YS

ICS 77.120.30

CCS H 13

中华人民共和国有色金属行业标准

YS/T XXX.1—202X

代替YS/T 521.1-2009

粗铜化学分析方法

第1部分：铜含量的测定

碘量法和电解法

Methods for chemical analysis of blister copper—

Part 1 : Determination of copper content—

lodine titration method and electrolytic method

(送审稿)

202×-××-××实施

202×-××-××发布

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前言

本文件按照 GB/T 1.1—2020 《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件为YS/T 521《粗铜化学分析方法》的第1部分。YS/T 521已经发布了以下部分：

——第1部分：铜含量的测定 碘量法和电解法；

——第2部分： 金和银量的测定火试金法；

——第3部分：砷量的测定氢化物发生-原子荧光光谱法和溴酸钾滴定法；

——第4部分：铅、铋、锑量的测定火焰原子吸收光谱法；

——第5部分：锌和镍量的测定 火焰原子吸收光谱法；

——第6部分： 砷、铅、铋、锑、锌和镍量的测定电感耦合等离子体原子发射光谱法。

本文件代替YS/T 521.1—2009 《粗铜化学分析方法 第1部分：铜量的测定 碘量法》、YS/T 716.1—2009《黑铜化学分析方法 第1部分：铜量的测定 硫代硫酸钠滴定法》和YS/T 1230.1—2018《阳极铜化学分析方法 第1 部分：铜量的测定 碘量法和电解法》。与 YS/T 521.1—2009相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

a）增加了方法2，电解法测定铜，测定范围为“97.40％～99.80％”（见第5章）；

b）更改方法1碘量法的测定范围，由“97.50％～99.70％”扩大为“80.00％～99.70％”,适用于阳极铜、粗铜和黑铜（见第1章，2009版第1章）；

c）修改了碘量法的测定原理（见第4章，2009版第4章）；

d）

e）删除了质量保证和控制的内容（见2009版第8章）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）提出并归口。

本文件起草单位：大冶有色设计研究院有限公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、江西铜业股份有限公司、北矿检测技术股份有限公司、紫金矿业集团股份有限公司、金川集团股份有限公司、山西北方铜业有限公司、张家港联合铜业有限公司、云南铜业股份有限公司西南铜业分公司、山东恒邦冶炼股份有限公司、中国有色桂林矿产地质研究院有限公司、国标（北京）检验认证有限公司、葫芦岛锌业股份有限公司、中国检验认证集团广西有限公司、中国检验认证集团广东有限公司黄埔分公司、国合通用（青岛）测试评价有限公司、黑龙江紫金铜业有限公司、昆明冶金研究院有限公司、山东中金岭南铜业有限责任公司。

本文件主要起草人：曾静、胡晓帅、潘晓玲、王洋、林韶阳、杨柏华、徐晓艳、黄春琴、任利华、孟萌萌、罗娟、龙秀甲、谢云燕、赵勇、熊梅瑜、李鸿英、骆有健、栾海光、吕长宽、栗生辰、李冬梅、刘晓玲、夏兵伟、施昱、薛婷婷、昝敏娇、乔小芳、芦倩、李野、田佳、武玉艳、谭红娟、李铸铁、王劲榕、梁菊敏、沈显丽、谭秀丽。

本文件及所代替文件的历次版本发布情况为：

－ GB 5120.1-1985、GB/T 5120.1-1995、YS/T 521.1-2006、YS/T 521.1-2009；

－本次为第四次修订，并入了YS/T 716.1-2009和YS/T 1230.1-2018的内容。

引言

粗铜是铜冶炼过程中主要的中间物料，作为半成品进入精炼。铜冶炼中间物料分析，对过程中制定合理的配料比，强化工序操作与金属平衡管理，提高有色金属的回收率，具有重要意义。粗铜化学分析方法标准在保证粗铜产品质量方面发挥着重要作用，该系列标准服务于粗铜的生产、贸易和应用，为我国有色金属行业高质量发展提供技术支撑。YS/T 521 《粗铜化学分析方法》目的在于描述粗铜中铜、金、银、砷、铅、铋、锑、锌、镍等不同化学元素成分的测定方法。本系列方法在满足行业对粗铜产品的生产、贸易以及资源回收利用的要求、增加检测结果的可靠性和可比性等方面具有重要意义。

YS/T 521《粗铜化学分析方法》已经发布了以下部分：

——第1部分: 铜含量的测定 碘量法和电解法；

——第2部分: 金和银量的测定 火试金法；

——第3部分: 砷量的测定 氢化物发生-原子荧光光谱法和溴酸钾滴定法；

——第4部分: 铅、铋、锑量的测定 火焰原子吸收光谱法；

——第5部分: 锌和镍量的测定 火焰原子吸收光谱法；

——第6部分: 砷、铅、铋、锑、锌和镍量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法。

本文件描述了采用碘量法和电解法测定粗铜中铜含量的方法。本次修订在YS/T 521.1-2009《粗铜化学分析方法 第1部分：铜量的测定 碘量法》的基础上进行修订，并入了YS/T 1230.1-2018《阳极铜化学分析方法 第1部分：铜量的测定 碘量法和电解法》和YS/T 716.1-2009《黑铜化学分析方法 第1部分：铜量的测定 硫代硫酸钠滴定法》的内容。修订后：

——方法1：碘量法。铜含量的测定范围由 97.50％～99.70％扩大到了 80.00％～99.70％，适用于阳极铜、粗铜、黑铜。

——方法2：电解法。铜含量的测定范围为 97.40％～99.80％，适用于阳极铜、粗铜。

阳极铜、粗铜和黑铜标准整合修订后，扩大了适用范围，统一了溶样方法、重复性和再现性的数值，对贸易结算和指导生产具有重要的现实性和必要性。

引言

粗铜化学分析方法

第1部分：铜含量的测定

碘量法和电解法

1范围

本文件描述了粗铜中铜量的测定方法。

本文件适用于阳极铜、粗铜和黑铜中铜含量的测定，方法1碘量法测定范围：80.00 ％～99.70 ％；方法2电解法测定范围：97.40 ％～99.80 ％。本文件方法1中碘量法作为仲裁方法。

2 规范性引用文件

下列文件中内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 方法1：碘量法

4.1 原理

试料以硝酸、盐酸分解，用氟化氢铵掩蔽铁，在pH值为 3～4 时，加入碘化钾与二价铜作用，析出的碘以淀粉为指示剂，用硫代硫酸钠标准滴定溶液滴定。

4.2 试剂

除非另有说明，在分析中仅使用确认为分析纯的试剂。

4.2.1 水，GB/T 6682，三级。

4.2.2 纯铜片（≥ 99.99 %）：将纯铜片放入微沸的冰乙酸溶液中，微沸1 min，取出后用水和无水乙醇分别冲洗两次以上，在100℃～105℃烘箱中烘 4 min，冷却，置于磨口瓶中备用。

4.2.3 碘化钾。

4.2.4 溴。

4.2.5 硝酸（ρ=1.42 g/mL）。

4.2.6 盐酸( ρ=1.18 g/mL)。

4.2.7 硫酸( ρ=1.84 g/mL)。

4.2.8 硝酸溶液(1+1)。

4.2.9 硝硫混酸：将300 mL硫酸（4.2.7）沿杯壁缓慢加入到700 mL硝酸（4.2.5）中，边加边搅拌，混匀，冷却后备用。

4.2.10 乙酸铵饱和溶液。

4.2.11 氟化氢铵饱和溶液（贮存于聚乙烯瓶中）。

4.2.12 硫氰酸钾溶液（200 g/L）。

4.2.13 硫代硫酸钠标准滴定溶液[c（Na2S2O3·5H2O）≈0.1 mol/L]。

按以下步骤进行配置和标定：

a）配制：称取250 g硫代硫酸钠（Na2S2O3·5H2O）置于1000 mL烧杯中，加入2 g无水碳酸钠，加500 mL水溶解，移入10L棕色试剂瓶中，用煮沸并冷却的蒸馏水稀释至约10 L，充分摇匀，静置10天以上。使用时过滤至下口瓶中，混匀，静置2 h以上，遮光保存。

b）标定：称取3 g（精确至0.0001g）纯铜片（4.2.2）三份，按4.5.4.1～4.5.4.5与测定试料测定同时进行。

按公式（1）计算硫代硫酸钠标准滴定溶液的实际浓度：

………………………………（1）

式中：

c — 硫代硫酸钠标准滴定溶液的实际浓度，单位为摩尔每升（mol/L）；

m — 纯铜片的质量，单位为克（g）；

 —纯铜溶液分取比（r=分取溶液重量/溶液总重量）；

 — 标定时，滴定纯铜溶液消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）;

 — 试剂空白消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液体积，单位为毫升（mL）；

 — 铜的摩尔质量，单位为克每摩尔（g/mol），[Cu=63.546]。

平行标定3份，结果保留4位有效数字。其极差值不大于1×10-4 mol/L时，取其平均值，否则重新标定。

4.2.14 铜标准贮存溶液：称取1.0000g纯铜片（4.2.2），置于500 mL三角烧杯中，缓慢加入30 mL硝酸溶液（4.2.8），盖上表面皿，置于电热板低温处，加热使其完全溶解，取下，用水洗涤表面皿及杯壁，冷却至室温。将溶液移入1000 mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液1mL含1 mg铜。

