|  |  |
| --- | --- |
| ICS | 77.120.01 |
| CCS | H 13 |

|  |
| --- |
| YS |

中华人民共和国有色金属行业标准

YS/T XXXXX—XXXX

粗氢氧化镍钴化学分析方法第7部分：锰含量的测定电位滴定法

Methods for chemical analysis of crude nickel and cobalt hydroxide— Part 7：Determination of manganese content— Potentiometric titration method

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

XXXX - XX - XX发布

XXXX - XX - XX实施

中 华 人 民 共 和 国 工 业 和 信 息 化 部  发布

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 XXXX《粗氢氧化镍钴化学分析方法》的第7部分。YS/T XXXX已经发布了以下部分：

——第1部分：镍含量的测定 丁二酮肟重量法；

——第2部分：铬、磷、锰含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法；

——第3部分：氟离子含量的测定 离子选择性电极法；

——第4部分：铜、铝、锂、锌、镉、铅、砷含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法；

——第5部分：水分含量的测定 烘箱干燥法；

——第6部分：盐酸不溶物含量的测定 重量法；

——第7部分：锰含量的测定 电位滴定法。

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：浙江华友钴业股份有限公司、荆门市格林美新材料有限公司、广东邦普循环科技有限公司、金川集团股份有限公司、国标（北京）检验认证有限公司、铜陵有色金属集团控股有限公司、广东佳纳能源科技有限公司、大冶有色设计研究院有限公司、金驰能源材料有限公司、衢州华友钴新材料有限公司、紫金矿业集团股份有限公司、紫金铜业有限公司、深圳清华大学研究院、华友新能源科技（衢州）有限公司、湖南邦普循环科技有限公司、瑞士万通中国有限公司。

本文件主要起草人：谢柏华、范娟恵、高娟亚、杨亚琴、刘志鹏、赵勇、李凤艳、胡冬冬、骆月英、官艳红、张莹娇、喻生洁、张宇鑫、严鹏、冯焕村、胡晓帅、刘宙、孟凡兵、伍宝英、廖彬玲、陈建军、陈建文、周游、龚雁。

1. 引言

粗氢氧化镍钴是一种含镍钴元素的二元湿法冶炼中间品，是由锂离子电池废料经预处理、酸溶、除杂、碱沉等湿法富集工艺得到的具有较高利用价值、对环境无污染的产品，可作为生产镍钴锰三元素复合氢氧化物、镍钴锰酸锂、镍或钴的化工盐及其他相关材料的原料。粗氢氧化镍钴产品的化学成分直接影响到产品质量的好坏，建立一套粗氢氧化镍钴化学成分的分析方法标准是十分必要的。

YS/T XXXX《粗氢氧化镍钴化学分析方法》由7个部分构成。

——第1部分：镍含量的测定 丁二酮肟重量法；

——第2部分：铬、磷、锰含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法；

——第3部分：氟离子含量的测定 离子选择性电极法；

——第4部分：铜、铝、锂、锌、镉、铅、砷含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法；

——第5部分：水分含量的测定 烘箱干燥法；

——第6部分：盐酸不溶物含量的测定 重量法；

——第7部分：锰含量的测定 电位滴定法。

本文件的目的在于规范粗氢氧化镍钴中锰含量的测试方法及其精密度。锰作为粗氢氧化镍钴中的主要杂质元素，其含量较高，且在电位滴定法测定钴含量时产生正干扰。目前测定高含量锰的主要分析方法为电位滴定法，该方法操作简单，灵敏度和准确度高。电位滴定法测定锰含量与其它化学成分的检测方法不同，因此，锰含量的测定有必要单独编制为一个部分。本文件的制定为科学、准确的测定粗氢氧化镍钴的锰含量提供了依据，对于减少供需双方之间因检测误差造成的商业纠纷以及促进产品的贸易发展具有重要作用。

