



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 962—2010

X、 γ 辐射个人剂量当量率报警仪

Personal Dose Equivalent Rate Warning Devices
for X and γ Radiation

2010-09-06 发布

2011-03-06 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

X、 γ 辐射个人剂量当量率报警仪 检 定 规 程

**Verification Regulation of Personal Dose Equivalent
Rate Warning Devices for X and γ Radiation**

JJG 962—2010
代替 JJG 962—2001

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2010 年 9 月 6 日批准，并自 2011 年 3 月 6 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

本规程起草人：

陈建新（上海市计量测试技术研究院）

李燕飞（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)
3.1 术语	(1)
3.2 计量单位	(2)
4 概述	(2)
5 计量性能要求	(3)
6 通用技术要求	(3)
6.1 外观	(3)
6.2 一般要求	(3)
7 计量器具控制	(3)
7.1 检定条件	(3)
7.2 检定项目	(5)
7.3 检定方法	(5)
7.4 检定结果的处理	(6)
7.5 检定周期	(6)
附录 A X 参考辐射的特性和产生条件	(7)
附录 B 检定证书和检定结果通知书内页格式	(8)

X、 γ 辐射个人剂量当量率报警仪 检 定 规 程

1 范围

本规程适用于佩戴在人体躯干上使用的音响或声光式强贯穿 X、 γ 辐射个人剂量当量率报警仪的首次检定、后续检定和使用中检验。

X、 γ 辐射的能量范围为 50 keV~1.5 MeV。如果该报警仪准备用于测量更高能量（最高达 10 MeV）的光子产生的剂量当量率，那么必须在适当的能量上确定其响应。

本规程不适用于弱贯穿 X、 γ 辐射个人剂量当量率 $H_p(0.07)$ 的报警仪的检定。

本规程不适用于中子和 β 辐射的个人报警仪的检定。

2 引用文献

本规程引用下列文献：

GB/T 14323—1993 X、 γ 辐射个人报警仪

IEC 61344—1996: Radiation protection instrumentation—Monitoring equipment—Personal warning devices for X and gamma radiations（辐射防护仪器——监测器材——用于 X 和 γ 辐射的个人报警装置）（1996）

IEC 61526—2005: Radiation protection instrumentation—Measurement of personal dose equivalent $H_p(10)$ and $H_p(0.07)$ for X, gamma, neutron and beta radiation—Direct reading personal dose equivalent meters and monitors（辐射防护仪器——用于 X、 γ 、中子和 β 辐射的个人剂量当量 $H_p(10)$ 和 $H_p(0.07)$ 的测量——直读式个人剂量当量仪和监测仪）

ICRU Report 47: Measurement of dose equivalent from external photon and electron radiations（外照射光子和电子辐射剂量当量的测量）（1992）

GB/T 12162.1—2000 用于校准剂量仪和剂量率仪及确定其能量响应的 X 和 γ 参考辐射 第 1 部分：辐射特性及产生方法

GB/T 12162.2—2004 用于校准剂量仪和剂量率仪及确定其能量响应的 X 和 γ 参考辐射 第 2 部分：辐射防护用的能量范围为 8 keV~1.3 MeV 和 4 MeV~9 MeV 的参考辐射的剂量测定

GB/T 12162.3—2004 用于校准剂量仪和剂量率仪及确定其能量响应的 X 和 γ 参考辐射 第 3 部分：场所剂量仪和个人剂量计的校准及其能量响应和角响应的测定

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 个人剂量当量 personal dose equivalent $H_p(d)$

在人体中软组织内深度为 d 的一指定点处的剂量当量，对于强贯穿辐射推荐的深度 d 为 10 mm， $H_p(d)$ 可写为 $H_p(10)$ 。

3.1.2 有效报警范围 effective warning range

满足本规程要求的报警仪的个人剂量当量率 $\dot{H}_p(10)$ 的报警范围。

3.1.3 参考点 reference point

用来标示探测器灵敏体积中心或等效中心而在报警仪外部刻印的标记点。

3.1.4 报警阈值 alarm threshold value

报警仪可预置的各个报警阈所对应的个人剂量当量率 $\dot{H}_p(10)$ 的标称值。

3.1.5 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，报警指示与个人剂量当量率 $\dot{H}_p(10)$ 成正比。

