ICS 77.120.70

CCS H 13

YS

202×-××-××实施

202×-××-××发布

YS/T XXXX—202X

YS

中华人民共和国有色金属行业标准

掺杂型四氧化三钴化学分析方法

铜、铁、钙、锌、铅、镉、铬、钠、硅、锰、镍、铝、镁、镧、锆、钛、钇和铈含量的测定

电感耦合等离子体原子发射光谱法

Methods for chemical analysis of doped cobalt tetroxide—

Determination of copper，iron，calcium，zinc，lead，cadmium ，chromium，natrium，silicon，manganese，nickel，aluminium，magnesium，lanthanum，zirconium，titanium，yttrium and cerium contents—

Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry

（送审稿）



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。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC243)提出并归口。

本文件起草单位：浙江华友钴业股份有限公司、衢州华友钴新材料有限公司、广东邦普循环科技有限公司、中伟新材料股份有限公司、深圳中金岭南有色金属股份有限公司、格林美股份有限公司、金川集团股份有限公司、天津巴莫科技有限责任公司、国标（北京）检验认证有限公司、中国有色桂林矿产地质研究院有限公司、紫金铜业有限公司、广东佳纳能源科技有限公司、郴州市商品质量监督检验所、大冶有色设计研究院有限公司、广西壮族自治区分析测试研究中心、中国检验认证集团广西有限公司、国合通用（青岛）测试评价有限公司、宜昌邦普循环科技有限公司。

本文件主要起草人：

掺杂型四氧化三钴化学分析方法

铜、铁、钙、锌、铅、镉、铬、钠、硅、锰、镍、铝、镁、镧、锆、钛、钇和铈含量的测定

电感耦合等离子体原子发射光谱法

1 范围

本文件描述了掺杂型四氧化三钴中铜、铁、钙、锌、铅、镉、铬、钠、硅、锰、镍、铝、镁、镧、锆、钛、钇和铈含量的测定方法。

本文件适用于掺杂型四氧化三钴中铜、铁、钙、锌、铅、镉、铬、钠、硅、锰、镍、铝、镁、镧、锆、钛、钇和铈含量的测定。测定范围见表1。

表1 各元素测定范围

|  |  |
| --- | --- |
| 元 素 | 测 定 范 围，质量分数  % |
| 铜、铁、钙、锌、铅、镉、铬、硅 | 0.0005 ~0.02 |
| 钠 | 0.0005 ~0.03 |
| 锰、镍、铝、镁 | 0.0005 ~2.5 |
| 镧、锆、钛、钇、铈 | 0.05 ~2.5 |

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规定的术语适用于本文件。

4 方法提要

试料用高氯酸分解，在稀盐酸介质中，于电感耦合等离子体原子发射光谱仪上测定各元素发射强度，按工作曲线法计算各元素的质量分数。

5 试剂或材料

除非另有规定，本文件所用试剂均为分析纯及以上纯度的试剂。

5.1 水，GB/T 6682，二级及以上。

5.2 高氯酸（*ρ=*1.67 g/mL），优级纯。

5.3 盐酸（1+1）。

5.4 单元素标准贮存溶液：*ρ*=1 mg/mL，采用市售有证标准溶液，也可以按照5.5~5.22描述的方法配制。

5.5 铜标准贮存溶液：称取0.1000 g金属铜（*w*Cu≥99.95 %），置于100 mL烧杯中，加入20 mL硝酸（1+1），盖上表面皿，低温加热至溶解完全后蒸至近干，冷却。加入10 mL盐酸（5.3），加入少量水，煮沸溶解盐类，冷却至室温。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铜。

5.6 铁标准贮存溶液：称取0.1430 g三氧化二铁（基准），置于100 mL烧杯中，加入20 mL盐酸（5.3），盖上表面皿，低温加热至溶解完全，冷却至室温。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铁。

5.7 钙标准贮存溶液：称取0.2500 g碳酸钙（基准，预先在105 ℃~110 ℃干燥至恒重，置于干燥器中冷却至室温），置于100 mL烧杯中，加入20 mL盐酸（5.3），盖上表面皿，低温加热至溶解完全，冷却至室温。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钙。

5.8 锌标准贮存溶液：称取0.1000 g金属锌（*w*Zn≥99.95 %），置于100 mL烧杯中，加入20 mL盐酸（5.3），盖上表面皿，低温加热至溶解完全，冷却至室温。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锌。

