 镍质谱干扰情况**

Ni共有5个同位素，见表7。由表可知，其4个同位素均受到Sn双电荷干扰，Ni64丰度小，而同量异位素Zn64丰度很大，也无法用于定量分析。因此有必要对Sn的双电荷干扰进行确认。目标铅合金中Sn质量分数不大于2%，配制质量浓度分别为0、0.1 μg/mL、0.5 μg/mL、1 μg/mL、5 μg/mL、10 μg/mL、20 μg/mL的Sn溶液，测定Ni。

表7 镍同位素丰度及潜在质谱干扰

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 质量数 | 丰度 | 干扰 |
| 58 | 68.08 | 116Sn2+ |
| 60 | 26.22 | 120Sn2+ |
| 61 | 1.14 | 122Sn2+ |
| 62 | 3.63 | 124Sn2+ |
| 64 | 0.93 | 64Zn+（丰度49.17%） |

实验结果表明，铅锭及再生铅等纯铅中Sn含量不大于0.01%，Ni60和Ni58处Sn的双电荷干扰均小于0.1 ng/mL，定量分析0.0001%及以上的Ni时可以忽略不计。

随着Sn含量的增加，双电荷干扰愈加明显，Sn质量浓度为20 μg/mL（对应样品中Sn质量分数2%）时，58Ni受到的质谱干扰约0.4 ng/mL，其余质量数受到的质谱干扰3～10 ng/mL，质谱干扰无法忽略不计。含锡铅合金中Ni≥0.0010%时，可选Ni58定量分析。因此，本方法规定铅合金（*w*Sn≤2%）中镍测定范围0.0010%～0.010%，铅合金（*w*Sn＞2%）中镍的测定不适用于本文件。

**3.3 锑质谱干扰情况**

按照Sn、Ag最大质量分数2%配制溶液，即Sn、Ag浓度分别为20 μg/mL时测定Sb。由结果可知，107Ag16O的氧化物对121Sb、123Sb的干扰＜0.1 ng/mL，定量分析0.0001%以上的Sb时Ag的质谱干扰可以忽略不计。121Sb+受到120Sn1H+的质谱干扰约为0.3 ng/mL；123Sb+受到122Sn1H+的质谱干扰小于0.1 ng/mL，可以忽略。

综上，各元素推荐的同位素质量数见表8。

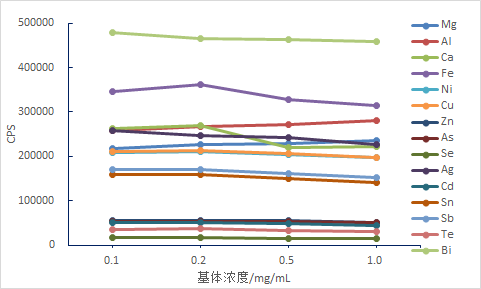
表8 推荐的同位素质量数和内标及潜在质谱干扰

| 元素 | 同位素质量数 | 内标 | 潜在质谱干扰 | 元素 | 同位素质量数 | 内标 | 潜在质谱干扰 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Mg | 24 | 45Sc |  | Se | 80 | 45Sc | 40Ar40Ar+ |
| Al | 27 | 45Sc |  | Ag | 107 | 133Cs |  |
| Ca | 40 / 44 | 45Sc | 40Ar+ | Cd | 111 | 133Cs |  |
| Fe | 56 | 45Sc | 40Ar16O+ | Sn | 118 | 133Cs |  |
| Ni | 58 / 60 | 45Sc | 116Sn2+、120Sn2+ | Sb | 121 / 123 | 133Cs | 120Sn1H+、122Sn1H+、123Te+ |
| Cu | 63 | 45Sc |  | Te | 128 | 133Cs |  |
| Zn | 66 | 45Sc |  | Bi | 209 | 187Re | 208Pb1H+ |
| As | 75 | 45Sc |  | — | — | — | — |

一验单位广东省科学院工业分析检测中心、阜阳市产品质量监督检验所，质谱干扰条件试验与起草单位结论一致。

4、基体效应与内标元素

采用5N高纯铅进行基体效应试验。在基体浓度分别为0.1mg/mL、0.2mg/mL、0.5mg/mL、1.0mg/mL时，测定20 ng的杂质元素CPS，绘制折线图，见图1。由结果可知，随着基体浓度的增加，除Mg、Al外，其余元素信号强度均有不同程度的下降，受到基体的的抑制作用。

图1 基体浓度对待测元素信号强度的影响

ICP-MS测定杂质元素含量通常采用内标法校正基体效应及仪器波动对结果的影响。调谐仪器至最佳状态，以钪、铯、铼为内标（见表1），20 ng/mL待测元素测定值在19.3ng/mL～20.5ng/mL范围内，即内标法可以校正基体效应对测定结果的影响。标准系列可直接配制，不需要高纯铅进行基体匹配。

一验单位广东省科学院工业分析检测中心、阜阳市产品质量监督检验所，基体效应及内标选择与起草单位结论一致。

5、工作曲线及检出限

配制系列标准溶液，以待测元素的质量浓度为横坐标，待测元素与内标元素信号强度的比值为纵坐标，绘制标准工作曲线。各杂质元素线性方程及相关系数见表9。对11份全流程空白溶液进行测定，计算标准偏差，以3倍标准偏差对应浓度计算检出限，结果见表9。

表9 方法的检出限和检测下限

| 元素 | 质量数 | 范围（ng/mL） | 线性方程 | 相关系数 | 检出限（ng/mL） |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Mg | 24 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0346X+0.0074 | 0.9994 | 0.04 |
| Al | 27 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0393X+0.0126 | 0.9995 | 0.02 |
| Ca | 40 | 0.0010 %～0.010 % | Y=0.0229X+0.0410 | 0.9998 | 0.27 |
| Fe | 56 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0355X+0.0114 | 0.9999 | 0.08 |
| Ni | 58 | 0.0010%～0.010% | Y=0.0399X+0.0167 | 1.000 | 0.17 |
| 60 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0119X+0.0013 | 1.0000 | 0.08 |
| Cu | 63 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0298X+0.0026 | 0.9998 | 0.03 |
| Zn | 66 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0087X+0.0030 | 1.0000 | 0.11 |
| As | 75 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0079X+0.0001 | 0.9999 | 0.02 |
| Se | 80 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0021X+0.0017 | 0.9999 | 0.21 |
| Ag | 107 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0424X+0.0041 | 1.0000 | 0.03 |
| Cd | 111 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0088X+0.0001 | 0.9998 | 0.01 |
| Sn | 118 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0264X+0.0015 | 0.9998 | 0.02 |
| Sb | 121 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0369X+0.0003 | 0.9999 | 0.06 |
| 123 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0268X+0.0026 | 0.9999 | 0.03 |
| Te | 128 | 0.0001%～0.010% | Y=0.0066X+0.0033 | 0.9996 | 0.16 |
| Bi | 209 | 0.0010%～0.010% | Y=0.1125X+0.0007 | 0.9998 | 0.04 |

6、精密度数据的确定

本标准基于对5个梯度的铅锭标样（GSB04-3278-2016）和3个铅合金样品（铅钙合金、铅银合金、铅锑合金）中杂质元素的测定数据计算重复性限和再现性限。样品由国标（北京）检验认证有限公司、阜阳市产品质量监督检验所提供。精密度数据是在2023年由10家试验室进行共同试验确定的。实验室代码见表10。每个实验室对每个水平的杂质含量均独立测定7次。测量的原始数据见附录A。

表10 实验室代码

| 代码 | 实验室名称 | 代码 | 实验室名称 | 代码 | 实验室名称 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 国合通用测试评价认证股份公司 | 2 | 广东省科学院工业分析检测中心 | 3 | 北矿检测技术股份有限公司 |
| 4 | 紫金铜业有限公司 | 5 | 阜阳市产品质量监督检验所 | 6 | 湖南水口山有色金属集团有限公司 |
| 7 | 国合通用（青岛）测试评价有限公司 | 8 | 深圳市中金岭南有色金属股份有限公司 | 9 | 铜陵有色金属集团控股有限公司 |
| 10 | 金川集团股份有限公司 |  |  |  |  |

在对原始测定数据进行柯克伦检验及格拉布斯检验，剔除离群值后，进行精密度数据计算，从而确定重复性限和再现性限。各杂质元素统计分析后结果可接受的实验室个数、可接受的数据个数、平均值、及重复性标准差、再现性标准差、重复性限、再现性限见表11。根据表7对重复性限和再现性限进行综合评定，确定方法的重复性限和再现性限，分别见表12、表13。

表11 不同水平统计结果表

| 元素 | 水平 | 结果可接受的  实验室个数 | 可接受的 数据个数 | 离群实验  室代码 | 平均值  /% | 重复性标准差  *Sr* | 再现性标准差  *SR* | 重复性限  *r*/% | 再现性限  *R*/% |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Ag | 1 | 9 | 63 | 9 | 0.0003 | 0.00002 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0002 |
| 2 | 10 | 70 | 无 | 0.0016 | 0.00007 | 0.00011 | 0.0002 | 0.0003 |
| 3 | 10 | 70 | 无 | 0.0036 | 0.00013 | 0.00021 | 0.0004 | 0.0006 |
| 4 | 9 | 63 | 10 | 0.0063 | 0.00021 | 0.00032 | 0.0006 | 0.0009 |
| 5 | 9 | 63 | 10 | 0.010 | 0.00035 | 0.00071 | 0.001 | 0.002 |
| Cu | 1 | 9 | 63 | 9 | 0.0005 | 0.00004 | 0.00008 | 0.0001 | 0.0002 |
| 2 | 9 | 63 | 5 | 0.0016 | 0.00008 | 0.00012 | 0.0002 | 0.0003 |
| 3 | 9 | 63 | 2 | 0.0036 | 0.00010 | 0.00018 | 0.0003 | 0.0005 |
| 4 | 8 | 56 | 2,10 | 0.0059 | 0.00018 | 0.00024 | 0.0005 | 0.0007 |
| 5 | 8 | 56 | 9,10 | 0.010 | 0.00028 | 0.00071 | 0.001 | 0.002 |
| Bi | 1 | 9 | 63 | 9 | 0.0004 | 0.00002 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0002 |
| 2 | 8 | 56 | 6,9 | 0.0017 | 0.00005 | 0.00009 | 0.0002 | 0.0003 |
| 3 | 8 | 56 | 2,5 | 0.0043 | 0.00014 | 0.00020 | 0.0004 | 0.0006 |
| 4 | 8 | 56 | 2,8 | 0.0085 | 0.00028 | 0.00046 | 0.0008 | 0.0013 |
| As | 1 | 9 | 63 | 8 | 0.00018 | 0.00002 | 0.00004 | 0.00005 | 0.00011 |
| 2 | 8 | 56 | 2,8,10 | 0.00143 | 0.00005 | 0.00008 | 0.00015 | 0.00024 |
| 3 | 7 | 49 | 5,8,10 | 0.00471 | 0.00009 | 0.00014 | 0.00024 | 0.00039 |
| 4 | 10 | 70 | 无 | 0.00794 | 0.00010 | 0.00022 | 0.00030 | 0.00062 |
| 5 | 9 | 63 | 10 | 0.0100 | 0.00021 | 0.00051 | 0.0006 | 0.0014 |
| Sb | 1 | 10 | 70 | 无 | 0.0005 | 0.00004 | 0.00007 | 0.0001 | 0.0002 |
| 2 | 7 | 49 | 2,8,10 | 0.0027 | 0.00006 | 0.00013 | 0.0002 | 0.0004 |
| 3 | 9 | 63 | 2 | 0.0056 | 0.00018 | 0.00030 | 0.0005 | 0.0009 |
| 4 | 8 | 56 | 2,10 | 0.010 | 0.00025 | 0.00053 | 0.001 | 0.002 |
| Sn | 1 | 7 | 49 | 2,8,10 | 0.0002 | 0.00002 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0002 |
| 2 | 9 | 63 | 2 | 0.0006 | 0.00007 | 0.00011 | 0.0002 | 0.0003 |
| 3 | 9 | 63 | 9 | 0.0033 | 0.00011 | 0.00018 | 0.0003 | 0.0005 |
| 4 | 9 | 63 | 10 | 0.0041 | 0.00014 | 0.00019 | 0.0004 | 0.0006 |
| Zn | 1 | 8 | 56 | 8,10 | 0.0006 | 0.00004 | 0.00007 | 0.0001 | 0.0002 |
| 2 | 7 | 49 | 2,8,10 | 0.0021 | 0.00007 | 0.00011 | 0.0002 | 0.0003 |
| 3 | 8 | 56 | 8,10 | 0.0041 | 0.00009 | 0.00014 | 0.0003 | 0.0004 |
| 4 | 10 | 70 | 无 | 0.0080 | 0.00021 | 0.00029 | 0.0006 | 0.0008 |
| 5 | 9 | 63 | 10 | 0.010 | 0.00025 | 0.00071 | 0.001 | 0.002 |
| Fe | 1 | 10 | 70 | 无 | 0.0005 | 0.00004 | 0.00011 | 0.0001 | 0.0003 |
| 2 | 8 | 56 | 4,6 | 0.0020 | 0.00008 | 0.00014 | 0.0002 | 0.0004 |
| 3 | 10 | 70 | 无 | 0.0040 | 0.00011 | 0.00017 | 0.0003 | 0.0005 |
| 4 | 10 | 70 | 无 | 0.0080 | 0.00025 | 0.00032 | 0.0007 | 0.0009 |
| 5 | 9 | 63 | 10 | 0.010 | 0.00025 | 0.00064 | 0.001 | 0.002 |
| Cd | 1 | 9 | 63 | 8 | 0.0002 | 0.00002 | 0.00005 | 0.0001 | 0.0002 |
| 2 | 9 | 63 | 10 | 0.0010 | 0.00007 | 0.00010 | 0.0002 | 0.0003 |
| 3 | 10 | 70 | 无 | 0.0040 | 0.00011 | 0.00018 | 0.0003 | 0.0005 |
| 4 | 10 | 70 | 无 | 0.0080 | 0.00025 | 0.00028 | 0.0007 | 0.0008 |
| 5 | 9 | 63 | 10 | 0.010 | 0.00025 | 0.00071 | 0.001 | 0.002 |
| Ni | 1 | 9 | 63 | 6 | 0.0001 | 0.00002 | 0.00002 | 0.0001 | 0.0001 |
| 2 | 9 | 63 | 10 | 0.0009 | 0.00007 | 0.00010 | 0.0002 | 0.0003 |
| 3 | 10 | 70 | 无 | 0.0041 | 0.00011 | 0.00018 | 0.0003 | 0.0005 |
| 4 | 10 | 70 | 无 | 0.0079 | 0.00014 | 0.00025 | 0.0004 | 0.0007 |
| 5 | 9 | 63 | 10 | 0.010 | 0.00021 | 0.00071 | 0.001 | 0.002 |
| Mg | 1 | 9 | 63 | 2 | 0.0006 | 0.00004 | 0.00006 | 0.0001 | 0.0002 |
| 2 | 8 | 56 | 2,10 | 0.0020 | 0.00006 | 0.00009 | 0.0002 | 0.0003 |
| 3 | 10 | 70 | 无 | 0.0041 | 0.00009 | 0.00018 | 0.0003 | 0.0005 |
| 4 | 10 | 70 | 无 | 0.0081 | 0.00021 | 0.00023 | 0.0006 | 0.0007 |
| 5 | 9 | 63 | 10 | 0.010 | 0.00028 | 0.00067 | 0.001 | 0.002 |
| Al | 1 | 9 | 63 | 2 | 0.0005 | 0.00004 | 0.00006 | 0.0001 | 0.0002 |
| 2 | 7 | 49 | 2,3,10 | 0.0020 | 0.00007 | 0.00009 | 0.0002 | 0.0003 |
| 3 | 9 | 63 | 10 | 0.0040 | 0.00014 | 0.00018 | 0.0004 | 0.0005 |
| 4 | 10 | 70 | 无 | 0.0080 | 0.00021 | 0.00026 | 0.0006 | 0.0007 |
| Ca | 1 | 6 | 42 | 2,4,6,10 | 0.0021 | 0.00010 | 0.00014 | 0.0003 | 0.0004 |
| 2 | 9 | 63 | 2 | 0.0041 | 0.00018 | 0.00020 | 0.0005 | 0.0006 |
| 3 | 10 | 70 | 无 | 0.0079 | 0.00021 | 0.00028 | 0.0006 | 0.0008 |
| Se | 1 | 9 | 63 | 2 | 0.0005 | 0.00003 | 0.00007 | 0.0001 | 0.0002 |
| 2 | 9 | 63 | 10 | 0.0020 | 0.00008 | 0.00012 | 0.0002 | 0.0003 |
| 3 | 10 | 70 | 无 | 0.0040 | 0.00011 | 0.00019 | 0.0003 | 0.0006 |
| 4 | 10 | 70 | 无 | 0.0079 | 0.00018 | 0.00032 | 0.0005 | 0.0009 |
| 5 | 9 | 63 | 10 | 0.010 | 0.00025 | 0.00064 | 0.001 | 0.002 |
| Te | 1 | 9 | 63 | 2 | 0.0005 | 0.00004 | 0.00006 | 0.0001 | 0.0002 |
| 2 | 9 | 63 | 10 | 0.0020 | 0.00005 | 0.00011 | 0.0002 | 0.0003 |
| 3 | 10 | 70 | 无 | 0.0039 | 0.00011 | 0.00017 | 0.0003 | 0.0005 |
| 4 | 10 | 70 | 无 | 0.0078 | 0.00018 | 0.00025 | 0.0005 | 0.0007 |
| 5 | 9 | 63 | 10 | 0.010 | 0.00023 | 0.00060 | 0.001 | 0.002 |