4.2.15 铜标准溶液：移取10.00 mL铜标准贮存溶液（4.2.14），置于100 mL容量瓶中，加入4 mL硝酸（4.2.8），用水稀释至刻度，混匀。此溶液1 mL含100μg铜。

4.2.16 淀粉溶液（5 g/L）。

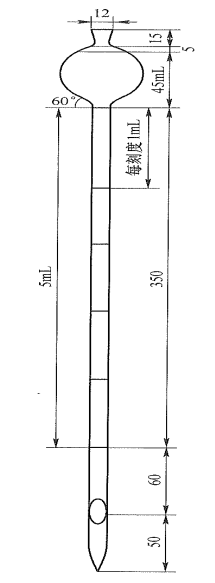
4.2.17 乙酸铅溶液（10 g/L）。

4.3 仪器设备

4.3.1 电子天平，感量0.001 g，量程不小于500g。

4.3.2 电子天平，感量0.0001 g。

4.3.3 滴定管（50 mL），可精确到0.02 mL，如图1所示，单位为毫米。

  
图1 滴定管示意图

4.3.4 原子吸收光谱仪，附铜空心阴极灯。

在仪器最佳工作条件下，凡能达到下列指标者均可使用：

—— 特征浓度：在与测量溶液基体一致的溶液中，铜的特征浓度应不大于0.042μg/mL；

—— 精密度：用最高浓度的标准溶液测量10次吸光度，其标准偏差应不超过平均吸光度的1.0 %；用最低浓度的标准溶液（不是“零”标准溶液）测量10次吸光度，其标准偏差应不超过最高浓度标准溶液平均吸光度的0.5 %。

——工作曲线线性：将工作曲线按浓度等分为五段，最高段的吸光度差值与最低段的吸光度差值之比不小于0.8。

4.4 样品

将样品加工破碎全量通过2 mm标准筛，再用0.45 mm标准筛筛分成筛上、筛下两个部分，并分别称重。

4.5 试验步骤

4.5.1 试料

按筛分后的质量比合称3 g样品，精确至0.0001 g。

4.5.2 平行试验

平行做两份试验。

4.5.3 空白试验

随同试料做空白试验。

4.5.4 测定

4.5.4.1 将试料置于250 mL三角烧杯中，缓慢加入30 mL硝酸溶液（4.2.8），盖上表皿，待反应停止后，置于电热板上低温处，加热至赶尽氮的氧化物[如试料未完全溶解，加入0.5 mL～1 mL溴，低温加热至溴挥发完全，再加入10 mL盐酸（4.2.6），加热5 min]。取下，用水洗涤表面皿和杯壁，冷至室温。

4.5.4.2 如溶液中含有残渣，用快速滤纸过滤，用水冲洗三角烧杯和滤纸，至滤纸无蓝色后再洗涤4次。将滤渣连同滤纸一起放入原三角烧杯中，加入10 mL硝酸（4.2.5）和3 mL硫酸（4.2.7），加热溶解，直至冒浓白烟（如残渣仍有残留，少量多次加入硝硫混酸（4.2.9），直至残渣溶解完全，并冒浓白烟至湿盐状），取下，稍冷。加入5 mL盐酸（4.2.6），加热使盐类溶解，取下，吹水至30 mL，冷却，将溶液移入100 mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。

4.5.4.3分取（两种分取方法选其一）

a）称重分取法：将溶液转移至已干燥至恒重的300 mL锥形瓶中，用水洗涤烧杯，洗液并入锥形瓶中，加水稀释至200 mL左右，混匀，用天平称溶液的总重量。在天平上称取溶液总重量的约1/10（精确至0.001 g），移入250 mL三角烧杯中，用水吹洗杯壁至溶液体积约为30 mL。

b）体积分取法：将溶液移入250 mL容量瓶中，用水洗涤烧杯，洗液并入容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。移取25.00 mL试液于250mL三角烧杯中，用水吹洗杯壁至溶液体积约为30 mL。

4.5.4.4将分取后的溶液置于电热板上低温蒸至溶液体积约为3 mL。取下，稍冷，用水吹洗杯壁至溶液体积约为30 mL，摇匀，冷至室温。

4.5.4.5滴加乙酸铵饱和溶液（4.2.10）至溶液颜色恰好变成深蓝色，并过量1 mL，再加入氟化氢铵饱和溶液（4.2.11）使溶液恰好变回蓝色，并过量1 mL～2 mL，混匀。

4.5.4.6加入3g～4g碘化钾，摇动溶解，立即用硫代硫酸钠标准滴定溶液（4.2.13）滴定至淡黄色，加入5 mL淀粉溶液（4.2.16），继续滴定至溶液呈淡蓝色，加入5 mL硫氰酸钾溶液（4.2.12）[为更好判断终点，可加入1 mL左右乙酸铅溶液（4.2.17）]，激烈摇振至蓝色加深，再滴定至颜色恰好变为亮黄色即为终点。

4.5.4.7将容量瓶中溶液（4.5.4.2）用空气-乙炔火焰，于原子吸收光谱仪波长324.7 nm处，与测定系列标准溶液同时以水调零，测量试液的吸光度。减去试料的空白溶液的吸光度，从工作曲线上查出相应的铜的质量浓度（ρ）。

4.5.4.7 工作曲线的绘制

移取0 mL、1.00 mL、2.00 mL、3.00 mL、4.00 mL、5.00 mL铜标准溶液（4.2.15），分别置于一组100 mL容量瓶中，加入5mL盐酸（4.2.6），用水稀释至刻度，混匀。在仪器最佳条件下，测量系列标准溶液的吸光度，减去系列标准溶液中“零”浓度溶液的吸光度，以铜的质量浓度为横坐标、吸光度为纵坐标，绘制工作曲线。

4.6 试验数据处理

铜含量以铜的质量分数计，按公式（1）计算：

…………………………（2）

式中：

—硫代硫酸钠标准滴定溶液的实际浓度，单位为摩尔每升（mol/L）；

—滴定试样溶液消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

—试剂空白消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

— 铜的摩尔质量，单位为克每摩尔（g/mol），[Cu=63.546]；

—试料的质量，单位为克（g）；

—试料溶液分取比（r =分取溶液重量/溶液总重量）；

—从工作曲线上查出相应的试液中铜的质量浓度，单位为微克每毫升（μg/mL）；

—残渣铜溶液总体积，单位毫升（mL）。

计算结果表示至小数点后2位。

4.7 精密度

4.7.1 重复性

在重复性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，在表1给出的平均值范围内，两个测试结果的绝对差值不超过重复性限（*r*），超过重复性限（*r*）的情况不超过5 %，重复性限（*r*）按表1数据采用线性内插法或外延法求得。

表1 方法一重复性限（*r*）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| % | 80.74 | 85.14 | 89.35 | 95.08 | 97.43 | 98.37 | 99.21 | 99.66 |
| r% | 0.26 | 0.22 | 0.22 | 0.25 | 0.19 | 0.20 | 0.20 | 0.18 |

4.7.2 再现性

在再现性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，在表2给出的平均值范围内，两个测试结果的绝对差值不超过再现性限（*R*），超过再现性限（*R*）的情况不超过5 %，再现性限（*R*）按表2数据采用线性内插法或外延法求得。

表2 方法一再现性限（*R*）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| % | 80.74 | 85.14 | 89.35 | 95.08 | 97.43 | 98.37 | 99.21 | 99.66 |
| R% | 0.27 | 0.28 | 0.31 | 0.32 | 0.29 | 0.24 | 0.25 | 0.23 |

5 方法2：电解法

5.1 原理

试料用稀硝酸、稀硫酸溶解，稀释至一定的体积，用1.5 A电流进行电解。电解终止后，铂电极用水和无水乙醇洗涤、干燥、冷却后称重。电解液中残留的铜用火焰原子吸收光谱法测定。对于银的干扰，采用氯化钠沉淀法消除或减银法扣除。

5.2 试剂

除非另有说明，在分析中仅使用确认为分析纯的试剂。

5.2.1水，GB/T 6682，三级。

5.2.2 纯铜片（≥99.99 %）：将纯铜放入微沸的冰乙酸溶液中，微沸1 min，取出后用水和无水乙醇分别冲洗两次以上，在100 ℃～105 ℃烘箱中烘4 min，冷却，置于磨口瓶中备用。

5.2.3硝酸( ρ=1.42 g/mL)。

5.2.4 盐酸( ρ=1.18 g/mL)。

5.2.5 硫酸( ρ=1.84 g/mL)。

5.2.6 无水乙醇。

5.2.7 硝酸溶液(1+1)。

5.2.8 硫酸溶液(1+1)。

5.2.9 硝硫混酸：将300 mL硫酸（5.2.5）沿杯壁缓慢加入到700mL硝酸（5.2.3）中，边加边搅拌，混匀，冷却后备用。

5.2.10 硝酸铅溶液（10 g/L）。

5.2.11 氯化钠溶液（1 g/L）。

5.2.12 氯化铵溶液（0.02 g/L)。

5.2.13 铜标准贮存溶液：称取1.0000 g纯铜片（5.2.2），置于500 mL三角烧杯中，缓慢加入30 mL硝酸（5.2.7），盖上表面皿，置于电热板低温处，加热使其完全溶解，取下，用水洗涤表面皿及杯壁，冷却至室温。将溶液移入1000 mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液1 mL含1 mg铜。

