

JJG

中华人民共和国国家计量校准规范

JJG××××-××××

场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪校准规范

Installed dose rate monitors for area monitoring - X and
gamma radiation
(征求意见稿)

××××-××-×× 发布

××××-××-×× 实施

国家市场监督管理总局

发布

场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率
监测仪校准规范

Installed dose rate meters and monitors for
area monitoring - X and gamma radiation

JJF XXXX-XXXX

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

北京市计量检测科学研究院

中国辐射防护研究院

本规范委托全国电离辐射计量技术委员会负责解释

本规程起草人：

孙训（上海市计量测试技术研究院）

袁杰（上海市计量测试技术研究院）

罗琛（北京市计量检测科学研究院）

唐方东（上海市计量测试技术研究院）

韦应靖（中国辐射防护研究院）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(2)
3.1 术语	(2)
3.2 计量单位	(2)
4 概述	(2)
5 校准条件	(3)
5.1 环境条件	(3)
5.2 测量标准和其他测量设备	(4)
6 校准项目和校准方法	(4)
6.1 低剂量率响应	(5)
6.2 高剂量率响应	(5)
6.3 重复性	(5)
6.4 报警响应	(6)
7 校准结果表达	(6)
8 复校时间间隔	(6)
附录 A X 参考辐射和相关转换系数推荐值	(7)
附录 B 场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪校准记录推荐格式	(8)
附录 C 场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪校准证书内页内容	(9)
附录 D 剂量率响应的测量不确定度评定示例	(10)

引言

本规范按照 JJF 1071-2010 《国家计量校准规范编写规则》编写

本规范的编制主要参考 GB/T14054-2013 《辐射防护仪器 能量在 50keV~7MeV 的 X 和 γ 辐射固定式剂量率仪、报警装置和监测仪》， IEC 60532-2010 《Radiation protection instrumentation - Installed dose rate meters, warning assemblies and monitors - X and gamma radiation of energy between 50 keV and 7 MeV》， ISO 4037-1-2019 《Radiological protection — X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy》 Part 1:Radiation characteristics and production methods、 Part 2:Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV、 Part 3:Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence、 Part 4:Calibration of area and personal dosimeters in low energy X reference radiation fields, IEC 60532-2010《Radiation protection instrumentation - Installed dose rate meters, warning assemblies and monitors - X and gamma radiation of energy between 50 keV and 7 MeV》等技术标准。

本规范为首次发布。

场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪校准规范

1. 范围

本规范适用于能量范围为 80keV~1.5MeV 的场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪（装置）的校准。

本规范不适用于便携式 X、 γ 辐射剂量当量率仪和 X、 γ 辐射空气比释动能率仪的校准。

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

JJF 1035-2006 电离辐射计量术语及定义

GB/T 4960.6-2010 核科学技术术语 第 6 部分：核仪器仪表

GB/T14054-2013 辐射防护仪器 能量在 50keV-7MeV 的 X 和 γ 辐射固定式剂量率仪、报警装置和监测仪

ISO 4037-1-2019 Radiological protection — X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy

Part 1:Radiation characteristics and production methods

Part 2:Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV

Part 3:Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence

Part 4:Calibration of area and personal dosimeters in low energy X reference radiation fields

IEC 60532-2010 Radiation protection instrumentation - Installed dose rate meters, warning assemblies and monitors - X and gamma radiation of energy between 50 keV and 7 MeV

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 周围剂量当量 (ambient dose equivalent $H^*(10)$)

辐射场中某点的剂量当量是相应的齐向扩展辐射场在 ICRU 球体内、与齐向扩展场方向相反的半径上、深度为 10mm 处产生的剂量当量。

3.1.2 测量点 (point of test)

辐射场中剂量当量率 $H^*(10)$ 约定值 (或参考值) 已测定的点, 校准测量时辐射探测器的参考点必须被准确定位于该点。

3.1.3 参考点 (reference point of an assembly)

校准测量时对辐射探测器定位设置的标记点。

3.1.4 剂量率的约定值 (conventional dose rate)

为特定目的而按一定规范赋予某一量的 (量) 值称为约定值。剂量率约定值由计量标准器测定, 用于校准辐射剂量监测仪器响应的测量标准。

3.2 计量单位

3.2.1 周围剂量当量 $H^*(10)$: 希沃特, 符号: Sv, $1\text{Sv} = 1\text{J kg}^{-1}$ 。

3.2.2 空气比释动能 K_a : 戈瑞, 符号: Gy, $1\text{Gy} = 1\text{J kg}^{-1}$ 。

本规范中所用到的其它量均采用国际单位制 (SI) 单位。另外对辐射能量也可采用电子伏特, 符号: eV, $1\text{eV} = 1.602 \times 10^{-19}\text{J}$

4. 概述

场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪由探测器、信号处理模块、声光报警模块等部件组成, 为一体或分体式数显仪器, 探测器主要采用 GM 计数管、闪烁体、半导体探测器和电离室等。场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪通常应用于核设施和核燃料后处理厂相关区域、辐射加工水平辐照场、电子加速器机房以及其他核技术利用场所、高放射性实验室, 作辐射变化情况监测, 并在超出预定限值时报警, 报警阈值可预置调整。

