JJF

**中华人民共和国国家计量技术规范**

 **JJF**1266**－XXXX**

**行人与行李放射性监测装置**

**校准规范**

Calibration Specificationfor Pedestrian & Luggage

Radioactivity Monitoring System

（征求意见稿）

××××－××－×× 发布 ××××－××－×× 实施

**国家市场监督管理总局 发 布**

行人与行李放射性监测装置校准规范

JJF1266 - ××××

替代JJF1266-2010

Calibration Specification for Pedestrian &

Luggage Radioactivity Monitoring System

归口单位：全国电离辐射计量技术委员会

起草单位：上海市计量测试技术研究院

 中华人民共和国海关总署

本规范由全国电离辐射计量技术委员会负责解释

**本规范起草人：**

陆小军 (上海市计量测试技术研究院)

唐方东 (上海市计量测试技术研究院)

戴 雨 （中华人民共和国海关总署）

何林锋 (上海市计量测试技术研究院)

**目录**

[引言 I](#_Toc131439712)

[1范围 1](#_Toc131439713)

[2引用文献 1](#_Toc131439714)

[3 术语和计量单位 1](#_Toc131439715)

[3.1术语 1](#_Toc131439716)

[3.2 计量单位 2](#_Toc131439717)

[4 概述 2](#_Toc131439718)

[5 计量特性 3](#_Toc131439719)

[5.1活度响应 3](#_Toc131439720)

[5.2核素识别率 3](#_Toc131439721)

[5.3中子指示 3](#_Toc131439722)

[6 校准条件 3](#_Toc131439723)

[6.1环境条件： 3](#_Toc131439724)

[6.2 测量标准 3](#_Toc131439725)

[6.3 其他校准用设备 4](#_Toc131439728)

[7校准项目和校准方法 4](#_Toc131439729)

[7.1活度响应 4](#_Toc131439730)

[7.2探测器对不同能量γ放射性核素的响应 6](#_Toc131439731)

[7.3重复性 6](#_Toc131439732)

[7.4活度响应非线性 7](#_Toc131439733)

[7.5活度响应一致性 7](#_Toc131439734)

[7.6 中子指示 8](#_Toc131439735)

[7.7 γ辐射报警性能 8](#_Toc131439736)

[7.8静态模式下核素识别 9](#_Toc131439737)

[7.9动态核素识别与报警性能 9](#_Toc131439738)

[8校准结果表述 10](#_Toc131439739)

[9复校时间间隔 10](#_Toc131439740)

[附录A](#_Toc131439741)[中子注量与中子周围剂量当量率的转换方法 11](#_Toc131439742)

[附录B](#_Toc131439743)[行人与行李放射性监测装置活度响应测试点示意图 12](#_Toc131439744)

[附录C](#_Toc131439745)[通道式行人/行李放射性监测装置活度响应一致性测量示意图 13](#_Toc131439746)

[附录D](#_Toc131439747)[行人与行李放射性监测装置探测区域及核素识别测试点示意图 14](#_Toc131439748)

[附录E](#_Toc131439749)[行人与行李放射性监测装置校准记录推荐格式 15](#_Toc131439750)

[附录F](#_Toc131439751)[行人与行李放射性监测装置校准证书内页内容 20](#_Toc131439752)

[附录G](#_Toc131439753)[活度响应测量结果的不确定度评定示例 23](#_Toc131439754)

引言

本规范按照JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》编写。

本规范的修订以GB/T 31836-2015/IEC 62484:2010辐射防护仪器用于探测和识别非法放射性物质运输的基于谱分析的门式监测装置、GB/T 24246-2009放射性物质与特殊核材料监测装置、IEC 62244 （Radiation protection instrumentation Installed radiation monitors for the detection of radioactive and special nuclear materials at national borders）国家边境放射性和特殊核材料探测用辐射防护监测仪为主要技术参考。

与JJF1266-2010相比，除编辑性修改外，本次修订主要技术变化如下：

1. 对行人与行李放射性监测装置进行了分类，适用范围中增加核素识别型以及具有中子辐射探测功能的行人与行人放射性监测装置，适用于传送带式邮包、物料等的放射性监测装置；
2. 增加术语“中子指示”和“核素识别率”；
3. 计量特性中增加“中子指示”、“核素识别率”；
4. 测量标准中增加133Ba、226Ra核素γ放射性参考源，其他校准用设备中增加中子源；
5. 校准项目中删除了“参考探测限”；
6. 对于具有中子辐射探测功能的行人与行人放射性监测装置，增加了校准项目 “中子指示”及相应的测试方法；
7. 对于核素识别型行人与行李放射性监测装置，增加了校准项目“核素识别率”及相应的校准方法；
8. 修改了 “活度响应”的校准测量方法；
9. “动态检测”改为“报警性能”和“动态核素识别与报警性能”，并修改了“漏报警率”的计算公式及检测次数，并增加了中子辐射报警性能检测内容。

