



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 478—2016

α 、 β 表面污染仪

α 、 β Surface Contamination Monitors

2016-11-30 发布

2017-05-30 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

α 、 β 表面污染仪检定规程

Verification Regulation for α 、 β

Surface Contamination Monitors

JJG 478—2016
代替 JJG 478—1996

归 口 单 位：全国电离辐射计量技术委员会

主要起草单位：上海市计量测试技术研究院

参加起草单位：北京市计量检测科学研究院

深圳市计量质量检测研究院

本规程委托全国电离辐射计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

唐方东（上海市计量测试技术研究院）

何林锋（上海市计量测试技术研究院）

赵贵坤（北京市计量检测科学研究院）

周迎春（深圳市计量质量检测研究院）

参加起草人：

罗 琛（北京市计量检测科学研究院）

李名兆（深圳市计量质量检测研究院）

陆小军（上海市计量测试技术研究院）

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	(1)
5 计量性能要求	(2)
6 通用技术要求	(2)
6.1 外观	(2)
6.2 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	(4)
7.5 检定周期	(4)
附录 A 检定记录推荐格式	(5)
附录 B 检定证书内页信息及推荐格式	(6)
附录 C 检定结果通知书内页信息及推荐格式	(7)
附录 D 表面活度响应及其计算方法	(8)
附录 E 校准因子的测量方法	(9)

引 言

α 、 β 表面污染仪是常用的辐射防护仪器，用于开放性放射性工作场所放射性表面污染的监测，其计量性能直接影响监测结果的准确可靠，关乎辐射安全。

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》共同构成支撑制定本规程的基础性规范。本规程的修订以 GB/T 8997—2008《 α 、 β 表面污染测量仪与监测仪的校准》，GB/T 5202—2008《辐射防护仪器 α 、 β 和 α/β (β 能量大于 60 keV) 污染测量仪与监测仪》为主要技术参考。

与 JJG 478—1996 相比，除编辑性修改外，本规程主要技术变化如下：

- 规程名称修改为“ α 、 β 表面污染仪”，取消了“ γ 表面污染仪”；
- 提高了对标准平面源量值不确定度的要求；
- 放宽检定条件中对环境温度的要求；
- 取消“ β 能量响应”检定项目；
- 增加“本底计数率”检定项目；
- 以“表面发射率响应”取代“表面活度响应”；
- 以“相对固有误差”取代“基本误差”；
- 附录中增加表面活度响应的计算方法和校准因子的测量方法。

本规程的历次版本发布情况为：

- JJG 478—1996。

α 、 β 表面污染仪检定规程

1 范围

本规程适用于 α 、 β 表面污染仪的首次检定、后续检定和使用中检查，包括 α 表面污染测量仪与监测仪， β 表面污染测量仪与监测仪，以及 α/β 表面污染测量仪和监测仪。

本规程不适用于固定式 α 、 β 个人表面污染测量监测装置以及最大能量小于 60 keV 的 β 粒子测量或监测仪器的检定。

2 引用文件

本规程引用下列文件：

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

GB/T 4960.1—2010 核科学技术术语 第 1 部分：核物理与核化学

GB/T 4960.6—2008 核科学技术术语 第 6 部分：核仪器仪表

GB/T 5202—2008 辐射防护仪器 α 、 β 和 α/β (β 能量大于 60 keV) 污染测量仪与监测仪

GB/T 8997—2008 α 、 β 表面污染测量仪与监测仪的校准

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（包括所有的修改单位）适用于本规程。

3 术语和计量单位

3.1 术语

JJF 1001—2011、GB/T 4960.1—2010、GB/T 4960.6—2008 界定的及以下术语和定义适用于本规程。

3.1.1 表面发射率响应 surface emission rate response

在确定的条件下，测量仪器或装置（系统）对激励作用的反应特性称为响应，以仪器示值与激励量的商表示。当放射源的量值以表面发射率表示时，称为表面发射率响应。

3.1.2 表面活度响应 surface activity response

α 、 β 表面污染仪对标准平面源的示值与标准平面源单位面积活度的商。

3.2 计量单位

3.2.1 [放射性] 活度：贝可 [勒尔]；符号：Bq。

3.2.2 [源] 表面发射率：每分钟 2π 粒子数；符号： $(\text{min} \cdot 2\pi\text{sr})^{-1}$ 。

4 概述

α 、 β 表面污染仪包括便携式 α 、 β 表面污染测量仪和监测仪，后者具有报警功能。由探测器、信号处理与显示等部件组成，通常采用闪烁体探测器或气体探测器，用于开

