



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 853—1993

## 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪

Low Background Alpha and/or Beta Measuring Instrument

1993 - 09 - 22 发布

1994 - 04 - 01 实施

国家技术监督局 发布

# 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪检定规程

Verification Regulation of Low Background

Alpha and/or Beta Measuring Instrument

JJG 853—1993

本检定规程经国家技术监督局于 1993 年 09 月 22 日批准，并自 1994 年 04 月 01 日起施行。

归口单位：中国计量科学研究院

起草单位：中国计量科学研究院

本规程技术条文由起草单位负责解释

本规程主要起草人：

唐贞信 （中国计量科学研究院）

## 目 录

一 概述·····	(1)
二 技术要求·····	(1)
三 检定条件·····	(2)
四 检定项目和检定方法·····	(3)
五 检定结果处理和检定周期·····	(5)
附录 1 术语·····	(6)
附录 2 几何因子·····	(7)

## 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪检定规程

本规程适用于新制造、使用中和修理后的低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  和  $\alpha/\beta$  活度或表面粒子数测量仪的检定。

$\alpha$  粒子的能量大于 3.9 MeV,  $\beta$  粒子的最大能量不小于 0.15 MeV。

本规程不适用于测量  $\alpha$  或  $\beta$  能谱和表面污染检测类型仪器的检定。

### 一 概 述

本规程涉及的受检装置主要由探测器部件、测量部件和电源部件等组成。这些部件可以组装成一个整体,也可以分为几个部分。

被测样品的  $\alpha$  或  $\beta$  粒子进入探测器灵敏体后,产生电脉冲,该脉冲经整形、放大、甄别后,输入计数电路,根据仪器输出的脉冲数,可求出样品中放射性核素的活度。

### 二 技 术 要 求

#### 1 仪器的分级

本底计数率低、探测效率高和稳定度好为低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪的 3 个主要指标。本规程根据这 3 个指标分为 I、II、III 级,见表 1。

表 1 仪器分级

技术指标		I	II	III
单位面积上的平均本底计数率 ( $n \cdot \text{min}^{-1} \text{cm}^{-2}$ )	$\alpha$	$\leq 0.0017$	$\leq 0.005$	$\leq 0.017$
	$\beta$	$\leq 0.05$	$\leq 0.15$	$\leq 0.5$
效率比 $R_g$	$\alpha$	$\geq 90\%$	$\geq 80\%$	$\geq 70\%$
	$\beta$	$\geq 60\%$	$\geq 50\%$	$\geq 40\%$
稳定度	效率	$\alpha$	$< 2\%$	$< 3\%$
		$\beta$	$< 5\%$	$< 10\%$
	本底	$\alpha$	$n_b < \bar{n}_{bf} (1 + 3V_b)$	
		$\beta$	$n_b < \bar{n}_{bf} (1 + 3V_b)$	
影响量	$\alpha$ 对 $\beta$	$< 3\%$		
	$\beta$ 对 $\alpha$	$< 1\%$		

注: 1. 被检仪器必须同时满足某一级的全部指标,才能定为某一级;否则作为下一级处理。  
 2.  $\alpha$  效率测定采用  $^{241}\text{Am}$  标准源,  $\beta$  效率测定采用  $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$  标准源。  
 3.  $\bar{n}_{bf}$  为厂家或受检户给出的平均本底计数率 (cpm)。  
 4.  $n_b$  为检定时测得受检仪器 24 h 本底计数率 (cpm)。  
 5.  $V_b$  为本底计数率的变异系数。

- 2 仪器的表面适当部位应有产品铭牌, 标明仪器的名称、型号、出厂编号、制造厂名和日期。仪器出厂时必须有厂家检定合格证书, 仪器技术说明书和使用说明书。
- 3 受检户必须具备有与自己常测的放射性核素能量相同或相近的放射性标准源或标准物质。受检户所用标准源活性区的面积应与待测样品面积相同或相近, 并略小于探测器的灵敏面积, 标准源表面粒子发射率以  $10^2 \sim 10^3$  粒子/  $(\text{min} \cdot 2\pi)$  为宜; 标准物质的比活度以  $10 \sim 100\text{Bq/g}$  为宜。标准源或标准物质的总不确定度为  $10\%$  ( $3\sigma$ ), 并要求溯源到国家计量标准。
- 4 仪器在检定时, 受检户必须提供 10 次 ( $\alpha$  每次 24 h,  $\beta$  每次 8 h) 的本底计数率的测量值。