JJF1266-2010 行人与行李放射性监测装置校准规范于2010年发布。

本次修订为首次修订。

行人与行李放射性监测装置校准规范

# 1范围

本规范适用于可探测光子能量40keV以上的γ辐射、热中子~20MeV的中子辐射的核素识别型和非核素识别型行人与行李放射性监测装置，包括通道（门）式、单探测立柱式行人放射性监测装置和传送带式行李放射性监测装置等。

本规范不适用于放射性工作场所在线报警装置。

# 2引用文献

本规范引用下列文献：

* 1. JJF1001-2011 通用计量术语及定义
	2. GB/T 24246-2009放射性物质与特殊核材料监测装置
	3. GB/T 31836-2015/IEC 62484:2010辐射防护仪器用于探测和识别非法放射性物质运输的基于谱分析的门式监测装置
	4. IEC62244 Radiation protection instrumentation-Installed radiation monitors for the detection of radioactive and special nuclear materials at national borders

IEC 62244 国家边境放射性和特殊核材料探测用辐射防护监测仪

* 1. IAEA Nuclear Security Series No.1 [Printed by IAEA in Austria, March 2006] Technical and Functional Specifications for Border Monitoring Equipment, Part 4.3.2 .

IAEA核安全系列之一，边境监测设备技术规范第4.3.2部分（奥地利出版，2006.3）

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）适用于本规范。

# 术语和计量单位

## 3.1术语

JJF1001-2011、GB/T 24246-2009、GB/T 31836-2015界定的及以下术语和定义适用于本规范

* + 1. 本底计数率background count rate

单位时间内监测装置探测到的由宇宙射线和环境中天然放射性引起的计数。

* + 1. 活度响应activity response

探测器对参考测量点γ放射性核素活度的响应。在测量范围内各探测器活度响应的总和为该放射性监测装置的活度响应。

* + 1. 活度响应非线性nonlinear of activity response

在测量范围内，探测器的活度响应与活度响应平均值的相对偏差。

* + 1. 探测区域detection zone

监测装置可以探测到放射性物质的一定空间范围。对于双侧监测装置，探测区域为对立的探测立柱之间的一定区域；对于单侧监测装置，探测区域为距离探测立柱探测面的一定区域。

* + 1. 活度响应一致性uniformity of activity response

在探测区域内，距监测装置探测面一定距离，垂直于地面方向上γ活度响应随高度的相对变化，此变化程度是指各参考点的活度响应与活度响应平均值的最大相对偏差，用百分数表示。

* + 1. 核素识别率identification rate of radionuclides

行人与行李放射性监测装置对γ放射性核素的辨别能力。确定的测量模式下，行人与行李放射性监测装置的核素识别率用监测装置正确识别γ放射性核素的次数与测试次数的比值表示。

* + 1. 中子指示 neutron indicate

在受到一定强度和能量范围内的中子照射时，中子探测器以计数和/或声光指示中子的存在。

## 3.2 计量单位

3.2.1本底计数率：每秒计数，符号：s-1。

3.2.2 [放射性]活度：贝可[勒尔]；符号：Bq。

* + 1. 中子强度：每秒计数，符号：s-1。

# 概述

行人与行李放射性监测装置由辐射探测器、电子学信号处理模块和监控报警模块组成，常用的γ辐射探测器为塑料闪烁体和NaI晶体，中子探测器为3He中子管。行人与行李放射性监测装置主要应用于机场、出入境口岸、国际邮件中心及核电站等场所，适用于对过往行人、行李、邮包的γ和中子放射性进行现场实时监测。

# 计量特性

## 5.1活度响应

非核素识别型行人与行李放射性监测装置γ辐射探测器对137Cs核素的活度响应通常不低于8×10-4 s-1·Bq-1。

## 5.2核素识别率

5.2.1 单一放射性核素的识别率

静态模式下，核素识别型行人与行李放射性监测装置对单一放射性核素的识别率通常不低于80%。

5.2.2 混合放射性核素的识别率

静态模式下，核素识别型行人与行李放射性监测装置对混合放射性核素的识别率通常不低于80%。

## 5.3中子指示

对于热中子~20MeV的中子辐射，在（12000±20%）/s的中子强度范围内，门式行人与行李放射性监测装置中子探测器对置于探测区域参考点处的中子源计数率通常不低于8/s。

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

# 校准条件

## 6.1环境条件：

6.1.1 温度：0℃～40℃。

6.1.2 相对湿度：≤ 93 %。

6.1.3无影响监测装置正常工作的震动和电磁场干扰。

## 测量标准

校准行人与行李放射性监测装置的测量标准为γ放射性参考源，推荐核素及活度见表1，相对扩展不确定度不超过5 %（*k*=2）。

γ放射性参考源为点源或活性体不大于Φ5mm×5mm的固体源。

表1推荐使用的γ放射性参考源核素及其活度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 核素 | γ射线能量 (keV) | 活度(Bq) |
| 241Am | 59.5keV | （2.0~3.0）×106 |
| 137Cs | 661.7keV | （0.09~1.0）×106 |
| 60Co | 1.25MeV(平均能量） | （0.4~2.0）×105 |
| 133Ba | 356keV(主要γ射线) | （2.5~4.0）×105 |
| 226Ra | 1.76MeV(主要γ射线) | （2.5~3.5）×105 |

