



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 1009—2006

直读式 X、 γ 辐射个人剂量 当量（率）监测仪

Direct reading Personal dose equivalent (rate)
Monitors for X and Gamma Radiation

2006-03-08 发布

2006-07-01 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

**直读式 X、 γ 辐射个人剂量
当量（率）监测仪检定规程**

JJG 1009—2006

**Verification Regulation of Direct reading
Personal dose equivalent (rate) Monitors for
X and Gamma Radiation**

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2006 年 3 月 8 日批准，并自 2006 年 7 月 1 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：上海精博工贸公司

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)

李燕飞 (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)

参加起草人：

张中良 (上海精博工贸公司)

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	(2)
5.1 辐射性能	(2)
5.2 剂量当量率指示值的统计涨落	(2)
6 通用技术要求	(3)
6.1 外观	(3)
6.2 机械特性	(3)
6.3 易去污性	(3)
6.4 读数显示	(4)
6.5 剂量当量率和剂量当量范围	(4)
6.6 有效测量显示范围	(4)
6.7 可预置的报警阈值	(4)
7 计量器具控制	(4)
7.1 检定条件	(5)
7.2 检定项目	(7)
7.3 检定方法	(7)
7.4 检定结果的处理	(11)
7.5 检定周期	(11)
附录 A X 参考辐射的特性和产生条件	(12)
附录 B 统计波动	(13)
附录 C 检定证书(内页)格式	(15)

直读式 X、 γ 辐射个人剂量当量（率）监测仪检定规程

1 范围

本规程适用于佩带在人体躯干上的用来测量由 X 和 γ 辐射外照射而产生于佩带者的个人剂量当量（亦可兼有个人剂量当量率测量功能）的直读式监测仪（以下简称监测仪）的首次检定、后续检定和使用中检验，该类监测仪属于 X 辐射防护仪器和 γ 辐射防护仪器的一种。

X、 γ 辐射的能量范围为 50keV~1.5MeV，如果该监测仪准备用于测量由能量最高可达 10MeV 的光子产生的剂量当量（率），比如在核反应堆会有 6MeV 的光子辐射存在，那么必须在适当的能量上确定其响应。

本规程不适用于测量弱贯穿辐射个人剂量当量（率）的监测仪的检定。

本规程不适用于诸如胶片剂量计、热释光剂量计或石英丝静电计等无源测量装置的检定。

2 引用文献

本规程引用下列文献：

GB/T 12161—2003 《直读式个人 X 和 γ 辐射剂量当量和剂量当量率监测仪》

GB/T 12162.1—2000 《用于校准剂量仪和剂量率仪以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以及确定其能量响应的 X 和 γ 参考辐射 ——第 2 部分：8keV~1.3MeV 和 4MeV~9MeV 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以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 有效测量范围 (effective range of measurement)

某一被测量的量值范围，在该范围内监测仪的性能符合本规程的要求。

3.1.2 监测仪参考点 (reference point of a monitor)

用来标示探测器灵敏体积中心或等效中心点而在监测仪外部刻印的一个或几个标记点。

3.1.3 测试点 (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)的参考点必须同样被定位于该点。

3.1.4 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。

3.1.5 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, 本规程中该辐射量适用于强贯穿辐射。

3.2 计量单位

3.2.1 个人剂量当量的计量单位是希沃特, 符号: Sv, $1\text{Sv} = 1\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

3.2.2 空气比释动能的计量单位是戈瑞, 符号: Gy, $1\text{Gy} = 1\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

3.2.3 照射量的计量单位和符号均为 $\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

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, 符号: eV, $1\text{eV} = 1.602 \times 10^{-19}\text{J}$, 时间单位除秒 (s) 之外可采用分 (min)、时 (h)、日 (d) 和年 (a)。

4 概述

本规程涉及的仪器是指可佩带于人体躯干部位的可测量由 X 和 γ 辐射外照射产生的佩带者个人剂量当量 $H_p(10)$ [和个人剂量当量率 $\dot{H}_p(10)$] 并能给出个人剂量当量率 (和累积剂量) 报警的直读式仪器。这类仪器的探头和测量部件必须是一体化的, 监测仪的个人剂量当量率 (和累积剂量) 报警阈值应可预置调整。有些监测仪可能带有附属的读出装置, 可对监测仪的测量值读出、记录、保存或设置报警阈值。这类仪器的设计和校准是专为佩带于人体使用的, 不适用于作巡测仪使用。

