

ICS 77.120.99

CCS H 14

YS

中华人民共和国有色金属行业标准

YS/T XXXX.1—202X

代替YS/T 502-2006

钨铼合金化学分析方法
第1部分：铼含量的测定
分光光度法和电感耦合等离子体原子发射
光谱法

Methods for chemical analysis of tungsten rhenium alloy—
Part 1: Determination of rhenium content—
Spectrophotometry and inductively coupled plasma atomic emission
spectrometry

(送审稿)

202X-XX-XX发布

202X-XX-XX实施

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》给出的规则起草。

本文件是YS/T XXXX《钨铼合金化学分析方法》的第1部分。YS/T XXXX已经发布了以下部分：

- 第1部分：铼含量的测定 分光光度法和电感耦合等离子体原子发射光谱法；
- 第2部分：钨含量的测定 辛可宁重量法；
- 第3部分：钾含量的测定 火焰原子吸收光谱法。

本文件代替YS/T 502-2006《钨铼合金中铼的测定——丁二酮肟比色法》，与YS/T 502-2006相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 测定方法由“丁二酮肟比色法”更改为“分光光度法和电感耦合等离子体原子发射光谱法”（见第1章）；
- b) 增加了“规范性引用文件”（见第2章）；
- c) 增加了“术语和定义”（见第3章）；
- d) 增加了分析使用试剂和水的要求（见4.2和5.2）；
- e) 更改了分光光度法的称样量（见4.5.1，2006年版的3.2.1）；
- f) 更改了解解过剩的过氧化氢的操作步骤（见4.5.4.1，2006年版的3.2.1）；
- g) 更改了分光光度法的工作曲线，删除了“加入钨标准溶液5 mL”（见4.5.5，2006年版的第4章）；
- h) 增加了“方法二：电感耦合等离子体原子发射光谱法”，测定范围为0.50%~28.00%（见第5章）；
- i) 增加了“精密度”（见4.7和5.7）；
- j) 增加了“试验报告”（见第6章）；
- k) 增加了“精密度试验原始数据”（见附录A）。

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：国标（北京）检验认证有限公司、国合通用测试评价认证股份公司、深圳市中金岭南有色金属股份有限公司丹霞冶炼厂、国合通用（青岛）测试评价有限公司、北矿检测技术股份有限公司、郴州市产商品质量监督检验所、铜陵有色金属集团股份有限公司、广东省科学院工业分析检测中心、中国有色桂林矿产地质研究院有限公司、中铼新材料有限公司、安泰天龙钨钼科技有限公司。

本文件主要起草人：高燕、陈雄飞、谢艳艳、肖娜娜、申热玲、赵兰涛、刘聪、谢磊、唐清、黄环、刘柳枝、任树贵、洪雪姣、余小慧、何慧敏、孙志远、刘书静、李娅歆、邱秋雨、李姿梦、徐青、刘凯、韩聪美、周姣连、刘瑞鑫。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1982年首次发布为GB 3313-1982；
- 2006年第一次修订为YS/T 502-2006；
- 本次为第二次修订。

引 言

钨铼合金作为一种综合性能优异的钨基合金材料，广泛应用于航空航天、电子、冶金、石油化工等领域，是制造热电偶、电触点、电极、高温部件的关键原材料。目前国内外现行的相关产品标准GB/T 4184-2021《钨铼合金丝》、GB/T 29822-2013《钨铼热电偶丝及分度表》、SJ 20745-1999《高铼钨铼合金丝规范》、ASTM F73-1996(2017)《电子器件及灯泡用钨铼合金丝的标准规范》中规定了多种牌号的钨铼合金及其化学成分。然而，与上述产品标准相配套的化学分析方法标准还十分缺乏。因此，亟需建立一套针对钨铼合金关键化学成分的分析方法方法标准，以完善钨铼合金的标准体系，满足材料生产、应用和检测的迫切需求。