## 6.3 其他校准用设备

6.3.1中子源

行人与行李放射性监测装置中子指示测试用中子源见表2。

中子源宜采用裸源，中子强度为（3×103～2.0×104）s-1 ，对应于在带10cm聚乙烯慢化层的球型中子周围剂量当量率仪表面产生的中子周围剂量当量率不小于10uSv/h。

表2推荐使用的中子源及相关参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 核素 | 按注量计算的平均中子能量 (MeV) | 平均中子注量-周围剂量当量的转换系数（pSv·cm2） |
| 241Am-Be | 4.16 | 391 |
| 252Cf | 2.13 | 385 |
| D(d,n)3He | 2.8 | 413 |
| T(d,n)4He | 14.8 | 536 |

中子注量与中子周围剂量当量率的换算见附录A。

6.3.2 测距与定位装置

用于γ放射性参考源和中子源的准确定位，并测定其与行人与行李放射性监测装置探测器的距离，测距误差不超过5mm。

# 7校准项目和校准方法

## 7.1活度响应

行人与行李放射性监测装置开机预热至稳定状态，作本底计数率测量，取10次读数的平均值作为该监测装置的本底计数率。用137Cs核素参考源测量行人与行李放射性监测装置的活度响应，在（104～106）Bq活度范围内选择不少于3个校准测量点，最低活度不超过1×105Bq，最高活度不小于6×105Bq。

### 7.1.1 通道（门）式行人与行李放射性监测装置

将137Cs核素γ参考源依次放置在监测装置的一组探测器几何中心连线的中点上进行测量（见附录B.1），每个探测器重复读数10次，取平均值。按式（1）计算每个探测器的活度响应，按式（2）对各探测器的活度响应进行相加，总和即为该通道式放射性监测装置对137Cs参考源的活度响应。

  （1）

式中：$\overline{N}\_{ij}$— 第*j*个参考源校准点第*i*个探测器的计数平均值， s-1；

$\overline{N}\_{ib}$— 第*i*个探测器的本底计数平均值， s-1；

$A\_{j}$—第j个参考源的活度值，Bq；

$R\_{ij}$—第*i*个探测器的第j个校准点的活度响应，s-1·Bq-1。

第i个探测器的活度响应：

 （2）

行人与行李放射性监测装置的活度响应：

 （3）

式中：*n*— 探测器个数，通常为2；

*R* — 行人与行李放射性监测装置的活度响应，s-1·Bq-1。

对于总计数型通道式行人与行李放射性监测装置，则以装置监测到的总计数率参照式（1）和式（2）进行计算，所得活度响应即为该监测装置的活度响应，以下校准项目类同。

### 7.1.2 单侧探测立柱式行人与行李放射性监测装置

在探测区域内（见附录B.2），将各参考源依次放置在通过探测器几何中心并垂直于探测器平面的水平线上距探测器150cm处，重复测量10次，取示值平均值，按式（4）计算各校准点的活度响应，按式（5）计算各校准点活度响应的平均值，即为该监测装置的活度响应。

  （4）

式中：**— 第j个参考源校准点监测装置计数平均值， s-1；

 **— 监测装置本底计数平均值， s-1；

 *A*j — 第j个参考源的活度值，Bq；

 *R*j — 监测装置的第j个校准点的活度响应，s-1Bq-1。

 （5）

式中： n— 参考源校准点数；

 *R*— 监测装置的活度响应，s-1Bq-1。

### 7.1.3 传送带式放射性监测装置（行李或货包）

根据监测对象的不同，探测器安装方式主要有以下3种：①安装在传送带侧面；②安装在传送带正上方；③安装在传送带正下方。

对于安装方式①，参照7.1.1.1和7.1.1.2规定的方法，进行活度响应的测量。

对于安装方式②，将各参考源依次放置于探测器下方，通过探测器几何中心并垂直于探测器平面的延长线上距离探测器表面中心100cm处，重复测量10次，取示值平均值，按式（3）计算监测装置的活度响应；当探测器表面与传送带的距离小于100cm时，将各参考源依次放置于延长线与传送带的交点处进行测量。

对于安装方式③，将各参考源依次放置于探测器上方，通过探测器几何中心并垂直于探测器平面的延长线上100cm高处，重复测量10次，取示值平均值，按式（3）计算监测装置的活度响应。

## 7.2探测器对不同能量γ放射性核素的响应

按7.1规定的方法，分别测量探测器对60Co γ参考源和241Amγ参考源的活度响应，60Co和241Am核素 γ参考源活度参见表1。

## 7.3重复性

按7.1.1、7.1.2、7.1.3规定的测量方法，装置各探测器分别测量活度值约为1×105Bq 的137Cs核素γ参考源，重复测量10次，按式（6）计算每个探测器的单次测量相对实验标准差，取其中较大者为该行人与行李放射性监测装置的重复性。

