



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 962—2001

X、 γ 辐射个人报警仪

Personal Warning Devices for X and γ Radiations

2001-06-05 发布

2001-10-01 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

X、 γ 辐射个人报警仪

检定规程

JJG 962—2001

Verification Regulation of Personal

Warning Devices for X and γ Radiations

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2001 年 06 月 05 日批准，并自 2001 年 10 月 01 日起施行。

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

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：

陈建新 （上海市计量测试技术研究院）

刘树林 （上海市计量测试技术研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 参考文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 术语	(1)
3.2 计量单位	(2)
4 概述	(2)
5 计量性能要求	(2)
5.1 辐射性能	(2)
5.2 报警声响	(2)
6 通用技术要求	(3)
6.1 外观结构	(3)
6.2 一般要求	(3)
6.3 校准因子	(3)
6.4 测读装置	(3)
7 计量器具控制	(3)
7.1 检定条件	(3)
7.2 检定项目和检定方法	(5)
7.3 检定结果的处理	(8)
7.4 检定周期	(8)
附录 A 过滤 X 参考辐射的特性和产生条件	(9)
附录 B $K_a-H_p(10)$ 转换系数的推荐值	(10)
附录 C 检定证书内页格式	(11)

X、 γ 辐射个人报警仪检定规程

本规程主要参照国际电工委员会 IEC 1344《辐射防护仪器—监测设备—X 和 γ 辐射个人报警器》1996 年英文版, 辐射的能量范围、参考辐射的选择、深部个人剂量当量率约定真值的确定以及被检仪器计量性能的技术要求和检定方法均采用该国际标准; “通用技术要求”一章参照现行国标 GB 14323—1993《X、 γ 辐射个人报警仪》。

1 范围

本规程适用于 X、 γ 辐射个人报警仪的首次检定、后续检定和使用中检验。这种报警仪佩戴在人体躯干部位, 当佩戴者受到 X、 γ 辐射外照射或辐照量超过某一阈值时发出与深部个人剂量当量率相关的报警信号。X、 γ 辐射的能量范围为 60 keV~1.5 MeV。

2 引用文献

本规程引用下列文献:

IEC1344: Radiation protection instrumentation—Monitoring Equipment—Personal warning devices for X and gamma radiations (1996)

ICRU Report 47: Measurement of dose equivalent from external photon and electron radiations (1992)

GB 12162—1990《用于校准剂量仪和剂量率仪以及确定其能量响应的 X、 γ 参考辐射》

GB 14323—1993《X、 γ 辐射个人报警仪》

使用本规程时, 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 术语

3.1.1 报警阈值 (alarm threshold value)

报警仪可预置的各个报警阈所对应的深部个人剂量当量率的标称值。

3.1.2 报警指示 (warning indication)

报警仪在单位时间内发出的报警信号, 即声响率或闪光率。在有效报警量程内, 报警指示与深部个人剂量当量率成正比。

3.1.3 校准因子 (calibration factor)

个人剂量当量率的约定真值与报警指示之比。

3.1.4 有效报警量程 (effective warning range)

满足本规程要求的报警仪的深部个人剂量当量率的报警范围。

3.1.5 个人剂量当量 (personal dose equivalent)

个人剂量当量 $H_p(d)$ 是身体上某一指定点下面深度 d 处的软组织剂量当量。对于

强贯穿辐射推荐的深度 $d = 10 \text{ mm}$ ，故 $H_p(d)$ 可写为 $H_p(10)$ ，即代表深部个人剂量当量。

3.2 计量单位

3.2.1 深部个人剂量当量率 $\dot{H}_p(10)$ 的计量单位是 $\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 或其适当的分数单位 ($\mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $\text{mSv} \cdot \text{h}^{-1}$)。

