



中华人民共和国国家标准

GB/T 7999-202X
代替 GB/T 7999-2015

铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法

Optical emission spectrometric analysis method of aluminum and aluminum alloys

(送审稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 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》的规定起草。

本文件代替 GB/T 7999-2015《铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法》，与 GB/T 7999-2015 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了钴、银、钼等元素的测定，删除了钡元素的测定，修改了砷、铋、铍、硼、镉、钙、铈、铬、铜、镓、铁、铅、锂、镁、锰、钪、硅、钠、锆、锡、钒、锗等元素的检测范围（见第1章，2015版第1章）；
- b) 规范性引用文件中增加了“GB/T 14203、GB/T 6379.1、GB/T 6379.2、GB/T 6379.6”（见第2章，2015版第2章）；
- c) 增加了“术语和定义”（见第3章）；
- d) 将2015版第4、5章合并为“仪器、设备及辅助材料”，并修改了相关内容（见第5章，2015版第4、5章）；
- e) 将“试样”修改为“样品”，增加了取样和制样的说明（见第6章，2015版第6章）；
- f) 增加了“测试条件”（见第7章）；
- g) 将2015版7.2、7.3修改为“测试方法”，同时修改了相关内容，增加了“分析线的选择”和“内标线的选择”等内容（见第8章，2015版7.2、7.3）；
- h) 将2015版7.4、7.5修改为“测试步骤”，同时修改了相关内容，增加了“校准曲线的再确认”等内容（见第9章，2015版7.4、7.5）；
- i) 将2015版7.6修改为“数据处理”，同时修改了相关内容，增加了“在重复性条件下测试数据的可接受性的检查和最终报告结果的确定”、“测试结果的有效位数及修约”等内容（见第10章，2015版7.6）；
- j) 修改“重复性”中“相对标准偏差”为“重复性限”，并根据实验数据重新计算了重复性限（见11.1，2015版8.1）；
- k) 修改“允许差”为“再现性”，修改“相对允许差”为“再现性限”，并根据实验数据计算了再现性限（见11.2，2015版8.2）；

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。

本文件由中国有色金属工业协会提出。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC 243）归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件所代替或废止的文件的历次版本发布情况为：

- 1987年首次发布为 GB/T 7999-1987、2000年第一次修订、2007年第二次修订、2015年第三次修订；
- 本次为第四次修订。

铝及铝合金光电直读发射光谱分析方法

1 范围

本文件规定了铝及铝合金中合金元素及杂质的光电直读发射光谱分析方法。

本文件适用于铝及铝合金中锑、砷、铍、铋、硼、镉、钙、铈、铬、钴、铜、镓、铁、铅、锂、镁、锰、钼、镍、磷、钪、硅、银、钠、锆、锡、钛、钒、锌、锆等30个元素的同时测定，测定范围见表1。

注：回收铝应达到再生铝及铝合金原料级时方可使用本文件。

表1 测定范围

元素/元素符号	测定范围/%	元素/元素符号	测定范围/%
Antimony (锑) /Sb	0.0040~0.50	Magnesium (镁) /Mg	0.0003~11.00
Arsenic (砷) /As	0.0040~0.050	Manganese (锰) /Mn	0.0002~2.00
Beryllium (铍) /Be	0.0001~0.080	Molybdenum (钼) /Mo	0.020~0.30
Bismuth (铋) /Bi	0.0010~1.00	Nickel (镍) /Ni	0.0001~3.00
Boron (硼) /B	0.0001~0.070	Phosphorus (磷) /P	0.0005~0.0050
Cadmium (镉) /Cd	0.0001~0.35	Scandium (钪) /Sc	0.010~0.60
Calcium (钙) /Ca	0.0001~0.35	Silicon (硅) /Si	0.0001~17.00
Cerium (铈) /Ce	0.020~0.60	Silver (银) /Ag	0.010~0.80
Chromium (铬) /Cr	0.0001~0.60	Sodium (钠) /Na	0.0001~0.020
Cobalt (钴) /Co	0.0050~0.40	Strontium (锶) /Sr	0.0010~0.30
Copper (铜) /Cu	0.0001~10.00	Tin (锡) /Sn	0.0010~1.30
Gallium (镓) /Ga	0.0002~0.080	Titanium (钛) /Ti	0.0001~0.50
Iron (铁) /Fe	0.0003~2.50	Vanadium (钒) /V	0.0001~0.40
Lead (铅) /Pb	0.0002~0.80	Zinc (锌) /Zn	0.0001~13.50
Lithium (锂) /Li	0.0005~3.00	Zirconium (锆) /Zr	0.0001~0.35