个人剂量当量 (率) 监测仪的探测部件可采用电离室、GM 计数管、闪烁探测器、半导体探测器等。它在光子的作用下产生某种形式的电信号, 由测量部件测量并指示出来。

个人剂量当量 (率) 监测仪按其数据保存方式可分为 2 类: 第 I 类监测仪在任何正常条件下其测量信息都不会丢失; 第 II 类监测仪则可能在掉电后丢失其测量信息。

5 计量性能要求

5.1 辐射性能

仪器的主要辐射性能必须满足表 1 的要求。

5.2 剂量当量率指示值的统计涨落

在使用到辐射场的所有相关检定项目中, 如果因电离辐射的随机波动的自然属性而引起的监测仪读数的统计涨落幅度与仪器所允许的读数波动限值相比已明显不可忽略, 则可增加重复测量次数 (见附录 B 中表 B1) 来保证其测量平均值具有足够的准确度来

判定所检定的项目是否符合性能指标的要求。

表 1 辐射性能要求

主要辐射性能	影响量的变化范围	技术要求
相对固有误差	有效测量范围 (剂量当量率的最低十进量级)	±15% (剂量当量) 或 ±20% (剂量当量率) 或 ±30% (剂量当量率)
重复性	有效测量范围 (剂量当量率的最低十进量级)	5.0% (剂量当量) 或 6.0% (剂量当量率) 或 15% (剂量当量率)
报警阈值误差	所有设定阈值	±20% (剂量当量率) 或 ±15% (剂量当量)
能量响应 (校准因子)	50keV ~ 1.5MeV 6 MeV*	±30% 相对 ¹³⁷ Cs 50% ~ +100%
入射角响应	0° ~ ±75°	±20% (¹³⁷ Cs) ±50% (²⁴¹ Am)
剂量当量率响应	1 mSv·h ⁻¹ ~ 1 Sv·h ⁻¹	±20%
过载特性	最大量程的 10 倍	有指示并能恢复
注: * 这一指标仅针对准备用于测量核反应堆周围的由反应堆中的 ¹⁶ N所产生的 6MeV 的高能光子辐射的监测仪。		

6 通用技术要求

6.1 外观

仪器外观应完好无损, 所需附件应配套齐全。铭牌上的型号、编号、制造厂、标志及编号等标记应清晰可辨。

6.2 机械特性

监测仪的外形尺寸应不大于: 长 15cm/厚 3cm/宽 8cm (不包括仪器所附属的夹持或固定装置); 仪器的整体质量应不超过 200g; 监测仪外表面应有能确定参考点位置的明显标志, 并标明相对于佩戴者的参考取向。仪器的外壳应光滑、坚固、具有一定的防冲击、防尘和防水功能; 监测仪外部应附有可固定于人体衣物的装置, 如一牢固的夹子或佩环或系绳, 且该装置的设置应充分考虑到监测仪在校准时的方向性; 如果仪器外部有开关, 其设置应能足以防止轻易的误触动, 仪器上任何开关的操作应不影响监测仪的累积测量功能。

6.3 易去污性

监测仪的设计和制造应考虑到在其使用过程中不易被放射性沾污, 且能便于清除沾污。如果有些监测仪附带有专用的保护套, 则要求监测仪在戴保护套的条件下仍能满足

本规程的所有技术要求。

6.4 读数显示

直读式监测仪的读数应为数字形式，且显示单位应为剂量当量或剂量当量率，如 Sv 或 Sv/h。其显示结果应清晰可辨并易于被佩戴者阅读（即使在光照较暗时）。

6.5 剂量当量率和剂量当量范围

监测仪的剂量当量率测量范围应在 $1\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}\sim 1\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 的量值范围内至少包括 4 个十进制量级。

监测仪的剂量当量测量范围应在 $1\mu\text{Sv}\sim 1\text{Sv}$ 的量值范围内至少包括从 $1\mu\text{Sv}$ 起的 4 个十进制量级。

6.6 有效测量显示范围

监测仪的有效测量范围应不小于每个测量段内从第 2 个最灵敏量级的第 1 个非零读数到最大显示值（例如，一最大显示值为 199.9 的监测仪，其有效测量范围为 1.0～199.9）。

如果监测仪在整个测量范围内使用了多于 1 个的探头，则测量时探头之间的切换应是自动的。当监测仪使用多探头时针对每个探头都必须满足本规程的要求。如监测仪具有测量范围切换的功能，其切换也应是自动的。

