



# 中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 393—2003

---

## 辐射防护用 X、 $\gamma$ 辐射 剂量当量(率)仪和监测仪

**X and Gamma Radiation Dose Equivalent (Rate)  
Meters and Monitors Used in Radiation Protection**

2003 - 11 - 24 发布

2004 - 05 - 24 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布

# 辐射防护用 X、 $\gamma$ 辐射剂量当量(率)仪和监测仪检定规程

**Verification Regulation of X and Gamma Radiation Dose Equivalent (Rate) Meters and Monitors Used in Radiation Protection**

JJG 393—2003

代替 JJG 393—1985

JJG 479—1986

---

本规程经国家质量监督检验检疫总局 2003 年 11 月 24 日批准, 并自 2004 年 05 月 24 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  
湖北省计量测试技术研究院

**参加起草单位:** 北京市计量科学研究所  
河南省计量测试研究所

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）

周迎春 （湖北省计量测试技术研究院）

**参加起草人：**

李 宁 （北京市计量科学研究所）

陆婉清 （河南省计量测试研究所）

刘树林 （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)  |
| 5.1 辐射性能  | (3)  |
| 5.2 重复性   | (3)  |
| 6 通用技术要求  | (3)  |
| 6.1 外观  | (3)  |
| 6.2 有效量程  | (3)  |
| 6.3 监测仪的报警水平                                      | (4)  |
| 6.4 外部标志  | (4)  |
| 6.5 指示值   | (4)  |
| 7 计量器具控制  | (4)  |
| 7.1 检定条件  | (4)  |
| 7.2 检定项目  | (6)  |
| 7.3 检定方法  | (6)  |
| 7.4 检定结果的处理                                       | (10) |
| 7.5 检定周期  | (10) |
| 附录 A 转换系数 $h_k^*(10)$ 和 $h'_k(0.07, \alpha)$ 的推荐值 | (11) |
| 附录 B X 参考辐射的特性和产生条件                               | (14) |
| 附录 C 检定证书内页格式                                     | (16) |

# 辐射防护用 X、 $\gamma$ 辐射剂量当量(率)仪和监测仪检定规程

本规程参照国际电工委员会 IEC60846《辐射防护仪器： $\beta$ 、X 和  $\gamma$  辐射周围和（或）定向剂量当量（率）仪和（或）监测仪》2002 年英文版，参考辐射的选择、剂量当量（率）约定真值的测定、被检仪器计量性能的要求及其检定方法均采用该标准。

## 1 范围

本规程适用于测量 X、 $\gamma$  辐射外照射产生的周围剂量当量（率）和（或）定向剂量当量（率）的辐射防护仪器（含监测仪）的首次检定、后续检定和使用中检验。光子能量范围为 10keV ~ 1.5MeV 以及 4MeV ~ 9MeV。

本规程不适用于医用放射学仪器和佩带在人体上的个人剂量计的检定。

## 2 引用文献

本规程引用下列文献：

IEC60846: Radiation protection instrumentation—Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation (2002)

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  $\gamma$  参考辐射 第一部分：辐射特性及产生方法》

ISO 4037—3: X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy—part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence (1999)

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 周围剂量当量 ambient dose equivalent

辐射场中某点处的周围剂量当量  $H^*(d)$  是相应的扩展齐向场在 ICRU 球体内、逆齐向场的半径上深度  $d$  处产生的剂量当量。对于强贯穿辐射，推荐  $d = 10\text{mm}$ ， $H^*(d)$  可写为  $H^*(10)$ 。

#### 3.1.2 定向剂量当量 directional dose equivalent

辐射场中某点处的定向剂量当量  $H'(d, \Omega)$  是相应的扩展场在 ICRU 球体内、沿指定方向  $\Omega$  的半径上深度  $d$  处产生的剂量当量。对于弱贯穿辐射，推荐  $d = 0.07\text{mm}$ 。在单向辐射的情况下，当逆辐射场半径和指定半径间的夹角  $\alpha = 0^\circ$  且  $d = 0.07\text{mm}$  时， $H'(d, \Omega)$  可写为  $H'(0.07)$ 。

#### 3.1.3 指示值的相对误差 relative error of an indication

仪器指示值相对于被测量约定真值的百分误差。

### 3.1.4 相对固有误差 relative intrinsic error

在规定的参考条件下, 仪器对指定参考辐射的指示值的相对误差。

### 3.1.5 仪器参考点 reference point of an assembly

仪器参考点是仪器外部的一个或几个实际标志所确定的点, 用于将仪器定位在测量点或试验点上。

### 3.1.6 响应 response

仪器的响应是其剂量当量(率)指示值与剂量当量(率)约定真值的比值。

### 3.1.7 能量响应 energy dependence of response

仪器的响应随辐射能量的变化。

### 3.1.8 角响应 angle dependence of response

仪器的响应随辐射入射角的变化。

## 3.2 计量单位

### 3.2.1 周围剂量当量和定向剂量当量的计量单位是 Sv。

### 3.2.2 周围剂量当量率和定向剂量当量率的计量单位是 $\text{Sv}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

## 4 概述

本规程涉及的辐射防护用 X、 $\gamma$  辐射剂量当量(率)仪是指那些用于测定由外照射 X、 $\gamma$  辐射源产生的周围剂量当量(率)和(或)定向剂量当量(率)的辐射防护仪器。这种仪器至少包括一个探测部件和一个测量部件, 两种部件可以直接或通过电缆相互连接、也可以装成一个整体。探测部件中含有辐射探测器, 如电离室、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。经计量校准后, 指示值作为周围剂量当量(率)或定向周围剂量当量(率)的量度。

剂量当量(率)监测仪同样具有上述功能。但它还包括一个报警(声响或声光报警)部件, 因此当周围剂量当量(率)或定向剂量当量(率)达到某一预定水平时, 能发出声响或声响与闪光信号。