注 1：上述给出的元素测定范围是通过实验室间测试标准样品而确定的，并不证明是元素实际可用的测定范围。每个具体实验室可以根据其仪器性能、所采用元素波长的光谱特性、以及适当的标准样品，扩展分析范围。

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 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 17432 变形铝及铝合金化学成分分析取样方法

GB/T 14203 火花放电原子发射光谱分析法通则

GB/T 6379.1 测试方法与结果的准确度（正确度与精密度） 第1部分：总则与定义

GB/T 6379.2 测试方法与结果的准确度（正确度与精密度） 第2部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法

GB/T 6379.6 测试方法与结果的准确度（正确度与精密度） 第6部分：准确度值的实际应用

3 术语和定义

GB/T 14203 界定的术语和定义适用于本文件。

4 方法概述

将制备好的样品置于激发台上，测试面作为一个电极，在与对电极的尖端之间产生受控放电；在高温和惰性气体中产生等离子体。被测元素的原子被激发时，电子在原子内不同能级跃迁，当高能级向低能级跃迁时产生特征谱线。通过光电转换器，将其转换为与光强度对应的电信号，通过数据处理系统，将测光读数换算成为各元素的质量百分数表现出来，实现对样品中元素含量的测定。

5 仪器、设备及辅助材料

5.1 样品加工设备

车床、铣床等设备，能够将样品测试面加工成具有一定光洁度的平面。

5.2 光电直读发射光谱仪

5.2.1 光电直读发射光谱仪应带有使用安全互锁的电源限制。

5.2.2 光电直读发射光谱仪应带有过滤排气装置，以处理从激发室中排出的可能有毒的烟尘。

5.3 对电极

对电极的材质及纯度，应根据分析目的加以选择。一般使用直径为 4 mm~8 mm、长为 30 mm~150 mm 的钨、银和铜等圆棒，其一端制成可获得稳定放电的圆锥形状；也可以使用直径 1 mm 的平头钨电极。

5.4 气体

氩气（纯度 $\geq 99.995\%$ ）。

5.5 标准样品

5.5.1 校准用标准样品

校准用标准样品是用于建立校准曲线，优先选用有证标准样品，其化学成分、组织结构及冶金加工过程与分析样品一致或近似，应涵盖分析元素的测定范围，质量分数保持适当梯度。分析元素的含量用准确可靠的方法定值。在绘制校准曲线时，通常使用多个分析元素含量不同的标准样品作为一个系列。

5.5.2 标准化样品（漂移校正用标准样品）

标准化样品是用来修正由于各种原因引起的仪器测量值对校准曲线的偏离而使用的。标准化样品应均匀并能得到稳定的谱线强度。每当更换标准化样品时，必须遵循适当的程序，用新标准化样品获得的强度替换原标准化样品获得的强度。

5.5.3 控制样品（类型标准化用样品）

控制样品应与分析样品具有相近的化学成分和组织结构，具有良好的均匀性、稳定性，定值准确，以用于类型标准化修正。控制样品可以自制，但需注意不同的冶金加工过程会对结果产生影响。在冶炼控制样品时，应适当规定各元素含量，各样品的基体成分应大致相近；对控制样品赋值时，应注意定值误差以及数据的可溯源性。

6 样品

6.1 取样

6.1.1 按照 GB/T 17432 的规定取样。

6.1.2 样品尺寸应足够覆盖激发台的激发孔径，避免激发时漏气，并防止激发时过热。

6.1.3 样品应均匀，无孔隙、夹杂和裂纹等现象。

6.2 制样

6.2.1 按照 GB/T 17432 的规定制备样品。

6.2.2 在制备过程中应不产生过热现象，可用无水乙醇等冷却，以避免影响组织结构或消耗表面元素。

6.2.3 样品的测试表面应没有氧化、孔隙以及其他外来物质。应没有油渍等污物，例如测定钠含量时人体带来污染。

6.2.4 标准化样品、控制样品和待测样品宜在同一条件下同时制备。

6.2.5 样品宜在制备后8小时内完成测试操作。

7 测试条件

7.1 仪器的准备

7.1.1 定期对光谱仪进行计量校准。

7.1.2 光电直读光谱仪应按照制造商推荐的要求，放置在无电磁干扰且防震房间里，温度保持在15℃～30℃，相对湿度小于80%；且同一标准化周期内，室内温度变化不宜超过5℃。

