



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 853—2013

## 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪

Low Background Alpha/Beta Measuring Instruments



2013-08-15 发布

2014-02-15 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布





# 中华人民共和国国家标准

低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪

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

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

第1部分

## 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪

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

中华人民共和国

国家计量检定规程

低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪

JJG 853—2013

国家质量监督检验检疫总局发布

\*

中国质检出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100013)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

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 1 字数 22 千字  
2013年12月第一版 2013年12月第一次印刷

\*

书号: 155026·J-2866 定价 18.00 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)68510107

# 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪检定规程

Verification Regulation of the Low Background

Alpha/Beta Measuring Instruments

JJG 853—2013

替代 JJG 853—1993

归口单位：全国电离辐射计量技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

上海市计量测试技术研究院

本规程委托全国电离辐射计量技术委员会负责解释



本规程起草人：

徐春长（中国计量科学研究院）

梁珺成（中国计量科学研究院）

何林锋（上海市计量测试技术研究院）

陈 靖（中国计量科学研究院）

## 目 录

引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 术语和计量单位 .....	( 1 )
3.1 术语 .....	( 1 )
3.2 计量单位 .....	( 1 )
4 概述 .....	( 2 )
5 计量性能要求 .....	( 2 )
5.1 仪器本底 .....	( 2 )
5.2 探测效率 .....	( 2 )
5.3 重复性 .....	( 2 )
5.4 串道比 .....	( 2 )
6 通用技术要求 .....	( 2 )
6.1 外观和标识 .....	( 2 )
7 计量器具控制 .....	( 2 )
7.1 检定条件 .....	( 2 )
7.2 检定项目 .....	( 3 )
7.3 检定方法 .....	( 3 )
7.4 检定结果的处理 .....	( 5 )
7.5 检定周期 .....	( 5 )
附录 A 检定记录格式式样 .....	( 6 )
附录 B 检定证书/检定结果通知书第三页式样 .....	( 7 )
附录 C 统计不确定度计算方法 .....	( 9 )



## 引 言

JJF 1002—2010《国家计量检定规程编写规则》、JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑本规程修订工作的基础性系列规范。

与 JJG 853—1993 相比，除编辑性修改外，本规程主要技术变化如下：

- 取消低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪的分级；
- 取消要求受检用户提供 10 次，每次 24 小时的本底测量结果；
- 取消稳定性检定项目；
- 增加重复性检定项目（见 5.3）；
- 强调本底、效率和重复性检定对测量计数统计性的要求（见 7.3.2，7.3.3，7.3.4）。



## 低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪检定规程

### 1 范围

本规程适用于采用固体闪烁探测器和半导体探测器的低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪的首次检定、后续检定和使用中检查，不适用于流气正比计数器以及液体闪烁计数器等类型测量仪器的检定。

### 2 引用文件

本规程引用下列文件：

JJF 1035—2006 电离辐射计量术语及定义

GB/T 11682—2008 低本底  $\alpha$  和/或  $\beta$  测量仪

ISO 9697: 2008 水质 无盐水中总  $\beta$  活度测量 厚源法 (Water quality-Measurement of gross beta activity in non-saline water-Thick source method)

ISO 18589-6: 2009 环境中放射性活度测量 土壤 第 6 部分：总  $\alpha$  与总  $\beta$  的活度测量 (Measurement of radioactivity in the environment-Soil-Part 6: Measurement of gross alpha and gross beta activities)

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

### 3 术语和计量单位

#### 3.1 术语

##### 3.1.1 仪器本底 instrumental background

仪器正常工作状态下，测量无放射性污染的空样品盘时的示值。

##### 3.1.2 表面发射率 surface emission rate

放射源在  $2\pi$  球面度内的发射率。

##### 3.1.3 标准平面源 reference plane sources

性质和活度在某一确定的时间内都是已知的，并能用作参考的固态平面放射源。

##### 3.1.4 探测效率 detection efficiency

在一定探测条件下，探测器测得的计数率与被测源发射率的比值。

##### 3.1.5 串道比 interfere ratio (crosstalk)

仪器测量单一  $\alpha$  或  $\beta$  标准源时，在  $\beta$  道或  $\alpha$  道的计数与  $\alpha$  和  $\beta$  道的总计数之比。

