**—**

中华人民共和国工业和信息化部 发布

××××-××-××实施

××××-××-××发布

混合铅锌精矿化学分析方法

第8部分：铜含量的测定

 火焰原子吸收光谱法和碘量法

Methods for chemical analysis of lead and zinc bulk concentrates

——Part 8：Determination of copper content

——Flame atomic absorption spectrometry and iodine titration methods

（送审稿）

YS/T 461.8—202×

代替YS/T 461.8-2013

YS

中华人民共和国有色金属行业标准

ICS 77.120.60

CCS H 13

1. 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。

本文件是YS/T 461《混合铅锌精矿化学分析方法》的第8部分。YS/T 461已经发布了以下部分:

：

——第1部分：铅量与锌量的测定 沉淀分离Na2EDTA滴定法；

——第2部分：铁量的测定 Na2EDTA滴定法；

——第3部分：硫量的测定 燃烧-中和滴定法；

——第4部分：砷含量的测定 碘滴定法和原子荧光光谱法；

——第5部分：二氧化硅量的测定 钼蓝分光光度法；

——第6部分：汞含量的测定 原子荧光光谱法和固体进样直接法；

——第7部分：镉量的测定 火焰原子吸收光谱法；

——第8部分：铜含量的测定 火焰原子吸收光谱法和碘量法；

——第9部分：银量的测定 火焰原子吸收光谱法；

——第10部分：金量与银量的测定 火试金法；

——第11部分：砷、铋、镉、钴、铜、镍、锑含量的测定 电感耦合等离子体原子吸收光谱法；

——第12部分： 铊量的测定 电感耦合等离子体质谱法和电感耦合等离子体原子发射光谱法。

本文件代替YS/T 461.8—2013《混合铅锌精矿化学分析方法 第8部分：铜量的测定 火焰原子吸收光谱法》。与YS/T 461.8—2013相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

a)增加了规范性引用文件、术语和定义等两个章节（见第2章、第3章）；

b)更改了铜的测定范围。将铜的测定范围由“0.10%～5.00%”修改为“火焰原子吸收光谱法：0.10%～5.00%；碘量法：>5.00%～15.00%”（见第1章，2013年版的第1章）；

c）修改了方法一的溶样方法，将“试样用盐酸、硝酸溶解”修改为“试料用氟化氢铵、盐酸、硝酸、高氯酸溶解”（见4.5.4.1，2013年版的6.2）；

d）修改了方法一的试料量、补加盐酸量及试液总体积，将0.10%～5.00%全范围定容后直接测定，修改为试料统一称样0.10g，0.10%～0.25%范围不分取、0.25%～1.00%范围分取稀释5倍、1.00%～5.00%范围分取稀释20倍，盐酸补加量作相应调整（见4.5.1，2013年版的5.2）；

e）修改了方法一标准工作曲线的浓度范围，将系列标准溶液浓度由“0 μg/mL、5.00 μg/mL、10.00 μg/mL、15.00 μg/mL、20.00 μg/mL、25.00 μg/mL”修改为“0 μg/mL、0.50 μg/mL、1.00 μg/mL、1.50 μg/mL、2.00 μg/mL、2.50 μg/mL、3.00 μg/mL”（见4.5.5.1，2013年版的6.3.1）；

f）修改了方法一的精密度数据（见4.7，2013年版的第8章）；

g）增加了“方法二碘量法”（见第5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：深圳市中金岭南有色金属股份有限公司凡口铅锌矿、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司、云南驰宏锌锗股份有限公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、福建紫金矿冶测试技术有限公司厦门分公司、大冶有色设计研究院有限公司、北矿检测技术股份有限公司、葫芦岛有色金属股份有限公司、株洲冶炼集团股份有限公司、湖南有色金属研究院有限责任公司、山西北方铜业有限公司、江西铜业铅锌金属有限公司、山东恒邦冶炼股份有限公司、中国检验认证集团广东黄埔有限公司、湖南省遥感地质调查监测所、云铜锌业股份有限公司、中国检验认证集团广西有限公司、湖南水口山有色金属有限责任公司、广西国华计量检测有限公司河池分公司、中国有色桂林矿产地质研究院有限公司。

本文件主要起草人：李日平、罗付兴、吴瑞祥、1、2、3、4、龙秀甲、刘春华、刘晓明、冯加豪、张竹柳、5、6、梁俊生、杨佳琦、李佳洋、谢慧媛、路蹀、于亮、左花、左丹、左弘毅、黄树婷、唐华全、王姗、夏兵伟、肖立青、杨舜森、陈文生、李明珠、冯忠文、7。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——2003年首次发布为YS/T 461.8—2003；

——2013年第一次修订；

——本次为第二次修订。

1. 引 言

铜作为关键的工业原料，在电气、机械、国防等多个领域扮演着不可或缺的角色。我国作为铜消费大国，面临着原生铜矿资源日益枯竭的挑战。从各类原料中高效回收利用铜及其它有价金属，既是经济发展的迫切需要，也是社会责任的具体体现。当前，随着进口铅锌精矿数量的增加及国内资源结构的多元化，混合铅锌精矿中的化学成分和含量呈现出显著波动，其中部分精矿的铜含量高达8%～9%，具有优越的铜矿资源属性。

YS/T 461《混合铅锌精矿化学分析方法》系列标准旨在建立一套完整的混合铅锌精矿化学分析方法，结合标准体系优化工作的要求，整合后拟由11个部分构成：

——第1部分：铅量与锌量的测定 沉淀分离Na2EDTA滴定法；

——第2部分：铁量的测定 Na2EDTA滴定法；

——第3部分：硫量的测定 燃烧-中和滴定法；

——第4部分：砷含量的测定 碘滴定法和原子荧光光谱法；

——第5部分：二氧化硅量的测定 钼蓝分光光度法；

——第6部分：汞含量的测定 原子荧光光谱法和固体进样直接法；

——第7部分：镉量的测定 火焰原子吸收光谱法；

——第8部分：铜含量的测定 火焰原子吸收光谱法和碘量法；

——第9部分：银和金含量的测定 火焰原子吸收光谱法和火试金法；

——第11部分：砷、铋、镉、钴、铜、镍、锑含量的测定 电感耦合等离子体原子吸收光谱法;

——第12 部分：铊量的测定 电感耦合等离子体质谱法和电感耦合等离子体原子发射光谱法。

《混合铅锌精矿化学分析方法》系列标准作为行业标准已应用多年， YS/T 461.8—2013中铜的测定范围仅为0.10%～5.00%，无法满足日益增长的贸易需求和日益复杂的原料分析要求。基于此，在深入调研企业实际需求、广泛听取行业意见的基础上，决定对原标准进行修订与完善，旨在构建更为全面的铜含量测定标准体系。

本次修订，优化了原有的火焰原子吸收光谱法的溶样方法，增加了碘量法用于测定5.00%以上的铜，将方法的适用范围扩展至0.10%～15.00%。本文件修订后，扩大了适用范围，增加了检测方法，对贸易结算和指导生产具有重要的现实意义和必要性。

混合铅锌精矿化学分析方法

第8部分：铜含量的测定 火焰原子吸收光谱法和碘量法

1 范围

本文件描述了混合铅锌精矿中铜含量的测定方法。

本文件适用于混合铅锌精矿中铜含量的测定。测定范围：火焰原子吸收光谱法（以下简称方法一）为0.10%～5.00%，碘量法（以下简称方法二）为>5.00%～15.00%。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4 方法一：火焰原子吸收光谱法

4.1 原理

试料用氟化氢铵、盐酸、硝酸、高氯酸分解，在稀盐酸介质中，使用空气-乙炔火焰，于原子吸收光谱仪波长324.7 nm处，测定铜的吸光度，按标准曲线法计算铜的含量。

4.2 试剂

除非另有说明外，在分析中仅使用确认为分析纯的试剂和蒸馏水或去离子水或相当纯度的水。

4.2.1 氟化氢铵。

4.2.2 盐酸（*ρ*=1.19 g/mL）。

4.2.3 硝酸（*ρ*=1.42 g/mL）。

4.2.4 高氯酸（*ρ*=l.67 g/mL)。

4.2.5 饱和溴水。

4.2.6 铜标准贮存溶液：称取1.0000 g金属铜（*ω*cu≥99.99%）于100 mL烧杯中，加入20 mL硝酸（1+1），盖上表面皿，于电热板上低温加热溶解完全，煮沸驱除氮的氧化物。取下冷却至室温，移入1000 mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液1 mL含1.0 mg铜。

