

少铅/无铅辐射屏蔽材料防护性能检测 技术规范

编制说明

（征求意见稿）

团标编写组

2023 年 04 月

少铅/无铅辐射屏蔽材料防护性能检测技术规范

编写说明

一、任务来源及计划要求

2022年6月8日量学发[2022]182号“中国计量测试学会关于公布2022年度第二批团体标准立项的通知”，下达的团体标准计划。项目名称：少铅/无铅辐射屏蔽材料防护性能检测技术规范。项目周期10个月。

二、目的、意义或必要性

辐射屏蔽材料通常是对X或 γ 射线具有一定屏蔽作用的防护材料，通常制成防护服、围裙、帽子、面板等防护器具，可对存在射线的环境中人员或重要器官提供保护。国内各医疗机构的介入、诊断和核医学科均配备该装置，为保证职业人员和公众的健康安全，须对辐射防护器具的屏蔽效能进行评价。

过去20年来，我国先后推出7个射线防护器具相关的行标和国标：《YY 0292.1-2020 医用诊断X射线辐射防护器具 第一部分材料衰减性能的测定》，《YY 0292.2-2020 医用诊断X射线辐射防护器具 第二部分防护玻璃板》，《GBZ 130-2020 放射诊断放射防护要求》，《GB 16757-2016 防护服装-X射线防护服》（已废止），《GBZ 176-2006 医用诊断X射线个人防护材料及用品标准》（已废止），《GBZ/T 147-2002 X射线防护材料衰减性能的测定》和《YY 0318-2000 医用诊断X射线辐射防护器具 第3部分防护服和性腺防护器具》等。

国内现行标准尽管等同采用了“IEC 61331-2014 医用诊断X射线辐射防护器具”系列标准，但由于上述国家或行业标准都是针对医用诊断X射线含铅材料的防护性能测定，随着技术的发展，少铅或无铅防护材料逐渐增加甚至有替代普通含铅材料的趋势，上述测量方法已经难以完全满足少铅/无铅防护材料对荧光X射线的屏蔽性能的测量和评估需要。

因此，为准确评价少铅/无铅新型辐射防护材料的衰减性能，实现少铅/无铅辐射屏蔽材料防护性能的测试与科学合理的评估，以及辐射屏蔽材料防护性能测试方法的统一，申报制定该团体标准。

三、编制过程（包括编制原则、工作分工、征求意见单位、各阶段工作过程等）

本标准编写主要依据来自于IEC 61331.1:2014《医用诊断X射线辐射防护器具 第1部分：材料衰减性能的测定》，YY/T 0292.1-2020《医用诊断X射线辐

射防护器具 第 1 部分：材料衰减性能的测定》和 GBZ/T 147-2002 《X 射线防护材料衰减性能的测定》。

标准由中国计量科学研究院、中国疾病预防控制中心辐射防护与核安全医学所、中国医学科学院放射医学研究所……共同起草。计划起止时间为 2022 年 7 月至 2023 年 4 月。

标准征求意见稿形成后将在相关单位征求意见。

征求意见回复后形成了标准的送审稿。

三、调研和分析工作的情况

2022 年 7 月，确定该标准制定的基本原则，成立起草小组，制定出标准的讨论稿，并进行调研。

2022 年 8 月，起草小组讨论、制定编写提纲，就标准的试用范围、编写依据、主要辐射测量条件、技术参数等问题达成共识，并确定了编写工作的具体内容。

2022 年 12 月-2023 年 3 月起草小组将初稿发送给相关专家进行函审，多位专家给出了反馈意见和建议，起草小组进行了汇总并进一步核实和讨论，形成了送审稿。

四、主要技术内容的说明（包括技术参数与指标的确定依据、修订标准的各修订点及其理由等）

（1）适用范围：

本文件适用于制造防护器具用的片状形式少铅/无铅电离辐射屏蔽材料，该类材料可对（30~150）kV 管电压下的 X 射线提供防护。本文件不适用于防护器具定期在使用前后的衰减性能的检查。其依据来自于 DIN 6857.1 Strahlenschutzbehör bei medizinischer Anwendung von Röntgenstrahlung – Teil 1: Bestimmung der Abschirmeigenschaften von bleifreier oder bleireduzierter Schutzkleidung。

