GB

|  |  |
| --- | --- |
| **中国国家标准化管理委员会** | 发布 |

202×-××-××实施

202×-××-××发布

碳酸锂、单水氢氧化锂、氯化锂

化学分析方法

第16部分：钙、镁、铜、铅、锌、镍、锰、镉、铝、硫、铁含量的测定

 电感耦合等离子体原子发射光谱法

Methods for chemical analysis of lithium carbonate, lithium hydroxide monohydrate and lithium chloride—

Part 16: Determination of calcium, magnesium,copper,lead,zinc,nickel,manenases,cadmium,aluminum, sulphur and iron content—Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry

（送审稿）

GB/T 11064－202X

代替 GB/T 11064-2013

ICS 77.120.99

CCS H64

国家质量技术监督局 发布

××××-××-××实施

××××-××-××发布

焊管用锆带

（草案）

中华人民共和国国家标准

1. 前 言

GB/T《碳酸锂、单水氢氧化锂、氯化锂化学分析方法》分为16个部分；

——第1部分：碳酸锂量的测定 酸碱滴定法；

——第2部分：氢氧化锂量的测定 酸碱滴定法；

——第3部分：氯化锂量的测定 电位滴定法；

——第4部分：钾量和钠量的测定 火焰原子吸收光谱法；

——第5部分：钙量的测定 火焰原子吸收光谱法；

——第6部分：镁量的测定 火焰原子吸收光谱法；

——第7部分：铁量的测定 邻二氮杂菲分光光度法；

——第8部分：硅量的测定 钼蓝分光光度法；

——第9部分：硫酸根含量的测定 硫酸钡浊度法；

——第10部分：氯量的测定 氯化银浊度法；

——第11部分：酸不溶物量的测定 重量法；

——第12部分：碳酸根量的测定 酸碱滴定法；

——第13部分：铝量的测定 铬天青 S-溴化十六烷基吡啶分光光度法；

——第14部分：砷量的测定 钼蓝分光光度法；

——第15部分：氟量的测定 离子选择电极法；

——第16部分：钙、镁、铜、铅、锌、镍、锰、镉、铝、铁、硫含量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法。

本文件为GB/T 11064的第16部分。

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。

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。

本文件代替GB/T 11064—2013《碳酸锂、单水氢氧化锂、氯化锂化学分析方法 第16部分：钙、镁、铜、铅、锌、镍、锰、镉、铝量的测定 电感耦合等离子体原子发射光谱法》。本文件与GB/T 11064-2013相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

1. 更改了测定范围，增加铁、硫测定范围（见1，2013版1）；
2. 更改了标准贮存液来源（见5.5~5.6，2013版3.5~3.14）；
3. 增加了铁、硫标准贮存液（见5.5~5.6）；
4. 更改了工作曲线标准溶液浓度，增加了铁、硫标准溶液（见8.6，2013版3.16）
5. 增加了再现性条款（见10.2）；
6. 删除了允许差（见2013版8.2）。

本部分由全国有色金属标准化技术委员（SAC/TC 243）提出并归口。

本部分起草单位：天齐锂业股份有限公司、江西赣锋锂业有限公司、宜春银锂新能源有限责任公司、雅化锂业（雅安）有限公司、新疆有色金属研究所、国合通用（青岛）测试评价有限公司、紫金矿业集团股份有限公司、浙江华友钴业股份有限公司、广东邦普循环科技有限公司、江西九岭锂业股份有限公司等单位。

本部分主要起草人：XXXX

本文件于1989年首次发布，本次为第二次修订。

碳酸锂、单水氢氧化锂、氯化锂

化学分析方法

第16部分：钙、镁、铜、铅、锌、镍、锰、镉、铝、铁、硫含量的测定

 电感耦合等离子体原子发射光谱法

1. 范围

本文件描述了碳酸锂、单水氢氧化锂、氯化锂中的钙、镁、铜、铅、锌、镍、锰、镉、铝、铁、硫含量的测定方法。

本文件适用于碳酸锂、单水氢氧化锂、氯化锂中的钙、镁、铜、铅、锌、镍、锰、镉、铝、铁、硫含量的测定。各元素测定范围见下表1。

表1 各元素测定范围

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 元素 | 测定范围(%) | 元素 | 测定范围(%) |
| Al | 0.0001～0.0080 | Ni | 0.0001～0.0080 |
| Fe | 0.0001～0.0080 | Pb | 0.0002～0.0080 |
| Cu | 0.0001～0.0080 | Ca | 0.0002～0.0100 |
| Zn | 0.0001～0.0080 | Mg | 0.0002～0.0200 |
| Mn | 0.0001～0.0080 | S | 0.0002～0.2700 |
| Cd | 0.0001～0.0080 | -- | -- |

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，仅该注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