粗氢氧化镍钴化学分析方法

第7部分：锰含量的测定

电位滴定法

* 1. 范围

本部分规定了粗氢氧化镍钴中锰含量的测定方法。

本部分适用于粗氢氧化镍钴中锰含量的测定。测定范围：1.00 %～30.00 %。

* 1. 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

YS/T 1460—2021 粗氢氧化镍钴

* 1. 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

* 1. 原理

试料经盐酸、硝酸分解后，在焦磷酸钠饱和溶液中，调节pH值为6~7，用高锰酸钾标准滴定溶液滴定至电位突跃即为终点。

* 1. 试剂和材料

除非另有说明，本文件所用试剂均为分析纯及以上纯度的试剂。

水，符合GB/T 6682规定的三级及以上纯度的水。

盐酸（*ρ=*1.19 g /mL）。

硝酸（*ρ=*1.42 g /mL）。

硫酸（1+1）。

氨水（1+1）。

焦磷酸钠饱和溶液：称取300 g焦磷酸钠于1 000 mL烧杯中，加900 mL纯水。（放置24 h后使用）

锰标准溶液：称取1.000 0 g金属锰（*w*Mn≥ 99.95 %）（精确至0.000 1 g）于400 mL烧杯中，加20 mL硫酸（5.4），加热溶解至清亮。冷却，移入1 000 mL容量瓶中，用纯水稀释至刻度，混匀。此溶液1 mL含1 mg锰。

高锰酸钾标准贮存溶液[*c*（1/5KMnO4）≈ 0.1 mol/L]：称取3.20 g高锰酸钾溶于1000 mL纯水中，煮沸1 h，冷却，放置7 d。用3号玻璃砂芯漏斗过滤于棕色玻璃瓶中，混匀，于暗处保存备用。

高锰酸钾标准滴定溶液[*c*（1/5KMnO4）≈0.01 mol/L]的配制：移取100 mL高锰酸钾标准贮存溶液（5.8）于1000 mL棕色容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀，于暗处保存备用。

高锰酸钾标准滴定溶液[*c*（1/5KMnO4）≈0.01 mol/L]的标定：移取三份10.00 mL锰标准溶液（5.7）（记为*V*1），分别置于250 mL烧杯中，加入50 mL焦磷酸钠饱和溶液（5.6），在搅拌下，用硫酸（5.4）或氨水（5.5）调节溶液pH值为6~7），在电位滴定仪上，用高锰酸钾标准滴定溶液（5.9）滴定至电位突跃即为终点，记录消耗的高锰酸钾标准滴定溶液体积（记为*V*2）。现用现标。

随同标定做空白测定，记录消耗的高锰酸钾标准滴定溶液体积（记为*V*0）。

平行标定三份，所消耗的高锰酸钾标准滴定溶液体积的极差值不应超过0.05 mL，取其平均值。否则，重新标定。

高锰酸钾标准滴定溶液的浓度以*c*计，数值以mol/L表示，按公式（1）计算：

 ………………….（1）

式中：

*V*1——移取锰标准溶液的体积，单位为毫升（mL）；

*ρ*——锰标准溶液的质量浓度，单位为毫克每毫升（mg/mL）；

*V*2——标定时，滴定锰标准溶液时所消耗的高锰酸钾标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

*V*0——滴定空白溶液时所消耗的高锰酸钾标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

54.94——锰的摩尔质量，单位为克每摩尔（g/mol）。

所得结果表示四位有效数字。

* 1. 仪器设备

电位滴定仪，附磁力搅拌器、与仪器匹配的氧化还原电极（铂-钨电极或铂-铂电极或复合电极或其它符合要求的电极）。

* 1. 样品

按YS/T 1460—2021的7.4要求取样与制样。

样品应在105 ℃ ± 2 ℃干燥箱中干燥4 h，置于干燥器中冷却至室温后立即称取。

* 1. 试验步骤
     1. 试料

称取1.00 g（记为*m*）样品（7），精确至0.000 1 g。

* + 1. 平行试验

平行做两份试验，取其平均值。

* + 1. 空白试验

随同试料做空白试验，记录消耗的高锰酸钾标准滴定溶液的体积（记为*V*0）。

* + 1. 测定

将试料（8.1）置于250 mL烧杯中，用少量水润湿，加入10 mL盐酸（5.2），盖上表面皿，置于电炉上低温加热至完全溶解，取下，冷却。加入5 mL硝酸（5.3），继续加热并蒸至近干，取下，冷却。用少量水吹洗表面皿及烧杯壁，加热溶解盐类。取下，冷却，移入250 mL容量瓶中（记为*V*4），用水稀释至刻度，混匀。干过滤。