5.2.14铜标准溶液：移取10.00 mL铜标准贮存溶液（5.2.13），置于100 mL容量瓶中，加入4mL硝酸（5.2.7），用水稀释至刻度，混匀。此溶液1mL含100μg铜。

5.3 仪器设备

5.3.1 电子天平，感量0.0001 g。

5.3.2 备有自动搅拌装置和精密直流电流表、电压表的电解仪。

5.3.3 电热恒温干燥箱。

5.3.4铂阴极：用直径约 0.2 mm的铂丝，编制成每平方厘米约36 µm筛孔的网，制成网状圆筒形。（见图2）。

5.3.5 铂阳极：螺旋形（见图3）。

5.3.6 原子吸收光谱仪，附铜空心阴极灯。

在仪器最佳工作条件下，凡能达到下列指标者均可使用。

——特征浓度：在与测量溶液基体一致的溶液中，铜的特征浓度应不大于0.042 µg/mL；

——精密度：用最高浓度的标准溶液测量 10 次吸光度，其标准偏差应不超过平均吸光 度的1.0 %；用最低浓度的标准溶液（不是“零”标准溶液）测量10 次吸光度，其标准偏差应不超过最高浓度的标准溶液平均浓度的0.5 %；

——工作曲线线性：将工作曲线按浓度等分成 5 段，最高段的吸光度差值与最低段吸光度的差值之比不小于0.8。

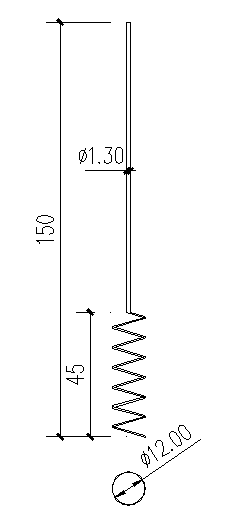
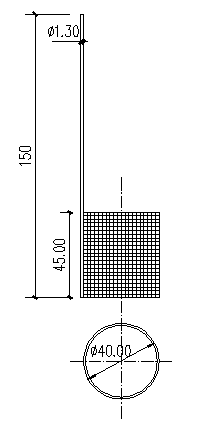


图2 铂阴极 图3 铂阳极

5.4 样品

分析样品加工破碎至全量通过 2 mm 标准筛，再用 0.45 mm 标准筛筛分成筛上、筛下，分别称重。

5.5 试验步骤

5.5.1试料

按筛分后的质量比合称 3 g 样品（5.4），精确至0.0001 g。

5.5.2平行试验

平行进行两次试验，取其平均值。

5.5.3 空白试验

随同试料做空白实验(不电解)。

5.5.4 测定

5.5.4.1 溶解

5.5.4.1.1 除银法（若试料中银含量未知，按此操作进行）：将试料置于 250 mL电解杯中，加入30 mL硝酸溶液（5.2.7），加上磨口水封漏斗装置，待反应停止，在不高于80℃下加热至试料完全溶解，继续加热彻底赶尽氮的氧化物，取下，稍冷，加入 20 mL硫酸溶液（5.2.8）继续低温加热 5 min。取下，用水洗涤表皿和杯壁，冷却，加入8 mL氯化钠溶液(5.2.11)，继续低温加热使沉淀凝聚完全，取下，冷至室温。用中速定量滤纸过滤，用水冲洗电解杯和滤纸，至滤纸无蓝色后再洗涤4次。收集滤液至250mL电解杯中，加入 3mL 硝酸铅溶液（5.2.10）和2 mL氯化铵溶液（5.2.12），用水冲洗表面皿和杯壁，稀释至体积约为150 mL。保留沉淀和滤纸，按5.5.4.3进行操作。

5.5.5.4.2 减银法（若已知试料中银的含量，按此操作进行）：将试料置于250 mL电解杯中，加入30 mL硝酸溶液（5.2.7），加上磨口水封漏斗装置，待反应停止，在不高于80℃下加热至试料完全溶解，继续加热彻底赶尽氮的氧化物，取下，稍冷，加入20 mL硫酸溶液（5.2.8）继续低温加热 5 min。取下，用水洗涤表皿和杯壁，冷却。若溶液混浊，用中速定量滤纸过滤，洗涤滤纸和沉淀 8～10 次，收集滤液至 250 mL电解杯中，加入 3 mL硝酸铅溶液（5.2.10）和2 mL氯化铵溶液（5.2.12），用水冲洗表面皿和杯壁，稀释至体积约为 150 mL。保留沉淀和滤纸，按5.5.4.3进行操作。

5.5.4.2 电解

5.5.4.2.1 将铂阳极和已恒重的铂阴极安装在电解仪上，使铂电极浸在试液中，用两块半片表面皿盖上电解杯。在搅拌下，于1.5 A电流处进行电解。电解至铜的颜色褪去，以水洗涤表皿。杯壁和电极杆，继续电解 30 min。

5.5.4.2.2 电解完成后，冲洗表面皿和杯壁。不切断电源，慢慢地提升电极，立即用水冲洗电极，迅速取下铂阴极，并依次浸入两杯水和两杯无水乙醇中。再在105 ℃的恒温干燥箱中干燥 3 min～5 min，取出置于干燥器中，冷却至室温后称重。

5.5.4.3 电解液、滤纸及沉淀中铜的测量

5.5.4.3.1 将除银法或减银法中沉淀和滤纸放入500 mL三角烧杯中，加入10 mL硝酸（5.2.2）、3mL硫酸（5.2.3），加热溶解，直至冒浓白烟。如果仍有残渣，缓慢加入少量硝硫混酸（5.2.8），直至残渣溶解完全，并冒浓白烟至湿盐状，取下，稍冷。加入5 mL盐酸（5.2.4），加热使盐类溶解，取下，冷却，将溶液并入上述电解残液（5.5.4.2.2），最后再一并转移入250 mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。若溶液中铜浓度大于 5μg/mL时，需进行稀释。

5.5.4.3.2 将容量瓶中电解残液（5.5.4.3.1）用空气-乙炔火焰，于原子吸收光谱仪波长 324.7 nm 处，与测定系列标准溶液同时以水调零，测量试液的吸光度。减去试料的空白溶液的吸光度，从工作曲线上查出相应的铜的质量浓度（ρ）。

5.5.4.4工作曲线的绘制

移取0 mL、1.00 mL、2.00 mL、3.00 mL、4.00 mL、5.00 mL铜标准溶液（5.2.14），分别置于一组100 mL容量瓶中，加入5mL盐酸，用水稀释至刻度，混匀。在仪器最佳条件下，测量系列标准溶液的吸光度，减去系列标准溶液中“零”浓度溶液的吸光度，以铜的质量浓度为横坐标、吸光度为纵坐标，绘制工作曲线。

5.6 分析结果的计算

按5.5.4.1除银法操作时，按公式（3）计算铜的质量分数 ；按5.5.4.2减银法操作时，按公式（4）计算铜的质量分数 。

………………………（3）

…………………（4）

式中：

—电解后铂阴极的质量，单位为克（g）；

—电解前铂阴极的质量，单位为克（g）；

—试样的质量，单位为克（g）；

—从工作曲线上查出相应的试液中铜的质量浓度，单位为微克每毫升（μg/mL）；

—残渣铜溶液总体积，单位为毫升（mL）；

—残铜溶液分取后的稀释体积，单位为毫升（mL）；

—分取残铜溶液的体积，单位为毫升（mL）；

计算结果表示至小数点后2位。

5.7 精密度试验

5.7.1重复性

在重复性条件下获得两次独立测试结果的测定值，在以下表3的平均值范围内，这两个测试结果的绝对差值不超过重复性限（*r*）超过重复性限的情况不超过5 %。重复性限（*r*）按表3数据采用线性内插法或外延法求得。

表3 重复性限（*r*）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *w*Cu /（%） | 97.44 | 98.38 | 99.22 | 99.66 |
| r/（%） | 0.13 | 0.14 | 0.13 | 0.11 |

5.7.2再现性

在再现性条件下获得两次独立测试结果的测定值，在表4给出的平均值范围内，这两个测试结果的绝对差值不超过再现性限（*R*）超过再现性限的情况不超过5%。再现性限（*R*）按表4数据采用线性内插法或外延法求得。

表4 再现性限（*R*）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| *w*Cu /（%） | 97.44 | 98.38 | 99.22 | 99.66 |
| R/（%） | 0.28 | 0.20 | 0.17 | 0.17 |