（2）术语和定义

该标准中所涉及的术语依据 GBZ/T 147-2002 X 射线防护材料衰减性能的测定以及 IEC 61331.1:2014 医用诊断 X 射线辐射防护器具 第 1 部分：材料衰减性能的测定 (Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 1:

Determination of attenuation properties of materials) 标准。

(3) 计量标准

辐射野中无辐射屏蔽材料与有辐射屏蔽材料时的空气比释动能率比值的相对标准不确定度不得超过 3%。依据 IEC 61331.1:2014 医用诊断 X 射线辐射防护器具 第 1 部分:材料衰减性能的测定 (Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 1: Determination of attenuation properties of materials) 标准中规定 “ $\frac{K_0}{K_1}$ 除以 $\frac{K_1}{K_1}$ 的商的相对标准不确定度不超过 2%”。

DETECTOR shall be calibrated in terms of AIR KERMA. The quotient K_0 divided by K_1 shall be known with a relative standard uncertainty not more than 2 %. The dependence of the
--

当射束中存在辐射屏蔽材料时,由于材料成分较为复杂,无法准确得知辐射质的能谱信息,因而存在探测器的能量响应所引入的不确定度,性能较佳的探测器其能量响应一般约为 2%,因此引入的不确定度难以达到 2%的不确定度指标,考虑到其他不确定度来源,因此将该不确定度要求写为 3%。

(4) 检测用辐射质

该标准中所涉及的检测用辐射质依据 IEC 61331.1:2014 医用诊断 X 射线辐射防护器具 第 1 部分:材料衰减性能的测定 (Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 1: Determination of attenuation properties of materials) 标准。

(5) 测量条件

该标准中所涉及的窄射束、宽射束和逆宽射束测量条件依据 IEC 61331.1:2014 医用诊断 X 射线辐射防护器具 第 1 部分:材料衰减性能的测定 (Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 1: Determination of attenuation properties of materials) 标准。

改进逆宽束测量条件依据 Büermann L 在 2016 年发表的文章《Determination of lead equivalent values according to IEC 61331-1:2014—Report and short guidelines for testing laboratories》。

改进的宽射束条件依据 Eder H 和 Schlattl H 在 2018 年发表的文章《IEC 61331-1: A new setup for testing lead free X-ray protective clothing》。

(6) 衰减比

该标准中所涉及的衰减比计算方法依据 IEC 61331.1:2014 医用诊断 X 射线

辐射防护器具 第 1 部分：材料衰减性能的测定 (Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 1: Determination of attenuation properties of materials) 标准。

(7) 累积因子

该标准中所涉及的累积因子计算方法除改进逆宽束测量条件外，其余均依据 IEC 61331.1:2014 医用诊断 X 射线辐射防护器具 第 1 部分：材料衰减性能的测定 (Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 1: Determination of attenuation properties of materials) 标准。

改进逆宽束测量条件下累积因子的计算依据 Büermann L 在 2016 年发表的文章《Determination of lead equivalent values according to IEC 61331-1:2014—Report and short guidelines for testing laboratories》。

(8) 衰减当量和铅当量

该标准中所涉及的衰减当量和铅当量计算方法依据 Büermann L 在 2016 年发表的文章《Determination of lead equivalent values according to IEC 61331-1:2014—Report and short guidelines for testing laboratories》。

5.3.1 Determination

The ATTENUATION EQUIVALENTS δ_N , δ_B , δ_{IB} and $\delta_{N,R}$ shall be determined by measurements of F_N , F_B and F_{IB} according to 4.2, 4.3 and 4.4, or calculations of $F_{N,R}$ according to 4.5, respectively, for the material under test and by comparison with the thickness of a layer of the reference material resulting within given tolerances in the same values of F_N , F_B , F_{IB} and

$F_{N,R}$, respectively. The measurements for the material and the reference material shall be done in the same beam of the same x-ray facility.

