

## 中华人民共和国教育行业标准

JY/T 0569—2020  
代替 JY/T 016—1996

### 波长色散 X 射线荧光光谱分析方法通则

General rules for wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry



2020-09-29 发布

2020-12-01 实施

中华人民共和国教育部 发布



## 目 次

|                 |   |
|-----------------|---|
| 前言 .....        | Ⅲ |
| 1 范围 .....      | 1 |
| 2 规范性引用文件 ..... | 1 |
| 3 术语和定义 .....   | 1 |
| 4 分析方法原理 .....  | 3 |
| 5 试剂和材料 .....   | 4 |
| 6 仪器和制样设备 ..... | 5 |
| 7 样品制备 .....    | 6 |
| 8 分析测试 .....    | 7 |
| 9 结果报告 .....    | 9 |
| 10 安全注意事项 ..... | 9 |





## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 JY/T 016—1996《波长色散型 X 射线荧光光谱方法通则》，与 JY/T 016—1996 相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修改标准名称为《波长色散 X 射线荧光光谱分析方法通则》；
- 修改了标准的适用范围：增加了 Be、B、C、N 和 O 的检测，适应范围由<sup>9</sup>F~<sup>92</sup>U(见 1996 年版的第 1 章)修改为<sup>4</sup>Be~<sup>92</sup>U(见第 1 章)；
- 增加了“规范性引用文件”(见第 2 章)；
- 删除了“X 射线管”(见 1996 年版的 2.5)和“参比谱线”(见 1996 年版的 2.9)的定义；
- 修改了“波长色散”(见 3.2)、“分光晶体”(见 3.3)、“基体效应”(见 3.10)、“准直器”(见 3.21)、“顺序型 X 射线荧光光谱仪”(见 3.22)和“同时型 X 射线荧光光谱仪”(见 3.23)的术语和定义；
- 增加了“X 射线荧光”、“分析线”、“X 射线强度”、“净强度”、“能量分辨率”、“基体”、“标准样品”、“漂移校正”、“监控样品”、“漂移校正因子”、“基本参数法”、“理论 α 系数法”、“经验系数法”、“内标法”、“标准加入法”和“探测器”等术语和定义(见第 3 章)；
- 修改和补充了“试剂和材料”(见 1996 年版的第 4 章)部分的内容(见第 5 章)；
- 修改了“仪器”(见 1996 年版的第 5 章)中的部分文字与内容，将一级目次“仪器”修改为“仪器和制样设备”(见第 5 章)；
- 修改了“环境条件”(见 6.4, 1996 年版的 5.4)中的规定内容；
- 修改了目次“6 样品”(见 1996 年版的第 6 章)为“7 样品制备”，并修改了相关内容(见第 7 章)；
- 修改了“仪器性能”(见 6.5, 1996 年版的 5.3)；
- 增加了“检定或校准”(见 6.6)；
- 修改了“分析步骤”为“分析测试”(见第 8 章, 1996 年版的第 7 章)，修改了其中的部分内容，简化了“开机”和“测量前的准备”中的文字描述，增加了“定性分析流程图”(见 8.3.3 图 1)；
- 修改了“校准曲线的制作”中的校正数学模型(见 8.4.3, 1996 年版的 7.4.2)；
- 针对新技术的使用，删除“半定量分析”(见 1996 年版的 7.3.2)中标准对比法的半定量方法内容，修改为“使用仪器自带的半定量分析软件或自行编制扫描程序进行半定量分析”(见 8.5)；
- 增加了“不确定度的评定”(见 8.7)，规定了不确定度评定的一般方法；
- 修改目次“分析结果的表述”(见 1996 年版的第 8 章)为“结果报告”(见第 9 章)，并对其中“定性分析结果”、“定量和半定量分析结果”内容进行了修改，增加了基本信息内容；
- 修改了“安全注意事项”(见第 10 章, 1996 年版的第 9 章)。