#### 3.2 计量单位

##### 3.2.1 [源] 表面发射率

每分钟  $2\pi$  球面度，符号： $(\text{min} \cdot 2\pi\text{sr})^{-1}$ 。

##### 3.2.2 单位面积平均本底计数率

每平方厘米分钟，符号： $\text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ 。



## 4 概述

低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪主要由探测器单元、信号处理单元和屏蔽单元等组成。测量时，探测器记录入射的  $\alpha$ 、 $\beta$  粒子，计数率与样品中核素活度成正比。探测器单元由主探测器、反符合探测器等构成，置于屏蔽单元内。信号处理单元由计算机和测量主机构成。屏蔽单元一般由铅和钢等材料制成。

低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪主要应用于水质监测、食品卫生、环境放射性评价与辐射防护等领域。

## 5 计量性能要求

### 5.1 仪器本底

5.1.1 单位面积的  $\alpha$  粒子计数率  $\leq 0.017 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

5.1.2 单位面积的  $\beta$  粒子计数率  $\leq 0.5 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

### 5.2 探测效率

5.2.1 对于  $\alpha \geq 65\%$ 。

5.2.2 对于  $\beta \geq 35\%$ 。

### 5.3 重复性

5.3.1 对于  $\alpha \leq 2.5\%$ 。

5.3.2 对于  $\beta \leq 3.5\%$ 。

### 5.4 串道比

5.4.1  $\alpha$  射线对  $\beta$  道  $\leq 3\%$ 。

5.4.2  $\beta$  射线对  $\alpha$  道  $\leq 1\%$ 。

## 6 通用技术要求

### 6.1 外观和标识

6.1.1 仪器外观不应有影响其计量性能的外观缺陷。

6.1.2 仪器应标明制造厂商或商标、规格型号、出厂编号和计量器具制造许可证编号等信息，其标识应牢固、清晰。

## 7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、后续检定和使用中检查。

### 7.1 检定条件

#### 7.1.1 计量标准

##### 7.1.1.1 $\alpha$ 标准平面源

$\alpha$  标准平面源的技术指标见表 1。



表 1  $\alpha$  标准平面源的技术指标

核素	规格	表面发射率	表面发射率扩展 不确定度
$^{241}\text{Am}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 或 $^{210}\text{Po}$	外径: $\phi 20\text{ mm} \sim \phi 35\text{ mm}$ , 活性区: $\phi 18\text{ mm} \sim \phi 25\text{ mm}$ , 厚度: 1mm	$(2.0\text{E}+04 \sim 1.2\text{E}+05)$ $(\text{min} \cdot 2\pi\text{sr})^{-1}$	不大于 3.0% ( $k=2$ )

7.1.1.2  $\beta$  标准平面源

$\beta$  标准平面源的技术指标见表 2。

表 2  $\beta$  标准平面源的技术指标

核素	规格	表面发射率	表面发射率扩展 不确定度
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	外径: $\phi 20\text{ mm} \sim \phi 35\text{ mm}$ , 活性区: $\phi 18\text{ mm} \sim \phi 25\text{ mm}$ , 厚度: 1 mm	$(2.0\text{E}+04 \sim 1.2\text{E}+05)$ $(\text{min} \cdot 2\pi\text{sr})^{-1}$	不大于 3.0% ( $k=2$ )

## 7.1.2 环境条件

7.1.2.1 温度:  $(16 \sim 28)^\circ\text{C}$ 7.1.2.2 相对湿度:  $\leq 85\%$ 7.1.2.3 环境  $\gamma$  辐射空气比释动能率:  $\leq 0.25\ \mu\text{Gy/h}$ 

7.1.2.4 无影响正常工作的机械振动和电磁干扰。

## 7.2 检定项目

检定项目见表 3。

表 3 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
外观和标识	+	+	+
仪器本底	+	+	+
探测效率	+	+	+
重复性	+	+	+
串道比	+	+	-

注: “+” 为应检定的项目, “-” 为可不检定的项目。

## 7.3 检定方法

## 7.3.1 外观和标识

目测被检仪器外观, 应符合 6.1。

## 7.3.2 仪器本底

被检低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪开机预热至少 30 min。将无放射性核素污染的样品盘放入



测量室进行本底测量。测量时间一般不少于 24 h，或  $\alpha$  的累计计数不小于 25， $\beta$  的累计计数不小于 100，按式 (1) 计算被检仪器的本底。

$$B_{\alpha(\beta)} = \frac{N_{0\alpha(\beta)}}{T_{0\alpha(\beta)} \cdot S} \quad (1)$$