6试验报告

试验报告应至少给出以下内容：

──试验对象；

──本文件的编号；

──所使用的方法；

──分析结果及其表示；

──与基本分析步骤的差异；

──观察到的异常现象；

──试验日期。

（资料性）

方法1 精密度试验原始数据

精密度数据是在2023年由19家实验室对8个不同水平的样品进行共同试验确定的。每个实验室对每个水平的样品在重复性条件下独立测定11次。测定的原始数据见表A.1。

表A.1 方法1 碘量法精密度试验原始数据

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验室 | 次数 | 铜含量（质量分数）  % | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | 1 | 99.65 | 99.27 | 98.29 | 97.38 | 95.16 | 89.40 | 85.13 | 80.80 |
| 2 | 99.64 | 99.12 | 98.35 | 97.33 | 94.98 | 89.25 | 85.03 | 80.73 |
| 3 | 99.71 | 99.20 | 98.36 | 97.37 | 95.09 | 89.31 | 85.11 | 80.64 |
| 4 | 99.63 | 99.18 | 98.25 | 97.48 | 95.02 | 89.38 | 85.10 | 80.69 |
| 5 | 99.69 | 99.23 | 98.28 | 97.43 | 95.16 | 89.41 | 84.99 | 80.76 |
| 6 | 99.70 | 99.17 | 98.32 | 97.38 | 94.92 | 89.29 | 85.09 | 80.77 |
| 7 | 99.71 | 99.30 | 98.23 | 97.44 | 94.94 | 89.43 | 85.22 | 80.85 |
| 8 | 99.64 | 99.18 | 98.33 | 97.31 | 95.12 | 89.39 | 85.08 | 80.69 |
| 9 | 99.67 | 99.26 | 98.38 | 97.38 | 95.17 | 89.36 | 85.14 | 80.71 |
| 10 | 99.68 | 99.19 | 98.43 | 97.43 | 95.03 | 89.32 | 85.03 | 80.82 |
| 11 | 99.64 | 99.25 | 98.45 | 97.40 | 95.00 | 89.29 | 85.01 | 80.78 |
| 均值 | 99.67 | 99.21 | 98.33 | 97.39 | 95.05 | 89.35 | 85.08 | 80.75 |
| s | 0.03 | 0.05 | 0.07 | 0.05 | 0.09 | 0.06 | 0.07 | 0.06 |
| 2 | 1 | 99.67 | 99.21 | 98.42 | 97.43 | 94.93 | 89.42 | 85.12 | 80.83 |
| 2 | 99.67 | 99.11 | 98.41 | 97.45 | 95.15 | 89.40 | 85.15 | 80.69 |
| 3 | 99.59 | 99.16 | 98.43 | 97.38 | 95.04 | 89.33 | 85.10 | 80.69 |
| 4 | 99.59 | 99.11 | 98.30 | 97.47 | 94.99 | 89.34 | 85.10 | 80.74 |
| 5 | 99.63 | 99.10 | 98.39 | 97.36 | 95.15 | 89.36 | 85.11 | 80.84 |
| 6 | 99.63 | 99.21 | 98.45 | 97.40 | 95.08 | 89.33 | 85.21 | 80.70 |
| 7 | 99.67 | 99.11 | 98.45 | 97.45 | 94.96 | 89.45 | 85.16 | 80.77 |
| 8 | 99.59 | 99.11 | 98.37 | 97.43 | 94.97 | 89.47 | 85.12 | 80.68 |
| 9 | 99.67 | 99.16 | 98.31 | 97.47 | 94.89 | 89.46 | 85.14 | 80.81 |
| 10 | 99.70 | 99.21 | 98.45 | 97.47 | 94.92 | 89.45 | 85.16 | 80.72 |
| 11 | 99.72 | 99.21 | 98.41 | 97.36 | 94.94 | 89.40 | 85.16 | 80.73 |
| 均值 | 99.65 | 99.15 | 98.40 | 97.42 | 95.00 | 89.40 | 85.14 | 80.75 |
| s | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.09 | 0.05 | 0.03 | 0.06 |
| 3 | 1 | 99.50 | 99.10 | 98.24 | 97.52 | 95.11 | 89.24 | 85.06 | 80.56 |
| 2 | 99.53 | 99.12 | 98.12 | 97.56 | 95.13 | 89.22 | 85.01 | 80.59 |
| 3 | 99.57 | 99.26 | 98.29 | 97.62 | 95.20 | 89.42 | 85.22 | 80.64 |
| 4 | 99.57 | 99.26 | 98.47 | 97.62 | 95.20 | 89.42 | 85.22 | 80.64 |
| 5 | 99.53 | 99.10 | 98.21 | 97.45 | 95.19 | 89.26 | 85.10 | 80.32 |
| 6 | 99.52 | 99.13 | 98.19 | 97.63 | 95.17 | 89.33 | 85.16 | 80.69 |
| 7 | 99.57 | 99.18 | 98.47 | 97.57 | 95.12 | 89.32 | 85.23 | 80.76 |
| 8 | 99.57 | 99.23 | 98.36 | 97.60 | 95.17 | 89.30 | 85.22 | 80.68 |
| 9 | 99.59 | 99.19 | 98.34 | 97.62 | 95.08 | 89.27 | 84.92 | 80.42 |
| 10 | 99.56 | 99.23 | 98.35 | 97.67 | 95.16 | 89.29 | 85.11 | 80.72 |
| 11 | 99.57 | 99.18 | 98.31 | 97.57 | 95.12 | 89.32 | 85.23 | 80.76 |
| 均值 | 99.55 | 99.18 | 98.30\* | 97.58 | 95.15 | 89.31 | 85.13\* | 80.62\*\* |
| s | 0.03 | 0.06 | 0.11 | 0.06 | 0.04 | 0.07 | 0.10 | 0.14 |
| 4 | 1 | 99.71 | 98.97 | 98.30 | 97.36 | 95.25 | 89.72 | 85.49 | 80.90 |
| 2 | 99.82 | 99.00 | 98.36 | 97.39 | 95.39 | 89.60 | 85.34 | 80.82 |
| 3 | 99.63 | 99.04 | 98.38 | 97.37 | 95.28 | 89.36 | 85.36 | 80.91 |
| 4 | 99.70 | 98.98 | 98.32 | 97.43 | 95.30 | 89.63 | 85.36 | 80.93 |
| 5 | 99.65 | 99.03 | 98.32 | 97.53 | 95.21 | 89.46 | 85.70 | 80.86 |
| 6 | 99.66 | 98.98 | 98.20 | 97.48 | 95.25 | 89.48 | 85.43 | 80.88 |
| 7 | 99.66 | 99.05 | 98.34 | 97.39 | 94.92 | 89.34 | 85.28 | 80.71 |
| 8 | 99.73 | 99.05 | 98.42 | 97.39 | 95.09 | 89.38 | 85.51 | 80.67 |
| 9 | 99.74 | 99.09 | 98.44 | 97.41 | 95.11 | 89.51 | 85.51 | 80.73 |
| 10 | 99.67 | 99.14 | 98.38 | 97.43 | 95.04 | 89.48 | 85.30 | 80.57 |
| 11 | 99.72 | 99.06 | 98.31 | 97.51 | 95.04 | 89.37 | 85.28 | 80.73 |
| 均值 | 99.70 | 99.04\*\* | 98.34 | 97.43 | 95.17\*\* | 89.48\*\* | 85.41\*\* | 80.79 |
| s | 0.05 | 0.05 | 0.07 | 0.06 | 0.14 | 0.12 | 0.13 | 0.12 |
| 5 | 1 | 99.69 | 99.27 | 98.34 | 97.44 | 95.28 | 89.27 | 85.12 | 80.60 |
| 2 | 99.62 | 99.31 | 98.44 | 97.54 | 95.20 | 89.23 | 85.14 | 80.62 |
| 3 | 99.67 | 99.34 | 98.46 | 97.60 | 95.28 | 89.15 | 85.22 | 80.58 |
| 4 | 99.60 | 99.41 | 98.50 | 97.49 | 95.09 | 89.18 | 85.17 | 80.67 |
| 5 | 99.72 | 99.28 | 98.50 | 97.58 | 95.15 | 89.33 | 85.13 | 80.77 |
| 6 | 99.77 | 99.32 | 98.45 | 97.39 | 95.16 | 89.38 | 85.04 | 80.92 |
