



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 2224—2025

便携式高量程光子辐射 周围剂量当量（率）仪校准规范

Calibration Specification for High Range Ambient Dose
Equivalent (Rate) Portable Meters for Photon Radiations

2025-03-27 发布

2025-09-27 实施

国家市场监督管理总局 发布

便携式高量程光子辐射周围
剂量当量（率）仪校准规范

Calibration Specification for High Range Ambient
Dose Equivalent (Rate) Portable
Meters for Photon Radiations

JJF 2224—2025

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

中国计量科学研究院

江苏省计量科学研究院

本规范委托全国电离辐射计量技术委员会负责解释

本规范起草人：

陈建新（上海市计量测试技术研究院）

孙 训（上海市计量测试技术研究院）

李德红（中国计量科学研究院）

王 遥（上海市计量测试技术研究院）

王 鹏（江苏省计量科学研究院）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(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 计量特性	(2)
5.1 相对固有误差	(2)
5.2 (周围剂量当量率) 响应时间	(2)
5.3 重复性 (统计涨落)	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 计量标准	(3)
6.3 参考辐射	(3)
6.4 配套设施	(3)
7 校准项目和校准方法	(4)
7.1 相对固有误差	(4)
7.2 (周围剂量当量率仪) 响应时间	(5)
7.3 重复性 (统计涨落)	(5)
7.4 校准因子 (线性响应)	(5)
8 校准结果表达	(6)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 校准原始记录信息与推荐格式	(7)
附录 B 校准证书内页推荐格式	(8)
附录 C 周围剂量当量率校准因子 C_f 不确定度评定	(9)

引 言

JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》共同构成支撑制定本规范的基础性规范。

本规范参考了 IEC 60846-2: 2015《辐射防护仪器 β 、X 和 γ 辐射周围和/或定向剂量当量（率）仪和/或监测仪 第 2 部分：应急辐射防护用便携式高量程 β 和光子剂量与剂量率仪》、GB/T 12162.1《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《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《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》的技术要求和方法。

本规范为首次发布。

便携式高量程光子辐射 周围剂量当量（率）仪校准规范

1 范围

本规范适用于应急事故辐射防护场合的便携式高量程外照射光子辐射周围剂量当量（率）仪器的校准。仪器适用的光子辐射能量范围为 80 keV~1.3 MeV。周围剂量当量率 $\dot{H}^*(10)$ 范围为 0.1 mSv/h~10 Sv/h。

2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 393 便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量（率）仪和监测仪检定规程

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1035 电离辐射计量术语及定义

GB/T 4960.1 核科学技术术语 第 1 部分：核物理与核化学

GB/T 4960.6 核科学技术术语 第 6 部分：核仪器仪表

GB/T 12162.1 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 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 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

IEC 60846-2: 2015 辐射防护仪器 β 、X 和 γ 辐射周围和/或定向剂量当量（率）仪和/或监测仪 第 2 部分：应急辐射防护用便携式高量程 β 和光子剂量与剂量率仪（Radiation protection instrumentation—Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation—Part 2: High range beta and photon dose and dose rate portable instruments for emergency radiation protection purposes）

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

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 术语

JJF 1001、JJF 1035、GB/T 4960.1、GB/T 4960.6 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1.1 周围剂量当量 $H^*(10)$ ambient dose equivalent $H^*(10)$

由相应的扩展齐向场在 ICRU 球体内、逆齐向场的半径上深度 10 mm 处产生的辐射场中某一点的剂量当量。

3.1.2 [剂量当量（率）仪的] 试验点 point of test [of a dose equivalent (rate) meter]

约定值已知的一点，并且剂量当量（率）仪的参考点须置于在该点上用于测量和试验目的。

3.1.3 [测量装置的] 响应时间 response time [of a measuring assembly]

从测量装置的输入量发生阶跃变化到输出信号第一次达到其最终值的某一给定百分数（通常取 90%）时所经历的时间。

3.2 计量单位

3.2.1 周围剂量当量 $H^*(10)$ ，计量单位是希沃特，符号：Sv，1 Sv = 1 J · kg⁻¹。

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

3.2.3 本规范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，1 eV = 1.602 × 10⁻¹⁹ J