表12 重复性限

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *w*Ag | 0.0003 | 0.0016 | 0.0036 | 0.0063 | 0.010 |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0004 | 0.0006 | 0.001 |
| *w*Cu | 0.0005 | 0.0016 | 0.0036 | 0.0059 | 0.010 |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.001 |
| *w*Bi | 0.0004 | 0.0017 | 0.0043 | 0.0085 | — |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0004 | 0.0008 | — |
| *w*As | 0.0002 | 0.0014 | 0.0047 | 0.0079 | 0.010 |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.001 |
| *w*Sb | 0.0005 | 0.0027 | 0.0056 | 0.010 | — |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0005 | 0.001 | — |
| *w*Sn | 0.0002 | 0.0006 | 0.0033 | 0.0041 | — |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0004 | — |
| *w*Zn | 0.0006 | 0.0021 | 0.0041 | 0.0080 | 0.010 |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0006 | 0.001 |
| *w*Fe | 0.0005 | 0.0020 | 0.0040 | 0.0080 | 0.010 |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0007 | 0.001 |
| *w*Cd | 0.0002 | 0.0010 | 0.0040 | 0.0080 | 0.010 |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0007 | 0.001 |
| *w*Ni | 0.0001 | 0.0009 | 0.0041 | 0.008 | 0.010 |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.000 | 0.001 |
| *w*Mg | 0.0006 | 0.0020 | 0.0041 | 0.0081 | 0.010 |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0006 | 0.001 |
| *w*Al | 0.0005 | 0.0020 | 0.0040 | 0.0080 | — |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0004 | 0.0006 | — |
| *w*Ca | — | 0.0021 | 0.0041 | 0.0079 | — |
| *r* | — | 0.0003 | 0.0005 | 0.0006 | — |
| *w*Se | 0.0005 | 0.0020 | 0.0040 | 0.0079 | 0.010 |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.001 |
| *w*Te | 0.0005 | 0.0020 | 0.0039 | 0.0078 | 0.010 |
| *r* | 0.0001 | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.001 |

表13 再现性限

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *w*Ag | 0.0003 | 0.0016 | 0.0036 | 0.0063 | 0.010 |
| *R* | 0.0002 | 0.0003 | 0.0006 | 0.0009 | 0.002 |
| *w*Cu | 0.0005 | 0.0016 | 0.0036 | 0.0059 | 0.010 |
| *R* | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0007 | 0.002 |
| *w*Bi | 0.0004 | 0.0017 | 0.0043 | 0.0085 | — |
| *R* | 0.0002 | 0.0003 | 0.0006 | 0.0013 | — |
| *w*As | 0.0002 | 0.0014 | 0.0047 | 0.0079 | 0.010 |
| *R* | 0.0002 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0007 | 0.002 |
| *w*Sb | 0.0005 | 0.0027 | 0.0056 | 0.010 | — |
| *R* | 0.0002 | 0.0004 | 0.0009 | 0.002 | — |
| *w*Sn | 0.0002 | 0.0006 | 0.0033 | 0.0041 | — |
| *R* | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0006 | — |
| *w*Zn | 0.0006 | 0.0021 | 0.0041 | 0.0080 | 0.010 |
| *R* | 0.0002 | 0.0003 | 0.0004 | 0.0008 | 0.002 |
| *w*Fe | 0.0005 | 0.0020 | 0.0040 | 0.0080 | 0.010 |
| *R* | 0.0003 | 0.0004 | 0.0005 | 0.0009 | 0.002 |
| *w*Cd | 0.0002 | 0.0010 | 0.0040 | 0.0080 | 0.010 |
| *R* | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0008 | 0.002 |
| *w*Ni | 0.0001 | 0.0009 | 0.0041 | 0.0079 | 0.010 |
| *R* | 0.0001 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0007 | 0.002 |
| *w*Mg | 0.0006 | 0.0020 | 0.0041 | 0.0081 | 0.010 |
| *R* | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0007 | 0.002 |
| *w*Al | 0.0005 | 0.0020 | 0.0040 | 0.0080 | — |
| *R* | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0007 | — |
| *w*Ca | — | 0.0021 | 0.0041 | 0.0079 | — |
| *R* | — | 0.0004 | 0.0006 | 0.0008 | — |
| *w*Se | 0.0005 | 0.0020 | 0.0040 | 0.0079 | 0.010 |
| *R* | 0.0002 | 0.0003 | 0.0006 | 0.0009 | 0.002 |
| *w*Te | 0.0005 | 0.0020 | 0.0039 | 0.0078 | 0.010 |
| *R* | 0.0002 | 0.0003 | 0.0005 | 0.0007 | 0.002 |

四、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利和知识产权问题。

五、预期达到的社会效益

（一）项目的可行性

GB/T 4103《铅及铅合金化学分析方法》系列标准于1983年首次颁布实施，经多次制修订补充完善。现行版本共17个部分，前15部分为单元素单方法，涉及原子荧光光谱法、原子吸收光谱法、分光光度法等，包括锡、锑、铜、铁、铋等杂质元素的测定。第16部分铜、银、铋、砷、锑、锡、锌量的测定，采用光电直读发射光谱法。第17部分钠量、镁量的测定采用火焰原子吸收光谱法。上述标准涉及铅锭及多种类型铅合金样品的测定，其样品溶解方法可供本项目参考。

电感耦合等离子体质谱仪具有多元素同时测定、检出限低等优点，已广泛应用于金属、合金、食品、环境等样品中杂质元素的测定，在分析检测领域占有举足轻重的地位。方法多元素同时检测，能够大大缩短检测时间，节省人力、物力；方法能够提供更低的检出限，用于痕量杂质元素的定量分析其结果更加准确。近些年国内外均颁布实施了ICP-MS相关检测方法，如ASTM E2330-19《使用电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)进行玻璃样品中元素浓度测定的标准测试方法》 、ASTM C1287-18《用电感耦合等离子体质谱法测定二氧化铀中杂质的标准试验方法》、ISO/TS 16965-2013《土壤质量 使用电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）测定微量元素》、ISO 17294-2-2016《水质 电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）的应用 第2部分：铀同位素等选择元素的测定》、GB/T 42240-2022《纳米技术 石墨烯粉体中金属杂质的测定 电感耦合等离子体质谱法》、GB/T 42333-2023《土壤、水系沉积物 碘含量的测定 氨水封闭溶解-电感耦合等离子体质谱法》、GB/T 14352.24-2022《钨矿石、钼矿石化学分析方法 第24部分：锗含量的测定 电感耦合等离子体质谱法》等。

上述标准的颁布实施，表明ICP-MS在分析检测领域的应用日趋成熟，通常采用内标法校正基体效应和仪器漂移对测定结果的影响，也可采用基体匹配或者标准加入法进行测定。因此，建立电感耦合等离子体质谱测定铅及铅合金中银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲含量的测试方法在技术上也是可行的。通过多家单位的验证能够保证建立的分析方法具有可操作性并易于推广应用。

（二）标准预期的作用和效益

本标准是GB/T 4103《铅及铅合金化学分析方法》的第18部分，采用ICP-MS测定铅及铅合金中痕量杂质元素，能够满足铅锭、再生铅、再生铅锑合金、再生铅钙合金、蓄电池板栅用铅钙合金锭、蓄电池板栅用铅锑合金锭、电缆护套用铅合金锭、电解沉积用铅阳极板、铅及铅锑合金棒和线材等铅产品中银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲含量的测试需求。作为化学分析方法标准，主要能够服务GB/T 469《铅锭》、GB/T 21181《再生铅及铅合金锭》、GB/T 26045《蓄电池板栅用铅钙合金锭》、YS/T 915《蓄电池板栅用铅锑合金锭》、GB/T 26011《电缆护套用铅合金锭》、GB/T 1470《铅及铅锑合金板》、YS/T 498-2006《电解沉积用铅阳极板》、YS/T 636-2007《铅及铅锑合金棒和线材》等相关铅产品标准，上述产品标准中通过杂质含量差减得到铅含量，从而确定铅产品的牌号等级，是生产企业产品贸易过程中重要的定价依据。

分析方法服务于产业制造，豫光金铅、株冶集团、中金岭南、驰宏锌锗、西部矿业等企业是国内生产铅金属产品的上市公司。标准颁布实施后，铅及铅合金的生产及使用单位均可采用本标准对其中的杂质元素进行定量分析，掌控和提升产品质量。同时，在第三方检测机构中，ICP-MS已经成为痕量分析的主要仪器设备，本标准的颁布实施，扩展了ICP-MS的应用领域，有助于各检测机构实现标准化检测，提高数据的准确度，有利于企业通过CNAS评审。

六、采用国际标准和国外先进标准的情况

本文件为我国首次制定。经查，本文件与国内外现行标准及制定中的标准无重复交叉情况。本标准未采用（包括等同采用、修改采用及非等效采用）国际标准或国外先进标准。

七、与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准的关系

本标准拟为GB/T 4103《铅及铅合金化学分析方法》的第18部分，领域内没有强制性国家标准。本标准与现行法律、法规和相关标准相协调、无冲突。

八、重大分歧意见的处理和依据

无重大分歧。

九、标准作为强制性或推荐性国家（或行业）标准的建议

建议本标准为推荐性国家标准。

十、贯彻标准的要求和措施建议

本标准涉及铅及铅合金中银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲含量的同时测定，采用的检测设备为电感耦合等离子体质谱仪。该设备目前在各高校院所、企事业单位均具有较高的市场占有率。建议铅及铅合金的生产和使用单位及各检测机构积极组织本标准的学习与宣贯，并向企业、公司和科研院校（所）推荐本标准。标准使用过程中出现疑问，标准的起草单位有义务进行必要的解释，可通过网络会议、讲座等形式进行标准内容的讲解。建议标准发布6个月后实施。同时，标准要与时俱进，标准颁布实施后要定期进行复审，必要时启动修订程序。

