

中华人民共和国国家标准

用半导体 γ 谱仪分析低比活度 γ 放射性样品的标准方法

GB 11713—89

Standard methods of analyzing
low specific gamma radioactivity
samples by semiconductor gamma spectrometers

1 主题内容与适用范围

1.1 本标准规定了使用高能量分辨能力的半导体 γ 射线能谱仪分析低比活度 γ 放射性核素的固态、液态或可以转化为这两种物态的均匀样品的常规方法。

1.2 本标准适用于分析活度大于谱仪的探测限 L_D [附录 A(补充件)], 并且各核素的 γ 特征谱线能够分辨开的样品。因此, 一般对样品只作诸如烘干、粉碎、搅匀等简单的物理处理, 而不作化学分离。当必须对样品作化学分离时, 其回收率等参数应按相应规程测定。

2 方法概要

2.1 本标准规定测量时采用高纯锗 (HPGe) 或锂漂移锗 [Ge(Li)] γ 射线探测器。在可能情况下, 应优先考虑前者。

2.2 本标准采用的典型仪器方框图如图 1 所示。在更低放射性活度下, 要采用灵敏度更好的 γ 谱仪装置, 如反符合屏蔽低本底 γ 谱仪、符合-反符合 γ 谱仪等。

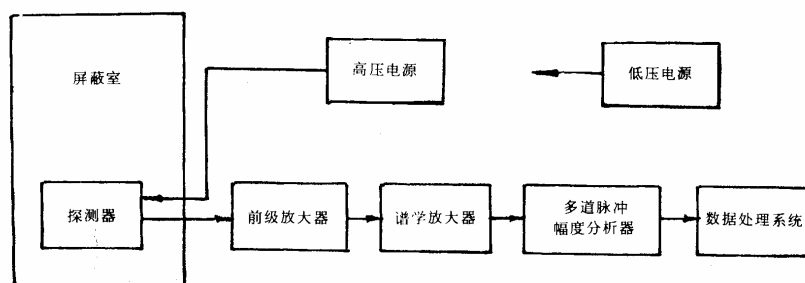
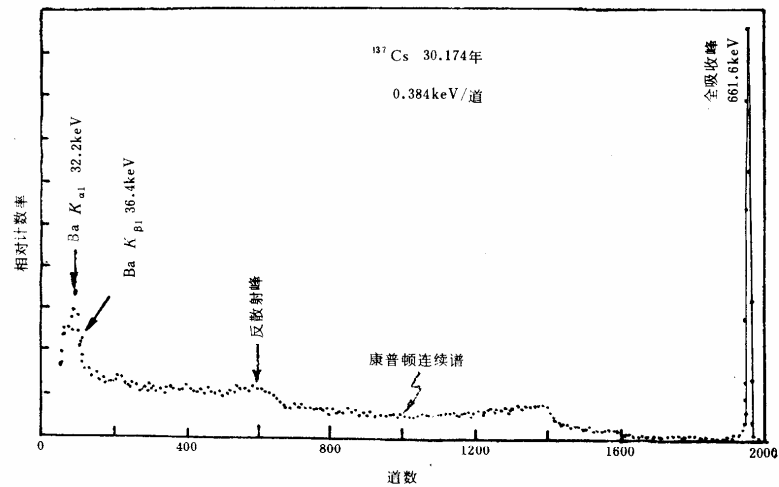


图 1 γ 能谱仪方框图

2.3 γ 能谱是 γ 射线的计数按能量的分布。图 2 是 ^{137}Cs 的典型 γ 能谱图。在 γ 能谱中, 全吸收峰 (也称全能峰或光电峰) 的道址和入射 γ 射线的能量成正比, 这是 γ 能谱定性应用的基础; 全吸收峰下的净峰面积和与探测器相互作用的该能量的 γ 射线数成正比, 这是 γ 能谱定量应用的基础。在全吸收峰净峰面积的分析中, 必须扣除康普顿连续谱及本底等的计数。在低活度 γ 放射性核素的样品分析中, 要尽可能抑制或压低康普顿连续谱和本底等的干扰。

中华人民共和国卫生部 1989-09-21 批准

1990-07-01 实施

图2 ^{137}Cs γ 能谱

3 术语、符号、代号

- 3.1 核素总探测效率 [$\epsilon_{t,n}(N)$] total detection efficiency for nuclide
对于给定的测量条件和核素,探测到的 γ 射线数与在同一时间间隔内辐射源中该核素的衰变总数的比值。
- 3.2 核素全吸收峰探测效率 [$\epsilon_{p,n}(E_\gamma)$] total absorption detection efficiency for nuclide
对于给定的测量条件以及该核素所发射的能量为 E_γ 的特征 γ 辐射,探测到的全吸收峰内的净计数与同一时间间隔内辐射源中该核素的衰变总数的比值。
- 3.3 γ 射线总探测效率 [$\epsilon_{t,\gamma}(E_\gamma)$] total detection efficiency for gamma-ray
对于给定的测量条件和 γ 射线能量,探测到的 γ 射线数与同一时间间隔内辐射源发射的该能量的 γ 射线总数的比值。
- 3.4 γ 射线全吸收峰探测效率 [$\epsilon_{p,\gamma}(E_\gamma)$] total absorption detection efficiency for gamma-ray
对于给定的测量条件和 γ 射线能量,探测到的全吸收峰内的净计数与同一时间间隔内辐射源发射的该能量的 γ 射线总数的比值。
- 3.5 本底 [$N_b(E_1 \sim E_a)$] background
除被测的辐射源外,其他因素,如宇宙射线、放射性污染、电磁干扰等在谱的 E_1 到 E_a 能量区间造成的计数。
- 3.6 基底 [$N_{b,c}(E_1 \sim E_a)$] bottom from background and Compton scattering
在所研究的能量为 $E_1 \sim E_a$ 谱段(道区)内,除所研究的事件的谱计数外,其他因素造成的干扰谱。
- 3.7 半宽度(FWHM) full width at half maximum
在仅由单峰构成的分布曲线上,峰值一半处两点的横坐标之间的距离。
- 3.8 能量分辨率[FWHM(E_γ)] energy resolution
探测器分辨入射粒子能量的能力。对指定能量的单能 γ 射线,相应的以能量为单位表示的全吸收峰半宽度的值。
- 3.9 峰干扰 peak disturbance