### 三 检定条件

- 5  $\alpha$  和  $\beta$  检定标准源各一套。

检定用  $\alpha$ 、 $\beta$  标准源和标准物质, 除证书所给量值的总不确定度不得大于  $5\%$  ( $3\sigma$ ) 外, 其他要求同第 3 条。

$\alpha$ 、 $\beta$  标准源和标准物质列于表 2。

表 2

标准源	辐射能量/MeV	衰变形式	半衰期/年	规格
U	4.15 (25%), 4.20 (75%) 4.77 (72%), 4.72 (28%)	$\alpha$	$4.15 \times 10^9$	活性区直径: 10, 20, 40mm 托片直径: 13, 30, 50mm 托片厚度: 2, 2, 2mm 强度范围: $10^2 \sim 10^3$ 表面粒数/ $(\text{min} \cdot 2\pi)$
$^{239}\text{Pu}$	5.15 (72%), 5.13 (17%) 5.09 (11%)	$\alpha$	$2.44 \times 10^4$	托片厚度: 2, 2, 2mm 总不确定度 $< 5\%$ ( $3\sigma$ )
$^{241}\text{Am}$	5.48 (85%), 5.44 (13%) 5.39 (1.6%)	$\alpha$	458	托片厚度: 2, 2, 2mm 总不确定度 $< 5\%$ ( $3\sigma$ )
纯 U 粉末	同 U <sub>天然</sub>	$\alpha$	$4.15 \times 10^9$	见 GBW 04301
$^{14}\text{C}$	0.156 (100%)	$\beta$	5730	活性区直径: 10, 25, 40mm 托片直径: 15, 35, 50mm 托片厚度: 1, 1, 1mm
$^{147}\text{Pm}$	0.225 (100%)	$\beta$	2.6	托片厚度: 1, 1, 1mm
$^{137}\text{Cs}$	0.514 (95%), 1.13 (5%)	$\beta$	30	强度范围: $10^2 \sim 10^3$ 表面粒数/ $(\text{min} \cdot 2\pi)$
$^{204}\text{Tl}$	0.763 (98%)	$\beta$	3.76	总不确定度 $< 5\%$ ( $3\sigma$ )
$^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$	0.544 (100%) 2.274 (100%)	$\beta$	28.5	总不确定度 $< 5\%$ ( $3\sigma$ )
KCl	1.314 (89%)	$\beta$	$1.26 \times 10^9$	见 GBW 060020

6 标准检定的环境条件列于表 3。

表 3

参 量	标准检定环境条件要求
环境温度	18 ~ 22 ℃
相对湿度	55 % ~ 75 %
大气压力	86 ~ 106 kPa
环境 $\gamma$ 辐射本底	空气吸收剂量率小于 0.25 $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$
外界电磁场	可以忽略
外界磁感应	可以忽略
放射性污染	可以忽略
电源电压变化	$\leq 10\%$

7 检定的实验室如果不具备标准检定环境条件，则必须在检定证书上注明检定时的实际环境条件。

8 其他检定设备

8.1 温度计

最小分度值不大于 0.3 ℃。

8.2 气压计

最小分度值不大于 10 Pa。

8.3 温度计

8.4 计时器

最小分度值不大于 0.1 s。

#### 四 检定项目和检定方法

9 本底计数率

在标准环境条件或现场实验室条件下，将仪器调到正常工作状态，放一无污染的样品盘，分别测  $\alpha$  和  $\beta$  的本底计数率，各连续测量 24 h，然后求出  $\alpha$  和  $\beta$  的本底计数率  $n_b$ ，其值应小于或等于表 1 中相应级别的数值。