计量特性

4.1 低剂量当量（率）响应

在（1~10） $\mu\text{Sv h}^{-1}$ 范围内，场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪的剂量当量（率）响应通常在（0.7~1.3）范围内。

4.2 高剂量当量（率）响应

在（1~10） mSv h^{-1} 范围内，场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪的剂量当量（率）响应通常在（0.7~1.3）范围内。

4.3 重复性

场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪的重复性通常小于 20%

4.4 报警响应

辐射剂量当量（率）或空气比释动能（率）超过报警阈值后即触发报警

注：以上指标不用于合格性判别，仅供参考。

5 校准条件

5.1 环境条件

5.1.1 温度：（15~25） $^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 相对湿度：30%~75%。

5.1.3 气压：（80~106） kPa 。

5.1.4 校准时不应有影响使用的振动和电磁场干扰。

5.2 测量标准和其他测量设备

5.2.1 测量标准

（1）防护水平电离室剂量计

参考测量点空气比释动能率 K_a 的参考值由防护水平电离室剂量计测定，按下式计算周围剂量当量率 $H^*(10)$ 约定值。

$$H^*(10) = h_K^*(10) M N_K K \quad (1)$$

式中： M — 该测试点计量标准器的读数， div

N_K — 计量标准器的空气比释动能（率）校准因子， Gy div^{-1} ；

$h_K^*(10)$ — 空气比释动能 $K_a \rightarrow$ 周围剂量当量 $H^*(10)$ 的转换系数， Sv/Gy （见

附录 A 中表 A.2; ^{137}Cs γ 参考辐射的 h_K^* (10)的推荐值为 1.21) ;

K — 由空气密度、场的非均匀性等因素确定的修正因子, 无量纲。

周围剂量当量率 H^* (10)约定值的扩展不确定度应不大于 10% ($k=2$) 。

(2) 参考辐射场

X、 γ 参考辐射见表 1。辐射场条件应满足 GB12162.1—2000 规定的要求, X 参考辐射的特性和产生条件见附录 A。

表 1 X、 γ 参考辐射

辐照质	N60	N80	N100	N150	N200	N250	^{137}Cs	^{60}Co
平均能量 (keV)	48	65	83	118	164	208	662	1250

校准测量点参考辐射的均匀区域应能完全覆盖计量标准器的探测器, 该区域内的不均匀性应不超过 5% 。

(3) 现场校准用 γ 辐射装置

现场校准用 γ 辐射装置为便携式 ^{137}Cs γ 辐射装置, 距辐射源 100cm 处准直辐射束的均匀区域应能完全覆盖计量标准器的探测器, 剂量率在 (1~10) $\mu\text{Sv h}^{-1}$ 范围内。

5.2.2 其他测量设备

(1) 定位装置

借助于光学准直系统和测距装置, 能在辐射场中将标准剂量仪和被检仪器准确定位于测量点, 并测定源至探测器的距离。

(2) 温度计

测量范围 (0~50) $^{\circ}\text{C}$, 最小分度值不大于 0.2 $^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 气压计

测量范围至少覆盖 (86~106) kPa, 最小分度值不大于 0.1kPa 。

6 校准项目和校准方法

新生产的场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪应在辐射剂量学实验室进行

校准，已安装在用但易于拆卸的固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪宜在辐射剂量学实验室进行校准，校准项目包括低剂量当量（率）响应、高剂量当量（率）响应、重复性和报警响应。

已安装在用不便拆卸的固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪可作现场校准，校准项目包括但不限于低剂量当量（率）响应和报警响应。

6.1 低剂量当量（率）响应

推荐使用 ^{137}Cs γ 参考辐射场。也可以使用 X 参考辐射场，参考辐射要求见表 A1。

校准测量点周围剂量当量率约定值选择在 $(1\sim 10)\ \mu\text{Sv h}^{-1}$ 范围内，将被校仪器探测器置于参考辐射场的中心轴上，探测器中心（参考点）位于辐射场中周围剂量当量约定值 H_{ic} 已知的测量点上，以 0° 入射角为校准方向，读取周围剂量当量示值 H_i ，重复测量 5 次，取示值平均值，按式（2）计算被校仪器的低剂量当量（率）响应 R_l 。

$$R_l = \frac{\bar{H}_i}{H_{ic}} \quad (2)$$

6.2 高剂量当量（率）响应

推荐使用 ^{137}Cs 参考辐射场，也可使用 ^{60}Co γ 参考辐射场。如采用 ^{60}Co γ 辐射场需按其能量响应特性作相应的修正。

对于有效测量范围上限大于 $10\ \text{mSv h}^{-1}$ 的场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪，校准测量点周围剂量当量率约定值应选择在 $(10\pm 10\%) \text{mSv h}^{-1}$ 的范围内；对于有效测量范围上限小于 $10\ \text{mSv h}^{-1}$ 的场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪，校准测量点周围剂量当量率约定值选择在被校仪器有效测量范围上限的 $(80\sim 100)\%$ 范围内。校准测量方法同 6.1 条，按式（3）计算被校仪器的高剂量当量（率）响应 R_h 。

$$R_h = \frac{\bar{H}_i}{H_{ic}} \quad (3)$$

6.3 重复性

重复性测量时，校准测量点周围剂量当量率约定值选择在 $(1\sim 10)\ \mu\text{Sv h}^{-1}$ 范围内，被校仪器最灵敏量程的中间，重复测量 10 次，取平均值，按式（4）计算被检仪器的