周围剂量当量和定向剂量当量是分别使用扩展齐向场和扩展场的概念对 ICRU 球内的某一特定点而定义的, 但在实际上这两个辐射量可以应用于不存在球体的任一给定辐射场中的任一点。因此仪器的设计者完全可以自行决定采用何种方法使仪器的性能满足本规程的要求。例如, 可以通过适当选择外加过滤器的方法来设计 G-M 计数管型探测器, 使仪器能在特定的 X、 $\gamma$  辐射能量范围内指示周围剂量当量(率), 而不必要求探测器具有  $1000\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$  的壁厚或者将其安装在直径为 30cm 的球体上。

具有任何角分布的辐射场中某一点的周围剂量当量是假定与其具有相同注量和能量分布的辐射以平行束出现时所产生的剂量当量值。这意味着某一点的周围剂量当量值与辐射场的角分布无关, 因此测定周围剂量当量的仪器在  $4\pi$  球面度立体角内应具有各向同性的响应。定向剂量当量是与弱贯穿辐射相关的, 如果人体存在, 则人体在半球范围内提供了对弱贯穿辐射的屏蔽。因此测量定向剂量当量的仪器应只限于在  $2\pi$  球面度立体角内有响应并且允许来自探测器后面物质的背散射进入探测器。定向剂量当量的值

随着相对于参考方向的入射角的增大而减小，这是因为在接近表面的球体部分，辐射的路程长度增加了。本规程对角响应的要求正是基于这些考虑而规定的。

## 5 计量性能要求

### 5.1 辐射性能

5.1.1 仪器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       | 量程或影响量的量值范围  | 技术要求                   |
|----------|--|------------------------|
| 相对固有误差   | 有效量程内  | 不超过 $\pm 20\%$         |
| 能量响应和角响应 | $H'(10)$ : 80keV ~ 1.5MeV 或 30keV ~ 150keV<br>偏离参考方向: $0^\circ \sim 45^\circ$<br>$H'(0.07)$ : 10keV ~ 30keV<br>偏离参考方向: $0^\circ \sim 45^\circ$ | 变化极限<br>不超过 $\pm 40\%$ |
| 过载特性     | 剂量当量率大于量程最大值   | 指示值大于满刻度或给出过载指示        |

5.1.2 对准备用于测量 4MeV ~ 9MeV 高能光子辐射的仪器，其能量响应和角响应在该能量范围内也必须满足表 1 的要求。

### 5.2 重复性

由重复测量得出的单次测量相对标准偏差  $V$  应符合表 2 的要求。

表 2 重复性要求

| 被测量                                    | 被测量的量值范围  | 技术要求  |
|--|---|---|
| $H'(10), H'(0.07, \alpha)$             | $H < 1\mu\text{Sv}$<br>$1\mu\text{Sv} \leq H < 11\mu\text{Sv}$<br>$H \geq 11\mu\text{Sv}$   | 15%<br>$(16 - H/1\mu\text{Sv})\%$<br>5%                           |
| $\dot{H}'(10), \dot{H}'(0.07, \alpha)$ | $\dot{H} < 1\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$<br>$1\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \leq \dot{H} < 11\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$<br>$\dot{H} \geq 11\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ | 15%<br>$[16 - \dot{H}/(1\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1})]\%$<br>5% |

## 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 有效量程

6.2.1 对于模拟显示的仪器，有效量程应为每个量程或量级满刻度值的 10% ~ 100%。

6.2.2 对于数字显示的仪器，有效量程应从每个量程倒数第二个十进数位的最小非零指示值开始，到量程的量值指示值为止。例如，最大指示值为 199.9 的仪器，其有效量

程必须为 1.0~199.9。

6.2.3 剂量当量率仪的有效量程至少应包括 3 个量级, 剂量当量仪的有效量程至少应包括 4 个量级并含有 1mSv。如果仪器准备用于应急情况的监测, 则剂量当量率和剂量当量的测量范围应分别达到  $100\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  ~  $10\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  和  $100\mu\text{Sv}$  ~  $2\text{Sv}$ 。

### 6.3 监测仪的报警水平

6.3.1 报警阈值在有效报警量程内应是连续可调的, 或者在此量程内的每个量级至少有一个设置点。

6.3.2 声响报警应能根据需要处于“静音”状态。

### 6.4 外部标志

仪器外部应有确定参考点位置的明显标志, 并标明仪器适合测量的辐射类型、辐射量以及能量和入射角的综合范围。

### 6.5 指示值

仪器的指示值应以剂量当量或剂量当量率的单位(即本规程 3.2 条规定的单位)表示。如果仪器的直接示值使用照射量(率)、空气比释动能(率)、空气吸收剂量(率)或其它量的单位, 则在检定前应先确定合适的仪器常数, 以便直接示值乘以该常数后得出周围剂量当量(率)或定向剂量当量(率)指示值。

## 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或空气比释动能基准。

7.1.1.2 对于以照射量作为校准量的剂量仪, 测定的照射量用(1)式表示:

$$X = N_X \cdot M \cdot K_{TP} \quad (1)$$

式中:  $X$ ——照射量,  $\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}$ ;

$N_X$ ——照射量校准因子,  $\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{div}^{-1}$  (div 表示分度);

$M$ ——剂量仪读数, div;

$K_{TP}$ ——温度、气压修正因子, 无量纲; 它与温度  $t$  (单位  $^{\circ}\text{C}$ )、气压  $p$  (单位 kPa) 的关系为:

$$K_{TP} = \frac{273.15 + t}{293.15} \cdot \frac{101.325}{p} \quad (2)$$

如果剂量仪的电离室是密封型的, 则不必作温度、气压修正, 即  $K_{TP} = 1$ 。

7.1.1.3 对于以空气比释动能作为校准量的剂量仪, 测定的空气比释动能用(3)式表示:

$$K_a = N_K \cdot M \cdot K_{TP} \quad (3)$$

式中:  $K_a$ ——空气比释动能, Gy;