式中：

$B_{\alpha(\beta)}$ ——单位面积  $\alpha$  (或  $\beta$ ) 本底计数率， $\text{min}^{-1}$ ；

$N_{0\alpha(\beta)}$ —— $\alpha$  (或  $\beta$ ) 本底总计数；

$T_{0\alpha(\beta)}$ —— $\alpha$  (或  $\beta$ ) 本底累计测量时间， $\text{min}$ ；

$S$ ——有效探测面积， $\text{cm}^2$ 。

### 7.3.3 探测效率

将  $\alpha$  (或  $\beta$ ) 标准平面源置于样品盘中心，使源表面尽量接近但不超过样品盘的上沿，固定平面源。设置仪器的测量次数及单次测量时间，使得用于计算探测效率的累计总计数不小于 40 000，按式 (2) 计算被检仪器的探测效率。

$$\epsilon_{\alpha(\beta)} = \left( \frac{N_{\alpha(\beta)}}{T_{\alpha(\beta)}} - \frac{N_{0\alpha(\beta)}}{T_{0\alpha(\beta)}} \right) / A_{\alpha(\beta)} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\epsilon_{\alpha(\beta)}$ ——仪器  $\alpha$  (或  $\beta$ ) 探测效率；

$N_{\alpha(\beta)}$ —— $\alpha$  (或  $\beta$ ) 累计计数；

$T_{\alpha(\beta)}$ ——测量  $\alpha$  (或  $\beta$ ) 源的累计时间， $\text{min}$ ；

$A_{\alpha(\beta)}$ —— $\alpha$  (或  $\beta$ ) 标准平面源在检定时的表面发射率， $(\text{min} \cdot 2\pi\text{sr})^{-1}$ 。

探测效率检定结果应给出扩展不确定度。

### 7.3.4 重复性

重复性测量条件下，用被检仪器测量  $\alpha$  (或  $\beta$ ) 标准平面源，设置单次测量时间使得单次测量计数约为 4 000 左右，重复测量不少于 10 次，按式 (3) 计算相对实验标准差。

$$V = \frac{1}{\bar{X}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

$V$ ——重复性；

$X_i$ ——第  $i$  次的测量计数， $i=1, 2, 3, \dots, n$  ( $n \geq 10$ )；

$\bar{X}$ —— $n$  次测量计数的平均值。

### 7.3.5 串道比

根据探测效率测量数据，按式 (4) 计算  $\alpha$  射线对  $\beta$  道的串道比，按式 (5) 计算  $\beta$  射线对  $\alpha$  道的串道比。

$$\chi_{\alpha \rightarrow \beta} = \frac{N_{\alpha \rightarrow \beta}}{N_{\alpha \rightarrow \beta} + N_{\alpha}} \quad (4)$$



$$\chi_{\beta \rightarrow \alpha} = \frac{N_{\beta \rightarrow \alpha}}{N_{\beta \rightarrow \alpha} + N_{\beta}} \quad (5)$$