4 概述

便携式高量程光子辐射周围剂量当量（率）仪指用于特定核事故应急场合测定由外照射光子辐射产生的周围剂量当量 $H^*(10)$ （率）的总质量不超过 4 kg 的便携式辐射防护测量仪器。这类仪器包括一个探测部件和一个测量部件，两者用长杆或通过电缆、无线信号相互连接，也可以装成一个整体，并配有把手、背带等附件以便于携带和操作。探测部件中含有辐射探测器，如电离室、计数管、半导体探测器等。其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。

5 计量特性

以下技术参数不适用于合格性判定，仅供参考。

5.1 相对固有误差

剂量当量率：-17% ~ +25%；

累积剂量当量：-17% ~ +25%。

5.2 （周围剂量当量率）响应时间

<10 s ($\dot{H}_0$ 约 10 mSv/h)。

5.3 重复性（统计涨落）

周围剂量当量：(16 - H/H_0)%， $H_0 \leq H \leq 11H_0$ ；

周围剂量当量率：(16 - $\dot{H}/\dot{H}_0$)%， $\dot{H}_0 \leq \dot{H} \leq 11\dot{H}_0$ 。

H_0 、 $\dot{H}_0$ 分别为仪器的剂量当量/剂量当量率有效测量范围的下限。

6 校准条件

6.1 环境条件

- 6.1.1 环境温度： $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$ 。
- 6.1.2 相对湿度： $\leq 80\%$ 。
- 6.1.3 环境本底辐射： $< 0.75 \mu\text{Sv/h}$ 。
- 6.1.4 无明显影响仪器正常工作的机械振动和电磁干扰。

6.2 计量标准

参考级电离室剂量计和参考辐射场组成，其量值可溯源至国家空气比释动能基准值，其扩展不确定度优于 5.0% ($k=2$)。

周围剂量当量 $H^*(10)$ 的约定值（参考值）由参考测量点的空气比释动能值 K_a 按式（1）确定：

$$H^*(10) = h_K^*(10) \cdot K_a = h_K^*(10) \cdot M \cdot N_K \cdot K \quad (1)$$

式中：

M ——该测量点计量标准仪器的读数，div；

N_K ——计量标准器的空气比释动能（率）校准因子， $\text{Gy} \cdot \text{div}^{-1}$ ；

$h_K^*(10)$ ——空气比释动能 $K_a \rightarrow$ 周围剂量当量 $H^*(10)$ 的转换系数， Sv/Gy ；

^{137}Cs γ 参考辐射的 $h_K^*(10)$ 的推荐值为 1.20， ^{60}Co γ 参考辐射的 $h_K^*(10)$ 推荐值为 1.16， ^{241}Am γ 参考辐射的 $h_K^*(10)$ 推荐值为 1.74；

K ——考虑散射辐射、辐射场能量差异及非均匀性等各种影响因素，引入的修正系数。

6.3 参考辐射

6.3.1 能量范围： γ 参考辐射为 ^{137}Cs (661.7 keV) 和/或 ^{60}Co (1 173、1 332.5) keV 等。

6.3.2 周围剂量当量率范围： ^{137}Cs γ 参考辐射产生的 $\dot{H}^*(10)$ ，下限不大于 1.0 mSv/h ， ^{137}Cs 和 ^{60}Co γ 参考辐射场组合成的总剂量当量（率）校准范围至少覆盖 4 个数量级。

6.3.3 辐射场的均匀区域应能完全覆盖计量标准仪器及被校准仪器的探测器部件，该区域内的不均匀性应不超过 5% 。各测量点的散射辐射对剂量当量率的贡献不大于总值的 5% 。

辐射场的环境本底辐射可用环境监测用空气比释动能率仪进行测量验证。

相关 X 参考辐射的条件及校准方法等可参考 γ 参考辐射。

6.4 配套设施

6.4.1 探测器定位装置

用于安置参考剂量计电离室或受校探测器，能在辐射场中移动并准确定位于某一测量点。源至探测器距离的测量定位误差应优于 $\pm 1.0 \text{ mm}$ 。

6.4.2 温度计

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

6.4.3 气压计

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

6.4.4 计时器

测量上限不低于 1 000 s，最小分度值不大于 0.01 s。

7 校准项目和校准方法

7.1 相对固有误差

须使用¹³⁷Cs（或⁶⁰Co） γ 参考辐射场校准便携式高量程光子辐射周围剂量当量（率）仪的相对固有误差和重复性项目。如因¹³⁷Cs辐射无法覆盖周围剂量当量率范围而使用⁶⁰Co辐射校准，则在仪器的测量范围内至少需有一个测量点使用¹³⁷Cs辐射校准，并根据各辐射的响应特性将⁶⁰Co γ 辐射测得的相对误差数据修正至¹³⁷Cs辐射。