 （6）

式中：—监测装置第i个探测器的读数，s -1；

—监测装置第i个探测器读数的算术平均值，s -1；

*V*—重复性，%。

## 7.4活度响应非线性

由7.1测得的行人与行李放射性监测装置各探测器对不同活度137Cs核素γ参考源的响应$R\_{ij}$、探测器的活度响应*R*i，按式（7）和式（8）计算其活度响应非线性，取绝对值最大者为该行人与行李放射性监测装置的活度响应非线性。

 （7）

 （8）

式中：*R*ij—第i个探测器在第j个校准点的活度响应，s-1·Bq-1；

 *R*i — 第i个探测器的活度响应，s-1·Bq-1；

 *L*i— 第i个探测器的活度响应非线性，%；

 *L*—放射性监测装置的活度响应非线性，%。

## 7.5活度响应一致性

在探测区域内（见附录C）参考线上均匀选择5个参考校准点，以适当活度的137Cs核素为参考源，计算各个校准点上监测装置的活度响应，按式（9）计算活度响应一致性。

 （9）

式中：*Rj* — 监测装置第j个校准点的活度响应，s-1Bq-1；

— 监测装置各校准点平均活度响应，s-1Bq-1；

*Y* —行人/行李放射性监测装置的活度响应一致性，%。

对于传送带式放射性监测装置，探测区域应覆盖传送带宽度及被监测物品的最大高度。

## 7.6 中子指示

选择强度为（3×103～2.0×104）s-1的中子源(贴近中子源处中子周围剂量当量率大于10 μSv/h)，放置于行人与行李放射性监测装置每组中子探测器探测区域的几何中心点（见附录A），观察并记录受到中子照射时，监测装置的中子计数率，每个探测器重复测试5次，求示值平均值。

监测装置的中子指示能力由其对中子源的声光报警指示以及计数率示值平均值体现。声光指示通过将中子源置于监测装置中子探测器检测通道的几何中心垂直线上距离地面1m高处，以1.2m/s的速度通过检测通道，重复20次，观察监测装置的示值大于报警阈值时，是否有声光报警指示，按式（10）计算漏报警率。

 （10）

式中：*N*p—报警次数；

*N*—试验次数；

*E*—漏报警率，%。

当行人与行李放射性监测装置中仅有单个中子探测器时，中子源应置于探测区域内距中子探测器几何中心水平距离1.5m处进行测试。

注：也可以采用生产厂家提供的方法或者国际公认的方法测试行人与行李放射性监测装置对中子辐射的报警响应。

## 7.7 γ辐射报警性能

本项目适用于非核素识别型行人与行李放射性监测装置。选择活度值约为105Bq的137Cs参考源，置于行人与行李放射性监测装置检测通道几何中心垂直线上距地面1m高处*，*以1.2m/s的速度通过检测通道，记录监测装置对γ辐射的报警响应，重复20次，按式（10）计算漏报警率。当行人与行李放射性监测装置的检测通道宽度大于2m或为单侧探测立柱时，γ参考源应在距一侧探测器平面水平距离为1.0m、距地面1.0m高的直线上经过通道。

对于安装在传送带侧面的放射性监测装置，参照上述方法。

对于安装在传送带上方的放射性监测装置，137Cs核素γ参考源应置于传送带上表面宽度1/2处，以1.2m/s的速度通过放射性监测装置，记录装置对γ辐射的报警响应，重复20次，按式（10）计算漏报警率；

对于安装在传送带下方的放射性监测装置，137Cs核素γ参考源应置于传送带宽度中心的上方，距离探测器平面100cm高处，以1.2m/s的速度通过放射性监测装置，记录装置对γ辐射的报警响应，重复20次，按式（10）计算漏报警率。

## 7.8静态模式下核素识别

适用于核素识别型行人与行李放射性监测装置。

在137Cs、60Co、241Am和133Ba等放射性核素中选择至少两种γ放射性核素参考源对核素识别型通道式放射性监测装置进行能量刻度。

### 7.8.1单一放射性核素识别

推荐核素及活度见表1。

在通过核素识别型行人与行李放射性监测装置一组探测器几何中心连线的中点、垂直于地面的方向上，选定至少3个核素识别测试点，应覆盖监测装置的探测区域（见附录D）。将各γ参考源依次放置在每个测试点连续识别10次，相邻两次识别间隔不小于10s，根据式（11）计算核素识别率。

 （11）

式中：*N*id— 监测装置在第*i*个核素识别测试点正确识别的次数；

*N*i—在第*i*个测试点进行测试的次数；

*Y*i— 监测装置在*i*测试点的单一核素识别率；

对于单侧立柱式或传送带式放射性监测装置，则在其探测区域内选定至少3个核素识别测试点进行测试，测试点应覆盖监测装置的探测区域（见附录D），然后根据式（11）计算核素识别率。