7.1.3 为保证仪器的稳定性，建议使用电压调节器或稳压器，并配有专用地线。

7.1.4 由于健康和清洁的原因，排出的气体和灰尘不能直接排入室内。过滤系统应根据仪器说明书的规定定期进行清洁或更换。

7.1.5 仪器使用前应预先通电适当时间，直至其各部分工作稳定。

7.2 激发系统的调整

7.2.1 对电极

应根据实际情况定期清理、更换对电极，更换下来的对电极处理后可继续使用。在非激发时间内，应盖住激发孔，以保持火花台内的氩气气氛。

7.2.2 电极间隙

样品电极与对电极之间的分析间隙应处于规定的距离。为保证仪器正常运行，应定期使用极距规检测分析间隙。

7.2.3 供气系统的调整

将氩气输送到光室的供气系统应尽可能短，连接处无泄漏。同时，调整气体的流量，使激发时的流量达到仪器规定的值，空闲期间的可保持最小流量。

7.3 光学系统的调整

7.3.1 聚焦透镜或石英保护片

聚焦透镜或石英保护片被污染时应进行清理，可由被测元素的强度降低来判断是否污染。

7.3.2 光室内压力的调整

真空型光室的真空度应符合仪器要求。充气型光室应采用高纯惰性气体保护。为确保充气型光室内保护气体的纯度，光室内气体的压力应保持恒定并略高于大气压。

7.3.3 谱线位置的调整

利用调整装置对谱线进行描述，使分析线准确射入其对应的出射狭缝。

7.4 测光系统的调整

7.4.1 预燃时间的确定

通过事先实验确定合适的预燃时间。

7.4.2 积分时间的调整

积分时间是以分析精度所要求的时间和分析线强度等为依据，通过事先实验来确定。

7.4.3 测量强度范围的规定

根据分析元素的含量范围和谱线的特性，通过调整各检测器的信号放大倍数确定。

7.5 激发点的位置

样品的激发点宜距离样品边缘 5 mm~10 mm，以便样品可以盖住激发孔。激发点不应重叠，否则会影响精密度和准确度。

7.6 激发点的品质

通常，良好的激发点是由黑色环包围的黑色深凹坑，不良激发点可能是由白色或银色环环绕的浅凹坑。“不良”激发所得结果应该重新操作。

7.7 预激发

当仪器不是连续使用时，再次使用前需进行几次预激发，一般情况下 2 次~4 次。

8 测试方法

8.1 分析线的选择

根据样品的元素含量，从各元素的发射谱线中选择具有合适发光强度的谱线，并对谱线干扰、检出限、测量精度等进行充分考察和研究。

8.2 内标线的选择

在铝及铝合金光谱定量分析中，所选内标元素的含量变化应尽量小，可以是样品中的主成分元素或一定浓度的特定元素，通常采用基体元素作为内标元素。

8.3 谱线干扰及校正

谱线重叠以及样品组成差异造成的背景差异等将对定量分析结果产生影响，因此，需要采用适当的方法对共存元素之间的干扰或背景干扰进行校正。

8.4 推荐的分析线

本文件没有规定特定的内标线、分析线，推荐使用的内标线、分析线列于表 2。同时表 2 中也列出了可能的干扰元素及其波长。

表 2 推荐的内标线、分析线和可能的干扰元素

元素	分析线的波长 /nm	可能的干扰元素及波长 /nm	元素	分析线的波长 /nm	可能的干扰元素及波长 /nm
Aluminum	256.799				
Al	266.039				
(内标线)	237.208				