7.1.1 周围剂量当量率仪

校准所用辐射的周围剂量当量率范围须覆盖（1 mSv/h~10 Sv/h）的 4 个十进制量级范围。

在辐射仪剂量当量率有效测量范围的每个十进量级内至少选取一个校准测量点，数显示式和数字式仪器相邻两点间相差应不大于 10 倍，模拟显示的仪器应选在每个量程的 50%~75%范围内或附近。

对于采用 2 个（或多个）不同灵敏度的探测器组合成的探头，并通过内部切换探测器来扩展测量范围的仪器，校准测量点应包括探测器切换点附近高低 2 个探测器的 2 个测量点。

将被校仪器按其参考取向置于辐射场中剂量当量率约定值 $\dot{H}_{iC}$ 已知的测量点上（长杆型辐射仪的圆柱形探头典型的校准方向为垂直于对称轴），测得被校仪器对测量点的周围剂量当量（率）读数值 $\dot{H}_i$ 。按公式（2）计算各个测量点上仪器测得值的相对偏差 I_i ：

$$I_i = \frac{\dot{H}_i - \dot{H}_{iC}}{\dot{H}_{iC}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

$\dot{H}_i$ ——第 i 个测量点的剂量当量率读数；

$\dot{H}_{iC}$ ——第 i 个测量点的剂量当量率约定值。

取其中绝对值最大者的相对偏差值作为最终仪器相对固有误差的校准结果。

7.1.2 累积周围剂量当量仪

校准所用辐射的剂量当量范围须覆盖包括 100 mSv 的 4 个十进制量级范围，并在仪器的剂量当量率适用范围内采用不同的剂量当量率和尽量接近的辐照时间的组合来得到不同的累积剂量当量约定值。

按 7.1.1 中相同的原则选取校准测量点（每个十进量级内至少一点），将被校仪器按其参考取向置于辐射场中剂量当量率约定值 $\dot{H}_{iC}$ 已知的测量点上（长杆型辐射仪的圆柱形探头典型的校准方向为垂直于对称轴），测得被校仪器对测量点的周围剂量当量读数值 H_i 。按公式（3）计算各个测量点上仪器测得值的相对偏差 I_i ：

$$I_i = \frac{H_i - \dot{H}_{iC} \times t}{\dot{H}_{iC} \times t} \times 100\% \quad (3)$$

式中：

H_i ——第 i 个测量点的累积剂量读数；

$\dot{H}_{iC}$ ——第 i 个测量点的剂量当量率约定值；

t ——校准测量时间。

取其中绝对值最大者的相对偏差值作为最终仪器相对固有误差的校准结果。

7.2 （周围剂量当量率仪）响应时间

选取 7.1 中相对固有误差项目中的低端测量点，使用快门或过滤片快速切换装置，迅速改变仪器受照剂量当量率值，剂量当量率值变化幅度须大于 10 倍，用计数器（秒表）记录从切换开始到仪器显示值达到变化最终值的 90%，即 $\dot{H}_t$ 时所需时间 Δt 。

$$\dot{H}_t = \dot{H}_0 + 90\%(\dot{H}' - \dot{H}_i) \quad (4)$$

其中 $\dot{H}_0$ 、 $\dot{H}'$ 分别为切换前、后测量点处仪器的剂量当量率读数最终值。

对部分固定或可设定采样/显示周期的数显式仪器，应在最短的采样时间设定条件下完成本校准项目，并取测量结果中最短时间 Δt 作为校准结果。

7.3 重复性（统计涨落）

按 7.1 中的方法，在被校仪器的测量范围下端（1~11） $\dot{H}_0$ （ H_0 ）内，选一合适的测量点作重复性的测量，重复测量 20 次（累积剂量重复测量 7 次），2 次测量间隔时间须大于仪器的响应时间 3 倍，用变异系数表征，按式（5）计算其重复性（统计涨落）：

$$V = \frac{1}{\bar{H}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (H_j - \bar{H})^2} \quad (5)$$