4.2.7 铜标准溶液：移取5.00 mL铜标准贮存溶液（4.2.6）于100 mL容量瓶中，加入5 mL盐酸（1+1），用水稀释至刻度，混匀。此溶液1 mL含50 μg铜。

4.3 仪器

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：在与测量溶液的基体相一致的溶液中，铜的特征浓度应不大于0.090 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”浓度标准溶液）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吸光度的0.5%；

——工作曲线线性：将工作曲线按浓度等分成五段，最高段的吸光度差值与最低段的吸光度差值之比，应不小于0.8。

4.4 样品

4.4.1 样品粒度应小于100 μm。

4.4.2 样品应在105 ℃±5 ℃烘箱中烘1 h，并置于干燥器中冷却至室温备用。

4.5 试验步骤

4.5.1 试料

按表1称取样品，精确至0.0001 g。

表 1 试料量、试液体积、分取体积、测定体积、补加盐酸量

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *ω*Cu% | 试料量g | 试液体积mL | 分取体积mL | 测定体积mL | 补加盐酸（4.2.2）mL |
| 0.10～0.25 | 0.10 | 100 | / | / | / |
| >0.25～1.00 | 0.10 | 100 | 10 | 50 | 2 |
| >1.00～5.00 | 0.10 | 100 | 5 | 100 | 4.75 |

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（4.5.1）置于250 mL烧杯中，用少量的水润湿，加入0.5 g～1 g氟化氢铵（4.2.1）、15 mL盐酸（4.2.2），置于电热板上低温加热3 min～5 min，加入1 mL～2 mL溴水（4.2.5）、5 mL硝酸（4.2.3）、3 mL高氯酸（4.2.4），盖上表面皿，加热溶解完全并冒烟至近干，取下冷却。

4.5.4.2 加入5 mL盐酸（4.2.2），用水吹洗表面皿及杯壁，加入50 mL水，煮沸溶解可溶性盐类，取下冷却至室温，移入100 mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。静置澄清或干过滤。

4.5.4.3 按表1分取溶液至100 mL容量瓶中，补加相应体积的盐酸（4.2.2），用水稀释至刻度，混匀待测。

4.5.4.4 使用空气-乙炔火焰，于原子吸收光谱仪波长324.7 nm处，以水调零，测定试液的吸光度，减去随同试料空白的吸光度，从工作曲线上查得铜的浓度。

4.5.5 工作曲线的绘制

4.5.5.1 移取0 mL、1.00 mL、2.00 mL、3.00 mL、4.00 mL、5.00 mL、6.00 mL铜标准溶液（4.2.7），置于一组100 mL容量瓶中，分别加入5 mL盐酸（4.2.2），用水稀释至刻度，混匀。此标准溶液系列所对应铜的浓度为：0 μg/mL、0.50 μg/mL、1.00 μg/mL、1.50 μg/mL、2.00 μg/mL、2.50 μg/mL、3.00 μg/mL。

4.5.5.2 在与测量试料溶液相同的条件下，使用空气-乙炔火焰，于原子吸收光谱仪波长324.7 nm处，以水调零，测定标准溶液的吸光度，减去标准溶液系列中“零”浓度的吸光度，以铜浓度为横坐标，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*ω*Cu计，数值以%表示，按式（1）计算：

 *ω*Cu …………………………………（1）

式中：

*c*—从工作曲线上查得的铜浓度，单位为微克每毫升（μg/mL）；

*V0*—试液总体积，单位为毫升（mL）；

*V2*—测定试液体积，单位为毫升（mL）；

*m*—试料的质量，单位为克（g）；

*V1*—分取试液体积，单位为毫升（mL）。

计算结果表示至小数点后二位。

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试值，在表2给出的平均值范围内，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（*r*）的情况不超过5%。重复性限（*r*）按表2数据采用线性内插法或外延法求得。精密度试验原始数据参见附录A。

表2 重复性限（r）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *ω*Cu/% | 0.18  | 0.90  | 1.79  | 3.29  | 5.05  |
| *r*/% | 0.01  | 0.02  | 0.05  | 0.07  | 0.09  |

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试值，在表3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3数据采用线性内插法或外延法求得。

表3 再现性限（R）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *ω*Cu/% | 0.18  | 0.90  | 1.79  | 3.29  | 5.05  |
| *R*/% | 0.01  | 0.04  | 0.08  | 0.12  | 0.13  |

5 方法二：碘量法

5.1 原理

试料用氟化氢铵、盐酸、硝酸、高氯酸分解，用溴水将砷（III）、锑（III）氧化为砷（V）、锑（V），用氟化氢铵掩蔽铁（III），用乙酸铵调节溶液的pH值为3.0～4.0。铜（II）与碘化钾作用生成碘化亚铜和碘，所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至终点。根据消耗的硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积，计算铜的含量。

5.2 试剂

除非另有说明外，在分析中仅使用确认为分析纯的试剂和蒸馏水或去离子水或相当纯度的水。

5.2.1 金属铜（ωCu≥99.99 %）：将金属铜放入适量乙酸溶液（1+3）中，加热微沸1 min。将金属铜取出，用水和无水乙醇分别冲洗2次以上，于45℃～55℃的烘箱中烘4 min，取出冷却，置于磨口瓶中备用。

5.2.2 碘化钾。

5.2.3 氟化氢铵。

5.2.4 盐酸（*ρ* =1.19 g/mL）。

5.2.5 硝酸（*ρ* =1.42 g/mL）。

5.2.6 高氯酸（*ρ* =l.67 g/mL)。

5.2.7 冰乙酸（*ρ* =1.05 g/mL）。

5.2.8 饱和溴水。

5.2.9 氨水（*ρ* =0.90 g/mL）。

5.2.10 氨水（1+1）。

5.2.11 乙酸铵溶液（300 g/L）。称取90g乙酸铵，置于400 mL烧杯中，加入150 mL水和100 mL冰乙酸（5.2.7）溶解，加水至300 mL，混匀。此溶液pH值为5。

5.2.12 氟化氢铵溶液（250 g/L，贮存于聚乙烯瓶中）。

5.2.13 硫氰酸钾溶液（400 g/L）：称取40 g硫氰酸钾于200 mL烧杯中，用水溶解，加水至100 mL，混匀。

5.2.14 三氯化铁溶液（100 g/L）。

5.2.15 硫代硫酸钠标准滴定溶液（cNa₂S₂O₃·5H₂O≈0.02mol/L），按a）和b）进行配制和标定：

a）配制：称取20 g硫代硫酸钠（Na2S2O3·5H2O）和2 g无水碳酸钠于1000 mL烧杯中，用煮沸并冷却至室温的去离子水溶解完全后，移入棕色试剂瓶中，用煮沸并冷却至室温的去离子水稀释至约4 L，混匀，静置两周。使用时过滤。此溶液每两周标定一次。

b）标定：称取0.06 g（精确至0.00001g）金属铜（5.2.1）于300 ml锥形瓶中，加入10 mL水、5 mL硝酸（5.2.5），盖上表面皿，低温加热溶解完全，并赶去大部分硝酸。稍冷，加入1 mL～2mL硫酸（1+1），继续加热至冒三氧化硫白烟，并保持5 min。取下冷却，用40 mL水吹洗杯壁，加热溶解盐类，取下冷至室温。

加0.5 mL三氯化铁溶液（5.2.14），滴加乙酸铵溶液（5.2.11）至红色出现，并过量4 mL。滴加氟化氢铵溶液（5.2.12）至红色消失，并过量4mL，摇匀。加入1 g～2 g碘化钾（5.2.2），摇动溶解，立刻用硫代硫酸钠标准滴定溶液滴定至浅黄色；加入2 mL淀粉溶液（5.2.16），继续滴定至浅蓝色；加入2 mL硫氰酸钾溶液（5.2.13），激烈摇振5 s～10 s至蓝色不再加深，继续滴定至蓝色刚好消失为终点。

