

ICS 17.040.30

CCS F 80

T/BUSRMRA

T/BUSRMRA 002—2024

便携式高纯锗 γ 谱仪

Portable High-Purity Germanium γ spectrometer

(发布稿)

2024 - 01 - 25 发布

2024 - 01 - 25 实施

北京无人系统辐射监测研究会 发 布

目次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 谱仪概述 2

5 技术要求 2

 5.1 外观与结构 2

 5.2 功能 2

 5.3 性能 3

 5.4 电气安全 5

 5.5 环境适应性 5

 5.6 电磁兼容 7

6 试验方法 7

 6.1 试验的一般规定 7

 6.2 外观与结构 8

 6.3 功能 8

 6.4 性能 9

 6.5 电气安全 11

 6.6 环境适应性试验 12

 6.7 电磁兼容 12

7 质量控制与检验规则 12

 7.1 质量控制 12

 7.2 检验分类 13

 7.3 出厂检验 13

 7.4 型式检验 13

8 标志、随行文件、运输及贮存 14

 8.1 标志 14

 8.2 随行文件 14

8.3 运输	14
8.4 贮存	14
参 考 文 献	15

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。

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。

本文件由北京市辐射安全研究会（BSRS）提出并归口

本文件起草单位：同方威视技术股份有限公司，清华大学。

本文件主要起草人：李玉兰、李元景、吴涛、赵崑、何力、付逸冬、张智、宫辉、吴瑶、黄训旺、位红燕、张彤、张红、于海军、潘洪伟、李秀霞、胡春煊。

便携式高纯锗 γ 谱仪

1 范围

本文件规定了便携式高纯锗 γ 谱仪的技术要求、试验方法、质量控制与检验规则、标志、随行文件、运输及贮存。

本文件适用于目前市场上广泛使用的具有P型同轴型半导体探测器（以下简称“同轴型”）的便携式高纯锗 γ 谱仪（以下简称“谱仪”）。

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 191 包装储运图示标志

GB/T 2423.56 环境试验 第2部分：试验方法 试验Fh：宽带随机振动和导则

GB/T 2900.66—2004 电工术语 半导体器件和集成电路

GB/T 2900.97—2016 电工术语 核仪器 物理现象、基本概念、仪器、系统、设备和探测器

GB/T 4208 外壳防护等级（IP代码）

GB 4793.1 测量、控制和实验室用电气设备的安全要求 第1部分：通用要求

GB/T 4960.6—2008 核科学技术术语 核仪器仪表

GB/T 7167 锗 γ 射线探测器测试方法

GB/T 8993—1998 核仪器环境条件与试验方法

GB/T 13306 标牌

GB/T 17626.2 电磁兼容 测量技术 静电放电抗扰度试验

GB/T 17626.3 电磁兼容 试验和测量技术 射频电磁场辐射抗扰度试验

GB/T 17626.8 电磁兼容 试验和测量技术 工频磁场抗扰度试验

GB 17799.4 电磁兼容 通用标准 工业环境中的发射

GB/T 34138—2017 辐射防护仪器 环境、电磁和机械性能要求

JJF 1850—2020 锗 γ 射线谱仪校准规范

3 术语和定义

GB/T 2900.66—2004、GB/T 2900.97—2016、GB/T 4960.6—2008和JJF 1850—2020界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

高纯锗 high-purity germanium ; HPGe

在室温下，电活性杂质净浓度稳定且典型值小于 $3 \times 10^{10} \text{ cm}^{-3}$ 的锗单晶。

3.2

半高宽 (FWHM) full width at half maximum (FWHM)

在单峰构成的分布曲线上，峰值一半处曲线上两点的横坐标间的距离。

注：如果曲线包含几个峰，则每个峰都有一个半高宽。另外，由此术语还可以扩展定义1/10高度（FW0.1M），1/50高度（FW0.02M）等。

[来源：GB/T 4960.6—2008，3.2.27]

3.3

全能峰相对探测效率 relative full-energy peak efficiency

在源-探测器距离为25 cm时，锗 γ 射线探测器与NaI(Tl)闪烁晶体（直径7.62 cm，高度7.62 cm）探测器对 ^{60}Co 点源1 332.5 keV射线的全能峰效率之比。