5.9 铅标准贮存溶液：称取0.1000 g金属铅（*w*Pb≥99.95 %），置于100 mL烧杯中，加入20 mL硝酸（1+1），盖上表面皿，低温加热至溶解完全后蒸至近干，冷却至室温。加入10 mL盐酸（5.3），加入少量水，煮沸溶解盐类，冷却至室温。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铅。

5.10 镉标准贮存溶液：称取0.1000 g金属镉（*w*Cd≥99.95%）置于100 mL烧杯中，加入20 mL硝酸（1+1），盖上表面皿，低温加热至溶解完全后蒸至近干，冷却至室温。加入10 mL盐酸（5.3），加入少量水，煮沸溶解盐类，冷却至室温。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镉。

5.11 铬标准贮存溶液：称取于105 ℃±2 ℃干燥至恒重的基准铬酸钾0.3735 g，置于100 mL烧杯中，加入20 mL水，盖上表面皿，低温加热至溶解完全，冷却至室温。移入100 mL容量瓶中，加入10 mL盐酸（5.3），用水稀释至刻度，混匀。此溶液1 mL含1 mg铬。

5.12 钠标准贮存溶液：称取0.2542 g于500 ℃～600 ℃灼烧至恒重的氯化钠（*w*NaCl ≥ 99.95 %）于250 mL石英烧杯中，加水溶解，移入100 mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀，立即转移至干燥、清洁的聚乙烯瓶中。此溶液1 mL含1 mg钠。

5.13 硅标准贮存溶液：称取0.2142 g二氧化硅（≥ 99.9 %）于铂金坩埚中，加入3 g优级纯无水碳酸钠，混匀，加盖，置于1000 ℃的马弗炉中，熔融至完全，冷却，取出，用水溶解熔融物，移入100 mL容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀，立即转移至干燥、清洁的塑料瓶中。此溶液1 mL含1 mg硅。

5.14 锰标准贮存溶液：称取0.1000 g金属锰(*w*Mn≥99.95 %)，置于100 mL烧杯中，加入20 mL硝酸（1+1），盖上表面皿，低温加热至溶解完全后蒸至近干，冷却，加入10 mL盐酸（5.3），加入少量水，煮沸溶解盐类，冷却至室温。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锰。

5.15 镍标准贮存溶液：称取0.1000 g金属镍（*w*Ni≥99.95 %），置于100 mL烧杯中，加入20 mL硝酸（1+1），盖上表面皿，低温加热至溶解完全后蒸至近干，冷却至室温。加入10 mL盐酸（5.3），加入少量水，煮沸溶解盐类，冷却至室温。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镍。

5.16 铝标准贮存溶液：称取0.1000 g金属铝（*w*Al≥99.99 %），置于100 mL烧杯中，加入20 mL盐酸（5.3），盖上表面皿，低温加热至溶解完全，冷却至室温，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铝。

5.17 镁标准贮存溶液：称取0.1000 g金属镁（*w*Mg≥99.99 %），置于100 mL烧杯中，加入20 mL盐酸（5.3），盖上表面皿，低温加热至溶解完全，冷却至室温，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镁。

5.18 镧标准贮存溶液：称取0.2932 g氧化镧（≥99.99 %），置于100 mL烧杯中，加入20 mL盐酸（5.3），盖上表面皿，低温加热至溶解完全，冷却至室温，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镧。

5.19 钇标准贮存溶液：称取0.2540 g氧化钇（≥99.99 %），置于100 mL烧杯中，加入20 mL盐酸（5.3），盖上表面皿，低温加热至溶解完全，冷却至室温，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钇。

5.20 铈标准贮存溶液：称取0.1228 g氧化铈（≥99.99 %），置于100 mL烧杯中，加入20 mL硝酸（1+1）和10 mL过氧化氢（30 %），盖上表面皿，低温加热至溶解完全后蒸至近干，冷却至室温。加入10 mL盐酸（5.3），加入少量水，煮沸溶解盐类，冷却至室温。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铈。

5.21 锆标准贮存溶液：称取0.3533 g氧氯化锆（≥99.9 %），置于100 mL烧杯中，加入20 mL盐酸（5.3），盖上表面皿，低温加热至溶解完全，冷却至室温。移入100 mL容量瓶中，用盐酸（1+3）稀释至刻度，混匀。此溶液1 mL含1 mg锆。