6.7 可预置的报警阈值

监测仪的设计上不允许使用仪器外表面上的开关来设置其报警阈值，其报警阈值的设置须通过其附带的读出系统或者通过带有电子或机械的加密限制装置来防止无关人员改变其设置。

6.7.1 剂量当量报警阈值

对剂量当量报警阈值，其设计或者是可随意设置为在监测仪的整个有效测量范围内的任何值，或者是在其有效测量范围内的每个十进制量级上至少设置一点（例如， $3\mu\text{Sv}$ ， $30\mu\text{Sv}$ ， 0.3mSv ， 3mSv ， 30mSv 和 300mSv ）。

6.7.2 剂量当量率报警阈值

对剂量当量率报警阈值，其设计或者是可随意设置为在监测仪的整个有效测量范围内的任何值，或者是在其有效测量范围内的每个十进制量级上至少设置一点（例如， $3\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ， $30\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ， $0.3\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ， $3\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ， $30\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ 和 $300\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ）。

6.7.3 报警输出信号

当监测仪被佩戴在人体上时，其音响（和视觉）报警信号仍能明显被听见或看到。其音响频率、幅度和间隔等应符合有关要求。

6.7.4 附加指示

在测量过程中遇到诸如电池不足、探测器失效或受照剂量当量率过高而致使累积测量的剂量当量变得不准确时，监测仪应能给出相应的不正常状态指示。

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 计量标准

7.1.1.1 照射量或空气比释动能率的约定真值用电离室型剂量仪测量，其量值应可溯源至国家照射量或空气比释动能基准。

7.1.1.2 在 10keV~1.5MeV 的光子能量范围内，空气比释动能 (K_a) 与照射量 (X) 的关系由式 (1) 确定：

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

式中： W ——在空气中形成一对离子所消耗的平均能量，J（对于干燥空气， W/e 的推荐值为 $33.97 \text{ J} \cdot \text{C}^{-1}$ ）；

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（对于本规程涉及的 X 辐射， $g=0$ ；对 ^{60}Co γ 辐射， $g=0.3\%$ ）。

7.1.1.3 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 $h_{PK}(10)$ 得出，即

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

$h_{PK}(10)$ 的推荐值见表 2。

7.1.1.4 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% ($k=2$)。

7.1.2 参考辐射

7.1.2.1 推荐使用的 X、 γ 参考辐射及其转换系数列于表 2。

表 2 用于检定监测仪的 X、 γ 参考辐射及其转换系数*

	管电压/kV	平均能量/keV	转换系数 $h_{PK}(10)/\text{Sv} \cdot \text{Gy}^{-1}$
过 滤 X 辐 射	55	48	1.67
	70	60	1.87
	100	87	1.87
	125	109	1.77
	170	148	1.62
	240	211	1.47
	γ 辐 射	^{241}Am (59.5keV)	
^{137}Cs (662keV)		1.21	
^{60}Co (1.17MeV、1.33MeV)		1.15	

注：* 这些辐射是 GB12162.1—2000 规定的参考辐射的一部分。其中的转换系数 $h_{PK}(10)$ 引自 GB12162.3—2004。

7.1.2.2 在检定点的辐射束应能完全和均匀地照射标准仪器以及检定监测仪时的整个体模，整个体模范围内照射量率或空气比释动能率的变化应不超过 5%。

7.1.2.3 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 体模

体模在检定过程中用来模拟人体（或其局部）而供放置被检监测仪。满足本规程要求的一种合适模体是 ICRU 推荐的用有机玻璃板制成的平板水箱体模，其外部尺寸为 $30\text{cm} \times 30\text{cm} \times 15\text{cm}$ （长 \times 宽 \times 厚）。

7.1.3.2 定位装置

用于安置标准测量仪器或受检监测仪，使其能在辐射场中一定范围内移动并能精确定位于某一检定点。定位状况用光学准直系统观测，辐射源至探测器距离用尺或其他测距装置测量。

7.1.3.3 监测电离室

用于监测并修正 X 射线发生器输出量的变化，推荐使用透过型电离室。在 X 射线发生器输出稳定的条件下可不使用。

7.1.3.4 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 。

7.1.3.5 气压计

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

7.1.3.6 远距离读数设备

用于读取被检仪器的指示值，可采用工业电视设备。

7.1.3.7 计时器

测量上限不低于 1000s ，最小分度值不大于 0.1s 。

7.1.4 环境条件

检定实验室的环境条件应符合表 3 的要求。

表 3 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 辐射个人剂量当量（率）监测仪的首次检定、后续检定和使用中检验的项目列于表 4。