随同标定做空白试验。

按式（2）计算硫代硫酸钠标准滴定溶液的浓度：

…………………………………………（2）

式中：

*c*1— 硫代硫酸钠标准滴定溶液的浓度，单位为摩尔每升（mol/L）；

*m*1 — 称取金属铜的质量，单位为克（g）；

*V*4 — 标定时滴定金属铜溶液时消耗的硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

*V*3 — 标定时滴定空白试验溶液消耗的硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

*63.546* — 铜的摩尔质量，单位为克每摩尔（g/mol）。

平行标定4份，结果保留4位有效数字，取其平均值。平行标定结果的极差值应不大于4×10-5 mol/L，否则需重新标定。

5.2.16 淀粉溶液（5 g/L）：称取0.5g可溶性淀粉，加入5mL水调成糊状，在不断搅拌下加入100 mL沸水，煮沸放冷备用。用时现配。

5.3 样品

5.3.1 样品粒度应小于100 μm。

5.3.2 样品应在105 ℃±5 ℃烘箱中烘1 h，并置于干燥器中冷却至室温备用。

5.4 试验步骤

5.4.1 试料

称取样品0.25g，精确至0.0001g。

5.4.2 平行试验

平行做两份试验。

5.4.3 空白试验

随同试料做空白试验。

5.4.4 测定

5.4.4.1 将试料（5.4.1）置于300 mL三角烧杯中，用少许水润湿，加入0.5 g～1 g氟化氢铵（5.2.3）、15 mL盐酸（5.2.4），置于电热板上低温加热3min～5 min，取下稍冷。加入1 mL～2 mL溴水（5.2.8）、5 mL硝酸（5.2.5）、3 mL高氯酸（5.2.6），盖上表面皿，加热溶解完全并冒烟至近干，取下冷却。用水吹洗表面皿及杯壁，加水至50 mL左右，煮沸溶解可溶性盐类，取下冷却。

5.4.4.2 滴加乙酸铵（5.2.11）至红色出现（空白试验或者试液中含铁量极少时，需先加0.5 mL三氯化铁（5.2.14）溶液），并过量4 mL；滴加氟化氢铵溶液（5.2.12）至红色消失，并过量4mL，摇匀。

5.4.4.3 加入1 g～2 g碘化钾（5.2.2），摇动溶解，立刻用硫代硫酸钠标准滴定溶液（5.2.15）滴定至浅黄色；加入2 mL淀粉溶液（5.2.16），继续滴定至浅蓝色；加入2 mL硫氰酸钾溶液（5.2.13），激烈摇振5 s～10 s至蓝色不再加深，继续滴定至蓝色刚好消失为终点。

5.5 试验数据处理

铜含量以铜的质量分数*ω*Cu计，数值以%表示，按式（3）计算：

 …………………………………（3）

式中：

*c1* — 硫代硫酸钠标准滴定溶液的浓度，单位为摩尔每升（mol/L）；

*V*6 — 滴定试料试验溶液消耗硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

*V*5 — 滴定试料空白试验溶液消耗的硫代硫酸钠标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

*m*2 — 试料的质量，单位为克（g）；

*63.546* — 铜的摩尔质量，单位为克每摩尔（g/mol）；

计算结果表示至小数点后二位。

5.6 精密度

5.6.1 重复性

在重复性条件下获得的两次独立测试结果的测试值，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4数据采用线性内插法或外延法求得。精密度试验原始数据参见附录A。

表4 重复性限（r）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *ω*Cu/% | 5.01  | 7.53  | 10.12  | 12.55  | 14.85  |
| *r*/% | 0.05  | 0.08  | 0.09  | 0.11  | 0.13  |

5.6.2 再现性

在再现性条件下获得的两次独立测试结果的测试值，在表5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（*R*）的情况不超过5%。再现性限（*R*）按表5数据采用线性内插法或外延法求得。

表5 再现性限（R）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *ω*Cu/% | 5.01  | 7.53  | 10.12  | 12.55  | 14.85  |
| *R*/% | 0.06  | 0.09  | 0.13  | 0.14  | 0.15  |

6 试验报告

试验报告至少应给出以下几个方面的内容：

*——* 试验对象；

*——* 本文件编号；

*——* 所使用的方法；

*——* 分析结果及其表示；

*——* 与基本分析步骤的差异；

*——* 测定中观察的异常现象；

*——* 试验日期。

1. 附 录 A
2. （资料性）

精密度试验原始数据

精密度数据是在2024年由20家实验室对铜含量的10个不同水平进行共同试验确定的，每个实验室对每个水平的铜含量在重复性条件下独立测定5～11次。精密度试验结果的原始数据分别见表A.1和表A.2。其中，表A.1为方法一（火焰原子吸收光谱法）的数据，表A.2为方法二（碘量法）的数据。