5.22 钛标准贮存溶液：称取0.1669 g二氧化钛（≥99.99 %），置于100 mL聚四氟乙烯烧杯中，加入10 mL硝酸（*ρ*=1.42 g/mL）和1 mL氢氟酸（*ρ*=1.14 g/mL），盖上表面皿，低温加热至溶解完全后蒸至近干，冷却至室温。加入10 mL盐酸（5.3），加入少量水，煮沸溶解盐类，冷却至室温。移入100 mL塑料容量瓶中，用水稀释至刻度，混匀。此溶液1 mL含1 mg钛。

5.23 氩气（*w*Ar≥99.99 ％）。

6 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，用最低浓度的标准溶液（不是 “零”浓度标准溶液）测量11次，各元素光强度的相对标准偏差不超过2.5 %。

——各元素推荐的分析谱线见表2。

表2 各元素的推荐谱线

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 元素 | 铜 | 铁 | 钙 | 锌 | 铅 | 镉 | 铬 | 钠 | 硅 |
| 谱线  nm | 324.7 | 259.9 | 396.8 | 206.2 | 220.3 | 214.4 | 283.5 | 589.5 | 288.1 |
| 元素 | 锰 | 镍 | 铝 | 镁 | 镧 | 锆 | 钛 | 钇 | 铈 |
| 谱线  nm | 294.9 | 216.5 | 396.1 | 279.5 | 398.8 | 343.8 | 334.9 | 371.0 | 413.3 |

7 样品

7.1 样品粒度不大于0.150 mm。

7.2 样品应在105 ℃±2 ℃下烘干2 h，从烘箱中取出即迅速置于干燥器中，冷却至室温后立即称取。

8 试验步骤

8.1 试料

按表3称取样品，精确至0.0001 g。

8.2 平行试验

平行做两份试验，取其平均值。

8.3 空白试验

随同试料做空白试验。

8.4 测定

8.4.1将试料（8.1）置于150 mL石英烧杯中，加入5 mL高氯酸（5.2），加热溶解并蒸至冒尽白烟，冷却后用水冲洗烧杯内壁及表面皿，继续加热溶解盐类。取下冷却，将试液移入表3规定体积的容量瓶中，并按表3加入相应体积的盐酸（5.3），用水稀释至刻度，混匀。

表3 称样量及定容体积

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 待测元素 | 质量分数  % | 称样量  g | 定容体积  mL | 盐酸（5.3）  mL |
| 铜、铁、钙、锌、铅、镉、铬、锰、镍、铝、镁、钠、硅 | ˂ 0.05 | 1.0 | 100 | 4 |
| 锰、镍、铝、镁、镧、锆、钛、钇、铈 | ≥0.05 | 0.2 | 200 | 8 |

8.4.2在电感耦合等离子体原子发射光谱仪上，于选定的分析谱线处，测量试液（8.4.1）及随同试料空白溶液（8.3）中各待测元素的发射强度，从工作曲线上查得各被测元素的质量浓度。

8.5 工作曲线的绘制

8.5.1 按表4规定，于一组100 mL容量瓶中，分别移取相应体积的铜标准贮存溶液（5.5）、铁标准贮存溶液（5.6）、钙标准贮存溶液（5.7）、锌标准贮存溶液（5.8）、铅标准贮存溶液（5.9）、镉标准贮存溶液（5.10）、铬标准贮存溶液（5.11）、硅标准贮存溶液（5.13）、锰标准贮存溶液（5.14）、镍标准贮存溶液（5.15）、铝标准贮存溶液（5.16）、镁标准贮存溶液（5.17）、镧标准贮存溶液（5.18）、钇标准贮存溶液（5.19）、铈标准贮存溶液（5.20），加入4 mL盐酸（5.3），用水稀释至刻度，混匀，配制工作曲线I。

8.5.2 按表4规定，于另一组100 mL容量瓶中，分别移取相应体积的钠标准贮存溶液（5.12）、锆标准贮存溶液（5.21）、钛标准贮存溶液（5.22），加入4 mL盐酸（5.3），用水稀释至刻度，混匀，配制工作曲线II。