1. 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

1. 原理

碳酸锂、单水氢氧化锂以硝酸分解，氯化锂以水溶解，在硝酸介质中，于电感耦合等离子体原子发射光谱仪上采用基体匹配标准曲线法测定钙、镁、铜、铅、锌、镍、锰、镉、铝、铁、硫的含量。

1. 试剂或材料

除非另有说明，在分析中仅使用确认为优级纯的试剂。

* 1. 水，GB/T 6682，二级。
	2. 高纯碳酸锂（质量分数大于99.99%，Fe、Cu、Pb、Zn、Ni、Ca、Mg、Mn、Cd、Al、S均小于0.0001%）。
	3. 硝酸（1+1）。
	4. 钙、镁、铜、铅、锌、镍、锰、镉、铁、硫、铝单元素标准贮存溶液1mg/mL。（购买国家有证标准贮存溶液或按照5.5.1～5.5.11配制方式进行配制使用。）

5.4.1钙标准贮存溶液：称取光谱纯碳酸钙0.2497g于200mL烧杯中，再加入20.00mL硝酸（5.3）于低温处溶至清亮，冷却。移入100mL容量瓶中，用水定容，摇匀，此溶液1mL含1.0mg钙。

5.4.2镁标准贮存溶液：称取0.1658g预先在800℃灼烧2h并于干燥器中冷却至室温的氧化镁[(MgO)≥99.99%]于200mL烧杯中，加入20.00mL硝酸（5.3），于低温处溶至清亮，冷却。移入100mL容量瓶中，用水定容，摇匀，此溶液1mL含1.0mg镁。

5.4.3铜标准贮存溶液：称取纯金属铜（光谱纯，用前擦净表面氧化物）0.1000g于200mL烧杯中，加入20.00mL硝酸（5.3），于低温处溶至清亮，冷却。移入100mL容量瓶中，用水定容，摇匀，此溶液1mL含1.0mg铜。

5.4.4铅标准贮存溶液：称取光谱纯二氧化铅0.1077g于200mL烧杯中，再加入20.00mL硝酸（5.3），于低温处溶至清亮，冷却。移入100mL容量瓶中，用水定容，摇匀，此溶液1mL含1.0mg铅。

5.4.5锌标准贮存溶液：称取纯金属锌（光谱纯，用前擦净表面氧化物）0.1000g于200mL烧杯中，加入20.00mL硝酸（5.3），于低温处溶至清亮，冷却。移入100mL容量瓶中，用水定容，摇匀，此溶液1mL含1.0mg锌。

5.4.6镍标准贮存溶液：称取纯金属镍（光谱纯，用前擦净表面氧化物）0.1000g于200mL烧杯中，再加入20.00mL硝酸（5.3），于低温处溶至清亮，冷却。移入100mL容量瓶中，用水定容，摇匀，此溶液1mL含1.0mg镍。

5.4.7锰标准贮存溶液：称取纯金属锰（光谱纯，用前擦净表面氧化物）0.1000g于200mL烧杯中，加入20.00mL硝酸（5.3），于低温处溶至清亮，冷却。移入100mL容量瓶中，用水定容，摇匀，此溶液1mL含1.0mg锰。

5.4.8镉标准贮存溶液：称取纯金属镉（光谱纯，用前擦净表面氧化物）0.1000g于200mL烧杯中，加入20.00mL硝酸（5.3），于低温处溶至清亮，冷却。移入100mL容量瓶中，用水定容，摇匀，此溶液1mL含1.0mg镉。

5.4.9铝标准贮存溶液：称取纯金属铝（光谱纯，用前擦净表面氧化物）0.1000g于200mL烧杯中，加入20.00mL硝酸（5.3），于低温处溶至清亮，冷却。移入100mL容量瓶中，用水定容，摇匀，此溶液1mL含1.0mg铝。

5.4.10铁标准贮存溶液：称取纯金属铁丝（光谱纯，用前擦净表面氧化物）0.1000g于200mL烧杯中，加入20.00mL硝酸（5.3），于水浴上溶至清亮，冷却。移入100mL容量瓶中，用水定容，摇匀，此溶液1mL含1.0mg铁。

5.4.11硫标准贮存溶液：称取0.5446g预先在105℃～110℃烘2h并置于干燥器中冷却至室温的硫酸钾（质量分数大于99.0%），置于250mL烧杯中，以水溶解后，移入100mL容量瓶中，以水稀释至刻度，摇匀，此溶液1mL含1.0mg硫。

* 1. 混合标准贮存液

分别移取5.00mL各标准贮存溶液（5.4）于200mL容量瓶中，加入20.00mL硝酸（5.3），用水定容，摇匀，此溶液含各被测元素25.00μg/mL。

1. 仪器设备

­——电感耦合等离子体原子发射光谱仪

在仪器的最佳工作条件下，用1.0μg/mL的铜或锰标准溶液测量11次，其光强度的相对标准偏差不超过2.5%。

——各元素分析谱线的选择见表2 。

表2 各元素分析谱线推荐波长

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 | Ca | Mg | Cu | Pb | Zn | Ni |
| 波长/nm | 396.847 | 280.270 | 324.754 | 220.353 | 213.856 | 231.604 |
| 元素 | Mn | Cd | Al | Fe | S | — |
| 波长/nm | 259.373 | 228.802 | 257.510 | 259.940 | 180.731 | — |