YS/T XXXX《钨铼合金化学分析方法》由三个部分构成。

——第1部分：铼含量的测定 分光光度法和电感耦合等离子体原子发射光谱法；

——第2部分：钨含量的测定 辛可宁重量法；

——第3部分：钾含量的测定 火焰原子吸收光谱法。

本文件目的在于规定钨铼合金中铼含量的测试方法及其精密度。铼作为添加元素可以大幅降低钨及钨合金的塑性-脆性转变温度，改善其加工性能和理化特性。因此，准确测定钨铼合金中的铼含量对于把控生产工艺、保证产品性能具有重要意义。本文件是在充分调研当前国内外钨铼合金相关产品标准及检测需求的基础上进行修订的，采用分光光度法和电感耦合等离子体原子发射光谱法两种分析方法，测定范围完全覆盖了目前行业内生产和应用的钨铼合金品种，为铼含量的测定提供了统一、可靠的技术规范，同时体现了行业发展的最新水平，对于有效减少供应商和客户之间因分析差异造成的贸易纠纷、推动钨铼合金相关产业的创新发展具有重要的支撑作用。

钨铼合金化学分析方法

第 1 部分：铼含量的测定

分光光度法和电感耦合等离子体原子发射光谱法

1 范围

本文件规定了钨铼合金中铼含量的测定方法。

本文件适用于钨铼合金中铼含量的测定。方法一的测定范围（质量分数）为0.50%~5.00%；方法二的测定范围（质量分数）为0.50%~28.00%。测定范围重叠的部分以方法一作为仲裁方法。

2 规范性引用文件

下列文件中的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

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 17433 冶金产品化学分析基础术语

3 术语和定义

GB/T 17433界定的术语和定义适用于本文件。

4 方法一：分光光度法

4.1 原理

试料以过氧化氢溶解，用氢氧化钠分解过剩的过氧化氢，用柠檬酸掩蔽钨基体。以氯化亚锡为还原剂，在盐酸介质中，低价铼与丁二酮肟形成稳定的橙红色络合物，于分光光度计450 nm处测量其吸光度，从工作曲线上查得相应的铼的质量。

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 过氧化氢（ $\rho=1.10$ g/mL）。

4.2.3 盐酸（1+3）。

4.2.4 盐酸（1+6）。

4.2.5 氢氧化钠溶液（100 g/L）。

4.2.6 碳酸钠溶液（300 g/L）。

4.2.7 柠檬酸溶液（400 g/L）。

4.2.8 丁二酮肟乙醇溶液（10 g/L）：称取5.0 g丁二酮肟溶解于500 mL乙醇中。

4.2.9 氯化亚锡溶液 (250 g/L)：称取25 g氯化亚锡 ($\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 于200 mL烧杯中，加入30 mL盐酸 ($\rho=1.19 \text{ g/mL}$)，加热至溶液澄清，冷却，用水稀释至100 mL，混匀。现用现配。

4.2.10 铯标准溶液：称取0.1000 g金属铯 ($w_{\text{Fe}} \geq 99.99\%$) 置于100 mL烧杯中，加入10 mL水、10 mL过氧化氢 (4.2.2)，盖上表面皿，低温加热至完全溶解，取下，稍冷。加入5 mL氢氧化钠溶液 (4.2.5)，低温加热至微沸且小气泡消失，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100 μg 铯。或使用国内外市售的非硝酸介质的有证溶液标准物质/标准样品。

4.3 仪器设备

分光光度计。

4.4 样品

样品应加工成粉状或丝状。对于丝状样品，应先在碳酸钠溶液 (4.2.6) 中加热至表面光亮，用定性滤纸擦净，再分别用水和乙醇清洗干净，然后将样品加工成长度不大于5 mm的细丝。

4.5 试验步骤

4.5.1 试料

称取0.20 g样品 (4.4)，精确至0.0001 g。

4.5.2 平行试验

平行做两份试验，取其平均值。

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100 mL烧杯中，加入10 mL过氧化氢 (4.2.2)，盖上杯盖，置于110 $^{\circ}\text{C}$ ~120 $^{\circ}\text{C}$ 的电热板上加热至完全溶解[若有不溶物，则不断补加过氧化氢 (4.2.2) 直至试料完全溶解]，取下，冷却至室温。缓慢加入5 mL氢氧化钠溶液 (4.2.5)，轻轻摇匀，继续加热至微沸且小气泡消失，取下，冷却至室温。用水冲洗烧杯盖及内壁，将溶液移入100 mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。

