

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1248—2010

通道式车辆放射性监测系统 校准规范

Calibration Specification for the Channel Vehicle
Radioactivity Monitoring Systems

2010-05-11 发布

2010-08-11 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

**通道式车辆放射性监测系统
校准规范**

**Calibration Specification for the Channel Vehicle
Radioactivity Monitoring Systems**

JJF 1248—2010

本规范经国家质量监督检验检疫总局于 2010 年 5 月 11 日批准，并自 2010 年 8 月 11 日起施行。

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：中国测试技术研究院

本规范委托全国电离辐射计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

何林锋（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）

杨 勇（中国测试技术研究院）

参加起草人：

陈建新（上海市计量测试技术研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(2)
5 计量特性	(2)
5.1 能量范围	(2)
5.2 活度响应	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 计量标准	(2)
7 校准项目和校准方法	(2)
7.1 平均活度响应	(2)
7.2 重复性	(3)
7.3 活度响应非线性	(3)
7.4 放射性核素活度探测阈值	(4)
7.5 有效探测区域	(4)
7.6 动态检测	(4)
7.7 其他	(5)
8 校准结果表述	(5)
9 复校时间间隔	(5)
附录 A 放射性监测系统活度响应校准方法图示	(6)
附录 B 校准证书内容及格式	(7)

通道式车辆放射性监测系统 校准规范

1 范围

本规范适用于通道式车辆放射性监测系统探测 γ 放射性的现场校准，车辆包括各种集装箱卡车、货运汽车、客车等。

2 引用文献

本规范引用下列文献：

2.1 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）

2.2 IEC 62244 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

2.3 IAEA-TECDOC-1312 Detection of radioactive materials at borders

IAEA-TECDOC-1312 边境放射性物质的探测

使用本规范时，应注意使用上述文献的现行有效版本。

3 术语和计量单位

3.1 本底计数率 background count rate

单位时间内监测系统探测到的由宇宙射线和环境天然放射性的存在而引起的计数，常用单位是每秒计数，符号： s^{-1} 。

3.2 平均活度响应 average value of activity response

探测器对参考测量点 γ 放射性核素活度的响应为活度响应，在测量范围内各探测器活度响应的平均值为通道式车辆放射性监测系统的平均活度响应，单位是计数率与活度的比值每秒每贝可，符号： $s^{-1} \cdot Bq^{-1}$ 。

3.3 放射性核素活度探测阈值 detection threshold of radionuclide activity

探测器对 γ 放射性核素活度的最低可探测值，单位是贝可勒尔，符号：Bq。

3.4 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平均活度响应的相对偏差。

3.5 有效探测区域 effective area of detection

在对立放置的一组探测器之间的通道内，与探测器中心连线相交的水平和垂直两个方向上，能够有效探测 γ 放射性核素的区域，该区域内探测器对 γ 放射性核素活度的响应不小于一组（相对的两个）探测器之间中心点活度响应的一半，单位是米，符号：m。

4 概述

通道式车辆放射性监测系统由辐射探测器、电子信号处理系统和监控报警系统组成，是大型的放射性辐射现场监测设备，主要用于出入境口岸、码头、钢铁厂、核电站等场所进行运输车辆装载物的放射性辐射监测。

5 计量特性

5.1 能量范围： γ 光子能量 ≥ 40 keV。

5.2 活度响应： $\geq 0.9 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1}$ （对于 ^{137}Cs 核素）。

注：采用其他计量单位时参考执行。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度： $0\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度： $\leq 99\%$ 。

6.1.3 大气压力： $86\text{ kPa} \sim 106\text{ kPa}$ 。

6.1.4 仪器使用时，不应受到影响使用的震动和电磁场干扰。

6.1.5 周围环境剂量当量率不超过 $0.25\text{ }\mu\text{Sv/h}$ ，个别高本底地区除外。

6.2 计量标准

6.2.1 γ 放射性参考源活度范围： $0.1\text{ MBq} \sim 0.1\text{ GBq}$ ，扩展不确定度不超过 6% ($k=2$)。

6.2.2 γ 放射性参考源推荐核素： ^{137}Cs (661.7 keV)、 ^{241}Am (59.5 keV)、 ^{60}Co (平均能量 1.25 MeV)。