本标准由中华人民共和国教育部提出。

本标准由全国教育装备标准化技术委员会化学分技术委员会(SAC/TC 125/SC 5)归口。

本标准起草单位：华南理工大学、北京化工大学、西南科技大学、山东理工大学、武汉大学。

本标准主要起草人：曾小平、程斌、刘海峰、王志国、张勋高。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- JY/T 016—1996。



# 波长色散 X 射线荧光光谱分析方法通则

## 1 范围

本标准规定了波长色散 X 射线荧光光谱分析方法的分析方法原理、试剂和材料、仪器和制样设备、样品制备、分析测试、结果报告和安全注意事项。

本标准适用于波长色散型 X 射线荧光光谱仪对样品中<sup>4</sup>Be~<sup>92</sup>U 之间质量分数为  $\mu\text{g/g}$ ~100% 范围的所有元素进行定性、定量分析。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 16597—2019 冶金产品分析方法 X 射线荧光光谱法通则

GB 18871—2002 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

JIS K0119:2008 荧光 X 射线分析通则

## 3 术语和定义

GB/T 16597—2019、JIS K0119:2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**X 射线荧光 X-ray fluorescence**

物质受初级 X 射线或  $\gamma$  射线等照射,受激产生的次级特征 X 射线。

[JIS K0119:2008,定义 3.1]

### 3.2

**波长色散 wavelength dispersion**

利用色散元件将 X 射线束按其波长在空间展开。

### 3.3

**分光晶体 analyzing crystal**

将 X 射线束进行波长色散的元件,又称为晶体分光器或单色器。

### 3.4

**$\theta$  角 angle  $\theta$**

布拉格衍射角,即入射线与晶体衍射面之间的夹角。

### 3.5

**$2\theta$  角 angle  $2\theta$**

衍射线与非偏转入射线之间的夹角。

### 3.6

**分析线 analytical lines**

选作定性、定量分析的特征谱线。一般选择强度大、干扰少、背景低的特征谱线作为定量分析的分

析线。

[GB/T 16597—2019, 定义 3.4]

3.7

**X 射线强度 X-ray intensity**

单位时间内探测器接收到的 X 射线的光子数,单位用 cps 或 kcps 表示。

3.8

**净强度 net intensity**

分析线强度除去叠加背底后的强度。

3.9

**能量分辨率 energy resolution**

脉冲高度分布的半高宽与平均脉冲高度之比,用百分数表示。

[GB/T 16597—2019, 定义 3.1]

3.10

**基体 matrix**

多元素样品的 X 射线荧光光谱分析中,分析元素谱线强度受其他元素影响,这些其他元素的总和称为分析元素的基体。多元素样品中,元素之间互为基体。

3.11

**基体效应 matrix effect**

指基体的化学组成和物理-化学状态对分析元素荧光 X 射线强度的影响,主要表现为吸收-增强效应、颗粒度效应、表面光洁度效应、化学状态效应等。

[GB/T 16597—2019, 定义 3.7]

3.12

**标准样品 reference samples**

用于绘制校准曲线或进行校正的一套已知组成和含量的样品。标准样品可以是有证国家标准物质,或是可靠方法赋值的与被测样品组成相近的物质。

3.13

**漂移校正 drift correction**

用监控样品校正仪器 X 射线荧光强度到初次测量值的过程。

3.14

**监控样品 monitor samples**

用于漂移校正时对仪器计数率进行补偿测试的样品。

3.15

**漂移校正因子 drift correction coefficients**

监控样品测量计数率与建立校准曲线时首次测量计数率的比值。

3.16

**基本参数法 fundamental parameter method**

以初级 X 射线的光谱分布、质量吸收系数、荧光产额、吸收突变比、仪器几何因子等基本参数计算出纯元素分析线的理论强度,将测量强度代入基本参数法数学模型中,用迭代法计算至达到所要求的精度,得到分析元素含量的理论计算方法。

