



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 521—2006

环境监测用 X、 γ 辐射空气比 释动能（吸收剂量）率仪

X and Gamma Radiation Air Kerma
Ratemeters for Environmental Monitoring

2006-03-08 发布

2006-09-08 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

**环境监测用 X、 γ 辐射
空气比释动能
(吸收剂量) 率仪检定规程**

**Verification Regulation of X and Gamma
Radiation Air Kerma Ratemeters for
Environmental Monitoring**

**JJG 521—2006
代替 JJG 521—1988**

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 9 月 8 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）

刘树林 （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）

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 | (3) |
| 5.1 主要辐射性能要求 | (3) |
| 5.2 用于高能光子测量的仪器的能量响应要求 | (3) |
| 6 通用技术要求 | (4) |
| 6.1 外观 | (4) |
| 6.2 机械特性 | (4) |
| 6.3 有效测量范围 | (4) |
| 6.4 易去污性 | (4) |
| 7 计量器具控制 | (4) |
| 7.1 检定条件 | (5) |
| 7.2 检定项目 | (6) |
| 7.3 检定方法 | (7) |
| 7.4 检定结果的处理 | (10) |
| 7.5 检定周期 | (10) |
| 附录 A X 参考辐射的特性和产生条件 | (11) |
| 附录 B 低辐射条件下空气比释动能率仪的校准 | (12) |
| 附录 C 检定证书(内页)格式 | (14) |

环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能（吸收剂量）率仪检定规程

1 范围

本规程适用于测量环境 X、 γ 辐射空气比释动能(吸收剂量)率的便携式、移动式或固定式仪器(以下简称空气比释动能率仪)的首次检定、后续检定和使用中检验。

X、 γ 辐射的空气比释动能率范围是 30nGy/h \sim 10 μ Gy/h, 辐射能量范围为 50keV \sim 1.5MeV(对可能用于测量核反应堆周围的高能光子的仪器, 其辐射能量范围还包括 6MeV 的光子能量检定点)。对使用电离电流、计数率或其他量的积分方法来测定并显示一定时间内的平均空气比释动能率的仪器, 本规程同样适用。

本规程不适用于测定环境 X、 γ 辐射空气比释动能(累积量)仪器的检定; 也不适用于热释光剂量计或其他无源测量装置以及 β 辐射仪器的检定。

2 引用文献

本规程引用下列文献:

IEC1017-1—1991: Portable, transportable or installed X or gamma radiation ratemeters for environment monitoring (1991)

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 \sim 1.3MeV 和 4MeV \sim 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 便携式空气比释动能率仪(portable air kerma ratemeter)

可方便携带并可于不同的场合测量由 X 或 γ 空气比释动能率的一类仪器, 通常包

含一个或数个核辐射探测器并带有二次仪表或具有基本测量功能的组件。

3.1.2 固定式空气比释动能率仪(installed air kerma ratemeter)

固定式空气比释动能率仪是通常情况下被固定在一个位置上测量空气比释动能率的一类仪器,它可以配有记录空气比释动能率的装置以及远程读出设备,如遥测设备等。

3.1.3 响应(response)

仪器的响应 R 是其指示值与约定真值的比值, $R = K_I/K_T$ 。

3.1.4 相对固有误差(relative intrinsic error)

在确定参考条件下,仪器对某一被测量在指定参考辐射下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,用于将仪器定位在已知被测量约定真值的测量点上。

3.1.6 测量点(point of test)

测量点即空气比释动能率的约定真值已知的一特定点,检定时仪器参考点必须与该点重合。对所有涉及电离辐射的检定项目,仪器的参考点必须被定位于检定点上,并且除入射角响应的项外,按制造商所标示的方向正确放置,即射线以所指定的方向入射。

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

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

3.2.3 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用于测量由外照射 X、 γ 辐射源产生的环境水平空气比释动能(吸收剂量)率的辐射测量仪器。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,也可以组装成一个整体。固定式仪器还可包括