4.5.4.2 按表1分取试液于100 mL容量瓶中，依次加入5 mL柠檬酸溶液 (4.2.7)、10 mL盐酸 (4.2.4)、6 mL丁二酮肟乙醇溶液 (4.2.8)、5 mL氯化亚锡溶液 (4.2.9)，每加入一种试剂后均要摇匀。放置15 min，用盐酸 (4.2.3) 稀释至刻度，混匀。放置30 min~40 min。

表1 分取试液体积

| 铯的质量分数 % | 分取试液 (4.5.4.1) 体积 mL |
|-------------|-------------------------|
| 0.50~2.00 | 10.00 |
| >2.00~5.00 | 5.00 |

4.5.4.3 移取部分试液于1 cm比色皿中，以空白试验溶液为参比，于分光光度计波长450 nm处测量其吸光度，从工作曲线上查得相应的铯的质量。

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铯标准溶液 (4.2.10)，

分别置于一组 100 mL 容量瓶中，用水稀释至体积约为 10 mL，以下按 4.5.4.2 进行操作。

4.5.5.2 移取部分试液于 1 cm 比色皿中，以“零”浓度标准溶液为参比，于分光光度计波长 450 nm 处测量其吸光度。以铯的质量为横坐标，吸光度为纵坐标绘制工作曲线。工作曲线的线性相关系数应不小于 0.999。

4.6 试验数据处理

铯含量以铯的质量分数 ω 计，按公式 (1) 计算：

$$\omega = \frac{m_1 \cdot V \times 10^{-6}}{m \cdot V_1} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

式中：

m_1 —— 从工作曲线上查得铯的质量，单位为微克 (μg)；

V —— 试液总体积，单位为毫升 (mL)；

m —— 试料质量，单位为克 (g)；

V_1 —— 分取试液体积，单位为毫升 (mL)。

计算结果表示至小数点后两位。数值修约按 GB/T 8170 的规定执行。

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2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2数据采用线性内插法或外延法求得。精密度实验原始数据参见附录A。

表 2 重复性限 (方法一)

| | | | |
|-------------|------|------|------|
| $\omega/\%$ | 0.52 | 2.07 | 5.03 |
| $r/\%$ | 0.02 | 0.10 | 0.17 |

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。精密度实验原始数据参见附录A。

表 3 再现性限 (方法一)

| | | | |
|-------------|------|------|------|
| $\omega/\%$ | 0.52 | 2.07 | 5.03 |
| $R/\%$ | 0.03 | 0.15 | 0.23 |

5 方法二：电感耦合等离子体原子发射光谱法

5.1 原理

试料经硝酸、氢氟酸溶解。在稀酸介质中，试料溶液由氩气 (5.2.5) 引入等离子体炬火焰中，铯元素经气化、电离、激发并辐射出特征谱线，测量铯的特征谱线的发射强度，根据工作曲线计算铯的质量浓度，以质量分数表示测定结果。

5.2 试剂和材料

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 硝酸（ $\rho=1.42\text{ g/mL}$ ）。

5.2.3 氢氟酸（ $\rho=1.15\text{ g/mL}$ ）。

5.2.4 铯标准溶液：称取0.1000 g金属铯（ $w_{\text{Re}}\geq 99.99\%$ ）置于100 mL烧杯中，缓慢加入5 mL硝酸（5.2.2），低温加热至完全溶解，冷却。移入100 mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液1 mL含1 mg铯。或使用国内外市售的有证溶液标准物质/标准样品。