$N_K$ ——空气比释动能校准因子,  $\text{Gy}\cdot\text{div}^{-1}$ 。

$M$  与  $K_{TP}$  的含义及单位同 7.1.1.2 条。

7.1.1.4 在 10keV ~ 1.5MeV 的光子能量范围内, 空气比释动能与照射量的关系由式 (4) 确定:

$$K_a = \frac{W}{e} \cdot \frac{1}{1-g} \cdot X \quad (4)$$

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  $^{60}\text{Co}$   $\gamma$  辐射,  $g=0.3\%$ )。

7.1.1.5 周围剂量当量  $H^*(10)$  和定向剂量当量  $H'(0.07, \alpha)$  的约定真值由空气中同一点的空气比释动能  $K_a$  分别乘以转换系数  $h_k^*(10)$  和  $h'_k(0.07, \alpha)$  得出, 即:

$$H^*(10) = h_k^*(10) \cdot K_a \quad (5)$$

$$H'(0.07, \alpha) = h'_k(0.07, \alpha) \cdot K_a \quad (6)$$

转换系数  $h_k^*(10)$  和  $h'_k(0.07, \alpha)$  的推荐值见附录 A。

7.1.1.6 综合 (1)、(3)、(4)、(5)、(6) 式, 得到:

$$H^*(10) = N_k \cdot M \cdot h_k^*(10) \cdot K_{TP} = N_X \cdot \frac{W}{e} \cdot \frac{1}{1-g} \cdot M \cdot h_k^*(10) \cdot K_{TP} \quad (7)$$

$$H'(0.07, \alpha) = N_k \cdot M \cdot h'_k(0.07, \alpha) \cdot K_{TP} = N_X \cdot \frac{W}{e} \cdot \frac{1}{1-g} \cdot M \cdot h'_k(0.07, \alpha) \cdot K_{TP} \quad (8)$$

7.1.1.7 周围剂量当量 (率) 和定向剂量当量 (率) 约定真值的扩展不确定度 ( $k=2$ ) 均应不大于 10%。

## 7.1.2 参考辐射

7.1.2.1 可供选用的 X、 $\gamma$  参考辐射列于表 3。这些辐射是 GB 12162.1—2000 规定的参考辐射的一部分, 其中荧光 X 辐射和连续谱过滤 X 辐射的特性和产生条件见附录 B。

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和受检仪器的探测器, 整个探测器灵敏体积上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空气比释动能率的贡献应小于该点总空气比释动能率的 5%。

## 7.1.3 配套设备

### 7.1.3.1 定位装置

用于安置测量仪器或其探测器, 使其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, 源自探测器距离用尺或其它测距装置测量。

### 7.1.3.2 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。

### 7.1.3.3 温度计

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

表 3 X、 $\gamma$ 参考辐射

| 荧光 X 辐射 |        | 连续谱过滤 X 辐射 |          | $\gamma$ 辐射 |          |
|---------|--------|------------|----------|-------------|----------|
| 代号      | 能量/keV | 代号         | 平均能量/keV | 代号          | 平均能量/keV |
| F - Ce  | 9.9    | N - 15     | 12       | S - Am      | 59.5     |
| F - Zr  | 15.8   | N - 20     | 16       | S - Cs      | 662      |
| F - Mo  | 17.5   | N - 25     | 20       | S - Co      | 1250     |
| F - Cd  | 23.2   | N - 30     | 24       | R - C       | 4440     |
| F - Sn  | 25.3   | N - 40     | 33       | R - F       | 6130     |
| F - Cs  | 31.0   | N - 60     | 48       | R - Ti      | 6000     |
| F - Nd  | 37.4   | N - 80     | 65       | R - Ni      | 8500     |
| F - Sm  | 40.1   | N - 100    | 83       | R - O       | 6130     |
| F - Er  | 49.1   | N - 120    | 100      |             |          |
| F - W   | 59.3   | N - 150    | 118      |             |          |
| F - Au  | 68.8   | N - 200    | 164      |             |          |
| F - Pb  | 75.0   | N - 250    | 208      |             |          |
| F - U   | 98.4   | N - 300    | 250      |             |          |

注：表中第一栏的 F 代表荧光，其后的符号代表辐射体元素。第三栏的 N 代表窄谱，其后的数字代表管电压（以 kV 为单位）。第五栏的 S 代表放射源，Am、Cs 和 Co 分别代表放射性核素  $^{241}\text{Am}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  和  $^{60}\text{Co}$ ；R - C、R - F、R - Ti、R - Ni 和 R - O 分别代表  $^{12}\text{C}$  ( $P$ 、 $P'\gamma$ )  $^{12}\text{C}$  反应、 $^{19}\text{F}$  ( $P$ 、 $\alpha\gamma$ )  $^{16}\text{O}$  反应、钛靶中的 ( $n$ 、 $\gamma$ ) 反应、镍靶中的 ( $n$ 、 $\gamma$ ) 反应和  $^{16}\text{O}$  ( $n$ 、 $P$ )  $^{16}\text{N}$  反应。