表 4 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	+	+	+
重复性	+	+	+
报警阈值误差	+	+	-
能量响应（校准因子）	+	-	-
入射角响应	+	-	-
剂量当量率响应（剂量当量）	+	-	-
过载特性	+	-	-

注：“+”为应检项目，“-”为可不检项目。
* 如仪器在形式评价中已完成该项试验，该项目首次检定可免。

7.3 检定方法

7.3.1 相对固有误差

7.3.1.1 X、 γ 辐射个人剂量当量（率）监测仪相对固有误差项目的检定需在 ^{137}Cs γ 参考辐射场中被安置在合适的体模上进行。检定时可能需使用一个以上的 ^{137}Cs 辐射源以覆盖监测仪的全部测量范围，在这种情况下，由每个源在检定点处所能产生的剂量当量（率）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，该特定辐射源即可被认为是参考辐射源。在可能的条件下，应使用小于 $1\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ 的剂量当量率来测定剂量当量监测仪的相对固有误差；如果在实际上无法做到，例如辐照时间太长以至无法完成，则应对所使用的高剂量当量率作非线性修正。高剂量当量率非线性数据可从 7.3.6 条中得出。

7.3.1.2 测定相对固有误差时应在射线从仪器的校准方向入射的条件下进行。检定时应在仪器所指示的剂量当量（率）的每个十进位量级内至少选取 3 个点，这 3 点分别在相应量级满度的 20%、40% 和 80% 附近；在后续检定时应在每个十进量级上至少选取一点，且必须有一点是在该量级的 50% 和 80% 之间。在使用中检验时应至少在有效测量范围内选取 2 个点，其中 1 点在最灵敏量级内，另 1 点在整个测量范围的 50% 附近。

7.3.1.3 将被检监测仪（包括体模）按其校准方向置于辐射场中，使其有效测量点（即模体表面下 10mm 处）位于已知剂量当量（率）约定真值 H_T （或 \dot{H}_T ）的测量点上，测出监测仪剂量当量（率）的测得值 H_i （ \dot{H}_i ），按下式计算每个点的相对误差 I ：

$$I = \frac{H_i - H_T}{H_T} \times 100\% \quad \left(\text{或 } I = \frac{\dot{H}_i - \dot{H}_T}{\dot{H}_T} \times 100\% \right) \quad (3)$$

7.3.1.4 相对固有误差的判定

对使用剂量当量检定的监测仪，如果任一检定点的相对误差 I 值不超过 $\pm(15 + U)\%$ ，且任两个 I 值之差不超过 30%，则认为监测仪的相对固有误差满足表 1 的要求。其中， U 为剂量当量约定真值不确定度的百分比数值，其量值应不超过 10%，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不增加其不确定度。

对使用剂量当量率检定的监测仪，如果任一检定点（最灵敏十进量级除外）的相对误差 I 不超过 $\pm(20 + U)\%$ ，且任两个 I 值之差不超过 40%；同时最灵敏十进量级内的 I 值都不超过 $\pm(30 + U)\%$ ，且该量级内的三个 I 值中的任两个 I 值之差不超过 60% 则认为监测仪的相对固有误差满足表 1 的要求。其中 U 的含义同上。

7.3.2 重复性

7.3.2.1 剂量当量

按 7.3.1.3 条中的条件放置监测仪和体模，检定时剂量当量约定真值取在仪器最灵敏十进量级的 80% 处，重复测量至少五次，记下每次测量的指示值 H_i 并求出其算术平均值 \bar{H} 。并按式 (4) 计算其单次测量的相对标准偏差，其值应满足表 1 的要求。

$$V = \frac{1}{\bar{H}} \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^n (H_i - \bar{H})^2} \quad (4)$$

7.3.2.2 剂量当量率

按 7.3.1.3 条中的条件放置监测仪和体模，检定时剂量当量率约定真值取在仪器第二个最灵敏十进量级的 50% 处或最灵敏量级的 80% 处两个点，重复测量 20 次，记下每次测量的指示值 \dot{H}_i 并求出其算术平均值 $\overline{\dot{H}}$ 。并按式 (5) 计算其单次测量的相对标准偏差，其值应满足表 1 的要求。

$$V = \frac{1}{\overline{\dot{H}}} \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^{20} (\dot{H}_i - \overline{\dot{H}})^2} \quad (5)$$