1. 样品
2. 碳酸锂、氯化锂试样分析前应在250 ℃～260℃下烘2h，置于干燥器中冷却至室温。
3. 单水氢氧化锂试样应装于塑料器皿中，密封贮存。
4. 试验步骤
5. 试料制备

各杂质元素的测定按表3称取样品，精确到0.0001g。

表3 样品称样量

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 试样名称 | 碳酸锂 | 单水合氢氧化锂 | 氯化锂 |
| 称样量/g | 1.33 | 1.51 | 1.53 |

1. 平行试验

平行做两份试验。

1. 空白试验

称取高纯碳酸锂（5.2）1.3308g于200mL烧杯中，缓慢加入10.00 mL硝酸（5.3），于低温处溶至清亮，冷却。移50mL容量瓶中，定容，摇匀。

1. 测定

8.4.1按表3称取样品（8.1）置于200mL烧杯中，缓慢加入10 .00mL硝酸（5.3），于低温处溶至清亮，冷却，移入50mL容量瓶中，定容，摇匀；需分取的样品按表4分取试样体积于50mL容量瓶中，并按表4称取一定量的高纯碳酸锂（5.2）(保证上机溶液锂基体浓度为5mg/mL)用10.00 mL硝酸（5.3）溶解后转移至分取试样的50mL容量瓶中，定容，摇匀，待测。

表4 样品分取体积

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 分取试验溶液体积/mL | 锂基体加入量/g |
| 0.0001～0.0100 | -- | -- |
| ＞0.0100～0.0500 | 10 | 1.06 |
| ＞0.0500～0.1000 | 5 | 1.20 |
| ＞0.1000～0.3000 | 2 | 1.28 |

8.4.2 于电感耦合等离子体原子发射光谱仪上，在仪器运行稳定后，在选定的仪器工作条件下，用配制好的系列标准溶液进行标准化或校准标准工作曲线，各元素工作曲线相关系数应在0.999以上，否则需重新进行标准化或重新配制系列标准溶液进行标准化。

8.4.3测试分析试液（8.4.1）与空白试液（8.3），仪器依据工作曲线自动进行数据处理，计算并输出各元素含量。

1. 工作曲线的绘制

分别称取7份高纯碳酸锂（5.2）2.6616g于200mL烧杯中，缓慢加入20.00 mL硝酸（5.3），于低温加热溶至清亮，冷却。移入7个100mL塑料容量瓶中，再分别移取0.00mL，0.50mL，1.00mL，2.00mL，5.00mL，10.00 mL，20.00 mL混合标准贮存溶液（5.5），定容，摇匀，于电感耦合等离子体原子发射光谱仪推荐的分析谱线处，以各元素的质量浓度为横坐标，对应的发射强度为纵坐标分别绘制各元素的工作曲线。

表5 系列标准杂质含量表

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准系列 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 各杂质含量/(μg/mL) | 0.000 | 0.125 | 0.250 | 0.500 | 1.250 | 2.500 | 5.000 |

1. 试验数据处理

元素含量以各元素的质量分数计，按公式（1）计算：

% …………………………（1）

式中：

*ρ1*——从工作曲线上查得分析试液中各元素的质量浓度，单位为微克每毫升（μg/mL）；

*ρ0*——从工作曲线上查得空白试液中各元素的质量浓度，单位为微克每毫升（μg/mL）；

*V*——测定试液的体积，单位为毫升（mL）；

*m*——试料质量，单位为克（g）。

计算结果大于0.01%表示到小数点后两位有效数字；结果小于0.01%表示到小数点后四位有效数字，按GB/T 8170的规定进行修约。

1. 精密度

10.1准确性

在重复性条件下获得的两次独立测试结果的测定值，精密度试验原始数据参见附录A，在表6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6数据采用线性内插法或外延法求得：