3.1.6 检定点 point of test

约定真值已确定的一特定点，检定时仪器（包括体模在内的测量整体）的参考点必须被准确定位于该点。

3.1.7 参考取向与校准方向 reference orientation and calibration direction

参考取向是由制造商指定的相对于辐射入射方向的取向，并且该取向在所有的辐射检测项目中应与辐射方向一致，除了入射角响应项目。上述辐射入射方向即校准方向。

3.2 计量单位

3.2.1 个人剂量当量 $H_p(10)$ ， $\dot{H}_p(10)$ 的计量单位是希沃特，符号：Sv，1Sv = 1J · kg⁻¹。

3.2.2 报警指示的计量单位是 s⁻¹ 或 min⁻¹。

3.2.3 空气比释动能 K_a 的计量单位是戈瑞，符号：Gy，1Gy = 1J · kg⁻¹。

3.2.4 本规程中所用到的其他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，1eV = 1.602 × 10⁻¹⁹ J，时间单位除秒（s）之外可采用分（min）、时（h）、日（d）和年（a）。

4 概述

X、γ 辐射个人剂量当量率报警仪（以下简称报警仪）主要由辐射探测部件、电测部件和报警（音响或声光报警）部件组成。这些部件装成一体并可佩戴于人体躯干部位。

报警仪受 X、γ 辐射照射时，探测部件产生某种形式的电信号，由测量部件测量和处理，最终由报警部件发出音响或声光信号。该信号能在一定范围内指示出相应的个人剂量当量率 $\dot{H}_p(10)$ 的大小，为佩戴者提供警示。

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 $\dot{H}_p(10)$ 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 $H_p(10)$ 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

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	影响量的变化范围	技 术 要 求	报警仪类别
相对固有误差	有效报警量程	$\pm 30\%$ *	Ⅱ, Ⅲ
报警阈值的偏差	所有报警阈值	$\pm 30\%$ *	Ⅰ, Ⅲ
过载特性	量程或报警阈值的10倍**	有警示并能恢复	Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ
注：* 该两项辐射性能要求的具体判定方法见第7.3.1.4项。 ** 取量程或报警阈值的10倍和10 mSv/h中的较大者。			

6 通用技术要求

6.1 外观

6.1.1 报警仪外观应完好无损，所需附件应配套齐全。外表应有标明参考点位置的明显标记。其型号、编号、制造厂、标志及编号等标记应清晰可辨。

6.1.2 报警仪的外壳必须平滑、坚固、抗震、防尘、防雨。表面应易于去污，与外壳相联的佩戴夹应能保证探测器的合适取向，光报警部件应设置在使佩戴者易于看见的部位。如有附设保护套，报警仪在戴保护套时应仍能满足本规程的所有技术要求。

6.1.3 报警声响应清晰可辨。

6.2 一般要求

6.2.1 报警仪的报警阈值（第Ⅰ类）应在 $1 \mu\text{Sv/h} \sim 10 \text{ mSv/h}$ 内，连续报警模式的有效报警范围（第Ⅱ类）应在 $1 \mu\text{Sv/h} \sim 10 \text{ mSv/h}$ 内至少覆盖两个十进制量级。

6.2.2 报警仪外表上或随带文件中应给出仪器对于 ^{137}Cs γ 参考辐射的报警阈值（第Ⅰ类）或报警指示系数（第Ⅱ类）。如报警仪内部有可调整报警阈值或报警指示值的灵敏度旋钮或电位器，应给出明确详细的操作方法。