移取20.00 mL滤液（记为*V*5）于250 mL烧杯中，在搅拌下，加入75 mL焦磷酸钠饱和溶液（5.6），用硫酸（5.4）或氨水（5.5）调节溶液pH值为6~7，在电位滴定仪上，用高锰酸钾标准滴定溶液（5.9）滴定至电位突跃即为终点，记录消耗的高锰酸钾标准滴定溶液体积（记为*V*3）。

* 1. 试验数据处理

锰的含量以锰的质量分数*w*Mn计，按公式（2）计算：

 ...................（2）

式中：

*V*3——滴定试料溶液所消耗高锰酸钾标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

*V*0——滴定空白溶液所消耗高锰酸钾标准滴定溶液的体积，单位为毫升（mL）；

*c*——高锰酸钾标准滴定溶液的浓度，单位为摩尔每升（mol/L）；

*V*4——试液稀释的体积，单位为毫升（mL）；

54.94——锰的摩尔质量，单位为克每摩尔（g/mol）；

*m*——试料的质量，单位为克（g）；

*V*5——分取试液的体积，单位为毫升（mL）。

计算结果表示到小数点后两位，，按GB/T 8170的规定进行修约。

* 1. 精密度
     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，精密度实验原始数据参见附录A。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：

1. 重复性限

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *w*Ni/% | 1.37 | 4.94 | 10.22 | 19.89 | 27.92 |
| *r*/% | 0.04 | 0.07 | 0.11 | 0.17 | 0.19 |

* + 1. 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，精密度实验原始数据参见附录A。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：

1. 再现性限

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *w*Ni/% | 1.37 | 4.94 | 10.22 | 19.89 | 27.92 |
| *R*/% | 0.08 | 0.12 | 0.20 | 0.28 | 0.35 |

* 1. 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；

——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。

2. （资料性）  
   精密度试验原始数据

精密度数据是在2021年由16家实验室对5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～11次。测定的原始数据见表A.1。