表6 重复性限

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 |  / (mg/kg) | r/ (mg/kg) | 元素 | / (mg/kg) | r/ (mg/kg) |
| Al | 4.628 | 0.496  | Ni | 4.925  | 0.257  |
| 16.381 | 0.819  | 16.560  | 0.744  |
| 32.973 | 1.380  | 33.397 | 0.635  |
| 49.535 | 1.899  | 50.074  | 1.380  |
| 66.270 | 2.425  | 66.718  | 1.963  |
| 132.922 | 5.333  | 133.165  | 2.711  |
| Fe | 4.865  | 0.343  | Pb | 5.221  | 0.499  |
| 16.810  | 0.814  | 16.996 | 0.814  |
| 32.696  | 1.083  | 33.634  | 0.847  |
| 49.919  | 1.567  | 50.418  | 1.505  |
| 65.485  | 2.437  | 67.670  | 1.920  |
| 131.759  | 5.882  | 132.282  | 5.258  |
| Cu | 4.950  | 0.281  | Ca | 4.923  | 0.275  |
| 16.282  | 0.772  | 16.077  | 0.799  |
| 32.489  | 1.351  | 32.644  | 1.175  |
| 49.588  | 1.603  | 49.196  | 1.967  |
| 66.182  | 2.535  | 65.910  | 2.558  |
| 131.547  | 6.040  | 131.619  | 3.368  |
| Zn | 5.143  | 0.354  | Mg | 4.927  | 0.250  |
| 16.671  | 0.928  | 16.621  | 0.645  |
| 33.315  | 1.294  | 33.249  | 0.841  |
| 50.137  | 1.663  | 49.374  | 1.682  |
| 66.334  | 2.324  | 65.782  | 2.593  |
| 134.169  | 4.629  | 132.485  | 2.852  |
| Mn | 5.043  | 0.251  | S | 4.672  | 0.785  |
| 16.463  | 0.739  | 16.256  | 0.965  |
| 33.023  | 1.277  | 32.539  | 1.093  |
| 49.277  | 1.991  | 49.041  | 1.077  |
| 65.746  | 2.549  | 65.745  | 1.547  |
| 132.354  | 5.788  | 128.628  | 6.607  |
| Cd | 4.950  | 0.272  | -- |  |  |
| 16.841  | 0.859 |  |  |
| 33.514 | 0.982 |  |  |
| 50.756  | 1.431  |  |  |
| 67.575  | 2.012  |  |  |
| 132.412  | 3.029  |  |  |
| 注：重复性限（r）为2.83×Sr，Sr为重复性标准差。 |

10.2 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，精密度试验原始数据参见附录A，在表7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7数据采用线性内插法或外延法求得：

表7 再现性限

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 |  / (mg/kg) | R/ (mg/kg) | 元素 | / (mg/kg) | R/ (mg/kg) |
| Al | 4.628 | 1.351  | Ni | 4.925  | 1.285  |
| 16.381 | 1.644  | 16.560  | 1.540  |
| 32.973 | 1.875  | 33.397  | 2.276  |
| 49.535 | 5.716  | 50.074  | 2.443  |
| 66.270 | 5.829  | 66.718  | 5.568  |
| 132.922 | 8.432  | 133.165  | 9.320  |
| Fe | 4.865  | 0.775  | Pb | 5.221  | 1.609  |
| 16.810  | 2.192  | 16.996  | 2.773  |
| 32.696  | 3.423  | 33.634  | 3.547  |
| 49.919  | 4.375  | 50.418  | 3.927  |
| 65.485  | 7.062  | 67.670  | 8.680  |
| 131.759  | 16.572  | 132.282  | 16.268  |
| Cu | 4.950  | 0.884  | Ca | 4.923  | 0.995  |
| 16.282  | 1.268  | 16.077  | 2.480  |
| 32.489  | 2.271  | 32.644  | 3.832  |
| 49.588  | 6.436  | 49.196  | 4.106  |
| 66.182  | 9.652  | 65.910  | 5.645  |
| 131.547  | 14.817  | 131.619  | 6.784  |
| Zn | 5.143  | 1.411  | Mg | 4.927  | 0.826  |
| 16.671  | 1.848  | 16.621  | 0.852  |
| 33.315  | 2.610  | 33.249  | 1.598  |
| 50.137  | 4.197  | 49.374  | 2.052  |
| 66.334  | 6.481  | 65.782  | 4.274  |
| 134.169  | 11.564  | 132.485  | 7.861  |
| Mn | 5.043  | 0.878  | S | 4.672  | 1.709  |
| 16.463  | 1.296  | 16.256  | 1.927  |
| 33.023  | 2.506  | 32.539  | 2.374  |
| 49.277  | 3.681  | 49.041  | 2.715  |
| 65.746  | 5.463  | 65.745  | 5.047  |
| 132.354  | 12.356  | 128.628  | 10.867  |
| Cd | 4.950  | 0.857  | -- |  |  |
| 16.841  | 1.106  |  |  |
| 33.514 | 2.011 |  |  |
| 50.756  | 5.355  |  |  |
| 67.575  | 8.248  |  |  |
| 132.412  | 12.625  |  |  |
| 注：再现性限（R）为2.83×SR，SR为重复性标准差。 |

1. 试验报告

本章规定试验报告所包括的内容，至少应给出以下几个方面的内容：

——试验对象；

——使用的标准（包括发布或出版年号）；

——使用方法（如果标准中包括几种方法）；

——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**

精密度数据是在2022年由10家实验室对氢氧化锂的1个样品加入6种不同水平的杂质元素含量，进行共同试验确定的。每个实验室对每个水平的氢氧化锂杂质元素含量在重复性条件下独立测定11次。测定结果的统计数据见表A.1