式中：

$\bar{H}$ ——该测量点的剂量当量（率） n 次测量值的平均值（ n 为重复测量次数）；

H_j ——第 j 次剂量当量（率）测量值。

对部分可设定采样/显示周期的数显式仪器，应在最短的采样时间设定条件下完成本校准项目。

7.4 校准因子（线性响应）

根据仪器的相对固有误差测量结果中各特定剂量当量（率）（及能量 E ）辐射条件下的约定值 $H_{C,E}$ 和测量值 H_E ，对应的响应值 $R_E = H_E / H_{C,E}$ ，各能量的相对响应值按 ^{137}Cs 的响应值归一。

校准因子可由各能量的合适剂量当量（率）的响应值计算，

$$C_f = (R_E)^{-1} = \frac{H_{C,E}}{H_E} \quad (6)$$

如在实际校准测量中 $H_{C,E}$ 须考虑空气密度（温度和湿度）、散射辐射影响、辐射场能量差异及非均匀性等各种影响因素，上述计算式中须考虑各影响量的修正系数。

8 校准结果表达

按本规范完成校准的便携式高量程光子辐射周围剂量当量（率）仪出具校准证书。

校准证书内页推荐格式见附录 B，校准结果应给出校准因子测量结果的不确定度（评定示例见附录 C）。

9 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。用户根据使用情况自行确定复校时间间隔，建议一般不超过 12 个月。

校准原始记录信息与推荐格式

一、探测器信息：

二、其他信息：采样时间设置： s；辐射源： ^{137}Cs 、 ^{60}Co

三、备注

四、相对固有误差、重复性 (测量模式: 剂量当量/剂量当量率、采样时间: s;)

[illegible]

五、响应时间（测量模式：剂量当量率；单位：mSv/h）

条件(距离)	$\dot{H}_0$	$\dot{H}$	$\dot{H}_t$	$\Delta t/\text{s}$	响应时间 $\Delta \bar{t}/\text{s}$

附录 B

校准证书内页推荐格式

检定证书内页信息及推荐格式

校准项目	校准结果	备注(校准条件)
相对固有误差/%		校准剂量率范围
响应时间/s		剂量当量率 $\dot{H}_t$
重复性/%		辐射/剂量当量(率)

校准因子

辐射源				
剂量当量(率) Sv(Sv/h)				
校准因子 C_t				

注：

- 1 仪器的测量功能为_____。
- 2 重复性测量时的剂量当量（率）_____；采样时间设置_____。

附录 C

周围剂量当量率校准因子 C_f 不确定度评定

用计量标准和被测仪器分别测定周围剂量当量（率）的约定值和仪器指示值，可以确定被测仪器校准因子、相对固有误差、能量响应等。本报告以 ^{137}Cs γ 参考辐射场中校准高量程周围剂量当量(率) $H^*(10)$ 仪所得到的校准因子 C_f 为例来评定测量结果的不确定度。

C.1 测量模型

$$C_f = \frac{H_t}{H_i} = \frac{N_K \cdot M \cdot h_K^*(10) \cdot K_{TP}}{H_i} \quad (\text{C.1})$$

式中：

N_K —— 电离室型参考剂量仪的空气比释动能校准因子， $\text{Gy} \cdot \text{div}^{-1}$ ；

M —— 参考剂量仪的测量读数，div；

$h_K^*(10)$ —— 空气比释动能-周围剂量当量的转换系数， Sv/Gy ；

K_{TP} —— 由散射条件、辐射场的能量差异及非均匀性修正等决定的修正系数；

H_i —— 被测仪器的指示值，Sv。

假定各输入量的不确定度互不相关，则校准因子 C_f 的相对不确定度可用下式 (C.2) 表示：

$$\frac{u(C_f)}{C_f} = \left\{ \left[\frac{u(N_K)}{N_K} \right]^2 + \left[\frac{u(M)}{M} \right]^2 + \left[\frac{u[h_K^*(10)]}{h_K^*(10)} \right]^2 + \left[\frac{u(K)}{K} \right]^2 + \left[\frac{u(H_i)}{H_i} \right]^2 \right\}^{1/2} \quad (\text{C.2})$$

C.2 输入量的标准不确定度

C.2.1 输入量 H_t 的标准不确定度

输入量 H_t 的标准不确定度主要来源于 N_K 、 M 、 K_{TP} 的标准不确定度。

C.2.1.1 输入量 N_K 的标准不确定度 $u_r(N_K)$

输入量 N_K 的不确定度主要来源于国家基准对标准计量仪进行检定所得校准因子的不确定度。

检定证书给出的标准剂量计的校准因子的相对扩展不确定度为 4.0%，包含因子 $k=2$ ，得 $u_r(N_K) = \frac{a}{k} = \frac{4.0\%}{2} = 2.0\%$ 。