## 7.1.3.4 气压计

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

## 7.1.3.5 计时器

测量上限不低于 1000s，最小分度值不大于 0.1s。

## 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。

## 7.1.4 环境条件

检定实验室的环境条件应符合表 4 的要求。

## 7.2 检定项目

辐射防护用 X、 $\gamma$  辐射剂量当量（率）仪和监测仪的首次检定、后续检定和使用中检验需要进行检定的项目列于表 5。

## 7.3 检定方法

## 7.3.1 外观及通用特性

表 4 对实验室环境条件的要求

| 环境参量   | 要求                                 |
|--------|------------------------------------|
| 环境温度   | 15℃ ~ 25℃, 检定过程中变化不超过 ± 2℃         |
| 相对湿度   | ≤ 80%                              |
| 大气压力   | 86kPa ~ 106kPa                     |
| γ 辐射本底 | 空气比释动能率不大于 0.25μCy·h <sup>-1</sup> |

表 5 检定项目一览表

| 检定项目                  | 首次检定 | 后续检定 | 使用中检验 |
|-----------------------|------|------|-------|
| 外观及通用特性 (6.1 ~ 6.5 条) | +    | +    | +     |
| 相对固有误差                | +    | +    | +     |
| 能量响应和角响应              | +    | -    | -     |
| 校准因子                  | +    | +    | -     |
| 过载特性                  | +    | -    | -     |
| 重复性                   | +    | +    | +     |

注：“+”为应检项目，“-”为可不检项目。

按 6.1 ~ 6.5 条逐项检查被检仪器的通用特性, 判断其是否符合相应的要求。

### 7.3.2 相对固有误差

7.3.2.1 测定周围剂量当量(率)仪或监测仪相对固有误差所需的参考辐射是<sup>137</sup>Csγ 辐射。如果由于辐射源配置的原因而使用<sup>60</sup>Coγ 辐射源, 则应考虑仪器对两种辐射的响应差别, 并把对<sup>60</sup>Coγ 辐射的响应换算到对<sup>137</sup>Csγ 参考辐射的响应。

7.3.2.2 测定定向剂量当量(率)仪或监测仪相对固有误差所需的参考辐射是 N20 过滤 X 辐射。在 N20 过滤 X 辐射产生的定向剂量当量(率)无法覆盖该项检定要求的整个量程的情况下, 可以用<sup>137</sup>Csγ 参考辐射替代 N20 过滤 X 辐射无法提供的那些检定点测定指示值的相对误差, 但其中至少应有一个检定点是由二者以相同剂量当量(率)提供的, 以便仪器对这两种不同能量的响应差别得到适当修正。使用替代的 γ 参考辐射时应确保仪器探测器满足次级电子平衡条件。

7.3.2.3 对于模拟线性刻度的仪器, 进行首次检定应在每个量程上至少选取三个点, 这三点分别在相应量程最大值的 30%、60% 和 90% 附近; 进行后续检定或使用中检验应在每个量程上选取一点, 该点在相应量程最大值的 50% 和 75% 之间。

7.3.2.4 对于模拟对数刻度或数字显示的仪器, 进行首次检定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三个点, 这三点分别在相应量级最大值的 20%、40% 和 80% 附近; 后续检定或使用中检验应在被测测量当量(率)的每个十进位量级内选取一个点进行。

7.3.2.5 用计量标准和被检仪器分别测定每个检定点剂量当量(率)的约定真值和仪器指示值,然后按下式计算每个点的相对误差  $I$ :

$$I = \frac{H_1 - H_i}{H_i} \times 100\% \quad (9)$$

式中:  $H_1$ ——按(7)式或(8)式计算的周围剂量当量(率)或定向剂量当量(率)的约定真值,  $S_v$  ( $S_v \cdot s^{-1}$ );

$H_i$ ——被检仪器的指示值,  $S_v$  ( $S_v \cdot s^{-1}$ )。

7.3.2.6 如果任一检定点的  $I$  值不超过  $\pm(20\% + U)$ , 则认为仪器的相对固有误差满足表1的要求。这里  $U$  是剂量当量(率)约定真值的扩展不确定度 ( $k=2$ ), 以百分比表示。

7.3.2.7 对于具有剂量当量率报警功能的监测仪, 除按上述方法测定剂量当量(率)指示值的相对固有误差外, 还应至少选取两个报警阈值测定其报警准确度是否符合表1的相对固有误差要求, 这两个阈值分别接近有效报警量程的上限和此量程的次小量级的最大值。

用剂量当量率约定真值  $H_1$  为设置值  $0.8(1-U)$  倍的参考辐射照射监测仪, 10min 内发生报警的时间不得多于 1min, 这里  $U$  是  $H_1$  的扩展不确定度 ( $k=2$ )。再用  $H_2$  为设置值  $1.2(1+U)$  倍的参考辐射照射仪器, 在 5s 或等于  $10\mu Sv/H_1$  的时间内监测仪必须报警, 并且在 10min 内发生报警的时间不得少于 9min。如果对上述选定的两个报警阈值都能满足这些要求, 则认为报警准确度符合相应要求。

7.3.2.8 对于具有剂量当量报警功能的监测仪, 除测定剂量当量(率)指示值的相对固有误差外, 还应至少选取与 7.3.2.7 条相似的两个点确定报警准确度是否符合相应的要求。

使用剂量当量率约定真值  $H_1$  大小适当的参考辐射照射监测仪, 使之在 100s 内不发生报警。测定从开始照射到发生报警的时间间隔  $\Delta t$ , 如果报警阈设置值  $H_a$  与  $H_1 \cdot \Delta t$  的比值满足(10)式的要求, 则认为报警准确度符合表1的相对固有误差要求。

$$0.8(1-U) \leq \frac{H_a}{H_1 \cdot \Delta t} \leq 1.2(1+U) \quad (10)$$

### 7.3.3 能量响应和角响应

7.3.3.1 从本规程 7.1.1.1 条所列 X、 $\gamma$  参考辐射中选取合适能量范围的参考辐射进行本项检定。对于不同的辐射能量和辐射角, 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点剂量当量(率)的差别进行修正。周围剂量当量(率)仪和监测仪对平均能量  $E$ 、入射角为  $\alpha$  的各种辐射的响应  $R(E, \alpha)$  均以它对从参考方向入射 ( $\alpha=0^\circ$ ) 的  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$  参考辐射的响应归一, 而定向剂量当量(率)仪和监测仪的响应  $R(E, \alpha)$  均以它对从参考方向入射的 N20 过滤 X 参考辐射的响应归一。