Antimony (锑) /Sb	231.147 259.806	Co 231.166 Fe 259.837 Mn 259.817	Magnesium (镁) /Mg	279.553 285.213 277.669 383.231 383.826 518.362	
Arsenic (砷) /As	234.984		Manganese (锰) /Mn	403.076 259.373 293.306 346.033	
Beryllium (铍) /Be	234.861 313.042		Molybdenum (钼) /Mo	202.030 204.598 386.411	Cr 202.033 Cr 204.591 Zr 386.387
Bismuth (铋) /Bi	306.772		Nickel (镍) /Ni	341.476 310.188 231.604	Zr 341.466
Boron (硼) /B	249.773 249.678 208.959	Fe 249.782 Mn 249.778 Mo 208.952	Phosphorus (磷) /P	178.281	
Cadmium (镉) /Cd	228.802 479.992	As 228.812	Scandium (钪) /Sc	391.181 357.253	
Calcium (钙) /Ca	393.367	Fe 393.361	Silicon (硅) /Si	288.158 251.612 390.553 212.415	Cr 288.123 Cr 390.566
Cerium (铈) /Ce	413.765 418.660		Silve (银) /Ag	328.068 338.289 466.848	
Chromium (铬) /Cr	425.435 267.716 276.654		Sodium (钠) /Na	589.995	
Cobalt (钴) /Co	345.351		Strontium (锶) /Sr	421.552 460.733	
Copper (铜) /Cu	327.396 324.754 296.117 224.700 510.554	Fe 296.128	Tin (锡) /Sn	317.502	Fe 317.544
Gallium (镓) /Ga	294.364 417.206	Fe 417.213 Ti 417.190 Cr 417.167	Titanium (钛) /Ti	334.904 337.280 363.545	

Iron (铁) /Fe	238.204 259.940 259.957 273.955 374.949 441.512 438.355		Vanadium (钒) /V	318.341 437.924 310.230	Zr 437.978
Lead (铅) /Pb	405.782 283.306	Mn 405.792 Mg 405.763	Zinc (锌) /Zn	213.856 334.502 481.053 472.216	
Lithium (锂) /Li	610.364 670.784 323.261	Fe 323.279 Sb 323.250	Zirconium (锆) /Zr	339.198 349.621	Fe 339.230

8.5 校准

8.5.1 校准曲线法

在所选定的工作条件下，激发一系列标准样品，原则上使用5个水平以上的标准样品，最低点应不高于元素测试范围的下限，最高点应不低于测试范围的上限。每个标准样品至少激发4次，绘制分析元素的光谱强度（或强度比）与含量（或含量比）的校准曲线，并使用多个标准样品对其进行确认，用于确认的标准样品至少应覆盖校准曲线的低、中、高点。

8.5.2 原始校准曲线法

先使用校准曲线法绘制校准曲线。当光谱仪因温度、湿度、震动等因素导致谱线产生位移，或因发光强度变化导致校准曲线发生漂移时，通过标准化样品对校准曲线的漂移进行整体标准化修正，使修正后的元素强度恢复到最初建立曲线时强度。

8.5.3 控制样品法

在原始校准曲线法的基础上，日常分析测试时，在相同的工作条件下，将控制样品与分析样品同时测试，利用控制样品的测试结果与其标准值之间的偏差对样品的测试结果进行修正。宜使用与分析样品的化学成分、冶炼工艺过程和组织结构相近似的控制样品，以保证样品测试结果的准确性。

9 测试步骤

9.1 标准化（校准曲线的漂移校正）

9.1.1 整体标准化

当采用原始校准曲线法测样品时，在选定的工作条件下，激发标准化样品（推荐激发多个标准化样品），每个样品至少激发4次。通过测量标准化样品的元素强度，对同一基体多个分析程序的原始校准曲线的全范围进行修正。标准化的时间间隔取决于仪器的稳定性。仪器出现重大改变或原始校准曲线因漂移超出校正范围时，需要重新建立校准曲线。

9.1.2 类型标准化

采用控制样品法测试特定合金时，选择与样品化学成分相接近的控制样品，在选定的工作条件下，每个控制样品至少激发2次。然后利用类型标准化样品标准值与其分析结果之间的比值或差值，对分析样品的分析结果进行修正。

9.2 校准曲线的确认

9.2.1 校准曲线的确认

完成标准化（校准曲线的漂移校正）后，选用一定数量的标准样品对校准曲线进行确认。标准样品两次测量结果之差应不大于本文件规定的重复性限（ r ），测试结果平均值（ $\bar{x}$ ）与认定值（ μ_0 ）之差应不大于 GB/T 6379.6 中规定的临界差的值，否则应检查原因，重新进行 9.1。