5.2.5 氩气（体积分数不小于99.99%）。

5.3 仪器设备

5.3.1 电感耦合等离子体原子发射光谱仪，具备耐氢氟酸进样系统。在仪器的最佳工作条件下，凡能达到下列指标者均可使用：

——仪器的实际分辨率：200 nm处光谱分辨率应小于0.01 nm。

——仪器的短期稳定性：测量10次最低浓度的标准溶液中铯的发射强度，计算其标准偏差，其相对标准偏差应小于2%。

5.3.2 推荐的分析谱线为221.426 nm。

5.4 样品

样品应加工成粉状或长度不大于5 mm的细丝。

5.5 试验步骤

5.5.1 试料

称取0.10 g样品（5.4），精确至0.0001 g。

5.5.2 平行试验

平行做两份试验，取其平均值。

5.5.3 空白试验

随同试料做空白试验。

5.5.4 测定

5.5.4.1 将试料置于100 mL聚四氟乙烯烧杯中，用少量水润湿，缓慢加入5 mL硝酸（5.2.2）、2 mL氢氟酸（5.2.3），盖上杯盖，置于电热板上低温加热至完全溶解，取下，冷却至室温。用水冲洗烧杯盖及内壁，将溶液移入100 mL塑料容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。

5.5.4.2 当铯的质量分数大于5.00%~28.00%时，移取10.00 mL试液（5.5.4.1）于100 mL塑料容量瓶中，补加5 mL硝酸（5.2.2），用水稀释至刻度，混匀。

5.5.4.3 在选定的仪器工作条件下，于电感耦合等离子体原子发射光谱仪上推荐的分析谱线处测定试液中铯的发射强度，从工作曲线上查得铯的质量浓度。

5.5.5 工作曲线的绘制

5.5.5.1 移取0 mL、0.50 mL、1.00 mL、2.00 mL、3.00 mL、5.00 mL、6.00 mL铯标准溶液（5.2.4）分别置于一组100 mL塑料容量瓶中，加入5 mL硝酸（5.2.2），用水稀释至刻度，混匀。

5.5.5.2 于电感耦合等离子体原子发射光谱仪(5.3)上测量系列标准溶液(5.5.5.1)中铼的发射强度,以铼的质量浓度为横坐标,发射强度为纵坐标,绘制工作曲线。工作曲线的线性相关系数应不小于0.9995。

5.6 试验数据处理

铼含量以铼的质量分数 ω 计,按公式(2)计算:

$$\omega = \frac{(\rho - \rho_0) \cdot V_4 \cdot V_2 \times 10^{-6}}{m_2 \cdot V_3} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:

- ρ —— 样品试液中铼的质量浓度,单位为微克每毫升($\mu\text{g/mL}$);
- ρ_0 —— 空白试液中铼的质量浓度,单位为微克每毫升($\mu\text{g/mL}$);
- V_4 —— 测定试液体积,单位为毫升(mL);
- V_2 —— 试液总体积,单位为毫升(mL);
- m_2 —— 试料质量,单位为克(g);
- V_3 —— 分取试液体积,单位为毫升(mL)。

计算结果保留至小数点后两位。数值修约按GB/T 8170的规定执行。

5.7 精密度

5.7.1 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4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4数据采用线性内插法或外延法求得。精密度实验原始数据参见附录A。

表4 重复性限(方法二)

| | | | | |
|-------------|------|------|------|-------|
| $\omega/\%$ | 0.51 | 2.05 | 5.06 | 26.22 |
| $r/\%$ | 0.03 | 0.08 | 0.20 | 0.51 |

5.7.2 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5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5数据采用线性内插法或外延法求得。精密度实验原始数据参见附录A。

表5 再现性限(方法二)

| | | | | |
|-------------|------|------|------|-------|
| $\omega/\%$ | 0.51 | 2.05 | 5.06 | 26.22 |
| $R/\%$ | 0.04 | 0.15 | 0.24 | 0.63 |

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;
- 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。

附录A
(资料性)
精密度试验原始数据

方法一精密度数据是由8家实验室对铍含量的3个不同水平样品进行共同试验确定的,方法二精密度数据是由8家实验室对铍含量的4个不同水平样品进行共同试验确定的.每个实验室对每个水平的铍含量在重复性条件下独立测定9次。方法一测定的原始数据见表A.1,方法二测定的原始数据见表A.2。

