

中华人民共和国国家标准

GB 8997—88

α 、 β 表面污染测量仪与监测仪的校准

Calibration for alpha, beta surface contamination
meters and monitors

1988-04-12 发布

1988-12-01 实施



国家标准局 发布

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准

α 、 β 表面污染测量仪与监测仪的校准

GB 8997—88

*

中国标准出版社出版
(北京复外三里河)

中国标准出版社北京印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

版权专有 不得翻印

*

开本 880×1230 1/16 印张 3/4 字数 18 000

1989 年 2 月第一版 1989 年 2 月第一次印刷

印数 1—1 500

*

书号: 155066·1-6082 定价10.00 元

*

标 目 105—25

中华人民共和国国家标准

UDC 681.2

:621.039

GB 8997—88

 α 、 β 表面污染测量仪与监测仪的校准Calibration for alpha, beta surface contamination
meters and monitors

1 范围

本标准适用于辐射防护领域中使用的可携式或固定式 α 、 β 和 α - β 表面污染测量仪与监测仪(测量的 β 最大能量大于 0.15 MeV), 规定了对这类仪器的辐射特性进行定期或非定期校准的要求和方法。

2 术语

2.1 校准

确定仪器示值误差(必要时也包括确定其它计量性能)的全部工作。

2.2 调整

使仪器的准确度和其它性能达到规定要求的操作。

2.3 准确度

观测值与被测量的真值或约定真值的符合程度。

2.4 量的约定真值

满足规定准确度的用来代替真值使用的量值。通常, 它的数值由基准或标准确定, 或者由一台用基准或标准校准过的传递仪器确定。

2.5 变异系数

变异系数 V 是一组测量值 x_i 的单个测量值的标准差与其算术平均值 \bar{x} 的比值。计算公式如下:

$$V = \frac{S}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中: V —— 变异系数;

S —— 单次测量值的标准差;

x_i —— 第 i 个测量值 ($i = 1, 2, \dots, n$);

n —— 测量值的总个数;

\bar{x} —— n 个测量值的算术平均值。

2.6 表面活度响应

按照仪器技术说明书规定的几何条件, 仪器的指示值(用计数率表示并对本底进行修正)除以单位面积活度的约定真值, 并注明所用核素的名称。计算公式如下:

$$R = \frac{N - N_b}{A_s} \dots\dots\dots (2)$$

式中: R —— 表面活度响应, $s^{-1} \cdot Bq^{-1} \cdot cm^2 (s^{-1} \cdot \mu Ci^{-1} \cdot cm^2)$;

N ——仪器指示的平均计数率, s^{-1}

N_b ——平均本底计数率, s^{-1} ;

A_s ——标准平面源的单位面积活度, $Bq \cdot cm^{-2} (\mu Ci \cdot cm^{-2})$ 。

2.7 能量响应

仪器的表面活度响应与辐射能量的关系。

2.8 固有误差

在规定校准条件下, 仪器对某一参考核素源测得的单位面积活度值与该源单位面积活度的约定真值之差除以约定真值, 用百分数表示。

2.9 干扰辐射

除了仪器预定测量的辐射以外的其它致电离辐射。

2.10 检查源

用来检查仪器是否正常工作的放射源。

3 校准的项目及要求

校准前, 仪器必须通过接收检查。仪器的校准分为常规校准和专项校准。

常规校准项目包括: 变异系数的测量、表面活度响应的测定、固有误差的确定和报警阈值漂移的检验。

专项校准项目包括: 表面活度响应随源位置的变化、能量响应、干扰辐射的影响、过载特性、温度和湿度的影响。

校准完成之后(包括必要的调整), 仪器的技术指标必须达到 GB 5202—85, 《 α, β 和 $\alpha-\beta$ 表面污染测量仪和监测仪》的规定。