十一、废止现行有关标准的建议

本标准为首次制定，不涉及相关标准的废止。

十二、其它应予说明的事项

本标准为铅及铅合金中痕量元素分析方法标准，待测元素测定下限低，对试剂空白和水要求较高。同时，铅合金种类较多，合金元素导致的质谱干扰在测定过程中也要随时注意。

**附件A：**各实验室原始数据

| 编号 | 实验室 | Ag 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 0.00032 | 0.00033 | 0.00034 | 0.00035 | 0.00035 | 0.00036 | 0.00034 |
| 2 | 0.00033 | 0.00032 | 0.00032 | 0.00032 | 0.00032 | 0.00032 | 0.00033 |
| 3 | 0.00031 | 0.00030 | 0.00030 | 0.00029 | 0.00030 | 0.00030 | 0.00034 |
| 4 | 0.00032 | 0.00030 | 0.00034 | 0.00033 | 0.00030 | 0.00030 | 0.00034 |
| 5 | 0.00026 | 0.00026 | 0.00026 | 0.00026 | 0.00025 | 0.00026 | 0.00026 |
| 6 | 0.00031 | 0.00034 | 0.00027 | 0.00034 | 0.00034 | 0.00034 | 0.00030 |
| 7 | 0.00037 | 0.00035 | 0.00035 | 0.00033 | 0.00034 | 0.00032 | 0.00035 |
| 8 | 0.00033 | 0.00032 | 0.00033 | 0.00029 | 0.00034 | 0.00030 | 0.00031 |
| 9\* | 0.00047 | 0.00048 | 0.00029 | 0.00030 | 0.00044 | 0.00052 | 0.00033 |
| 10 | 0.00041 | 0.00037 | 0.00039 | 0.00040 | 0.00044 | 0.00038 | 0.00042 |
| 3 | 1 | 0.00152 | 0.00157 | 0.00164 | 0.00177 | 0.00168 | 0.00171 | 0.00166 |
| 2 | 0.00154 | 0.00150 | 0.00154 | 0.00157 | 0.00157 | 0.00161 | 0.00156 |
| 3 | 0.00162 | 0.00160 | 0.00168 | 0.00161 | 0.00173 | 0.00159 | 0.00163 |
| 4 | 0.00162 | 0.00168 | 0.00170 | 0.00166 | 0.00164 | 0.00166 | 0.00167 |
| 5 | 0.00163 | 0.00163 | 0.00164 | 0.00165 | 0.00165 | 0.00162 | 0.00163 |
| 6 | 0.00148 | 0.00147 | 0.00140 | 0.00156 | 0.00160 | 0.00157 | 0.00165 |
| 7 | 0.00174 | 0.00170 | 0.00176 | 0.00173 | 0.00167 | 0.00163 | 0.00168 |
| 8 | 0.00140 | 0.00150 | 0.00140 | 0.00150 | 0.00130 | 0.00150 | 0.00120 |
| 9 | 0.00174 | 0.00154 | 0.00163 | 0.00175 | 0.00165 | 0.00169 | 0.00159 |
| 10 | 0.00164 | 0.00159 | 0.00169 | 0.00152 | 0.00163 | 0.00181 | 0.00157 |
| 4 | 1 | 0.00362 | 0.00369 | 0.00368 | 0.00356 | 0.00359 | 0.00358 | 0.00357 |
| 2 | 0.00327 | 0.00323 | 0.00319 | 0.00327 | 0.00337 | 0.00331 | 0.00332 |
| 3 | 0.00358 | 0.00349 | 0.00360 | 0.00355 | 0.00358 | 0.00354 | 0.00342 |
| 4 | 0.00360 | 0.00354 | 0.00359 | 0.00358 | 0.00362 | 0.00363 | 0.00366 |
| 5 | 0.00362 | 0.00364 | 0.00367 | 0.00371 | 0.00368 | 0.00367 | 0.00371 |
| 6 | 0.00361 | 0.00391 | 0.00380 | 0.00389 | 0.00307 | 0.00306 | 0.00361 |
| 7 | 0.00363 | 0.00365 | 0.00363 | 0.00374 | 0.00375 | 0.00372 | 0.00372 |
| 8 | 0.00342 | 0.00361 | 0.00357 | 0.00383 | 0.00372 | 0.00366 | 0.00381 |
| 9 | 0.00369 | 0.00359 | 0.00364 | 0.00366 | 0.00365 | 0.00367 | 0.00358 |
| 10 | 0.00401 | 0.00389 | 0.00388 | 0.00399 | 0.00407 | 0.00396 | 0.00407 |
| 5 | 1 | 0.00618 | 0.00621 | 0.00633 | 0.00624 | 0.00641 | 0.00638 | 0.00637 |
| 2 | 0.00625 | 0.00605 | 0.00613 | 0.00608 | 0.00607 | 0.00622 | 0.00609 |
| 3 | 0.00659 | 0.00655 | 0.00661 | 0.00660 | 0.00663 | 0.00655 | 0.00652 |
| 4 | 0.00642 | 0.00633 | 0.00644 | 0.00645 | 0.00638 | 0.00636 | 0.00638 |
| 5 | 0.00618 | 0.00586 | 0.00602 | 0.00599 | 0.00591 | 0.00596 | 0.00611 |
| 6 | 0.00602 | 0.00617 | 0.00616 | 0.00595 | 0.00576 | 0.00630 | 0.00607 |
| 7 | 0.00615 | 0.00632 | 0.00633 | 0.00619 | 0.00614 | 0.00614 | 0.00619 |
| 8 | 0.00664 | 0.00629 | 0.00605 | 0.00613 | 0.00633 | 0.00615 | 0.00642 |
| 9 | 0.00622 | 0.00650 | 0.00649 | 0.00627 | 0.00625 | 0.00643 | 0.00655 |
| 10\* | 0.00759 | 0.00821 | 0.00830 | 0.00804 | 0.00771 | 0.00797 | 0.00707 |
| 8 | 1 | 0.0101 | 0.0102 | 0.0099 | 0.0098 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0102 |
| 2 | 0.0120 | 0.0118 | 0.0119 | 0.0114 | 0.0128 | 0.0115 | 0.0112 |
| 3 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0102 |
| 4 | 0.0098 | 0.0099 | 0.0100 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0100 |
| 5 | 0.0107 | 0.0106 | 0.0105 | 0.0106 | 0.0105 | 0.0105 | 0.0104 |
| 6 | 0.0101 | 0.0106 | 0.0103 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0102 | 0.0101 |
| 7 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0104 | 0.0102 | 0.0102 |
| 8 | 0.0092 | 0.0089 | 0.0093 | 0.0091 | 0.0096 | 0.0098 | 0.0097 |
| 9 | 0.0103 | 0.0101 | 0.0098 | 0.0099 | 0.0105 | 0.0104 | 0.0101 |
| 10\* | 0.0135 | 0.0122 | 0.0109 | 0.0118 | 0.0107 | 0.0117 | 0.0124 |

| 编号 | 实验室 | Cu 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 0.00042 | 0.00058 | 0.00049 | 0.00050 | 0.00059 | 0.00053 | 0.00049 |
| 2 | 0.00038 | 0.00041 | 0.00041 | 0.00038 | 0.00037 | 0.00037 | 0.00034 |
| 3 | 0.00047 | 0.00041 | 0.00045 | 0.00042 | 0.00042 | 0.00046 | 0.00046 |
| 4 | 0.00056 | 0.00057 | 0.00053 | 0.00058 | 0.00059 | 0.00053 | 0.00049 |
| 5 | 0.00063 | 0.00064 | 0.00060 | 0.00063 | 0.00060 | 0.00063 | 0.00059 |
| 6 | 0.00042 | 0.00040 | 0.00052 | 0.00049 | 0.00054 | 0.00051 | 0.00051 |
| 7 | 0.00050 | 0.00050 | 0.00047 | 0.00044 | 0.00045 | 0.00047 | 0.00046 |
| 8 | 0.00058 | 0.00054 | 0.00053 | 0.00056 | 0.00051 | 0.00052 | 0.00050 |
| 9\* | 0.00033 | 0.00057 | 0.00034 | 0.00052 | 0.00066 | 0.00051 | 0.00042 |
| 10 | 0.00049 | 0.00036 | 0.00052 | 0.00047 | 0.00044 | 0.00043 | 0.00049 |
| 3 | 1 | 0.00161 | 0.00166 | 0.00182 | 0.00165 | 0.00177 | 0.00187 | 0.00174 |
| 2 | 0.00139 | 0.00142 | 0.00147 | 0.00144 | 0.00145 | 0.00144 | 0.00148 |
| 3 | 0.00161 | 0.00156 | 0.00165 | 0.00161 | 0.00170 | 0.00153 | 0.00159 |
| 4 | 0.00168 | 0.00168 | 0.00170 | 0.00166 | 0.00164 | 0.00166 | 0.00167 |
| 5\* | 0.00192 | 0.00187 | 0.00193 | 0.00191 | 0.00191 | 0.00184 | 0.00180 |
| 6 | 0.00170 | 0.00168 | 0.00172 | 0.00173 | 0.00173 | 0.00182 | 0.00165 |
| 7 | 0.00169 | 0.00170 | 0.00173 | 0.00174 | 0.00174 | 0.00176 | 0.00174 |
| 8 | 0.00160 | 0.00170 | 0.00160 | 0.00170 | 0.00130 | 0.00150 | 0.00160 |
| 9 | 0.00155 | 0.00153 | 0.00161 | 0.00149 | 0.00153 | 0.00179 | 0.00181 |
| 10 | 0.00147 | 0.00159 | 0.00152 | 0.00160 | 0.00157 | 0.00155 | 0.00158 |
| 4 | 1 | 0.00381 | 0.00372 | 0.00369 | 0.00385 | 0.00366 | 0.00363 | 0.00377 |
| 2\* | 0.00288 | 0.00302 | 0.00297 | 0.00294 | 0.00306 | 0.00300 | 0.00306 |
| 3 | 0.00350 | 0.00344 | 0.00353 | 0.00356 | 0.00345 | 0.00362 | 0.00356 |
| 4 | 0.00360 | 0.00368 | 0.00369 | 0.00357 | 0.00362 | 0.00367 | 0.00360 |
| 5 | 0.00336 | 0.00327 | 0.00332 | 0.00338 | 0.00358 | 0.00348 | 0.00341 |
| 6 | 0.00355 | 0.00373 | 0.00373 | 0.00376 | 0.00348 | 0.00367 | 0.00355 |
| 7 | 0.00363 | 0.00365 | 0.00364 | 0.00378 | 0.00384 | 0.00380 | 0.00380 |
| 8 | 0.00381 | 0.00392 | 0.00393 | 0.00386 | 0.00369 | 0.00391 | 0.00382 |
| 9 | 0.00399 | 0.00375 | 0.00379 | 0.00365 | 0.00376 | 0.00373 | 0.00379 |
| 10 | 0.00331 | 0.00324 | 0.00309 | 0.00324 | 0.00314 | 0.00302 | 0.00347 |
| 5 | 1 | 0.00600 | 0.00604 | 0.00584 | 0.00592 | 0.00588 | 0.00591 | 0.00606 |
| 2\* | 0.00511 | 0.00504 | 0.00501 | 0.00501 | 0.00518 | 0.00505 | 0.00517 |
| 3 | 0.00584 | 0.00587 | 0.00577 | 0.00568 | 0.00576 | 0.00564 | 0.00589 |
| 4 | 0.00590 | 0.00594 | 0.00585 | 0.00574 | 0.00587 | 0.00588 | 0.00572 |
| 5 | 0.00592 | 0.00620 | 0.00605 | 0.00607 | 0.00597 | 0.00588 | 0.00608 |
| 6 | 0.00619 | 0.00632 | 0.00607 | 0.00608 | 0.00619 | 0.00603 | 0.00617 |
| 7 | 0.00591 | 0.00587 | 0.00588 | 0.00602 | 0.00604 | 0.00602 | 0.00588 |
| 8 | 0.00554 | 0.00572 | 0.00523 | 0.00552 | 0.00534 | 0.00514 | 0.00553 |
| 9 | 0.00611 | 0.00621 | 0.00598 | 0.00597 | 0.00589 | 0.00597 | 0.00604 |
| 10\* | 0.00741 | 0.00724 | 0.00684 | 0.00701 | 0.00688 | 0.00714 | 0.00706 |
| 8 | 1 | 0.0104 | 0.0105 | 0.0106 | 0.0103 | 0.0104 | 0.0103 | 0.0105 |
| 2 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 |
| 3 | 0.0099 | 0.0102 | 0.0098 | 0.0099 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0099 |
| 4 | 0.0100 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0101 |
| 5 | 0.0096 | 0.0094 | 0.0091 | 0.0096 | 0.0094 | 0.0095 | 0.0094 |
| 6 | 0.0106 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0103 | 0.0106 | 0.0106 | 0.0104 |
| 7 | 0.0101 | 0.0102 | 0.0104 | 0.0099 | 0.0108 | 0.0104 | 0.0105 |
| 8 | 0.0087 | 0.0091 | 0.0093 | 0.0091 | 0.0091 | 0.0090 | 0.0092 |
| 9\* | 0.0115 | 0.0112 | 0.0109 | 0.0107 | 0.0099 | 0.0104 | 0.0108 |
| 10\* | 0.0129 | 0.0122 | 0.0131 | 0.0144 | 0.0137 | 0.0127 | 0.0127 |

| 编号 | 实验室 | Bi 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 0.00038 | 0.00039 | 0.00040 | 0.00037 | 0.00041 | 0.00043 | 0.00044 |
| 2 | 0.00036 | 0.00037 | 0.00036 | 0.00038 | 0.00043 | 0.00041 | 0.00041 |
| 3 | 0.00038 | 0.00038 | 0.00037 | 0.00038 | 0.00038 | 0.00038 | 0.00040 |
| 4 | 0.00039 | 0.00039 | 0.00039 | 0.00040 | 0.00041 | 0.00039 | 0.00042 |
| 5 | 0.00048 | 0.00048 | 0.00047 | 0.00049 | 0.00048 | 0.00049 | 0.00048 |
| 6 | 0.00030 | 0.00034 | 0.00036 | 0.00034 | 0.00040 | 0.00037 | 0.00038 |
| 7 | 0.00035 | 0.00036 | 0.00033 | 0.00030 | 0.00029 | 0.00034 | 0.00032 |
| 8 | 0.00037 | 0.00039 | 0.00041 | 0.00043 | 0.00042 | 0.00039 | 0.00042 |
| 9\* | 0.00042 | 0.00036 | 0.00041 | 0.00033 | 0.00035 | 0.00044 | 0.00049 |
| 10 | 0.00031 | 0.00035 | 0.00030 | 0.00039 | 0.00041 | 0.00032 | 0.00038 |
| 2 | 1 | 0.00160 | 0.00161 | 0.00165 | 0.00159 | 0.00174 | 0.00173 | 0.00168 |
| 2 | 0.00172 | 0.00170 | 0.00175 | 0.00172 | 0.00170 | 0.00171 | 0.00173 |
| 3 | 0.00164 | 0.00167 | 0.00162 | 0.00162 | 0.00162 | 0.00159 | 0.00161 |
| 4 | 0.00164 | 0.00162 | 0.00165 | 0.00163 | 0.00168 | 0.00165 | 0.00168 |
| 5 | 0.00168 | 0.00169 | 0.00168 | 0.00167 | 0.00169 | 0.00168 | 0.00167 |
| 6\* | 0.00170 | 0.00177 | 0.00173 | 0.00163 | 0.00162 | 0.00153 | 0.00166 |
| 7 | 0.00162 | 0.00171 | 0.00168 | 0.00177 | 0.00175 | 0.00173 | 0.00169 |
| 8 | 0.00168 | 0.00167 | 0.00162 | 0.00164 | 0.00166 | 0.00168 | 0.00166 |
| 9\* | 0.00181 | 0.00120 | 0.00160 | 0.00140 | 0.00159 | 0.00161 | 0.00175 |
| 10 | 0.00152 | 0.00159 | 0.00164 | 0.00158 | 0.00154 | 0.00163 | 0.00160 |
| 3 | 1 | 0.00418 | 0.00448 | 0.00426 | 0.00423 | 0.00428 | 0.00416 | 0.00442 |
| 2\* | 0.00465 | 0.00478 | 0.00489 | 0.00492 | 0.00509 | 0.00514 | 0.00498 |
| 3 | 0.00418 | 0.00448 | 0.00426 | 0.00423 | 0.00428 | 0.00416 | 0.00442 |
| 4 | 0.00408 | 0.00413 | 0.00403 | 0.00412 | 0.00418 | 0.00416 | 0.00416 |
| 5\* | 0.00476 | 0.00481 | 0.00480 | 0.00486 | 0.00482 | 0.00471 | 0.00476 |
| 6 | 0.00405 | 0.00405 | 0.00405 | 0.00405 | 0.00421 | 0.00435 | 0.00446 |
| 7 | 0.00453 | 0.00456 | 0.00455 | 0.00439 | 0.00453 | 0.00452 | 0.00450 |
| 8 | 0.00420 | 0.00400 | 0.00420 | 0.00460 | 0.00440 | 0.00440 | 0.00480 |
| 9 | 0.00401 | 0.00396 | 0.00411 | 0.00395 | 0.00391 | 0.00421 | 0.00384 |
| 10 | 0.00437 | 0.00418 | 0.00429 | 0.00447 | 0.00435 | 0.00426 | 0.00412 |
| 4 | 1 | 0.00846 | 0.00859 | 0.00884 | 0.00904 | 0.00872 | 0.00877 | 0.00865 |
| 2\* | 0.00942 | 0.00948 | 0.00955 | 0.00947 | 0.00991 | 0.00939 | 0.00940 |
| 3 | 0.00788 | 0.00788 | 0.00791 | 0.00780 | 0.00786 | 0.00781 | 0.00795 |
| 4 | 0.00885 | 0.00884 | 0.00899 | 0.00888 | 0.00886 | 0.00885 | 0.00884 |
| 5 | 0.00893 | 0.00890 | 0.00896 | 0.00902 | 0.00892 | 0.00894 | 0.00897 |
| 6 | 0.00814 | 0.00836 | 0.00804 | 0.00833 | 0.00831 | 0.00877 | 0.00865 |
| 7 | 0.00862 | 0.00889 | 0.00891 | 0.00896 | 0.00861 | 0.00868 | 0.00848 |
| 8\* | 0.00722 | 0.00734 | 0.00719 | 0.00689 | 0.00703 | 0.00721 | 0.00699 |
| 9 | 0.00851 | 0.00845 | 0.00892 | 0.00896 | 0.00869 | 0.00858 | 0.00871 |
| 10 | 0.00786 | 0.00799 | 0.00781 | 0.00808 | 0.00767 | 0.00784 | 0.00775 |

