



中华人民共和国国家标准

GB/T 12162.1—2025/ISO 4037-1:2019

代替 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

X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate
meters and for determining their response as a function of photon energy—
Part 1: Radiation characteristics and production methods

(ISO 4037-1:2019, Radiological protection—X and gamma reference radiation
for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their
response as a function of photon energy—Part 1: Radiation characteristics
and production methods, IDT)

2025-10-31 发布

2026-05-01 实施

国家市场监督管理总局
国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	3
4 连续参考过滤 X 辐射	6
5 放射性核素发射的 γ 辐射	22
6 能量 4 MeV~9 MeV 光子辐射	25
附录 A (资料性) 对于匹配和表征场缺乏充分信息的荧光 X 辐射	30
附录 B (资料性) 对于匹配和表征场缺乏充分信息的放射性核素 ²⁴¹ Am 发射的 γ 辐射	35
附录 C (资料性) 基于品质指数的连续过滤 X 辐射	37
参考文献	40

前　　言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是 GB/T 12162《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》的第 1 部分。GB/T 12162 已经发布了 4 个部分：

- 第 1 部分：辐射特性及产生方法；
- 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 的剂量测定；
- 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；
- 第 4 部分：低能 X 射线参考辐射场中场所和个人剂量仪的校准。

本文件代替 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》，与 GB/T 12162.1—2000 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 增加了匹配的参考辐射场和特征的参考辐射场的概念(见 4.1.1)；
- b) 增加了匹配的参考辐射场的验证(见 4.5)；
- c) 增加了例如高压、过滤片纯度和厚度与标称值允许误差限值的参数，且这些限值与所采用的体模有限(见表 7、表 8)；
- d) 更改了过滤束 X 参考辐射的能量上限由 300 kV 增加至 400 kV(见表 3~表 6,2000 年版的表 3~表 7)；
- e) 删除了²⁴¹ Am、荧光辐射和高能 γ 辐射中的 R-Ni 和 R-Ti(见 2000 年版的第 5 章、6.2.1 和 7.2.3)。

本文件等同采用 ISO 4037-1:2019《辐射防护 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》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

- 标准名称改为《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》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国核能标准化技术委员会(SAC/TC 58)提出并归口。

本文件起草单位：中国原子能科学研究院、中国计量科学研究院、核工业标准化研究所。

本文件主要起草人：魏可新、宋明哲、李德红、杭仲斌、滕忠斌、刘川凤、黎庆然、梁永涛、靳立强。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 1990 年首次发布为 GB 12162—1990,2000 年第一次修订为 GB/T 12162.1—2000；
- 本次为第二次修订。

引　　言

X 和 γ 参考辐射的建立是校准剂量仪和剂量率仪及确定其能量响应的前提,需要规定相应的辐射场以及测量方法。

GB/T 12162《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》的应用对象为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,随着国内核能、核医学与放射性治疗、核技术应用、环境保护和国防等领域的发展,涉及放射性的场所和应用对象不断增加,剂量仪和剂量率仪的使用在大幅增加,伴随的计量校准需求也日益增加,因此用于校准剂量仪和剂量率仪及确定其能量响应的 X 和 γ 参考辐射近年来国内增加较为明显。

GB/T 12162《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》拟由 4 个部分构成。

- 第 1 部分:辐射特性及产生方法。目的在于规定 3 组 6 个系列参考辐射的辐射特性和产生方法,分别为在约 8 keV~330 keV 的能量范围内连续的过滤 X 辐射、在 600 keV~1.3 MeV 的能量范围内放射性核素发射的 γ 辐射、在 4 MeV~9 MeV 的能量范围内加速器产生的光子辐射;按照空气比释动能到运行实用量转换系数的使用方法,分别规定了“匹配参考辐射”和“表征参考辐射”,指导建立用于校准剂量仪和剂量率仪及确定其能量响应的参考辐射场。
- 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 的剂量测定。目的在于规定 8 keV~1.3 MeV 和 4 MeV~9 MeV 参考辐射剂量学量的确定方法和程序,指导用于近似 8 keV~1.3 MeV 和 4 MeV~9 MeV 能量范围的和高于 1 $\mu\text{Gy}/\text{h}$ 的空气比释动能的参考辐射约定量值的确定。
- 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。目的在于规定了个人和区域剂量仪校准的方法和要求,以及由空气比释动能到运行实用量的转换系数,指导用于辐射防护中个人和场所监测的剂量仪和个人剂量计的校准。
- 第 4 部分:低能 X 射线参考辐射场中场所和个人剂量仪的校准,目的在于规定在 30 keV 以下低能 X 射线参考辐射场中个人和区域剂量仪校准的特殊要求,指导场所剂量(率)仪、个人剂量(率)仪在低能光子参考辐射中的校准和其能量响应、角响应的确定。