7 校准项目和校准方法

7.1 平均活度响应

7.1.1 探测器的活度响应

校准前放射性监测系统预热至稳定状态，在 $0.1\text{ MBq} \sim 0.1\text{ GBq}$ 活度范围内选择 3~5 个系列活度的 ^{137}Cs 参考源，其中最高活度应不低于 10 MBq ，最低活度应在活度范围的下限附近。依次将各参考源放置在通道式车辆放射性监测系统一组探测器几何中心连线的中点上（见附录 A 中图示）进行测量，每个探测器重复读数 10 次，取平均值，按式（1）计算每个探测器各校准点的活度响应，按式（2）计算各校准点活度响应的平均值，即为该探测器的活度响应：

$$R_{ij} = \frac{N_j - N_{ib}}{A_j} \quad (1)$$

式中： N_j ——第 j 个参考源校准点探测器计数平均值， s^{-1} ；

N_{ib} ——第 i 个探测器本底计数平均值， 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, $s^{-1} \cdot Bq^{-1}$ 。

$$R_i = \frac{\sum_{j=1}^n R_{ij}}{n} \quad (2)$$

式中: R_{ij} ——探测器各校准点的活度响应, $s^{-1} \cdot Bq^{-1}$;

n ——核素参考源校准点数;

R_i ——探测器的活度响应, $s^{-1} \cdot Bq^{-1}$ 。

7.1.2 通道式车辆放射性监测系统的平均活度响应

各探测器活度响应的平均值为通道式车辆放射性监测系统的平均活度响应, 按式(3)计算:

$$R = \frac{\sum_{i=1}^m R_i}{m} \quad (3)$$

式中: R_i ——各探测器的活度响应, $s^{-1} \cdot Bq^{-1}$;

m ——探测器个数;

R ——通道式车辆放射性监测系统的平均活度响应, $s^{-1} \cdot Bq^{-1}$ 。

7.1.3 探测器对不同能量 γ 放射性核素的响应

选用活度约为 $10^5 Bq$ 的 ^{60}Co 和活度约为 $10^7 Bq$ 的 ^{241}Am 核素参考源各一个, 按 7.1.1 规定的方法分别进行探测器活度响应测量。

7.2 重复性

将活度值在测量范围下限附近的 ^{137}Cs 参考源置于一组探测器几何中心连线的中点上, 分别由每个探测器进行测量, 重复 10 次, 按式(4)计算每个探测器的单次测量相对实验标准差, 其中较大者为该通道式车辆放射性监测系统的重复性:

$$V = \frac{1}{\bar{N}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (4)$$

式中: N_i ——监测系统的读数, s^{-1} ;

\bar{N} ——监测系统读数的算术平均值, s^{-1} ;

V ——重复性, %。

7.3 活度响应非线性

由 7.1 得到每个探测器对 ^{137}Cs 参考源各校准点的活度响应, 按式(5)和式(6)计算各探测器活度响应非线性, 其中绝对值最大者为该通道式车辆放射性监测系统的活度响应非线性:

$$L_i = \frac{R_{ij} - R_i}{R_i} \times 100\% \quad (5)$$

$$L = |L_i|_{\max} \quad (6)$$

式中: R_{ij} ——探测器各校准点的活度响应, $s^{-1} \cdot Bq^{-1}$;

R_i ——探测器的活度响应, $s^{-1} \cdot Bq^{-1}$;

L_i ——各探测器的活度响应非线性，%；

L ——通道式车辆放射性监测系统的活度响应非线性，%。

7.4 放射性核素活度探测阈值

分别对每个探测器进行本底计数，重复 20 次，按式 (7) 计算其实验标准偏差：

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (N_{ibj} - \bar{N}_{ib})^2}{n-1}} \quad (7)$$

式中： σ_i ——各探测器本底计数的实验标准偏差， s^{-1} ；

N_{ibj} ——第 i 个探测器的本底计数， s^{-1} ；

\bar{N}_{ib} ——第 i 个探测器本底计数的平均值， s^{-1} ；

n ——重复测量次数。

由 7.1 得到各探测器的活度响应和本底计数率的实验标准偏差 (σ_i)，按式 (8) 和式 (9) 分别计算探测器对各 γ 放射性核素活度的探测阈值，其中较大者为该通道式车辆放射性监测系统对相应核素活度的探测阈值：

$$A_{Ti}(k) = \frac{3\sigma_i}{R_{ik}} \quad (8)$$

$$A_T(k) = A_{Ti}(k)_{\max} \quad (9)$$

式中： R_{ik} ——第 i 个探测器对 k 核素的平均活度响应， $s^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1}$ ；

