



中华人民共和国国家标准

GB/T 24247—2009

测定放射性核素用电离室系统的 校准和使用

Calibration and usage of ionization chamber systems for assay of radionuclides

(IEC 61145:1992, MOD)

2009-06-19 发布

2010-02-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

前 言

本标准修改采用 IEC 61145:1992《测定放射性核素用电离室系统的校准和使用》(英文版)。

本标准与 IEC 61145:1992 相比存在如下差异:

- 修改“准确度”定义,指标由 10% 改为 6%,并按测量误差的公式进行计算(第 1 章,3.1 和 4.6.1);
- reproducible 翻译为“可重复的”,“重复性”由 5% 改为 2%,并增加按相对标准偏差计算的公式(第 1 章,4.6.2);
- 删去 IEC 61145 的前言和引言,将引言中关于“系统”的说明纳入第 1 章“范围”;
- 在“规范性引用文件”中用我国国家标准代替 IEC 61145 中引用的 IEC 标准(第 2 章);
- 在第 3 章“术语和定义”中,增加“测量的不确定度”(3.2)和“(测量结果的)重复性”(3.3),删去“应”和“宜”;
- 增加两个放射性核素源的典型代表¹³¹I、⁶⁰Co,扩大了标定的能量范围(4.3.3);
- 第 5 章的标题由“误差来源”改为“不确定度分量”,并增加仪器的“固有误差”和“重复性”两个分量;
- 第 6 章标题“提示”改为“产生测量差异的主要因素”。

本标准由中国核工业集团公司提出。

本标准由全国核仪器仪表标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:深圳市计量质量检测研究院、核工业标准化研究所。

本标准主要起草人:周迎春、李名兆、熊正隆、肖晨、严陈昌、钱晓艳。

测定放射性核素用电离室系统的校准和使用

1 范围

本标准规定了使用现行可得到的各种电离室确定放射性核素活度的定量技术。

本标准的应用限于包含井型电离室作探测器的仪器,它是一个复合系统,包括电离室以及与其总体连接的、将电离室电流变换为以活度为单位读出的合适电路。

本标准为得到准确度不超过 $\pm 6\%$ 而重复性不大于 2% (通常对大于 3.7×10^6 Bq($100 \mu\text{Ci}$)的放射源)的测量提供方法。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 4960.6—2008 核科学技术术语 核仪器仪表

GB/T 4078—2008 放射性测量用样品托盘、瓶子和试管的尺寸

3 术语和定义

GB/T 4960.6—2008 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

测量的准确度 accuracy of measurement

测量结果与其约定真值之间的一致程度。

[GB/T 4960.6—2008 的 3.3.34]

注:本标准中的准确度采用相对误差表示,即测量结果与其约定真值之差再除以约定真值所得的商(用百分数表示)。

3.2

测量的不确定度 uncertainty of measurement

与测量结果有关的、标志被测量的值可能合理分布的分散程度的参数。

注:例如,不确定度可能是一个标准偏差(或其给定倍数),或是具有给定置信度的区间半宽。

[GB/T 4960.6—2008 的 3.3.35]

3.3

(测量结果的)重复性 repeatability (of results of measurements)

在同样的测量条件下,对同一被测物理量连续测量结果的一致程度。

[GB/T 4960.6—2008 的 3.3.38]

注:本标准中的重复性的计算采用相对标准偏差的计算公式。

3.4

活度 activity

A

dN 除以 dt 的商,这里 dN 是在时间间隔 dt 内自发核跃迁数的期望值,即 $A = dN/dt$ 。

3.5

校准 calibration

在整个指定不确定度内,确定测量系统的观测值与基于标准源的被测实际量之间数字关系的过程。

3.6

模拟源 simulated sources

模拟源通常包含单个或复合的长寿命放射性核素,利用光子或粒子发射选择它以模拟感兴趣的短寿命放射性核素。

3.7

标准源 standard sources

用于涉及下述所列标准源的通用术语:

a) 已鉴定的放射性标准源

由放射性测量国家标准实验室校准或鉴定的放射源。

b) 可溯源的放射性标准源

与已鉴定的放射性标准源比较或与另一个相同放射性核素的溯源放射源比较而校准的放射源。

4 程序

4.1 一般要求

仪器应按制造商的说明书安装和操作。

4.2 初始校准

仪器应按识别的已知活度和已确立纯度的放射性核素源进行初始校准。如 4.4 所描述,若切实可行,宜按每种感兴趣的放射性核素标准源进行校准。

4.2.1 几何条件

在校准程序中应考虑分析对源容器的几何配置和位置的依赖性(见 GB/T 4078—2008 第 5 章)。

在探测器井中校准小瓶的位置对这样的系统应是可重复的。应对所分析不同尺寸和形状容器中的放射性核素获取校正因子或进行新的校准。该校正因子可通过测量相同数量的、在不同几何条件容器中给定的放射性核素,并使用合适的载体溶液对体积进行必要的调整来确定。