| 编号 | 实验室 | As 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 | 1 | 0.00016 | 0.00015 | 0.00016 | 0.00017 | 0.00015 | 0.00016 | 0.00015 |
| 2 | 0.00012 | 0.00013 | 0.00014 | 0.00011 | 0.00011 | 0.00011 | 0.00012 |
| 3 | 0.00018 | 0.00018 | 0.00019 | 0.00019 | 0.00019 | 0.00018 | 0.00019 |
| 4 | 0.00021 | 0.00027 | 0.00022 | 0.00023 | 0.00022 | 0.00025 | 0.00026 |
| 5 | 0.00021 | 0.00022 | 0.00020 | 0.00018 | 0.00019 | 0.00024 | 0.00022 |
| 6 | 0.00018 | 0.00015 | 0.00018 | 0.00018 | 0.00016 | 0.00018 | 0.00016 |
| 7 | 0.00016 | 0.00015 | 0.00016 | 0.00018 | 0.00018 | 0.00015 | 0.00016 |
| 8\* | 0.00039 | 0.00036 | 0.00042 | 0.00041 | 0.00038 | 0.00037 | 0.00040 |
| 9 | 0.00014 | 0.00017 | 0.00019 | 0.00020 | 0.00014 | 0.00016 | 0.00017 |
| 10 | 0.00023 | 0.00025 | 0.00026 | 0.00023 | 0.00019 | 0.00020 | 0.00024 |
| 4 | 1 | 0.00137 | 0.0014 | 0.00136 | 0.00141 | 0.00149 | 0.00144 | 0.00135 |
| 2\* | 0.00327 | 0.00323 | 0.00319 | 0.00327 | 0.00337 | 0.00331 | 0.00332 |
| 3 | 0.00140 | 0.00141 | 0.00144 | 0.00142 | 0.00147 | 0.00143 | 0.00136 |
| 4 | 0.00142 | 0.00146 | 0.00152 | 0.00144 | 0.00149 | 0.00141 | 0.00146 |
| 5 | 0.00158 | 0.00151 | 0.00149 | 0.00150 | 0.00167 | 0.00160 | 0.00162 |
| 6 | 0.00130 | 0.00120 | 0.00135 | 0.00139 | 0.00146 | 0.00144 | 0.00135 |
| 7 | 0.00138 | 0.00138 | 0.00137 | 0.00139 | 0.00138 | 0.00139 | 0.00139 |
| 8\* | 0.00196 | 0.00203 | 0.00210 | 0.00183 | 0.00176 | 0.00183 | 0.00192 |
| 9 | 0.00147 | 0.00141 | 0.00139 | 0.00144 | 0.00148 | 0.00139 | 0.00137 |
| 10\* | 0.00104 | 0.00111 | 0.00106 | 0.00131 | 0.00099 | 0.00114 | 0.00094 |
| 6 | 1 | 0.00473 | 0.00468 | 0.00472 | 0.00474 | 0.00465 | 0.00466 | 0.00459 |
| 2 | 0.00474 | 0.00471 | 0.00467 | 0.00471 | 0.00468 | 0.00466 | 0.00469 |
| 3 | 0.00479 | 0.00491 | 0.00488 | 0.00507 | 0.00485 | 0.00508 | 0.00503 |
| 4 | 0.00456 | 0.00457 | 0.00462 | 0.00468 | 0.00462 | 0.00459 | 0.00455 |
| 5\* | 0.00429 | 0.00441 | 0.00438 | 0.00420 | 0.00413 | 0.00419 | 0.00411 |
| 6 | 0.00483 | 0.00480 | 0.00479 | 0.00482 | 0.00439 | 0.00488 | 0.00477 |
| 7 | 0.00463 | 0.00464 | 0.00468 | 0.00476 | 0.00470 | 0.00463 | 0.00472 |
| 8\* | 0.00413 | 0.00386 | 0.00369 | 0.00391 | 0.00379 | 0.00358 | 0.00391 |
| 9 | 0.00459 | 0.00464 | 0.00471 | 0.00462 | 0.00461 | 0.00469 | 0.00454 |
| 10\* | 0.00421 | 0.00408 | 0.00437 | 0.00444 | 0.00421 | 0.00409 | 0.00424 |
| 7 | 1 | 0.00778 | 0.00789 | 0.00788 | 0.00795 | 0.00789 | 0.00804 | 0.00810 |
| 2 | 0.00801 | 0.00800 | 0.00799 | 0.00800 | 0.00800 | 0.00799 | 0.00799 |
| 3 | 0.00787 | 0.00780 | 0.00807 | 0.00782 | 0.00793 | 0.00781 | 0.00817 |
| 4 | 0.00813 | 0.00818 | 0.00808 | 0.00805 | 0.00814 | 0.00806 | 0.00804 |
| 5 | 0.00822 | 0.00813 | 0.00826 | 0.00841 | 0.00852 | 0.00848 | 0.00809 |
| 6 | 0.00799 | 0.00806 | 0.00805 | 0.00783 | 0.00795 | 0.00811 | 0.00793 |
| 7 | 0.00774 | 0.00778 | 0.00788 | 0.00792 | 0.00779 | 0.00794 | 0.00789 |
| 8 | 0.00791 | 0.00783 | 0.00774 | 0.00764 | 0.00774 | 0.00790 | 0.00774 |
| 9 | 0.00784 | 0.00781 | 0.00795 | 0.00794 | 0.00787 | 0.00808 | 0.00811 |
| 10 | 0.00753 | 0.00762 | 0.00749 | 0.00755 | 0.00769 | 0.00741 | 0.00754 |
| 8 | 1 | 0.0101 | 0.0102 | 0.0099 | 0.0098 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0102 |
| 2 | 0.0104 | 0.0104 | 0.0104 | 0.0104 | 0.0104 | 0.0104 | 0.0104 |
| 3 | 0.0100 | 0.0102 | 0.0103 | 0.0100 | 0.0102 | 0.0103 | 0.0102 |
| 4 | 0.0100 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0099 |
| 5 | 0.0098 | 0.0098 | 0.0094 | 0.0096 | 0.0094 | 0.0093 | 0.0094 |
| 6 | 0.0095 | 0.0099 | 0.0105 | 0.0100 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0101 |
| 7 | 0.0097 | 0.0098 | 0.0102 | 0.0099 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0104 |
| 8 | 0.0085 | 0.0086 | 0.0091 | 0.0092 | 0.0087 | 0.0089 | 0.0095 |
| 9 | 0.0103 | 0.0105 | 0.0107 | 0.0108 | 0.0105 | 0.0104 | 0.0103 |
| 10\* | 0.0114 | 0.0128 | 0.0135 | 0.0107 | 0.0112 | 0.0109 | 0.0102 |

| 编号 | 实验室 | Sb的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | 1 | 0.00017 | 0.00019 | 0.00018 | 0.0002 | 0.00019 | 0.00018 | 0.00017 |
| 2\* | 0.00104 | 0.00106 | 0.00108 | 0.00112 | 0.00114 | 0.00112 | 0.00114 |
| 3 | 0.00029 | 0.00027 | 0.00029 | 0.00026 | 0.00024 | 0.00029 | 0.00029 |
| 4 | 0.00011 | 0.00010 | 0.00012 | 0.00013 | 0.00010 | 0.00013 | 0.00013 |
| 5 | 0.00024 | 0.00023 | 0.00024 | 0.00024 | 0.00023 | 0.00024 | 0.00024 |
| 6 | 0.00011 | 0.00020 | 0.00011 | 0.00011 | 0.00018 | 0.00018 | 0.00018 |
| 7 | 0.00020 | 0.00020 | 0.00020 | 0.00019 | 0.00019 | 0.00020 | 0.00018 |
| 8 | 0.00025 | 0.00022 | 0.00023 | 0.00020 | 0.00026 | 0.00021 | 0.00020 |
| 9 | 0.00021 | 0.00017 | 0.00014 | 0.00018 | 0.00019 | 0.00017 | 0.00015 |
| 10 | 0.00025 | 0.00029 | 0.00028 | 0.00034 | 0.00024 | 0.00025 | 0.00027 |
| 2 | 1 | 0.00054 | 0.00059 | 0.00052 | 0.00057 | 0.00050 | 0.00053 | 0.00048 |
| 2 | 0.00052 | 0.00050 | 0.00048 | 0.00053 | 0.00049 | 0.00047 | 0.00046 |
| 3 | 0.00062 | 0.00063 | 0.00064 | 0.00065 | 0.00065 | 0.00063 | 0.00063 |
| 4 | 0.00041 | 0.00049 | 0.00042 | 0.00041 | 0.00049 | 0.00048 | 0.00042 |
| 5 | 0.00059 | 0.00053 | 0.00056 | 0.00051 | 0.00052 | 0.00054 | 0.00051 |
| 6 | 0.00054 | 0.00051 | 0.00053 | 0.00051 | 0.00052 | 0.00053 | 0.00053 |
| 7 | 0.00057 | 0.00058 | 0.00057 | 0.00051 | 0.00053 | 0.00057 | 0.00051 |
| 8 | 0.00052 | 0.00058 | 0.00046 | 0.00048 | 0.00045 | 0.00046 | 0.00048 |
| 9 | 0.00057 | 0.00054 | 0.00059 | 0.00047 | 0.00051 | 0.00048 | 0.00053 |
| 10 | 0.00062 | 0.00059 | 0.00066 | 0.00060 | 0.00070 | 0.00071 | 0.00060 |
| 4 | 1 | 0.00274 | 0.00271 | 0.00273 | 0.00289 | 0.00285 | 0.00268 | 0.00283 |
| 2\* | 0.00165 | 0.00165 | 0.00163 | 0.00169 | 0.00176 | 0.00178 | 0.00176 |
| 3 | 0.00267 | 0.00263 | 0.00262 | 0.00259 | 0.00259 | 0.00251 | 0.00256 |
| 4 | 0.00273 | 0.00279 | 0.00273 | 0.00262 | 0.00268 | 0.00269 | 0.00263 |
| 5 | 0.00259 | 0.00260 | 0.00262 | 0.00267 | 0.00259 | 0.00261 | 0.00260 |
| 6 | 0.00282 | 0.00283 | 0.00279 | 0.00270 | 0.00282 | 0.00270 | 0.00283 |
| 7 | 0.00297 | 0.00295 | 0.00301 | 0.00291 | 0.00294 | 0.00291 | 0.00291 |
| 8\* | 0.00232 | 0.00213 | 0.00203 | 0.00229 | 0.00250 | 0.00233 | 0.00228 |
| 9 | 0.00276 | 0.00275 | 0.00271 | 0.00284 | 0.00281 | 0.00265 | 0.00264 |
| 10\* | 0.00314 | 0.00324 | 0.00303 | 0.00337 | 0.00325 | 0.00341 | 0.00353 |
| 5 | 1 | 0.00576 | 0.00566 | 0.00601 | 0.00586 | 0.00571 | 0.00593 | 0.00585 |
| 2\* | 0.00500 | 0.00488 | 0.00482 | 0.00543 | 0.00558 | 0.00554 | 0.00560 |
| 3 | 0.00571 | 0.00574 | 0.00575 | 0.00572 | 0.00574 | 0.00563 | 0.00572 |
| 4 | 0.00564 | 0.00566 | 0.00552 | 0.00568 | 0.00566 | 0.00558 | 0.00555 |
| 5 | 0.00520 | 0.00513 | 0.00535 | 0.00535 | 0.00513 | 0.00520 | 0.00532 |
| 6 | 0.00570 | 0.00573 | 0.00586 | 0.00582 | 0.00572 | 0.00584 | 0.00583 |
| 7 | 0.00586 | 0.00590 | 0.00599 | 0.00599 | 0.00590 | 0.00589 | 0.00601 |
| 8 | 0.00564 | 0.00534 | 0.00523 | 0.00532 | 0.00518 | 0.00542 | 0.00536 |
| 9 | 0.00568 | 0.00569 | 0.00591 | 0.00598 | 0.00582 | 0.00604 | 0.00608 |
| 10 | 0.00509 | 0.00517 | 0.00522 | 0.00510 | 0.00509 | 0.00534 | 0.00515 |
| 8 | 1 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0101 | 0.0102 | 0.0101 |
| 2\* | 0.0166 | 0.0170 | 0.0161 | 0.0168 | 0.0165 | 0.0162 | 0.0168 |
| 3 | 0.0100 | 0.0101 | 0.0103 | 0.0100 | 0.0103 | 0.0099 | 0.0099 |
| 4 | 0.0100 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0101 |
| 5 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0101 |
| 6 | 0.0108 | 0.0107 | 0.0109 | 0.0105 | 0.0104 | 0.0103 | 0.0101 |
| 7 | 0.0105 | 0.0105 | 0.0098 | 0.0099 | 0.0105 | 0.0104 | 0.0101 |
| 8 | 0.0085 | 0.0091 | 0.0085 | 0.0087 | 0.0088 | 0.0093 | 0.0094 |
| 9 | 0.0105 | 0.0102 | 0.0102 | 0.0106 | 0.0098 | 0.0096 | 0.0105 |
| 10\* | 0.0087 | 0.0094 | 0.0099 | 0.0072 | 0.0081 | 0.0085 | 0.0074 |