每次校准工作完成以后, 应该立即获取仪器对所附检查源的参考读数。在使用过程中, 仪器对检查源的读数与参考读数之差不得超过参考读数的 $\pm 20\%$ 。

4 校准方法

4.1 一般规定

4.1.1 参考条件和规定校准条件

参考条件和规定校准条件列于表 1。参考条件是规定仪器特性的限制条件。规定校准条件给出了参考条件在实际校准工作中所允许的数值范围。

常规校准应该在规定的校准条件下进行。专项校准, 除某一影响量变化外, 其它影响量应该保持在规定的校准条件的允许范围内。如果校准实验室的个别参量不具备规定校准条件, 则必须在仪器校准证书中注明校准时的实际条件。

4.1.2 α, β 标准平面源

校准用的 α, β 标准源必须符合国家标准的规定。在该类国家标准未正式颁布以前, 标准源应该符合下面几点要求:

GB 8997—88

表 1 参考条件和规定校准条件

参 量	参 考 条 件	规 定 校 准 条 件
环境温度	20℃	18~22℃
相对湿度	65%	55%~75%
大气压力	101.3 kPa	86 kPa~106 kPa
电源电压	额定电源电压 U_N	额定电源电压 $U_N \pm 1\%$
交流电源频率	额定频率 f	额定频率 $f \pm 2\%$
交流电源波形	正弦波	正弦波,总谐波畸变小于 5%
周围环境 γ 辐射本底	空气吸收剂量率 $< 0.2 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ($20 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$)	空气吸收剂量率 $< 0.25 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ($25 \mu\text{rad} \cdot \text{h}^{-1}$)
外界电磁场	可以忽略	小于引起干扰的最低值
外界磁感应	可以忽略	小于二倍地磁场感应值
仪器取向(向地性)	由厂家规定	厂家规定取向 $\pm 2^\circ$
仪器的控制器	置于正常工作位置	置于正常工作位置
放射性核素的污染	可以忽略	可以忽略

a. 放射性物质制作在导电金属衬底的一个面上。放射性物质及保护膜的厚度要薄,以减少源的自吸收。衬底材料的厚度要足以阻止源背面反射回来的粒子辐射;

b. 表面活度约定真值的准确度不得大于 $\pm 10\%$,同一组源之间的相对差不得大于 5%。表面活度的约定真值必须能追溯到国家基准;

c. 表面发射率的均匀度不得大于 $\pm 6\%$ 。将放射源表面分成若干块相等的部分(面积等于 10 cm^2 或更小),以单个部分上单位面积的发射率相对于整个表面平均值的标准差表示均匀度;

d. 标准源的核素可以由下列核素中选择: α 源为 ^{241}Am 或 ^{239}Pu ; β 源为 ^{14}C 、 ^{147}Pm 、 ^{204}Tl 或 ^{36}Cl 、 $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ 。

4.1.3 本底计数率的扣除

在每一项校准工作进行之前,要测量仪器的平均本底计数率(在仪器被校准的位置上),并在校准时,由仪器对标准源的指示值中扣除本底计数率的贡献。

4.1.4 统计涨落的影响

在进行校准时,如果由于辐射的随机性而使仪器的指示值有较大的涨落,则必须取足够多的读数并求其平均值,以减小统计涨落对测量值的影响。为了保证每个读数在统计上是独立的,各读数之间的时间间隔应该大于仪器的三倍时间常数。

4.2 仪器的接收检查

在校准之前,要对仪器进行接收检查,符合下列条件方可进行校准。

- 仪器的外观不应该有影响其性能的破损。
- 仪器应该附有使用或技术说明书和前一次的校准证书。
- 仪器表面的放射性污染应该符合国家放射防护规定中关于可在一般工作中使用的仪器设备表面污染的控制标准。
- 仪器的电源必须符合说明书的规定。
- 按仪器说明书规定的时间预热后,探测器工作电压应该符合说明书的规定。
- 表头显示仪器,其机械零点要可调,数字显示仪器,其采样时基的性能应该符合仪器说明书的规定。

g. 在表 1 规定的环境本底下, 仪器指示的本底计数率要符合仪器说明书的规定。

4.3 变异系数的测量

选择一块放射源, 其活度应该使仪器的读数在最灵敏量程(线性标度)或最灵敏十进位(对数标度或数字显示)满度值的 $1/3 \sim 1/2$ 之间。仪器在放射源照射下, 连续获取 20 个独立的读数, 按照公式(1)计算仪器的变异系数 V 。如果仪器备有“时间常数”选择开关, 允许选用一合适的时间常数使仪器的变异系数满足 GB 5202 的规定。