10 效率比

效率比  $R_\gamma$  按式 (1) 计算。

$$R_\gamma = \frac{n_i - n_b}{n_s \cdot G} \times 100\% \quad (1)$$

式中： $n_i$ ——仪器对标准源的计数率；

$n_b$ ——标准源表面发射率的约定值；

$G$ ——几何因子（见附录 2）。

检定时所用标准源的活性区的面积应与探测器灵敏面积相当 ( $G = 1$ ), 否则需按附录 2 进行校正后, 算出效率比, 再进行比较。

制造厂给出效率指标  $\eta_r$  的同时, 尚须给出测量时的几何参数, 特别是放射源的直径。

若将变异系数控制在 5%, 则测一次效率的总计数应大于 400。

测量条件同第 9 条, 将仪器调到正常工作状态, 从表 2 中选取相应直径的  $^{241}\text{Am}$  和  $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$  标准源, 置于与受检户提供的几何条件相同条件下进行探测效率的测量。测量的  $\alpha$  或  $\beta$  总计数应大于 400, 按式 (1) 算出各自的计数效率比  $R_\eta$ , 其值应符合表 1 中相应级别的数值。

## 11 稳定度

### 11.1 本底

本底计数率的统计涨落很大, 有限测量时间内很难作出正确判断, 故以制造厂或受检户长期测定给出的平均计数率  $\bar{n}_b$  为本底值, 则其变异系数为:

$$V_b = \frac{\sigma_b}{\bar{n}_b} = 1/\sqrt{\bar{n}_b \cdot T} \quad (2)$$

式中:  $T$ ——测量本底的总时间, min;

$\sigma_b$ ——本底计数的测量误差。

测量条件同第 9 条, 将仪器调到正常工作状态, 放一无污染的样品盘, 分别测  $\alpha$  和  $\beta$  的本底计数率, 各连续测量本底 10 次 ( $\alpha$  24 h,  $\beta$  8 h), 分别算出 10 次  $\alpha$  和  $\beta$  本底平均计数率  $\bar{n}_b$  值 (受检户自行测定), 其值应小于表 1 中的值。

### 11.2 效率

测量条件同第 9 条, 将仪器调到正常工作状态, 分别将  $^{241}\text{Am}$  和  $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$  标准源置于样品盘中, 在 24h 内, 测量计数率 10 次, 每次测得的总计数应略大于 400, 然后按式 (3) 计算稳定度  $R$ , 其值应小于表 1 中相应级别的值。

$$R = s_R / \bar{\eta} \quad (3)$$

$$s_R = \sqrt{s_\eta^2 - s_\eta^2}$$

$$s_\eta = \frac{1}{3} \sqrt{\sum_{i=1}^{10} (\eta_i - \bar{\eta})^2}$$

$$s_\eta = \sqrt{\bar{\eta}}$$

式中:  $s_R$ ——为  $R$  值的标准差;

$\bar{\eta}$ ——10 次测量值的平均效率;

$s_\eta$ ——为单次测量效率的标准差;

$s_\eta$ ——为平均效率的标准差;

$\eta_i$ ——第  $i$  次测量的效率。

## 12 $\alpha$ 、 $\beta$ 交叉干扰的影响

测量条件同第 9 条, 以  $^{241}\text{Am}$  和  $^{90}\text{Sr} - ^{90}\text{Y}$  表面发射率不小于  $100 \text{ s}^{-1}$  的  $\alpha$  和  $\beta$  源分别放入样品盘中, 按第 9 条的检验方法, 分别测量仪器在 1 000 min 内的  $\alpha$  计数率  $n_\alpha$  和  $\beta$  的

计数率  $n_{\beta}$ ，以及  $\alpha$  源在  $\beta$  道和  $\beta$  源在  $\alpha$  道产生的计数率  $n'_{\beta}$  和  $n'_{\alpha}$ ，然后按式 (4) 计算各自的影响量  $F$ ，其值应小于或等于表 1 中相应级别的数值。

$$F = \frac{n'_{\beta}}{n_{\alpha}} \times 100\% \quad \text{或} \quad F = \frac{n_{\alpha}}{n'_{\beta}} \times 100\% \quad (4)$$