7 计量器具控制

7.1 检定条件

7.1.1 计量标准

7.1.1.1 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，其量值应可溯源至空气比释动能基准。

7.1.1.2 个人剂量当量 $H_p(10)$ 由空气中同一点的空气比释动能 K_a 的测量值按下式确定：

$$H_P(10) = h_{PK}(10) \cdot K_a = h_{PK}(10) \cdot M \cdot N_K \cdot K \quad (1)$$

式中, M 为该测量点的计量标准的测量读数, div ; N_K 为电离室型标准剂量仪的空气比释动能校准因子, $\text{Gy} \cdot \text{div}^{-1}$; $h_{PK}(10)$ 为空气比释动能 K_a ~ 个人剂量当量 $H_P(10)$ 的转换系数, Sv/Gy , ^{137}Cs γ 参考辐射的 $h_{PK}(10)$ 的推荐值为 1.22; K 是由空气密度修正、场的非均匀性修正等决定的修正因子 (无量纲)。

7.1.1.3 个人剂量当量约定真值 $H_P(10)$ 的扩展不确定度应不大于 10% ($k=2$)。

7.1.2 参考辐射

7.1.2.1 采用 ^{137}Cs γ 参考辐射。辐射场条件应满足 GB 12162.1—2000 规定的要求。参考辐射的特性和产生条件见附录 A。

7.1.2.2 ^{137}Cs γ 参考辐射在检定点产生的 $\dot{H}_P(10)$ 的范围应为 $1 \mu\text{Sv/h} \sim 10 \text{ mSv/h}$, 在实际检定中可能需使用多个 ^{137}Cs 辐射源以覆盖被检报警仪的全部报警量程, 在此情况下, 从每个源所能获得的检定点的 $\dot{H}_P(10)$ 的可用范围 (可通过改变辐射源与仪器探头距离的方法获得) 必须至少与由另一个源所能得到的可用范围相衔接, 以使仪器对所有源的校准可等同于使用同一个特定辐射源校准。

7.1.2.3 在检定点的辐射束的均匀区域应能完全覆盖计量标准仪器和受检报警仪, 该区域内的不均匀性应不超过 5%。

7.1.2.4 散射辐射对各检定点剂量当量率的贡献应小于总值的 5%。

7.1.3 配套设备

7.1.3.1 模体

本规程使用外部尺寸为 $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$ (高 $\times$ 宽 $\times$ 厚) 的有机玻璃板水箱模体, 前面板的厚度不大于 5 mm。

7.1.3.2 温度计

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

7.1.3.3 气压计

测量范围至少 $86 \text{ kPa} \sim 106 \text{ kPa}$, 最小分度值不大于 0.1 kPa 。

7.1.3.4 计时器

测量上限不低于 1000 s , 最小分度值不大于 0.1 s 。

7.1.4 环境条件

检定实验室的环境条件应符合表 2 的要求。

表 2 对实验室环境条件的要求

环境参量	要 求
环境温度	$15^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$, 检定过程中变化不超过 $\pm 2^\circ\text{C}$
相对湿度	$\leq 80\%$
大气压力	$86 \text{ kPa} \sim 106 \text{ kPa}$
γ 辐射本底	空气比释动能率不大于 $0.25 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$

7.2 检定项目

X、 γ 辐射报警仪的首次检定、后续检定和使用中检验需进行检定的项目见表 3。

表 3 检定项目

检定项目	首次检定	后续检定	使用中检验
相对固有误差或报警阈值偏差	+	+	+
过载特性	+	+	—
注：“+”为应检项目，“—”为可不检项目。			

7.3 检定方法

7.3.1 相对固有误差（对第Ⅱ、Ⅲ类报警仪）

7.3.1.1 报警仪相对固有误差项目的检定需使用 ^{137}Cs γ 参考辐射场并将报警仪按校准入射方向安置在体模上进行（以下其余项目相同）。对于首次检定，应在有效报警范围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上限的 80% 和 20% 附近选取两个合适的检定点进行检定。