**表A.1 精密度试验统计数据**

|  |
| --- |
| 铝元素验证统计数据 |
| 试验 单位 | 水平1 | 水平2 | 水平3 | 水平4 | 水平5 | 水平6 |
| ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% |
| A | 4.595 | 0.081 | 16.131 | 0.245 | 32.734  | 0.181  | 47.081  | 0.472  | 63.369  | 0.317  | 132.087  | 1.014  |
| B | 5.218 | 0.154 | 16.268 | 0.479 | 33.491  | 0.981  | 49.992  | 1.291  | 67.028  | 1.422  | 134.713  | 3.787  |
| C | 7.151 | 0.136 | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | 131.615  | 0.974  |
| D | 4.744 | 0.087 | 16.994 | 0.432 | 33.516  | 0.484  | 49.356  | 0.469  | 65.077  | 1.212  | 132.103  | 1.065  |
| E | 4.010 | 0.222 | 14.313 | 0.303 | 32.599  | 0.368  | 48.050  | 0.432  | 65.017  | 0.569  | 133.125  | 0.776  |
| F | 5.051 | 0.074 | 17.129 | 0.177 | 33.481  | 0.618  | 53.486  | 0.640  | 68.349  | 0.942  | 130.637  | 1.507  |
| G | 4.051 | 0.314 | 15.550 | 0.352 | 32.275  | 0.305  | 48.748  | 0.707  | 64.767  | 0.573  | 132.409  | 0.919  |
| H | 5.083 | 0.233 | 16.303 | 0.169 | 33.071  | 0.260  | 49.466  | 0.442  | 66.005  | 0.937  | 132.486  | 1.531  |
| I | 4.301 | 0.132 | 16.664 | 0.189 | 38.019  | 0.250  | 46.841  | 0.767  | 69.024  | 0.636  | 138.751  | 0.672  |
| 铁元素验证统计数据 |
| 试验 单位 | 水平1 | 水平2 | 水平3 | 水平4 | 水平5 | 水平6 |
| ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% |
| A | 4.862 | 0.046 | 17.115  | 0.286  | 35.368  | 1.007  | 49.755  | 0.349  | 65.071  | 0.266  | 135.282  | 1.034  |
| B | 7.940 | 0.179 | 17.019  | 0.484  | /  | /  | 52.958  | 0.736  | 70.156  | 1.684  | 138.895  | 3.808  |
| C | 10.063 | 0.269 | 32.650  | 0.867  | 33.903  | 0.312  | /  | /  | /  | /  | 132.384  | 0.646  |
| D | 4.970 | 0.044 | 16.616  | 0.175  | 30.425  | 0.231  | 50.322  | 0.459  | 67.413  | 1.074  | 135.840  | 1.519  |
| E | 4.593 | 0.059 | 14.864  | 0.041  | 32.254  | 0.315  | 48.214  | 0.315  | 62.062  | 0.490  | 125.837  | 0.585  |
| F | 4.435 | 0.121 | 15.822  | 0.406  | 32.770  | 0.251  | 49.179  | 0.526  | 65.499  | 0.918  | 121.015  | 4.477  |
| G | 4.893 | 0.122 | 16.351  | 0.150  | 33.071  | 0.260  | 49.186  | 0.545  | 64.983  | 0.378  | 130.191  | 0.879  |
| H | 5.083 | 0.233 | 16.303  | 0.169  | 37.096  | 0.298  | 49.466  | 0.442  | 66.005  | 0.937  | 132.486  | 1.531  |
| I | 5.180 | 0.143 | 18.176  | 0.213  | 29.687  | 9.852  | 51.287  | 0.840  | 62.949  | 0.632  | 136.808  | 0.737  |
| 铜元素验证统计数据 |
| 试验 单位 | 水平1 | 水平2 | 水平3 | 水平4 | 水平5 | 水平6 |
| ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% |
| A | 4.543  | 0.057  | 16.265  | 0.099  | 31.923  | 0.389  | 47.029  | 0.432  | 62.779  | 0.388  | 131.145  | 1.020  |
| B | 5.206  | 0.150  | 16.095  | 0.448  | 33.515  | 1.000  | 49.425  | 0.986  | 66.679  | 1.828  | 133.398  | 3.947  |
| C | 4.979  | 0.124  | 16.912  | 0.471  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | 135.312  | 0.745  |
| D | 4.916  | 0.087  | 16.202  | 0.377  | 32.501  | 0.261  | 48.563  | 0.465  | 63.588  | 1.109  | 129.843  | 1.222  |
| E | 4.707  | 0.057  | 15.574  | 0.067  | 31.823  | 0.371  | 47.523  | 0.247  | 64.531  | 0.533  | 130.771  | 0.904  |
| F | 4.560  | 0.082  | 16.142  | 0.303  | 32.288  | 0.371  | 50.539  | 0.894  | 66.003  | 1.163  | 122.035  | 4.711  |