3.2.2 报警指示的计量单位是 s^{-1} 或 min^{-1} 。

4 概述

X、 γ 辐射个人报警仪（以下简称报警仪）主要由辐射探测器、电测部件和报警（如声响或声光报警）部件组成，这些部件装成一个整体。

报警仪受 X、 γ 辐射照射时，探测器产生某种形式的电信号，由测量部件测量和处理。当深部个人剂量当量率达到某一预定水平时，报警部件发出声响或声响与闪光信号，对佩带者提供警示。

报警仪按其报警功能分为三类：

第 I 类报警仪具有一个或多个报警阈值，只有当深部个人剂量当量率达到或超过某一预置阈值时才发出报警；

第 II 类报警仪具有连续报警指示功能，其报警指示与深部个人剂量当量率成正比；

第 III 类报警仪兼具 I、II 类报警仪的功能。

5 计量性能要求

5.1 辐射性能

报警仪的主要辐射性能必须满足表 1 的要求。

表 1 辐射性能要求

性能	技术要求	报警仪类别
相对固有误差	在有效报警量程内不超过 $\pm 30\%$	II、III
报警阈值的偏差	对于所有报警阈均不超过 $\pm 30\%$	I、III
能量响应	60 keV~1.5 MeV 范围内相对于 ^{137}Cs 不超过 $\pm 30\%$	I、II、III
角响应	$0^\circ \sim 60^\circ$ 范围内对 ^{241}Am 不超过 $\pm 50\%$ ，对 ^{137}Cs 不超过 $\pm 20\%$	I、II、III

5.2 报警声响

在距报警仪发声部位 30 cm 处，报警声响的声压级应在 80 dB (A) ~ 100 dB (A) 范围内。

6 通用技术要求

6.1 外观结构

6.1.1 外壳

报警仪的外壳必须平滑、坚固、抗震、防尘、防雨。与外壳相联的佩带夹应能保证探测器的合适取向，光报警部件应设置在佩带者易于看见的部位，必要时可附设保护套。

6.1.2 开关

报警仪通常不设外部开关，如有必要设置，开关应安装在隐蔽部位以防误动。

6.1.3 标记

报警仪外部应有标明参考点位置的明显标记。铭牌上的型号、编号、制造厂  等标记应清晰可辨。

6.2 一般要求

报警仪的一般特性应符合 GB 14323—1993 的要求，即体积不超过 10 cm × 5 cm × 2 cm (不包括佩带夹)，重量不超过 100 g，表面应易于去污，有效报警量程应在 $1\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\sim 1\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 内至少跨 3 个量级。

6.3 校准因子

制造厂应在报警仪上或在随带文件中给出报警仪对于 ^{137}Cs γ 参考辐射的校准因子。如果送检单位无法提供这一数据，可委托检定单位在检定前进行测定。

6.4 测读装置

对于第 I 类报警仪，制造厂应提供一个合适的测读装置，用以测量探测器的输出信号。测读到的信号应能被认为等效于报警指示。

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验。

7.1 检定条件

7.1.1 参考辐射

7.1.1.1 可供选用的 X、 γ 参考辐射列于表 2。这些辐射是 GB 12162—1990 规定的参考辐射系列的一部分，其中过滤 X 辐射采用窄谱组，它们的特性和产生条件见附录 A。

7.1.1.2 ^{137}Cs γ 参考辐射在检定点产生的空气比释动能率的可变范围至少应为 $1\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}\sim 10\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ ，其它参考辐射在检定点产生的空气比释动能率的最低值应不大于 $1\text{mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

7.1.1.3 在检定点的辐射束应为近似平行和单向的准直束，并能覆盖整个体模。在通过探测器中心并与辐射束轴线相垂直的平面上，报警仪线度范围内各点空气比释动能率的变化应不超过 $\pm 3\%$ 。

表 2 用于检定报警仪的 X、γ 参考辐射

过滤 X 辐射/keV	γ 辐射
65	
83	^{241}Am (59.5 keV)
100	
118	^{137}Cs (662 keV)
161	
205	^{60}Co (1.17 MeV, 1.33 MeV)
248	