* 1. 精密度试验原始数据

| 实验室 | 水平 | 测定次数 | | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | 1 | 1.36 | 1.36 | 1.36 | 1.36 | 1.35 | 1.36 | 1.36 | 1.36 | 1.35 | 1.37 | 1.36 |
| 2 | 4.92 | 4.92 | 4.93 | 4.93 | 4.93 | 4.92 | 4.95 | 4.94 | 4.96 | 4.96 | 4.96 |
| 3 | 10.27 | 10.23 | 10.31 | 10.26 | 10.28 | 10.25 | 10.21 | 10.20 | 10.17 | 10.16 | 10.20 |
| 4 | 19.86 | 19.89 | 19.86 | 19.78 | 19.79 | 19.82 | 19.92 | 19.88 | 19.83 | 19.78 | 19.79 |
| 5 | 28.01 | 28.01 | 27.97 | 27.95 | 27.96 | 27.85 | 27.95 | 27.90 | 28.00 | 27.99 | 27.97 |
| 2 | 1 | 1.37 | 1.37 | 1.37 | 1.37 | 1.37 | 1.36 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 |
| 2 | 4.91 | 4.92 | 4.93 | 4.93 | 4.91 | 4.93 | 4.92 | 4.93 | 4.94 | 4.92 | 4.93 |
| 3 | 10.19 | 10.20 | 10.22 | 10.18 | 10.22 | 10.16 | 10.14 | 10.17 | 10.15 | 10.17 | 10.14 |
| 4 | 19.83 | 19.81 | 19.83 | 19.81 | 19.83 | 19.80 | 19.77 | 19.85 | 19.86 | 19.83 | 19.86 |
| 5 | 27.76 | 27.77 | 27.83 | 27.81 | 27.85 | 27.80 | 27.78 | 27.73 | 27.70 | 27.71 | 27.72 |
| 3 | 1 | 1.36 | 1.36 | 1.36 | 1.40 | 1.41 | 1.36 | 1.41 | 1.37 | 1.37 | 1.36 | 1.37 |
| 2 | 4.91 | 4.94 | 4.92 | 4.92 | 4.93 | 4.93 | 4.92 | 4.92 | 4.93 | 4.97 | 4.97 |
| 3 | 10.16 | 10.27 | 10.15 | 10.17 | 10.17 | 10.18 | 10.19 | 10.16 | 10.19 | 10.18 | 10.23 |
| 4 | 19.96 | 19.92 | 19.95 | 19.79 | 19.86 | 19.97 | 19.85 | 19.89 | 19.89 | 20.00 | 19.93 |
| 5 | 27.98 | 27.99 | 27.99 | 27.74 | 27.76 | 27.84 | 27.82 | 27.90 | 27.89 | 27.90 | 27.79 |
| 4 | 1 | 1.39 | 1.39 | 1.37 | 1.38 | 1.37 | 1.37 | 1.39 | 1.37 | 1.39 | 1.38 | 1.38 |
| 2 | 4.98 | 5.01 | 5.00 | 4.96 | 4.96 | 4.97 | 4.95 | 5.00 | 4.98 | 4.96 | 4.96 |
| 3 | 10.32 | 10.29 | 10.30 | 10.13 | 10.15 | 10.24 | 10.24 | 10.21 | 10.18 | 10.23 | 10.21 |
| 4 | 20.17 | 20.18 | 20.00 | 20.01 | 20.00 | 20.05 | 20.08 | 20.18 | 20.20 | 20.35 | 20.04 |
| 5 | 28.09 | 28.23 | 28.11 | 28.12 | 28.13 | 28.29 | 28.10 | 28.01 | 28.14 | 28.15 | 28.10 |
| 5 | 1 | 1.43 | 1.43 | 1.42 | 1.41 | 1.41 | 1.40 | 1.43 | 1.40 | 1.41 | 1.44 | 1.42 |
| 2 | 4.92 | 4.91 | 4.97 | 4.96 | 4.95 | 4.96 | 4.97 | 4.95 | 4.93 | 4.97 | 4.98 |
| 3 | 10.17 | 10.16 | 10.17 | 10.25 | 10.26 | 10.21 | 10.17 | 10.18 | 10.17 | 10.15 | 10.16 |
| 4 | 19.78 | 19.68 | 19.76 | 19.78 | 19.80 | 19.78 | 19.71 | 19.77 | 19.82 | 19.79 | 19.68 |
| 5 | 27.85 | 27.86 | 27.88 | 27.78 | 27.89 | 27.75 | 27.76 | 27.77 | 27.70 | 27.76 | 27.80 |
| 6 | 1 | 1.39 | 1.38 | 1.38 | 1.40 | 1.37 | 1.39 | 1.37 | 1.35 | 1.38 | 1.36 | 1.36 |