| 7 | 99.62 | 99.33 | 98.30 | 97.52 | 95.03 | 89.43 | 85.08 | 80.78 |
| 8 | 99.80 | 99.26 | 98.44 | 97.42 | 95.24 | 89.25 | 85.08 | 80.80 |
| 9 | 99.76 | 99.27 | 98.48 | 97.44 | 95.22 | 89.28 | 85.16 | 80.86 |
| 10 | 99.66 | 99.26 | 98.44 | 97.54 | 95.21 | 89.40 | 85.21 | 80.69 |
| 11 | 99.56 | 99.28 | 98.36 | 97.42 | 95.20 | 89.18 | 85.19 | 80.84 |
| 均值 | 99.68 | 99.30 | 98.43 | 97.49 | 95.19 | 89.28 | 85.14 | 80.74 |
| s | 0.08 | 0.05 | 0.07 | 0.07 | 0.08 | 0.09 | 0.06 | 0.11 |
| 6 | 1 | 99.67 | 99.09 | 98.34 | 97.30 | 95.17 | 89.26 | 85.14 | 80.69 |
| 2 | 99.72 | 99.17 | 98.38 | 97.34 | 95.13 | 89.30 | 85.14 | 80.85 |
| 3 | 99.67 | 99.13 | 98.46 | 97.38 | 94.96 | 89.22 | 85.10 | 80.77 |
| 4 | 99.63 | 99.09 | 98.46 | 97.42 | 94.96 | 89.30 | 85.18 | 80.77 |
| 5 | 99.63 | 99.09 | 98.46 | 97.38 | 94.96 | 89.26 | 84.97 | 80.64 |
| 6 | 99.75 | 99.21 | 98.43 | 97.30 | 95.01 | 89.18 | 85.02 | 80.81 |
| 7 | 99.75 | 99.17 | 98.38 | 97.35 | 95.05 | 89.22 | 85.14 | 80.73 |
| 8 | 99.67 | 99.21 | 98.34 | 97.36 | 95.05 | 89.26 | 85.10 | 80.77 |
| 9 | 99.71 | 99.09 | 98.38 | 97.38 | 95.09 | 89.22 | 85.18 | 80.85 |
| 10 | 99.63 | 99.13 | 98.38 | 97.34 | 95.13 | 89.30 | 84.97 | 80.69 |
| 11 | 99.67 | 99.09 | 98.42 | 97.46 | 95.09 | 89.22 | 85.06 | 80.81 |
| 均值 | 99.68 | 99.13 | 98.40 | 97.36 | 95.05 | 89.25 | 85.09 | 80.76 |
| s | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.07 | 0.04 | 0.08 | 0.07 |
| 7 | 1 | 99.53 | 99.17 | 98.29 | 97.51 | 95.18 | 89.48 | 85.23 | 80.79 |
| 2 | 99.56 | 99.16 | 98.34 | 97.48 | 95.20 | 89.46 | 85.16 | 80.78 |
| 3 | 99.63 | 99.20 | 98.40 | 97.50 | 95.16 | 89.34 | 85.15 | 80.80 |
| 4 | 99.63 | 99.23 | 98.39 | 97.49 | 95.08 | 89.37 | 85.25 | 80.76 |
| 5 | 99.61 | 99.10 | 98.27 | 97.48 | 95.10 | 89.33 | 85.26 | 80.79 |
| 6 | 99.55 | 99.11 | 98.27 | 97.52 | 95.14 | 89.36 | 85.25 | 80.79 |
| 7 | 99.56 | 99.21 | 98.37 | 97.50 | 95.10 | 89.37 | 85.27 | 80.75 |
| 8 | 99.65 | 99.19 | 98.37 | 97.54 | 95.06 | 89.32 | 85.16 | 80.77 |
| 9 | 99.67 | 99.17 | 98.23 | 97.53 | 95.14 | 89.41 | 85.22 | 80.79 |
| 10 | 99.53 | 99.18 | 98.37 | 97.54 | 95.18 | 89.37 | 85.20 | 80.79 |
| 11 | 99.66 | 99.10 | 98.39 | 97.49 | 95.04 | 89.34 | 85.20 | 80.67 |
| 均值 | 99.60 | 99.17 | 98.34 | 97.51 | 95.13 | 89.38 | 85.21 | 80.77 |
| s | 0.05 | 0.04 | 0.06 | 0.02 | 0.05 | 0.05 | 0.04 | 0.04 |
| 8 | 1 | 99.65 | 99.18 | 98.25 | 97.30 | 95.04 | 89.31 | 85.06 | 80.82 |
| 2 | 99.58 | 99.25 | 98.31 | 97.39 | 95.10 | 89.40 | 85.08 | 80.71 |
| 3 | 99.59 | 99.15 | 98.41 | 97.35 | 95.15 | 89.40 | 85.14 | 80.79 |
| 4 | 99.66 | 99.17 | 98.32 | 97.43 | 95.07 | 89.32 | 85.18 | 80.80 |
| 5 | 99.62 | 99.15 | 98.33 | 97.32 | 95.11 | 89.41 | 84.98 | 80.73 |
| 6 | 99.60 | 99.18 | 98.31 | 97.35 | 94.98 | 89.46 | 85.19 | 80.65 |
| 7 | 99.66 | 99.17 | 98.30 | 97.32 | 95.01 | 89.38 | 85.06 | 80.80 |
| 8 | 99.59 | 99.20 | 98.27 | 97.35 | 95.04 | 89.31 | 85.14 | 80.68 |
| 9 | 99.64 | 99.19 | 98.33 | 97.43 | 95.08 | 89.33 | 85.05 | 80.62 |
| 10 | 99.59 | 99.12 | 98.28 | 97.45 | 95.03 | 89.32 | 84.99 | 80.61 |
| 11 | 99.60 | 99.16 | 98.32 | 97.41 | 95.06 | 89.30 | 85.15 | 80.60 |
| 均值 | 99.62 | 99.17 | 98.31 | 97.37 | 95.06 | 89.36 | 85.09 | 80.71 |
| s | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.05 | 0.05 | 0.07 | 0.08 |
| 9 | 1 | 99.76 | 99.15 | 98.33 | 97.44 | 95.10 | 89.35 | 85.09 | 80.65 |
| 2 | 99.67 | 99.23 | 98.29 | 97.48 | 95.00 | 89.33 | 84.91 | 80.73 |
| 3 | 99.71 | 99.21 | 98.32 | 97.58 | 95.05 | 89.42 | 85.11 | 80.84 |
| 4 | 99.75 | 99.10 | 98.36 | 97.58 | 95.03 | 89.42 | 85.17 | 80.89 |
| 5 | 99.68 | 99.14 | 98.32 | 97.60 | 95.07 | 89.42 | 85.14 | 80.83 |
| 6 | 99.69 | 99.14 | 98.36 | 97.57 | 95.03 | 89.34 | 85.17 | 80.69 |
| 7 | 99.64 | 99.20 | 98.30 | 97.59 | 95.09 | 89.45 | 84.97 | 80.80 |
| 8 | 99.69 | 99.20 | 98.28 | 97.50 | 95.01 | 89.44 | 85.08 | 80.80 |
| 9 | 99.75 | 99.14 | 98.34 | 97.50 | 95.12 | 89.41 | 85.13 | 80.79 |
| 10 | 99.74 | 99.23 | 98.28 | 97.45 | 95.13 | 89.39 | 85.01 | 80.72 |
| 11 | 99.66 | 99.14 | 98.36 | 97.44 | 95.07 | 89.35 | 85.10 | 80.83 |
| 均值 | 99.70 | 99.17 | 98.32 | 97.52 | 95.06 | 89.39 | 85.08 | 80.78 |
| s | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.08 | 0.07 |
| 10 | 1 | 99.61 | 99.19 | 98.30 | 97.35 | 95.00 | 89.37 | 85.20 | 80.76 |
| 2 | 99.64 | 99.20 | 98.36 | 97.42 | 95.02 | 89.32 | 85.11 | 80.80 |
| 3 | 99.69 | 99.19 | 98.32 | 97.43 | 94.99 | 89.30 | 85.09 | 80.78 |
| 4 | 99.67 | 99.16 | 98.34 | 97.45 | 95.03 | 89.45 | 85.25 | 80.81 |
| 5 | 99.58 | 99.21 | 98.32 | 97.30 | 95.00 | 89.28 | 85.05 | 80.75 |