4.4 表面活度响应的测定

按下列程序和方法测定仪器的表面活度响应:

- a. 测量仪器的平均本底计数率 N_0 ;
- b. 按照仪器使用时测量的污染核素, 选择一个合适的标准放射源, 其活性区面积应该等于或大于探测器窗口面积, 表面活度应该使仪器的读数在某一常用分量程满标度值的 $50\% \sim 75\%$ 之间(线性标度仪器)或常用区段(对数标度或数字显示仪器);
- c. 放射源相对探头的几何条件: α 和 β 源表面与探测器窗(保护栅格)之间的距离, 建议分别取 5 mm 和 10 mm;
- d. 按 4.1.4 条规定连续取 20 个读数并求其平均计数率 N ;
- e. 按公式(2)计算仪器的表面活度响应。

如果校准实验室没有大面积放射源, 可以使用面积比探测窗小的放射源, 但应该在窗的不同位置上选取足够多的点进行测量, 并计算出表面活度响应。

4.5 固有误差的确定

线性标度的仪器: 按照用户的要求进行专项校准的仪器, 至少要在各分量程满标度值的 30% 、 60% 和 85% 三点附近测量仪器的表面活度响应; 使用中的仪器, 可以只进行常规校准, 即在每一个分量程满标度值的 $50\% \sim 75\%$ 之间取一点测量仪器的表面活度响应。

对数标度或数字显示的仪器: 专项校准应该在每个十进位中取三个点测量表面活度响应; 常规校准可以在每个十进位中取一个点测量。

使用一组相同核素的标准放射源, 按照 4.4 条的规定测量各量程上被校准点的表面活度响应。指定这组放射源中的某个放射源(一般指定校准常用量程满标度值 60% 附近点的那个放射源)作为参考放射源。仪器各量程校准点上的固有误差按下式计算。

$$E = \frac{R' - R}{R} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中: E ——固有误差;

R ——仪器对于参考放射源的表面活度响应;

R' ——在各个校准点上测量的表面活度响应。

如果放射源的数量或活度范围不能满足仪器全量程校准的需要, 则允许用等效电脉冲部分替代放射源进行校准, 见附录 A(参考件)。

4.6 报警阈漂移的检验

本条只适用带有报警器的 α 、 β 表面污染监测仪。先用适当活度的 α 或 β 放射源照射探测器, 调整仪器的阈值, 使其发生报警。当确认探测器性能良好之后, 可以去掉探测器(或探头), 直接用近似探测器输出讯号波形的电脉冲输入至仪器, 检验报警阈值的漂移。

4.7 表面活度响应随源位置的变化

选择一个小面积的放射源(点源), 按照 4.4 条规定的方法分别测量探测器窗不同位置上的表面活度响应或读数值。以窗口几何中心上的表面活度响应或读数值归 1, 给出不同位置上表面活度响应的图或表。“点源”的面积应该小于或等于探测器窗口面积的 $1/50$ 。

4.8 能量响应

由附录 C 中选择几种不同能量的 β 或 α 标准源,按照 4.4 条的规定分别测量它们的表面活度响应。原则上要在表面活度响应值相同的情况下进行该项试验,但实际上难以做到,所以要对不同量程上不同点上的表面活度响应值进行固有误差的修正。在几种不同能量的核素中,选择一种核素为参考核素。 β 源的参考核素是 ^{204}Tl 或 ^{14}C ; α 源的是 ^{241}Am 。能量响应的试验结果以参考核素的测量值归 1,作出表面活度响应与辐射能量关系的图或表。