[GB/T 16597—2019, 定义 3.9]

3.17

**理论  $\alpha$  系数法 theoretical  $\alpha$  coefficient method**

在直接利用基本参数方程的基础上,选取特定浓度范围的设定标准样品,由二元或三元体系,应用一



定的模型计算理论校正系数的方法。

### 3.18

#### 经验系数法 empirical coefficient method

用经验的数学校正公式,依靠一系列标准试料以实验方法确定某种共存元素对分析线的吸收-增强影响系数和重叠干扰系数而加以校正的方法。

[GB/T 16597—2019,定义 3.8]

### 3.19

#### 内标法 internal standard method

利用待测元素与加入样品中内标元素特征谱线强度之比或利用待测元素分析线强度与散射线强度之比制取校准曲线,以求得样品中待测元素含量的方法。

### 3.20

#### 标准加入法 standard addition method

在样品内加入已知含量的待测元素,通过比较加入前后 X 射线荧光强度来求得待测元素浓度的方法。

### 3.21

#### 探测器 detector

将 X 射线光信号转换成电脉冲信号的装置,用于记录 X 射线的强度。

### 3.22

#### 准直器 collimator

波长色散型 X 射线荧光光谱仪中截取 X 射线,使其中近于平行的射线进入分光晶体或探测器的装置,它由间隔平行的金属箔片组成。准直器又叫 Soller 狭缝。分光晶体前的准直器,称为初级准直器。分光晶体与探测器之间的准直器,称为次级准直器。

### 3.23

#### 顺序型 X 射线荧光光谱仪 sequential X-ray fluorescence spectrometer

一种单通道、扫描型、晶体色散型 X 射线荧光光谱仪。

### 3.24

#### 同时型 X 射线荧光光谱仪 simultaneous X-ray fluorescence spectrometer

又称多通道(multichannel)X 射线荧光光谱仪。它基本上相当于一系列单通道仪器的组合,每一个通道都有自己的晶体、准直器和探测器。这些通道环绕一个共用的 X 射线管(端窗型)和样品,呈辐射状排列。每一个探测器都有单独的放大器、脉高分析器、计数器和定标器。测量通道基本上是固定的,被设定在指定的  $2\theta$  角度分析线上。但有些谱仪也配有 1~2 个扫描通道。

## 4 分析方法原理

一种元素的特征 X 射线,是由该元素原子内层电子跃迁而产生的。当某元素的原子内层轨道电子被逐出,而较外层轨道电子通过辐射跃迁至这一空位时,便产生该元素的特征 X 射线。该特征 X 射线是由一系列表示发射元素特征的、不连续的独立谱线波所组成。因此,其波长是该种元素的属性,是定性分析的基础。特征谱线的强度与该元素的含量有关,是定量分析的基础。

X 射线荧光光谱法,即 X 射线发射光谱法,是一种非破坏性的仪器分析方法。利用 X 射线管(激发源)发射的一次(初级)X 射线照射样品,激发其中每一个化学元素,使它们各自辐射出二次谱线(特征 X 射线)。这种二次射线,又称荧光 X 射线。这些射线被准直器准直后,到达分光晶体的表面,按照布拉格定律( $n\lambda = 2d \sin\theta$ )发生衍射,使二次线束色散成按波长顺序排列的光谱。不同波长的谱线由探测器在不同的衍射角度( $2\theta$ )上接收,并由计数器等部件读出和记录。根据各待测元素的特征 X 射线波长即可进

行定性分析,根据谱线的强度进行定量分析。

## 5 试剂和材料

### 5.1 试剂

#### 5.1.1 熔剂

四硼酸锂( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )、偏硼酸锂( $\text{LiBO}_2$ )、四硼酸锂( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ )与偏硼酸锂( $\text{LiBO}_2$ )的混合熔剂等。

#### 5.1.2 氧化剂

硝酸锂( $\text{LiNO}_3$ )、硝酸铵( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )等。