连续记录仪。

环境辐射监测仪器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，由接收部件测量并指示出来。

5 计量性能要求

5.1 主要辐射性能要求

仪器的主要辐射性能必须满足表 1 的要求

表 1 主要辐射性能要求

| 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 | $\pm 15\%$ | |
| 重复性 | | 有效测量范围 | 30% | |
| 能量响应 (校准因子) | | 60keV~1.5MeV | $\pm 30\%$ 相对 ¹³⁷ Cs | |
| a 类仪器 角响应 | a1 | ¹³⁷ Cs (662keV) | $0^\circ \sim \pm 120^\circ$ | $\pm 20\%$ |
| | a2 | 59/60keV | $0^\circ \sim \pm 90^\circ$ | $\pm 30\%$ |
| | | | $90^\circ \sim 120^\circ$ 和 $90^\circ \sim -120^\circ$ | $\pm 50\%$ |
| | a3 | 662 和 59/60keV | $\pm 120^\circ$ | 生产商说明 |
| b 类仪器 角响应 | b1 | 662 和 59/60keV | $0^\circ \sim \pm 180^\circ$ | $\pm 20\%$ |
| | b2 | ¹³⁷ Cs (662keV) | $0^\circ \sim \pm 60^\circ$ | $\pm 20\%$ |
| | | | $0^\circ \sim \pm 45^\circ$ | $\pm 30\%$ |
| | b3 | 662 和 59/60keV | $45^\circ \sim 60^\circ$ 和 $-45^\circ \sim -60^\circ$ | $\pm 50\%$ |
| 过载特性 | | 最大量程的 10 倍 | 有指示/能恢复 | |

其中，针对入射角响应的 a 类和 b 类仪器的分类方法及 a1、a2、a3 和 b1、b2、b3 的技术要求的具体条件和方法见第 7.3.3 条。


5.2 用于高能光子测量的仪器的能量响应要求

对准备用于测量核反应堆周围的由反应堆中的¹⁶N 所产生的 6MeV 的高能光子及其他能量在 1.3MeV~6MeV 范围的光子辐射的空气比释动能率的仪器，其在 6MeV 的

响应相对于 ^{137}Cs 参考辐射的变化不得超过 $\pm 35\%$ 。

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

便携式仪器的质量不得超过4kg，并应配有手柄、带或其他便于携带的附件。仪器外表面应有能确定参考点位置和入射方向的明显标志；仪器各部件应装配牢固、具有一定的防冲击、防尘和防雨淋功能。

6.3 有效测量范围

6.3.1 对于模拟显示的仪器(含线性或对数显示)，有效量程应为每个量程或量级满刻度值的10%~100%。

6.3.2 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，到量程的最大指示值为止。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。

6.3.3 空气比释动能率仪的有效测量范围下限应从 $30\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 起，上限至少达到 $10\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。对于有可能用于发生意外的紧急情况的仪器，其上限应至少高一个数量级。

对于线性指示的仪器，其相邻两挡量程的灵敏系数相差不得大于10倍。

如果对数指示的仪器具有可改变的测量量程，其相邻的两挡量程必须有一个十进制量级的范围是重叠的。

如仪器设有指零或指向另一特定值的功能键，在受辐照条件下该键必须有效。

如果无法在非常低的本底辐射条件下进行校准，在仪器的购买者和生产商达成一致的情况下，可将测量范围的下限提高到 $100\text{nGy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。附录B中表述了在低空气比释动能率条件下对仪器的测量和校准方法。

6.4 易去污性

仪器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，且能便于清除其放射性沾污。

7 计量器具控制

计量器具控制包括首次检定、标准分享网 www.bzfxw.com 免费下载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环境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 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 $^{60}\text{Co}\gamma$ 辐射， $g=0.3\%$ ）。

7.1.1.3 在检定点上空气比释动能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 所需使用的X、 γ 参考辐射列于表2，其中 $^{241}\text{Am}(59.5\text{keV})$ 的 γ 辐射可用60keV的过滤X辐射代替。其连续谱过滤X辐射的特性和产生条件见附录A。

表2 X、 γ 参考辐射

| | 管电压/kV | 平均能量/keV |
|---|-------------|-----------------------------------|
| 过滤X辐射 | 55 | 48 |
| | 70 | 60 |
| | 100 | 87 |
| | 170 | 148 |
| | 240 | 211 |
| | γ 辐射 | $^{241}\text{Am}(59.5\text{keV})$ |
| $^{137}\text{Cs}(662\text{keV})$ | | |
| $^{60}\text{Co}(1.17\text{MeV}、1.33\text{MeV})$ | | |

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。可采用光学准直观测系统定位，源至探测器距离用尺或其他测距装置测量。

7.1.3.2 监测电离室

用于监测并修正入射线发生器输出量的变化。在射线发生器输出稳定的条件下可不使用。

7.1.3.3 温度计

测量范围 0℃~50℃，最小分度值不大于 0.2℃。

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 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 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℃~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 0.25μGy·h ⁻¹ |