表A.1 精密度试验原始数据（方法一）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水平j | 实验室 | 测定结果/% | 平均值/% | SD | RSD/% |
| 1 | 1 | 0.190 | 0.187 | 0.190 | 0.188 | 0.187 | 0.189 | 0.186 | 0.188 | 0.186 | 0.188 | 0.186 | 0.188 | 0.0015 | 0.79 |
| 2 | 0.181 | 0.179 | 0.183 | 0.181 | 0.182 | 0.183 | 0.181 | 0.182 | 0.183 | 0.181 | 0.182 | 0.182 | 0.0012 | 0.66 |
| 3 | 0.183 | 0.184 | 0.185 | 0.188 | 0.188 | 0.187 | 0.186 | 0.187 | 0.187 | 0.185 | 0.186 | 0.186 | 0.0016 | 0.87 |
| 4 | 0.188 | 0.187 | 0.189 | 0.190 | 0.189 | 0.186 | 0.189 | 0.184 | 0.186 | 0.185 | 0.185 | 0.187 | 0.0020 | 1.08 |
| 5 | 0.184 | 0.183 | 0.183 | 0.183 | 0.184 | 0.183 | 0.183 | 0.184 | 0.183 | 0.183 | 0.183 | 0.183 | 0.0005 | 0.26 |
| 6 | 0.176 | 0.176 | 0.175 | 0.179 | 0.177 | 0.175 | 0.180 | 0.178 | 0.176 | 0.180 | 0.178 | 0.177 | 0.0019 | 1.05 |
| 7 | 0.180 | 0.179 | 0.179 | 0.179 | 0.179 | 0.179 | 0.179 | 0.181 | 0.181 | 0.180 | 0.181 | 0.180 | 0.0009 | 0.50 |
| 8 | 0.179 | 0.176 | 0.18 | 0.179 | 0.181 | 0.181 | 0.179 | 0.18 | 0.18 | 0.178 | 0.179 | 0.179 | 0.0014 | 0.79 |
| 9 | 0.179 | 0.179 | 0.179 | 0.182 | 0.183 | 0.181 | 0.182 | 0.184 | 0.179 | 0.178 | 0.181 | 0.181 | 0.0020 | 1.08 |
| 10 | 0.189 | 0.189 | 0.188 | 0.187 | 0.192 | 0.190 | 0.188 | 0.191 | 0.187 | 0.188 | 0.187 | 0.189 | 0.0017 | 0.89 |
| 11 | 0.173 | 0.176 | 0.175 | 0.171 | 0.180 | 0.171 | 0.170 | 0.174 | 0.176 | 0.170 | 0.179 | 0.174 | 0.0035 | 2.00 |
| 12 | 0.174 | 0.174 | 0.174 | 0.173 | 0.173 | 0.175 | 0.175 | / | / | / | / | 0.174 | 0.0008 | 0.47 |
| 13 | 0.182 | 0.180 | 0.180 | 0.180 | 0.181 | 0.180 | 0.180 | 0.181 | 0.182 | 0.180 | 0.182 | 0.181 | 0.0009 | 0.50 |
| 14 | 0.184 | 0.183 | 0.183 | 0.183 | 0.188 | 0.19 | 0.184 | 0.183 | 0.187 | 0.189 | 0.183 | 0.185 | 0.0028 | 0.149 |
| 15 | 0.180 | 0.179 | 0.180 | 0.182 | 0.183 | 0.181 | 0.178 | 0.183 | 0.179 | 0.181 | 0.182 | 0.181 | 0.0017 | 0.93 |
| 16 | 0.179 | 0.178 | 0.180 | 0.176 | 0.183 | 0.179 | 0.181 | 0.177 | 0.178 | 0.181 | 0.183 | 0.180 | 0.0023 | 1.28 |
| 17 | 0.184 | 0.184 | 0.184 | 0.184 | 0.184 | 0.184 | 0.183 | 0.181 | 0.182 | 0.181 | 0.183 | 0.183 | 0.0012 | 0.67 |
| 18 | 0.179 | 0.177 | 0.180 | 0.179 | 0.181 | 0.179 | 0.183 | / | / | / | / | 0.180 | 0.0019 | 1.05 |
| 19 | 0.179 | 0.178 | 0.179 | 0.181 | 0.176 | 0.183 | 0.178 | 0.177 | 0.183 | 0.176 | 0.181 | 0.179 | 0.0025 | 1.41 |
| 20 | 0.174 | 0.174 | 0.177 | 0.174 | 0.178 | 0.177 | 0.176 | 0.177 | 0.174 | 0.174 | 0.174 | 0.175 | 0.0016 | 0.93 |
| 2 | 1 | 0.917 | 0.929 | 0.924 | 0.929 | 0.924 | 0.919 | 0.926 | 0.925 | 0.914 | 0.932 | 0.930 | 0.924 | 0.0057 | 0.62 |
| 2 | 0.894 | 0.889 | 0.881 | 0.906 | 0.921 | 0.907 | 0.91 | 0.915 | 0.911 | 0.903 | 0.926 | 0.906 | 0.0135 | 1.49 |
| 3 | 0.924 | 0.92 | 0.921 | 0.925 | 0.921 | 0.923 | 0.926 | 0.925 | 0.925 | 0.924 | 0.926 | 0.924 | 0.0021 | 0.23 |
| 4 | 0.900 | 0.908 | 0.898 | 0.904 | 0.897 | 0.894 | 0.896 | 0.902 | 0.903 | 0.900 | 0.904 | 0.901 | 0.0041 | 0.46 |
| 5 | 0.910 | 0.907 | 0.906 | 0.904 | 0.907 | 0.899 | 0.912 | 0.900 | 0.910 | 0.906 | 0.909 | 0.906 | 0.0041 | 0.45 |
| 6 | 0.894 | 0.883 | 0.891 | 0.902 | 0.899 | 0.883 | 0.898 | 0.887 | 0.906 | 0.889 | 0.886 | 0.893 | 0.0078 | 0.88 |
| 7 | 0.906 | 0.898 | 0.891 | 0.916 | 0.902 | 0.915 | 0.905 | 0.896 | 0.898 | 0.904 | 0.899 | 0.903 | 0.0077 | 0.85 |
| 8 | 0.889 | 0.896 | 0.911 | 0.893 | 0.899 | 0.904 | 0.892 | 0.9 | 0.906 | 0.895 | 0.908 | 0.899 | 0.0071 | 0.79 |
| 9 | 0.881 | 0.883 | 0.902 | 0.902 | 0.896 | 0.895 | 0.901 | 0.898 | 0.907 | 0.908 | 0.889 | 0.897 | 0.0090 | 1.00 |
| 10 | 0.913 | 0.901 | 0.900 | 0.903 | 0.892 | 0.903 | 0.902 | 0.907 | 0.914 | 0.907 | 0.908 | 0.905 | 0.0062 | 0.69 |
| 11 | 0.933 | 0.936 | 0.942 | 0.968 | 0.941 | 0.915 | 0.926 | 0.988 | 0.919 | 0.931 | 0.987 | 0.944 | 0.0255 | 2.70 |
| 12 | 0.896 | 0.889 | 0.895 | 0.895 | 0.888 | 0.884 | 0.885 | / | / | / | / | 0.890 | 0.0050 | 0.56 |
| 13 | 0.902 | 0.911 | 0.916 | 0.912 | 0.900 | 0.900 | 0.912 | 0.914 | 0.907 | 0.915 | 0.917 | 0.910 | 0.0064 | 0.70 |