7.1.1.2 深部个人剂量当量率约定真值的确定

7.1.1.2.1 照射量率或空气比释动能率的约定真值用防护水平电离室型剂量仪测量，其量值应可溯源至国家照射量基准。

7.1.1.2.2 空气比释动能率与照射量率的关系由式 (1) 确定。

$$K_a = \frac{W}{e} \cdot \frac{1}{1-g} \cdot \dot{X} \quad (1)$$

式中： K_a ——空气比释动能率， $\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ ；

\dot{X} ——照射量率， $\text{C} \cdot (\text{kg} \cdot \text{h})^{-1}$ ；

W ——在空气中形成一对离子所消耗的平均能量，J；

e ——电子电荷，C；

g ——次级带电粒子的能量以韧致辐射形式损失的份额。对低能辐射， $g=0$ ；对 ^{60}Co ， $g=0.3\%$ 。

7.1.1.2.3 深部个人剂量当量率 $H_p(10)$ 由空气中同一点的空气比释动能率 K_a 乘以转换系数 $h_{PK}(10)$ ($h_{PK}(10)$ 的推荐值见附录 B) 得出，即：

$$H_p(10) = h_{PK}(10) \cdot K_a \quad (2)$$

7.1.1.2.4 深部个人剂量当量率约定真值的扩展不确定度应不大于 10% (置信水平 95%)。

7.1.1.3 配套设备

7.1.1.3.1 体模

体模在检定过程中用来模拟人体 (或其局部) 而供放置被检报警仪。满足本规程要求的一种合适体模是 ICRU 推荐的用有机玻璃制成的平板体模，其外部尺寸为 $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ (深度)。

7.1.1.3.2 定位装置

用于安置体模和测定 $H_p(10)$ 的探测器，使之能在一定范围内移动并能精确定位于

辐射场中。定位情况用光学准直系统观测，可用尺或其它测距装置测量源至探测器距离。

7.1.3.3 监测电离室

X射线发生器输出量不稳定时，用于监测并修正输出量的变化。

7.1.3.4 声响监测设备

可以是遥测扩音设备，也可以是脉冲计数器。

7.1.3.5 温度计

测量范围为0~50℃，最小分度值不大于0.2℃。

7.1.3.6 气压计

测量范围为86~106 kPa，最小分度值不大于0.1 kPa。

7.1.3.7 计时器

测量上限不低于1000 s，最小分度值不大于0.1 s。

7.1.3.8 声响测试仪

用于测定报警声响的声压级，可采用三级声压计。

7.1.4 实验室环境条件

7.1.4.1 实验室温度在15~25℃范围内，检定过程中温度的变化不超过±2℃。

7.1.4.2 实验室的相对湿度不高于80%。

7.1.4.3 实验室内γ辐射本底的空气吸收剂量率不大于0.25 μGy/h。

7.2 检定项目和检定方法

7.2.1 检定项目一览表

报警仪的首次检定、后续检定和使用中检验需要进行检定的计量性能项目列于表3。

表3 检定项目一览表

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
相对固有误差	+	+	+
报警阈值的偏差	+	+	+
能量响应	+	-	-
角响应	+	-	-
报警声响	+	+	-

注：1 第Ⅰ类报警仪不需检定相对固有误差，第Ⅱ类报警仪不需检定报警阈值的偏差。

2 “+”为应检项目，“-”为可不检项目。

7.2.2 相对固有误差

7.2.2.1 使用 ^{137}Cs γ 参考辐射进行本项检定。

7.2.2.2 对于首次检定，应在有效报警量程的每一个十进位量级内选取两个点进行检定，这两点分别在相应量级最大值的 30% 和 90% 附近。对于后续检定和使用中检验，应在有效报警量程内选取最灵敏量级最大值的 20% 和最不灵敏量级最大值的 80% 共两个点进行检定。