放射性工作场所操作台、地面、墙面、物件表面以及工作人员皮肤和衣物表面 α 、 β 污染的探测，以计数率或 $\text{Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$ 显示。 α 、 β 表面污染仪主要应用于辐射防护领域。

5 计量性能要求

α 、 β 表面污染仪的计量性能要求见表 1。

表 1 α 、 β 表面污染仪的技术要求

计量性能	技术要求
本底计数率	满足出厂技术指标
表面发射率响应	当放射性平面源距探测器窗表面 5 mm 时，对于 ²⁴¹ Am 或 ²³⁹ Pu 核素 α 粒子的表面发射率响应不低于 0.20；当放射性平面源距探测器窗表面 10 mm 时，对于 ²⁰⁴ Tl 或 ³⁶ Cl 核素 β 粒子的表面发射率响应不低于 0.15
重复性	小于 20 %
相对固有误差	不超过 $\pm 25\%$

6 通用技术要求

6.1 外观

α 、 β 表面污染仪外观不应有锈蚀、裂纹和破损等缺陷以及影响正常工作的机械损伤，控制面板或系统界面上所设置的功能键应能完成该键指令下的功能。

6.2 标识

α 、 β 表面污染仪应具有生产厂家、规格型号、出厂编号以及接线端口等清晰标识。

7 计量器具控制

7.1 检定条件

7.1.1 计量标准

(1) α 标准平面源：表面发射率范围 $(10^3 \sim 10^5) / (\text{min} \cdot 2\pi\text{sr})$ ，相对扩展不确定度不超过 5 % ($k=2$)；平面源表面发射率的不均匀性不超过 10 %。

参考核素：²⁴¹Am，²³⁹Pu。

(2) β 标准平面源：表面发射率范围 $(10^4 \sim 10^6) / (\text{min} \cdot 2\pi\text{sr})$ ，相对扩展不确定度不超过 5 % ($k=2$)；平面源表面发射率的不均匀性不超过 10 %。

参考核素：²⁰⁴Tl，³⁶Cl。

如果探测器用于测量最大能量小于 200 keV 的 β 粒子，参考核素为¹⁴C。

(3) 其他检定用设备

定位支架：定位偏差不得超过 $\pm 0.5 \text{ mm}$ 。

7.1.2 环境条件

(1) 环境温度： $(15 \sim 30)^\circ\text{C}$ ；

(2) 相对湿度：不大于 75 %；

- (3) 环境 γ 本底辐射小于 $0.25\ \mu\text{Gy/h}$;
- (4) 周围无明显影响正常工作的机械振动和电磁干扰。

7.2 检定项目

α 、 β 表面污染仪首次检定、后续检定和使用中检查项目见表 2。

表 2 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检查
外观及标识	+	—	—
本底计数率	+	+	+
表面发射率响应	+	+	+
重复性	+	+	+
相对固有误差	+	+	—

注：“+” 为需检定的项目，“—” 为不需检定的项目。

7.3 检定方法

7.3.1 外观及标识

目测与通电检查 α 、 β 表面污染仪是否满足第 6 章的要求。

7.3.2 本底计数率

开机预热，连续测量本底计数率至少 10 次，取其算术平均值。

7.3.3 表面发射率响应

分别用 α 、 β 系列标准平面源测定 α 、 β 表面污染仪对 α 、 β 粒子的响应。检定测量时，探测器窗与标准平面源应保持平行，标准平面源活性区面积应覆盖探测器窗。 α 标准平面源距探测器窗表面距离为 5 mm， β 标准平面源距探测器窗表面距离为 10 mm。