GB/T 12162(所有部分)对 X 和 γ 参考辐射的技术要求进行了系统的界定和要求,能有效规范该类计量装备的性能,有效提高剂量仪和剂量率仪校准结果的准确性和可靠性,进而降低剂量仪和剂量率仪生产厂家的技术风险和成本。

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

1 范围

本文件描述了用于根据运行实用量校准防护水平剂量仪和剂量率仪 X 和 γ 参考辐射的辐射特性和产生方法。

本文件适用于空气比释动能率不小于 $1 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ 的参考辐射场。

本文件不适用于需要对(天然)本底辐射进行特殊考虑, 低于此下限的空气比释动能率。

第 4 章~第 6 章规定的辐射质, 有充分的公开信息来规定匹配或表征参考场, 以实现对于与体模相关运行实用量约为 6%~10% 扩展不确定度($k=2$)的目标。附录 A~附录 C 中描述的 X 射线辐射场未被指定为参考 X 辐射场。

注: 本文件的 2000 年版中包括一些额外的辐射质, 包括荧光辐射、放射性核素²⁴¹Am 的 γ 辐射 S-Am 以及高能光子辐射 R-Ti 和 R-Ni, 这些辐射质无法获得此类已发布的信息, 已从本文件中删除。其中使用最广泛的荧光辐射和放射性核素²⁴¹Am 的 γ 辐射 S-Am, 几乎不变地列入附录 A 和附录 B。附录 C 提供了由品质指数规定的额外 X 辐射场。

第 4 章~第 6 章描述了在特定光子能量范围产生一组参考辐射的方法, 这些条款定义了这些辐射的特征。3 组参考辐射为:

- a) 在约 8 keV~330 keV 的能量范围内, 连续的过滤 X 辐射;
- b) 在 600 keV~1.3 MeV 的能量范围内, 放射性核素发射的 γ 辐射;
- c) 在 4 MeV~9 MeV 的能量范围内, 加速器产生的光子辐射。

从表 1 中选择最适合预期使用的参考辐射场, 该表涵盖了第 4 章~第 6 章中规定的所有参考辐射质, 但不包括附录 A、附录 B 和附录 C 中给出的辐射。

第 4 章~第 6 章中给出的要求和方法是为了使参考场中与体模相关运行实用量的扩展不确定度($k=2$)约为 6%~10%, 为此提出了两种产生方法:

第一种是生成“匹配参考场”, 其特性被充分表征, 以便允许使用 ISO 4037-3 中推荐的转换系数。“匹配参考场”的能谱分布与标称参考场相比仅存在微小差异, 且通过 GB/T 12162.2—2025 所详细描述的程序进行了验证。对于匹配参考辐射场, ISO 4037-3 中仅针对源和剂量仪之间的指定距离(例如 1.0 m 和 2.5 m)给出了推荐的转换系数。对于其他距离, 用户决定是否可使用这些转换系数。如果两个值非常相似, 例如仅相差 2% 或更小, 使用线性插值。

第二种方法是生成“表征参考场”。这通过使用能谱法确定转换系数完成, 或者使用次级标准剂量仪直接测量所需的值。该方法适用于任何辐射质和被测量, 如果适用, 适用于任何体模和辐射入射角。此外, 对指定参考辐射的参数的要求取决于体模中的定义深度, 即 0.07 mm、3 mm 和 10 mm, 所以不同深度的要求是不同的。因此, 对于 0.07 mm 深度“匹配参考场”的给定辐射场, 不是 10 mm 深度的“匹配参考场”, 而是“表征参考场”。当空气比释动能率不低于 $1 \mu\text{Gy}/\text{h}$ 时, 则能确定任何距离下的转换系数。

这两种方法都需要参考场的带电粒子平衡。然而, 在校准剂量计所使用的辐射场中并不总是成立。在参考深度 d 处没有固有带电粒子平衡的光子能量尤其如此, 这取决于能量和参考深度 d 的实际组合。能量高于 65 keV、0.75 MeV 和 2.1 MeV 的电子将分别穿透 0.07 mm、3 mm 和 10 mm 的 ICRU 组