由制造商提供的校正因子也宜按上面的描述进行检查。

4.2.2 活度范围

设备的校准宜尽可能完全覆盖将使用的活度范围。当本底与样品发射率相比较显著时,本底宜进行修正。

4.2.3 准确度和重复性

校准程序宜使已校准仪器所完成测量的准确度和重复性在 4.6 规定的极限范围内。

4.3 标准源

仪器的定期校准应使用标示放射性纯度和活度的标准源。如果源的校准时间超过半衰期的 2%,则宜从标准化时间开始对标准源的衰变予以修正。

4.3.1 源几何条件

为避免不必要的修正,在理想条件下,标准源的几何条件宜与被分析源的几何条件相同。

4.3.2 源活度范围

合适的活度范围宜满足使用要求。标准源的选择宜考虑被测定放射性核素活度的整个量程所要求的准确度。

4.3.3 源能量范围

所选择的标准源宜充分覆盖光子发射能量的范围。例如¹²⁵I(0.03 MeV)、⁵⁷Co(0.12 MeV)、¹³¹I(0.364 MeV)、¹³⁷Cs(0.66 MeV)、⁶⁰Co(1.25 MeV)等是使用放射性核素源的典型代表。

4.4 测定

在正确校准的仪器中,应使用合适的、预先校准的放射性核素设置或插件程序模块以测定放射性核素。对不能得到该设置或模块的放射性核素的活度,也可相对于同一放射性核素的标准源,使用产生足够高读数以给出复现结果的任何设置或模块进行准确测量。

4.5 性能试验

要求进行仪器性能的定期试验以保证测量的准确度。

4.5.1 参考源检查

应在使用仪器的每个工作日期间,使用长寿命参考源实施校准检查并予以记录。当每个样品读数超过其预期测定读数的 $\pm 10\%$ 时,应重复进行检查。要求至少两个可得到的参考源,例如带合适衰变修正的 $(3.7\sim 7.4)\times 10^6$ Bq($(100\sim 200)\mu\text{Ci}$)的 ^{137}Cs 和 $(40\sim 180)\times 10^6$ Bq($(1\sim 5)\text{mCi}$)的 ^{57}Co 。这些源可每天轮流使用以检查仪器在光子能量和源活度的整个量程内的性能。由于仪器虽已经校准但它所使用的标准源并不总能得到,使用参考源的检查适合于验证测量放射性核素仪器的稳定性。

4.5.2 非线性度检查

6.2 提供了一个方便的高活度量程线性度的检查方法。在不超过3个月的时间间隔应进行线性度检查并予以记录。

4.5.3 本底检查

在仪器使用期间的每个工作日应进行本底检查并予以记录。

4.5.4 校准的频度

每年、长期不使用或修理后,应使用至少两个覆盖感兴趣的能量和活度范围的标准源进行校准并予以记录。

4.6 准确度和重复性

这种仪器的准确度和重复性最低要求如下。

4.6.1 准确度

当以制造商推荐的源几何条件在活度高于 3.7×10^6 Bq($100\mu\text{Ci}$)使用时,仪器的测量准确度不应超过 $\pm 6\%$ 。活度水平低于 3.7×10^6 Bq($100\mu\text{Ci}$)的测量准确度可不在 $\pm 6\%$ 范围内,但宜对进行放射性核素测定的每个仪器确定其测量准确度。

准确度用测量相对误差 $e_r(\%)$ 表示,按公式(1)计算:

$$e_r = \frac{x-C}{C} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

x ——测量结果;

C ——被测量的约定真值。

4.6.2 重复性

与测量随机误差相关的重复性,在相同几何条件下,对活度高于 3.7×10^6 Bq($100\mu\text{Ci}$)的一系列连续10次测量的重复性不应大于2%(假设在要求的整个测量周期无衰变修正)。

重复性用相对标准偏差 $\nu(\%)$ 表示,按公式(2)计算:

$$\nu = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_1^n (x_i - \bar{x})^2} \times 100\% \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

x_i ——单次测量结果;

s —— n 次测量的标准偏差;

\bar{x} —— n 次测量的平均值;

i ——第 i 次测量;

n ——测量次数。

4.6.3 纠正措施

如果仪器不满足准确度和重复性要求,则应重新校准或进行修理并校准。如果仪器性能异常,则应进行修理并校准。

5 不确定度分量

用电离室测定放射性核素时,常见的不确定度分量如下:

- a) 标准源校准中的不确定度;
- b) 被测样品几何条件的变化(见 4.2.1);
- c) 辐射本底的变化(特别是对低活度测量);
- d) 放射性核素杂质的存在(见 6.3);
- e) 由于容器壁厚度或材料变化造成衰减的改变(见 6.4 和 6.5);
- f) 放射源中活度分布不均匀(见 6.6 和 6.7);
- g) 仪器的非线性度;
- h) 仪器的不稳定性;
- i) 仪器的固有误差;
- j) 仪器的重复性。

6 产生测量差异的主要因素

6.1 校准设置或标准源不可得到

当未提供预先放射性核素校准设置或插件程序模块,或不可得到标准源,而测定放射性核素时,用户应考虑所有 γ 射线和其他光子发射(包括韧致辐射)以及 β 粒子对从容器发射的辐射的贡献。了解电离室的能量响应也是必要的,特别是在衰变纲图中出现小于 150 keV 的能量。通常,对这样的测量宜咨询制造商。

6.2 非线性度

高活度水平的非线性度是这类仪器的特性,宜采取步骤预防该影响产生的误差。重要的是,在给定放射性核素拟使用的量程高端,对照其活度检查仪器。

6.2.1 非线性度确定

仪器非线性度的确定,首先测量可能使用最高活度的放射源的活度,然后再测量该源衰变到活度为仪器经过正确校正(必要时对本底修正)量程时的活度。为此目的,合适的放射性核素是^{99m}Tc。假设最后的测量结果是正确的,利用衰变修正较早的活度测量值,将计算值与实测值比较确定高活度条件下的非线性度。非线性偏差不宜超过 $\pm 5\%$ 。如果在上述给定活度水平探测到非线性偏差超过 $\pm 5\%$,则不宜信赖等于或高于此活度水平的测量,且仪器应作相应标记。如果高于此活度水平的准确测量是必要的而条件又是不可弥补的,则应建立每个放射性核素和几何条件的校正因子。

6.2.2 非线性度确定的替代方法

测量最高活度并记录读数,再将样品分成两部分分别测量(必要时,增加合适的稀释剂并修正体积的变化)。将总读数与原读数(衰变修正后)进行比较以确定非线性度。应按 6.2.1 处理超过 $\pm 5\%$ 的非线性影响。

6.3 放射性核素的杂质

放射性核素杂质的存在可引起大的测量误差,特别是在初始制备后几个半衰期内测量短寿命放射性核素期间。如果进行准确分析,相对杂质活度和响应的确定可能是必要的。

6.4 β 粒子发射体

当在这类仪器中测量发射 β 粒子的放射性核素时,容器是重要的因素。对相同放射性核素和活度

的放射源的测量随容器的组成成分(例如玻璃相对于塑料)和壁厚有很大的不同。这样的测量取决于对容器材料中 β 粒子减速所引起的韧致辐射的测量方法。可复现的测量取决于容器选择的一致性和仪器使用方法的一致性。

6.5 低能光子发射体

低能光子源(例如 ^{125}I)可导致不正确的测定,除非特别注意源容器的选择。容器的壁厚和电离室内壁的厚度对低能光子可产生明显衰减。溶液体积和容器成分的大范围变化,使溶液或容器中低能光子的吸收产生变化而导致错误的结果。

6.6 溶解的气态放射性核素

用户必须提防,放射性溶液测量中可能的误差来源,即部分放射性核素以气相(例如盐中的 ^{133}Xe)存在溶液中,导致该放射性溶液有不稳定趋势。测量结果将很大程度取决于在这种溶液中出现的放射性核素在气相与液相之间的分离程度。对可疑读数可用注射器穿过橡胶隔离膜从小瓶中排除液体的方法进行检查。液体排除后对小瓶的测量将提供存在的气体活度量的估算值。

6.7 盘外的放射性核素

在放射性核素测量中应注意,放射性核素趋向于附着在盘外的容器的壁上或盖上。这种现象由于几何条件的变化和内部吸收因子的变化可影响测量结果。在液体排除后对小瓶重复测量可获得用于确定其净活度或估算金属镀盘外份额的数据。

6.8 模拟源

模拟源通常作为检查源,但不推荐它用于活度校准。这种模拟源通常是一些被选用的长寿命放射性核素混合物,其光子发射谱近似被模拟的核素,它们产生的电离电流值不表示准确的校准数据。它们的组成部分可按不同速率衰变。

北京中科核安科技有限公司

中华人民共和国
国家标准
测定放射性核素用电离室系统
的校准和使用

GB/T 24247—2009

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 12 千字
2009年11月第一版 2009年11月第一次印刷

*

书号: 155066 · 1-39015 定价 16.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB/T 24247-2009