在 γ 谱中分析一个峰,其他 γ 辐射的全吸收峰或逃逸峰等与欲分析的峰接近到不能完全分开时,对峰面积分析形成的干扰。

3.10 康普顿散射干扰 disturbance from Compton scattering

辐射源发射多个能量的 γ 射线,其中较高能量 γ 射线的康普顿散射计数对较低能量 γ 射线的(全)能峰分析产生的干扰。

3.11 本底干扰 background disturbance

本底对待测物理量(如全吸收峰)的干扰。

3.12 密度差异干扰 disturbance from density difference

待测样品与刻度源间的密度差异(如超过10%)对待测物理量的干扰。

4 仪器设备

4.1 γ 能谱仪。图1是用于低水平放射性测量的常规半导体 γ 谱仪方框图。

4.1.1 半导体 γ 射线探测器。由于通常对样品不作化学分离,因此,在多数情况下,需要采用高能量分辨率的Ge半导体探测器。并且,应尽可能采用探测效率较高(灵敏体积较大)的探测器。现在广泛采用的半导体探测器,其对 ^{60}Co 的1332keV γ 射线的能量分辨率和相对探测效率分别介于1.7 keV ~ 2.4keV和15%~40%之间。

4.1.2 屏蔽室。探测器应置于(对于 ^{40}K 的1460 keV γ 射线)至少10 cm厚铅当量的金属制成的外辐射屏蔽室中。要求屏蔽室内壁距探测器灵敏体表面积的距离至少为13 cm。如果屏蔽室是由铅或铅衬里制成,并且内壁与探测器的距离小于25 cm时,在屏蔽室的内表面应有原子序数逐渐递减的多层内屏蔽。内衬由厚2~3 mm有机玻璃、0.4 mm的铜及1.6 mm的镉或锡组成。屏蔽室应有一个门或孔,以便放取样品。

4.1.2.1 探测器在50 keV~3 000 keV能区内应不含天然放射性核素以外的污染。并且,在屏蔽室内测得的天然本底计数率对 ^{60}Co 的1332 keV γ 射线的全吸收峰相对探测效率的比值应小于500计数/(分·相对效率)。

4.1.3 高压电源。根据所用探测器的最佳工作状态选择探测器高压。通常3 000 V~5 000 V高压电源是需要的。电源输出电压应从0 V连续可调,波纹电压应不大于0.01%,电流应不小于100 μA 。

4.1.4 谱学放大器。应具有波形调节并与前置放大器及多道脉冲幅度分析器匹配。

4.1.5 多道脉冲幅度分析器。多道分析器的道数不应少于4 096道。应根据能谱的复杂程度、 γ 射线能量分布范围及探测器的能量分辨率等选择多道分析器的道宽和道数。

4.1.6 建议采用的 γ 谱仪系统为同一厂家提供的产品,避免使用不同厂家的仪器组合。整个谱仪系统的稳定性,要求对 ^{60}Co 的1332 keV γ 射线的全吸收峰置于4 000道附近时,24 h内峰位漂移不超过2道。

4.1.7 数据处理系统。它接收多道分析器的谱数据并对其进行处理。数据处理系统由计算机硬软件设备构成。

4.1.7.1 数据处理系统硬件设备主要包括(微型)计算机及配套的读出读入装置。读出读入装置基本上应包括X-Y绘图仪、数字打印机、硬软磁盘机、磁带记录仪和纸带穿孔机等。这些设备应视工作需要进行选择。

4.1.7.2 数据处理系统软件设备首先应包括解析 γ 谱的各种常规程序,诸如能量刻度、效率刻度、谱光滑、寻峰、峰面积计算和重峰分析等基本程序。此外,需根据测量实践需要,不断编制一些应用程序。

4.2 样品容器。应该采用低放射性材料制成的容器,如聚乙烯、有机玻璃、不锈钢等。应根据测量对象的特点,采用不同的容器形状,如圆盘状、圆柱状及阱型状等。如果可能,应优先考虑阱形状样品容器。

4.3 样品托盘。当样品是非粉末状固体时,为防止样品污染探测器,测试样品时仍须置于样品托盘中。

4.4 吸收体。对于低比活度测量,样品量一般都比较大,用以吸收韧致辐射的吸收体通常不是必需的。