7.3.3 报警阈值设置值的准确性

7.3.3.1 剂量当量率报警阈值

在仪器的测量范围内必须至少选取两点进行本项目检定，其中一点为其阈值设置在接近其读数显示范围的上限，另一点设置在其第二个最灵敏十进量级的上限。将报警阈

设定值为 \dot{H}_A 的监测仪按 7.3.1.1 的方法使其有效测量点置于 ^{137}Cs γ 辐射场中个人剂量当量率为 $0.8\dot{H}_A (1 - U\%)$ 之处进行照射, 10min 内监测仪应不报警。

然后用同样方法将监测仪有效测量点置于 ^{137}Cs γ 辐射场中深部个人剂量当量率为 $1.2\dot{H}_A (1 + U\%)$ 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 (6) 或式 (7) 的要求:

$$t \leq 5\text{s} \quad (6)$$

或

$$\dot{H}_A \cdot t \leq 10\mu\text{Sv} \quad (7)$$

其中, U 的含义同上。

7.3.3.2 剂量当量报警阈值

在仪器的剂量当量测量范围内必须至少选取 2 点进行本项目检定, 其中 1 点为其阈值设置在其读数显示范围的上限附近, 另 1 点设置在其第二个最灵敏十进量级的上限附近。将复零后报警阈设定值为 H_A 的监测仪按 7.3.1.3 的方法使其有效测量点置于 ^{137}Cs γ 辐射场中一适当测量点上, 该点的剂量当量率约定真值 \dot{H}_T 的量值必须使仪器受照 100s 以上后才能达到其阈值。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 (8) 的要求:

$$0.85/(1 + U\%) \leq (\dot{H}_T \cdot t)/H_A \leq 1.15/(1 - U\%) \quad (8)$$

其中, U 的含义同上。

7.3.4 能量响应和校准因子

7.3.4.1 应使用本规程 7.1.2 条所推荐的 X、 γ 参考辐射: 48, 60 (或 ^{241}Am), 87, 109, 148, 211keV 过滤 X 辐射以及 ^{137}Cs 和 ^{60}Co γ 辐射。如受条件限制无法获得上述过滤 X 辐射, 也可从附录 A 中选择合适的辐射条件。对于不同的辐射能量, 原则上应使用相同的剂量当量 (率)。如果这一点无法做到, 应利用相对固有误差的实验数据对各检定能量的剂量当量 (率) 的差别进行修正 (如果需要, 可使用内插法)。

7.3.4.2 对于每一特定能量 E 的参考辐射, 按 7.3.1.3 的方法将被检监测仪的有效测量点置于已知剂量当量 (率) 约定真值 H_{ET} (或 \dot{H}_{ET}) 的测量点上, 读出仪器的测得值 H_{Ei} (或 \dot{H}_{Ei}), 对于过滤 X 辐射, 如有必要应使用监测电离室来监督和修正剂量当量率的波动。被检监测仪对该辐射能量 E 的响应为

$$R_E = \frac{H_{Ei} \cdot (Q_{ET}/Q_{Ei})}{H_{ET}} \quad \left(\text{或} \quad R_E = \frac{\dot{H}_{Ei} \cdot (I_{ET}/I_{Ei})}{\dot{H}_{ET}} \right) \quad (9)$$

其中, Q_{ET} 和 Q_{Ei} (或 I_{ET} 和 I_{Ei}) 分别是在测量比释动能 (率) 约定真值 H_{ET} (或 \dot{H}_{ET}) 和监测仪的测得值 H_{Ei} (或 \dot{H}_{Ei}) 时监测电离室所测得的监测电量 (或电流)。在无需使用监测电离室的情况下 (如对 γ 参考辐射), 上式可简化为 $R_E = H_{Ei}/H_{ET}$ (或 $R_E = \dot{H}_{Ei}/\dot{H}_{ET}$), 每种能量的响应 R_E 对 ^{137}Cs γ 参考辐射的响应 R_{Cs} 的差值不得超过 $\pm 30\%$, 即