表 A.1 方法一精密度试验原始数据

| 实验室 | 水平数 | $\omega/\%$ | | | | | | | | |
|-----|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 测定次数 n | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 1 | 0.53 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.53 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.53 |
| | 2 | 2.08 | 2.05 | 2.13 | 2.05 | 2.14 | 2.13 | 2.06 | 2.16 | 2.05 |
| | 3 | 4.97 | 5.04 | 5.10 | 5.13 | 4.97 | 4.93 | 4.96 | 4.93 | 4.95 |
| 2 | 1 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.52 |
| | 2 | 2.04 | 2.06 | 2.07 | 2.07 | 2.08 | 2.09 | 2.09 | 2.10 | 2.11 |
| | 3 | 5.03 | 5.04 | 5.06 | 5.06 | 5.07 | 5.07 | 5.08 | 5.09 | 5.11 |
| 3 | 1 | 0.54 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.51 | 0.53 | 0.51 | 0.52 | 0.52 |
| | 2 | 2.05 | 2.07 | 2.10 | 2.04 | 2.05 | 2.04 | 2.06 | 2.05 | 2.07 |
| | 3 | 4.98 | 5.05 | 5.16 | 5.07 | 5.07 | 4.98 | 4.97 | 5.09 | 4.89 |
| 4 | 1 | 0.51 | 0.52 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.52 |
| | 2 | 2.05 | 2.16 | 2.13 | 2.15 | 2.05 | 2.17 | 2.07 | 2.15 | 2.15 |
| | 3 | 5.12 | 5.16 | 5.13 | 5.15 | 5.11 | 5.00 | 5.20 | 5.17 | 5.10 |
| 5 | 1(*) | 0.45 | 0.48 | 0.47 | 0.46 | 0.48 | 0.46 | 0.46 | 0.49 | 0.47 |
| | 2 | 1.99 | 1.98 | 2.02 | 2.03 | 2.00 | 1.99 | 1.96 | 1.98 | 1.98 |
| | 3 | 4.97 | 4.90 | 5.04 | 5.02 | 4.98 | 4.89 | 4.97 | 4.88 | 5.01 |
| 6 | 1 | 0.52 | 0.51 | 0.50 | 0.50 | 0.51 | 0.52 | 0.51 | 0.50 | 0.49 |
| | 2 | 2.04 | 2.01 | 2.10 | 2.11 | 2.03 | 2.14 | 2.11 | 2.09 | 2.06 |
| | 3 | 5.15 | 5.03 | 5.13 | 5.10 | 5.11 | 5.08 | 5.06 | 5.11 | 5.13 |
| 7 | 1 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.51 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.53 |
| | 2 | 2.05 | 2.10 | 2.06 | 2.13 | 2.09 | 2.14 | 2.07 | 2.11 | 2.09 |
| | 3 | 5.03 | 5.01 | 4.99 | 5.03 | 5.06 | 4.98 | 5.02 | 5.04 | 5.03 |
| 8 | 1 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.50 |
| | 2 | 2.05 | 2.10 | 2.03 | 2.07 | 2.02 | 2.06 | 2.04 | 2.10 | 2.09 |
| | 3 | 5.08 | 4.88 | 5.03 | 4.93 | 5.06 | 4.98 | 4.93 | 4.95 | 4.91 |