#### 5.1.3 脱模剂

溴化锂( $\text{LiBr}$ )、碘化铵( $\text{NH}_4\text{I}$ )、碘化锂( $\text{LiI}$ )、氟化锂( $\text{LiF}$ )等。

#### 5.1.4 助磨剂

纤维素、硬脂酸、乙醇、正乙烷、乙二醇、三乙醇胺等。

#### 5.1.5 粘结剂

甲基纤维素、微晶纤维素、硼酸、石蜡、淀粉、低压聚乙烯、硬脂酸、聚乙烯醇、聚苯乙烯等。

#### 5.1.6 稀释剂

锂、钠的硼酸盐或碳酸盐、碳粉、石英粉及有机化合物如淀粉、聚苯乙烯、甲基或乙基纤维素等。

#### 5.1.7 试剂纯度

5.1.1~5.1.6 所述试剂均为分析纯或以上。

## 5.2 材料

### 5.2.1 熔融坩埚与熔融成型模具

选用铂黄金(95%Pt+5%Au)材质的坩埚与模具。坩埚与模具的内表面应保持光洁,成型模具内底面平整。

### 5.2.2 样品环

塑料环、铝环或铝杯、钢环等。

### 5.2.3 样品盒与薄膜

用于放置液体、粉末或小型样品,薄膜可选用聚酯、聚丙烯、聚酰亚胺等材质。

### 5.2.4 滤纸或滤膜

用于液体或气体中分散颗粒物等的分析。

### 5.2.5 P10 气体

氩气(Ar)和甲烷( $\text{CH}_4$ )的混合气体,其中 Ar 占 90%、 $\text{CH}_4$  占 10%,纯度大于 99.9%,用作流气式正