用 α 、 β 表面污染仪依次分别对 α 、 β 系列标准源测量，每一系列标准源至少包括 3 个相邻量级的标准源，每一个标准源重复读数不少于 5 次，取平均值。 α 、 β 表面污染仪扣除本底后的净计数，与探测器窗对应的标准平面源活性区面积上表面发射率的商，即为被检仪器的表面发射率响应，按公式 (1) 和公式 (2) 计算。

$$R_{ij} = \frac{\overline{N}_{ij} - N_{ib}}{q_{ijs}}$$

(1)

式中：

- R_{ij} ——被检仪器对 i 系列标准源中第 j 个源的表面发射率响应，无量纲；
- \overline{N}_{ij} ——被检仪器对 i 系列标准源中第 j 个标准源的读数平均值， s^{-1} ；
- N_{ib} ——被检仪器对 i 放射性的本底计数率， s^{-1} ；
- q_{ijs} —— i 系列标准源中第 j 个源与探测器窗对应面积上的表面发射率， s^{-1} 。

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^n R_{ij}}{n}$$

(2)

式中：

R_i ——被检仪器对 i 放射性的表面发射率响应，无量纲；

n ——被检仪器测量 i 系列标准源的个数， $n \geq 3$ 。

7.3.4 重复性

用 α 、 β 表面污染仪分别对表面发射率约为 $10^4 / (\text{min} \cdot 2\pi\text{sr})$ 的 α 、 β 系列标准源连续重复测量 10 次，被检仪器的重复性以相对实验标准差表示，按公式 (3) 计算。

$$V_i = \frac{1}{\overline{N}_i} \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^n (N_{im} - \overline{N}_i)^2}{n-1}} \quad (3)$$

式中：

V_i ——被检仪器的重复性，%；

N_{im} ——被检仪器对 i 放射性标准源的第 m 个读数， s^{-1} ；

\overline{N}_i ——被检仪器对 i 放射性标准源的读数平均值， s^{-1} ；

n ——被检仪器对 i 放射性标准源的测量次数， $n=10$ 。

7.3.5 相对固有误差

由 7.3.2 测定的 α 、 β 表面污染仪的表面发射率响应，按公式 (4) 计算各检定测量点的相对固有误差。

$$E_{ij} = \frac{R_{ij} - R_i}{R_i} \times 100\% \quad (4)$$

式中：

E_{ij} ——被检仪器测量 i 放射性时第 j 个测量点的相对固有误差，%。

取 E_{ij} 中绝对值最大者为仪器对 i 放射性的相对固有误差 (E_i)。

判定相对固有误差检定结果应考虑标准平面源的不均匀性。如果 α 、 β 表面污染仪相对固有误差检定结果同时满足：

1) 相对固有误差 E 的测量结果不超过 $\pm 35\%$ ；

2) 任意两个检定测量点相对固有误差 E_i 的测量值之差不超过 $\pm 50\%$ 。

则判定为符合相对固有误差的技术要求。

7.4 检定结果的处理

按本规程检定合格的 α 、 β 表面污染仪发给检定证书 (推荐内页格式见附录 B)；检定结果中有一项不符合本规程的技术要求即为检定不合格，检定不合格的 α 、 β 表面污染仪发给检定结果通知书 (推荐内页格式见附录 C)，并注明不合格项目。

7.5 检定周期

α 、 β 表面污染仪的检定周期一般不超过 1 年。

附录 A

检定记录推荐格式

1. 被检仪器信息：型号_____；器号_____；制造厂_____
2. 检定环境条件：温度_____；相对湿度_____；其他_____
3. 检定结果
- (1) 本底计数率

测量挡	仪器读数 N_b (s^{-1} 或 min^{-1})										\overline{N}_b
α											
β											

- (2) 表面发射率响应、重复性、相对固有误差

测量挡	标准源 编号/ 量值	仪器读数 N_{ij} (s^{-1} 或 min^{-1})					\overline{N}_{ij} σ_{n-1}	$\overline{N}_{ij}-\overline{N}_{ib}$	R_{ij}	R_i E_i V_i
α										
β										