α 污染测量仪与监测仪,一般的情况下不作能量响应试验。

4.9 干扰辐射的影响

4.9.1 γ 辐射的影响

γ 辐射对 α 污染测量仪与监测仪的影响:先用一个 α 放射源照射探测器,使仪器在最灵敏量程(对数标度的仪器在最低十进位)上得到一个指示值。然后在 α 放射源存在的情况下用一个 ^{60}Co 源使探测器处的空气吸收剂量率不小于 $10 \text{ mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ ($1 \text{ rad} \cdot \text{h}^{-1}$),再记下此时的指示值。试验结果以先后两次测量的指示值的相对变化来表示。

γ 辐射对 β 污染测量仪与监测仪的影响:用一个适当的 ^{60}Co 源照射探测器,使其所在处的空气吸收剂量率为 $10 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ($1 \text{ mrad} \cdot \text{h}^{-1}$),使仪器产生一个指示值。 γ 辐射的影响以单位空气吸收剂量率产生的计数率表示。

4.9.2 β 辐射的影响

β 辐射对 α 污染测量仪与监测仪的影响:选用的 α 源,其面积与探测器窗口面积相比要小得多,活度要使仪器的指示值在有效测量范围的低段。选用的 β 源为 $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$,其直径不大于 10 mm ,活度不小于 3.7 MBq ($100 \mu\text{Ci}$)。先把 α 源置于距探测器窗口 5 mm 处,记下仪器的指示值。再把 β 源置于距探测器窗口 50 mm 处(在窗的前方,要与 α 源相错开),再记下仪器的指示值。 β 辐射的影响以先后两次指示的相对变化来表示。

4.9.3 α 辐射的影响

α 辐射对 β 污染测量仪与监测仪的影响:选用一个 α 放射源置于 β 探头窗前 10 mm 处,记下仪器的指示值。 α 辐射的影响以 α 单位活度产生的计数率指示值来表示。

4.9.4 中子的影响

需要对中子的影响进行检验时,检验的要求和方法可以由校准实验室与用户商定。

4.10 过载特性试验

选用的放射源可以使仪器产生的指示值相当于被检验分量程满标度值的 100 倍。仪器的探测器在这一放射源照射下,至少 5 min ,观察仪器的指示是否在该量程满标度以上并能保持。

4.11 温度和湿度的影响

可根据仪器的使用条件,由校准实验室与用户商定。

4.12 参考读数的获取及经常性的检查

校准工作完成之后,应该立即按照仪器说明书规定的方式获取仪器对所附检查源的参考读数。要连续取 20 次独立读数并求其平均值,作为参考读数。检查源的活度应该使仪器的指示值在适当量程满标度的三分之一以上。

在仪器的使用过程中,用户应该经常用所附的检查源对仪器进行监督。注意取检查源的读数时,其条件和方式要相同。读数与参考读数之差应该符合第 3 章的要求。

5 校准周期

常规校准周期一般定为一年。使用于对其性能有显著影响的环境中的仪器,校准周期应该缩短。

专项校准一般根据用户的要求进行。

仪器经修理,调整后或仪器对检查源的读数变化超过 $\pm 20\%$ 时要重新进行常规校准。如果仪器的探测器结构或参数改变了,除进行常规校准外,还应该做有关的专项校准项目。若仪器要在特殊条件下

使用,应该在该条件下进行校准。

6 校准证书

校准实验室对校准合格的仪器给出校准证书。校准的原始数据留实验室内建档保存。对接收检查或校准不合格的仪器,要给用户发出通知并说明原因。校准证书首页格式如附录 B(参考件)。

校准证书应该包括下列项目:

- a. 被校准仪器的名称、型号、生产厂、出厂日期及编号;
- b. 委托校准的单位;
- c. 校准用标准放射源的核素、底衬材料、活性区尺寸和表面活度或表面发射率的准确度;
- d. 校准条件和校准方法的简要说明,如环境温度、湿度、源表面距探测器栅网的距离等;
- e. 校准数据:表面活度响应、本底计数率及相应的环境 γ 本底的空气吸收剂量率、固有误差、变异系数和能量响应等;
- f. 对所附检查源的参考读数;
- g. 校准时仪器的工作状态,如探测器工作电压、电源电压等;
- h. 特殊使用条件的限制;
- i. 校准日期和校准证书的有效期;
- j. 校准实验室印章和校准工作责任人员签字。

附录 A
用电脉冲确定固有误差的方法
(参考件)

确定仪器固有误差时,如果标准源的数量或活度范围不能满足仪器全量程校准的需要,则可以用电脉冲部分地代替放射源进行测量。但必须至少在最低量程上的一点和最高量程满标度值 90% 附近的点用放射源进行校准。电脉冲的波形应该尽可能模拟探测器输出讯号的波形并在仪器适当的位置上输入。

先选择一个放射源按照 4.4 条的规定取得仪器的指示值 N (对本底进行修正)。去掉探测器(或探头)后,再输入电脉冲频率 Q 使仪器产生同样的指示值。当给仪器输入另一频率 q 的电脉冲时,仪器产生另一指示值 N' (按 4.5 条的规定选取校准点)。各校准点的固有误差由下式计算:

$$E = \left(\frac{N' \cdot Q}{q \cdot N} - 1 \right) \times 100\% \quad \dots\dots\dots (A1)$$

式中: E ——固有误差;

N ——标准源照射下仪器的指示值;

Q ——产生指示值 N 所需要的电脉冲频率;

q ——按照被校准点选择的电脉冲频率;

N' ——输入 q 使仪器产生的指示值。

GB 8997—88

附录 B
校准证书首页格式
(参考件)

辐 射 防 护 仪 器
校 准 证 书

_____ 字 第 _____ 号

仪 器 名 称: _____

型 号: _____

制 造 厂: _____

出 厂 编 号: _____

委 托 单 位: _____

根据校准结果,符合 _____ 要求

(公章)

校准责任人员 _____
校准实验室负责人 _____

校 准 日 期 _____ 年 _____ 月 _____ 日
有 效 期 至 _____ 年 _____ 月 _____ 日

附录 C
校准用的 α, β 放射源
(参考件)

表 C1 α 放射源

核 素	平均能量, MeV (强度%)	半 衰 期
^{147}Gd	3.18	93 a
^{230}Th	4.617(24)	7.7×10^4 a
	4.684(76)	
^{239}Pu	5.105(12)	2.44×10^4 a
	5.143(15)	
	5.156(73)	
^{210}Po	5.305(100)	138.4 d
^{241}Am	5.442(13)	433 a
	5.484(86)	
^{239}Pu	5.456(28)	87.8 a
	5.499(72)	
^{244}Cm	5.764(23)	17.8 a
	5.806(77)	
^{252}Cf	6.076(16)	2.65 a
	6.119(84)	

表 C2 β 放射源

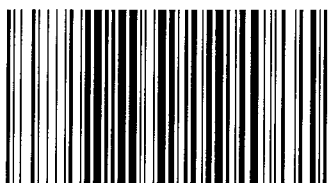
核 素	最大能量, MeV (强度%)	半 衰 期
^{14}C	0.156(100)	5 730 a
^{35}S	0.167(100)	88.0 d
^{147}Pm	0.225(100)	2.62 a
^{45}Ca	0.257(100)	164 d
^{187}W	0.433(100)	75 d
^{204}Tl	0.763(98)	3.78a
^{36}Cl	0.710	3×10^5 a
^{210}Bi	1.16(100)	5.01 d
^{32}P	1.71(100)	14.3 d
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	2.27(99)	28.5 a
$^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$	3.54	1.01 a

附加说明：

本标准由全国核能标准化技术委员会辐射防护分技术委员会审查。

本标准由中国原子能科学研究院负责起草。

本标准主要起草人师德周。



GB 8997—1988

版权专有 不得翻印

*

书号：155066·1-6082

定价： 10.00 元

*

标目 105—25