比探测器中 X 射线的探测气体。

#### 5.2.6 氦气/氮气

在分析液体或粉末样时用作样品室和光谱室气氛,纯度大于 99.9%。

### 6 仪器和制样设备

#### 6.1 仪器类型

波长色散型 X 射线荧光光谱仪主要分为顺序型(扫描型)、同时型(多通道)两种类型。

#### 6.2 仪器组成

##### 6.2.1 X 射线发生系统

X 射线发生系统由 X 射线管、高压发生器及冷却部分组成,其作用是发射出稳定的、有足够能量和强度的初级 X 射线。

##### 6.2.2 X 射线分光系统

6.2.2.1 X 射线分光系统由准直器、分光晶体、晶体转换器、定位装置、样品室和换气系统组成。

6.2.2.2 样品受初级 X 射线激发后发射的次级 X 射线经初级准直器准直后,再经分光晶体衍射形成不同波长顺序排列的 X 射线荧光光谱。

6.2.2.3 换气系统包括真空系统、氦气/氮气系统,并有稳定的维持其压力的装置,其作用是减少大气对长波 X 射线的吸收。

##### 6.2.3 测量和记录系统

6.2.3.1 测量和记录系统包括次级准直器、探测器、脉冲信号放大器、脉高分析器、定标器等组成。

6.2.3.2 探测器在不同的  $2\theta$  角度上对荧光光谱进行探测,将 X 射线光信号转换成电脉冲输出。经脉高分析器分离出来的脉冲,由定标器输出。

6.2.3.3 常用的探测器有三种:流气式正比计数器、封闭式正比计数器、闪烁计数器。应用时根据被测元素波长、能量范围和仪器配置选择相应探测器。

##### 6.2.4 操控和数据处理系统

操控和数据处理系统包括仪器控制中心处理单元和计算机及其软件,用于仪器操控和数据处理。

#### 6.3 制样设备

##### 6.3.1 研磨设备

研磨设备包括粉碎机、球磨机、研钵等。根据样品的硬度和可能带入杂质的影响而选择不同的研磨设备及附件。

##### 6.3.2 压片机

压片机可选用手动、半自动或自动型压片机。

##### 6.3.3 熔样机

熔样机可选用电加热型、高频加热型或燃气型专用玻璃体熔样机,也可选择一般的马弗炉。

#### 6.3.4 表面加工设备

表面加工设备可选用车床、铣床、砂带或砂纸抛光机、砂轮、锉刀等，主要用于金属样品的表面加工。

#### 6.3.5 超声波清洗仪

用于清洗铂黄金坩埚、模具等。

#### 6.3.6 分析天平

感量不大于 0.1 mg。

#### 6.4 环境条件

环境温度、相对湿度、电源电压遵照仪器安装与使用要求。

#### 6.5 仪器性能

按照波长色散型 X 射线荧光光谱仪检定规程或校准规范进行检定或校准，并符合相应检测要求。

#### 6.6 检定或校准

仪器在投入使用前，应采用检定或校准等方式，对检测分析结果的准确性或有效性有显著影响的设备，包括用于测量环境条件等辅助测量设备有计划地实施检定或校准，以确认其是否满足检测分析的要求。检定或校准应按有关检定规程、校准规范或校准方法进行。

### 7 样品制备

#### 7.1 固体制样法

7.1.1 对于金属、合金、铸铁、镀层、矿石、玻璃、塑料、橡胶等块状样品，进行切割和表面处理使其测量面达到测量要求。

7.1.2 对于其他如丝、棒、片等各种材料的小型样品，可进行拼接、粉碎、熔融、镶嵌或转化成溶液等处理。

7.1.3 对于宝玉石、贵金属饰品等不宜进行加工处理的样品，可置于合适的容器中进行测量。

#### 7.2 粉末制样法

7.2.1 对于颗粒、粉末以及组成不均匀的块状样品，应预先进行粉碎、研磨、干燥使其达到测量要求。必要时可适量添加助磨剂或粘结剂等。

7.2.2 处理后的样品，可选择合适的模具及材料（塑料环、铝环、钢环等），用压片机压制成片，得到表面平整的样品。

7.2.3 为降低或消除颗粒及矿物效应的影响，可采用四硼酸锂、偏硼酸锂等作为熔剂将样品制备成玻璃体熔片，依据样品情况可适量添加助熔剂和脱模剂。必要时再对玻璃体熔片粉碎加压成型。

7.2.4 气体中分散颗粒物等物质可用特殊的滤膜吸附、收集，对于不宜压片和熔融处理的粉末样品也可直接装入液体样品盒内进行测量。

#### 7.3 液体制样法

液体样品可直接装入液体样品盒内进行测量，应避免样品挥发、产生气泡及沉淀。对于元素含量低、直接分析困难的液体样品，可滴加在滤纸、薄膜等基片上待干燥后放在仪器内进行测量。

## 8 分析测试

### 8.1 开机

按照仪器操作说明书规定的开机程序进行。

### 8.2 测量前的准备

测量前检查室内环境和仪器状态面板上各种显示值是否处于正常状态,包括 P10 气和氦气的气流量、机内温度、室内温度和湿度、内外循环水流量、内循环水电导率等。

### 8.3 定性分析

#### 8.3.1 编制扫描程序

按照需要测量样品中是否存在某个指定元素或对未知样品中全元素进行定性分析的要求,确定测量条件(X 射线管电压和电流、分光晶体、光路介质、滤光片、准直器、探测器)和扫描条件( $2\theta$  角度、速度、步长等),编制扫描程序。对带有定性半定量分析程序软件的仪器,无需再编制扫描程序。

#### 8.3.2 扫描谱图

对制备好的样品进行扫描,并获得谱线强度与  $2\theta$  角度扫描图。

#### 8.3.3 谱图分析

根据谱线峰值处的  $2\theta$  角度值,在 X 射线光谱表上,查出样品中所含元素。再根据各谱线强度,分析样品中存在的主量、次量和微量元素。分析步骤参考图 1。