估计 $u_r(N_K)$ 的可靠性的 90%，即 $\frac{\Delta u_r(N_K)}{u_r(N_K)} = 0.1$ ，则自由度 $\nu_1 = \frac{1}{2} \left[\frac{\Delta u_r(N_K)}{u_r(N_K)} \right]^{-2} = 50$ 。

C.2.1.2 输入量 M 的标准不确定度 $u_r(M)$

输入量 M 的不确定度由测量重复性引入的相对标准不确定度 $u_r(M)$ 。

用计量标准器中的标准剂量仪在 ^{137}Cs 辐照场中一固定点连续测量 10 次得到测量列（单位： $\text{mGy} \cdot \text{h}^{-1}$ ）：4.766、4.766、4.784、4.766、4.749、4.766、4.784、4.766、

4.749、4.766。

其平均值 $\overline{M}=4.766 \text{ mGy} \cdot \text{h}^{-1}$

单次相对实验标准差： $s(M)=\frac{1}{M}\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{10}(M_i-\overline{M})^2}\approx 0.245\%$

则 $u_r(M)=0.245\%/\sqrt{10}\approx 0.077\%$

其自由度 $\nu_2=9$

考虑到在实际检定中通常需使用不同体积的电离室进行过渡传递，作一次过渡传递就需有 3 次类似的测量，故此可认为最终 $u_r(M)=\sqrt{3}\times 0.077\%\approx 0.133\%$ ， $\nu_2=9$ 。

C.2.1.3 输入量 K_{TP} 的标准不确定度 $u_r(K_{\text{TP}})$

对于非密封型电离室类仪器，空腔内气体密度受温度和压力的影响，造成电离电流测量的不确定性。输入量 K_{TP} 的不确定度来源有两个，分别是温度引起的不确定度 $u_r(K_{\text{TP1}})$ 和气压引起的不确定度 $u_r(K_{\text{TP2}})$ 。

a) 温度引起的不确定度 $u_r(K_{\text{TP1}})$

温度计本身的示值极限误差 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ 可以忽略。根据经验，仪器电离室探测器与实验室温度的最大偏差为 $\pm 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。在区间内认为是均匀分布，取包含因子 $k=\sqrt{3}$ ，则

$$\text{半宽度 } a = \frac{1.0\text{ }^{\circ}\text{C}}{273.15\text{ }^{\circ}\text{C} + 20\text{ }^{\circ}\text{C}} \approx 0.341\%$$

$$u_r(K_{\text{TP1}}) = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{0.341\%}{\sqrt{3}} \approx 0.197\%$$

估计 $\frac{\Delta u_r(K_{\text{TP1}})}{u_r(K_{\text{TP1}})} = 0.20$ ，则 $\nu_{31}=12$

b) 气压引起的不确定度 $u_r(K_{\text{TP2}})$

校准证书给出的气压计的扩展不确定度 $U=0.3\text{ hPa}$ ， $k=2$ ，得

$$u(K_{\text{TP2}}) = \frac{a}{k} = \frac{0.3\text{ hPa}}{2} = 0.15\text{ hPa}$$

$$u_r(K_{\text{TP2}}) = \frac{0.15\text{ hPa}}{1\ 013.25\text{ hPa}} \approx 0.015\%$$

估计 $\frac{\Delta u_r(K_{\text{TP2}})}{u_r(K_{\text{TP2}})} = 0.20$ ，则 $\nu_{32}=12$

标准不确定度 $u_r(K_{\text{TP}})$ 的计算

$$u_r(K_{\text{TP}}) = \sqrt{u_r^2(K_{\text{TP1}}) + u_r^2(K_{\text{TP2}})} = \sqrt{(0.197\%)^2 + (0.015\%)^2} \approx 0.198\%$$

$$u_r(K_{\text{TP}}) \text{ 的自由度 } \nu_3 = \frac{[u_r(K_{\text{TP}})]^4}{\frac{u_r^4(K_{\text{TP1}})}{\nu_{31}} + \frac{u_r^4(K_{\text{TP2}})}{\nu_{32}}} = \frac{(0.198\%)^4}{\frac{(0.197\%)^4}{12} + \frac{(0.015\%)^4}{12}} \approx 12$$