7.2.2.3 对于每个检定点，分别用计量标准测定深部个人剂量当量率 $\dot{H}_p(10)$ 和用声响监测设备测定置于体模上的报警仪的报警指示 N ，然后按式 (3) 计算每个点的相对误差 E ：

$$E = \frac{C_f \cdot N - \dot{H}_p(10)}{\dot{H}_p(10)} \times 100\% \quad (3)$$

式中， C_f 是报警仪对 ^{137}Cs γ 辐射的校准因子。

7.2.2.4 如果任一检定点的 E 值不超过 $\pm(30 + x)\%$ ，则认为被检报警仪的相对固有误差符合表 1 的要求。这里 $x\%$ 是以百分数表示的 $\dot{H}_p(10)$ 的扩展不确定度。

7.2.3 报警阈值的偏差

7.2.3.1 将报警阈设定值为 \dot{H}_t 的报警仪安放在体模上，置于 ^{137}Cs γ 辐射场中深部个人剂量当量率为 $0.7 \dot{H}_t(1 - x\%)$ 处进行照射，10 min 内报警仪应不报警。

7.2.3.2 将上述报警仪置于 ^{137}Cs γ 辐射场中深部个人剂量当量率为 $1.3 \dot{H}_t(1 + x\%)$ 处进行照射，测定报警仪从开始受照射到发出报警信号的时间 t ，其值应满足 (4) 或 (5) 式的要求：

$$t \leq 5 \text{ s} \quad (4)$$

$$\dot{H}_t \cdot t \leq 10 \mu\text{Sv} \quad (5)$$

7.2.3.3 如果报警仪具有几个分立可调的报警阈标称值，应对每个阈值分别进行此项检定。

7.2.3.4 如果报警阈值是连续可调的，检定时必须在有效报警量程内的每个十进量级中至少选择一个点，并且必须包括有效报警量程的最高点和最低点。

7.2.4 能量响应

7.2.4.1 从表 2 所列参考辐射中选择至少 5 种辐射质进行本项检定，这些辐射质应包含能量最低的参考辐射 (65 keV 或 ^{241}Am) 以及 ^{137}Cs γ 辐射。

7.2.4.2 深部个人剂量当量率选取在报警仪有效报警量程最大值的 20% ~ 80% 之间。对于不同的辐射能量，应尽可能使用相同的剂量当量率。如果这一点无法做到，必要时应该利用相对固有误差的实验数据进行修正。

7.2.4.3 将安放在体模上的报警仪依次置于选定的每一种参考辐射场中，测定报警指

示 N_i (i 代表第 i 种辐射质)。相应的深部个人剂量当量率约定真值 $H_{pi}(10)$ 用 7.1.2 条所述的方法测量。

7.2.4.4 如果对于每一种能量的测量结果都能满足式 (6), 则认为被检报警仪的能量响应符合表 1 的要求。

$$0.7 \leq \frac{N_i}{N_0} \cdot \frac{H_{p0}(10)}{H_{pi}(10)} \leq 1.3 \quad (6)$$

式中, N_0 代表 ^{137}Cs 参考辐射的测定报警指示。

7.2.5 角响应

7.2.5.1 分别用 ^{137}Cs γ 辐射和 ^{241}Am γ 辐射 (或 60 keV 过滤 X 辐射) 进行本项检定。必须在垂直于报警仪前表面的两个相互正交的平面上改变入射方向, 这两个平面分别与报警仪的侧面和端面平行。

7.2.5.2 将报警仪安放在体模上, 置于辐射场中某一位置, 使深部个人剂量当量率处于有效报警量程最大值的 20%~80% 之间。按规定的校准方向 (这时的人射角定为 0°) 照射, 测定报警指示 N_0 。

7.2.5.3 在保持探测器中心位置不变的条件下, 转动体模以改变入射方向, 依次测定入射角 α 为 $\pm 30^\circ$ 、 $\pm 60^\circ$ 时的报警指示 N_α , 然后计算比值 N_α/N_0 。