7.3.3.2 测定  $\alpha=0^\circ$  时仪器对不同能量的响应  $R(E, 0)$ , 作  $R(E, 0)$  对  $E$  关系曲线并由此得到  $R(E, 0)=0.6$  对应的能量  $E_0$ 。

7.3.3.3 选取能量刚大于  $E_0$  的、可以利用的参考辐射，在包含射线束中心轴线并且互相垂直的两个平面上改变仪器探测器的取向，分别测定  $\alpha = \pm 30^\circ$  和  $\alpha = \pm 45^\circ$  时仪器的响应。如果所有的响应值都不小于 0.60，则选定能量刚小于  $E_0$  的、可以利用的参考辐射重复这些测量；如果这些响应值中有一个或几个小于 0.60，则应使用能量更高的参考辐射继续进行测量。

7.3.3.4 由 7.3.3.3 条的测量数据确定两个相邻的能量点  $E_1$  和  $E_2$ ：在所有  $R(E_1, \alpha)$  测量值中至少有一个值小于 0.60， $R(E_2, \alpha)$  的测量值全都不小于 0.60。对每种入射方向用直线内插法求出响应值等于 0.60 对应的光子能量，其中最大者即为可满足能量响应和角响应要求的最低光子能量  $E_{\min}$ 。

7.3.3.5 至少再使用两种能量大于  $E_{\min}$  的参考辐射测定  $R(E, \alpha)$ ，其中一种是能量接近最高额定能量  $E_{\max}$  的参考辐射。如果 7.3.3.2 条所述的  $R(E, 0)$  对  $E$  关系曲线存在极值，还应选择接近极值的参考辐射；若不存在接近极值的情况则另选一种参考辐射。对准备用于测量 4MeV ~ 9MeV 高能光子辐射的仪器，至少应在该能量范围内选取一个点测定  $R(E, \alpha)$ 。

7.3.3.6 如果 7.3.3.5 条的测量结果证明所有的响应值都不超过 0.60 ~ 1.40 的范围，则认为在  $E_{\min} \sim E_{\max}$  和  $0^\circ \sim 45^\circ$  范围内，仪器的能量响应和角响应符合表 1 的要求。如果接近  $E_{\max}$  的能量点不能满足要求，应使用较低能量继续进行测量，直至找到能符合要求的能量上限。

7.3.3.7 若有足够理由能判断剂量当量（率）仪和监测仪在  $0^\circ \sim 45^\circ$  入射角内的响应是随入射角单调变化的，则可免做  $\alpha = \pm 30^\circ$  的响应测量。

7.3.3.8 如果制造厂规定了超出  $0^\circ \sim \pm 45^\circ$  范围的角响应指标，还需按上述方法对  $0^\circ \sim \pm 45^\circ$  以外的人射角范围进行测量，以确定响应的变化是否符合制造厂的规定。

#### 7.3.4 校准因子

7.3.4.1 根据用户需要或被检仪器的常用能量范围选取几个能量点（一般应包括  $^{137}\text{Cs}$  参考辐射），按 7.3.2.5 条规定的方法测定每种能量的  $H_1$  和  $H_2$  值，比值  $H_1/H_2$  就是仪器对相应参考辐射的校准因子。

7.3.4.2 对于首次检定， $\alpha = 0^\circ$  时的校准因子可以从 7.3.3.2 条的测量数据直接得出，即未经归一处理的  $R(E, 0)$  的倒数等于仪器对平均能量为  $E$  的参考辐射的校准因子。

#### 7.3.5 过载特性

7.3.5.1 用剂量当量率大小适当的辐射照射仪器，使仪器指示值刚好达到量程最大值。

7.3.5.2 将剂量当量率增大一倍，持续照射 5min，在整个照射期间，仪器指示值应大于满刻度或者仪器给出过载指示。并且在停止照射后的 5min 之内，仪器应能正常工作（最灵敏量程和闪烁探测器除外）。

7.3.5.3 继续增大剂量当量率重复试验，以确定能满足 7.3.5.2 条要求的最大剂量当量率。但不要使用超过下述值的剂量当量率： $100\dot{H}_{\max}$ （对于  $\dot{H}_{\max} \leq 0.1\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  的仪器）， $10\dot{H}_{\max}$  和  $10\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  中的较大者（对于  $\dot{H}_{\max} > 0.1\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  的仪器）。这里  $\dot{H}_{\max}$  代表量程最大值。

7.3.5.4 如果仪器具有多个量程，则对每个量程分别进行上述试验，其结果均应满足相应的要求。

#### 7.3.6 重复性

7.3.6.1 进行本项检定时，应选用相当于仪器最灵敏量程（线性刻度）或最灵敏量级（对数刻度）满刻度的 1/3 和 1/2 之间的剂量当量（率），或者相当于第二个最小有效数位（数字显示）的最小指示值的剂量当量（率）。

7.3.6.2 在相同条件下连续测量 20 次，相邻两次读数的时间间隔应不小于仪器时间常数的 3 倍。记下每次测量的指示值  $H_j$  并求出其算术平均值  $\bar{H}$ 。

7.3.6.3 按 (11) 式计算单次测量的相对标准偏差  $V$ ：

$$V = \frac{1}{\bar{H}} \sqrt{\frac{1}{19} \sum_{j=1}^{20} (H_j - \bar{H})^2} \quad (11)$$