式中：

$\chi_{\alpha \rightarrow \beta}$ —— $\alpha$  射线对  $\beta$  道的串道比；

$N_{\alpha \rightarrow \beta}$ ——测量  $\alpha$  标准平面源时， $\beta$  道的计数；

$N_{\alpha}$ ——测量  $\alpha$  标准平面源时， $\alpha$  道的计数；

$\chi_{\beta \rightarrow \alpha}$ —— $\beta$  射线对  $\alpha$  道的串道比；

$N_{\beta \rightarrow \alpha}$ ——测量  $\beta$  标准平面源时， $\alpha$  道的计数；

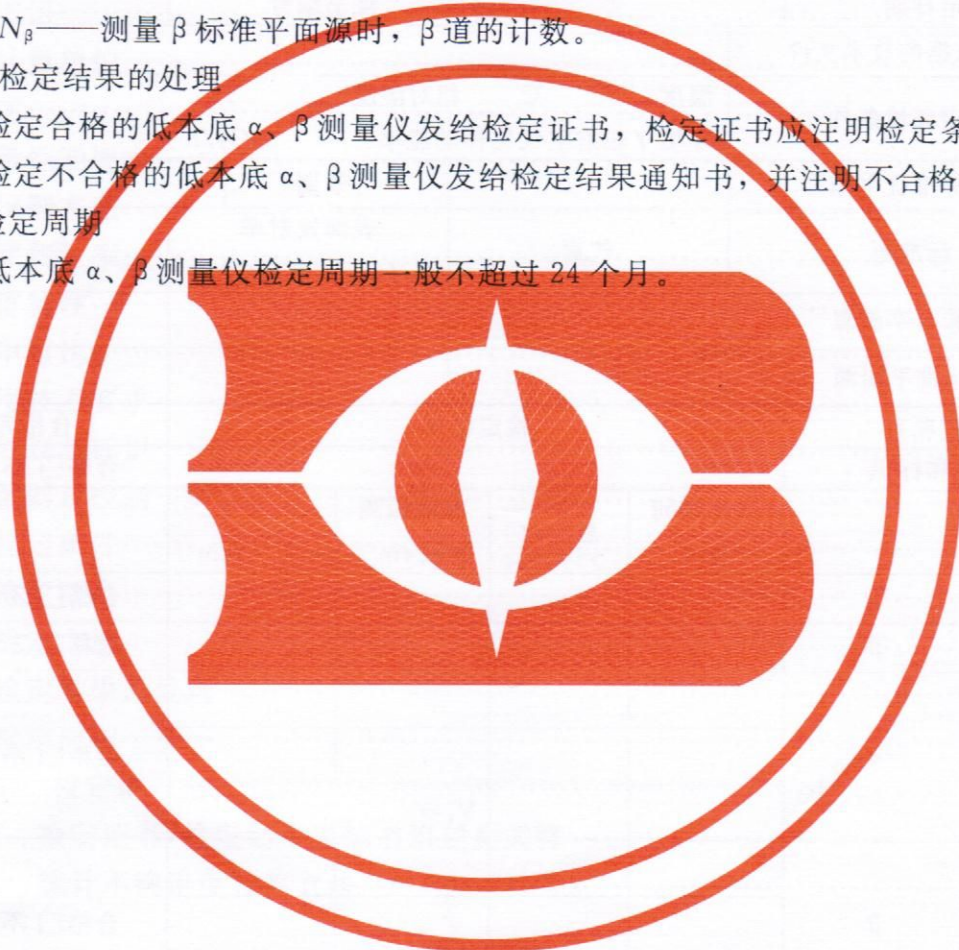
$N_{\beta}$ ——测量  $\beta$  标准平面源时， $\beta$  道的计数。

#### 7.4 检定结果的处理

检定合格的低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪发给检定证书，检定证书应注明检定条件和检定结果；检定不合格的低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪发给检定结果通知书，并注明不合格项目。

#### 7.5 检定周期

低本底  $\alpha$ 、 $\beta$  测量仪检定周期一般不超过 24 个月。



## 附录 A

## 检定记录格式式样

低本底 $\alpha$ 、 $\beta$ 测量仪检定记录						
仪器名称				型号/规格		
出厂编号				生产厂家		
检定日期				证书编号		
检定依据的技术文件						
检定环境条件		温度: $^{\circ}\text{C}$		相对湿度: $\%$		
		环境 $\gamma$ 辐射空气比释动能率: $\mu\text{Gy/h}$				
计量标准证书编号				有效期		
标准源		核素		表面发射率 ( $\text{min} \cdot 2\pi\text{sr}$ ) $^{-1}$		参考时间
$\alpha$ 标准平面源						
$\beta$ 标准平面源						
检定项目		检定结果				合格判定
外观和标识						合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>
仪器本底	—	测量时间 min	总计数 <i>725/100</i>	有效探测 面积 $\text{cm}^{-2}$	计数率 $\text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1}$	—
	$\alpha$					合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>
	$\beta$					合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>
重复性	$\alpha$ <i>&gt;4000</i>			$V_1 =$		合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>
	$\beta$ <i>&gt;4000</i>			$V_2 =$		合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>
探测效率	—	测量时间 min	累计计数 <i>740000</i>	净计数 率/ $\text{min}^{-1}$	探测效率 率/ $\%$	—
	$\alpha$ 源, $\alpha$ 道					合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>
	$\beta$ 源, $\beta$ 道					合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>
串道比	—	—	—	—	串道比/ $\%$	—
	$\alpha$ 源, $\beta$ 道					合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>
	$\beta$ 源, $\alpha$ 道					合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>
检定结论		合格 <input type="checkbox"/> 不合格 <input type="checkbox"/>				