| 编号 | 实验室 | Sn 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3 | 1 | 0.00015 | 0.00017 | 0.00016 | 0.00019 | 0.00016 | 0.00018 | 0.00020 |
| 2\* | 0.00032 | 0.00033 | 0.00034 | 0.00034 | 0.00030 | 0.00032 | 0.00032 |
| 3 | 0.00021 | 0.00020 | 0.00022 | 0.00021 | 0.00021 | 0.00021 | 0.00020 |
| 4 | 0.00016 | 0.00014 | 0.00012 | 0.00011 | 0.00011 | 0.00015 | 0.00014 |
| 5 | 0.00011 | 0.00012 | 0.00010 | 0.00011 | 0.00012 | 0.00013 | 0.00015 |
| 6 | 0.00010 | 0.00011 | 0.00013 | 0.00011 | 0.00012 | 0.00013 | 0.00013 |
| 7 | 0.00016 | 0.00013 | 0.00016 | 0.00012 | 0.00015 | 0.00012 | 0.00012 |
| 8\* | 0.00048 | 0.00062 | 0.00060 | 0.00047 | 0.00049 | 0.00053 | 0.00052 |
| 9 | 0.00016 | 0.00018 | 0.00014 | 0.00015 | 0.00017 | 0.00019 | 0.00021 |
| 10\* | 0.00022 | 0.00030 | 0.00027 | 0.00034 | 0.00027 | 0.00020 | 0.00027 |
| 4 | 1 | 0.00054 | 0.00052 | 0.00061 | 0.00062 | 0.00056 | 0.00051 | 0.00058 |
| 2\* | 0.00068 | 0.00071 | 0.00066 | 0.00066 | 0.00082 | 0.00083 | 0.00089 |
| 3 | 0.00065 | 0.00063 | 0.00066 | 0.00069 | 0.00070 | 0.00071 | 0.00066 |
| 4 | 0.00055 | 0.00058 | 0.00058 | 0.00059 | 0.00056 | 0.00057 | 0.00058 |
| 5 | 0.00053 | 0.00050 | 0.00059 | 0.00052 | 0.00050 | 0.00059 | 0.00050 |
| 6 | 0.00052 | 0.00056 | 0.00052 | 0.00055 | 0.00050 | 0.00051 | 0.00058 |
| 7 | 0.00052 | 0.00052 | 0.00060 | 0.00056 | 0.00056 | 0.00056 | 0.00056 |
| 8 | 0.00059 | 0.00057 | 0.00058 | 0.00058 | 0.00058 | 0.00058 | 0.00058 |
| 9 | 0.00050 | 0.00055 | 0.00064 | 0.00055 | 0.00051 | 0.00061 | 0.00065 |
| 10 | 0.00078 | 0.00082 | 0.00071 | 0.00087 | 0.00066 | 0.00074 | 0.00080 |
| 5 | 1 | 0.00314 | 0.00309 | 0.00330 | 0.00332 | 0.00338 | 0.00323 | 0.00326 |
| 2 | 0.00341 | 0.00323 | 0.00334 | 0.00351 | 0.00352 | 0.00360 | 0.00355 |
| 3 | 0.00331 | 0.00328 | 0.00334 | 0.00325 | 0.00334 | 0.00325 | 0.00331 |
| 4 | 0.00331 | 0.00346 | 0.00333 | 0.00338 | 0.00335 | 0.00342 | 0.00334 |
| 5 | 0.00304 | 0.00299 | 0.00305 | 0.00302 | 0.00295 | 0.00301 | 0.00309 |
| 6 | 0.00309 | 0.00331 | 0.00301 | 0.00306 | 0.00294 | 0.00300 | 0.00311 |
| 7 | 0.00325 | 0.00339 | 0.00344 | 0.00327 | 0.00318 | 0.00343 | 0.00308 |
| 8 | 0.00296 | 0.00303 | 0.00289 | 0.00313 | 0.00333 | 0.00322 | 0.00341 |
| 9\* | 0.00414 | 0.00389 | 0.00334 | 0.00345 | 0.00331 | 0.00329 | 0.00328 |
| 10 | 0.00352 | 0.00337 | 0.00348 | 0.00340 | 0.00355 | 0.00341 | 0.00335 |
| 6 | 1 | 0.00412 | 0.00425 | 0.00408 | 0.00406 | 0.00407 | 0.00411 | 0.00427 |
| 2 | 0.00407 | 0.00404 | 0.00403 | 0.00412 | 0.00410 | 0.00411 | 0.00419 |
| 3 | 0.00432 | 0.00439 | 0.00439 | 0.00455 | 0.00424 | 0.00427 | 0.00415 |
| 4 | 0.00408 | 0.00409 | 0.00411 | 0.00413 | 0.00410 | 0.00411 | 0.00412 |
| 5 | 0.00385 | 0.00392 | 0.00393 | 0.00398 | 0.00395 | 0.00390 | 0.00397 |
| 6 | 0.00405 | 0.00392 | 0.00391 | 0.00418 | 0.00407 | 0.00401 | 0.00414 |
| 7 | 0.00408 | 0.00413 | 0.00409 | 0.00416 | 0.00412 | 0.00408 | 0.00417 |
| 8 | 0.00353 | 0.00362 | 0.00391 | 0.00371 | 0.00363 | 0.00381 | 0.00370 |
| 9 | 0.00421 | 0.00405 | 0.00418 | 0.00402 | 0.00398 | 0.00407 | 0.00441 |
| 10\* | 0.00501 | 0.00497 | 0.00488 | 0.00492 | 0.00500 | 0.00487 | 0.00480 |

| 编号 | 实验室 | Zn 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 5 | 1 | 0.00058 | 0.00051 | 0.00055 | 0.00051 | 0.00056 | 0.00061 | 0.00058 |
| 2 | 0.00058 | 0.00051 | 0.00053 | 0.00048 | 0.00043 | 0.00050 | 0.00042 |
| 3 | 0.00060 | 0.00056 | 0.00054 | 0.00057 | 0.00052 | 0.00062 | 0.00059 |
| 4 | 0.00053 | 0.00054 | 0.00055 | 0.00052 | 0.00050 | 0.00050 | 0.00051 |
| 5 | 0.00059 | 0.00058 | 0.00057 | 0.00059 | 0.00061 | 0.00058 | 0.00063 |
| 6 | 0.00058 | 0.00059 | 0.00053 | 0.00050 | 0.00052 | 0.00054 | 0.00051 |
| 7 | 0.00056 | 0.00056 | 0.00055 | 0.00052 | 0.00054 | 0.00056 | 0.00061 |
| 8\* | 0.00075 | 0.00072 | 0.00074 | 0.00072 | 0.00072 | 0.00073 | 0.00072 |
| 9 | 0.00055 | 0.00059 | 0.00061 | 0.00049 | 0.00048 | 0.00064 | 0.00057 |
| 10\* | 0.00071 | 0.00080 | 0.00074 | 0.00061 | 0.00088 | 0.00072 | 0.00065 |
| 3 | 1 | 0.00207 | 0.00212 | 0.00203 | 0.00215 | 0.00196 | 0.00216 | 0.00219 |
| 2\* | 0.00223 | 0.00225 | 0.00225 | 0.00224 | 0.00242 | 0.00237 | 0.00241 |
| 3 | 0.00230 | 0.00223 | 0.00232 | 0.00237 | 0.00222 | 0.00226 | 0.00213 |
| 4 | 0.00193 | 0.00207 | 0.00193 | 0.00206 | 0.00199 | 0.00198 | 0.00205 |
| 5 | 0.00211 | 0.00213 | 0.00206 | 0.00212 | 0.00213 | 0.00207 | 0.00204 |
| 6 | 0.00201 | 0.00203 | 0.00204 | 0.00202 | 0.00201 | 0.00203 | 0.00203 |
| 7 | 0.00203 | 0.00213 | 0.00204 | 0.00196 | 0.00197 | 0.00197 | 0.00198 |
| 8\* | 0.00201 | 0.00198 | 0.00169 | 0.00188 | 0.00200 | 0.00179 | 0.00196 |
| 9 | 0.00212 | 0.00213 | 0.00197 | 0.00201 | 0.00206 | 0.00189 | 0.00214 |
| 10\* | 0.00232 | 0.00247 | 0.00229 | 0.00238 | 0.00220 | 0.00242 | 0.00244 |
| 6 | 1 | 0.00399 | 0.00388 | 0.00394 | 0.00411 | 0.00404 | 0.00417 | 0.00412 |
| 2 | 0.00409 | 0.00408 | 0.00409 | 0.00399 | 0.00401 | 0.00399 | 0.00399 |
| 3 | 0.00409 | 0.00411 | 0.00420 | 0.00424 | 0.00402 | 0.00414 | 0.00404 |
| 4 | 0.00411 | 0.00404 | 0.00412 | 0.00406 | 0.00408 | 0.00407 | 0.00412 |
| 5 | 0.00428 | 0.00436 | 0.00440 | 0.00421 | 0.00444 | 0.00421 | 0.00465 |
| 6 | 0.00401 | 0.00419 | 0.00393 | 0.00402 | 0.00397 | 0.00405 | 0.00407 |
| 7 | 0.00395 | 0.00398 | 0.00394 | 0.00391 | 0.00389 | 0.00401 | 0.00406 |
| 8\* | 0.00351 | 0.00391 | 0.00410 | 0.00370 | 0.00369 | 0.00391 | 0.00400 |
| 9 | 0.00405 | 0.00411 | 0.00399 | 0.00407 | 0.00397 | 0.00424 | 0.00419 |
| 10\* | 0.00331 | 0.00328 | 0.00345 | 0.00341 | 0.00325 | 0.00333 | 0.00350 |
| 7 | 1 | 0.00782 | 0.00802 | 0.0079 | 0.00799 | 0.00799 | 0.00812 | 0.00833 |
| 2 | 0.00799 | 0.00800 | 0.00799 | 0.00797 | 0.00828 | 0.00827 | 0.00826 |
| 3 | 0.00814 | 0.00823 | 0.00799 | 0.00797 | 0.00829 | 0.00828 | 0.00808 |
| 4 | 0.00788 | 0.00789 | 0.00797 | 0.00792 | 0.00798 | 0.00793 | 0.00796 |
| 5 | 0.00851 | 0.00824 | 0.00842 | 0.00857 | 0.00855 | 0.00842 | 0.00843 |
| 6 | 0.00802 | 0.00801 | 0.00805 | 0.00794 | 0.00802 | 0.00802 | 0.00833 |
| 7 | 0.00776 | 0.00782 | 0.00787 | 0.00792 | 0.00789 | 0.00801 | 0.00799 |
| 8 | 0.00781 | 0.00791 | 0.00774 | 0.00782 | 0.00800 | 0.00791 | 0.00783 |
| 9 | 0.00795 | 0.00786 | 0.00791 | 0.00795 | 0.00798 | 0.00811 | 0.00823 |
| 10 | 0.00773 | 0.00757 | 0.00762 | 0.00756 | 0.00766 | 0.00741 | 0.00764 |
| 8 | 1 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0098 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0101 |
| 2 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 |
| 3 | 0.0103 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0103 | 0.0103 |
| 4 | 0.0100 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0101 |
| 5 | 0.0091 | 0.0090 | 0.0094 | 0.0093 | 0.0090 | 0.0092 | 0.0091 |
| 6 | 0.0104 | 0.0108 | 0.0104 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0100 |
| 7 | 0.0095 | 0.0099 | 0.0095 | 0.0101 | 0.0097 | 0.0099 | 0.0101 |
| 8 | 0.0094 | 0.0095 | 0.0087 | 0.0092 | 0.0086 | 0.0094 | 0.0090 |
| 9 | 0.0110 | 0.0097 | 0.0105 | 0.0104 | 0.0099 | 0.0103 | 0.0104 |
| 10\* | 0.0128 | 0.0107 | 0.0133 | 0.0112 | 0.0144 | 0.0121 | 0.0117 |

| 编号 | 实验室 | Fe 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 | 1 | 0.00051 | 0.00051 | 0.00052 | 0.00052 | 0.00053 | 0.00053 | 0.00054 |
| 2 | 0.00071 | 0.00069 | 0.00069 | 0.00078 | 0.00070 | 0.00073 | 0.00075 |
| 3 | 0.00063 | 0.00061 | 0.00068 | 0.00066 | 0.00064 | 0.00066 | 0.00069 |
| 4 | 0.00046 | 0.00044 | 0.00042 | 0.00051 | 0.00051 | 0.00045 | 0.00044 |
| 5 | 0.00055 | 0.00053 | 0.00051 | 0.00054 | 0.00052 | 0.00053 | 0.00058 |
| 6 | 0.00056 | 0.00049 | 0.00054 | 0.00051 | 0.00051 | 0.00052 | 0.00051 |
| 7 | 0.00048 | 0.00048 | 0.00048 | 0.00050 | 0.00055 | 0.00048 | 0.00053 |
| 8 | 0.00056 | 0.00052 | 0.00058 | 0.00054 | 0.00051 | 0.00050 | 0.00043 |
| 9 | 0.00042 | 0.00032 | 0.00039 | 0.00035 | 0.00025 | 0.00031 | 0.00035 |
| 10 | 0.00057 | 0.00062 | 0.00052 | 0.00059 | 0.00060 | 0.00057 | 0.00059 |
| 3 | 1 | 0.00198 | 0.00212 | 0.00202 | 0.00193 | 0.00199 | 0.00201 | 0.00189 |
| 2 | 0.00226 | 0.00228 | 0.00229 | 0.00227 | 0.00212 | 0.00211 | 0.00213 |
| 3 | 0.00210 | 0.00207 | 0.00206 | 0.00195 | 0.00202 | 0.00212 | 0.00214 |
| 4\* | 0.00058 | 0.00057 | 0.00051 | 0.00056 | 0.00059 | 0.00053 | 0.00054 |
| 5 | 0.00199 | 0.00170 | 0.00196 | 0.00185 | 0.00195 | 0.00184 | 0.00182 |
| 6\* | 0.00202 | 0.00252 | 0.00194 | 0.00201 | 0.00202 | 0.00201 | 0.00211 |
| 7 | 0.00203 | 0.00204 | 0.00203 | 0.00207 | 0.00206 | 0.00207 | 0.00207 |
| 8 | 0.00186 | 0.00193 | 0.00200 | 0.00188 | 0.00195 | 0.00179 | 0.00186 |
| 9 | 0.00188 | 0.00201 | 0.00211 | 0.00197 | 0.00199 | 0.00212 | 0.00187 |
| 10 | 0.00215 | 0.00209 | 0.00227 | 0.00203 | 0.00222 | 0.00232 | 0.00217 |
| 6 | 1 | 0.00394 | 0.00397 | 0.00391 | 0.00388 | 0.00397 | 0.00405 | 0.00412 |
| 2 | 0.00407 | 0.00408 | 0.00408 | 0.00403 | 0.00403 | 0.00403 | 0.00403 |
| 3 | 0.00412 | 0.00417 | 0.00419 | 0.00433 | 0.00409 | 0.00420 | 0.00414 |
| 4 | 0.00385 | 0.00387 | 0.00384 | 0.00383 | 0.00389 | 0.00395 | 0.00393 |
| 5 | 0.00391 | 0.00393 | 0.00403 | 0.00401 | 0.00424 | 0.00396 | 0.00412 |
| 6 | 0.00412 | 0.00404 | 0.00425 | 0.00411 | 0.00405 | 0.00411 | 0.00412 |
| 7 | 0.00389 | 0.00392 | 0.00394 | 0.00399 | 0.00401 | 0.00403 | 0.00408 |
| 8 | 0.00359 | 0.00371 | 0.00368 | 0.00381 | 0.00359 | 0.00373 | 0.00361 |
| 9 | 0.00398 | 0.00399 | 0.00405 | 0.00397 | 0.00401 | 0.00408 | 0.00409 |
| 10 | 0.00442 | 0.00427 | 0.00435 | 0.00417 | 0.00405 | 0.00422 | 0.00401 |
| 7 | 1 | 0.00797 | 0.00808 | 0.00806 | 0.00808 | 0.00814 | 0.00792 | 0.00814 |
| 2 | 0.00804 | 0.00805 | 0.00804 | 0.00805 | 0.00816 | 0.00815 | 0.00815 |
| 3 | 0.00808 | 0.00824 | 0.00821 | 0.00817 | 0.00823 | 0.00817 | 0.00786 |
| 4 | 0.00796 | 0.00792 | 0.00798 | 0.00792 | 0.00786 | 0.00789 | 0.00799 |
| 5 | 0.00816 | 0.00813 | 0.00810 | 0.00809 | 0.00814 | 0.00818 | 0.00803 |
| 6 | 0.00824 | 0.00811 | 0.00823 | 0.00817 | 0.00811 | 0.00801 | 0.00805 |
| 7 | 0.00789 | 0.00797 | 0.00801 | 0.00796 | 0.00799 | 0.00794 | 0.00801 |
| 8 | 0.00801 | 0.00791 | 0.00784 | 0.00790 | 0.00800 | 0.00791 | 0.00793 |
| 9 | 0.00799 | 0.00805 | 0.00804 | 0.00801 | 0.00812 | 0.00796 | 0.00806 |
| 10 | 0.00761 | 0.00758 | 0.00778 | 0.00764 | 0.00758 | 0.00787 | 0.00773 |
| 8 | 1 | 0.0103 | 0.0104 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0105 | 0.0101 | 0.0099 |
| 2 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 |
| 3 | 0.0101 | 0.0103 | 0.0100 | 0.0099 | 0.0103 | 0.0101 | 0.0103 |
| 4 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 |
| 5 | 0.0112 | 0.0118 | 0.0113 | 0.0111 | 0.0110 | 0.0111 | 0.0110 |
| 6 | 0.0098 | 0.0104 | 0.0103 | 0.0104 | 0.0103 | 0.0103 | 0.0112 |
| 7 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0098 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0099 |
| 8 | 0.0090 | 0.0087 | 0.0083 | 0.0088 | 0.0091 | 0.0094 | 0.0092 |
| 9 | 0.0105 | 0.0107 | 0.0102 | 0.0099 | 0.0098 | 0.0096 | 0.0101 |
| 10\* | 0.0154 | 0.0147 | 0.0159 | 0.0155 | 0.0142 | 0.0137 | 0.0143 |