8.5.3 在电感耦合等离子体原子发射光谱仪上，于选定的分析谱线处，测量标准系列溶液的铜、铁、钙、锌、铅、镉、铬、钠、硅、锰、镍、铝、镁、镧、钇、铈、锆、钛的发射强度。分别以被测元素的质量浓度为横坐标，发射强度为纵坐标，绘制工作曲线。

表4 标准系列溶液的质量浓度

| 工作曲线 | 元素 | 质量浓度  µg/mL | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| STD 1 | STD 2 | STD 3 | STD 4 | STD 5 | STD 6 |
| 工作曲线I | 铜 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 铁 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 钙 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 锌 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 铅 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 镉 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 铬 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 硅 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 锰 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 镍 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 铝 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 镁 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 镧 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 钇 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 铈 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 工作曲线II | 锆 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 钛 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |
| 钠 | 0 | 1 | 5 | 10 | 20 | 40 |

9 试验数据处理

被测元素的含量以被测元素的质量分数*w*x计，按公式（1）计算：

 ……………………………（1）

式中：

*x*——被测元素铜、铁、钙、锌、铅、镉、铬、钠、硅、锰、镍、铝、镁、镧、钇、铈、锆或钛；

*ρ*x——试液中被测元素的质量浓度，单位为微克每毫升（µg/mL）；

*ρ*0——空白溶液中被测元素的质量浓度，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*——试料的质量，单位为克（g）。

计算结果表示至小数点后两位。小于0.10 %时，表示到小数点后三位；小于0.010 %时，表示到小数点后四位。数值修约按GB/T 8170的规定进行。

10 精密度

10.1 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5数据采用线性内插法或外延法求得。实验室间试验结果得到的统计数据参见附录A。

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，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。实验室间试验结果得到的统计数据参见附录A。

表5 重复性限和再现性限

| 水平数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *w*Cu /% | 0.0005 | 0.0035 | 0.019 | 0.036 | － | － |
| *r/*% | 0.0002 | 0.0004 | 0.002 | 0.003 | － | － |
| *R /*% | 0.0002 | 0.0008 | 0.005 | 0.008 | － | － |
| *w*Fe /% | 0.0015 | 0.0046 | 0.032 | 0.054 | － | － |
| *r/*% | 0.0003 | 0.0006 | 0.003 | 0.005 | － | － |
| *R /*% | 0.0005 | 0.0012 | 0.005 | 0.008 | － | － |
| *w*Ca /% | 0.0019 | 0.019 | 0.036 | － | － | － |
| *r/*% | 0.0004 | 0.002 | 0.003 | － | － | － |
| *R /*% | 0.0008 | 0.004 | 0.006 | － | － | － |