7.2.5.4 如果所有的比值 N_α/N_0 同时满足 (7)、(8) 两个关系式, 则认为被检报警仪的角响应符合表 1 的要求。

对于 ^{137}Cs γ 辐射, 应满足:

$$0.8 r_1 \leq N_\alpha/N_0 \leq 1.2 r_1 \quad (7)$$

对于 ^{241}Am γ 辐射 (或 60 keV 过滤 X 辐射), 应满足:

$$0.5 r_2 \leq N_\alpha/N_0 \leq 1.5 r_2 \quad (8)$$

(7) 式中的 r_1 和 (8) 式中的 r_2 分别代表适用于 ^{137}Cs γ 辐射和 ^{241}Am γ 辐射 (或 60 keV 过滤 X 辐射) 的 α 响应与 0° 响应的比值的理论计算值, 其数值列于表 4。

表 4 α 响应与 0° 响应的比值 r

辐射源	光子能量/keV	$r = \alpha$ 响应/ 0° 响应	
		$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 60^\circ$
^{137}Cs	662	1.0	0.95
^{241}Am 或 过滤 X 辐射	59.5 或 60	0.97	0.77

7.2.6 报警声响

7.2.6.1 将声响测试仪放置在正对报警仪发声部位并与之相距 30 cm 之处，当报警仪发出报警声响时，记录声响测试仪的声压级指示值。

7.2.6.2 重复测量 3 次，其平均值应在 80 dB (A) ~100 dB (A) 范围之内。

7.3 检定结果的处理

7.3.1 按本规程检定合格的报警仪发给检定证书，检定不合格的发给检定结果通知书，并指明不合格项目。

7.3.2 检定证书内页格式见附录 C。

7.4 检定周期

报警仪的检定周期一般不超过一年。

附录 A

过滤 X 参考辐射的特性和产生条件

A.1 过滤 X 参考辐射的特性以及复制这些辐射所使用的高压和过滤条件列于表 A1。表中的恒定电压值是在负载条件下测定的。总过滤包括附加过滤和调整到 4 mm Al 的固定过滤。

A.2 检定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 A1 窄谱组过滤 X 参考辐射

平均能量 /keV	分辨率 / (%)	恒定电压 /kV	附加过滤/mm			第一半值层 /mm Cu	第二半值层 /mm Cu
			Pb	Sn	Cu		
65	31	80	0	0	2.0	0.59	0.64
83	28	100	0	0	5.0	1.16	1.20
100	27	120	0	1.0	5.0	1.73	1.74
118	36	150	0	2.5	0	2.40	2.58
161	32	200	1.0	3.0	2.0	3.90	4.29
205	30	250	3.0	2.0	0	5.20	5.20
248	34	300	5.0	3.0	0	6.20	—

附录 B

 $K_a-H_p(10)$ 转换系数的推荐值

对于本规程规定的 X、 γ 参考辐射，式 (2) 中转换系数 $h_{PK}(10)$ 的推荐值列于表 B1。这些数据取自 ICRU 第 47 号报告 1992 年英文版。

表 B1 $h_{PK}(10)$ 的推荐值

过滤 X 辐射的平均能量或核素名称	$h_{PK}(10)/(Sv/Gy)$
65 keV	1.89
83 keV	1.87
100 keV	1.80
118 keV	1.72
161 keV	1.57
205 keV	1.48
248 keV	1.42
^{241}Am	1.88
^{137}Cs	1.22
^{60}Co	1.18

附录 C

检定证书内页格式

C.1 检定证书内页至少应包括下列信息：

- (1) 所用计量标准的名称及编号
- (2) 检定时环境条件
- (3) 检定结果
 - ① 相对固有误差
 - ② 报警阈值的偏差
 - ③ 能量响应
 - ④ 角响应
 - ⑤ 报警声响

C.2 检定证书内页的格式和内容应符合有关法规文件和质量手册的要求。