| 编号 | 实验室 | Cd 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 | 1 | 0.00014 | 0.00015 | 0.00014 | 0.00013 | 0.00013 | 0.00014 | 0.00013 |
| 2 | 0.00017 | 0.00014 | 0.00016 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 |
| 3 | 0.00014 | 0.00015 | 0.00016 | 0.00016 | 0.00016 | 0.00014 | 0.00015 |
| 4 | 0.00014 | 0.00017 | 0.00017 | 0.00014 | 0.00017 | 0.00018 | 0.00014 |
| 5 | 0.00011 | 0.00011 | 0.00011 | 0.00011 | 0.00011 | 0.00011 | 0.00011 |
| 6 | 0.00017 | 0.00015 | 0.00018 | 0.00018 | 0.00017 | 0.00016 | 0.00018 |
| 7 | 0.00013 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00015 | 0.00012 | 0.00015 | 0.00014 |
| 8\* | 0.00034 | 0.00036 | 0.00038 | 0.00040 | 0.00032 | 0.00031 | 0.00033 |
| 9 | 0.00011 | 0.00017 | 0.00013 | 0.00012 | 0.00015 | 0.00017 | 0.00018 |
| 10 | 0.00017 | 0.00020 | 0.00018 | 0.00023 | 0.00020 | 0.00022 | 0.00023 |
| 4 | 1 | 0.00109 | 0.00104 | 0.00099 | 0.00101 | 0.00099 | 0.00102 | 0.00097 |
| 2 | 0.00097 | 0.00098 | 0.00099 | 0.00103 | 0.00102 | 0.00099 | 0.00100 |
| 3 | 0.00109 | 0.00108 | 0.00111 | 0.00115 | 0.00111 | 0.00112 | 0.00105 |
| 4 | 0.00103 | 0.00093 | 0.00092 | 0.00102 | 0.00102 | 0.00092 | 0.00093 |
| 5 | 0.00095 | 0.00092 | 0.00087 | 0.00086 | 0.00099 | 0.00085 | 0.00098 |
| 6 | 0.00097 | 0.00105 | 0.00105 | 0.00102 | 0.00105 | 0.00104 | 0.00117 |
| 7 | 0.00109 | 0.00111 | 0.00110 | 0.00114 | 0.00114 | 0.00113 | 0.00113 |
| 8 | 0.00082 | 0.00084 | 0.00083 | 0.00085 | 0.00083 | 0.00084 | 0.00086 |
| 9 | 0.00098 | 0.00101 | 0.00104 | 0.00102 | 0.00097 | 0.00105 | 0.00099 |
| 10\* | 0.00149 | 0.00132 | 0.00154 | 0.00136 | 0.00127 | 0.00117 | 0.00154 |
| 6 | 1 | 0.00405 | 0.00406 | 0.00407 | 0.00409 | 0.00411 | 0.00394 | 0.00392 |
| 2 | 0.00406 | 0.00406 | 0.00406 | 0.00404 | 0.00405 | 0.00406 | 0.00404 |
| 3 | 0.00410 | 0.00407 | 0.00411 | 0.00405 | 0.00406 | 0.00407 | 0.00416 |
| 4 | 0.00392 | 0.00393 | 0.00396 | 0.00407 | 0.00401 | 0.00402 | 0.00398 |
| 5 | 0.00388 | 0.00379 | 0.00377 | 0.00373 | 0.00380 | 0.00387 | 0.00385 |
| 6 | 0.00405 | 0.00423 | 0.00421 | 0.00404 | 0.00405 | 0.00401 | 0.00403 |
| 7 | 0.00401 | 0.00396 | 0.00404 | 0.00401 | 0.00398 | 0.00394 | 0.00399 |
| 8 | 0.00381 | 0.00410 | 0.00369 | 0.00391 | 0.00387 | 0.00376 | 0.00363 |
| 9 | 0.00409 | 0.00404 | 0.00401 | 0.00399 | 0.00405 | 0.00399 | 0.00389 |
| 10 | 0.00361 | 0.00356 | 0.00377 | 0.00381 | 0.00388 | 0.00364 | 0.00371 |
| 7 | 1 | 0.00812 | 0.00819 | 0.00808 | 0.00815 | 0.00804 | 0.00796 | 0.00808 |
| 2 | 0.00806 | 0.00806 | 0.00806 | 0.00806 | 0.00808 | 0.00809 | 0.00808 |
| 3 | 0.00745 | 0.00737 | 0.00723 | 0.00730 | 0.00747 | 0.00737 | 0.00742 |
| 4 | 0.00806 | 0.00808 | 0.00802 | 0.00803 | 0.00804 | 0.00806 | 0.00804 |
| 5 | 0.00765 | 0.00762 | 0.00776 | 0.00782 | 0.00763 | 0.00767 | 0.00767 |
| 6 | 0.00801 | 0.00814 | 0.00803 | 0.00809 | 0.00808 | 0.00793 | 0.00808 |
| 7 | 0.00802 | 0.00807 | 0.00799 | 0.00793 | 0.00801 | 0.00796 | 0.00789 |
| 8 | 0.00792 | 0.00791 | 0.00794 | 0.00796 | 0.00793 | 0.00800 | 0.00790 |
| 9 | 0.00815 | 0.00812 | 0.00813 | 0.00814 | 0.00812 | 0.00794 | 0.00796 |
| 10 | 0.00838 | 0.00822 | 0.00821 | 0.00840 | 0.00834 | 0.00827 | 0.00819 |
| 8 | 1 | 0.0099 | 0.0098 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0099 | 0.0102 | 0.0099 |
| 2 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0100 |
| 3 | 0.0100 | 0.0099 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0100 |
| 4 | 0.0107 | 0.0100 | 0.0102 | 0.0108 | 0.0102 | 0.0102 | 0.0103 |
| 5 | 0.0096 | 0.0097 | 0.0096 | 0.0099 | 0.0096 | 0.0096 | 0.0098 |
| 6 | 0.0101 | 0.0106 | 0.0103 | 0.0101 | 0.0102 | 0.0103 | 0.0100 |
| 7 | 0.0101 | 0.0106 | 0.0104 | 0.0098 | 0.0099 | 0.0101 | 0.0098 |
| 8 | 0.0088 | 0.0089 | 0.0092 | 0.0093 | 0.0096 | 0.0089 | 0.0091 |
| 9 | 0.0109 | 0.0112 | 0.0097 | 0.0107 | 0.0102 | 0.0104 | 0.0108 |
| 10\* | 0.0122 | 0.0117 | 0.0138 | 0.0142 | 0.0109 | 0.0124 | 0.0116 |

| 编号 | 实验室 | Ni 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 | 1 | 0.00009 | 0.00009 | 0.00010 | 0.00011 | 0.00012 | 0.00010 | 0.00012 |
| 2 | 0.00012 | 0.00012 | 0.00013 | 0.00011 | 0.00010 | 0.00011 | 0.00010 |
| 3 | 0.00009 | 0.00011 | 0.00013 | 0.00012 | 0.00011 | 0.00009 | 0.00012 |
| 4 | 0.00014 | 0.00011 | 0.00011 | 0.00010 | 0.00009 | 0.00008 | 0.00010 |
| 5 | 0.00012 | 0.00012 | 0.00012 | 0.00011 | 0.00011 | 0.00011 | 0.00011 |
| 6\* | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 | <0.0001 |
| 7 | 0.00009 | 0.00009 | 0.00009 | 0.00010 | 0.00010 | 0.00009 | 0.00009 |
| 8 | 0.00010 | 0.00009 | 0.00009 | 0.00008 | 0.00009 | 0.00009 | 0.00009 |
| 9 | 0.00014 | 0.00011 | 0.00012 | 0.00009 | 0.00008 | 0.00011 | 0.00008 |
| 10 | 0.00014 | 0.00010 | 0.00019 | 0.00015 | 0.00009 | 0.00015 | 0.00011 |
| 4 | 1 | 0.00093 | 0.00101 | 0.00092 | 0.00095 | 0.00091 | 0.00104 | 0.00105 |
| 2 | 0.00074 | 0.00078 | 0.00077 | 0.00075 | 0.00075 | 0.00075 | 0.00077 |
| 3 | 0.00092 | 0.00092 | 0.00084 | 0.00093 | 0.00083 | 0.00084 | 0.00082 |
| 4 | 0.00105 | 0.00106 | 0.00109 | 0.00106 | 0.00112 | 0.00106 | 0.00114 |
| 5 | 0.00089 | 0.00084 | 0.00083 | 0.00085 | 0.00093 | 0.00087 | 0.00086 |
| 6 | 0.00091 | 0.00087 | 0.00088 | 0.00094 | 0.00098 | 0.00100 | 0.00089 |
| 7 | 0.00090 | 0.00091 | 0.00090 | 0.00093 | 0.00094 | 0.00093 | 0.00093 |
| 8 | 0.00087 | 0.00090 | 0.00088 | 0.00092 | 0.00086 | 0.00091 | 0.00090 |
| 9 | 0.00091 | 0.00098 | 0.00093 | 0.00101 | 0.00095 | 0.00103 | 0.00101 |
| 10\* | 0.00117 | 0.00132 | 0.00097 | 0.00128 | 0.00157 | 0.00143 | 0.00125 |
| 6 | 1 | 0.00417 | 0.00414 | 0.00412 | 0.00422 | 0.00419 | 0.00425 | 0.00411 |
| 2 | 0.00415 | 0.00416 | 0.00414 | 0.00414 | 0.00414 | 0.00414 | 0.00414 |
| 3 | 0.00402 | 0.00411 | 0.00409 | 0.00402 | 0.00402 | 0.00413 | 0.00403 |
| 4 | 0.00417 | 0.00414 | 0.00412 | 0.00422 | 0.00419 | 0.00425 | 0.00411 |
| 5 | 0.00409 | 0.00410 | 0.00417 | 0.00413 | 0.00421 | 0.00392 | 0.00429 |
| 6 | 0.00416 | 0.00398 | 0.00423 | 0.00410 | 0.00415 | 0.00417 | 0.00411 |
| 7 | 0.00398 | 0.00394 | 0.00406 | 0.00412 | 0.00414 | 0.00405 | 0.00408 |
| 8 | 0.00348 | 0.00371 | 0.00369 | 0.00343 | 0.00351 | 0.00380 | 0.00371 |
| 9 | 0.00408 | 0.00404 | 0.00411 | 0.00412 | 0.00401 | 0.00418 | 0.00421 |
| 10 | 0.00405 | 0.00423 | 0.00431 | 0.00422 | 0.00407 | 0.00419 | 0.00415 |
| 7 | 1 | 0.00779 | 0.00804 | 0.00795 | 0.00796 | 0.00799 | 0.00782 | 0.00802 |
| 2 | 0.00803 | 0.00802 | 0.00802 | 0.00803 | 0.00805 | 0.00804 | 0.00803 |
| 3 | 0.00800 | 0.00807 | 0.00796 | 0.00807 | 0.00806 | 0.00817 | 0.00787 |
| 4 | 0.00795 | 0.00794 | 0.00789 | 0.00802 | 0.00805 | 0.00793 | 0.00797 |
| 5 | 0.00760 | 0.00761 | 0.00783 | 0.00765 | 0.00732 | 0.00736 | 0.00738 |
| 6 | 0.00806 | 0.00807 | 0.00839 | 0.00807 | 0.00805 | 0.00803 | 0.00802 |
| 7 | 0.00782 | 0.00796 | 0.00812 | 0.00797 | 0.00799 | 0.00789 | 0.00807 |
| 8 | 0.00781 | 0.00764 | 0.00754 | 0.00791 | 0.00774 | 0.00744 | 0.00772 |
| 9 | 0.00769 | 0.00785 | 0.00791 | 0.00786 | 0.00797 | 0.00789 | 0.00794 |
| 10 | 0.00741 | 0.00758 | 0.00762 | 0.00771 | 0.00758 | 0.00764 | 0.00754 |
| 8 | 1 | 0.0102 | 0.0100 | 0.0103 | 0.0101 | 0.0098 | 0.0099 | 0.0104 |
| 2 | 0.0104 | 0.0104 | 0.0104 | 0.0104 | 0.0104 | 0.0104 | 0.0104 |
| 3 | 0.0102 | 0.0102 | 0.0099 | 0.0102 | 0.0100 | 0.0103 | 0.0101 |
| 4 | 0.0105 | 0.0109 | 0.0104 | 0.0103 | 0.0103 | 0.0106 | 0.0101 |
| 5 | 0.0095 | 0.0093 | 0.0094 | 0.0094 | 0.0094 | 0.0095 | 0.0093 |
| 6 | 0.0103 | 0.0104 | 0.0103 | 0.0102 | 0.0102 | 0.0102 | 0.0104 |
| 7 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0096 | 0.0098 | 0.0102 |
| 8 | 0.0091 | 0.0089 | 0.0091 | 0.0093 | 0.0098 | 0.0090 | 0.0094 |
| 9 | 0.0103 | 0.0105 | 0.0107 | 0.0108 | 0.0105 | 0.0104 | 0.0111 |
| 10\* | 0.0085 | 0.0074 | 0.0092 | 0.0077 | 0.0098 | 0.0085 | 0.0082 |