注：带(*)标记的数据组为离群值数据组。

表 A.2 方法二精密度试验原始数据

| 实验室 | 水平数 | $\omega/\%$ | | | | | | | | |
|-----|------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 测定次数 n | | | | | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 1 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.51 | 0.50 | 0.50 | 0.49 | 0.50 | 0.50 |
| | 2 | 2.01 | 2.01 | 2.05 | 2.04 | 2.06 | 1.99 | 1.98 | 2.01 | 2.00 |
| | 3 | 5.01 | 4.96 | 4.91 | 4.95 | 5.11 | 5.09 | 5.12 | 5.17 | 5.18 |
| | 4 | 26.30 | 26.17 | 26.07 | 26.57 | 26.28 | 26.51 | 26.73 | 26.44 | 26.24 |
| 2 | 1 | 0.50 | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 |
| | 2 | 2.03 | 2.03 | 2.04 | 2.04 | 2.05 | 2.05 | 2.08 | 2.10 | 2.13 |
| | 3 | 5.04 | 5.07 | 5.08 | 5.04 | 5.10 | 5.10 | 5.11 | 5.13 | 5.20 |
| | 4 | 26.22 | 26.28 | 26.29 | 26.31 | 26.31 | 26.31 | 26.38 | 26.38 | 26.40 |
| 3 | 1 | 0.52 | 0.52 | 0.52 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.52 |
| | 2 | 2.05 | 2.03 | 2.07 | 2.08 | 2.07 | 2.08 | 2.08 | 2.07 | 2.05 |
| | 3 | 5.14 | 5.13 | 5.19 | 5.10 | 5.06 | 5.06 | 5.14 | 5.12 | 5.11 |
| | 4 | 26.30 | 26.19 | 26.18 | 26.43 | 26.24 | 26.28 | 26.38 | 26.40 | 26.45 |
| 4 | 1 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.52 | 0.50 | 0.51 | 0.50 | 0.49 | 0.53 |
| | 2 | 2.05 | 2.03 | 2.05 | 2.01 | 1.97 | 2.01 | 1.98 | 2.05 | 2.00 |
| | 3 | 5.09 | 5.01 | 5.13 | 4.95 | 4.98 | 4.95 | 5.18 | 5.00 | 5.17 |
| | 4 | 26.33 | 26.24 | 26.21 | 26.01 | 26.62 | 26.45 | 26.35 | 26.71 | 26.05 |
| 5 | 1 | 0.52 | 0.52 | 0.53 | 0.52 | 0.53 | 0.53 | 0.52 | 0.52 | 0.52 |
| | 2 | 2.06 | 2.00 | 2.03 | 2.01 | 2.03 | 2.02 | 2.01 | 2.05 | 2.03 |
| | 3 | 4.93 | 4.90 | 4.93 | 5.13 | 4.97 | 4.95 | 4.96 | 4.99 | 5.02 |
| | 4 | 26.01 | 25.70 | 26.10 | 25.76 | 26.14 | 26.10 | 25.97 | 25.92 | 26.22 |
| 6 | 1 | 0.52 | 0.53 | 0.53 | 0.51 | 0.51 | 0.52 | 0.51 | 0.52 | 0.54 |
| | 2 | 2.17 | 2.15 | 2.16 | 2.13 | 2.12 | 2.17 | 2.11 | 2.13 | 2.07 |
| | 3 | 5.20 | 5.10 | 5.15 | 5.00 | 5.13 | 5.06 | 5.16 | 5.08 | 5.17 |
| | 4(*) | 26.67 | 26.73 | 26.46 | 26.90 | 26.51 | 26.24 | 26.85 | 26.62 | 26.47 |
| 7 | 1(*) | 0.51 | 0.52 | 0.54 | 0.50 | 0.53 | 0.49 | 0.51 | 0.53 | 0.50 |
| | 2(*) | 2.07 | 2.06 | 2.02 | 1.99 | 2.09 | 2.08 | 2.14 | 1.98 | 2.02 |
| | 3 | 4.99 | 5.01 | 5.09 | 5.07 | 4.97 | 5.09 | 5.06 | 5.03 | 5.09 |
| | 4 | 26.10 | 25.98 | 26.55 | 26.34 | 26.20 | 26.10 | 26.08 | 26.19 | 25.86 |
| 8 | 1 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.50 | 0.51 | 0.51 | 0.51 | 0.51 |
| | 2 | 2.03 | 2.05 | 2.04 | 2.02 | 1.99 | 2.00 | 2.00 | 2.03 | 2.05 |
| | 3 | 4.97 | 4.98 | 5.00 | 5.08 | 5.07 | 5.04 | 5.05 | 4.95 | 4.93 |
| | 4(*) | 26.31 | 25.99 | 26.31 | 26.08 | 26.33 | 26.55 | 26.26 | 25.54 | 25.67 |

注：带(*)标记的数据组为离群值数据组。