9.2.2 根据 GB/T 6379.6 的规定，计算临界差：

a) 重复性条件下，95% 的概率水平下， $|\bar{x} - \mu_0|$ 的临界差 $CD_{0.95}$ 按式（1）计算：

$$CD_{0.95} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{R^2 - r^2 / 2} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

r ——重复性限；

R ——再现性限。

注 2：本文件中各元素的临界差的值 $CD_{0.95}$ 见表 5。

b) 当标准样品的不确定度 U 不可忽视时， $|\bar{x} - \mu_0|$ 的临界差 C 按式（2）计算：

$$C = \sqrt{CD_{0.95}^2 + U^2} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

U ——标准样品的扩展不确定度。

9.3 样品的测试

9.3.1 激发样品 1 次，获得 1 个独立的测试结果。

9.3.2 纯铝或较为均匀的低含量铝合金，宜激发 2 次；均匀性一般或数据准确度要求高的铝合金，宜激发 2 次～4 次；化学成分非常复杂或易偏析的铝合金，宜激发 4 次～8 次。

9.3.3 不应随意删除测试结果，除非此次激发操作中存在明显错误，当其测试结果不被采用时，应该再补充激发 1 次，以保证数据的有效性。

9.3.4 在重复性条件下，如果测试结果的极差（最大值—最小值）不大于概率水平为 95% 的临界极差 $CR_{0.95}$ 时，则测试完成；否则，至少再激发样品 1 次。根据 GB/T 6379.6 规定，重复性临界极差的值 $CR_{0.95}$ 见表 3。

表 3 临界极差的值 $CR_{0.95}$

样品测试次数	$CR_{0.95}$	样品测试次数	$CR_{0.95}$
2	r	7	$1.5 r$
3	$1.2 r$	8	$1.5 r$
4	$1.3 r$	9	$1.6 r$
5	$1.4 r$	10	$1.6 r$
6	$1.4 r$	11	$1.6 r$
r ——重复性限			

9.4 校准曲线的再确认

- 9.4.1 在测试过程中，应定期采用测试标准样品的方法对校准曲线进行确认。
- 9.4.2 全部样品测试之后，应再一次对校准曲线进行确认。
- 9.4.3 当仪器闲置1h以上，再进行测试时，应先对校准曲线进行确认。
- 9.4.4 每次对校准曲线的确认都应按照9.2.1进行，若不满足要求，查找原因，重新进行9.1、9.2、9.3、9.4。

10 数据处理

10.1 测试数据的计算

- 10.1.1 各元素含量以其质量分数w计，数值以质量百分数表示。样品分析后，仪器软件根据校准曲线计算各个元素的质量百分数，并自动直接显示。
- 10.1.2 分析元素的含量应在本文件规定的测试范围之内。若超出本文件规定的测试范围，应在报告中注明。

10.2 测试结果的有效位数

测试结果的有效位数至少应达到产品标准给出的有效位数，适用时可采用表4推荐的有效位数。数值修约按GB/T 8170规定进行。

注3：测试结果的有效位数不能多于校准用标准样品。

表 4 推荐测试结果的有效位数的表示

元素极限数值/%	分析结果的表示/%
<0.001	0.000X
0.001~<0.01	0.00XXX
0.01~<0.10	0.0XXX
0.10~0.55	0.XXX
>0.55	0.XX、X.XX、XX.XX

10.3 在重复性条件下测试数据的可接受性的检查和最终报告结果的确定

- 10.3.1 在重复性条件下，当测试结果的极差(最大值—最小值)不大于概率水平为95%的临界极差 $CR_{0.95}$ 时，可以接受这些测试结果。最终报告结果为测试结果的算数平均值。
- 10.3.2 在重复性条件下，当测试结果的极差大于概率水平为95%的临界极差 $CR_{0.95}$ 时，应至少再取 1 次测试结果。如果所有测试结果的极差不大于 $CR_{0.95}$ ，则最终报告结果为所有测试结果的算数平均值；如果其极差大于临界极差 $CR_{0.95}$ ，则将报告全部测试结果，或报告其中的最大值和最小值。重复性临界极差的值 $CR_{0.95}$ 见表3。