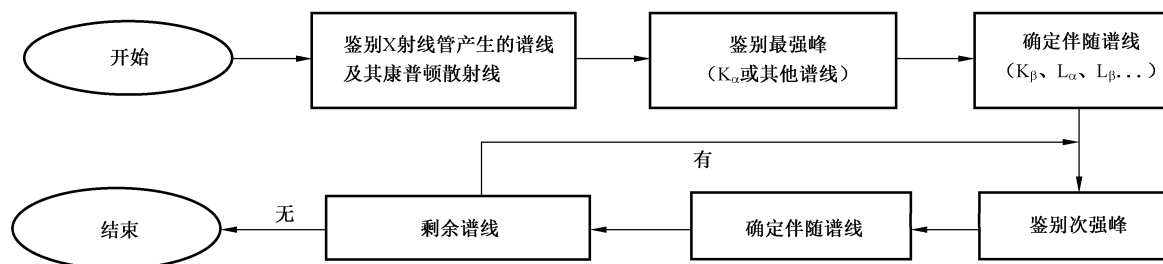


图 1 定性分析流程图

### 8.4 定量分析

#### 8.4.1 建立分析程序

##### 8.4.1.1 制备样品

在测试前需制备样品,包含内容如下:

- 准备好样品制备所需的试剂和材料(见 5“试剂和材料”);
- 根据样品的化学组成、物理形态、表面结构及对分析精度的要求,决定采用何种制样方法;
- 样品与标准样品的制备条件应相同,标准样品浓度范围需覆盖待测样品的范围。

##### 8.4.1.2 选择和设定测量条件

需要选择和设定的测量条件有:X 射线管的电压与电流、分光晶体、滤光片、样品杯和准直器面罩、分

析线、准直器、探测器、峰位及背景、计数时间、脉冲高度分布的基线和窗宽等。

### 8.4.2 建立漂移校正程序

8.4.2.1 在标准样品测量前,按照 8.4.1.2 的条件,用监控样品建立仪器的漂移校正程序,校正仪器 X 射线强度的漂移。如果只做一次定量分析,可以不建立漂移校正程序。

8.4.2.2 测量监控样品,获得第一次测量值。以后每次测量值与第一次测量值进行比较,求出当次的漂移校正因子,以使未知样测量时,补偿到初始测量标准样品时的强度水平。

8.4.2.3 监控样品在使用期间应保持稳定,每种元素的含量应达到测量条件计数统计误差的设定要求。

### 8.4.3 制作校准曲线

建立一组标准样品浓度文件,对样品进行测量获得各元素的分析线谱峰强度,绘制其强度与浓度的回归分析曲线。样品中存在的基体效应可通过经验系数法、理论  $\alpha$  系数法、基本参数法等数学校正法进行校正。当存在分析谱线重叠时,为获得谱线的净强度,可通过解谱或拟合来消除干扰,或用比例法计算干扰系数,扣除干扰。校正模式见公式(1)。

$$C_i = D_i + E_i R_i (1 + M_i) - \sum L_{ij} C_j \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$C_i$  ——校准曲线的浓度;

$C_j$  ——干扰元素  $j$  的含量;

$D_i$  ——校准曲线的截距;

$E_i$  ——校准曲线的斜率;

$R_i$  ——谱线强度;

$L_{ij}$  ——干扰元素  $j$  对分析元素  $i$  的谱线重叠校正系数;

$M_i$  ——基体效应校正项。

注:经过基体校正,标准样品中某一分析元素的含量  $C$ ,就可从 X 射线的强度  $R$ ,转换得到,制得的校准曲线即可存在计算机中备用。



### 8.4.4 样品分析

8.4.4.1 每次样品测量前先测量监控样品,进行仪器漂移校正。检查校准曲线漂移情况,当漂移校正因子大于 1.3 或小于 0.7 时(强度最大漂移  $\pm 30\%$ ),应重新制定校准曲线。