| G | 4.911  | 0.096  | 16.505  | 0.155  | 32.722  | 0.229  | 49.375  | 0.543  | 65.511  | 0.411  | 130.736  | 0.715  |
| H | 5.153  | 0.013  | 16.670  | 0.034  | 33.766  | 0.659  | 49.837  | 0.116  | 65.761  | 0.442  | 132.647  | 1.592  |
| I | 5.037  | 0.160  | 16.320  | 0.173  | 31.975  | 0.570  | 49.349  | 0.520  | 66.487  | 0.760  | 140.578  | 0.949  |
| 锌元素验证统计数据 |
| 试验 单位 | 水平1 | 水平2 | 水平3 | 水平4 | 水平5 | 水平6 |
| ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% |
| A | 4.831  | 0.058  | 17.225  | 0.338  | 33.106  | 0.520  | 49.179  | 0.463  | 65.873  | 0.345  | 138.521  | 1.173  |
| B | 5.369  | 0.155  | 16.980  | 0.501  | 34.673  | 0.955  | 50.920  | 0.957  | 69.926  | 1.567  | 138.504  | 3.397  |
| C | 6.178  | 0.101  | 19.064  | 0.282  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | 135.245  | 0.907  |
| D | 4.735  | 0.032  | 16.698  | 0.194  | 33.019  | 0.243  | 48.963  | 0.428  | 64.338  | 1.005  | 130.001  | 1.359  |
| E | 4.675  | 0.021  | 15.997  | 0.040  | 32.259  | 0.101  | 48.710  | 0.140  | 65.403  | 0.333  | 131.971  | 0.437  |
| F | 4.879  | 0.062  | 16.342  | 0.417  | 32.382  | 0.321  | 49.588  | 0.458  | 65.523  | 1.071  | 128.775  | 2.247  |
| G | 4.719  | 0.030  | 16.283  | 0.116  | 32.806  | 0.165  | 49.159  | 0.267  | 65.778  | 0.440  | 130.618  | 0.487  |
| H | 5.148  | 0.035  | 16.862  | 0.165  | 34.012  | 0.158  | 50.482  | 0.367  | 66.667  | 0.582  | 133.057  | 1.844  |
| I | 5.644  | 0.188  | 17.656  | 0.307  | 33.619  | 0.306  | 52.874  | 0.706  | 63.714  | 0.534  | 139.316  | 0.841  |
| 锰元素验证统计数据 |
| 试验 单位 | 水平1 | 水平2 | 水平3 | 水平4 | 水平5 | 水平6 |
| ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% |
| A | 4.751  | 0.086  | 16.588  | 0.326  | 32.568  | 0.578  | 48.014  | 0.425  | 63.869  | 0.416  | 135.296  | 1.022  |
| B | 5.240  | 0.143  | 16.647  | 0.487  | 34.241  | 0.923  | 50.484  | 1.232  | 69.063  | 1.744  | 137.906  | 4.007  |
| C | 5.742  | 0.103  | 18.546  | 0.353  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | 132.346  | 0.850  |
| D | 4.808  | 0.031  | 16.831  | 0.231  | 33.434  | 0.301  | 49.215  | 0.551  | 64.985  | 1.118  | 131.980  | 1.459  |
| E | 4.750  | 0.035  | 15.766  | 0.077  | 31.709  | 0.281  | 48.229  | 0.256  | 64.284  | 0.518  | 129.960  | 0.648  |
| F | 5.162  | 0.094  | 16.706  | 0.221  | 32.685  | 0.282  | 47.721  | 1.161  | 64.248  | 1.345  | 125.305  | 3.758  |
| G | 4.900  | 0.030  | 16.442  | 0.089  | 32.711  | 0.168  | 49.045  | 0.546  | 65.106  | 0.401  | 129.800  | 0.668  |
| H | 5.126  | 0.036  | 16.853  | 0.084  | 33.563  | 0.337  | 50.022  | 0.232  | 65.947  | 0.363  | 132.000  | 1.368  |
| I | 4.923  | 0.152  | 15.891  | 0.254  | 35.985  | 0.655  | 50.633  | 0.762  | 67.088  | 0.744  | 136.592  | 0.890  |
| 镉元素验证统计数据 |
| 试验 单位 | 水平1 | 水平2 | 水平3 | 水平4 | 水平5 | 水平6 |
| ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% |
| A | 4.897  | 0.120  | 18.370  | 0.369  | 37.543  | 0.253  | 52.649  | 0.620  | 70.424  | 0.603  | 147.919  | 1.139  |
| B | 5.183  | 0.140  | 16.779  | 0.495  | 35.275  | 0.892  | 52.129  | 1.036  | 72.625  | 1.395  | 142.503  | 2.606  |
| C | 5.490  | 0.100  | 18.377  | 0.246  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | 144.674  | 0.741  |