7.2 检定项目

环境监测用 X、γ 辐射空气比释动能率仪的首次检定、后续检定和使用中检验的项目见表 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 | + | + | - |
| 能量响应和校准因子 | + | - | - |
| 角响应 | + | - | - |
| 重复性 | | + | + |
| 过载特性 | | | - |
| 注：“+”为应检项目，“-”为可不检项目。 * 如仪器在型式/样机试验中已完成过载特性验证，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 测定环境监测用 X、γ 射空气比释动能率仪相对固有误差所需的参考辐射是 ^{137}Cs 辐射。对于无法在非常低的本底辐射条件下进行测量，可将测量范围的下限提高到 100nGy h^{-1} 。附录 B 中表述了在低空气比释动能率条件下对仪器的测量方法。

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。测定时可能需使用一个以上的 ^{137}Cs 辐射源以覆盖仪器的全部测量范围。在这种情况下，从每个源所能获得的校准点空气比释动能率的有效范围（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获得的校准范围相衔接，以便仪器对所有源的校准可等同于使用同一个辐射源校准。

7.3.1.3 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最大值的 50% 和 75% 之间选取一点。

7.3.1.4 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比释动能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比释动能率的每个十进位量级内选取一个点进行。

7.3.1.5 将被检仪器按其校准方向放置在已知空气比释动能率约定真值 K_T 的测量点

上，在辐射源不开启的条件下测出该测量点的本底读数 \dot{K}_{IB} ；然后开启辐射源，测定并记录该点的读数 \dot{K}_{IS} ，就可得出空气比释动能率的测得值 $\dot{K}_I = \dot{K}_{IS} - \dot{K}_{IB}$ ，再按下式计算每个点的相对误差 I ：

$$I(\%) = \frac{\dot{K}_I - \dot{K}_T}{\dot{K}_T} \times 100\% \quad (2)$$

如果该检定点上的空气比释动能率 \dot{K}_T 值很小，或其散射辐射与 \dot{K}_I 相比较为明显 ($>5\%$)，则需按附录 B 中描述的方法进行检定。

7.3.1.6 如果任一检定点的相对误差 I 不超过 $\pm 25\%$ ，且任何两个 I 值之差都不大于 30% 则认为仪器的相对固有误差满足表 1 的要求。

7.3.1.7 对明确标明所测的量为空气吸收剂量的环境辐射监测仪器，按以上相同步骤进行检定，但需在检定结果中注明使用空气比释动能校准。

7.3.2 能量响应和校准因子

7.3.2.1 必须使用本规程 7.1.2 条表 2 中所列 48、87、148 和 211keV 的 X 参考辐射和 ^{241}Am 、 ^{137}Cs 和 ^{60}Co γ 参考辐射进行本项检定，其中 ^{241}Am γ 辐射可用 60keV 过滤 X 辐射代替。

7.3.2.2 对于不同的辐射能量，原则上应使用相同的空气比释动能率。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空气比释动能率的差别进行修正。

7.3.2.3 对于每一特定能量 E 的参考辐射，将被检仪器按其校准方向放置在已知空气比释动能率约定真值 \dot{K}_{ET} 的测量点上，按 7.3.1.5 条的方法获得仪器的测得值 \dot{K}_{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空气比释动能率的波动。被检仪器对该辐射能量 E 的响应为

$$R_E = \frac{\dot{K}_{EI} \cdot (I_{ET}/I_{EI})}{\dot{K}_{ET}} \quad (3)$$

其中， I_{ET} 和 I_{EI} 分别是在测量比释动能率约定真值 \dot{K}_{ET} 和被检仪器的测得值 \dot{K}_{EI} 时监测电离室所测得的监测电流。在无需使用监测电离室的情况下(如对 γ 参考辐射)，式 (3) 可简化为 $R_E = \dot{K}_{EI}/\dot{K}_{ET}$ 。将每种能量的响应 R_E 对 ^{137}Cs γ 参考辐射的响应归一，归一后的响应值为

$$R_E = R_E/R_{Cs} \quad (4)$$

在 50keV~1.5MeV 之间, 如满足 $|R'_E - 1| \leq 30\%$, 则可认为该仪器的能量响应符合表 1 的要求。对用于测量核反应堆周围的高能光子辐射空气比释动能率的仪器, 其在 6MeV 检定点的能量响应归一值 R'_E 应符合 $|R'_E - 1| \leq 35\%$ 。

7.3.2.4 对特定能量 E 的参考辐射, 空气比释动能率的校准因子 $C_{FE} = \dot{K}_{ET}/\dot{K}_{EI} = (R_E)^{-1}$ 。