[来源：JJF 1850—2020，3.1.3]

3.4

（辐射谱仪的）能量分辨力 energy resolution (of a radiation spectrometer)

辐射谱仪能分辨的两个粒子能量之间的最小差值。

注：对于高纯锗 γ 谱仪，能量分辨力一般用半高宽（FWHM）表示。

[来源：GB/T 4960.6—2008，3.2.26，有修改]

3.5

峰康比 peak-to-Compton ratio

在单能 γ 辐射的脉冲高度谱上，全能吸收峰的峰位道计数与康普顿连续谱的康普顿端的道计数之比。

[来源：GB/T 4960.6—2008，3.2.44]

4 谱仪概述

便携式谱仪是指方便直接携带到现场使用的谱仪，主要用于能谱采集、核素识别和活度测量等。探测器、多道分析器、制冷单元等部件均集于一体。其中，制冷单元根据不同的制冷方式，可分为电制冷和液氮制冷。

便携式谱仪可单独使用，也可配合小推车、小尺寸屏蔽装置使用。

5 技术要求

5.1 外观与结构

5.1.1 外观

谱仪外观应完好无损，型号、编号等信息清晰可辨。

5.1.2 结构

谱仪的探测器、多道分析器、制冷单元等部件应集于一体。

5.1.3 外壳防护等级

谱仪外壳防护等级应不低于 GB/T 4208 中 IP 53 的要求。

5.2 功能

5.2.1 谱图采集

谱仪应能采集谱图。

5.2.2 能量刻度

谱仪应能进行能量刻度，并显示能量刻度拟合曲线。

5.2.3 效率刻度

谱仪应能进行效率刻度，并显示效率刻度拟合曲线。

5.2.4 核素识别

谱仪应有核素识别功能，识别结果应包含核素名称、分类、置信度等信息。

5.2.5 活度测量

谱仪应能在放射源效率刻度或者无源效率刻度后，进行各类样品的就地活度测量。

5.2.6 工作模式

谱仪应包括普通用户和专家用户两种工作模式。

普通用户模式应有基本操作功能，专家用户模式在普通用户模式权限基础上，应增加参数设置等权限。

5.2.7 参数设置

谱仪在专家用户模式下，可进行成形时间参数设置，如上升时间、平顶时间等。

5.2.8 通信接口

谱仪应有无线控制和传输能力，例如Wi-Fi，能实现另一个装置（如计算机）对其控制和数据交互。

5.2.9 探测器晶体温度监测及高压保护

谱仪应有探测器晶体温度监测功能，并能显示其状态。

探测器晶体温度高于温度阈值，谱仪未加载高压状态下，应能禁止加高压；谱仪加载高压状态下，应能自动缓降探测器高压直至关断高压。

5.2.10 电池更换

谱仪应支持双电池或多电池的热插拔，即在未接入市电、谱仪工作的状态下，拔出任意一块电池进行更换，不影响工作。

5.2.11 电池状态指示

谱仪应具备直接可见的电池电量等状态指示功能。

5.3 性能

5.3.1 相对探测效率、能量分辨力、峰康比、峰形参数

不同相对探测效率的探测器，谱仪的能量分辨力、峰康比、峰形参数应满足表1要求。

表 1 谱仪指标要求

序号	相对探测效率 %	电制冷谱仪 能量分辨力(FWHM) keV		液氮制冷谱仪 能量分辨力(FWHM) keV		峰康比	峰形参数	
		@122 keV	@1332.5 keV	@122 keV	@1332.5 keV		FW 0.1 M /FWHM	FW 0.02 M /FWHM
1	∈[10,15)	≤1.30	≤2.20	≤1.10	≤2.00	≥30:1	≤2.0	≤3.0
2	∈[15,20)	≤1.35	≤2.30	≤1.15	≤2.00	≥33:1	≤2.0	≤3.0
3	∈[20,25)	≤1.40	≤2.30	≤1.20	≤2.05	≥35:1	≤2.0	≤3.0
4	∈[25,30)	≤1.45	≤2.35	≤1.22	≤2.05	≥35:1	≤2.0	≤3.0
5	∈[30,35)	≤1.50	≤2.35	≤1.25	≤2.10	≥40:1	≤2.1	≤3.1
6	∈[35,40)	≤1.55	≤2.35	≤1.25	≤2.15	≥43:1	≤2.1	≤3.1
7	∈[40,45)	≤1.60	≤2.40	≤1.30	≤2.20	≥45:1	≤2.1	≤3.1
8	∈[45,50)	≤1.65	≤2.45	≤1.35	≤2.20	≥50:1	≤2.1	≤3.1
9	∈[50,55)	≤1.70	≤2.50	≤1.40	≤2.30	≥55:1	≤2.1	≤3.1