| *w*Zn /% | 0.0014 | 0.014 | 0.027 | － | － | － |
| *r/*% | 0.0003 | 0.002 | 0.003 | － | － | － |
| *R /*% | 0.0007 | 0.004 | 0.008 | － | － | － |
| *w*Pb /% | 0.0010 | 0.012 | 0.023 | － | － | － |
| *r/*% | 0.0003 | 0.002 | 0.003 | － | － | － |
| *R /*% | 0.0005 | 0.004 | 0.006 | － | － | － |
| *w*Cd /% | 0.0010 | 0.0077 | 0.015 | － | － | － |
| *r/*% | 0.0002 | 0.0006 | 0.003 | － | － | － |
| *R /*% | 0.0004 | 0.0009 | 0.005 | － | － | － |
| *w*Cr /% | 0.0013 | 0.016 | 0.030 | － | － | － |
| *r/*% | 0.0003 | 0.002 | 0.003 | － | － | － |
| *R /*% | 0.0006 | 0.005 | 0.006 | － | － | － |
| *w*Na /% | 0.0046 | 0.020 | 0.031 | 0.042 | － | － |
| *r/*% | 0.0007 | 0.003 | 0.004 | 0.005 | － | － |
| *R /*% | 0.0014 | 0.006 | 0.008 | 0.010 | － | － |
| *w*Si /% | 0.0004 | 0.0063 | 0.0097 | － | － | － |
| *r/*% | 0.0002 | 0.0010 | 0.0021 | － | － | － |
| *R /*% | 0.0003 | 0.0015 | 0.0036 | － | － | － |
| *w*Mn /% | 0.0030 | 0.015 | 0.029 | 0.056 | 0.53 | 2.34 |
| *r/*% | 0.0004 | 0.003 | 0.003 | 0.005 | 0.03 | 0.06 |
| *R /*% | 0.0006 | 0.004 | 0.005 | 0.008 | 0.05 | 0.10 |
| *w*Ni /% | 0.0029 | 0.017 | 0.029 | 0.057 | 0.55 | 2.43 |
| *r /*% | 0.0003 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.05 | 0.06 |
| *R /*% | 0.0007 | 0.005 | 0.006 | 0.008 | 0.07 | 0.14 |
| *w*Al/% | 0.0023 | 0.012 | 0.024 | 0.055 | 0.53 | 2.54 |
| *r /*% | 0.0005 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.03 | 0.11 |
| *R /*% | 0.0010 | 0.004 | 0.005 | 0.006 | 0.04 | 0.23 |
| *w*Mg /% | 0.0021 | 0.015 | 0.030 | 0.063 | 0.58 | 2.41 |
| *r /*% | 0.0003 | 0.002 | 0.003 | 0.004 | 0.04 | 0.11 |
| *R /*% | 0.0004 | 0.004 | 0.007 | 0.008 | 0.08 | 0.22 |
| *w*La/% | 0.049 | 0.46 | 2.37 | － | － | － |
| *r /*% | 0.003 | 0.03 | 0.07 | － | － | － |
| *R /*% | 0.006 | 0.05 | 0.15 | － | － | － |
| *w*Zr /% | 0.051 | 0.55 | 2.53 | － | － | － |
| *r /*% | 0.009 | 0.03 | 0.11 | － | － | － |
| *R /*% | 0.014 | 0.06 | 0.19 | － | － | － |
| *w*Ti/% | 0.051 | 0.57 | 2.54 | － | － | － |
| *r /*% | 0.003 | 0.03 | 0.07 | － | － | － |
| *R/*% | 0.005 | 0.08 | 0.13 | － | － | － |
| *w*Y/ % | 0.059 | 0.58 | 2.55 | － | － | － |
| *r /* % | 0.003 | 0.03 | 0.08 | － | － | － |
| *R /*% | 0.008 | 0.07 | 0.16 | － | － | － |
| *w*Ce /% | 0.049 | 0.51 | 2.33 | － | － | － |
| *r /*% | 0.004 | 0.03 | 0.06 | － | － | － |
| *R /*% | 0.008 | 0.06 | 0.14 | － | － | － |