检定员

核验员



## 附录 B

## 检定证书/检定结果通知书第三页式样

## B.1 检定证书第三页式样

证书编号 ××××××—××××

检 定 结 果

序号	被检项目	检定结果
1	外观和标识	
2	仪器本底	
3	探测效率	
4	重复性	
5	串道比	

检定结论：

以下空白

## B.2 检定结果通知书第三页式样

证书编号 ××××××—××××

## 检定结果

序号	被检项目	检定结果	合格判定
1	外观和标识		
2	仪器本底		
3	探测效率		
4	重复性		
5	串道比		

检定不合格项目：

以下空白



## 附录 C

## 统计不确定度计算方法

原子核衰变服从统计规律，由此在测量中引入的不确定度称为统计不确定度。由于存在此项不确定度，同样条件下的测量结果只能在某一误差范围内一致。

由原子核衰变规律引起的测量误差是一项随机误差，与采用何种测量仪器无关。这项随机误差对于评估测量结果的可靠性具有重要意义，以下介绍统计不确定度的计算方法。

如果对放射性样品发射的粒子数进行无限多次重复测量，那么测量结果将服从泊松分布，概率密度分布曲线如图 C.1 所示。图中，X 轴表示粒子数测量值，Y 轴表示出现某一测量值的概率。

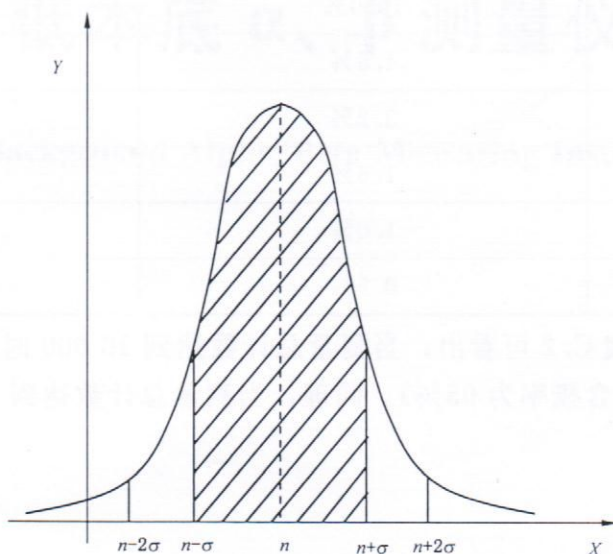


图 C.1 放射性样品发射率测量结果的概率密度分布

测量结果与真值（数学期望）的偏差限用标准偏差  $\sigma$  的倍数  $k \cdot \sigma$  表示。根据泊松分布规律，如果某一时间段的测量总计数为  $n$ ，那么标准偏差  $\sigma$  为：

$$\sigma = \sqrt{n} \quad (\text{C.1})$$

测量结果的误差限为  $\pm (k \cdot \sigma)$ ，即测量结果落在从  $n - k \cdot \sigma$  到  $n + k \cdot \sigma$  区间内的概率如表 C.1 所示。

表 C.1 放射性样品测量结果的概率分布与包含因子  $k$  的关系

包含因子 $k$	测量结果	
	落在从 $n - k \cdot \sigma$ 到 $n + k \cdot \sigma$ 区间内的概率	落在从 $n - k \cdot \sigma$ 到 $n + k \cdot \sigma$ 区间外的概率
1.00	0.682 7	0.341 3
1.65	0.901 1	0.098 9
2.00	0.954 5	0.045 5
3.00	0.997 3	0.002 7

标准偏差  $\sigma$  与测量总计数  $n$  的比值称为相对标准偏差  $\sigma_r$  即:

$$\sigma_r = \frac{\sigma}{n} \times 100\% = \frac{1}{\sqrt{n}} \times 100\% \quad (\text{C.2})$$

放射性活度测量领域, 用  $\sigma_r$  近似表示统计不确定度。

因为实际测量的次数总是有限的, 所以用实验相对标准差表示统计不确定度, 举例说明如表 C.2 所示:

表 C.2 测量总计数与统计不确定度的关系

测量总计数	统计不确定度	
	$k=1$	$k=2$
10	31.6%	63.2%
25	20.0%	40.0%
100	10.0%	20.0%
500	4.5%	8.9%
1 000	3.2%	6.3%
4 000	1.6%	3.2%
10 000	1.0%	2.0%
40 000	0.5%	1.0%

结合表 C.1 和表 C.2 可看出, 当测量总计数达到 10 000 时, 统计不确定度可控制到 2.0% ( $k=2$ , 包含概率为 95%)。同理, 当测量总计数达到 40 000 时, 统计不确定度可控制到 1.0%。



JJG 853-2013

版权专有 侵权必究

\*

书号: 155026 · J-2866

定价: 18.00 元