11 精密度

按照GB/T 6379.1 规定的重复性条件下，多家实验室对每个水平的元素进行测试。按照GB/T 6379.2，对得到的测试结果进行数理统计，计算了各元素的含量与试验结果的重复性限、再现性限。

讨论：本文件中的重复性限、再现性限为变形铝合金，铸造铝合金、压铸铝合金等可适当加大。或在铸造铝合金、压铸铝合金的产品标准 GB/T 8733 等中规定。例如：钢铁 GB/T 222-2006，钛合金 GB/T 3620.2-2023。

11.1 重复性

在重复性条件下获得的两个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。

11.2 再现性

在再现性条件下获得的两个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。

表5 重复性限（ r ）、再现性限（ R ）

元素	质量分数/%		重复性限 r /%	再现性限 R /%	$CD_{0.95}$ $n=2$
	标准值	测试总平均值			
Sb	0.0029	0.0027	0.0003	0.0009	0.0006
	0.012	0.012	0.002	0.003	0.0019
	0.020	0.020	0.002	0.005	0.0034
	0.30	0.32	0.03	0.05	0.032
As	0.0040	0.0042	0.0006	0.0015	0.0010
	0.014	0.013	0.004	0.006	0.0037
	0.038	0.039	0.007	0.009	0.0053
Be	0.00016	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
	0.0050	0.0053	0.0003	0.0011	0.0008
	0.054	0.053	0.003	0.006	0.0040
Bi	0.0029	0.0031	0.0009	0.0014	0.0009
	0.0096	0.010	0.0012	0.0020	0.0013
	0.089	0.087	0.005	0.009	0.0059
	0.21	0.21	0.02	0.03	0.0187
	0.869	0.85	0.04	0.07	0.0453
B	0.00042	0.0005	0.0002	0.0003	0.0002
	0.0020	0.0021	0.0004	0.0006	0.0004
	0.025	0.026	0.003	0.005	0.0032
	0.049	0.050	0.004	0.006	0.0037
Cd	0.0009	0.0010	0.0002	0.0005	0.0003
	0.0057	0.0055	0.0006	0.0012	0.0008
	0.010	0.010	0.002	0.003	0.0019
	0.244	0.24	0.02	0.03	0.0187
Ca	0.0003	0.0003	0.0002	0.0003	0.0002
	0.0021	0.0022	0.0002	0.0006	0.0004
	0.014	0.014	0.002	0.005	0.0034
	0.281	0.28	0.01	0.02	0.0132
Ce	0.029	0.027	0.005	0.006	0.0034
	0.418	0.41	0.03	0.04	0.0240

Cr	0.00033	0.0003	0.0001	0.0002	0.0001
	0.0090	0.0098	0.0006	0.0013	0.0009
	0.066	0.065	0.003	0.006	0.0040
	0.391	0.40	0.02	0.03	0.0187
Co	0.0060	0.0059	0.0008	0.0020	0.0014
	0.012	0.013	0.002	0.003	0.0019
	0.277	0.28	0.02	0.04	0.0265
	0.39	0.39	0.02	0.04	0.0265
Cu	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001
	0.0016	0.0018	0.0003	0.0005	0.0003
	0.0040	0.0040	0.0004	0.0007	0.0005
	0.033	0.033	0.002	0.003	0.0019
	0.605	0.61	0.02	0.03	0.0187
	1.49	1.47	0.04	0.07	0.0453
	8.64	8.64	0.19	0.27	0.1656
Ga	0.00025	0.0003	0.0001	0.0002	0.0001
	0.010	0.011	0.003	0.004	0.0024
	0.086	0.084	0.007	0.011	0.0069
Fe	0.0003	0.0004	0.0003	0.0004	0.0002
	0.0084	0.0083	0.0006	0.0009	0.0006
	0.085	0.085	0.003	0.005	0.0032
	0.893	0.90	0.02	0.04	0.0265
	1.72	1.75	0.12	0.15	0.0875
Pb	0.00027	0.0003	0.0001	0.0002	0.0001
	0.0078	0.0076	0.0005	0.0010	0.0007
	0.029	0.029	0.002	0.004	0.0026
	0.65	0.65	0.04	0.05	0.0292
Li	0.0006	0.0006	0.0002	0.0003	0.0002
	0.031	0.031	0.002	0.004	0.0026
	0.954	0.99	0.04	0.07	0.0453
	2.81	2.59	0.06	0.10	0.0640
Mg	0.0008	0.0009	0.0001	0.0005	0.0004
	0.0011	0.0012	0.0002	0.0004	0.0003
	0.017	0.017	0.002	0.003	0.0019
	0.495	0.49	0.03	0.04	0.0240
	1.85	1.81	0.08	0.12	0.0748
	5.90	5.86	0.09	0.17	0.1115
	9.30	9.26	0.24	0.34	0.2083
Mn	0.00068	0.0007	0.0001	0.0002	0.0001
	0.0092	0.0094	0.0006	0.0012	0.0008