| 2 | 4.91 | 4.97 | 4.96 | 4.98 | 4.97 | 4.99 | 4.90 | 4.93 | 4.96 | 4.95 | 4.96 |
| 3 | 10.17 | 10.18 | 10.23 | 10.23 | 10.23 | 10.20 | 10.18 | 10.22 | 10.19 | 10.21 | 10.16 |
| 4 | 19.77 | 19.88 | 19.87 | 19.85 | 19.81 | 19.78 | 19.83 | 19.79 | 19.84 | 19.91 | 19.82 |
| 5 | 27.78 | 28.00 | 27.88 | 27.99 | 27.78 | 28.01 | 27.87 | 27.91 | 27.96 | 27.93 | 27.88 |
| 7 | 1 | 1.30 | 1.32 | 1.30 | 1.29 | 1.32 | 1.31 | 1.30 | 1.33 | 1.33 | 1.29 | 1.32 |
| 2 | 4.91 | 4.88 | 4.87 | 4.86 | 4.91 | 4.83 | 4.82 | 4.84 | 4.82 | 4.90 | 4.85 |
| 3 | 10.14 | 10.11 | 10.17 | 10.19 | 10.14 | 10.22 | 10.13 | 10.23 | 10.18 | 10.10 | 10.19 |
| 4 | 19.62 | 19.84 | 19.68 | 19.78 | 19.79 | 19.71 | 19.76 | 19.63 | 19.71 | 19.82 | 19.69 |
| 5 | 27.94 | 27.78 | 27.86 | 27.89 | 27.86 | 27.98 | 27.87 | 27.75 | 27.83 | 27.86 | 27.91 |
| 8 | 1 | 1.36 | 1.36 | 1.35 | 1.36 | 1.36 | 1.34 | 1.38 | 1.38 | 1.36 | \ | \ |
| 2 | 4.94 | 4.96 | 4.96 | 4.96 | 4.97 | 4.99 | 4.98 | 5.00 | 5.00 | \ | \ |
| 3 | 10.34 | 10.34 | 10.28 | 10.26 | 10.29 | 10.29 | 10.32 | 10.32 | 10.31 | \ | \ |
| 4 | 19.93 | 19.99 | 20.12 | 20.05 | 20.15 | 20.15 | 20.16 | 20.09 | 20.19 | \ | \ |
| 5 | 28.02 | 28.11 | 28.17 | 28.12 | 28.12 | 28.12 | 27.90 | 27.93 | 27.93 | \ | \ |
| 9 | 1 | 1.37 | 1.35 | 1.36 | 1.37 | 1.33 | 1.35 | 1.36 | 1.32 | 1.36 | 1.35 | 1.34 |
| 2 | 4.95 | 4.94 | 4.93 | 4.91 | 4.96 | 4.97 | 4.93 | 4.98 | 4.92 | 4.95 | 4.96 |
| 3 | 10.22 | 10.28 | 10.30 | 10.27 | 10.33 | 10.21 | 10.32 | 10.27 | 10.25 | 10.34 | 10.18 |
| 4 | 19.83 | 19.77 | 19.82 | 19.83 | 19.94 | 19.85 | 19.97 | 19.86 | 19.88 | 19.93 | 19.87 |
| 5 | 27.79 | 27.88 | 27.91 | 27.94 | 27.73 | 27.98 | 28.03 | 28.05 | 27.81 | 28.05 | 27.85 |
| 10 | 1 | 1.34 | 1.34 | 1.34 | 1.34 | 1.34 | 1.34 | 1.34 | 1.34 | 1.35 | 1.33 | 1.34 |
| 2 | 4.93 | 4.90 | 4.89 | 4.89 | 4.92 | 4.90 | 4.89 | 4.89 | 4.93 | 4.91 | 4.92 |
| 3 | 10.16 | 10.17 | 10.17 | 10.14 | 10.17 | 10.16 | 10.15 | 10.14 | 10.15 | 10.16 | 10.15 |
| 4 | 19.81 | 19.76 | 19.81 | 19.75 | 19.79 | 19.80 | 19.76 | 19.81 | 19.79 | 19.74 | 19.79 |
| 5 | 27.87 | 27.86 | 27.85 | 27.84 | 27.87 | 27.91 | 27.96 | 27.91 | 27.86 | 27.84 | 27.96 |
| 11 | 1 | 1.41\* | 1.38\* | 1.44\* | 1.38\* | 1.33\* | 1.36\* | 1.46\* | 1.38\* | 1.42\* | 1.36\* | 1.40\* |
| 2 | 4.94 | 4.94 | 5.07 | 4.97 | 4.96 | 4.96 | 4.95 | 5.03 | 5.00 | 4.98 | 5.06 |
| 3 | 10.22 | 10.21 | 10.21 | 10.21 | 10.20 | 10.29 | 10.27 | 10.21 | 10.28 | 10.23 | 10.24 |