11 试验报告

试验报告至少给出以下几个方面的内容：

——试验对象；

——本文件的编号；

——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。

附录A

（资料性）

从实验室间试验结果得到的统计数据

精密度数据是在2023年由18家实验室对3个~6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样品在重复性条件下独立测定7次~11次。数据统计结果见表A.1。

表A.1 实验室间数据统计结果

| 元素 | 水平 | 结果可接受的  实验室个数  实验室个数 | 可接受的数据个数 | 平均值  *w*/% | 重复性限  *r*/% | 再现性限  *R*/% |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Cu | 1 | 8 | 80 | 0.0005 | 0.0002 | 0.0002 |
| 2 | 18 | 170 | 0.0035 | 0.0004 | 0.0008 |
| 3 | 17 | 163 | 0.019 | 0.002 | 0.005 |
| 4 | 16 | 156 | 0.036 | 0.003 | 0.008 |
| Fe | 1 | 8 | 80 | 0.0015 | 0.0003 | 0.0005 |
| 2 | 15 | 141 | 0.0046 | 0.0006 | 0.0012 |
| 3 | 18 | 170 | 0.032 | 0.003 | 0.005 |
| 4 | 17 | 163 | 0.054 | 0.005 | 0.008 |
| Ca | 1 | 17 | 163 | 0.0019 | 0.0004 | 0.0008 |
| 2 | 18 | 170 | 0.019 | 0.002 | 0.004 |
| 3 | 18 | 170 | 0.036 | 0.003 | 0.006 |
| Zn | 1 | 18 | 170 | 0.0014 | 0.0003 | 0.0007 |
| 2 | 18 | 170 | 0.014 | 0.002 | 0.004 |
| 3 | 18 | 170 | 0.027 | 0.003 | 0.008 |
| Pb | 1 | 14 | 126 | 0.0010 | 0.0003 | 0.0005 |
| 2 | 16 | 148 | 0.012 | 0.002 | 0.004 |
| 3 | 16 | 148 | 0.023 | 0.003 | 0.006 |
| Cd | 1 | 17 | 163 | 0.0010 | 0.0002 | 0.0004 |
| 2 | 17 | 163 | 0.0077 | 0.0006 | 0.0009 |
| 3 | 17 | 163 | 0.015 | 0.003 | 0.005 |
| Cr | 1 | 16 | 152 | 0.0013 | 0.0003 | 0.0006 |
| 2 | 18 | 170 | 0.016 | 0.002 | 0.005 |
| 3 | 16 | 148 | 0.030 | 0.003 | 0.006 |
| Na | 1 | 15 | 145 | 0.0046 | 0.0007 | 0.0014 |
| 2 | 15 | 141 | 0.020 | 0.003 | 0.006 |
| 3 | 16 | 142 | 0.031 | 0.004 | 0.008 |
| 4 | 16 | 142 | 0.042 | 0.005 | 0.010 |
| Si | 1 | 8 | 87 | 0.0004 | 0.0002 | 0.0003 |
| 2 | 8 | 76 | 0.0063 | 0.0010 | 0.0015 |
| 3 | 9 | 87 | 0.0097 | 0.0021 | 0.0036 |
| Mn | 1 | 17 | 163 | 0.0030 | 0.0004 | 0.0006 |
| 2 | 18 | 170 | 0.015 | 0.002 | 0.004 |
| 3 | 18 | 170 | 0.029 | 0.003 | 0.005 |
| 4 | 18 | 170 | 0.056 | 0.005 | 0.008 |
| 5 | 16 | 152 | 0.53 | 0.03 | 0.05 |
| 6 | 14 | 130 | 2.34 | 0.06 | 0.14 |
| Ni | 1 | 18 | 170 | 0.0029 | 0.0003 | 0.0007 |
| 2 | 17 | 159 | 0.017 | 0.002 | 0.005 |
| 3 | 17 | 159 | 0.029 | 0.003 | 0.006 |
| 4 | 17 | 163 | 0.057 | 0.004 | 0.008 |
| 5 | 17 | 163 | 0.55 | 0.05 | 0.07 |
| 6 | 13 | 119 | 2.43 | 0.06 | 0.14 |
| Al | 1 | 17 | 159 | 0.0023 | 0.0005 | 0.0010 |
| 2 | 18 | 170 | 0.012 | 0.002 | 0.004 |
| 3 | 18 | 170 | 0.024 | 0.003 | 0.005 |
| 4 | 17 | 159 | 0.055 | 0.004 | 0.006 |
| 5 | 17 | 163 | 0.53 | 0.03 | 0.04 |
| 6 | 17 | 163 | 2.54 | 0.11 | 0.23 |
| Mg | 1 | 16 | 148 | 0.0021 | 0.0003 | 0.0004 |
| 2 | 18 | 170 | 0.015 | 0.002 | 0.004 |
| 3 | 18 | 170 | 0.030 | 0.003 | 0.007 |
| 4 | 18 | 170 | 0.063 | 0.004 | 0.008 |
| 5 | 18 | 170 | 0.58 | 0.04 | 0.08 |
| 6 | 16 | 152 | 2.41 | 0.11 | 0.22 |
| La | 1 | 16 | 156 | 0.049 | 0.003 | 0.006 |
| 2 | 17 | 163 | 0.46 | 0.03 | 0.05 |
| 3 | 16 | 152 | 2.37 | 0.07 | 0.15 |
| Zr | 1 | 18 | 170 | 0.051 | 0.009 | 0.014 |
| 2 | 18 | 170 | 0.55 | 0.03 | 0.06 |
| 3 | 17 | 163 | 2.53 | 0.11 | 0.19 |
| Ti | 1 | 16 | 156 | 0.051 | 0.003 | 0.005 |
| 2 | 18 | 170 | 0.57 | 0.03 | 0.08 |
| 3 | 16 | 152 | 2.54 | 0.07 | 0.13 |
| Y | 1 | 18 | 170 | 0.059 | 0.003 | 0.008 |
| 2 | 18 | 170 | 0.58 | 0.03 | 0.07 |
| 3 | 15 | 141 | 2.55 | 0.08 | 0.16 |
| Ce | 1 | 18 | 170 | 0.049 | 0.004 | 0.008 |
| 2 | 17 | 159 | 0.51 | 0.03 | 0.06 |
| 3 | 16 | 152 | 2.33 | 0.06 | 0.14 |

————————————