| 14 | 0.931 | 0.926 | 0.925 | 0.93 | 0.93 | 0.923 | 0.934 | 0.934 | 0.924 | 0.924 | 0.92 | 0.927 | 0.0047 | 0.50 |
| 15 | 0.888 | 0.886 | 0.902 | 0.906 | 0.895 | 0.893 | 0.901 | 0.898 | 0.885 | 0.908 | 0.896 | 0.896 | 0.0078 | 0.87 |
| 16 | 0.894 | 0.896 | 0.883 | 0.904 | 0.916 | 0.898 | 0.896 | 0.916 | 0.903 | 0.906 | 0.893 | 0.900 | 0.0099 | 1.10 |
| 17 | 0.889 | 0.884 | 0.89 | 0.878 | 0.896 | 0.874 | 0.879 | 0.879 | 0.879 | 0.888 | 0.882 | 0.883 | 0.0066 | 0.75 |
| 18 | 0.881 | 0.881 | 0.894 | 0.901 | 0.895 | 0.894 | 0.895 | / | / | / | / | 0.892 | 0.0076 | 0.85 |
| 19 | 0.909 | 0.898 | 0.904 | 0.895 | 0.907 | 0.901 | 0.9 | 0.904 | 0.907 | 0.899 | 0.905 | 0.903 | 0.0044 | 0.48 |
| 20 | 0.877 | 0.874 | 0.874 | 0.88 | 0.879 | 0.887 | 0.878 | 0.876 | 0.881 | 0.888 | 0.889 | 0.880 | 0.0054 | 0.62 |
| 3 | 1 | 1.817 | 1.810 | 1.816 | 1.806 | 1.817 | 1.794 | 1.824 | 1.797 | 1.809 | 1.816 | 1.828 | 1.812 | 0.010 | 0.57 |
| 2 | 1.818 | 1.779 | 1.802 | 1.821 | 1.795 | 1.786 | 1.813 | 1.798 | 1.832 | 1.766 | 1.809 | 1.802 | 0.0196 | 1.09 |
| 3 | 1.803 | 1.793 | 1.793 | 1.795 | 1.814 | 1.807 | 1.812 | 1.803 | 1.815 | 1.819 | 1.811 | 1.806 | 0.0092 | 0.51 |
| 4 | 1.778 | 1.770 | 1.774 | 1.781 | 1.770 | 1.810 | 1.805 | 1.790 | 1.795 | 1.805 | 1.809 | 1.79 | 0.0159 | 0.89 |
| 5 | 1.800 | 1.793 | 1.767 | 1.818 | 1.795 | 1.809 | 1.820 | 1.811 | 1.794 | 1.790 | 1.799 | 1.800 | 0.0149 | 0.83 |
| 6 | 1.767 | 1.762 | 1.782 | 1.774 | 1.783 | 1.764 | 1.763 | 1.751 | 1.781 | 1.769 | 1.788 | 1.771 | 0.0113 | 0.64 |
| 7 | 1.798 | 1.802 | 1.786 | 1.798 | 1.802 | 1.796 | 1.804 | 1.791 | 1.801 | 1.787 | 1.810 | 1.798 | 0.0073 | 0.41 |
| 8 | 1.728 | 1.788 | 1.815 | 1.796 | 1.802 | 1.716 | 1.783 | 1.809 | 1.775 | 1.763 | 1.788 | 1.778 | 0.0317 | 1.78 |
| 9 | 1.792 | 1.776 | 1.744 | 1.796 | 1.801 | 1.794 | 1.783 | 1.808 | 1.779 | 1.764 | 1.757 | 1.781 | 0.0198 | 1.11 |
| 10 | 1.817 | 1.810 | 1.816 | 1.806 | 1.817 | 1.794 | 1.824 | 1.797 | 1.809 | 1.816 | 1.828 | 1.812 | 0.0104 | 0.57 |
| 11 | 1.779 | 1.832 | 1.835 | 1.749 | 1.788 | 1.767 | 1.808 | 1.785 | 1.781 | 1.759 | 1.829 | 1.792 | 0.0300 | 1.67 |
| 12 | 1.708 | 1.718 | 1.708 | 1.745 | 1.738 | 1.706 | 1.704 | / | / | / | / | 1.718 | 0.0167 | 0.97 |
| 13 | 1.789 | 1.783 | 1.812 | 1.779 | 1.798 | 1.797 | 1.821 | 1.789 | 1.800 | 1.824 | 1.820 | 1.801 | 0.0159 | 0.88 |
| 14 | 1.814 | 1.829 | 1.815 | 1.821 | 1.83 | 1.819 | 1.825 | 1.811 | 1.822 | 1.811 | 1.825 | 1.820 | 0.0068 | 0.37 |
| 15 | 1.769 | 1.776 | 1.781 | 1.776 | 1.801 | 1.764 | 1.802 | 1.795 | 1.779 | 1.777 | 1.769 | 1.781 | 0.0130 | 0.73 |
| 16 | 1.773 | 1.774 | 1.768 | 1.775 | 1.796 | 1.794 | 1.786 | 1.777 | 1.799 | 1.759 | 1.766 | 1.779 | 0.0132 | 0.74 |
| 17 | 1.772 | 1.781 | 1.778 | 1.785 | 1.772 | 1.76 | 1.785 | 1.776 | 1.795 | 1.773 | 1.777 | 1.778 | 0.0091 | 0.51 |
| 18 | 1.742 | 1.742 | 1.732 | 1.735 | 1.734 | 1.744 | 1.749 | / | / | / | / | 1.740 | 0.0062 | 0.36 |
| 19 | 1.731 | 1.745 | 1.753 | 1.747 | 1.778 | 1.786 | 1.75 | 1.767 | 1.788 | 1.783 | 1.756 | 1.762 | 0.0193 | 1.09 |
| 20 | 1.732 | 1.735 | 1.723 | 1.716 | 1.721 | 1.729 | 1.734 | 1.734 | 1.715 | 1.716 | 1.715 | 1.725 | 0.0084 | 0.49 |
| 4 | 1 | 3.368 | 3.400 | 3.372 | 3.372 | 3.372 | 3.364 | 3.367 | 3.338 | 3.343 | 3.357 | 3.377 | 3.366 | 0.017 | 0.50 |
| 2 | 3.314 | 3.269 | 3.309 | 3.289 | 3.298 | 3.279 | 3.319 | 3.289 | 3.302 | 3.315 | 3.323 | 3.301 | 0.0174 | 0.53 |
| 3 | 3.288 | 3.288 | 3.287 | 3.274 | 3.318 | 3.281 | 3.251 | 3.250 | 3.301 | 3.283 | 3.272 | 3.281 | 0.0197 | 0.60 |
| 4 | 3.277 | 3.273 | 3.295 | 3.304 | 3.281 | 3.295 | 3.321 | 3.298 | 3.292 | 3.299 | 3.289 | 3.293 | 0.0134 | 0.41 |
| 5 | 3.287 | 3.300 | 3.298 | 3.317 | 3.290 | 3.282 | 3.292 | 3.305 | 3.302 | 3.313 | 3.299 | 3.299 | 0.0106 | 0.32 |
| 6 | 3.274 | 3.280 | 3.316 | 3.284 | 3.281 | 3.294 | 3.298 | 3.282 | 3.277 | 3.294 | 3.289 | 3.288 | 0.0120 | 0.36 |
| 7 | 3.307 | 3.313 | 3.297 | 3.305 | 3.299 | 3.301 | 3.297 | 3.298 | 3.284 | 3.287 | 3.319 | 3.301 | 0.0102 | 0.31 |