| 编号 | 实验室 | Mg 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 | 1 | 0.00055 | 0.00053 | 0.00056 | 0.00056 | 0.00058 | 0.00058 | 0.00057 |
| 2\* | 0.00428 | 0.00428 | 0.00429 | 0.00432 | 0.00437 | 0.00434 | 0.00423 |
| 3 | 0.00055 | 0.00061 | 0.00056 | 0.00054 | 0.00063 | 0.00055 | 0.00061 |
| 4 | 0.00053 | 0.00056 | 0.00058 | 0.00052 | 0.00053 | 0.00058 | 0.00056 |
| 5 | 0.00051 | 0.00057 | 0.00059 | 0.00053 | 0.00054 | 0.00051 | 0.00060 |
| 6 | 0.00051 | 0.00048 | 0.00052 | 0.00054 | 0.00054 | 0.00058 | 0.00051 |
| 7 | 0.00052 | 0.00052 | 0.00053 | 0.00050 | 0.00051 | 0.00052 | 0.00053 |
| 8 | 0.00055 | 0.00053 | 0.00062 | 0.00060 | 0.00058 | 0.00054 | 0.00053 |
| 9 | 0.00042 | 0.00043 | 0.00039 | 0.00055 | 0.00051 | 0.00054 | 0.00051 |
| 10 | 0.00062 | 0.00064 | 0.00069 | 0.00056 | 0.00067 | 0.00062 | 0.00066 |
| 3 | 1 | 0.00199 | 0.00200 | 0.00202 | 0.00201 | 0.00203 | 0.00205 | 0.00207 |
| 2\* | 0.00595 | 0.00600 | 0.00520 | 0.00504 | 0.00578 | 0.00580 | 0.00491 |
| 3 | 0.00193 | 0.00209 | 0.00214 | 0.00221 | 0.00206 | 0.00224 | 0.00202 |
| 4 | 0.00208 | 0.00214 | 0.00212 | 0.00210 | 0.00215 | 0.00206 | 0.00213 |
| 5 | 0.00202 | 0.00212 | 0.00208 | 0.00205 | 0.00217 | 0.00207 | 0.00215 |
| 6 | 0.00193 | 0.00205 | 0.00218 | 0.00204 | 0.00200 | 0.00200 | 0.00200 |
| 7 | 0.00191 | 0.00205 | 0.00206 | 0.00203 | 0.00194 | 0.00203 | 0.00190 |
| 8 | 0.00188 | 0.00196 | 0.00189 | 0.00179 | 0.00193 | 0.00189 | 0.00188 |
| 9 | 0.00198 | 0.00201 | 0.00205 | 0.00196 | 0.00198 | 0.00204 | 0.00202 |
| 10\* | 0.00142 | 0.00170 | 0.00152 | 0.00161 | 0.00133 | 0.00175 | 0.00176 |
| 6 | 1 | 0.00401 | 0.00404 | 0.00397 | 0.00408 | 0.00413 | 0.00406 | 0.00393 |
| 2 | 0.00405 | 0.00407 | 0.00408 | 0.00415 | 0.00413 | 0.00414 | 0.00412 |
| 3 | 0.00415 | 0.00405 | 0.00399 | 0.00424 | 0.00391 | 0.00407 | 0.00410 |
| 4 | 0.00415 | 0.00404 | 0.00397 | 0.00400 | 0.00402 | 0.00407 | 0.00404 |
| 5 | 0.00413 | 0.00425 | 0.00431 | 0.00436 | 0.00411 | 0.00438 | 0.00412 |
| 6 | 0.00409 | 0.00402 | 0.00401 | 0.00401 | 0.00401 | 0.00407 | 0.00402 |
| 7 | 0.00403 | 0.00409 | 0.00397 | 0.00402 | 0.00405 | 0.00410 | 0.00399 |
| 8 | 0.00413 | 0.00391 | 0.00362 | 0.00382 | 0.00371 | 0.00359 | 0.00368 |
| 9 | 0.00396 | 0.00397 | 0.00388 | 0.00411 | 0.00407 | 0.00412 | 0.00399 |
| 10 | 0.00444 | 0.00437 | 0.00442 | 0.00437 | 0.00428 | 0.00441 | 0.00428 |
| 7 | 1 | 0.00813 | 0.00836 | 0.00817 | 0.00823 | 0.00824 | 0.00804 | 0.00827 |
| 2 | 0.00807 | 0.00807 | 0.00804 | 0.00805 | 0.00811 | 0.00813 | 0.00814 |
| 3 | 0.00787 | 0.00780 | 0.00807 | 0.00782 | 0.00793 | 0.00781 | 0.00817 |
| 4 | 0.00816 | 0.00813 | 0.00818 | 0.00803 | 0.00810 | 0.00808 | 0.00809 |
| 5 | 0.00841 | 0.00851 | 0.00820 | 0.00827 | 0.00858 | 0.00842 | 0.00834 |
| 6 | 0.00802 | 0.00809 | 0.00801 | 0.00802 | 0.00803 | 0.00809 | 0.00811 |
| 7 | 0.00787 | 0.00800 | 0.00815 | 0.00812 | 0.00789 | 0.00813 | 0.00801 |
| 8 | 0.00791 | 0.00810 | 0.00730 | 0.00754 | 0.00773 | 0.00761 | 0.00724 |
| 9 | 0.00808 | 0.00821 | 0.00816 | 0.00807 | 0.00825 | 0.00816 | 0.00822 |
| 10 | 0.00800 | 0.00815 | 0.00803 | 0.00807 | 0.00792 | 0.00794 | 0.00805 |
| 8 | 1 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0098 | 0.0097 | 0.0100 |
| 2 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0101 |
| 3 | 0.0097 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0098 | 0.0099 | 0.0100 | 0.0101 |
| 4 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0104 | 0.0101 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0103 |
| 5 | 0.0110 | 0.0108 | 0.0104 | 0.0115 | 0.0109 | 0.0109 | 0.0111 |
| 6 | 0.0109 | 0.0113 | 0.0111 | 0.0111 | 0.0118 | 0.0114 | 0.0101 |
| 7 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0098 | 0.0097 | 0.0099 | 0.0101 | 0.0100 |
| 8 | 0.0092 | 0.0087 | 0.0093 | 0.0092 | 0.0090 | 0.0085 | 0.0087 |
| 9 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0102 | 0.0103 | 0.0099 | 0.0097 | 0.0104 |
| 10\* | 0.0133 | 0.0127 | 0.0107 | 0.0127 | 0.0134 | 0.0115 | 0.0103 |

| 编号 | 实验室 | Al 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 | 1 | 0.00053 | 0.00055 | 0.00052 | 0.00056 | 0.00053 | 0.00049 | 0.00055 |
| 2\* | 0.00071 | 0.00077 | 0.00072 | 0.00083 | 0.00091 | 0.00089 | 0.00087 |
| 3 | 0.00056 | 0.00052 | 0.00054 | 0.00056 | 0.00052 | 0.00054 | 0.00057 |
| 4 | 0.00049 | 0.00052 | 0.00050 | 0.00048 | 0.00044 | 0.00047 | 0.00055 |
| 5 | 0.00049 | 0.00051 | 0.00048 | 0.00049 | 0.00049 | 0.00054 | 0.00049 |
| 6 | 0.00051 | 0.00048 | 0.00051 | 0.00056 | 0.00052 | 0.00056 | 0.00050 |
| 7 | 0.00056 | 0.00048 | 0.00054 | 0.00049 | 0.00049 | 0.00048 | 0.00052 |
| 8 | 0.00055 | 0.00058 | 0.00053 | 0.00051 | 0.00049 | 0.00052 | 0.00052 |
| 9 | 0.00041 | 0.00049 | 0.00051 | 0.00043 | 0.00047 | 0.00049 | 0.00054 |
| 10 | 0.00067 | 0.00060 | 0.00071 | 0.00059 | 0.00063 | 0.00069 | 0.00057 |
| 3 | 1 | 0.00205 | 0.00204 | 0.00211 | 0.00197 | 0.00213 | 0.00208 | 0.00195 |
| 2\* | 0.00254 | 0.00273 | 0.00268 | 0.00267 | 0.00212 | 0.00218 | 0.00223 |
| 3\* | 0.00236 | 0.00239 | 0.00231 | 0.00208 | 0.00224 | 0.00237 | 0.00230 |
| 4 | 0.00204 | 0.00209 | 0.00204 | 0.00202 | 0.00203 | 0.00206 | 0.00205 |
| 5 | 0.00208 | 0.00213 | 0.00208 | 0.00218 | 0.00203 | 0.00208 | 0.00214 |
| 6 | 0.00183 | 0.00211 | 0.00191 | 0.00201 | 0.00204 | 0.00205 | 0.00203 |
| 7 | 0.00198 | 0.00208 | 0.00204 | 0.00211 | 0.00201 | 0.00202 | 0.00199 |
| 8 | 0.00186 | 0.00193 | 0.00179 | 0.00195 | 0.00188 | 0.00192 | 0.00189 |
| 9 | 0.00204 | 0.00202 | 0.00206 | 0.00186 | 0.00211 | 0.00218 | 0.00191 |
| 10\* | 0.00245 | 0.00230 | 0.00220 | 0.00257 | 0.00263 | 0.00248 | 0.00245 |
| 6 | 1 | 0.00394 | 0.00397 | 0.00393 | 0.00402 | 0.00398 | 0.00405 | 0.00409 |
| 2 | 0.00403 | 0.00423 | 0.00416 | 0.00411 | 0.00401 | 0.00403 | 0.00391 |
| 3 | 0.00405 | 0.00403 | 0.00395 | 0.00426 | 0.00394 | 0.00399 | 0.00406 |
| 4 | 0.00400 | 0.00386 | 0.00392 | 0.00394 | 0.00399 | 0.00396 | 0.00399 |
| 5 | 0.00411 | 0.00419 | 0.00422 | 0.00415 | 0.00407 | 0.00408 | 0.00412 |
| 6 | 0.00409 | 0.00408 | 0.00407 | 0.00405 | 0.00397 | 0.00418 | 0.00401 |
| 7 | 0.00410 | 0.00409 | 0.00399 | 0.00401 | 0.00398 | 0.00401 | 0.00407 |
| 8 | 0.00400 | 0.00389 | 0.00393 | 0.00379 | 0.00381 | 0.00392 | 0.00378 |
| 9 | 0.00401 | 0.00389 | 0.00391 | 0.00407 | 0.00401 | 0.00409 | 0.00396 |
| 10\* | 0.00338 | 0.00349 | 0.00327 | 0.00352 | 0.00347 | 0.00335 | 0.00360 |
| 7 | 1 | 0.00795 | 0.00814 | 0.00799 | 0.00808 | 0.00799 | 0.00814 | 0.00821 |
| 2 | 0.00791 | 0.00789 | 0.00790 | 0.00798 | 0.00854 | 0.00846 | 0.00852 |
| 3 | 0.00792 | 0.00783 | 0.00798 | 0.00809 | 0.00821 | 0.00797 | 0.00806 |
| 4 | 0.00810 | 0.00823 | 0.00818 | 0.00817 | 0.00813 | 0.00806 | 0.00804 |
| 5 | 0.00791 | 0.00796 | 0.00803 | 0.00807 | 0.00785 | 0.00801 | 0.00814 |
| 6 | 0.00798 | 0.00811 | 0.00813 | 0.00801 | 0.00807 | 0.00814 | 0.00814 |
| 7 | 0.00781 | 0.00794 | 0.00805 | 0.00789 | 0.00792 | 0.00810 | 0.00818 |
| 8 | 0.00800 | 0.00742 | 0.00724 | 0.00763 | 0.00755 | 0.00775 | 0.00719 |
| 9 | 0.00806 | 0.00811 | 0.00795 | 0.00804 | 0.00791 | 0.00807 | 0.00819 |
| 10 | 0.00762 | 0.00778 | 0.00766 | 0.00758 | 0.00741 | 0.00753 | 0.00769 |

| 编号 | 实验室 | Ca 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 3 | 1 | 0.00229 | 0.00225 | 0.00222 | 0.00216 | 0.00231 | 0.00235 | 0.00229 |
| 2\* | 0.00140 | 0.00137 | 0.00134 | 0.00125 | 0.00122 | 0.00123 | 0.00123 |
| 3 | 0.00194 | 0.00201 | 0.00209 | 0.00202 | 0.00212 | 0.00215 | 0.00192 |
| 4\* | 0.00247 | 0.00242 | 0.00238 | 0.00233 | 0.00245 | 0.00238 | 0.00236 |
| 5 | 0.00218 | 0.00235 | 0.00237 | 0.00218 | 0.00229 | 0.00210 | 0.00234 |
| 6\* | 0.00156 | 0.00146 | 0.00140 | 0.00156 | 0.00215 | 0.00220 | 0.00201 |
| 7 | 0.00201 | 0.00185 | 0.00187 | 0.00185 | 0.00203 | 0.00203 | 0.00197 |
| 8 | 0.00188 | 0.00192 | 0.00179 | 0.00191 | 0.00189 | 0.00178 | 0.00192 |
| 9 | 0.00231 | 0.00202 | 0.00221 | 0.00209 | 0.00247 | 0.00211 | 0.00218 |
| 10\* | 0.00259 | 0.00265 | 0.00272 | 0.00246 | 0.00244 | 0.00270 | 0.00258 |
| 6 | 1 | 0.00380 | 0.00431 | 0.00408 | 0.00415 | 0.00433 | 0.00406 | 0.00412 |
| 2\* | 0.00345 | 0.00428 | 0.00351 | 0.00379 | 0.00382 | 0.00429 | 0.00327 |
| 3 | 0.00407 | 0.00385 | 0.00354 | 0.00391 | 0.00370 | 0.00408 | 0.00350 |
| 4 | 0.00413 | 0.00406 | 0.00412 | 0.00406 | 0.00403 | 0.00417 | 0.00408 |
| 5 | 0.00410 | 0.00414 | 0.00406 | 0.00404 | 0.00412 | 0.00413 | 0.00416 |
| 6 | 0.00362 | 0.00372 | 0.00410 | 0.00415 | 0.00433 | 0.00422 | 0.00415 |
| 7 | 0.00394 | 0.00416 | 0.00389 | 0.00406 | 0.00413 | 0.00404 | 0.00412 |
| 8 | 0.00369 | 0.00391 | 0.00400 | 0.00381 | 0.00368 | 0.00378 | 0.00392 |
| 9 | 0.00386 | 0.00418 | 0.00422 | 0.00419 | 0.00424 | 0.00412 | 0.00417 |
| 10 | 0.00417 | 0.00401 | 0.00435 | 0.00422 | 0.00417 | 0.00428 | 0.00439 |
| 7 | 1 | 0.00784 | 0.00812 | 0.00805 | 0.00816 | 0.00823 | 0.00783 | 0.00825 |
| 2 | 0.00805 | 0.00770 | 0.00728 | 0.00767 | 0.00765 | 0.00762 | 0.00795 |
| 3 | 0.00775 | 0.00790 | 0.00803 | 0.00786 | 0.00795 | 0.00803 | 0.00811 |
| 4 | 0.00805 | 0.00796 | 0.00792 | 0.00795 | 0.00793 | 0.00798 | 0.00802 |
| 5 | 0.00797 | 0.00815 | 0.00798 | 0.00811 | 0.00801 | 0.00813 | 0.00819 |
| 6 | 0.00777 | 0.00770 | 0.00722 | 0.00801 | 0.00807 | 0.00783 | 0.00855 |
| 7 | 0.00794 | 0.00810 | 0.00788 | 0.00789 | 0.00813 | 0.00797 | 0.00815 |
| 8 | 0.00780 | 0.00791 | 0.00764 | 0.00743 | 0.00774 | 0.00753 | 0.00739 |
| 9 | 0.00779 | 0.00808 | 0.00808 | 0.00811 | 0.00819 | 0.00795 | 0.00812 |
| 10 | 0.00757 | 0.00768 | 0.00781 | 0.00776 | 0.00758 | 0.00763 | 0.00782 |