附录 B

检定证书内页信息及推荐格式

测量挡	本底计数率 s^{-1}	表面发射率响应	相对固有误差 %	重复性 %
α				
β				

附录 C

检定结果通知书内页信息及推荐格式

测量挡	本底计数率 s^{-1}	表面发射率响应	相对固有误差 %	重复性 %
α				
β				

其中，_____的检定结果不符合检定规程的技术要求（该项目的技术要求为_____），故判定为检定不合格。

附录 D

表面活度响应及其计算方法

α 、 β 表面污染仪对标准平面源的计数率除以标准平面源单位面积的活度即为 α 、 β 表面污染仪的表面活度响应 ($\text{s}^{-1}\text{Bq}^{-1}\text{cm}^2$)。

$$R_a = \frac{\overline{N} - N_b}{A_s} \quad (\text{D. 1})$$

式中：

R_a —— α 、 β 表面污染仪的表面活度响应， $\text{s}^{-1}\text{Bq}^{-1}\text{cm}^2$ ；

\overline{N} —— α 、 β 表面污染仪对标准平面源的计数率， s^{-1} ；

N_b —— α 、 β 表面污染仪的本底计数率， s^{-1} ；

A_s ——标准平面源单位面积的活度， Bq/cm^2 。

实际应用时，以计数率显示的 α 、 β 表面污染仪读数除以其表面活度响应，即可得到被测对象单位面积上的放射性活度 (Bq/cm^2)。

α 、 β 标准平面源的量值为表面发射率，在实际应用中通过“平面源效率 ϵ ”将表面发射率与放射性活度相联系：

放射性活度 $A = \text{表面发射率 } q / \text{平面源效率 } \epsilon$

平面源效率 ϵ 与粒子类型、平面源基材、平面源的制作方法等众多因素相关，其准确值需要通过实验方法获得。通常情况下平面源效率 ϵ 常用的推荐值为：

对于 α 平面源， $\epsilon(\alpha) = 0.51$ ；

对于 β 平面源， $\epsilon(\beta) = 0.62$ 。

根据 α 、 β 表面污染仪的表面发射率响应 R_q ，可按公式 (D. 2) 计算其表面活度响应 R_a ：

$$R_a = R_q \cdot s \cdot \epsilon \quad (\text{D. 2})$$

式中：

R_a —— α 、 β 表面污染仪的表面活度响应， $\text{s}^{-1}\text{Bq}^{-1}\text{cm}^2$ ；

R_q —— α 、 β 表面污染仪的表面发射率响应；

s —— α 、 β 表面污染仪探测器窗面积， cm^2 ；

ϵ ——测量表面发射率响应所用标准平面源的效率， $\text{s} \cdot \text{Bq}^{-1}$ 。

附录 E

校准因子的测量方法

对于显示单位中包括 Bq/cm^2 的 α 、 β 表面污染仪，可分别用 α 、 β 系列标准平面源测定 α 、 β 表面污染仪对标准平面源相应核素的校准因子 K ，测量条件同 7.3.2。根据附录 D 中的平面源效率 ϵ 推荐值，由标准平面源的面积和表面发射率计算其单位面积活度值，计算 α 、 β 表面污染仪对于标准平面源相应核素的校准因子。

$$k_{ij} = \frac{A_{ijs}}{M_{ij} - M_{ib}} \quad (\text{E. 1})$$

式中：

k_{ij} —— α 、 β 表面污染仪对 i 系列标准源中第 j 个源的校准因子，无量纲；

A_{ijs} —— i 系列标准源中第 j 个源的单位面积活度， Bq/cm^2 ；

\overline{M}_{ij} —— α 、 β 表面污染仪对 i 系列标准源中第 j 个标准源的读数平均值， Bq/cm^2 ；

M_{ib} —— α 、 β 表面污染仪对 i 放射性的本底读数， Bq/cm^2 。

$$k_i = \frac{\sum_{j=1}^n k_{ij}}{n} \quad (\text{E. 2})$$

式中：

k_i —— α 、 β 表面污染仪对 i 放射性的校准因子，无量纲；

n —— α 、 β 表面污染仪测量 i 系列标准源的个数， $n \geq 3$ 。