| D | 4.869  | 0.029  | 16.911  | 0.164  | 33.288  | 0.213  | 48.953  | 0.391  | 64.666  | 0.857  | 130.187  | 1.072  |
| E | 4.767  | 0.030  | 15.845  | 0.046  | 33.492  | 0.101  | 49.851  | 0.139  | 64.859  | 0.272  | 131.139  | 0.507  |
| F | 4.806  | 0.093  | 16.575  | 0.260  | 32.922  | 0.546  | 49.952  | 0.272  | 65.721  | 0.698  | 130.068  | 1.808  |
| G | 4.901  | 0.048  | 14.113  | 0.731  | 32.944  | 0.201  | 49.188  | 0.283  | 65.713  | 0.370  | 130.064  | 0.638  |
| H | 5.114  | 0.027  | 16.860  | 0.169  | 33.702  | 0.273  | 50.294  | 0.312  | 66.337  | 0.519  | 132.992  | 1.414  |
| I | 4.413  | 0.169  | 18.803  | 0.373  | 38.608  | 0.498  | 54.344  | 0.609  | 70.437  | 0.783  | 141.888  | 0.691  |
| 镍元素验证统计数据 |
| 试验 单位 | 水平1 | 水平2 | 水平3 | 水平4 | 水平5 | 水平6 |
| ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% |
| A | 5.011  | 0.080  | 17.272  | 0.364  | 34.821  | 0.273  | 51.147  | 0.391  | 67.774  | 0.447  | 137.483  | 1.105  |
| B | 5.003  | 0.144  | 16.579  | 0.489  | 34.571  | 0.972  | 51.011  | 0.962  | 69.978  | 1.455  | 138.504  | 3.404  |
| C | 5.871  | 0.148  | 18.789  | 0.318  | /  | /  | 76.164  | 1.362  | /  | /  | 135.125  | 1.602  |
| D | 4.788  | 0.032  | 16.719  | 0.169  | 33.006  | 0.231  | 48.942  | 0.444  | 64.304  | 1.030  | 130.175  | 1.271  |
| E | 4.663  | 0.040  | 15.700  | 0.072  | 31.692  | 0.128  | 49.596  | 0.159  | 64.612  | 0.307  | 130.778  | 0.496  |
| F | 4.866  | 0.078  | 16.509  | 0.168  | 32.765  | 0.293  | 50.124  | 0.309  | 65.844  | 0.666  | 125.425  | 3.681  |
| G | 4.985  | 0.095  | 16.500  | 0.164  | 32.995  | 0.193  | 49.215  | 0.291  | 65.797  | 0.465  | 130.245  | 0.656  |
| H | 5.031  | 0.016  | 16.660  | 0.047  | 33.577  | 0.244  | 50.154  | 0.310  | 66.053  | 0.324  | 133.058  | 1.091  |
| I | 4.059  | 0.088  | 16.025  | 0.289  | 36.160  | 0.539  | 50.617  | 0.775  | 68.913  | 0.570  | 137.502  | 0.879  |
| 铅元素验证统计数据 |
| 试验 单位 | 水平1 | 水平2 | 水平3 | 水平4 | 水平5 | 水平6 |
| ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% |
| A | 5.077  | 0.088  | 18.081  | 0.366  | 35.895  | 0.454  | 52.332  | 0.631  | 69.971  | 0.197  | 138.851  | 0.998  |
| B | 5.489  | 0.164  | 17.017  | 0.461  | 34.998  | 0.900  | 51.852  | 1.033  | 71.883  | 1.418  | 140.675  | 2.601  |
| C | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  |
| D | 4.784  | 0.049  | 16.846  | 0.217  | 33.272  | 0.252  | 49.208  | 0.395  | 64.917  | 1.002  | 131.299  | 1.295  |
| E | 4.733  | 0.106  | 15.537  | 0.129  | 31.283  | 0.220  | 49.187  | 0.172  | 64.009  | 0.274  | 128.772  | 0.368  |
| F | 4.803  | 0.153  | 16.234  | 0.217  | 32.467  | 0.162  | 49.612  | 0.626  | 65.562  | 0.670  | 123.579  | 3.874  |
| G | 4.945  | 0.206  | 16.507  | 0.311  | 32.992  | 0.314  | 49.175  | 0.460  | 65.985  | 0.357  | 130.291  | 0.630  |
| H | 4.871  | 0.287  | 16.557  | 0.081  | 33.328  | 0.421  | 50.168  | 0.178  | 66.637  | 0.328  | 134.028  | 1.372  |
| I | 6.246  | 0.397  | 17.580  | 0.271  | 39.165  | 0.437  | 52.048  | 0.572  | 72.237  | 0.603  | 146.594  | 0.965  |
| 钙元素验证统计数据 |
| 试验 单位 | 水平1 | 水平2 | 水平3 | 水平4 | 水平5 | 水平6 |
| ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% |
| A | 4.809  | 0.110  | 16.490  | 0.295  | 32.970  | 0.469  | 47.943  | 0.915  | 63.769  | 0.557  | 132.135  | 1.092  |