| 6 | 99.68 | 99.29 | 98.29 | 97.49 | 94.97 | 89.40 | 85.17 | 80.79 |
| 7 | 99.60 | 99.18 | 98.38 | 97.34 | 95.04 | 89.33 | 85.22 | 80.79 |
| 8 | 99.61 | 99.17 | 98.32 | 97.34 | 94.97 | 89.43 | 85.16 | 80.67 |
| 9 | 99.64 | 99.21 | 98.31 | 97.28 | 94.90 | 89.36 | 85.06 | 80.69 |
| 10 | 99.68 | 99.15 | 98.30 | 97.38 | 95.03 | 89.38 | 85.24 | 80.71 |
| 11 | 99.56 | 99.16 | 98.35 | 97.39 | 94.95 | 89.46 | 85.14 | 80.72 |
| 均值 | 99.63 | 99.19 | 98.33 | 97.38 | 94.99 | 89.37 | 85.15 | 80.75 |
| s | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.04 | 0.06 | 0.07 | 0.05 |
| 11 | 1 | 99.63 | 99.15 | 98.33 | 97.25 | 95.11 | 89.13 | 84.98 | 80.51 |
| 2 | 99.45 | 99.16 | 98.36 | 97.27 | 95.21 | 89.27 | 85.16 | 80.62 |
| 3 | 99.66 | 99.32 | 98.41 | 97.29 | 94.95 | 89.18 | 84.99 | 80.60 |
| 4 | 99.60 | 99.34 | 98.37 | 97.31 | 95.17 | 89.16 | 85.14 | 80.55 |
| 5 | 99.63 | 99.27 | 98.41 | 97.30 | 95.03 | 89.31 | 84.99 | 80.65 |
| 6 | 99.55 | 99.15 | 98.45 | 97.37 | 95.19 | 89.22 | 85.07 | 80.50 |
| 7 | 99.65 | 99.23 | 98.35 | 97.32 | 94.99 | 89.13 | 85.14 | 80.52 |
| 8 | 99.57 | 99.29 | 98.34 | 97.27 | 95.04 | 89.29 | 85.16 | 80.68 |
| 9 | 99.55 | 99.15 | 98.35 | 97.31 | 95.10 | 89.28 | 85.13 | 80.60 |
| 10 | 99.62 | 99.24 | 98.43 | 97.31 | 95.15 | 89.31 | 85.14 | 80.61 |
| 11 | 99.64 | 99.14 | 98.47 | 97.35 | 94.99 | 89.19 | 85.07 | 80.57 |
| 均值 | 99.60 | 99.22 | 98.39 | 97.30\* | 95.08 | 89.22 | 85.09 | 80.58\* |
| s | 0.06 | 0.08 | 0.05 | 0.04 | 0.09 | 0.07 | 0.07 | 0.06 |
| 12 | 1 | 99.59 | 99.25 | 98.33 | 97.48 | 95.01 | 89.46 | 85.12 | 80.91 |
| 2 | 99.64 | 99.33 | 98.36 | 97.45 | 94.95 | 89.45 | 85.09 | 80.93 |
| 3 | 99.75 | 99.29 | 98.41 | 97.36 | 95.10 | 89.28 | 85.13 | 80.85 |
| 4 | 99.69 | 99.23 | 98.37 | 97.29 | 95.12 | 89.35 | 85.05 | 80.79 |
| 5 | 99.79 | 99.35 | 98.29 | 97.44 | 95.08 | 89.43 | 85.15 | 80.85 |
| 6 | 99.63 | 99.39 | 98.26 | 97.40 | 95.10 | 89.33 | 84.97 | 80.76 |
| 7 | 99.61 | 99.24 | 98.40 | 97.38 | 94.98 | 89.29 | 85.06 | 80.78 |
| 8 | 99.70 | 99.19 | 98.29 | 97.34 | 95.14 | 89.41 | 84.95 | 80.74 |
| 9 | 99.65 | 99.24 | 98.45 | 97.29 | 94.97 | 89.31 | 85.07 | 80.75 |
| 10 | 99.68 | 99.20 | 98.43 | 97.33 | 95.02 | 89.29 | 84.99 | 80.92 |
| 11 | 99.59 | 99.33 | 98.29 | 97.45 | 95.12 | 89.43 | 85.14 | 80.78 |
| 均值 | 99.67 | 99.28 | 98.35 | 97.38 | 95.05 | 89.37 | 85.07 | 80.82 |
| s | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 | 0.07 |
| 13 | 1 | 99.64 | 99.13 | 98.32 | 97.47 | 95.00 | 89.32 | 85.20 | 80.62 |
| 2 | 99.81 | 99.39 | 98.35 | 97.57 | 95.20 | 89.30 | 85.30 | 80.70 |
| 3 | 99.82 | 99.30 | 98.48 | 97.55 | 95.09 | 89.39 | 85.28 | 80.75 |
| 4 | 99.80 | 99.28 | 98.46 | 97.55 | 95.11 | 89.41 | 85.30 | 80.75 |
| 5 | 99.84 | 99.38 | 98.33 | 97.49 | 95.00 | 89.32 | 85.27 | 80.79 |
| 6 | 99.78 | 99.28 | 98.32 | 97.53 | 95.09 | 89.35 | 85.28 | 80.72 |
| 7 | 99.74 | 99.22 | 98.40 | 97.51 | 95.00 | 89.46 | 85.21 | 80.60 |
| 8 | 99.71 | 99.18 | 98.39 | 97.63 | 95.15 | 89.50 | 85.30 | 80.70 |
| 9 | 99.67 | 99.19 | 98.42 | 97.60 | 95.13 | 89.47 | 85.24 | 80.67 |
| 10 | 99.75 | 99.30 | 98.35 | 97.57 | 95.06 | 89.41 | 85.24 | 80.67 |
| 11 | 99.86 | 99.28 | 98.45 | 97.65 | 95.15 | 89.50 | 85.28 | 80.75 |
| 均值 | 99.77\* | 99.27 | 98.39 | 97.56 | 95.09 | 89.40 | 85.26 | 80.70 |
| s | 0.07 | 0.08 | 0.06 | 0.06 | 0.07 | 0.07 | 0.04 | 0.06 |
| 14 | 1 | 99.76 | 99.23 | 98.43 | 97.52 | 95.21 | 89.53 | 85.26 | 80.85 |
| 2 | 99.75 | 99.26 | 98.50 | 97.45 | 95.16 | 89.47 | 85.31 | 80.82 |
| 3 | 99.74 | 99.30 | 98.40 | 97.50 | 95.15 | 89.56 | 85.26 | 80.88 |
| 4 | 99.71 | 99.25 | 98.41 | 97.48 | 95.16 | 89.49 | 85.26 | 80.84 |
| 5 | 99.71 | 99.24 | 98.47 | 97.43 | 95.09 | 89.44 | 85.29 | 80.78 |
| 6 | 99.67 | 99.26 | 98.31 | 97.55 | 95.11 | 89.57 | 85.15 | 80.77 |
| 7 | 99.75 | 99.24 | 98.35 | 97.47 | 95.04 | 89.41 | 85.16 | 80.72 |
| 8 | 99.74 | 99.37 | 98.33 | 97.49 | 94.98 | 89.50 | 85.09 | 80.58 |
| 9 | 99.81 | 99.36 | 98.46 | 97.42 | 95.00 | 89.48 | 85.17 | 80.56 |
| 10 | 99.68 | 99.26 | 98.43 | 97.48 | 95.18 | 89.49 | 85.18 | 80.80 |
| 11 | 99.72 | 99.29 | 98.39 | 97.49 | 95.16 | 89.49 | 85.20 | 80.62 |
| 均值 | 99.73 | 99.28 | 98.41 | 97.48 | 95.11 | 89.49 | 85.21 | 80.75\*\* |
| s | 0.04 | 0.05 | 0.06 | 0.04 | 0.08 | 0.05 | 0.07 | 0.11 |
| 15 | 1 | 99.70 | 99.21 | 98.41 | 97.37 | 95.20 | 89.42 | 85.20 | 80.70 |
| 2 | 99.72 | 99.21 | 98.41 | 97.38 | 95.22 | 89.43 | 85.21 | 80.70 |
| 3 | 99.74 | 99.22 | 98.41 | 97.40 | 95.22 | 89.45 | 85.22 | 80.72 |