### 13 修正因子 $K$ 的测定

被检仪器经上面逐条检定合格后，从表 2 中选取与用户常用的标准源或标准物质相同或相近的标准源或标准物质，在相同的测量条件下，进行比较测量。

将仪器调到正常工作状态，分别将受检户和检定用的标准源或标准物质放入测量盘中进行测量，每次测量的总计数应略大于 400，各连续测 10 次，然后按式 (5) 求其  $K$  值。

$$K = \frac{\bar{\eta}_1}{\bar{\eta}_2} \quad (5)$$

式中： $\bar{\eta}_1$ ——为受检户标准源或标准物质平均计数效率；

$\bar{\eta}_2$ ——为检定用标准源或标准物质平均计数效率。

(样品的比活度乘以  $K$  即为修正后比活度)

## 五 检定结果处理和检定周期

14 经检定符合本规程表 1 中 I、II、III 级中任何一级全部要求的仪器，发给相应等级的检定证书；不合格的，发给检定结果通知书。

15 一般检定周期为 2 年。使用仪器的人员，至少每月应检查一次本底和效率，并分别填入相应的质控图内。检定时，应向检定人员出示质控图。如发现异常问题，或经修理、更新后，应及时按本规程进行检定。

## 附录 1

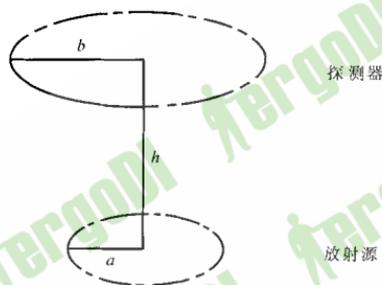
## 术 语

- 1 本底 background  
非起因于待测物理量的信号。
  - 2 本底计数率 background count rate  
单位时间内的本底计数。
  - 3 [放射性] 活度 activity  
一定量的放射性核素在一个很短的时间间隔内发生的核衰变量除以该时间间隔。  
放射性活度的国际单位为贝可勒尔, 符号 Bq (中文符号为贝可)。
  - 4 表面发射率 surface emission rate  
对于一个给定的放射源, 在单位时间内由该表面发射出给定类型的粒子数。
  - 5 探测效率 detection efficiency  
在一定的探测条件下, 测到的粒子数与在同一时间间隔内辐射源发射出的该种粒子总数的比值。
  - 6 几何因子 geometry factor  
是一定几何条件下探测效率的极限值。它可由探测器灵敏面积与放射源之间的几何关系计算出来。
  - 7 效率比 efficiency ratio  
探测效率测定值与几何因子之比。也就是除几何因子以外其他决定探测效率诸因素之积。
  - 8 探测器灵敏面积 sensitive surface of a detector  
探测器中对辐射灵敏并用于探测的那部分面积。
  - 9 干扰辐射 Interference radiation  
除仪器预定测量的辐射外的其他辐射。
  - 10 变异系数 coefficient of variation  
标准差  $\sigma$  与算术平均值  $\bar{X}$  的绝对值之比。  
在同样测定条件下, 一级几次测量值  $X_i$  的标准偏差估值  $s$  和算术平均值  $\bar{X}$  之比  $V$ , 由下式给出:
- $$V = \frac{s}{\bar{X}} = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \bar{x})^2}$$
- 11 法定计量检定机构 institution of legal verification  
各级政府计量行政主管部门依法设置的计量检定机构, 以及由其授权的计量检定机构。
  - 12 修正因数 correction factor  
为消除或减少系统误差, 对未修正测量结果所乘的数值因数。

附录 2

几何因子

在进行探测效率测试中，因放射源尺寸的不同，源与探测器间的距离不同，致使源对探测器构成的几何因子也就不同，几何因子是决定探测效率的主要因素之一。如图所示，平面源与圆平面型探测器的相对位置，其几何因子可用下列级数求近似值。



$$G = 1 - \frac{1}{(1 + \beta^2)^{1/2}} - \frac{3}{8} \frac{\alpha^2 \beta^2}{(1 + \beta^2)^{3/2}} + \alpha^4 \left[ \frac{5\beta^2}{16(1 + \beta^2)^{7/2}} - \frac{35\beta^4}{64(1 + \beta^2)^{9/2}} \right] \alpha^6 [\dots] + \dots$$

式中： $\alpha = \frac{a}{h}$ ； $\beta = \frac{b}{h}$ 。

式的成立要求  $\alpha$  不太大，当  $\alpha$  等于  $\beta$  时，其误差在 10% 左右。