7.8.2混合放射性核素的识别

推荐采用133Ba和226Ra核素参考源，活度值参考表1。将133Ba和226Ra参考源组合后，按7.8.1中规定的方法进行混合放射性核素的识别测量。

## 7.9动态核素识别与报警性能

## 适用于核素识别型行人与行李放射性监测装置。

7.9.1单一放射性核素识别及报警响应

推荐采用241Am、137Cs和60Co等核素，活度值参考表1。参照7.7.1的方法，以1.2m/s的速度通过检测通道，记录装置的核素识别及报警响应，重复20次，按式（11）计算动态检测条件下核素识别率，按式（10）计算漏报警率。

7.9.2混合放射性核素的识别及报警响应

推荐采用133Ba和226Ra核素，活度值参考表1。将133Ba和226Ra参考源组合后，参照7.7.1的方法，以1.2m/s的速度通过检测通道，记录装置的核素识别及报警响应，重复20次，按式（11）计算动态检测条件下核素识别率，按式（10）计算漏报警率。

# 8校准结果表述

按本规范进行校准，出具校准证书，校准证书内页格式见附录E、附录F；校准结果应给出活度响应测量结果的不确定度（评定示例见附录G、附录H）。

# 9复校时间间隔

建议复校时间间隔为12个月。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等多种因素所决定的，因此，送校单位可根据实际使用情况自主确定复校时间间隔。

# 附录A

# 中子注量与中子周围剂量当量率的转换方法

中子源强度量值可参照JJF852-2019《中子周围剂量当量（率）仪检定规程》7.3.3、附录A、附录D、附录E及附录F，采用球型周围剂量当量率仪在满足辐射场空间要求条件下，对散射、空气衰减及中子源各向异性因子进行修正后，近似估算得到。

估算公式如下：



其中，

—中子源强度（即中子源在单位时间内4π立体角内发射的总中子数），单位s-1;

—中子源的角源强，单位s-1;

—中子源的各向异性修正因子，测量时建议在=90℃时进行；

—中子源到球型周围剂量当量率仪探测器中心之间的距离，单位cm；

—球型周围剂量当量率仪探测器中心位置处的注量率，单位cm-2（cm-2·s-1）；

—球型中子周围剂量率仪扣除散射中子的贡献后的读数，单位Sv·h-1；

—中子剂量当量响应，无量纲；

—中子注量到周围剂量当量转换系数，单位pSv·cm2；

# 附录B

# 行人与行李放射性监测装置活度响应测试点示意图



图B.1通道（门）式行人与行李放射性监测装置活度响应测试点示意图



图B.2单侧立柱式行人与行李放射性监测装置活度响应测试点示意图

注1：D为通道式放射性监测装置的检测通道探测区域的宽度，m。

注2：图中阴影处为探测器的支架部分

# 附录C

# 通道式行人/行李放射性监测装置活度响应一致性测量示意图



注：图中1～5双箭头与通道方向平行，分别通过参考线的底端、中下位置、中心、中上位置和顶端。中下位置是指底端与中心之间的中点位置；中上位置是指顶端与中心之间的中点位置。

# 附录D

# 行人与行李放射性监测装置探测区域及核素识别测试点示意图



注1：D为通道式放射性监测装置的检测通道探测器之间的距离，m。

注2：图中“1”、“2”、“3”处为核素识别测试点

注3：图中阴影处为探测器的支架部分

附录E

行人与行李放射性监测装置校准记录推荐格式

E.1本底

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 探测器编号 | 测得值（s-1） | 平均值（s-1） |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

E.2活度响应、重复性、非线性

探测器编号： 位置：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 核素 | 活度Bq | 测得值（s-1） | 平均值（s-1） | 活度响应（s-1·Bq-1） |
| 137Cs |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 137Cs |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 137Cs |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 60Co |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 241Am |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 137Cs活度响应（s-1·Bq-1） |  |
| 重复性（%） |  |
| 响应非线性（%） |  |

探测器编号： 位置：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 核素 | 活度Bq | 测得值（s-1） | 平均值（s-1） | 活度响应（s-1·Bq-1） |
| 137Cs |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 137Cs |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 137Cs |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 60Co |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 241Am |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 137Cs活度响应（s-1·Bq-1） |  |
| 重复性（%） |  |
| 响应非线性（%） |  |

E.3 探测器响应一致性

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量点 | 1： | 2： | 3： | 4： | 5： |
| 探测器编号： 对参考源的读数（s-1） |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |
| 探测器编号：对参考源的读数（s-1） |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 平均值 |  |  |  |  |  |

E.4中子指示

E.4.1 中子响应情况

中子探测器编号： 位置：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 中子参考源 | 强度（s-1） | 测得值（s-1） | 平均值（s-1） |
| 本底 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

中子探测器编号： 位置：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 中子参考源 | 强度（s-1） | 测得值（s-1） | 平均值（s-1） |
| 本底 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |

E.4.2中子动态报警情况

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 中子参考源 | 动态报警情况 | 漏报警率（%） |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

E.5 γ辐射报警性能

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参考源 | 动态报警情况 | 漏报警率（%） |
| γ辐射：137Cs |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

E.6静态模式下核素识别率（适用于核素识别型行人与行李放射性监测装置）

E.6.1单一放射性核素的识别率

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 核素 | 位置 | 核素识别情况 | 识别率（%） |
| 241Am | 1 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 137Cs | 1 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 60Co | 1 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

E.6.2混合放射性核素的识别率

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 混合核素 | 位置 | 核素识别情况 | 识别率（%） |
| 133Ba + 226Ra | 1 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

E.7动态核素识别与报警性能（适用于核素识别型行人与行李放射性监测装置）

E.7.1单一放射性核素的识别率

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 核素 | 核素识别情况 | 识别率*P*（%） | 漏报警率（%） |
| 241Am |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 137Cs |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
| 60Co |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

E.7.2混合放射性核素的识别率

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 核素 | 核素识别情况 | 识别率*P*（%） | 漏报警率（%） |
| 133Ba + 226Ra |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

附录F

行人与行李放射性监测装置校准证书内页内容

F.1校准证书内页至少应包括下列信息：

F.1.1 所用计量标准的名称、型号和编号

F.1.2 校准时所使用的参考源核素名称和活度范围

F.1.3 校准时的环境条件

F.1.4 校准结果

(1)活度响应

(2)中子指示（适用于带中子探测器的行人与行李放射性监测装置）

(3)重复性

(4)活度响应非线性

(5)活度响应一致性

(6)报警性能（适用于非核素识别型行人与行李放射性监测装置）

(7)静态模式下核素识别率（适用于核素识别型行人与行李放射性监测装置）

(8)动态核素识别与报警性能（适用于核素识别型行人与行李放射性监测装置）

F.2 校准证书结果内页推荐格式

校准结果：

F.2.1活度响应

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 探测器编号 | 1 | 2 | ∑ |
| 活度响应*R*(×10-3s-1Bq-1) | 137Cs |  |  |  |
| 60Co |  |  |  |
| 241Am |  |  |  |

F.2.2重复性

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 探测器编号 | 1 | 2 | 放射性监测装置 |
| 重复性*V*（%） |  |  |  |

F.2.3 活度响应非线性和一致性

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 探测器编号 | 1 | 2 | 放射性监测装置 |
| 活度响应非线性（%） |  |  |  |
| 活度响应一致性（%） |  |  |  |

F.2.4 中子指示

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 探测器编号 | 中子强度（s-1） | 中子读数（s-1） | 中子漏报率（%） |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |

F.2.5 γ辐射报警性能（适用于非核素识别型行人与行李放射性监测装置）

选择活度值约为1×105Bq的137Cs参考源，置于通道中心线上距地面1m处，以1.2m/s的速度通过监测装置的检测通道，检查装置对γ辐射报警响应或中子辐射报警响应，重复试验20次。检测结果表明，该装置能正常报警，γ辐射漏报率为 %。

 见续页。

F.2.6 静态模式下核素识别率（适用于核素识别型行人与行李放射性监测装置）

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 核素 | 空间位置 | 核素识别率% | 核素 | 空间位置 | 核素识别率% |
| 137Cs | 上 |  | 60Co | 上 |  |
| 中 |  | 中 |  |
| 下 |  | 下 |  |
| 241Am | 上 |  | 226Ra+133Ba | 上 |  |
| 中 |  | 中 |  |
| 下 |  | 下 |  |

F.2.7 动态核素识别及γ辐射报警性能（适用于核素识别型行人与行李放射性监测装置）

将241Am、137Cs、60Co参考源及133Ba和226Ra的混合参考源分别置于通道中心线上距地面1m处，以1.2m/s的速度通过检测通道，检查监测装置的核素识别及报警性能，重复试验20次，动态检测结果如下：

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 核素 | 137Cs | 241Am | 60Co | 226Ra+133Ba |
| 核素识别率% |  |  |  |  |
| 漏报警率% |  |  |  |  |

校准结果内容结束。

附录G

活度响应测量结果的不确定度评定示例

G.1概述

G.1.1环境条件：温度：（0～40）°C，相对湿度：<93 % RH，周围环境剂量当量率不超过0.25μSv/h

G.1.2 测量标准：点状γ放射性参考源，核素： 137Cs，活度为93kBq, *U*rel=3.5% （*k*=2）。

G.1.3 被测对象：行人与行李放射性监测装置，活度响应。

G.1.4 测量方式：利用γ放射性参考源校准行人与行李放射性监测装置，监测装置扣除本底后的净计数率（s-1），除以γ放射性参考源活度值（Bq），即可得到被校准行人与行李放射性监测装置的活度响应（s-1·Bq-1）。