$$R'_E = |R_E - R_{Cs}| \leq 30\% \quad (10)$$

7.3.4.3 对 6MeV 的高能 γ 辐射, 检定时监测仪应分别戴有一系列附加的组织等效材料平衡帽进行实验测量, 以使仪器在满足电子平衡条件下确定其响应值。在此条件下监测仪的总平衡厚度, 即探测元件加监测仪外壳再加平衡帽的总厚度应相当于 40mm 组织等效材料, 由此可确定最厚的平衡帽。此时监测仪的读数应该是使用外推法由光子的衰减曲线中得出的相当于 10mm 深度时的读数, 用此方法得出的响应值相对于 ^{137}Cs γ 参考辐射应能满足式 (11):

$$-50 \leq R_E - R_{Cs} \leq +100\% \quad (11)$$

7.3.4.4 对特定能量 E 的参考辐射, 剂量当量率的校准因子 $C_{Ei} = H_{ET}/H_{Ei} = (R_E)^{-1}$ 。

7.3.5 入射角响应

7.3.5.1 应使用两种能量的辐射来检定入射角响应性能: ^{137}Cs γ 辐射和 ^{241}Am γ 辐射 (或也可使用 60keV 过滤 X 辐射来代替 ^{241}Am γ 辐射)。这些辐射的特性、产生方法和使用条件必须与 GB/T 12162.1—2000 的规范相一致。

7.3.5.2 将被检监测仪 (包括体模) 按其校准方向置于辐射场中, 记录此入射条件下的读数作为 0° 时的读数 M_0 。然后, 分别在两个平面内以监测仪参考点为中心转动监测仪 (和体模) 至 α 角度, 这两个平面分别是经过监测仪参考点和辐射场中心线的垂直和水平平面, α 为 $\pm 15^\circ$, $\pm 30^\circ$, $\pm 45^\circ$, $\pm 60^\circ$, $\pm 75^\circ$, $\pm 90^\circ$ 。记录在所有这些入射角条件下的读数 M_α 并计算其相对于 0° 时的比值 $R_\alpha = (M_\alpha/M_0)$, 每个 R_α 值均应满足表 1 的要求。 $\pm 90^\circ$ 入射角条件下 R 的限值应由生产商给出。

7.3.6 剂量当量率响应

按 7.3.1 条中剂量当量相对固有误差的有关检定方法, 分别使用 $10\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ 、 $100\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ 和 $1\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 剂量当量率的参考辐射在监测仪测量范围内的各个十进量级的 80% 附近测定其相对误差 I , 其中需包括 $1\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 剂量当量率 5s 辐照时间的测试点, 以模拟实际工作中在高剂量当量率下短暂受照的条件。所有相对误差值 I 应不超过 $\pm (20\% + U)$ 。其中 U 的含义同上。

(用高剂量当量率对低剂量当量的测试点, 以及用低剂量当量率对高剂量当量的测

试点，其所需的辐照时间会有极大的差异。本项目的测试所需的辐照时间从短至 3s 到长至 10h)。

7.3.7 过载特性

7.3.7.1 对剂量当量测量功能，使用合适的剂量当量率以仪器剂量当量测量范围最大值 10 倍的参考辐射照射仪器，辐照结束后，仪器的显示应停留在量程的最大值上或给出溢出指示。如在辐照过程中所用的剂量当量率值超出了仪器的剂量当量率响应范围(见 7.3.6 条)，仪器应立即给出溢出指示并在停止照射后保留此指示直到仪器读数被复零。

7.3.7.2 对剂量当量率测量功能，用仪器剂量当量率最大值 10 倍的参考辐射照射仪器，辐照时间为 5min，在整个辐照期间仪器指示值应维持在量程最大值或给出溢出指示。停止照射后，记下仪器读数恢复到正常显示所需的恢复时间，其恢复时间应符合仪器生产商给出的指标要求。

7.4 检定结果的处理

7.4.1 按本规程的规定和要求检定合格的监测仪发给检定证书，检定不合格的发给检定结果通知书并注明不合格的项目。

7.4.2 检定证书(或检定结果通知书)内页格式和内容见附录 C。

7.5 检定周期

直读式 X、 γ 辐射剂量当量(率)监测仪的检定周期一般不超过 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列于表 A1。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 4mmAl。半值层是在距焦点 1m 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 A1 的一致性。