$A_{Ti}(k)$ ——第 i 个探测器对 k 核素活度的探测阈值， Bq ；

$A_T(k)$ ——该通道式车辆放射性监测系统对 k 核素活度的探测阈值， Bq 。

7.5 有效探测区域

将一适当活度的 ^{137}Cs 参考源放置在两个探测器（一组探测器）几何中心连线的中点上，分别记录系统中每个探测器的指示值，每个探测器重复读数 5 次以上。然后分别在与两个探测器几何中心连线相交的水平垂直方向上改变参考源的位置，找到并确定探测器的指示值（在扣除本底后）下降为中心点指示值（在扣除本底后）的一半时所对应的参考源位置，测量该点与两个探测器（一组探测器）几何中心连线的中点的距离 D 。设高点为 D_H 、低点为 D_L 、前点为 D_F 、后点为 D_B ，则 D_H 与 D_F 、 D_F 与 D_L 、 D_L 与 D_B 、 D_B 与 D_H 的连线所包围的平面，即为监测系统的有效探测区域，用该连线长度之和表征。

注：本项仅适用于单组（一对）探测器的通道式车辆放射性监测系统。

7.6 动态检测

选择活度值约为 200 kBq 的 ^{137}Cs 参考源，放置在通道中心线上距地面 1 m 处，以平均速度 $(8 \pm 1.6) \text{ km/h}$ 通过通道式车辆放射性监测系统的检测通道，检查系统的报警响应，试验至少重复 50 次，按式 (10) 计算漏报警率：

$$E = \frac{N_p}{N} \times 100\% \quad (10)$$

式中： N_p ——报警次数；

N ——试验次数；

E ——探测概率, %。

本项校准应用户要求进行。

注：也可以采用监测系统生产厂家提供的方法或者国际公认的方法测试漏报警率。

7.7 其他

如果通道式车辆放射性监测系统的探测器只有一个或者其他非成对分布的探测器的计量校准，参考本方法，也可采用监测系统生产厂家提供的方法或者国际公认的方法进行校准。

8 校准结果表述

8.1 按本规范进行校准，出具校准证书。校准结果应给出测量不确定度。

8.2 校准证书内页格式见附录 B。

9 复校时间间隔

建议复校时间间隔为 12 个月，也可由送校单位根据实际使用情况来决定。

附录 A

放射性监测系统活度响应校准方法图示

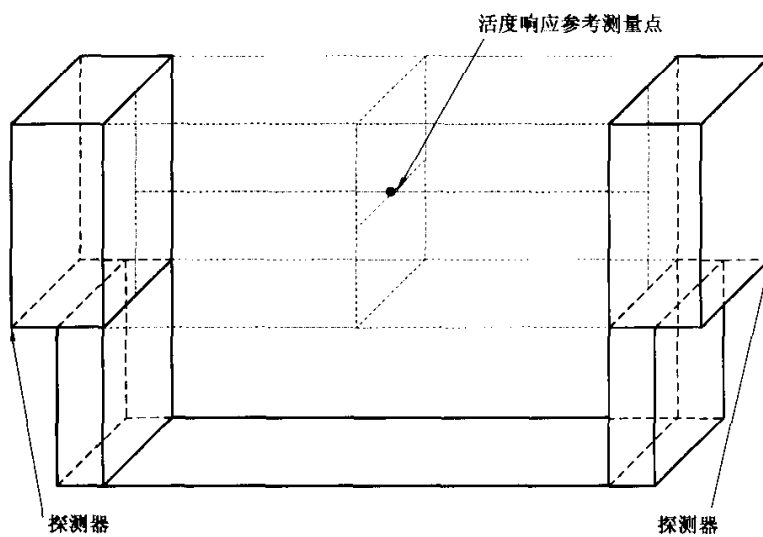


图 A1 通道式车辆放射性监测系统活度响应测量示意图

附录 B

校准证书内容及格式

校准证书至少应包括下列信息：

- 1 所用计量标准的名称、型号和编号
- 2 校准时所使用的参考源核素名称和活度范围
- 3 校准时的环境条件
- 4 校准结果

4.1 平均活度响应

探测器编号	1	2	3	4	放射性监测系统
对 ¹³⁷ Cs 平均活度响应 $R (\times 10^{-3} \text{ s}^{-1} \cdot \text{Bq}^{-1})$					

4.2 测量重复性

探测器编号	1	2	3	4	放射性监测系统
测量重复性 $V/\%$					

4.3 活度响应非线性

探测器编号	1	2	3	4	放射性监测系统
活度响应非线性 $L/\%$					

4.4 探测阈值

探测器编号	1	2	3	4	放射性监测系统
可探测核素的阈值 $A (\times 10^3 \text{ Bq})$	¹³⁷ Cs				
	⁶⁰ Co				
	²⁴¹ Am				

4.5 有效探测区域（仅适用于一组探测器的通道式车辆放射性监测系统）

用¹³⁷Cs 放射源测量

水平方向有效探测区域：

距离探测器几何中心点：（前）_____（后）_____

垂直方向有效探测区域：

距离探测器几何中心点：（上）_____（下）_____

4.6 动态检测