其值应符合表 2 的要求。

### 7.4 检定结果的处理

7.4.1 按本规程要求检定合格的仪器发给检定证书，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 检定证书内页格式见附录 C。

### 7.5 检定周期

辐射防护用 X、 $\gamma$  辐射剂量当量（率）仪和监测仪的检定周期一般不超过 1 年。

## 附录 A

转换系数  $h_k^*(10)$  和  $h_k'(0.07, \alpha)$  的推荐值

对于本规程规定的 X、 $\gamma$  参考辐射，转换系数  $h_k^*(10)$  和  $h_k'(0.07, \alpha)$  的推荐值列于表 A1 ~ 表 A5。这些数据取自 ISO 4037-3 (1999 年英文版)。对于表 A1 中的 N-25、N-30 和表 A2 中的 F-Zr、F-Mo 这几种辐射质，需要注意能谱的不纯或变化可能对转换系数的值有显著的影响。

表 A1 窄谱系列过滤 X 参考辐射的  $h_k^*(10)$  的推荐值 (扩展齐向场, ICRU 球)

| 辐射质   | 照射距离/m    | $h_k^*(10) / \text{Sv} \cdot \text{Gy}^{-1}$ |
|-------|-----------|--|
| N-25  | 1.0 ~ 2.0 | 0.52   |
| N-30  | 1.0 ~ 2.0 | 0.80   |
| N-40  | 1.0 ~ 3.0 | 1.18   |
| N-60  | 1.0 ~ 3.0 | 1.59   |
| N-80  | 1.0 ~ 3.0 | 1.73   |
| N-100 | 1.0 ~ 3.0 | 1.71   |
| N-120 | 1.0 ~ 3.0 | 1.64   |
| N-150 | 1.0 ~ 3.0 | 1.58   |
| N-200 | 1.0 ~ 3.0 | 1.46   |
| N-250 | 1.0 ~ 3.0 | 1.39   |
| N-300 | 1.0 ~ 3.0 | 1.35   |

表 A2 荧光 X 参考辐射的  $h_k^*(10)$  的推荐值 (扩展齐向场, ICRU 球)

| 辐射质  | 照射距离/m    | $h_k^*(10) / \text{Sv} \cdot \text{Gy}^{-1}$ |
|------|-----------|--|
| F-Zr | 1.0 ~ 2.0 | 0.32   |
| F-Mo | 1.0 ~ 2.0 | 0.44   |
| F-Cd | 1.0 ~ 3.0 | 0.80   |
| F-Sn | 1.0 ~ 3.0 | 0.91   |
| F-Cs | 1.0 ~ 3.0 | 1.14   |
| F-Nd | 1.0 ~ 3.0 | 1.39   |
| F-Sm | 1.0 ~ 3.0 | 1.47   |
| F-Er | 1.0 ~ 3.0 | 1.65   |
| F-W  | 1.0 ~ 3.0 | 1.74   |
| F-Au | 1.0 ~ 3.0 | 1.75   |
| F-Pb | 1.0 ~ 3.0 | 1.74   |
| F-U  | 1.0 ~ 3.0 | 1.65   |

表 A3  $\gamma$  参考辐射的  $h'_x(10)$  的推荐值(扩展齐向场,ICRU 球,准直束)

| 辐射质       | 照射距离/m    | $h'_x(10)/\text{Sv}\cdot\text{Gy}^{-1}$ |
|-----------|-----------|---|
| S - Am    | 1.0 ~ 2.0 | 1.74                                    |
| S - Cs    | 1.0 ~ 3.0 | 1.20                                    |
| S - Co    | 1.0 ~ 3.0 | 1.16                                    |
| R - C     | 1.0 ~ 3.0 | 1.12                                    |
| R - F     | 1.0 ~ 3.0 | 1.11                                    |
| R - $T_1$ | 1.0 ~ 3.0 | 1.11                                    |
| R - $N_1$ | 1.0 ~ 3.0 | 1.11                                    |
| R - O     | 1.0 ~ 3.0 | 1.11                                    |

表 A4 窄谱系列过滤 X 参考辐射的  $h'_x(0.07, \alpha)$  的推荐值(扩展场,ICRU 球)