| 8 | 3.282 | 3.332 | 3.313 | 3.302 | 3.293 | 3.296 | 3.275 | 3.297 | 3.309 | 3.292 | 3.265 | 3.296 | 0.0185 | 0.56 |
| 9 | 3.323 | 3.304 | 3.247 | 3.279 | 3.288 | 3.264 | 3.321 | 3.259 | 3.268 | 3.271 | 3.293 | 3.283 | 0.0250 | 0.76 |
| 10 | 3.296 | 3.313 | 3.294 | 3.264 | 3.294 | 3.313 | 3.287 | 3.310 | 3.303 | 3.282 | 3.293 | 3.295 | 0.0146 | 0.44 |
| 11 | 3.394 | 3.404 | 3.454 | 3.336 | 3.374 | 3.337 | 3.399 | 3.423 | 3.410 | 3.437 | 3.418 | 3.399 | 0.0374 | 1.10 |
| 12 | 3.242 | 3.217 | 3.236 | 3.32 | 3.304 | 3.186 | 3.181 | / | / | / | / | 3.241 | 0.0539 | 1.66 |
| 13 | 3.304 | 3.319 | 3.293 | 3.299 | 3.319 | 3.316 | 3.284 | 3.280 | 3.271 | 3.325 | 3.305 | 3.301 | 0.0178 | 0.54 |
| 14 | 3.356 | 3.38 | 3.338 | 3.384 | 3.402 | 3.304 | 3.424 | 3.284 | 3.384 | 3.422 | 3.44 | 3.374 | 0.0498 | 1.48 |
| 15 | 3.251 | 3.323 | 3.256 | 3.288 | 3.288 | 3.317 | 3.332 | 3.259 | 3.243 | 3.262 | 3.303 | 3.284 | 0.0316 | 0.96 |
| 16 | 3.219 | 3.289 | 3.278 | 3.266 | 3.258 | 3.256 | 3.255 | 3.285 | 3.301 | 3.283 | 3.267 | 3.269 | 0.0223 | 0.68 |
| 17 | 3.225 | 3.218 | 3.232 | 3.208 | 3.237 | 3.265 | 3.258 | 3.281 | 3.238 | 3.251 | 3.244 | 3.242 | 0.0213 | 0.66 |
| 18 | 3.238 | 3.255 | 3.343 | 3.339 | 3.298 | 3.315 | 3.319 | / | / | / | / | 3.301 | 0.0405 | 1.23 |
| 19 | 3.266 | 3.291 | 3.279 | 3.27 | 3.291 | 3.3 | 3.285 | 3.282 | 3.286 | 3.294 | 3.28 | 3.284 | 0.0101 | 0.31 |
| 20 | 3.176 | 3.181 | 3.181 | 3.201 | 3.232 | 3.228 | 3.227 | 3.279 | 3.279 | 3.281 | 3.254 | 3.229 | 0.0407 | 1.26 |
| 5 | 1 | 5.059 | 5.055 | 5.074 | 5.049 | 5.104 | 5.114 | 5.100 | 5.061 | 5.065 | 5.087 | 5.085 | 5.078 | 0.022 | 0.43 |
| 2 | 5.074 | 5.093 | 5.072 | 5.088 | 5.042 | 5.068 | 5.098 | 5.064 | 5.051 | 5.049 | 5.088 | 5.072 | 0.0189 | 0.37 |
| 3 | 5.099 | 5.037 | 5.117 | 5.146 | 5.089 | 5.001 | 5.054 | 5.039 | 5.073 | 5.117 | 5.094 | 5.079 | 0.0427 | 0.84 |
| 4 | 5.003 | 5.016 | 5.012 | 4.998 | 5.005 | 5.008 | 5.023 | 5.015 | 5.026 | 5.036 | 5.024 | 5.015 | 0.0114 | 0.23 |
| 5 | 5.089 | 5.040 | 5.057 | 5.045 | 5.082 | 5.081 | 5.085 | 5.066 | 5.055 | 5.069 | 5.056 | 5.066 | 0.0167 | 0.33 |
| 6 | 4.958 | 5.075 | 5.068 | 5.032 | 4.980 | 4.953 | 4.972 | 5.042 | 4.962 | 4.947 | 4.987 | 4.998 | 0.0475 | 0.95 |
| 7 | 5.091 | 5.064 | 5.062 | 5.073 | 5.079 | 5.065 | 5.068 | 5.085 | 5.070 | 5.090 | 5.056 | 5.073 | 0.0118 | 0.23 |
| 8 | 5.125 | 5.163 | 5.061 | 5.099 | 5.052 | 5.036 | 5.112 | 5.013 | 5.039 | 5.026 | 5.103 | 5.075 | 0.0477 | 0.94 |
| 9 | 5.031 | 4.982 | 5.019 | 4.986 | 4.997 | 5.047 | 5.023 | 5.043 | 4.997 | 5.045 | 4.997 | 5.015 | 0.0244 | 0.49 |
| 10 | 5.064 | 5.071 | 5.047 | 5.071 | 5.081 | 5.058 | 5.065 | 5.060 | 5.058 | 5.072 | 5.061 | 5.064 | 0.0092 | 0.18 |
| 11 | 4.926 | 4.978 | 5.058 | 4.989 | 5.018 | 4.916 | 4.880 | 4.962 | 4.952 | 4.977 | 5.189\* | 4.986 | 0.0831 | 1.67 |
| 12 | 4.977 | 4.942 | 4.969 | 4.956 | 4.904 | 4.929 | 4.964 | / | / | / | / | 4.949 | 0.0256 | 0.52 |
| 13 | 5.078 | 5.097 | 5.092 | 5.059 | 5.065 | 5.066 | 5.070 | 5.085 | 5.099 | 5.048 | 5.090 | 5.077 | 0.0168 | 0.33 |
| 14 | 5.048 | 5.025 | 5.014 | 5.082 | 5.075 | 5.006 | 5.031 | 5.028 | 5.019 | 5.009 | 5.045 | 5.035 | 0.0254 | 0.50 |
| 15 | 4.992 | 5.123 | 4.982 | 5.033 | 5.042 | 4.987 | 5.012 | 4.899 | 5.035 | 4.988 | 5.024 | 5.011 | 0.0544 | 1.09 |
| 16 | 5.081 | 5.067 | 5.012 | 5.063 | 5.065 | 5.093 | 5.124 | 5.082 | 5.064 | 5.065 | 5.067 | 5.071 | 0.0269 | 0.53 |
| 17 | 5.085 | 5.065 | 5.048 | 5.055 | 5.05 | 5.022 | 5.027 | 5.046 | 5.007 | 5.029 | 5.031 | 5.042 | 0.0219 | 0.43 |
| 18 | 5.019 | 5.15\*\* | 5.019 | 5.010 | 5.025 | 5.011 | 5.020 | / | / | / | / | 5.017 | 0.0058 | 0.11 |
| 19 | 5.023 | 5.037 | 5.038 | 5.06 | 5.045 | 5.041 | 5.039 | 5.046 | 5.045 | 5.041 | 5.034 | 5.041 | 0.0091 | 0.18 |
| 20 | 5.053 | 5.062 | 5.06 | 5.072 | 5.042 | 5.054 | 5.091 | 5.053 | 5.051 | 5.048 | 5.040 | 5.057 | 0.0145 | 0.29 |
| **注：**\*表示歧离值，其值参与精密度计算；\*\*表示离群值，离群值被剔除，不参与精密度计算。 |