| 4 | 99.75 | 99.25 | 98.41 | 97.40 | 95.23 | 89.46 | 85.23 | 80.73 |
| 5 | 99.75 | 99.25 | 98.43 | 97.43 | 95.24 | 89.47 | 85.25 | 80.73 |
| 6 | 99.75 | 99.25 | 98.43 | 97.44 | 95.25 | 89.47 | 85.25 | 80.76 |
| 7 | 99.76 | 99.25 | 98.44 | 97.44 | 95.25 | 89.47 | 85.27 | 80.76 |
| 8 | 99.76 | 99.25 | 98.45 | 97.44 | 95.26 | 89.48 | 85.27 | 80.77 |
| 9 | 99.77 | 99.26 | 98.46 | 97.45 | 95.27 | 89.49 | 85.29 | 80.78 |
| 10 | 99.77 | 99.26 | 98.48 | 97.46 | 95.27 | 89.49 | 85.30 | 80.78 |
| 11 | 99.75 | 99.27 | 98.48 | 97.48 | 95.28 | 89.50 | 85.30 | 80.79 |
| 均值 | 99.75 | 99.24 | 98.44 | 97.43 | 95.24\* | 89.47 | 85.25 | 80.75 |
| s | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.03 |
| 16 | 1 | 99.70 | 99.15 | 98.39 | 97.33 | 94.89 | 89.21 | 85.26 | 80.55 |
| 2 | 99.69 | 99.25 | 98.43 | 97.27 | 95.25 | 89.31 | 85.18 | 80.69 |
| 3 | 99.65 | 99.23 | 98.41 | 97.22 | 95.17 | 89.47 | 85.28 | 80.63 |
| 4 | 99.63 | 99.35 | 98.32 | 97.45 | 94.89 | 89.39 | 85.13 | 80.58 |
| 5 | 99.61 | 99.30 | 98.44 | 97.28 | 95.09 | 89.29 | 85.16 | 80.72 |
| 6 | 99.59 | 99.19 | 98.39 | 97.30 | 95.07 | 89.35 | 85.09 | 80.66 |
| 7 | 99.52 | 99.38 | 98.33 | 97.44 | 95.11 | 89.24 | 85.22 | 80.61 |
| 8 | 99.63 | 99.30 | 98.29 | 97.38 | 94.97 | 89.23 | 85.17 | 80.59 |
| 9 | 99.61 | 99.25 | 98.42 | 97.30 | 95.19 | 89.30 | 85.09 | 80.74 |
| 10 | 99.70 | 99.27 | 98.28 | 97.27 | 95.18 | 89.38 | 85.19 | 80.77 |
| 11 | 99.71 | 99.36 | 98.42 | 97.29 | 95.20 | 89.21 | 85.24 | 80.68 |
| 均值 | 99.64 | 99.28 | 98.37 | 97.32 | 95.09\*\* | 89.31 | 85.18 | 80.66 |
| s | 0.06 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.13 | 0.08 | 0.06 | 0.07 |
| 17 | 1 | 99.58 | 99.24 | 98.34 | 97.24 | 95.09 | 89.23 | 85.01 | 80.83 |
| 2 | 99.62 | 99.35 | 98.21 | 97.31 | 95.11 | 89.31 | 85.11 | 80.80 |
| 3 | 99.65 | 99.27 | 98.20 | 97.19 | 94.98 | 89.34 | 84.96 | 80.89 |
| 4 | 99.65 | 99.44 | 98.23 | 97.39 | 95.00 | 89.14 | 84.96 | 80.81 |
| 5 | 99.71 | 99.23 | 98.26 | 97.20 | 94.99 | 89.24 | 85.12 | 80.76 |
| 6 | 99.53 | 99.23 | 98.28 | 97.27 | 95.17 | 89.32 | 85.06 | 80.77 |
| 7 | 99.59 | 99.33 | 98.30 | 97.22 | 95.12 | 89.24 | 85.12 | 80.81 |
| 8 | 99.58 | 99.18 | 98.29 | 97.33 | 95.13 | 89.37 | 85.04 | 80.77 |
| 9 | 99.55 | 99.15 | 98.30 | 97.41 | 95.12 | 89.24 | 84.95 | 80.68 |
| 10 | 99.61 | 99.22 | 98.31 | 97.33 | 95.14 | 89.32 | 85.13 | 80.68 |
| 11 | 99.59 | 99.36 | 98.26 | 97.24 | 95.09 | 89.29 | 85.15 | 80.85 |
| 均值 | 99.61 | 99.27 | 98.27 | 97.28 | 95.09 | 89.28 | 85.06 | 80.79 |
| s | 0.05 | 0.09 | 0.04 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.08 | 0.07 |
| 18 | 1 | 99.52 | 99.09 | 98.52 | 97.40 | 94.86 | 89.14 | 85.14 | 80.63 |
| 2 | 99.54 | 98.97 | 98.53 | 97.47 | 94.81 | 89.19 | 85.12 | 80.59 |
| 3 | 99.52 | 99.01 | 98.50 | 97.51 | 94.95 | 89.18 | 85.05 | 80.63 |
| 4 | 99.55 | 99.20 | 98.49 | 97.48 | 94.95 | 89.25 | 85.04 | 80.63 |
| 5 | 99.71 | 99.09 | 98.49 | 97.27 | 94.89 | 89.26 | 85.05 | 80.69 |
| 6 | 99.71 | 99.18 | 98.49 | 97.32 | 94.97 | 89.30 | 85.17 | 80.65 |
| 7 | 99.64 | 99.12 | 98.30 | 97.46 | 94.94 | 89.10 | 85.19 | 80.69 |
| 8 | 99.64 | 99.22 | 98.39 | 97.46 | 95.02 | 89.12 | 85.03 | 80.72 |
| 9 | 99.52 | 99.22 | 98.31 | 97.46 | 95.02 | 89.15 | 85.05 | 80.74 |
| 10 | 99.45 | 99.12 | 98.39 | 97.32 | 94.99 | 89.22 | 85.02 | 80.82 |
| 11 | 99.57 | 99.12 | 98.34 | 97.35 | 94.92 | 89.23 | 84.99 | 80.77 |
| 均值 | 99.58\* | 99.12 | 98.43 | 97.41 | 94.94\* | 89.19 | 85.08 | 80.69 |
| s | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.08 | 0.07 | 0.06 | 0.07 | 0.07 |
| 19 | 1 | 99.60 | 99.19 | 98.10 | 97.49 | 95.00 | 89.47 | 85.17 | 80.75 |
| 2 | 99.56 | 99.21 | 98.09 | 97.50 | 95.09 | 89.39 | 85.12 | 80.68 |
| 3 | 99.64 | 99.20 | 98.23 | 97.47 | 94.91 | 89.43 | 85.15 | 80.68 |
| 4 | 99.65 | 99.17 | 98.17 | 97.48 | 95.16 | 89.45 | 85.16 | 80.75 |
| 5 | 99.59 | 99.26 | 98.17 | 97.48 | 95.07 | 89.43 | 85.18 | 80.69 |
| 6 | 99.66 | 99.17 | 98.15 | 97.45 | 95.05 | 89.43 | 85.17 | 80.68 |
| 7 | 99.64 | 99.23 | 98.17 | 97.45 | 95.10 | 89.40 | 85.16 | 80.72 |
| 8 | 99.63 | 99.20 | 98.19 | 97.42 | 95.09 | 89.46 | 85.17 | 80.71 |
| 9 | 99.65 | 99.17 | 98.22 | 97.46 | 95.00 | 89.44 | 85.15 | 80.69 |
| 10 | 99.61 | 99.22 | 98.18 | 97.48 | 94.98 | 89.40 | 85.14 | 80.73 |
| 11 | 99.64 | 99.23 | 98.13 | 97.47 | 94.97 | 89.40 | 85.15 | 80.75 |
| 均值 | 99.62 | 99.20 | 98.16\*\* | 97.47 | 95.04 | 89.43 | 85.16 | 80.71 |
| s | 0.03 | 0.03 | 0.04 | 0.02 | 0.07 | 0.03 | 0.02 | 0.03 |
| 注：表中标“\*”数据表示为岐离值，计算时保留；  表中标“\*\*”数据表示为离群值，计算时剔除。 | | | | | | | | | |