| B | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  |
| C | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  | /  |
| D | 4.843  | 0.058  | 16.776  | 0.231  | 33.692  | 0.287  | 48.980  | 0.857  | 66.324  | 1.150  | 135.297  | 1.601  |
| E | 5.709  | 0.103  | 15.479  | 0.115  | 30.848  | 0.424  | 48.173  | 0.312  | 67.984  | 0.917  | 127.538  | 1.405  |
| F | 4.754  | 0.106  | 14.391  | 0.569  | 30.979  | 0.682  | 51.768  | 1.283  | 68.883  | 1.322  | 130.140  | 1.018  |
| G | 4.467  | 0.043  | 16.881  | 0.089  | 32.474  | 0.225  | 49.683  | 0.405  | 64.757  | 0.475  | 130.900  | 1.718  |
| H | 4.853  | 0.280  | 16.216  | 0.085  | 32.783  | 0.388  | 48.858  | 0.165  | 65.592  | 0.977  | 131.580  | 1.132  |
| I | 5.042  | 0.152  | 15.758  | 0.349  | 34.756  | 0.325  | 57.224  | 0.486  | 65.729  | 1.076  | 134.114  | 0.867  |
| 镁元素验证统计数据 |
| 试验 单位 | 水平1 | 水平2 | 水平3 | 水平4 | 水平5 | 水平6 |
| ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% |
| A | 4.720  | 0.050  | 16.974  | 0.295  | 33.353  | 0.386  | 49.387  | 0.550  | 65.777  | 0.303  | 136.917  | 0.882  |
| B | 5.327  | 0.148  | 16.554  | 0.409  | 33.839  | 0.939  | 50.015  | 1.117  | 67.377  | 1.754  | 134.372  | 3.905  |
| C | 7.449  | 0.156  | 29.064  | 0.639  | 54.973  | 1.100  | /  | /  | 149.982  | 3.025  | 133.343  | 0.759  |
| D | 4.809  | 0.029  | 16.567  | 0.185  | 32.946  | 0.260  | 49.020  | 0.411  | 64.090  | 1.109  | 130.265  | 1.320  |
| E | 5.182  | 0.040  | 16.600  | 0.078  | 33.479  | 0.285  | 49.069  | 0.259  | 66.915  | 0.503  | 136.483  | 0.789  |
| F | 4.756  | 0.099  | 16.397  | 0.195  | 32.209  | 0.317  | 48.735  | 0.649  | 64.852  | 1.409  | 130.257  | 1.440  |
| G | 4.695  | 0.026  | 16.308  | 0.073  | 32.722  | 0.214  | 48.386  | 2.757  | 65.713  | 0.429  | 131.082  | 0.649  |
| H | 5.294  | 0.042  | 16.698  | 0.183  | 34.051  | 0.217  | 49.911  | 0.278  | 66.642  | 0.410  | 132.390  | 0.756  |
| I | 4.597  | 0.128  | 16.747  | 0.203  | 37.345  | 0.439  | 45.843  | 0.750  | 63.878  | 0.744  | 131.622  | 0.876  |
| 硫元素验证统计数据 |
| 试验 单位 | 水平1 | 水平2 | 水平3 | 水平4 | 水平5 | 水平6 |
| ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% | ‾X ppm | s% |
| A | 4.573  | 0.288  | 15.212  | 0.431  | 29.523  | 0.603  | 42.465  | 0.517  | 56.826  | 0.594  | 119.507  | 1.321  |
| B | 19.590  | 0.507  | 32.972  | 0.579  | 54.276  | 0.997  | 64.319  | 1.562  | 79.933  | 1.524  | 154.679  | 3.479  |
| C | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| D | 4.745  | 0.111  | 16.420  | 0.523  | 32.298  | 0.569  | 48.162  | 0.434  | 63.574  | 0.671  | 129.807  | 4.375  |
| E | 5.239  | 0.261  | 16.155  | 0.188  | 33.411  | 0.354  | 48.009  | 0.494  | 64.099  | 0.666  | 130.279  | 0.785  |
| F | 4.899  | 0.385  | 14.031  | 0.831  | 31.482  | 0.668  | 49.889  | 1.305  | 65.905  | 0.637  | 124.363  | 4.689  |
| G | 5.001  | 0.371  | 16.529  | 0.254  | 32.374  | 1.179  | 49.446  | 0.352  | 66.234  | 0.579  | 130.991  | 0.924  |
| H | 4.299  | 0.211  | 16.241  | 0.232  | 32.405  | 0.486  | 50.060  | 0.328  | 68.559  | 0.327  | 129.930  | 0.668  |
| I | 3.565  | 0.326  | 14.341  | 0.291  | 28.647  | 0.930  | 41.887  | 0.728  | 60.233  | 0.631  | 123.953  | 0.299  |