| 4 | 19.92 | 19.96 | 20.00 | 19.85 | 20.10 | 19.97 | 20.02 | 20.01 | 19.98 | 19.90 | 19.83 |
| 5 | 28.07 | 27.99 | 27.83 | 27.99 | 28.02 | 28.08 | 27.99 | 28.08 | 28.04 | 27.96 | 28.03 |
| 12 | 1 | 1.36 | 1.36 | 1.35 | 1.37 | 1.36 | 1.36 | 1.37 | 1.37 | 1.36 | 1.35 | 1.35 |
| 2 | 4.92 | 4.92 | 4.96 | 4.94 | 4.95 | 4.95 | 4.93 | 4.94 | 4.96 | 4.93 | 4.92 |
| 3 | 10.25 | 10.27 | 10.22 | 10.20 | 10.27 | 10.25 | 10.22 | 10.20 | 10.19 | 10.27 | 10.30 |
| 4 | 19.88 | 19.79 | 19.84 | 19.90 | 19.91 | 19.89 | 19.79 | 19.83 | 19.92 | 19.86 | 19.84 |
| 5 | 28.00 | 28.01 | 27.98 | 27.90 | 27.88 | 27.92 | 27.99 | 27.94 | 27.89 | 27.97 | 28.02 |
| 13 | 1 | 1.35 | 1.36 | 1.36 | 1.35 | 1.36 | 1.35 | 1.36 | 1.37 | 1.36 | \ | \ |
| 2 | 4.93 | 4.92 | 4.91 | 4.93 | 4.95 | 4.91 | 4.94 | 4.94 | 4.91 | \ | \ |
| 3 | 10.28 | 10.27 | 10.14 | 10.14 | 10.18 | 10.20 | 10.22 | 10.27 | 10.13 | \ | \ |
| 4 | 19.92 | 19.84 | 19.81 | 19.82 | 19.88 | 19.80 | 19.81 | 19.83 | 19.77 | \ | \ |
| 5 | 28.03 | 27.97 | 27.86 | 27.82 | 27.85 | 27.89 | 27.93 | 27.88 | 27.93 | \ | \ |
| 14 | 1 | 1.36 | 1.36 | 1.35 | 1.37 | 1.38 | 1.36 | 1.37 | 1.37 | 1.36 | 1.36 | 1.37 |
| 2 | 4.89 | 4.93 | 4.92 | 4.92 | 4.92 | 4.94 | 4.90 | 4.92 | 4.90 | 4.91 | 4.91 |
| 3 | 10.21 | 10.21 | 10.14 | 10.18 | 10.16 | 10.18 | 10.31 | 10.24 | 10.22 | 10.23 | 10.18 |
| 4 | 20.06 | 20.07 | 20.07 | 20.12 | 20.13 | 19.93 | 20.21 | 20.14 | 19.99 | 20.14 | 20.06 |
| 5 | 27.84 | 27.90 | 27.74 | 27.82 | 27.68 | 27.73 | 27.69 | 27.70 | 27.80 | 27.76 | 27.84 |
| 15 | 1 | 1.38 | 1.39 | 1.41 | 1.43 | 1.42 | 1.41 | 1.38 | 1.38 | 1.40 | 1.40 | 1.42 |
| 2 | 5.00 | 4.98 | 5.03 | 4.96 | 4.97 | 5.01 | 5.02 | 4.95 | 5.01 | 4.99 | 5.02 |
| 3 | 10.19 | 10.17 | 10.27 | 10.22 | 10.25 | 10.21 | 10.24 | 10.20 | 10.26 | 10.25 | 10.29 |
| 4 | 19.91 | 19.85 | 19.84 | 19.87 | 20.01 | 19.99 | 19.80 | 19.95 | 19.92 | 19.83 | 19.89 |
| 5 | 28.03 | 28.01 | 28.15 | 27.99 | 28.06 | 28.10 | 28.12 | 28.02 | 28.03 | 28.14 | 28.08 |
| 16 | 1 | 1.36 | 1.37 | 1.36 | 1.36 | 1.36 | 1.37 | 1.38 | 1.36 | 1.36 | 1.36 | 1.36 |
| 2 | 4.90 | 4.90 | 4.92 | 4.92 | 4.91 | 4.89 | 4.89 | 4.91 | 4.93 | 4.98 | 4.92 |
| 3 | 10.34 | 10.35 | 10.31 | 10.36 | 10.37 | 10.43 | 10.40 | 10.35 | 10.41 | 10.44 | 10.44 |
| 4 | 19.85 | 19.85 | 19.86 | 19.87 | 19.87 | 19.85 | 19.83 | 19.86 | 19.84 | 19.84 | 19.85 |
| 5 | 27.88 | 27.88 | 27.81 | 27.81 | 27.93 | 27.88 | 27.91 | 27.74 | 27.91 | 27.83 | 27.79 |

注：标注\*为经实验室内或实验室间检验为离群值的数据。