| 辐射质     | 照射距离<br>/m | 入射角 $\alpha$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---------|------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|         |            | 0°           | 10°  | 20°  | 30°  | 40°  | 45°  | 50°  | 60°  | 70°  | 80°  | 90°  | 100° | 120° | 135° | 150° | 180° | 旋转   |
| N - 15  | 1.0 ~ 2.0  | 0.96         | 0.96 | 0.96 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.94 | 0.91 | 0.81 | 0.27 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.45 |
| N - 20  | 1.0 ~ 2.0  | 1.00         | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.90 | 0.44 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.48 |
| N - 25  | 1.0 ~ 2.0  | 1.03         | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 0.95 | 0.53 | 0.11 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.51 |
| N - 30  | 1.0 ~ 2.0  | 1.10         | 1.10 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.08 | 1.01 | 0.64 | 0.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.56 |
| N - 40  | 1.0 ~ 2.0  | 1.25         | 1.25 | 1.25 | 1.24 | 1.24 | 1.24 | 1.23 | 1.21 | 1.13 | 0.80 | 0.32 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.65 |
| N - 60  | 1.0 ~ 3.0  | 1.48         | 1.47 | 1.47 | 1.46 | 1.46 | 1.46 | 1.45 | 1.44 | 1.40 | 1.30 | 1.01 | 0.52 | 0.09 | 0.04 | 0.03 | 0.02 | 0.79 |
| N - 80  | 1.0 ~ 3.0  | 1.60         | 1.58 | 1.58 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.56 | 1.55 | 1.51 | 1.41 | 1.15 | 0.67 | 0.15 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.88 |
| N - 100 | 1.0 ~ 3.0  | 1.60         | 1.58 | 1.58 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.56 | 1.55 | 1.52 | 1.43 | 1.19 | 0.75 | 0.19 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.90 |
| N - 120 | 1.0 ~ 3.0  | 1.55         | 1.54 | 1.53 | 1.53 | 1.53 | 1.53 | 1.53 | 1.52 | 1.49 | 1.41 | 1.19 | 0.77 | 0.22 | 0.12 | 0.09 | 0.09 | 0.89 |
| N - 150 | 1.0 ~ 3.0  | 1.50         | 1.48 | 1.48 | 1.48 | 1.48 | 1.48 | 1.48 | 1.47 | 1.45 | 1.39 | 1.18 | 0.78 | 0.23 | 0.13 | 0.10 | 0.09 | 0.87 |
| N - 200 | 1.0 ~ 3.0  | 1.39         | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.38 | 1.39 | 1.39 | 1.37 | 1.33 | 1.15 | 0.79 | 0.27 | 0.15 | 0.12 | 0.10 | 0.84 |
| N - 250 | 1.0 ~ 3.0  | 1.34         | 1.34 | 1.34 | 1.34 | 1.34 | 1.34 | 1.34 | 1.35 | 1.34 | 1.30 | 1.14 | 0.80 | 0.30 | 0.17 | 0.13 | 0.11 | 0.83 |
| N - 300 | 1.0 ~ 3.0  | 1.31         | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.31 | 1.32 | 1.33 | 1.32 | 1.27 | 1.14 | 0.81 | 0.33 | 0.19 | 0.14 | 0.12 | 0.83 |

表 A5 荧光 X 参考辐射和<sup>241</sup>Am $\gamma$  参考辐射  $h'_k(0.07, \alpha)$  的推荐值(扩展场, ICRU 球)

| 辐射质  | 照射距离<br>/m | 入射角 $\alpha$ |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      |            | 0°           | 10°  | 20°  | 30°  | 40°  | 45°  | 50°  | 60°  | 70°  | 80°  | 90°  | 100° | 120° | 135° | 150° | 180° | 旋转   |
| F-Ge | 1.0~2.0    | 0.95         | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.93 | 0.91 | 0.87 | 0.75 | 0.17 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.44 |
| F-Zr | 1.0~2.0    | 1.00         | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 0.92 | 0.47 | 0.06 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.49 |
| F-Mo | 1.0~2.0    | 1.02         | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 0.94 | 0.51 | 0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.50 |
| F-Cd | 1.0~3.0    | 1.09         | 1.09 | 1.09 | 1.08 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.08 | 1.07 | 1.00 | 0.63 | 0.18 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.55 |
| F-Sn | 1.0~3.0    | 1.13         | 1.13 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.12 | 1.10 | 1.03 | 0.67 | 0.22 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.57 |
| F-Cs | 1.0~3.0    | 1.24         | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.23 | 1.22 | 1.22 | 1.22 | 1.11 | 0.78 | 0.31 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.64 |
| F-Nd | 1.0~3.0    | 1.36         | 1.35 | 1.35 | 1.34 | 1.35 | 1.34 | 1.34 | 1.33 | 1.30 | 1.20 | 0.89 | 0.41 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.71 |
| F-Sm | 1.0~3.0    | 1.41         | 1.40 | 1.39 | 1.39 | 1.39 | 1.39 | 1.38 | 1.37 | 1.34 | 1.24 | 0.94 | 0.44 | 0.06 | 0.02 | 0.02 | 0.01 | 0.74 |
| F-Er | 1.0~3.0    | 1.52         | 1.51 | 1.51 | 1.50 | 1.50 | 1.50 | 1.49 | 1.47 | 1.44 | 1.33 | 1.05 | 0.55 | 0.10 | 0.05 | 0.04 | 0.03 | 0.82 |
| F-W  | 1.0~3.0    | 1.59         | 1.58 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.56 | 1.56 | 1.54 | 1.50 | 1.40 | 1.13 | 0.64 | 0.14 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.86 |
| F-Au | 1.0~3.0    | 1.61         | 1.60 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.58 | 1.57 | 1.53 | 1.42 | 1.17 | 0.70 | 0.16 | 0.09 | 0.07 | 0.06 | 0.89 |
| F-Pb | 1.0~3.0    | 1.61         | 1.60 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.59 | 1.58 | 1.57 | 1.53 | 1.43 | 1.19 | 0.73 | 0.18 | 0.10 | 0.08 | 0.07 | 0.90 |
| F-U  | 1.0~3.0    | 1.56         | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.54 | 1.53 | 1.50 | 1.42 | 1.19 | 0.77 | 0.21 | 0.12 | 0.09 | 0.08 | 0.08 | 0.89 |
| S-Am | 1.0~3.0    | 1.59         | 1.58 | 1.57 | 1.57 | 1.57 | 1.56 | 1.54 | 1.51 | 1.40 | 1.13 | 0.65 | 0.14 | 0.07 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.87 |