7.3.1.2 将被检报警仪（包括体模）的有效测量点（即模体表面下 10 mm 处）位于一 $\dot{H}_P(10)$ 约定真值已知的检定点上，用声响监测设备或其他方式测定置于体模上的报警仪的报警指示 N ，即通过用秒表计时的方法测出单位时间内报警仪的报警声响次数，然后按式（2）计算每个点的相对误差 I ，其中绝对值最大者即为该报警仪的相对固有误差。

$$I = \frac{F \cdot N - \dot{H}_P(10)}{\dot{H}_P(10)} \times 100\% = \frac{F \cdot N}{M \cdot N_K \cdot h_{PK}(10) \cdot K} - 1 \quad (2)$$

式中， F 是报警仪对 ^{137}Cs γ 辐射的报警指示系数。

7.3.1.3 如果报警仪内部有可调节的报警指示灵敏度旋钮，应适当调整并加以漆封。并按调整后的相对固有误差值进行判定。

7.3.1.4 如果任一检定点的 I 值不超过 $\pm(30 + U_H)\%$ ，则认为被检报警仪的相对固有误差符合表 1 的要求。这里 $U_H\%$ 是以百分数表示的 $\dot{H}_P(10)$ 的扩展不确定度，并且在检定过程中认为将空气比释动能转换为剂量当量的转换系数 $h_{PK}(10)$ 不增加其不确定度。

7.3.1.5 报警仪在该检定点的校准因子为

$$C_t = (1 + I)^{-1}$$

7.3.2 报警阈值的偏差（对第Ⅰ、Ⅲ类报警仪）

7.3.2.1 本项目的检定需使用 ^{137}Cs γ 参考辐射场。将报警阈设定值为 $\dot{H}_T$ 的报警仪安放在体模上，其有效测量点置于 $\dot{H}_P(10)$ 约定真值为 $0.7\dot{H}_T(1 - U_H\%)$ 的检定点进行照射，10 min 内报警仪的累计报警时间应不超过 1 min。

7.3.2.2 按 7.3.1.2 条中的方法将上述报警仪置于 ^{137}Cs γ 辐射场中 $\dot{H}_P(10)$ 约定真值

为 $1.3\dot{H}_T(1+U_H\%)$ 之处进行照射,测定报警仪从开始受照到发出报警信号的时间 t ,其值应满足式 (3) 或式 (4) 的要求,并且在 10 min 内发生报警的累计时间不得少于 9 min。

$$t \leq 5 \text{ s} \quad (3)$$

$$\dot{H}_T \cdot t \leq 10 \mu\text{Sv} \quad (4)$$

7.3.2.3 如报警仪内部有可调节报警阈值的灵敏度旋钮,应适当调整并加以漆封。并按调整后的报警阈值进行判定。

7.3.2.4 如果报警仪具有多个分立的报警阈值,对首次检定,应在每个十进位量级内选择一个阈值分别进行此项检定;对后续检定和使用中检验,应选择最高和最低的阈值进行此项检定并判定。

7.3.3 过载特性

用最大报警阈值(第Ⅰ类)或有效报警范围上限(第Ⅱ类)10倍(但最低不小于 10 mSv/h)的参考辐射照射报警仪,辐照时间为 5 min,在整个照射期间仪器应保持过载报警指示,即高频度或连续的报警指示或连续的过阈值报警。停止照射 15 s 后,仪器应停止报警并恢复正常。

7.4 检定结果的处理

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注明不合格的项目。

检定证书和检定结果通知书内页格式见附录 B。

7.5 检定周期

X、 γ 辐射剂量当量率报警仪的检定周期不超过 1 年。

附录 A

X 参考辐射的特性和产生条件

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见表 A.1。表中的管电压是在负载条件下测得的，附加过滤和固定过滤组成总过滤。固定过滤为 4 mmAl。半值层是在距焦点 1 m 处测量的。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 A.1 的一致性。