C.2.1.4 输入量 H_t 的标准不确定度分量汇总

输入量 H_t 的标准不确定度分量汇总见表 C.1。

表 C.1 输入量 H_t 的标准不确定度分量汇总

相对标准不确定度 $u_r(X_i)$	不确定度来源	标准不确定度/%	c_i	$ c_i \cdot u(X_i)$	ν_i
$u_r(N_K)$	校正因子的不确定度(B类)	2.00%	1	2.00%	50
$u_r(M)$	标准计量仪测量的重复性(A类)	0.133%	1	0.133%	9
$u_r(K_{TP})$	温度、气压引起的不确定度(B类)	0.198%	1	0.198%	12

各输入量的标准不确定度互不相关,所以合成标准不确定度可按下式得到:

$$u_{cr}^2(H_t) = \sum_{i=1}^n [c_i \cdot u_r(X_i)]^2 = u_r^2(N_K) + u_r^2(M) + u_r^2(K_{TP})$$

$$u_{cr}(H_t) = \sqrt{(2.00\%)^2 + (0.133\%)^2 + (0.198\%)^2} \approx 0.0201 = 2.01\%$$

$$\text{自由度 } \nu_{H_t} = \frac{[u_{cr}(H_t)]^4}{\frac{u_r^4(N_K)}{\nu_1} + \frac{u_r^4(M)}{\nu_2} + \frac{u_r^4(K_{TP})}{\nu_3}}$$

$$= \frac{(2.01\%)^4}{\frac{(2.00\%)^4}{50} + \frac{(0.133\%)^4}{9} + \frac{(0.198\%)^4}{12}} \approx 51$$

C.2.2 输入量 H_i 的标准不确定度

输入量 H_i 的不确定度是由测量重复性引入的相对标准不确定度 $u_r(H_i)$ 。

被检仪器在 ^{137}Cs 辐照场中一固定点处连续进行5次测量,得到测量列(单位: $\text{mSv} \cdot \text{h}^{-1}$):
62.0、59.8、64.1、62.5、61.8。

其平均值 $\overline{H_i} = 62.04 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$

$$\text{单次相对实验标准差为: } s(H_i) = \frac{1}{\overline{H_i}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{10} (H_i - \overline{H_i})^2} \approx 2.49\%$$

$$\text{则 } u_r(H_i) = 2.49\% / \sqrt{5} \approx 1.11\%$$

其自由度 $\nu_{H_i} = 4$

C.3 合成标准不确定度的评定

C.3.1 标准不确定度分量汇总

标准不确定度分量汇总见表 C.2。

表 C.2 标准不确定度分量汇总

相对标准不确定度 $u_r(X_i)$	不确定度来源	标准不确定度值/%	c_i	$ c_i \cdot u(X_i)$	ν_i
$u_r(H_t)$	标准计量仪的不确定度	2.01%	1	2.01%	51
$u_r(H_i)$	被检仪器测量重复性(A类)	1.11%	-1	1.11%	4

C.3.2 相对标准不确定度的计算

各输入量的标准不确定度互不相关,所以合成标准不确定度可按下式得到:

$$u_{\text{cr}}^2(C_f) = \sum_{i=1}^n [c_i \cdot u_r(X_i)]^2 = u_r^2(H_t) + u_r^2(H_i)$$

$$u_{\text{cr}}(C_f) = \sqrt{(2.01\%)^2 + (1.11\%)^2} \approx 2.30\%$$

$$\text{自由度 } \nu_{\text{eff}} = \frac{[u_{\text{cr}}(C_f)]^4}{\frac{u_r^4(H_t)}{\nu_{H_t}} + \frac{u_r^4(H_i)}{\nu_{H_i}}} = \frac{(2.30\%)^4}{\frac{(2.01\%)^4}{51} + \frac{(1.11\%)^4}{4}} \approx 40$$

C.3.3 扩展不确定度的评定

便携式高量程光子辐射周围剂量当量（率）仪的校准因子 C_f 的不确定度基本接近正态分布，取包含概率 $p = 95.45\%$ ，按有效自由度 $\nu_{\text{eff}} = 40$ ，查 t 分布表得到 t 值为 $t_p = t_{95}(40) = 2.02$

扩展不确定度为：

$$U_{95r} = t_p \cdot u_{\text{cr}}(C_f) = 2.02 \times 2.30\% \approx 4.7\%$$

C.4 不确定度报告与表示

便携式高量程光子辐射周围剂量当量（率）仪校准因子相对扩展不确定度为：

$$U_{\text{rel}} = 4.7\%, k = 2。$$