表A.2 精密度试验原始数据（方法二）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 水平j | 实验室 | 测定结果/% | 平均值 | SD | RSD/% |
| 6 | 1 | 5.02  | 5.00  | 5.01  | 5.02  | 5.01  | 5.01  | 5.00  | 5.02  | 5.01  | 5.00  | 5.02  | 5.011  | 0.0083  | 0.17  |
| 2 | 5.04  | 5.01  | 5.03  | 5.04  | 5.01  | 5.03  | 5.04  | 5.03  | 5.02  | 5.02  | 5.01  | 5.025  | 0.0121  | 0.24  |
| 3 | 4.99  | 4.99  | 5.04  | 5.01  | 5.00  | 4.99  | 5.01  | 5.02  | 5.02  | 5.01  | 5.01  | 5.008  | 0.0154  | 0.31  |
| 4 | 5.03  | 5.01  | 5.03  | 5.06  | 4.99  | 5.04  | 4.98  | 5.00  | 4.98  | 4.96  | 4.99  | 5.006  | 0.0304  | 0.61  |
| 5 | 5.02  | 5.01  | 5.02  | 5.04  | 4.99  | 5.00  | 4.99  | 5.01  | 5.01  | 4.98  | 5.03  | 5.009  | 0.0181  | 0.36  |
| 6 | 4.93  | 4.92  | 4.92  | 4.92  | 4.92  | 4.92  | 4.92  | 4.92  | 4.93  | 4.93  | 4.92  | 4.923  | 0.0047  | 0.09  |
| 7 | 4.99  | 4.98  | 4.98  | 5.03  | 5.03  | 5.01  | 5.00  | 4.98  | 5.00  | 5.03  | 5.02  | 5.005  | 0.0207  | 0.41  |
| 8 | 5.01  | 5.01  | 5.01  | 5.00  | 4.98  | 4.97  | 4.98  | 4.97  | 4.99  | 4.98  | 5.01  | 4.992  | 0.0166  | 0.33  |
| 9 | 5.02  | 5.00  | 5.01  | 5.02  | 5.01  | 5.01  | 5.00  | 5.02  | 5.01  | 5.00  | 5.02  | 5.011  | 0.0083  | 0.17  |
| 10 | 5.02  | 5.00  | 4.98  | 5.02  | 5.01  | 5.01  | 5.00  | 5.02  | 5.01  | 5.00  | 5.02  | 5.008  | 0.0125  | 0.25  |
| 11 | 4.96  | 4.98  | 5.01  | 5.01  | 5.03  | 5.01  | 4.97  | 5.00  | 5.02  | 5.01  | 5.01  | 5.001  | 0.0217  | 0.43  |
| 12 | 5.05  | 4.97  | 5.00  | 5.01  | 5.02  | / | / | / | / | / | / | 5.010  | 0.0292  | 0.58  |
| 13 | 5.01  | 5.00  | 5.01  | 5.02  | 5.02  | 5.02  | 5.03  | 5.04  | 5.04  | 5.04  | 5.04  | 5.025  | 0.0144  | 0.29  |
| 14 | 5.02  | 5.01  | 5.01  | 5.00  | 5.02  | 5.00  | 5.01  | 5.01  | 5.01  | 5.01  | 5.01  | 5.009  | 0.0063  | 0.12  |
| 15 | 4.99  | 5.00  | 5.02  | 5.03  | 5.01  | 5.01  | 5.00  | 5.03  | 5.01  | 4.99  | 5.02  | 5.010  | 0.0141  | 0.28  |
| 16 | 5.04  | 5.07  | 4.98  | 5.04  | 5.06  | 5.05  | 5.06  | 4.99  | 5.05  | 4.99  | 5.08  | 5.038  | 0.0335  | 0.67  |
| 17 | 5.04  | 5.05  | 5.04  | 5.03  | 5.03  | 5.02  | 5.06  | 5.00  | 4.99  | 5.02  | 5.01  | 5.026  | 0.0211  | 0.42  |
| 18 | 4.94  | 5.06  | 5.00  | 5.02  | 5.11  | 5.08  | 5.00  | / | / | / | / | 5.030  | 0.0574  | 1.14  |
| 19 | 5.01  | 5.04  | 4.98  | 4.97  | 4.99  | 5.01  | 5.01  | 4.98  | 4.99  | 5.00  | 4.99  | 4.997  | 0.0205  | 0.41  |
| 20 | 5.01  | 5.05  | 5.05  | 5.02  | 5.00  | 5.00  | 5.00  | 5.01  | 5.02  | 5.02  | 5.03  | 5.019  | 0.0181  | 0.36  |
| 7 | 1 | 7.50  | 7.58  | 7.55  | 7.58  | 7.57  | 7.55  | 7.58  | 7.58  | 7.54  | 7.52  | 7.50  | 7.550  | 0.0316  | 0.42  |
| 2 | 7.52  | 7.54  | 7.48  | 7.56  | 7.54  | 7.54  | 7.54  | 7.54  | 7.48  | 7.50  | 7.53  | 7.525  | 0.0266  | 0.35  |
| 3 | 7.59  | 7.55  | 7.60  | 7.61  | 7.59  | 7.53  | 7.59  | 7.59  | 7.53  | 7.59  | 7.61  | 7.580  | 0.0293  | 0.39  |
| 4 | 7.55  | 7.55  | 7.58  | 7.54  | 7.56  | 7.54  | 7.53  | 7.52  | 7.46  | 7.50  | 7.59  | 7.538  | 0.0363  | 0.48  |
| 5 | 7.49  | 7.50  | 7.52  | 7.55  | 7.52  | 7.52  | 7.53  | 7.55  | 7.52  | 7.51  | 7.50  | 7.519  | 0.0192  | 0.26  |
| 6 | 7.42\* | 7.47 | 7.47 | 7.46 | 7.47 | 7.47 | 7.47 | 7.44 | 7.47 | 7.47 | 7.47 | 7.462 | 0.0166 | 0.22 |
| 7 | 7.55  | 7.54  | 7.52  | 7.53  | 7.54  | 7.51  | 7.50  | 7.50  | 7.54  | 7.54  | 7.52  | 7.526  | 0.0175  | 0.23  |
| 8 | 7.48  | 7.53  | 7.45  | 7.51  | 7.48  | 7.50  | 7.48  | 7.56  | 7.50  | 7.53  | 7.53  | 7.505  | 0.0314  | 0.42  |
| 9 | 7.50  | 7.58  | 7.55  | 7.58  | 7.57  | 7.55  | 7.58  | 7.58  | 7.54  | 7.52  | 7.50  | 7.550  | 0.0316  | 0.42  |
| 10 | 7.52  | 7.50  | 7.52  | 7.50  | 7.54  | 7.55  | 7.52  | 7.53  | 7.51  | 7.55  | 7.52  | 7.524  | 0.0175  | 0.23  |
| 11 | 7.54  | 7.52  | 7.54  | 7.51  | 7.53  | 7.53  | 7.49  | 7.51  | 7.52  | 7.52  | 7.56  | 7.525  | 0.0186  | 0.25  |
| 12 | 7.50  | 7.54  | 7.52  | 7.43  | 7.56  | / | / | / | / | / | / | 7.510  | 0.0500  | 0.67  |
| 13 | 7.50  | 7.52  | 7.55  | 7.50  | 7.52  | 7.57  | 7.54  | 7.50  | 7.51  | 7.54  | 7.55  | 7.527  | 0.0241  | 0.32  |
| 14 | 7.54  | 7.56  | 7.55  | 7.56  | 7.56  | 7.56  | 7.56  | 7.56  | 7.53  | 7.56  | 7.56  | 7.554  | 0.0098  | 0.13  |
| 15 | 7.53  | 7.54  | 7.56  | 7.43\*\* | 7.56  | 7.52  | 7.58  | 7.58  | 7.54  | 7.58  | 7.57  | 7.545  | 0.0434  | 0.58  |
| 16 | 7.53  | 7.58  | 7.60  | 7.60  | 7.60  | 7.59  | 7.64  | 7.59  | 7.61  | 7.61  | 7.55  | 7.591  | 0.0310  | 0.41  |
| 17 | 7.53  | 7.51  | 7.55  | 7.50  | 7.57  | 7.55  | 7.54  | 7.54  | 7.47  | 7.51  | 7.51  | 7.525  | 0.0284  | 0.38  |
| 18 | 7.55  | 7.55  | 7.51  | 7.48  | 7.59  | 7.48  | 7.58  | / | / | / | / | 7.534  | 0.0450  | 0.60  |
| 19 | 7.46  | 7.50  | 7.45  | 7.53  | 7.50  | 7.51  | 7.51  | 7.53  | 7.49  | 7.50  | 7.48  | 7.496  | 0.0248  | 0.33  |
| 20 | 7.52  | 7.58  | 7.59  | 7.56  | 7.57  | 7.50  | 7.50  | 7.58  | 7.56  | 7.55  | 7.54  | 7.550  | 0.0316  | 0.42  |
| 8 | 1 | 10.10  | 10.11  | 10.11  | 10.16  | 10.15  | 10.15  | 10.11  | 10.13  | 10.11  | 10.06  | 10.12  | 10.119  | 0.0281  | 0.28  |
| 2 | 10.11  | 10.13  | 10.17  | 10.12  | 10.13  | 10.12  | 10.17  | 10.12  | 10.14  | 10.15  | 10.12  | 10.135  | 0.0207  | 0.20  |
| 3 | 10.12  | 10.11  | 10.19  | 10.11  | 10.14  | 10.19  | 10.17  | 10.21  | 10.18  | 10.21  | 10.17  | 10.164  | 0.0378  | 0.37  |
| 4 | 10.15  | 10.14  | 10.17  | 10.09  | 10.17  | 10.10  | 10.12  | 10.14  | 10.09  | 10.11  | 10.14  | 10.129  | 0.0291  | 0.29  |
| 5 | 10.07  | 10.12  | 10.12  | 10.14  | 10.13  | 10.12  | 10.09  | 10.11  | 10.11  | 10.06  | 10.11  | 10.107  | 0.0245  | 0.24  |
| 6 | 10.03\* | 9.99 | 9.96 | 9.96 | 9.99 | 9.98 | 9.98 | 9.99 | 9.98 | 9.99 | 9.97 | 9.984 | 0.0191 | 0.19 |
| 7 | 10.10  | 10.07  | 10.06  | 10.13  | 10.10  | 10.04  | 10.08  | 10.11  | 10.12  | 10.09  | 10.11  | 10.092  | 0.0271  | 0.27  |
| 8 | 10.10  | 10.08  | 10.08  | 10.08  | 10.10  | 10.12  | 10.14  | 10.11  | 10.10  | 10.10  | 10.10  | 10.101  | 0.0181  | 0.18  |
| 9 | 10.10  | 10.11  | 10.11  | 10.16  | 10.15  | 10.15  | 10.11  | 10.13  | 10.11  | 10.06  | 10.12  | 10.119  | 0.0281  | 0.28  |
| 10 | 10.06  | 10.12  | 10.11  | 10.10  | 10.08  | 10.14  | 10.08  | 10.13  | 10.07  | 10.12  | 10.02  | 10.094  | 0.0356  | 0.35  |
| 11 | 10.09  | 10.04  | 10.09  | 10.13  | 10.10  | 10.11  | 10.07  | 10.08  | 10.12  | 10.12  | 10.11  | 10.096  | 0.0262  | 0.26  |