（资料性）

方法2电解法精密度试验原始数据

精密度数据是在2023年由16家实验室对4个不同水平的样品进行共同试验确定的。每个实验室对每个水平的样品在重复性条件下独立测定9次。测定的原始数据见表B.1。

表B.1 方法2 电解法精密度试验原始数据

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 实验室 | 次数 | 铜含量（质量分数）  % | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 1 | 99.75 | 99.26 | 98.33 | 97.38 |
| 2 | 99.66 | 99.17 | 98.35 | 97.46 |
| 3 | 99.71 | 99.18 | 98.38 | 97.48 |
| 4 | 99.72 | 99.21 | 98.31 | 97.37 |
| 5 | 99.68 | 99.20 | 98.32 | 97.39 |
| 6 | 99.70 | 99.17 | 98.44 | 97.40 |
| 7 | 99.69 | 99.31 | 98.46 | 97.46 |
| 8 | 99.70 | 99.28 | 98.48 | 97.38 |
| 9 | 99.67 | 99.20 | 98.34 | 97.43 |
| 均值 | 99.70 | 99.22 | 98.38\* | 97.42 |
| s | 0.02728 | 0.05099 | 0.06470 | 0.04153 |
| 2 | 1 | 99.63 | 99.19 | 98.40 | 97.42 |
| 2 | 99.68 | 99.24 | 98.35 | 97.44 |
| 3 | 99.65 | 99.20 | 98.33 | 97.39 |
| 4 | 99.62 | 99.15 | 98.41 | 97.46 |
| 5 | 99.65 | 99.15 | 98.42 | 97.42 |
| 6 | 99.65 | 99.20 | 98.38 | 97.44 |
| 7 | 99.64 | 99.14 | 98.41 | 97.44 |
| 8 | 99.66 | 99.18 | 98.37 | 97.44 |
| 9 | 99.65 | 99.16 | 98.42 | 97.41 |
| 均值 | 99.65 | 99.18 | 98.39 | 97.43 |
| s | 0.01716 | 0.03219 | 0.03232 | 0.02088 |
| 3 | 1 | 99.59 | 99.20 | 98.49 | 97.60 |
| 2 | 99.59 | 99.23 | 98.46 | 97.63 |
| 3 | 99.46 | 99.23 | 98.46 | 97.64 |
| 4 | 99.56 | 99.16 | 98.47 | 97.59 |
| 5 | 99.52 | 99.25 | 98.42 | 97.61 |
| 6 | 99.58 | 99.19 | 98.51 | 97.56 |
| 7 | 99.51 | 99.25 | 98.43 | 97.63 |
| 8 | 99.47 | 99.29 | 98.52 | 97.64 |
| 9 | 99.54 | 99.18 | 98.49 | 97.58 |
| 均值 | 99.54\* | 99.22 | 98.47 | 97.61\* |
| s | 0.04927 | 0.04093 | 0.03383 | 0.02848 |
| 4 | 1 | 99.74 | 99.06 | 98.24 | 97.43 |
| 2 | 99.75 | 99.14 | 98.38 | 97.45 |
| 3 | 99.70 | 99.21 | 98.32 | 97.49 |
| 4 | 99.64 | 99.20 | 98.40 | 97.39 |
| 5 | 99.76 | 99.19 | 98.31 | 97.46 |
| 6 | 99.73 | 99.21 | 98.28 | 97.35 |
| 7 | 99.76 | 99.22 | 98.31 | 97.44 |
| 8 | 99.66 | 99.22 | 98.33 | 97.39 |
| 9 | 99.65 | 99.16 | 98.28 | 97.46 |
| 均值 | 99.71\* | 99.18 | 98.32 | 97.43 |
| s | 0.04873 | 0.05231 | 0.04975 | 0.04400 |
| 5 | 1 | 99.62 | 99.17 | 98.34 | 97.57 |
| 2 | 99.67 | 99.13 | 98.31 | 97.55 |
| 3 | 99.65 | 99.15 | 98.32 | 97.53 |
| 4 | 99.67 | 99.13 | 98.35 | 97.58 |
| 5 | 99.66 | 99.17 | 98.33 | 97.57 |
| 6 | 99.63 | 99.21 | 98.37 | 97.60 |
| 7 | 99.62 | 99.12 | 98.32 | 97.55 |
| 8 | 99.67 | 99.18 | 98.36 | 97.56 |
| 9 | 99.65 | 99.15 | 98.32 | 97.57 |
| 均值 | 99.65 | 99.16 | 98.34 | 97.56 |
| s | 0.02088 | 0.02872 | 0.02068 | 0.02007 |
| 6 | 1 | 99.64 | 99.13 | 98.50 | 97.46 |
| 2 | 99.70 | 99.22 | 98.43 | 97.47 |
| 3 | 99.73 | 99.23 | 98.38 | 97.50 |
| 4 | 99.69 | 99.20 | 98.39 | 97.47 |
| 5 | 99.68 | 99.21 | 98.49 | 97.44 |
| 6 | 99.65 | 99.21 | 98.44 | 97.45 |
| 7 | 99.73 | 99.24 | 98.38 | 97.50 |
| 8 | 99.64 | 99.19 | 98.37 | 97.47 |
| 9 | 99.65 | 99.18 | 98.37 | 97.45 |
| 均值 | 99.68 | 99.20 | 98.42 | 97.47 |
| s | 0.03621 | 0.03257 | 0.05099 | 0.02108 |
| 7 | 1 | 99.70 | 99.22 | 98.39 | 97.49 |
| 2 | 99.70 | 99.25 | 98.42 | 97.47 |
| 3 | 99.69 | 99.27 | 98.43 | 97.50 |
| 4 | 99.68 | 99.16 | 98.43 | 97.53 |
| 5 | 99.69 | 99.26 | 98.41 | 97.51 |
| 6 | 99.69 | 99.25 | 98.41 | 97.50 |
| 7 | 99.72 | 99.20 | 98.33 | 97.51 |
| 8 | 99.61 | 99.19 | 98.30 | 97.51 |
| 9 | 99.67 | 99.22 | 98.39 | 97.52 |
| 均值 | 99.68 | 99.22 | 98.39 | 97.50 |
| s | 0.03082 | 0.03644 | 0.04555 | 0.01740 |
| 8 | 1 | 99.66 | 99.17 | 98.28 | 97.46 |
| 2 | 99.63 | 99.18 | 98.37 | 97.44 |
| 3 | 99.65 | 99.15 | 98.38 | 97.52 |
| 4 | 99.60 | 99.24 | 98.32 | 97.42 |
| 5 | 99.60 | 99.23 | 98.29 | 97.41 |
| 6 | 99.60 | 99.15 | 98.27 | 97.39 |
| 7 | 99.57 | 99.14 | 98.36 | 97.42 |
| 8 | 99.58 | 99.15 | 98.37 | 97.45 |
| 9 | 99.65 | 99.18 | 98.37 | 97.48 |
| 均值 | 99.62 | 99.18 | 98.33 | 97.44 |
| s | 0.03283 | 0.03606 | 0.04447 | 0.03969 |
| 9 | 1 | 99.66 | 99.23 | 98.41 | 97.40 |
| 2 | 99.66 | 99.22 | 98.30 | 97.42 |
| 3 | 99.67 | 99.18 | 98.40 | 97.38 |
| 4 | 99.68 | 99.24 | 98.37 | 97.38 |
| 5 | 99.64 | 99.18 | 98.44 | 97.41 |
| 6 | 99.65 | 99.20 | 98.38 | 97.39 |
| 7 | 99.66 | 99.21 | 98.36 | 97.40 |
| 8 | 99.64 | 99.19 | 98.40 | 97.41 |
| 9 | 99.67 | 99.20 | 98.38 | 97.38 |
| 均值 | 99.66 | 99.21 | 98.38 | 97.40 |
| s | 0.01364 | 0.02128 | 0.03898 | 0.01500 |
| 10 | 1 | 99.49 | 99.37 | 98.21 | 97.31 |
| 2 | 99.55 | 99.21 | 98.47 | 97.37 |
| 3 | 99.49 | 99.25 | 98.37 | 97.29 |
| 4 | 99.48 | 99.23 | 98.28 | 97.32 |
| 5 | 99.63 | 99.39 | 98.32 | 97.35 |
| 6 | 99.63 | 99.20 | 98.45 | 97.23 |
| 7 | 99.59 | 99.38 | 98.30 | 97.18 |
| 8 | 99.54 | 99.20 | 98.41 | 97.29 |
| 9 | 99.47 | 99.33 | 98.40 | 97.27 |
| 10 | 99.69 | 99.26 | 98.31 | 97.25 |
| 11 | 99.60 | 99.32 | 98.33 | 97.35 |
| 均值 | 99.56\*\* | 99.29\*\* | 98.35\*\* | 97.29\* |
| s | 0.07348 | 0.07448 | 0.07797 | 0.05706 |
| 11 | 1 | 99.67 | 99.29 | 98.4 | 97.45 |
| 2 | 99.68 | 99.23 | 98.42 | 97.46 |
| 3 | 99.71 | 99.29 | 98.32 | 97.36 |
| 4 | 99.71 | 99.29 | 98.37 | 97.33 |
| 5 | 99.69 | 99.26 | 98.45 | 97.35 |
| 6 | 99.63 | 99.25 | 98.31 | 97.33 |
| 7 | 99.64 | 99.33 | 98.41 | 97.35 |
| 8 | 99.7 | 99.28 | 98.39 | 97.33 |
| 9 | 99.68 | 99.23 | 98.38 | 97.4 |
| 均值 | 99.68 | 99.27 | 98.38 | 97.37 |
| s | 0.02848 | 0.03270 | 0.04528 | 0.05123 |
| 12 | 1 | 99.70 | 99.17 | 98.30 | 97.48 |
| 2 | 99.68 | 99.24 | 98.45 | 97.35 |
| 3 | 99.71 | 99.22 | 98.33 | 97.32 |
| 4 | 99.64 | 99.19 | 98.29 | 97.36 |
| 5 | 99.67 | 99.31 | 98.33 | 97.40 |
| 6 | 99.67 | 99.21 | 98.41 | 97.58 |
| 7 | 99.62 | 99.21 | 98.31 | 97.31 |
| 8 | 99.70 | 99.17 | 98.31 | 97.38 |
| 9 | 99.67 | 99.23 | 98.42 | 97.41 |
| 10 | 99.65 | 99.37 | 98.32 | 97.35 |
| 11 | 99.71 | 99.20 | 98.29 | 97.39 |
| 均值 | 99.67 | 99.23\* | 98.34 | 97.39\*\* |
| s | 0.02945 | 0.06057 | 0.05689 | 0.07749 |
| 13 | 1 | 99.61 | 99.17 | 98.30 | 97.49 |
| 2 | 99.68 | 99.15 | 98.45 | 97.37 |
| 3 | 99.71 | 99.26 | 98.34 | 97.44 |
| 4 | 99.70 | 99.28 | 98.53 | 97.45 |
| 5 | 99.71 | 99.17 | 98.35 | 97.45 |
| 6 | 99.69 | 99.25 | 98.42 | 97.42 |
| 7 | 99.65 | 99.19 | 98.36 | 97.39 |
| 8 | 99.71 | 99.23 | 98.44 | 97.44 |
| 9 | 99.69 | 99.20 | 98.40 | 97.47 |
| 均值 | 99.68 | 99.21 | 98.40\*\* | 97.44 |
| s | 0.03354 | 0.04567 | 0.06990 | 0.03745 |
| 14 | 1 | 99.62 | 99.29 | 98.49 | 97.46 |
| 2 | 99.68 | 99.26 | 98.43 | 97.45 |
| 3 | 99.72 | 99.28 | 98.45 | 97.40 |
| 4 | 99.76 | 99.22 | 98.48 | 97.39 |
| 5 | 99.76 | 99.20 | 98.40 | 97.46 |
| 6 | 99.75 | 99.24 | 98.48 | 97.48 |
| 7 | 99.76 | 99.24 | 98.46 | 97.44 |
| 8 | 99.66 | 99.25 | 98.40 | 97.38 |
| 9 | 99.70 | 99.25 | 98.45 | 97.45 |
| 均值 | 99.71\* | 99.25 | 98.45 | 97.43 |
| s | 0.05094 | 0.02774 | 0.03333 | 0.03539 |
| 15 | 1 | 99.71 | 99.23 | 98.51 | 97.11 |
| 2 | 99.69 | 99.31 | 98.45 | 97.33 |
| 3 | 99.69 | 99.28 | 98.48 | 97.22 |
| 4 | 99.71 | 99.33 | 98.45 | 97.29 |
| 5 | 99.69 | 99.28 | 98.43 | 97.30 |
| 6 | 99.73 | 99.35 | 98.40 | 97.25 |
| 7 | 99.72 | 99.40 | 98.43 | 97.33 |
| 均值 | 99.71 | 99.31\* | 98.45 | 97.26\*\* |
| s | 0.01618 | 0.05521 | 0.03606 | 0.07798 |
| 16 | 1 | 99.55 | 99.33 | 98.28 | 97.26 |
| 2 | 99.66 | 99.26 | 98.31 | 97.27 |
| 3 | 99.67 | 99.35 | 98.31 | 97.35 |
| 4 | 99.64 | 99.33 | 98.26 | 97.26 |
| 5 | 99.61 | 99.23 | 98.32 | 97.32 |
| 6 | 99.66 | 99.24 | 98.32 | 97.24 |
| 7 | 99.65 | 99.22 | 98.25 | 97.27 |
| 8 | 99.62 | 99.35 | 98.34 | 97.30 |
| 9 | 99.54 | 99.31 | 98.25 | 97.26 |
| 10 | 99.55 | 99.28 | 98.34 | 97.35 |
| 11 | 99.58 | 99.25 | 98.29 | 97.35 |
| 均值 | 99.61 | 99.28 | 98.30 | 97.29 |
| s | 0.04811 | 0.04975 | 0.03480 | 0.04479 |
| 注：表中标“\*”数据表示为岐离值，计算时保留；  表中标“\*\*”数据表示为离群值，计算时剔除。 | | | | | |