## 附录 B

## X 参考辐射的特性和产生条件

B.1 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 B1。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。对于 12keV、16keV、20keV 和 24keV 这四个平均能量最低的辐射，固定过滤由推荐的射线管固有过滤 1mmBe（也可使用其它值）构成。对于其它能量的辐射，固定过滤在 60kV 条件下调整到 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 B1 窄谱系列过滤 X 参考辐射

| 平均能量<br>/keV | 分辨率<br>/% | 管电压<br>/kV | 附加过滤/mm |     |      |     | 第一半值层<br>/mm | 第二半值层<br>/mm |
|--------------|-----------|------------|---------|-----|------|-----|--------------|--------------|
|              |           |            | Pb      | Sn  | Cu   | Al  |              |              |
| 12           | 33        | 15         | 0       | 0   | 0    | 0.5 | 0.14 Al      | 0.16 Al      |
| 16           | 34        | 20         | 0       | 0   | 0    | 1.0 | 0.32 Al      | 0.37 Al      |
| 20           | 33        | 25         | 0       | 0   | 0    | 2.0 | 0.66 Al      | 0.73 Al      |
| 24           | 32        | 30         | 0       | 0   | 0    | 4.0 | 1.15 Al      | 1.30 Al      |
| 33           | 30        | 40         | 0       | 0   | 0.21 | 0   | 0.084 Cu     | 0.091 Cu     |
| 48           | 36        | 60         | 0       | 0   | 0.6  | 0   | 0.24 Cu      | 0.26 Cu      |
| 65           | 32        | 80         | 0       | 0   | 2.0  | 0   | 0.58 Cu      | 0.62 Cu      |
| 83           | 28        | 100        | 0       | 0   | 5.0  | 0   | 1.11 Cu      | 1.17 Cu      |
| 100          | 27        | 120        | 0       | 1.0 | 5.0  | 0   | 1.71 Cu      | 1.77 Cu      |
| 118          | 37        | 150        | 0       | 2.5 | 0    | 0   | 2.36 Cu      | 2.47 Cu      |
| 164          | 30        | 200        | 1.0     | 3.0 | 2.0  | 0   | 3.99 Cu      | 4.05 Cu      |
| 208          | 28        | 250        | 3.0     | 2.0 | 0    | 0   | 5.19 Cu      | 5.23 Cu      |
| 250          | 27        | 300        | 5.0     | 3.0 | 0    | 0   | 6.12 Cu      | 6.15 Cu      |

B.2 荧光 X 参考辐射是某些材料发出的 K 荧光辐射。作为一级近似，其谱线是由  $K_{\alpha_1}$  给出的。利用 K 吸收缘介于 K 和  $K_{\beta}$  之间的次级过滤器，可使  $K_{\beta}$  的贡献小到忽略不计。有两组可供选择的荧光 X 参考辐射，第一组由序号 1~10 的 10 种辐射组成，第二组包含序号 11~15 和 8~10 种的 8 种辐射。

表 B2 荧光 X 参考辐射

| 序号 | 理论能量<br>$K_{\alpha 1}/\text{keV}$ | 辐射体 |                          |  | 管电压<br>/kV | 总初级过滤                                      | 次级过滤                    |  |
|----|-----------------------------------|-----|--------------------------|--|------------|--|-------------------------|--|
|    |                                   | 元素  | 推荐的<br>化学形态              | 面质量厚度<br>/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ |            | 最小面质量<br>厚度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ | 化学形态                    | 面质量厚度<br>/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}$ |
| 1  | 9.89                              | 锆   | $\text{GeO}_2$           | 0.180                                    | 60         | Al 0.135                                   | GdO                     | 0.020                                    |
| 2  | 15.8                              | 铪   | Zr                       | 0.180                                    | 80         | Al 0.27                                    | $\text{SrCO}_3$         | 0.053                                    |
| 3  | 23.2                              | 镉   | Cd                       | 0.150                                    | 100        | Al 0.27                                    | Ag                      | 0.053                                    |
| 4  | 31.0                              | 铯   | $\text{Cs}_2\text{SO}_4$ | 0.190                                    | 100        | Al 0.27                                    | $\text{TeO}_2$          | 0.132                                    |
| 5  | 40.1                              | 钐   | $\text{Sm}_2\text{O}_3$  | 0.175                                    | 120        | Al 0.27                                    | $\text{CeO}_2$          | 0.195                                    |
| 6  | 49.1                              | 铒   | $\text{Er}_2\text{O}_3$  | 0.230                                    | 120        | Al 0.27                                    | $\text{Gd}_2\text{O}_3$ | 0.263                                    |
| 7  | 59.3                              | 钨   | W                        | 0.600                                    | 170        | Al 0.27                                    | $\text{Yb}_2\text{O}_3$ | 0.358                                    |
| 8  | 68.8                              | 金   | Au                       | 0.600                                    | 170        | Al 0.27                                    | W                       | 0.433                                    |
| 9  | 75.0                              | 铅   | Pb                       | 0.700                                    | 190        | Al 0.27                                    | Au                      | 0.476                                    |
| 10 | 98.4                              | 铀   | U                        | 0.800                                    | 210        | Al 0.27                                    | Th                      | 0.476                                    |
| 11 | 17.5                              | 钼   | Mo                       | 0.150                                    | 80         | Al 0.27                                    | Zr                      | 0.035                                    |
| 12 | 25.3                              | 锡   | Sn                       | 0.150                                    | 100        | Al 0.27                                    | Ag                      | 0.071                                    |
| 13 | 37.4                              | 钕   | Nd                       | 0.150                                    | 110        | Al 0.27                                    | Ce                      | 0.132                                    |
| 14 | 49.1                              | 铒   | Er                       | 0.200                                    | 120        | Al 0.27                                    | Gd                      | 0.233                                    |
| 15 | 59.3                              | 钨   | W                        | 0.600                                    | 170        | Al 0.27                                    | Yb                      | 0.322                                    |

## 附录 C

## 检定证书内页格式

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、型号和编号
  - (2) 检定时所使用的参考辐射和相关参数
  - (3) 检定时的环境条件
  - (4) 检定结果
    - ① 相对固有误差（给出符合要求的剂量当量或剂量当量率范围）
    - ② 能量响应和角响应（给出符合要求的能量、入射角综合范围）
    - ③ 校准因子
    - ④ 过载特性（给出符合要求的剂量当量率）
    - ⑤ 重复性
  - (5) 本次检定的类型（首次检定、后续检定）
-