	0.070	0.070	0.001	0.003	0.0021
	0.197	0.19	0.02	0.03	0.0187
	1.99	2.00	0.03	0.12	0.0835
Mo	0.0304	0.030	0.002	0.003	0.0019
	0.126	0.128	0.007	0.011	0.0069
Ni	0.00061	0.0006	0.0001	0.0002	0.0001
	0.0072	0.0073	0.0003	0.0007	0.0005
	0.076	0.076	0.003	0.005	0.0032
	0.73	0.74	0.03	0.06	0.0397
	2.80	2.91	0.10	0.25	0.1696
P	0.00051	0.0006	0.0002	0.0003	0.0002
	0.0030	0.0028	0.0005	0.0013	0.0009
	0.010	0.012	0.003	0.004	0.0024
Sc	0.013	0.013	0.002	0.003	0.0019
	0.21	0.22	0.03	0.05	0.0320
	0.535	0.53	0.03	0.05	0.0320
Si	0.0007	0.0009	0.0004	0.0006	0.0004
	0.0026	0.0025	0.0004	0.0006	0.0004
	0.020	0.020	0.002	0.004	0.0026
	0.587	0.59	0.03	0.04	0.0240
	1.35	1.34	0.05	0.10	0.0661
	8.34	8.31	0.18	0.25	0.1522
	11.54	11.60	0.24	0.35	0.2165
	17.03	16.82	0.32	0.50	0.3153
Ag	0.010	0.010	0.001	0.003	0.0021
	0.20	0.21	0.01	0.03	0.0206
	0.591	0.58	0.03	0.05	0.0320
Na	0.00031	0.0004	0.0002	0.0002	0.0001
	0.0061	0.0064	0.0008	0.0012	0.0007
	0.0132	0.015	0.003	0.005	0.0032
Sr	0.0040	0.0044	0.0004	0.0009	0.0006
	0.020	0.023	0.003	0.007	0.0047
	0.289	0.28	0.02	0.04	0.0265
Sn	0.0018	0.0017	0.0003	0.0004	0.0002
	0.016	0.015	0.002	0.004	0.0026
	0.29	0.31	0.02	0.03	0.0187
	1.16	1.16	0.03	0.05	0.0320
Ti	0.00041	0.0004	0.0001	0.0002	0.0001
	0.0038	0.0039	0.0006	0.0007	0.0004
	0.050	0.050	0.004	0.006	0.0037

	0.415	0.42	0.02	0.04	0.0265
V	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
	0.0060	0.0058	0.0008	0.0012	0.0007
	0.076	0.078	0.004	0.006	0.0037
	0.26	0.26	0.01	0.02	0.0132
Zn	0.0007	0.0007	0.0002	0.0002	0.0001
	0.0074	0.0074	0.0004	0.0006	0.0004
	0.018	0.018	0.002	0.004	0.0026
	0.161	0.16	0.01	0.03	0.0206
	1.09	1.09	0.04	0.09	0.0604
	3.93	3.95	0.08	0.16	0.1058
	11.65	11.58	0.19	0.34	0.2209
Zr	0.0003	0.0003	0.0001	0.0003	0.0002
	0.0094	0.0095	0.0007	0.0014	0.0009
	0.087	0.087	0.007	0.009	0.0053
	0.27	0.27	0.02	0.03	0.0187

12 试验报告

试验报告至少应给出以下几个方面的以下内容：

- 试验对象；
- 本文件编号；
- 分析结果及表示；
- 与基本分析步骤的差异；
- 观察到的异常现象；
- 试验日期。