表 A1 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	
			Pb	Sn	Cu	Al		
48	22	55	0	0	1.2	0	0.25 Cu	
60	22	70	0	0	2.5	0	0.49 Cu	
87	22	100	0	2.0	0.5	0	1.24 Cu	
109	21	125	0	4.0	1.0	0	2.04 Cu	
149	18	170	1.5	3.0	1.0	0	3.47 Cu	
185	18	210	3.5	2.0	0.5	0	4.54 Cu	
211	18	240	5.5	2.0	0.5	0	5.26 Cu	
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	
			Pb	Sn	Cu	Al	1st	2nd
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

附录 B

统计波动

在使用到电离辐射的所有测量中，因辐射的随机波动的自然属性而引起的测量值的统计涨落幅度可能会成为测试项目所允许的测量值的波动范围中一个显著的分量，这时必须增加重复测量次数来保证其测量平均值具有足够的准确度来判定所测项目是否符合测试要求。表 B1 给出了为确定监测仪的两组读数在 95% 置信水平下的真差所需的监测仪的测量次数。其中列出了两组平均值的百分比差别、两组读数的变异系数（假设每组读数相同）和监测仪所需测量次数。

在进行这些测试时如有可能，可使用比释动能率以使监测仪的统计涨落效应最小，出于同样目的，尽可能采用监测仪的量程或第 2 (3) 最灵敏十进量级的中间的读数。

监测仪的每两次读数之间的时间间隔应大于响应时间的 3 倍，以确保每次读数在统计意义上的独立性。

表 B1 为确定同一仪器的两组读数之间的真差
(95% 置信水平) 所需的仪器的测量次数

真值与测得值之间的 百分差值/%	制造商给出的仪器的 变异系数/%	为获得真差所需的 测量次数/次
5	0.5	1
5	1.0	1
5	2.0	4
5	3.0	9
5	4.0	16
5	5.0	25
5	7.5	56
5	10.0	99
5	12.5	154
5	15.0	223
5	20.0	396

表 B1 (续)

真值与测得值之间的 百分差值/%	制造商给出的仪器的 变异系数/%	为获得真差所需的 测量次数/次
10	0.5	1
10	1.0	1
10	2.0	1
10	3.0	3
10	4.0	4
10	5.0	6
10	7.5	14
10	10.0	24
10	12.5	37
10	15.0	53
10	20.0	94
15	0.5	1
15	1.0	1
15	2.0	1
15	3.0	1
15	4.0	2
15	5.0	3
15	7.5	6
15	10.0	10
15	12.5	10
15	15.0	23
15	20.0	40
20	0.5	1
20	1.0	1
20	2.0	1
20	3.0	1
20	4.0	1
20	5.0	2
20	7.5	3
20	10.0	6
20	12.5	9
20	15.0	12
20	20.0	21

本表是基于这样的假设而导出的：即两组读数（平均值）有差别但不存在真差的可能性与两组读数无差别但存在真差的可能性相同，均为 0.05。

附录 C

检定证书（内页）格式

检定证书（或检定结果通知书）内页格式及应包括的内容推荐如下：

1. 所用计量标准	名称、型号、编号和有效证书、扩展不确定度等		
2. 检定时的参考辐射和相关参数	辐射源/kV、mA 值、过滤条件、HVL、剂量率等		
3. 检定时的环境条件	温度、气压、湿度等		
4. 检定结果	被检仪器的相关说明（探头类型等）		
	①相对固有误差	最大偏差值	剂量当量（率）范围
	②重复性	单次测量标准偏差	剂量当量（率）
	③报警阈值	报警阈的最大偏差	剂量当量（率）
	④能量响应和刻度因子	能量响应最大偏差（各能量的刻度因子）	各检定点的能量、剂量当量（率）
	⑤角响应	最大偏差值	
	⑥剂量当量率响应	最大偏差值	剂量当量率
	⑦过载特性	各量程过载响应情况（指示）	剂量当量（率）
5. 检定结论	合格（或不合格以及不合格的项目）		

中华人民共和国
国家计量检定规程
直读式 X、 γ 辐射个人剂量当量（率）监测仪
JJG 1009—2006
国家质量监督检验检疫总局发布

*
中国计量出版社出版
北京和平里西街甲 2 号
邮政编码 100013
电话 (010)64275360
<http://www.zgjl.com.cn>
北京市迪鑫印刷厂印刷
新华书店北京发行所发行
版权所有 不得翻印

*
880 mm×1230 mm 16 开本 印张 1.25 字数 22 千字
2006 年 7 月第 1 版 2006 年 7 月第 1 次印刷
印数 1—1 000
统一书号 155026—2158 定价：20.00 元