| 12 | 10.15  | 10.13  | 10.13  | 10.11  | 10.08  | / | / | / | / | / | / | 10.120  | 0.0265  | 0.26  |
| 13 | 10.15  | 10.11  | 10.15  | 10.14  | 10.15  | 10.14  | 10.17  | 10.17  | 10.08  | 10.17  | 10.14  | 10.143  | 0.0272  | 0.27  |
| 14 | 10.06  | 10.11  | 10.11  | 10.11  | 10.13  | 10.11  | 10.10  | 10.13  | 10.12  | 10.14  | 10.10  | 10.111  | 0.0221  | 0.22  |
| 15 | 10.11  | 10.14  | 10.11  | 10.13  | 10.11  | 10.11  | 10.10  | 10.14  | 10.13  | 10.11  | 10.13  | 10.120  | 0.0141  | 0.14  |
| 16 | 10.21  | 10.20  | 10.19  | 10.26  | 10.09\*  | 10.23  | 10.19  | 10.20  | 10.18  | 10.28  | 10.24  | 10.206  | 0.0494  | 0.48  |
| 17 | 10.14  | 10.10  | 10.11  | 10.06  | 10.10  | 10.10  | 10.09  | 10.11  | 10.11  | 10.09  | 10.09  | 10.100  | 0.0195  | 0.19  |
| 18 | 10.20  | 10.14  | 10.16  | 10.21  | 10.15  | 10.23  | 10.11  | / | / | / | / | 10.171  | 0.0430  | 0.42  |
| 19 | 10.08  | 10.10  | 10.12  | 10.03  | 10.03  | 9.98  | 9.99  | 10.07  | 10.01  | 10.06  | 10.04  | 10.046  | 0.0434  | 0.43  |
| 20 | 10.15  | 10.15  | 10.07  | 10.16  | 10.11  | 10.10  | 10.10  | 10.15  | 10.15  | 10.10  | 10.09  | 10.121  | 0.0314  | 0.31  |
| 9 | 1 | 12.54  | 12.59  | 12.58  | 12.50  | 12.58  | 12.62  | 12.62  | 12.55  | 12.56  | 12.49  | 12.48  | 12.555  | 0.0491  | 0.39  |
| 2 | 12.51  | 12.58  | 12.58  | 12.51  | 12.53  | 12.57  | 12.52  | 12.52  | 12.57  | 12.53  | 12.54  | 12.542  | 0.0279  | 0.22  |
| 3 | 12.61  | 12.58  | 12.64  | 12.62  | 12.61  | 12.58  | 12.60  | 12.57  | 12.58  | 12.66  | 12.63  | 12.607  | 0.0287  | 0.23  |
| 4 | 12.56  | 12.55  | 12.56  | 12.57  | 12.52  | 12.55  | 12.54  | 12.49  | 12.50  | 12.56  | 12.60  | 12.545  | 0.0317  | 0.25  |
| 5 | 12.57  | 12.55  | 12.54  | 12.56  | 12.58  | 12.60  | 12.59  | 12.57  | 12.57  | 12.55  | 12.50  | 12.562  | 0.0271  | 0.22  |
| 6 | 12.49 | 12.56 | 12.42 | 12.51 | 12.57 | 12.44 | 12.47 | 12.54 | 12.46 | 12.40 | 12.53 | 12.490 | 0.0571 | 0.46 |
| 7 | 12.57  | 12.56  | 12.56  | 12.57  | 12.54  | 12.57  | 12.58  | 12.56  | 12.55  | 12.55  | 12.56  | 12.561  | 0.0114  | 0.09  |
| 8 | 12.50  | 12.54  | 12.47  | 12.56  | 12.58  | 12.55  | 12.52  | 12.47  | 12.54  | 12.55  | 12.50  | 12.525  | 0.0364  | 0.29  |
| 9 | 12.54  | 12.59  | 12.58  | 12.50  | 12.58  | 12.62  | 12.62  | 12.55  | 12.56  | 12.49  | 12.48  | 12.555  | 0.0491  | 0.39  |
| 10 | 12.49  | 12.48  | 12.55  | 12.47  | 12.46  | 12.58  | 12.55  | 12.58  | 12.58  | 12.54  | 12.56  | 12.531  | 0.0468  | 0.37  |
| 11 | 12.49  | 12.51  | 12.49  | 12.51  | 12.50  | 12.51  | 12.51  | 12.47  | 12.54  | 12.51  | 12.46  | 12.500  | 0.0219  | 0.18  |
| 12 | 12.53  | 12.54  | 12.56  | 12.57  | 12.49  | / | / | / | / | / | / | 12.538  | 0.0311  | 0.25  |
| 13 | 12.56  | 12.54  | 12.51  | 12.51  | 12.59  | 12.56  | 12.56  | 12.51  | 12.44  | 12.54  | 12.56  | 12.535  | 0.0406  | 0.32  |
| 14 | 12.53  | 12.54  | 12.57  | 12.54  | 12.53  | 12.52  | 12.54  | 12.52  | 12.53  | 12.55  | 12.55  | 12.538  | 0.0145  | 0.12  |
| 15 | 12.56  | 12.54  | 12.56  | 12.60  | 12.50  | 12.61  | 12.57  | 12.60  | 12.54  | 12.51  | 12.50  | 12.554  | 0.0398  | 0.32  |
| 16 | 12.56  | 12.59  | 12.61  | 12.62  | 12.56  | 12.63  | 12.53  | 12.63  | 12.57  | 12.64  | 12.64  | 12.598  | 0.0389  | 0.31  |
| 17 | 12.58  | 12.45  | 12.59  | 12.55  | 12.58  | 12.53  | 12.57  | 12.50  | 12.51  | 12.52  | 12.46  | 12.531  | 0.0483  | 0.39  |
| 18 | 12.56  | 12.68  | 12.60  | 12.66  | 12.56  | 12.61  | 12.62  | / | / | / | / | 12.613  | 0.0457  | 0.36  |
| 19 | 12.51  | 12.53  | 12.54  | 12.51  | 12.50  | 12.54  | 12.49  | 12.53  | 12.51  | 12.57  | 12.56  | 12.524  | 0.0249  | 0.20  |
| 20 | 12.62  | 12.63  | 12.62  | 12.62  | 12.58  | 12.58  | 12.60  | 12.54  | 12.52  | 12.51  | 12.50  | 12.575  | 0.0489  | 0.39  |
| 10 | 1 | 14.89  | 14.89  | 14.82  | 14.83  | 14.95  | 14.87  | 14.90  | 14.94  | 14.89  | 14.79  | 14.77  | 14.867  | 0.0582  | 0.39  |
| 2 | 14.88  | 14.84  | 14.85  | 14.81  | 14.86  | 14.89  | 14.89  | 14.81  | 14.88  | 14.79  | 14.78  | 14.844  | 0.0406  | 0.27  |
| 3 | 14.89  | 14.87  | 14.87  | 14.86  | 14.86  | 14.87  | 14.93  | 14.85  | 14.87  | 14.82  | 14.89  | 14.871  | 0.0274  | 0.18  |
| 4 | 14.82  | 14.82  | 14.94  | 14.86  | 14.82  | 14.86  | 14.83  | 14.79  | 14.69  | 14.93  | 14.85  | 14.837  | 0.0672  | 0.45  |
| 5 | 14.79  | 14.83  | 14.83  | 14.81  | 14.88  | 14.87  | 14.88  | 14.84  | 14.89  | 14.79  | 14.79  | 14.836  | 0.0388  | 0.26  |
| 6 | 14.88 | 14.95 | 14.83 | 14.86 | 14.92 | 14.84 | 14.87 | 14.95 | 14.96 | 14.80 | 14.85 | 14.883 | 0.0544 | 0.37 |
| 7 | 14.84  | 14.95  | 14.86  | 14.92  | 14.90  | 14.88  | 14.86  | 14.90  | 14.82  | 14.76  | 14.94  | 14.875  | 0.0557  | 0.37  |
| 8 | 14.84  | 14.84  | 14.82  | 14.86  | 14.87  | 14.87  | 14.86  | 14.86  | 14.86  | 14.82  | 14.82  | 14.847  | 0.0200  | 0.14  |
| 9 | 14.89  | 14.89  | 14.82  | 14.83  | 14.95  | 14.87  | 14.90  | 14.94  | 14.89  | 14.79  | 14.77  | 14.867  | 0.0582  | 0.39  |
| 10 | 14.89  | 14.79  | 14.77  | 14.85  | 14.83  | 14.98  | 14.97  | 14.94  | 14.89  | 14.93  | 14.91  | 14.886  | 0.0696  | 0.47  |
| 11 | 14.89  | 14.78  | 14.84  | 14.75  | 14.88  | 14.83  | 14.84  | 14.89  | 14.84  | 14.85  | 14.84  | 14.839  | 0.0430  | 0.29  |
| 12 | 14.79  | 14.77  | 14.86  | 14.83  | 14.82  | / | / | / | / | / | / | 14.814  | 0.0351  | 0.24  |
| 13 | 14.80  | 14.83  | 14.82  | 14.86  | 14.85  | 14.87  | 14.88  | 14.75  | 14.81  | 14.89  | 14.86  | 14.838  | 0.0412  | 0.28  |
| 14 | 14.88  | 14.84  | 14.86  | 14.84  | 14.87  | 14.87  | 14.85  | 14.83  | 14.86  | 14.84  | 14.82  | 14.849  | 0.0175  | 0.12  |
| 15 | 15.03  | 14.67  | 14.96  | 15.00  | 14.88  | 14.67  | 15.05  | 14.90  | 14.72  | 15.06  | 14.60  | 14.867  | 0.1719  | 1.16  |
| 16 | 14.92  | 14.94  | 14.95  | 14.86  | 14.92  | 14.89  | 14.90  | 14.95  | 14.94  | 14.90  | 14.93  | 14.919  | 0.0279  | 0.19  |
| 17 | 14.90  | 14.74  | 14.87  | 14.79  | 14.85  | 14.83  | 14.88  | 14.85  | 14.86  | 14.87  | 14.78  | 14.838  | 0.0487  | 0.33  |
| 18 | 14.88  | 14.79  | 14.78  | 14.71  | 14.80  | 14.81  | 14.90  | / | / | / | / | 14.810  | 0.0638  | 0.43  |
| 19 | 14.82  | 14.79  | 14.84  | 14.74  | 14.81  | 14.82  | 14.75  | 14.83  | 14.83  | 14.81  | 14.82  | 14.805  | 0.0318  | 0.21  |
| 20 | 14.91  | 14.94  | 14.92  | 14.90  | 14.89  | 14.81  | 14.77  | 14.83  | 14.92  | 14.88  | 14.90  | 14.879  | 0.0530  | 0.36  |
| **注：**\*表示歧离值，其值参与精密度计算；\*\*表示离群值，离群值被剔除，不参与精密度计算。 |