7.3.3 入射角响应

7.3.3.1 所有环境监测用空气比释动能率仪应该在一个较宽的入射角范围内都具有良好的响应性能, 且在某一平面上基本上具有中心轴对称的特性。通常仪器的对称性结构可分为两类, a 类: 仪器的校准方向可认为与其对称轴方向近似重合; b 类: 仪器的校准方向与其对称轴方向近似垂直。

7.3.3.2 对于 a 类结构的仪器, 先按 7.3.2 条的方法在仪器的校准方向上测定该仪器对 60keV 过滤 X 辐射(或 59.5keV 的²⁴¹Am γ 辐射)和¹³⁷Cs γ 辐射的读数响应 M_0 , 然后按下列步骤检定:

a1) 在包含生产商规定的校准方向的一个平面内改变入射方向, 每次改变 15° , 其校准方向为 0° , 分别测出在表 1 中 a1 和 a2 栏所规定的范围内的各个角度上仪器对上述两种辐射的响应 M_a 。

a2) 在垂直于步骤 a1) 所描述的平面但仍包含仪器的校准方向的另一平面内重复步骤 a1) 的测量过程。计算相对于各入射角的响应 $R_a = M_a/M_0$, $R_a - 1$ 值应符合表 1 中的相关要求。

a3) 在垂直于校准方向的一个平面内改变入射方向 (0° 亦在该平面内), 每次改变 45° , 分别测量并计算在 $0^\circ \sim \pm 180^\circ$ 范围内的各个角度上仪器对上述两种辐射的响应值 R_a , $R_a - 1$ 值应符合表 1 中 a3 的要求。

7.3.3.3 对于 b 类结构的仪器, 先按 7.3.3 条的方法在仪器的校准方向上测定该仪器对 60keV 过滤 X 辐射(或 59.5keV 的²⁴¹Am γ 辐射)和¹³⁷Cs γ 辐射的响应 M_0 , 然后按下列步骤检定:

b1) 在包含生产商规定的校准方向且与对称轴近似垂直的一个平面内改变入射方向, 每次改变 45° , 其校准方向为 0° , 分别测量并计算在 $0^\circ \sim \pm 180^\circ$ 范围内的各个角度上仪器对上述两种辐射的响应值 R_a , $R_a - 1$ 值应符合表 1 中 b1 的要求。

b2) 在垂直于步骤 b1) 所描述的平面但仍包含仪器的校准方向的另一平面内改变

入射方向, 每次改变 15° , 其校准方向为 0° , 分别测量并计算相对于各入射角的响应 $R_a = M_a/M_0$, $R_a - 1$ 值应符合表 1 中的相关要求。

b3) 在垂直于校准方向的平面内 (0° 亦设定在该平面内) 重复步骤 b2) 的过程。

7.3.4 过载特性

7.3.4.1 先记录仪器的本底读数, 用仪器量程最大值 10 倍的空气比释动能率的参考 γ 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该量程最高端的溢出位置 (状态), 辐照结束后, 在 30min 内仪器的指示值应能恢复到与原先的本底空气比释动能率读数偏差 20% 的范围以内。

7.3.4.2 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。

7.3.5 重复性

7.3.5.1 进行本项检定时, 应选用相等于仪器最灵敏量程 (线性刻度) 或最灵敏量级 (对数刻度) 满刻度的 $1/3$ 和 $1/2$ 之间的空气比释动能率, 或者相当于第二个最小有效数位 (数字显示) 的最小指示值的空气比释动能率。

7.3.5.2 在相同条件下连续测量 20 次, 每次测量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 K_i , 求出其算术平均值 \bar{K} 。

7.3.5.3 按式 (5) 计算其单次测量相对标准偏差 V :

$$V = \frac{1}{\bar{K}} \sqrt{\frac{1}{19} \sum_{i=1}^{20} (K_i - \bar{K})^2} \quad (5)$$