G.1.5 评定结果的使用：在符合上述条件下的测量结果，可使用本方法进行不确定度的评定。

G.2 评定模型

行人与行李放射性监测装置数学模型:

$$R=\frac{N-N\_{b}}{A}$$

式中: *R*－为行人与行李放射性监测装置活度响应，s-1·Bq-1；

*N*－为行人与行李放射性监测装置对γ参考源的示值平均值，s-1；

*Nb*－为行人与行李放射性监测装置的本底计数率，s-1；

*As*－为γ参考源的活度值，Bq。

G.3 输入量的标准不确定度评定

G.3.1输入量*N*的标准不确定度u(*N*)评定

输入量*N*的标准不确定度来源主要是行人与行李放射性监测装置的测量不重复性和参考源与监测装置探头距离位置偏差。前者可以通过连续测量得到测量列，采用A类方法评定，后者可以用实验得到测量值,采用B类方法评定。

G.3.1.1输入量*N*的测量不重复性引入的标准不确定度u(*N*1)的评定

任意选择四台同型号的行人与行李放射性监测装置，在重复条件下对137Cs参考源连续测量10次,监测装置的四组示值见表3-1：

表3-1 四台行人与行李放射性监测装置的连续测量数据

|  |  |
| --- | --- |
| 仪器 | 计数率单位：s-1 |
| 1 | 3819 | 3824 | 3831 | 3854 | 3869 | 3930 | 3903 | 3880 | 3912 | 3873 |
| 2 | 3445 | 3410 | 3403 | 3456 | 3443 | 3528 | 3448 | 3489 | 3521 | 3427 |
| 3 | 4099 | 4125 | 4098 | 4086 | 4103 | 4033 | 4062 | 4071 | 4061 | 4045 |
| 4 | 3152 | 3210 | 3223 | 3201 | 3128 | 3158 | 3163 | 3142 | 3118 | 3192 |

数据处理公式如下：

示值平均值：$\bar{N\_{j}}=\frac{\sum\_{i=1}^{n}N\_{ij}}{n}$…………………(1)

式中：$\bar{N\_{j}}$－第j台仪器示值平均值，s-1；

$N\_{ij}$－第j台仪器单次示值，s-1；

*n*－测量次数。

合并样本标准偏差：$s\_{p}=\sqrt{\frac{\sum\_{j=1}^{m}\sum\_{i=1}^{n}\left(N\_{ij}-\overbar{N\_{j}}\right)^{2}}{m\left(n-1\right)}}$……….(2)

四台监测装置示值的平均值及单次实验标准差处理结果如表3-2：

表3-2 四台行人放射性监测装置示值的平均值及标准差单位：s-1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 仪器 | 平均值（$\overline{N}\_{J}$） | $$\sum\_{i=1}^{n}\left(N\_{ij}-\overbar{N\_{j}}\right)^{2}$$ | $$\sum\_{j=1}^{m}\sum\_{i=1}^{n}\left(N\_{ij}-\overbar{N\_{j}}\right)^{2}$$ | $$s\_{p}$$ |
| 1 | 3859.5 | 9954.5 | 34614.7 | 31.0 |
| 2 | 3437 | 5608 |
| 3 | 4078.3 | 7446 |
| 4 | 3168.7 | 11606.1 |

实际测量时，在重复条件下连续测量10次，其算术平均值的实验标准偏差为：

*u*A($\overline{N}\_{J}$)=$\frac{s\_{P}}{\sqrt{10}}=$9.8（s-1）………….(3)

因此，由输入量*N*的测量不重复性引入的标准不确定度u(*N*1)=9.8（s-1）

G.3.1.2输入量*N*的参考源距离变化引入的标准不确定度*u*(*N2*)的评定

校准时放射性监测装置的探测器几何中心与γ参考源距离应固定在通道中线上（一般通道宽度为1.0m～1.5m之间）。由实验得到探测器几何中心与参考源距离每改变1cm造成计数率*N*的变化，从而可以推算出放射性监测装置校准装置定位不确定度内（相对位移监测偏差：小于0.5cm）计数率*N*的变化，结果见表3-3。

表 3-3 改变探测器几何中心与参考源距离后计数率实测数据（通道宽度1.5m）

|  |  |
| --- | --- |
| 参考源 | 137Cs（活度值：9.3×104Bq） |
| 距离（m） | 1.46 | 1.47 | 1.48 | 1.49 | 1.50 | 1.51 | 1.52 | 1.53 | 1.54 |
| 读数（s-1） | 3920 | 3900 | 3888 | 3872 | 3860 | 3844 | 3823 | 3810 | 3802 |

根据以上数据以距离为横坐标，读数为纵坐标作图，可推算出校准装置定位相对位移监测偏差0.5cm处所引起的计数率变化范围，即为不确定区间的宽度，故不确定度区间半宽度*a*=$\frac{\left(3865.2-3860\right)+\left(3860-3850.2\right)}{2}$ =7.5（s-1）