5.3.2 多道分析器总道数

多道分析器的总道数应不少于16 384道。

5.3.3 能量范围

谱仪能量范围低能应不高于40 keV；高能应不低于3 MeV，宜达到10 MeV。

5.3.4 能量非线性

在40keV~3MeV能量范围内，将 γ 射线能量与全能峰峰位进行二次项拟合，其非线性应不大于0.5%。

5.3.5 峰位稳定性

在标准试验条件下，且整个测试过程中温度变化不超过 2 ℃ 时，8 h 内 ^{60}Co 的 1 332.5 keV 全能峰的峰位漂移应不超过多道总道数的 0.025 %。

5.3.6 核素识别和响应时间

谱仪应能识别包括但不限于以下所列核素。

在受到放射性核素照射后的 1 min 内，谱仪应能给出识别结果，并按以下分类方式加以分类：

——核材料： ^{235}U 等；

——医用放射性核素： $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 、 ^{131}I 、 ^{18}F 等；

——工业用放射性核素： ^{57}Co 、 ^{241}Am 、 ^{133}Ba 、 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 、 ^{192}Ir 、 ^{152}Eu 等；

——天然存在的放射性核素： ^{40}K 、 ^{226}Ra 及其子体、 ^{232}Th 及其子体等。

5.3.7 工作准备时间

谱仪探测器晶体常温状态下，开始制冷到谱仪达到可正常工作状态的时间应不超过 14 h。

5.3.8 电池供电连续工作时间

标准试验条件下，使用电池供电，不更换电池的情况下，应能保证谱仪正常工作时间不低于 3 h。

5.3.9 液氮使用时间

用液氮制冷的谱仪，探测器达到目标温度并稳定后，自液氮充满时起，应能保证谱仪正常工作时间不低于 20 h。

5.4 电气安全

5.4.1 接地电阻

正常工作环境条件下，谱仪电源输入端接地端子与谱仪可触及导电零部件之间的阻抗应不大于 0.1 Ω。

5.4.2 介电强度

电气间隙和爬电距离的设计应满足 GB 4793.1 的要求。

谱仪电源输入端与谱仪可触及导电零部件之间应能承受交流有效值为 1.5 kV 介电强度试验，试验时应无击穿和飞弧现象产生。

5.4.3 接触电流

正常工作状态下，谱仪可触及零部件与参考试验地之间的电流不大于正弦波电流有效值0.5mA或直流 2 mA。

5.5 环境适应性

5.5.1 气候环境

谱仪气候环境适应性应满足表2的要求。

表 2 气候环境条件

序号	试验项目	环境条件	持续时间 h	试验程序	检测项目			试验过程中 谱仪状态	要求
					试验前检测	试验过程中检测	试验后检测		
1	低温工作	-25 ℃	4	GB/T 8993—1998 附录A	测试1)	测试1)	测试1)	正常工作状态	谱仪在试验前、试验过程中与试验后，连续进行10次核素识别测试，应正确识别至少9次
2	高温工作	50 ℃	4	GB/T 8993—1998 附录B	测试1)	测试1)	测试1)	正常工作状态	
3	恒定湿热	93 % (40 ℃)	48	GB/T 8993—1998 附录D	测试1)	测试1)	测试1)	正常工作状态	
4	低温贮存	-25 ℃	4	GB/T 8993—1998 附录A	测试1)	—	测试1)	不通电	谱仪在试验前与

									试验后，连续进行 10次核素识别测试，应正确识别至少9次。
5	高温 贮存	55 °C	4	GB/T 8993—1998 附录B	测试1)	—	测试1)	不通电	

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/895321303034011131>