其值应符合表 1 的要求。

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 (或检定结果通知书) 的页格式和内容见附录 C。

7.5 检定周期

环境监测用 X、 γ 辐射空气比释动能率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见表 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。半值层是在距焦斑 1m 处测量的。第二半值层在数值上与第一半值层没有明显差别，所以表中没有给出。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 窄谱系列过滤 X 参考辐射

| 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 |

附录 B

低辐射条件下空气比释动能率仪的校准

对环境辐射空气比释动能率水平仪器的使用和校准，需要了解仪器探测器对不同本底成分响应的详细知识，对每台仪器都需测定并区分其对宇宙辐射的响应及其内部本底。

受校准源辐照的仪器的指示值 I_1 可表示为

$$I_1 = R_c \cdot \dot{K}_c + R_e \cdot \dot{K}_e + R_s \cdot \dot{K}_s + I_i$$

其中， I_1 是以电流、电压、脉冲率的合适单位显示的仪器读数，以 $\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 为表示单位； \dot{K}_c 和 \dot{K}_e 分别为宇宙 γ 辐射和环境 γ 辐射在校准室内所产生的空气比释动能率； \dot{K}_s 是由校准源所产生的空气比释动能率约定真值； R_c 、 R_e 和 R_s 分别为仪器对宇宙辐射、环境 γ 辐射和来自校准源的 γ 辐射的响应因子； I_i 是由内部放射性污染或由仪器的电噪声所引起的对读数的贡献。

对许多探测器来讲， R_c 、 R_e 和 R_s 通常是各不相等且因子 R_e 的值取决于光子的能量，所以使用点源或射线束在实验室中校准而得到的 R_s 值与 R_e 值并不相等，应而不能直接用于现场测量。为了确定 R_c 、 R_e 、 R_s 和 I_i ，必须排除其他 3 个影响量来单独测定每一个响应。

B.1 通过测定 R_s 随光子能量的变化（见本规程第 7.3.2 “能量响应” 条款）并按环境辐射能谱对适当的 R_s 值进行加权处理，即可计算出适用于现场测量仪器的 R_e 响应值。

B.2 任何仪器由内部本底引起的响应 I_i 可通过诸如测量其被置于地下深处时的读数来加以估计。在地下 600m 深处即可有效消除宇宙辐射的影响，再将探头放置在 10cm 厚的铅屏蔽内，则它对来自当地岩层的辐射响应也可被有效消除。

对于电离室，通常可认为 I_i 是由电离室内固有的 α 放射性所引起的。将电离室置于一个低本底的屏蔽器具里，并用一个时间常数很短的记录仪监测其静电计的输出，就可估计其 I_i 。 α 辐射的脉冲信号可通过记录仪输出端产生的大幅尖峰信号加以鉴别。同时，还应定期检查仪器的漏电流和绝缘体的内部应力。由绝缘体的内部应力所引起的单向电流可通过分别测量正负极化电压时的电流来确定。

任何仪器的内部本底在其使用寿命之内都不会有显著变化，因为所有存在的放射性核素的半衰期都很长，但进行临时的检查还是可取的，因仪器本身可能受到外部辐射源的沾污。

B.3 宇宙辐射的响应 R_c 可通过实验测定，或也可通过对宇宙射线在探测器内的相互作用的理论计算来确定。宇宙射线响应的实验测定可在一艘由低辐射材料制造的小船上进行，该小船须位于距陆地（0.5~1.0）km 的淡水湖、水库或海面上。

B.4 仪器的 X 或 γ 射线校准因子 R_s 可以由下述方法得出：

a) 在用校准源辐照之前首先读取仪器的本底读数 \dot{K}_{IB} ；

b) 然后用源辐照仪器并记录读数 \dot{K}_{IS} ；

c) $R_s = \frac{\dot{K}_{IS} - \dot{K}_{IB}}{\text{来自源的比释动能率约定真值 } K_T}$

这一方法将可消除由宇宙辐射、校准实验室本底剂量和来自 I_1 的贡献所引起的响应。但应注意，这一结论只有在来自源的散射辐射可忽略不计时才适用。当存在明显的散射辐射时，上述的两次测量应改为：第一次在有源存在时测量，第二次测量时在探测器和源之间放置一 5cm 厚的铅屏蔽体，其形状刚好足以屏蔽来自校准源的对探测器的直接照射。扣除了铅屏蔽时读数的值即代表所需测定的对源的初级辐射的响应。

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 对明确标明所测的量为空气吸收剂量的仪器，需注明校准所使用的量为空气比释动能而非空气吸收剂量 | | |
| 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、空气比释动能率等 | | |
| 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 | 空气比释动能率范围 |
| | ②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、空气比释动能率 |
| | ③角响应 | 最大偏差值 | 仪器的角响应类型 |
| | ④重复性 | 单次测量标准偏差 | 空气比释动能率 |
| ⑤过载特性 | 各量程过载响应情况（指示） | 最高空气比释动能率 | |
| 5. 检定结论 | 合格（或不合格以及不合格的项目） | | |