重复性。

$$V = \frac{1}{\bar{H}} \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{j=1}^n (H_j - \bar{H})^2} \quad (j=1 \sim n, \quad n=10) \quad (4)$$

式中：V ——重复性

H_j ——第j次测量周围剂量当量率

6.4 报警响应

以被校仪器设置的报警阈值的95%为初始周围剂量当量率，并通过改变辐射源与探测器的距离使得周围剂量当量率逐渐增大报警阈值的105%，观察并记录被校仪器是否报警。重复试验10次，按式(5)计算报警概率。

$$E = (1 - \frac{N_p}{N}) \times 100\% \quad (5)$$

式中： N_p —报警次数；

N —试验次数；

E —报警概率，%。

7 校准结果表达

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C、附录D；校准结果应给出剂量当量（率）响应测量结果的不确定度（评定示例见附录E、附录F）。

8 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

X 参考辐射和相关转换系数推荐值

校准测量需使用的过滤 X 参考辐射的特性以及产生这些辐射所使用的高压和过滤条件列于表 A1。表中管电压是在负载条件下测得，附加过滤和固定过滤组成总过滤。固定过滤为 4 mm Al。半值层在距焦斑 1m 处测量。校准实验室应通过测谱法或半值层法证实所使用的过滤 X 辐射质与表 A1 的一致性。表 A2 为常用的参考辐射在 ISO 标准板摸中空气比释动能 K_a 到剂量当量 $H_p(10)$ 的转换系数 $h_{PK}(10, \alpha)$ 推荐值。

表 A1 窄谱系列过滤 X 参考辐射特性

平均能量 (keV)	分辨率 (%)	管电压 (kV)	附加过滤 (mm)				半值层 (mm Cu)	
			Pb	Sn	Cu	Al	1 st	2 nd
48	36	60	0	0	0.6	0	0.24	0.26
65	32	80	0	0	2.0	0	0.58	0.62
83	28	100	0	0	5.0	0	1.11	1.17
100	27	120	0	1.0	5.0	0	1.71	1.77
118	37	150	0	2.5	0	0	2.36	2.47
164	30	200	1.0	3.0	2.0	0	3.99	4.05
208	28	250	3.0	2.0	0	0	5.19	5.23
250	27	300	5.0	3.0	0	0	6.12	5.15

表 A.2 空气比释动能 K_a 到剂量当量 $H^*(10)$ 的转换系数 $h^*_K(10; \alpha)$ 推荐值。

辐射质	照射距离 (m)	均匀场直径 d_F (cm)	$h^*_K(10; \alpha)$ (单位: Sv·Gy ⁻¹)			
N-60	1.0~2.5	11	1.59	/	/	/
N-80	1.0~2.5	11	1.74	/	/	/
N-100	1.0~2.5	11	1.71	/	/	/
N-120	1.0~2.5	11	1.65	/	/	/
N-150	1.0~2.5	11	1.58	/	/	/
N-200	1.0~2.5	12	1.46	/	/	/
N-250	1.0~2.5	13	1.39	/	/	/
N-300	1.0~2.5	15	1.35	/	/	/
S-Cs	1.0~3.0	15	1.21	/	/	/
S-Co	1.0~3.0	15	1.16	/	/	/

注：由于测量点实际能谱的差异，上述 $h^*_K(10; \alpha)$ 推荐值伴有 2% 的标准不确定度。

附录 B

场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪校准记录推荐格式

校准证书编号：

证书单位：

样品名称：

型号规格：

出厂编号：

制造单位：

校准日期：

1 本次校准主要计量器具

器具名称	型号规格	编号	测量范围	不确定度	溯源机构	证书编号 及有效期

环境条件： 温度：

气压：

相对湿度：

2 校准结果：

2.1 低/高剂量率响应

辐射质	剂量率	测量值					平均值	响应值

2.2 重复性

辐射质	剂量率	测量值					平均值	重复性

2.3 报警响应

辐射质	剂量率	测量结果					平均值	响应值

附录 C

场所监测用固定式 X、 γ 辐射剂量率监测仪校准证书内页内容

1. 低/高剂量率响应 (使用 参考辐射)

周围剂量当量率	
响应 R	

2. 重复性: %

3. 报警响应: %

校准结果内容结束

剂量率响应的测量不确定度评定示例