IEC 61331.1:2014 医用诊断 X 射线辐射防护器具 第 1 部分：材料衰减性能的测定 (Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 1: Determination of attenuation properties of materials) 标准中提及的方法如上，即找到与测试材料相同衰减比的参考材料，参考材料的厚度在指定公差范围内。该方法实施起来较为不便、需不断寻找合适厚度的材料进行调试。而 Büermann L 的方法是利用不同厚度的参考材料进行衰减比拟合，得到二阶多项式，将测试材料的衰减比代入到该二阶多项式中获得测试材料衰减当量的方法。该方法相对比较简单，只是在处理数据上较为麻烦，但可以通过各项计算工具 (excel,origin 等) 进行快速计算，因而选取 Büermann L 的方法进行衰减当量和铅当量的计算。

(9) 非均匀性

该标准中所涉及的非均匀性计算方法依据 IEC 61331.1:2014 医用诊断 X 射线辐射防护器具 第 1 部分：材料衰减性能的测定 (Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 1: Determination of attenuation properties of materials) 标准。

五、验证试验的情况和结果

无。

六、与国外同类标准水平的对比分析

国际上日本工业标准 JIS Z4501-2011 提供了在 100kV~400kV 管电压范围内 X 射线下针对窄射束条件和宽射束条件的辐射防护材料检测手段。美国国际材料测试协会(ASTM)的 F2547-18 标准推荐了 (60~130) kVp 管电压范围内 X 射线针对窄射束条件的辐射防护材料检测手段。ASTM F3094-14 标准提供了一种将防护材料产生的二次辐射 (如荧光 X 射线) 纳入辐射防护评估的方法, 并提供了被水等效材料以 90° 散射的辐射质。德国标准化学会 (DIN) 的 DIN 6857.1-2009 标准针对少铅/无铅防护材料提出了逆宽束辐射质条件测量程序, 后根据国际电工委员会制定的 IEC 61331.1-2014 标准调整为 DIN EN 61331.1-2014。英国标准协会的 BS EN 61331.1-2014 也是以 IEC 的标准为基础而制定。

国内现行标准尽管等同采用了“IEC 61331-2014 医用诊断 X 射线辐射防护器具”系列标准, 但随着近年来少铅/无铅新型辐射防护材料逐渐增加, 由于该材料的原子序数较低, 在防护过程中易产生大量荧光 X 射线可能会增加人员的表面器官剂量 (如皮肤), 上述标准中提及的测量方法难以满足新型防护材料的屏蔽性能的测量和评估需要。

七、与现行法规、标准的关系

与相关法律法规和强制性标准协调一致。

八、实施标准的要求和措施的建议

无

九、其他要说明的事项

无

十、参考资料清单

[1] YY/T 0292.1-2020 医用诊断 X 射线辐射防护器具 第 1 部分：材料衰减性能的测定

- [2] GBZ/T 147-2002 X 射线防护材料衰减性能的测定
- [3] IEC 61331-1-2014 Protective devices against diagnostic medical X-radiation – Part 1: Determination of attenuation properties of materials
- [4] 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
- [5] F2547-18 American Society for Testing and Materials(ASTM). ASTM F2547-2018 Standard test method for determining the attenuation properties in a primary X-ray beam of materials used to protect against radiation generated during the Use of X-ray equipment.
- [6] F3094-14 American Society for Testing and Materials(ASTM). ASTM F3094-2014 Standard test method for determining protection provided by x-ray shielding garments used in medical x-ray fluoroscopy from sources of scattered x-rays .
- [7] DeutschesInstitut für Normung(DIN). DIN 6857.1 StrahlenschutzbeimmedizinischerAnwendung von Röntgenstrahlung – Teil 1: Bestimmung der Abschirmeigenschaften vonbleifreieroderbleireduzierterSchutzkleidung[S]. Berlin, Germany: BeuthVerlag GmbH, 2009.
- [8] Büermann L. Determination of lead equivalent values according to IEC 61331-1:2014—Report and short guidelines for testing laboratories[J]. Journal of Instrumentation, 2016, 11(09):T09002-T09002.
- [9] Eder H, Schlattl H. IEC 61331-1: A new setup for testing lead free X-ray protective clothing[J]. Physica Medica, 2018, 45:6-11.

编写组

2023 年 04 月 11 日