由于参考源为点状源，区间内计数率服从均匀分布,包含因子为*k*(*N*) =

*u*(*N2*)=*a*/*k*(*N*) = 7.5 /=4.3（s-1）

G.3.1.3输入量*N*的标准不确定度*u*(*N*)的计算：

*u*(*N*)==10.7（s-1）

G.3.2输入量*Nb*的标准不确定度*u*(*Nb*)的评定

输入量*Nb*的标准不确定度来源主要是本底计数率的重复性，可以通过连续测量本底得到计数率,采用A类方法评定。

被测放射性监测装置本底计数率示值见表3-4：

表3-4 四台行人与行李放射性监测装置的本底测量结果

|  |  |
| --- | --- |
| 仪器 | 本底计数率单位：s-1 |
| 1 | 3269 | 3317 | 3312 | 3344 | 3294 | 3328 | 3254 | 3299 | 3318 | 3309 |
| 2 | 3073 | 3021 | 2998 | 3083 | 3048 | 3023 | 2995 | 3020 | 2998 | 3014 |
| 3 | 3598 | 3567 | 3559 | 3578 | 3620 | 3591 | 3498 | 3602 | 3614 | 3519 |
| 4 | 2682 | 2678 | 2663 | 2610 | 2644 | 2698 | 2708 | 2620 | 2655 | 2614 |

数据处理同(1)、(2)、(3)式。

本底计数率平均值及实验标准偏差计算结果见表3-5：

表 3-5 四台通道式行人放射性测控装置的本底平均值及标准差单位：s-1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 仪器 | 平均值（‾） | 标准偏差（*sj*） |
| 1 | 3304.4 | 25.5 |
| 2 | 3027.3 | 29.4 |
| 3 | 3574.6 | 38.0 |
| 4 | 2657.2 | 33.1 |

根据式（2）计算得到合并样本标准偏差 $s\_{p}$=31.9。因实际测量时，重复测量十次，故：

*u*(*N*b)=$\frac{s\_{p}}{\sqrt{10}}=$ 10.1（s-1）

G.3.3输入量*As*的标准不确定度*u*(*As*)的评定

输入量*As*的标准不确定度来源主要是参考源活度值的不确定度，可根据校准证书给出的不确定度值评定,采用B类方法评定。

点状γ放射性参考源活度的不确定度由溯源证书给出，137Cs参考源的相对扩展不确定度*Urel*=3.5% (*k*=2)，已知*As*=9.3×104Bq，则：

*u*(*As*)=$\frac{3.5\%×9.3 ×10^{4}}{2}=$1.63×103(Bq)

G.4 合成标准不确定度的评定

G.4.1灵敏系数：

行人与行李放射性监测装置对137Cs参考源的活度响应*R*:

*N*对*R*的灵敏系数c1=$\frac{∂R}{∂N}=\frac{1}{A\_{s}}=$1.08×10-5(Bq-1)

*Nb*对*R*的灵敏系数c2=$\frac{∂R}{∂N\_{b}}=\frac{-1}{A\_{s}}=$-1.08×10-5(Bq-1)

*As*对*R*的灵敏系数c3=$\frac{∂R}{∂A\_{s}}={\left(N\_{b}-N\right)}/{A\_{s}^{2}}$

=(3304.4－3859.5)/(9.3×104)2= -6.4×10-8(s-1·Bq-2)

G.4.2标准不确定度汇总见表4-1：

表4-1 标准不确定度汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度*u*(*xi*) | 不确定度来源 | \*标准不确定度值s-1 | \*灵敏系数ciBq-1 | |ci|u(xi)s-1⋅Bq-1 |
| *u*(*N*)*u*(*N 1*)*u*(*N 2*) | 放射性监测装置计数率测量不重复性源距离 | 10.79.84.3 | 1.08×10-5-- | 1.16×10-4-- |
| *u*(*Nb*)  | 本底计数率的不确定度 | 10.1 | -1.08×10-5 | 1.09×10-4 |
| *u*(*As*)  | 参考源量值的不确定度 | 1.63×103 Bq | -6.4×10-8 s-1⋅Bq-2 | 1.05×10-4 |

\*----单位不同时在表中单独注明。

G.4.3合成标准不确定度的计算

输入量、$u\left(N\_{b}\right)$和$u\left(A\_{s}\right)$互相独立不相关，合成标准不确定度可按下式得到：

*uC*(*R*)=((*c1 u*(*N*))2 +(*c2u*(*Nb*))2 +( *c3u*(*As*))2 )1/2

*uC*(*R*)= ((1.16×10-4)2 +(1.09×10-4)2 +(1.05×10-4)2)1/2 =1.91×10-4（s-1⋅Bq-1）

G.5 扩展不确定度的评定

取包含因子为2，扩展不确定度*U*rel为：

$$U\_{rel}=2\*\frac{u\_{c}\left(R\right)}{R}×100\%=2×\frac{1.91×10^{-4}}{6.0×10^{-3}}×100\%=6.4\%$$

G.6 行人与行李放射性监测装置对137Cs参考源活度响应测量结果的扩展不确定度的报告与表示：

*U*rel=6.4% ，*k*=2