表 A.1 过滤 X 参考辐射

低空气比释动能率系列过滤 X 辐射									
平均能量 /keV	分辨率 /%	管电压 /kV	附加过滤/mm				第一半值层/mm	转换系数 $h_{PK}(10)$	
			Pb	Sn	Cu	Al			
48	22	55	0	0	1.2	0	0.25 Cu	1.67	
60	22	70	0	0	2.5	0	0.49 Cu	1.87	
87	22	100	0	2.0	0.5	0	1.24 Cu	1.87	
109	21	125	0	4.0	1.0	0	2.04 Cu	1.77	
149	18	170	1.5	3.0	1.0	0	3.47 Cu	1.62	
185	18	210	3.5	2.0	0.5	0	4.54 Cu	1.54	
211	18	240	5.5	2.0	0.5	0	5.26 Cu	1.47	
窄谱系列过滤 X 辐射									
平均能量 /keV	分辨率 /%	管电压 /kV	附加过滤/mm				半值层/mmCu		转换系数 $h_{PK}(10)$
			Pb	Sn	Cu	Al	1 st	2 nd	
48	36	60	0	0	0.6	0	0.24	0.26	1.65
65	32	80	0	0	2.0	0	0.58	0.62	1.88
83	28	100	0	0	5.0	0	1.11	1.17	1.88
100	27	120	0	1.0	5.0	0	1.71	1.77	1.81
118	37	150	0	2.5	0	0	2.36	2.47	1.73
164	30	200	1.0	3.0	2.0	0	3.99	4.05	1.57
208	28	250	3.0	2.0	0	0	5.19	5.23	1.48
250	27	300	5.0	3.0	0	0	6.12	5.15	1.42

附录 B

检定证书和检定结果通知书内页格式

B.1 检定证书内页及所需内容推荐如下：

第Ⅰ、Ⅱ类报警仪

1. 计量标准装置	名称、型号、编号和有效证书等			
2. 检定时的参考辐射条件及相关参数	辐射源/kV、mA 值、过滤条件、HVL、剂量率等			
3. 检定时环境条件	温度、气压、湿度等			
4. 检定的类型	(首次检定、后续检定或使用中检验)			
检定项目	报警器类型	所用辐射	检定结果	单项结论
报警阈值偏差	(第Ⅰ类报警仪)		(报警阈值)	
过载特性		(剂量当量率)		
备注				

第Ⅱ、Ⅲ类报警仪

1. 计量标准装置	名称、型号、编号和有效证书等			
2. 检定时的参考辐射条件及相关参数	辐射源/kV、mA 值、过滤条件、HVL、剂量率等			
3. 检定时环境条件	温度、气压、湿度等			
4. 检定的类型	(首次检定、后续检定或使用中检验)			
检定项目	报警器类型	所用辐射	检定结果	单项结论
相对固有误差	(第Ⅱ类报警仪)	(剂量当量率范围)		
校准因子	(第Ⅱ类报警仪)			
过载特性		(剂量当量率)		
备注				

B.2 检定结果通知书内页及所需内容推荐如下：

第Ⅰ、Ⅲ类报警仪

1. 计量标准装置	名称、型号、编号和有效证书等			
2. 检定时的参考辐射条件及相关参数	辐射源/kV、mA 值、过滤条件、HVL、剂量率等			
3. 检定时环境条件	温度、气压、湿度等			
4. 检定的类型	(首次检定、后续检定或使用中检验)			
检定项目	报警器类型	所用辐射	检定结果	单项结论
报警阈值偏差	(第Ⅰ类报警仪)		(报警阈值)	
过载特性		(剂量当量率)		
备注				

第Ⅱ、Ⅲ类报警仪

1. 计量标准装置	名称、型号、编号和有效证书等			
2. 检定时的参考辐射条件及相关参数	辐射源/kV、mA 值、过滤条件、HVL、剂量率等			
3. 检定时环境条件	温度、气压、湿度等			
4. 检定的类型	(首次检定、后续检定或使用中检验)			
检定项目	报警器类型	所用辐射	检定结果	单项结论
相对固有误差	(第Ⅱ类报警仪)	(剂量当量率范围)		
校准因子	(第Ⅱ类报警仪)			
过载特性		(剂量当量率)		
备注				

不合格项目：