

国家计量技术规范

编制说明

名 称： 电离法辐射剂量测量不确定度评定技术规范

编制单位： 中国计量科学研究院

二〇二六年九月

一、任务来源及计划要求

本技术规范的制定任务于 2024 年 1 月向全国测量不确定度技术委员会提出，2024 年 5 月获得市场监管总局批复并下达了制定任务，批准号：市监计量发〔2024〕40 号。

二、编制过程

1. 编制原则

电离法是电离辐射剂量复现、量值传递与现场测量最核心的测量方法，广泛应用于医疗诊断、放射治疗、辐射防护、环境监测、核工业、安全检查、科学研究等领域。当前国内缺少专门针对电离法辐射剂量测量的不确定度评定统一技术规范，现有评定方法分散在各类检定规程、校准规范中，评定模型、分量识别、A 类/B 类评定、相关性处理、合成与扩展不确定度取值、有效自由度估算等做法不统一，不同机构对同类型电离剂量测量给出的不确定度结果可比性差，不利于辐射剂量量值的一致性与互认。

本规范计划针对电离法辐射剂量测量，明确不确定度评定通用流程、输入量来源、分量评估方法、合成扩展规则、报告表达要求，覆盖电离室、剂量计等典型电离法测量装置，为计量技术机构、检测实验室、科研单位开展辐射剂量不确定度评定提供统一技术依据。主要依据的原则如下：

（1）符合性原则：遵循 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》基础框架，贴合 ISO、ICRU 相关国际报告技术思路，不违背国家计量通用基础规范。

（2）行业适用性原则：兼顾计量基准/次级标准实验室、第三方检测、医疗机构、核工业现场测量等不同使用场景，区分实验室校准条件与现场实测条件，兼顾高剂量、低剂量率不同条件。

（3）可操作性原则：明确电离法特有不确定度来源，如电离复合损失、温度气压湿度修正、辐射场非均匀性、探测器响应、散射辐射、漏电效应等，给出分量识别清单与典型评定示例，避免原则性空泛表述，便于一线人员落地使用。

（4）先进性与继承性结合：吸纳国内外电离辐射剂量计量最新研究成果，继承国内已运行成熟的剂量量传体系实践经验，协调现有辐射相关检定、校准规范，避免技术要求冲突。

（5）公开协商原则：编制过程充分征求计量院、行业计量站、医疗机构、科研院所、检测机构多方意见，兼顾不同单位技术能力水平。

2. 各阶段工作

2024年5月，在接到任务批复后，由中国计量科学研究院、江苏省计量科学研究院作为主要起草单位，成立了技术规范编制起草小组，同时拟定了工作方案，计划如下：

2024.06-2024.12 调研相关文献资料，梳理国内现行计量规范、ICRU、IAEA 相关报告、国内外文献资料，调研国内各机构电离法剂量不确定度评定现状，梳理现存问题，确定规范总体框架、适用范围、主要技术要点，形成编制大纲。明确电离法辐射剂量测量不确定度评定的主要工作。

2025.01-2025.12 起草小组依据技术规范开展条文编写，梳理电离法辐射剂量测量数学模型，识别各类不确定度输入分量，研究修正因子、环境参量、探测器性能、辐射场条件等对不确定度的贡献，完成技术规范初稿，组织内部研讨修改。

2026.01-2026.08 相关实验测量，确定计量技术规范的性能指标，完成技术规范征求意见稿、编制说明的编制工作，并递交到技术委员

会委员征求意见。

3. 征求意见情况

拟定于 2026 年 9 月向社会进行征求意见。

三、 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）

本规范主要规定电离法开展电离辐射剂量测量不确定度评定的通用要求、测量模型建立、不确定度来源识别、各分量 A 类、B 类评定方法、不确定度合成、扩展不确定度确定、有效自由度、不确定度报告，给出典型评定示例。

3.1 适用范围界定

本规范适用于基于电离效应的辐射剂量测量，包括自由空气电离室、空腔电离室等装置开展的空气比释动能、吸收剂量等测量；区分实验室校准测量与现场实测场景。

本规范不作为代替 JJF1059.1，是针对电离法剂量领域的专项技术指导规范。

3.2 测量数学模型

电离法剂量测量数学模型包含电离室/探测器读数、电离复合修正、温度气压湿度修正、辐射场修正、散射修正、响应因子等一系列修正因子。说明各输入量物理含义，强调输入量之间相关性识别要点，指出电离法辐射剂量测量中部分修正因子存在相关性，不可直接简单按独立分量合成。

3.3 不确定度主要来源确定依据

梳理电离法辐射剂量测量特有不确定度来源：1) 测量重复性：A 类评定来源，包括电离电流读数波动、测量位置微小变动、辐射场短期稳定性；2) 电离室和探测器相关分量：电离室复合损失、漏电、探测器响应非均匀性；3) 环境条件修正：温度、气压、湿度参数测量引入不确定度；4) 辐射场相关：辐射能谱、场的均匀性、散射辐射、束流稳定性；5) 几何定位：电离室/探测器定位、距离偏差；6) 其他修正因子：各项辅助修正系数的不确定度。

上述来源依据 ICRU 报告、IAEA 剂量测量手册、国内计量科研成果以及国内多家计量实验室实际评定实践确定。

3.4 A 类、B 类评定要求

A 类评定：对重复观测数据的处理，明确电离辐射测量中，数据剔除、重复测量次数、标准偏差计算要求；区分短期重复性与长期复现性。

B 类评定：针对标准证书、仪器说明书、技术文献、经验获得的输入量，明确概率分布选取原则，重点说明电离辐射剂量领域常见修正因子 B 类分量半区间取值依据。

3.5 合成标准不确定度与扩展不确定度

以 JJF1059.1 为基础，针对电离法经常遇到的多修正因子相乘模型，给出合成公式；强调相关项的处理方法；对有效自由度计算，给出完整算法，同时给出允许在特定条件下的简化处理规则；规定扩展因子 k 选取原则。

3.6 不确定度报告

明确报告中应当给出的信息，区分校准证书、检测报告、研究报告不同场景的表达要求，示例电离法剂量测量不确定度完整表述方式。

3.7 典型评定示例

给出自由空气电离室、石墨空腔电离室空气比释动能测量等实例，演示完整评定流程，便于使用者参考。

四、 验证实验的情况和结果

为检验规范给出的不确定度评定方法、分量取值、模型合理性，起草组组织开展多组验证实验。选取不同类型电离室装置，分别在不同实验室标准辐射场条件开展剂量测量。由多家参与单位按照本规范草案方法独立开展不确定度评定，对比各单位评定过程、各分量贡献、合成及扩展不确定度结果。

验证实验结果表明：采用本规范规定的来源识别、模型与评定方法，不同实验室对同一测量对象得到的不确定度结果离散程度合理；各主要不确定度分量贡献量级符合电离辐射剂量物理规律；示例算例计算结果正确。验证说明本规范技术内容具备科学性、可操作性。

五、 参考资料

[1] JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

[2] JJF 1001- 2011 通用计量术语及定义

[3] IAEA-TECDOC-1585 Measurement Uncertainty A Practical Guide

for Secondary Standards Dosimetry Laboratories

[4] JCGM 100:2008 Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement

[5] Uncertainty in radiation dosimetry: basic concepts and methods

[6] Mitch, M. , DeWerd, L. , Minniti, R. and Williamson, J. (2009), Treatment of Uncertainties in Radiation Dosimetry, Clinical Dosimetry Measurements in Radiotherapy, AAPM

[7] EA-4/02 M: 1999 Expression of the Uncertainty of Measurement in Calibration