| 编号 | 实验室 | Se 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 | 1 | 0.00049 | 0.00054 | 0.00051 | 0.00053 | 0.00048 | 0.00051 | 0.00052 |
| 2\* | 0.00047 | 0.00049 | 0.00040 | 0.00048 | 0.00042 | 0.00051 | 0.00034 |
| 3 | 0.00063 | 0.00061 | 0.00061 | 0.00059 | 0.00060 | 0.00061 | 0.00059 |
| 4 | 0.00049 | 0.00048 | 0.00042 | 0.00043 | 0.00047 | 0.00046 | 0.00044 |
| 5 | 0.00053 | 0.00051 | 0.00048 | 0.00055 | 0.00057 | 0.00050 | 0.00049 |
| 6 | 0.00049 | 0.00051 | 0.00052 | 0.00056 | 0.00052 | 0.00056 | 0.00052 |
| 7 | 0.00047 | 0.00050 | 0.00052 | 0.00046 | 0.00053 | 0.00046 | 0.00048 |
| 8 | 0.00051 | 0.00053 | 0.00050 | 0.00051 | 0.00050 | 0.00048 | 0.00053 |
| 9 | 0.00047 | 0.00052 | 0.00054 | 0.00052 | 0.00049 | 0.00055 | 0.00056 |
| 10 | 0.00055 | 0.00057 | 0.00049 | 0.00058 | 0.00060 | 0.00059 | 0.00062 |
| 3 | 1 | 0.00198 | 0.00203 | 0.00195 | 0.00204 | 0.00200 | 0.00207 | 0.00193 |
| 2 | 0.00187 | 0.00195 | 0.00195 | 0.00200 | 0.00187 | 0.00218 | 0.00197 |
| 3 | 0.00225 | 0.00210 | 0.00228 | 0.00210 | 0.00215 | 0.00237 | 0.00218 |
| 4 | 0.00192 | 0.00198 | 0.00200 | 0.00196 | 0.00194 | 0.00206 | 0.00197 |
| 5 | 0.00198 | 0.00189 | 0.00197 | 0.00199 | 0.00188 | 0.00208 | 0.00197 |
| 6 | 0.00216 | 0.00211 | 0.00206 | 0.00202 | 0.00200 | 0.00205 | 0.00193 |
| 7 | 0.00189 | 0.00192 | 0.00188 | 0.00185 | 0.00196 | 0.00202 | 0.00196 |
| 8 | 0.00169 | 0.00188 | 0.00193 | 0.00179 | 0.00186 | 0.00192 | 0.00191 |
| 9 | 0.00201 | 0.00211 | 0.00197 | 0.00201 | 0.00216 | 0.00218 | 0.00197 |
| 10\* | 0.00241 | 0.00253 | 0.00215 | 0.00250 | 0.00238 | 0.00248 | 0.00237 |
| 6 | 1 | 0.00395 | 0.00394 | 0.0039 | 0.00385 | 0.00394 | 0.00399 | 0.0041 |
| 2 | 0.00399 | 0.00392 | 0.00405 | 0.00408 | 0.00395 | 0.00403 | 0.00392 |
| 3 | 0.00404 | 0.00405 | 0.00400 | 0.00418 | 0.00408 | 0.00411 | 0.00412 |
| 4 | 0.00396 | 0.00398 | 0.00388 | 0.00392 | 0.00391 | 0.00394 | 0.00394 |
| 5 | 0.00398 | 0.00386 | 0.00398 | 0.00388 | 0.00397 | 0.00378 | 0.00399 |
| 6 | 0.00403 | 0.00403 | 0.00407 | 0.00403 | 0.00402 | 0.00403 | 0.00410 |
| 7 | 0.00414 | 0.00408 | 0.00410 | 0.00399 | 0.00397 | 0.00408 | 0.00414 |
| 8 | 0.00353 | 0.00373 | 0.00363 | 0.00352 | 0.00341 | 0.00373 | 0.00363 |
| 9 | 0.00399 | 0.00404 | 0.00401 | 0.00388 | 0.00395 | 0.00406 | 0.00411 |
| 10 | 0.00428 | 0.00447 | 0.00420 | 0.00418 | 0.00437 | 0.00442 | 0.00441 |
| 5 | 1 | 0.00785 | 0.00801 | 0.00794 | 0.00797 | 0.00806 | 0.00782 | 0.00812 |
| 2 | 0.00804 | 0.00797 | 0.00805 | 0.00805 | 0.00800 | 0.00796 | 0.00804 |
| 3 | 0.00818 | 0.00799 | 0.00807 | 0.00825 | 0.00797 | 0.00831 | 0.00835 |
| 4 | 0.00806 | 0.00816 | 0.00806 | 0.00806 | 0.00804 | 0.00808 | 0.00800 |
| 5 | 0.00781 | 0.00788 | 0.00786 | 0.00794 | 0.00746 | 0.00755 | 0.00768 |
| 6 | 0.00826 | 0.00818 | 0.00790 | 0.00801 | 0.00805 | 0.00782 | 0.00812 |
| 7 | 0.00789 | 0.00790 | 0.00803 | 0.00790 | 0.00792 | 0.00805 | 0.00812 |
| 8 | 0.00791 | 0.00772 | 0.00763 | 0.00781 | 0.00752 | 0.00732 | 0.00771 |
| 9 | 0.00789 | 0.00795 | 0.00791 | 0.00790 | 0.00801 | 0.00802 | 0.00811 |
| 10 | 0.00769 | 0.00777 | 0.00747 | 0.00781 | 0.00768 | 0.00774 | 0.00771 |
| 8 | 1 | 0.0104 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0102 | 0.0104 | 0.0101 |
| 2 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0102 | 0.0100 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0100 |
| 3 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0103 | 0.0098 | 0.0098 | 0.0102 |
| 4 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0100 |
| 5 | 0.0107 | 0.0098 | 0.0098 | 0.0103 | 0.0107 | 0.0102 | 0.0099 |
| 6 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0100 | 0.0104 | 0.0103 | 0.0107 | 0.0101 |
| 7 | 0.0104 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0100 | 0.0102 | 0.0104 | 0.0101 |
| 8 | 0.0090 | 0.0088 | 0.0086 | 0.0084 | 0.0093 | 0.0096 | 0.0094 |
| 9 | 0.0105 | 0.0102 | 0.0103 | 0.0099 | 0.0096 | 0.0101 | 0.0105 |
| 10\* | 0.0127 | 0.0134 | 0.0117 | 0.0108 | 0.0124 | 0.0131 | 0.0124 |

| 编号 | 实验室 | Te 的质量分数/%，（n=7） | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 2 | 1 | 0.00052 | 0.00049 | 0.00052 | 0.00047 | 0.00053 | 0.00050 | 0.00051 |
| 2\* | 0.00046 | 0.00042 | 0.00043 | 0.00045 | 0.00044 | 0.00089 | 0.00041 |
| 3 | 0.00059 | 0.00061 | 0.00063 | 0.00064 | 0.00061 | 0.00054 | 0.00060 |
| 4 | 0.00059 | 0.00062 | 0.00061 | 0.00064 | 0.00058 | 0.00047 | 0.00060 |
| 5 | 0.00047 | 0.00048 | 0.00049 | 0.00049 | 0.00044 | 0.00054 | 0.00046 |
| 6 | 0.00052 | 0.00051 | 0.00052 | 0.00052 | 0.00050 | 0.00056 | 0.00051 |
| 7 | 0.00051 | 0.00052 | 0.00051 | 0.00051 | 0.00052 | 0.00048 | 0.00051 |
| 8 | 0.00046 | 0.00048 | 0.00051 | 0.00053 | 0.00050 | 0.00052 | 0.00051 |
| 9 | 0.00044 | 0.00047 | 0.00041 | 0.00051 | 0.00055 | 0.00049 | 0.00054 |
| 10 | 0.00059 | 0.00058 | 0.00059 | 0.00060 | 0.00053 | 0.00069 | 0.00055 |
| 3 | 1 | 0.00204 | 0.00191 | 0.00206 | 0.00194 | 0.00193 | 0.00196 | 0.00207 |
| 2 | 0.00192 | 0.00193 | 0.00191 | 0.00193 | 0.00192 | 0.00192 | 0.00190 |
| 3 | 0.00211 | 0.00226 | 0.00224 | 0.00213 | 0.00219 | 0.00223 | 0.00224 |
| 4 | 0.00211 | 0.00204 | 0.00205 | 0.00208 | 0.00210 | 0.00211 | 0.00213 |
| 5 | 0.00189 | 0.00194 | 0.00192 | 0.00195 | 0.00197 | 0.00188 | 0.00193 |
| 6 | 0.00201 | 0.00202 | 0.00203 | 0.00203 | 0.00201 | 0.00202 | 0.00207 |
| 7 | 0.00197 | 0.00207 | 0.00198 | 0.00213 | 0.00199 | 0.00181 | 0.00202 |
| 8 | 0.00191 | 0.00188 | 0.00179 | 0.00193 | 0.00188 | 0.00192 | 0.00189 |
| 9 | 0.00214 | 0.00201 | 0.00204 | 0.00199 | 0.00197 | 0.00195 | 0.00197 |
| 10\* | 0.00251 | 0.00264 | 0.00243 | 0.00265 | 0.00233 | 0.00246 | 0.00207 |
| 6 | 1 | 0.00403 | 0.00416 | 0.00404 | 0.00403 | 0.00406 | 0.00399 | 0.00402 |
| 2 | 0.00400 | 0.00395 | 0.00392 | 0.00391 | 0.00388 | 0.00390 | 0.00390 |
| 3 | 0.00406 | 0.00410 | 0.00398 | 0.00416 | 0.00419 | 0.00392 | 0.00403 |
| 4 | 0.00412 | 0.00396 | 0.00414 | 0.00397 | 0.00411 | 0.00405 | 0.00406 |
| 5 | 0.00388 | 0.00381 | 0.00383 | 0.00384 | 0.00382 | 0.00386 | 0.00389 |
| 6 | 0.00396 | 0.00402 | 0.00401 | 0.00402 | 0.00401 | 0.00402 | 0.00402 |
| 7 | 0.00410 | 0.00410 | 0.00408 | 0.00398 | 0.00408 | 0.00401 | 0.00402 |
| 8 | 0.00361 | 0.00372 | 0.00381 | 0.00364 | 0.00372 | 0.00381 | 0.00354 |
| 9 | 0.00404 | 0.00411 | 0.00415 | 0.00413 | 0.00413 | 0.00398 | 0.00396 |
| 10 | 0.00351 | 0.00378 | 0.00367 | 0.00355 | 0.00368 | 0.00370 | 0.00358 |
| 7 | 1 | 0.00789 | 0.00811 | 0.00808 | 0.00812 | 0.00801 | 0.00781 | 0.00795 |
| 2 | 0.00790 | 0.00788 | 0.00788 | 0.00787 | 0.00788 | 0.00786 | 0.00788 |
| 3 | 0.00772 | 0.00789 | 0.00771 | 0.00762 | 0.00774 | 0.00752 | 0.00788 |
| 4 | 0.00796 | 0.00798 | 0.00805 | 0.00806 | 0.00802 | 0.00804 | 0.00802 |
| 5 | 0.00762 | 0.00749 | 0.00744 | 0.00736 | 0.00757 | 0.00754 | 0.00736 |
| 6 | 0.00822 | 0.00806 | 0.00803 | 0.00804 | 0.00801 | 0.00801 | 0.00803 |
| 7 | 0.00803 | 0.00806 | 0.00815 | 0.00812 | 0.00803 | 0.00809 | 0.00799 |
| 8 | 0.00773 | 0.00791 | 0.00774 | 0.00743 | 0.00721 | 0.00763 | 0.00754 |
| 9 | 0.00754 | 0.00769 | 0.00779 | 0.00801 | 0.00795 | 0.00793 | 0.00791 |
| 10 | 0.00757 | 0.00742 | 0.00762 | 0.00754 | 0.00738 | 0.00758 | 0.00760 |
| 8 | 1 | 0.0099 | 0.0098 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0099 |
| 2 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0099 |
| 3 | 0.0098 | 0.0103 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0102 | 0.0102 | 0.0102 |
| 4 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0100 | 0.0100 | 0.0101 | 0.0101 | 0.0102 |
| 5 | 0.0092 | 0.0093 | 0.0092 | 0.0091 | 0.0094 | 0.0095 | 0.0092 |
| 6 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0099 | 0.0101 | 0.0102 | 0.0102 | 0.0099 |
| 7 | 0.0098 | 0.0099 | 0.0101 | 0.0098 | 0.0099 | 0.0104 | 0.0099 |
| 8 | 0.0091 | 0.0092 | 0.0099 | 0.0092 | 0.0090 | 0.0087 | 0.0086 |
| 9 | 0.0104 | 0.0104 | 0.0102 | 0.0101 | 0.0099 | 0.0097 | 0.0108 |
| 10\* | 0.0108 | 0.0083 | 0.0094 | 0.0091 | 0.0104 | 0.0084 | 0.0090 |

**标准征求意见稿意见汇总处理表**

标准项目名称：铅及铅合金化学分析方法 第18部分：银、铜、铋、砷、锑、锡、锌、铁、镉、镍、镁、铝、钙、硒、碲含量的测定 电感耦合等离子体质谱法 共2页第1 页

承办人：墨淑敏 标准项目负责起草单位：国合通用测试评价认证股份公司

电话：13522703695 2023年9月15日填写

| **序号** | **标准章**  **条编号** | **意见内容** | **提出单位** | **处理意见** | **备注** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 引言 | 按体系优化修改部分名称 | 有色金属技术经济研究院有限责任公司 | 采纳 |  |
|  | 5.13~5.26 | 调整Bi、Sb、Sn单元素标准贮存溶液顺序，使与题目一致 | 广西壮族自治区冶金产品质量检验站 | 采纳 |  |
|  | 5.31 | 5.11～5.26改为5.13～5.26 | 中国检验认证集团广西有限公司 | 采纳 |  |
|  | 5.31 | “宜分组”改为“应分组” | 甘肃省精普检测科技有限公司 | 采纳 |  |
|  | 6 | 36Ar16O+改为40Ar16O+ | 中国有色桂林矿产地质研究院有限公司 | 采纳 |  |
|  | 8.3、8.4 | 1、建议将第8.3条中“测定铋含量时，采用高纯铅（5.2）扣除基体产生的质谱干扰。” 移入第8.5.1条之后，并以注或另加一条的形式详细说明。  2、将“8.4.3”改为“8.4.2”；  3、建议将第8.4.1条注中“样品均匀性良好”的描述删除。 | 云南省产品质量监督检验研究院 | 建议1未采纳；  建议2和3采纳； |  |
|  | 8.4.1 | 注中改为加入10mL硝酸溶液（5.9） | 长沙矿冶研究院有限责任公司 | 采纳 |  |
|  | 8.4.1注 | 内容分成两条 | 有研亿金新材料有限公司 | 采纳 |  |
|  | 8.4.3 | 改为8.4.2 | 昆明冶金研究院有限公司 | 采纳 |  |
|  | 9 | 按式（1）改为按公式（1） | 荆门市格林美新材料有限公司 | 采纳 |  |
|  | 11 | 补充“与基本分析步骤的差异” | 广东先导稀材股份有限公司 | 采纳 |  |
|  |  | 无 | 广东邦普循环科技有限公司 |  |  |
|  |  | 无 | 大冶有色设计研究院有限公司 |  |  |
|  |  | 无 | 郴州市产商品质量监督检验所 |  |  |
|  |  | 无 | 浙江华友钴业股份有限公司 |  |  |
|  |  | 无 | 河南豫光金铅股份有限公司 |  |  |
|  |  | 无 | 葫芦岛锌业股份有点公司 |  |  |
|  |  | 无 | 有研粉末新材料有限公司 |  |  |
|  |  | 无 | 贵研检测科技（云南）有限公司 |  |  |
|  |  | 无 | 新疆众合股份有限公司 |  |  |
|  |  | 无 | 湖南有色金属烟技员有限责任公司 |  |  |
|  |  | 无 | 山东恒邦冶炼股份有限公司 |  |  |
|  |  | 无 | 广东省韶关市质量计量监督检测所 |  |  |
|  |  | 无 | 安徽国家铜铅锌及制品质量监督检验中心 |  |  |
|  |  | 无 | 云南锡业股份有限公司锡业分公司 |  |  |
|  |  | 无 | 柳州华锡有色设计研究院有限责任公司 |  |  |
|  |  | 无 | 钢研纳克检测技术股份有限公司 |  |  |
|  |  | 无 | 宁夏东方钽业股份有限公司 |  |  |
|  |  | 无 | 上海有色金属工业技术监测中心有限公司 |  |  |
|  |  | 无 | 宝钛集团有限公司 |  |  |
|  |  | 无 | 西安西部新锆科技股份有限公司 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

说明（1）发送《征求意见稿》的单位数：31个；

（2）收到《征求意见稿》后，回函的单位数：31 个；

（3）收到《征求意见稿》后，回函并有建议或意见的单位数：11个；

（4）没有回函的单位数：0 个。