8.4.4.2 将制备好的样品,装入样品杯并送入样品室,在与校准曲线制作时相同的工作条件下进行测量。

8.4.4.3 测量完毕,计算机进行数据处理,打印出分析结果。

注:除上述常用的校准曲线法外,为了有效地降低和消除基体效应的影响,还可采用内标法、标准加入法等方法进行定量分析。

### 8.5 半定量分析

使用仪器自带的半定量分析软件或自行编制扫描程序进行半定量分析。在进行数据处理时应关注所用熔剂、粘接剂的种类和稀释比、已知浓度组分(如  $Li_2O$ 、 $B_2O_3$ 、烧失量等其他分析手段测得的浓度)和样品厚度以及是否使用支撑膜和氦气系统,是否将浓度总和归一化等。

### 8.6 关机

仪器在维护、检修等特殊情况下才按照仪器操作规程整机停机,平时应处在测量等待状态。为了延长 X 射线管及 X 射线管冷却部分的使用寿命,在测量结束后,应降低电压电流至 20 kV、10 mA 或仪器

厂家指导的电压电流状态。

## 8.7 不确定度的评定

需要时,进行方法的不确定度评定。引起 X 射线荧光光谱定量分析方法不确定度的因素主要有取样、样品处理、强度测量、数据处理过程以及标准样品的不确定度等。找出影响因素后按 JJF 1059.1 中的评定方法和原则进行分析结果测量不确定度的必要评定与表示。

## 9 结果报告

### 9.1 基本信息

结果报告中可包括:委托单位信息、样品信息、仪器设备信息、环境条件、制样方法、检测方法(依据标准)、检测结果、检测人、校核人、批准人、检测日期等。必要和可行时可给出定量分析方法和结果的评价信息。

### 9.2 分析结果的表述

#### 9.2.1 定性分析结果

将样品中各检出元素依次列在分析报告中,必要时附上 X 射线谱线强度和  $2\theta$  角度扫描图。

#### 9.2.2 定量分析和半定量分析结果

9.2.2.1 样品为固体时,分析结果以质量分数( $w$ )表示;样品为液体时,分析结果以质量浓度( $\rho$ )表示;单位为国家法定计量单位。

9.2.2.2 测量数值按照 GB/T 8170 的修约规则修约。

9.2.2.3 定量分析结果,对于质量分数大于或等于 0.1% 的元素,精确至小数点后 2 位;对于质量分数小于 0.1% 的元素,保留 2 位有效数字。质量浓度的分析结果参照质量分数方法。

9.2.2.4 半定量分析结果,应注明结果为半定量分析所得。

9.2.2.5 需要时,对定量分析结果给出扩展不确定度、包含因子及相应的置信概率。

## 10 安全注意事项

### 10.1 辐射安全

X 射线荧光光谱仪为射线装置,X 射线是一种电离辐射,会危害人体健康,在仪器显著位置应贴有辐射警告标志。使用该设备的人员应进行上机前安全培训,定期进行被照射剂量的测试,并按放射工作的有关安全条例定期进行身体健康检查。使用 X 射线荧光光谱仪时应遵守相关法律法规及使用单位的相关制度和仪器供应商的申明,而且测量时应严格执行 GB 18871—2002 中有关环境与个人的安全防护规定。

### 10.2 用电安全

应遵守大功率实验设备安全用电规范。为防止 X 射线管高压发生器的电击,仪器的接地电阻应小于  $10\ \Omega$  或遵从仪器制造商规定,并接触良好。

### 10.3 样品安全

测量前应对样品的性质有所了解,样品可能有毒、腐蚀性,在处理样品前需详细了解,并做好个人防

JY/T 0569—2020

护。同时避免磁性、酸性、腐蚀性样品直接上机测试,对仪器造成损害。

注:本标准未提出使用此标准过程中会碰到的所有安全问题,使用人有责任在使用本标准前,作好一切必要的安全准备。

