

广东省地方标准

《陆地测量辐射探测器宇宙射线响
应技术规范》编制说明

（☒征求意见稿 ☐送审稿 ☐报批稿）

标准编制组

2024 年 12 月

目 录

1 项目背景.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
2 标准制定的必要性.....	3
3 国内外相关方法的研究.....	3
3.1 国外标准现状.....	3
3.2 国内标准现状.....	3
3.3 文献资料研究.....	4
4 标准制定的基本原则和技术路线.....	6
4.1 标准制定的基本原则.....	6
4.2 标准制定的技术路线.....	6
5 方法研究.....	7
5.1 研究目标.....	7
5.2 方法原理.....	8
5.3 仪器和设备.....	9
5.4 测量步骤.....	9
5.5 结果计算.....	10
5.6 方法特性指标研究结果.....	10
6 方法比对.....	15
6.1 方法比对方案.....	15
6.2 方法比对过程及结论.....	16
7 方法验证.....	17
7.1 方法验证方案.....	17
7.2 方法验证过程及结论.....	19
8 与开题报告差异说明.....	19
9 标准征求意见稿技术审查情况.....	19
10 标准实施建议.....	19
11 参考文献.....	19
附录 1 方法验证报告.....	21
附件 1 征求意见情况汇总处理表.....	26

1 项目背景

1.1 任务来源

为解决辐射探测器宇宙射线响应测量困难的问题，实现陆地测量辐射探测器的宇宙射线响应值，广东省环境辐射监测中心计划研究制定“陆地测量辐射探测器宇宙射线响应技术规范”。2022年1月21日，广东省市场监督管理局批准下达2021年第二批广东省地方标准制修订计划项目（粤市监标准〔2022〕26号），其中广东省环境辐射监测中心作为主导单位，负责“陆地测量辐射探测器宇宙射线响应技术规范”项目。

本标准的提出单位为广东省生态环境厅，标准归口省级行政主管部门为广东省生态环境厅，标准性质为推荐性标准，由广东省环境辐射监测中心负责组织制定工作。

1.2 工作过程

项目启动后，标准编制主导单位成立了标准编制项目工作组（以下简称项目组）。项目组于2022年2月9日召开第一次会议，讨论了《陆地测量辐射探测器宇宙射线响应技术规范》的制定原则、基本框架和编制计划。会后，工作组成员就各自相关任务开展工作，于2022年6月完成标准草案（初稿）和开题论证报告编写。

2022年6月30日，项目组召开《陆地测量辐射探测器宇宙射线响应技术规范》（草案初稿）第一次专家咨询会，向行业内相关专家咨询了标准编制相关的意见与建议。专家组提出“修改标准名以便更能体现专有技术、辐射检验场特色”等意见，并建议工作组根据专家意见修改完善后继续开展相关工作。

2022年7月至11月，项目组按照专家意见修改标准草案（如标准名称等）、开展项目研究；2022年12月至2023年3月，项目组开展方法验证、编写编制说明等工作。

2023年5月项目组组织召开了《陆地测量辐射探测器宇宙射线响应技术规范》（第一次征求意见稿）专家咨询会，与会专家审阅了《征求意见稿》相关内容，听取了项目组关于《征求意见稿》的编制过程和情况汇报，经过认真讨论形成专家意见，专家组建议项目组根据专家意见修改完善规范，及时向有关管理部门呈报。

2023 年 5 月至 6 月，项目组针对专家所提的意见进行讨论，确认相关意见的采纳情况，并对标准文本及编制说明进行了修改与完善，形成了《陆地测量辐射探测器宇宙射线响应技术规范》第一次征求意见稿。

为保证标准的科学性、规范性和可操作性，2023 年 6 月-7 月，项目组通过定向发函/OA 系统公文流转等方式，向省级辐射监测单位、广东省内辐射监测单位、科研机构、社会团体及核电公司等单位/部门征求意见，同步在广东省环境辐射监测与核应急响应技术支持中心官方网站上公开征求社会公众意见（第一次征求意见），项目组针对收集的意见和建议进行讨论，确认相关意见的采纳情况，并对标准文本及编制说明进行了修改与完善，形成了《陆地测量辐射探测器宇宙射线响应技术规范》第二次征求意见稿。

第一次征求意见情况如下：

发送“征求意见稿”单位数：35 个。

收到“征求意见稿”后，回函的单位数：11 个，没有回函单位数：24 个。

回函的单位中，有意见和建议的单位数：10 个，无意见的单位数：0 个。

回函的建议或意见数：27 条；其中采纳数：26 条，部分采纳数：1 条，不采纳数：0 条。

2024 年 10 月，广东省生态环境厅通过定向发函/OA 系统公文流转等方式，向生态环境部、广东省各地市生态环境局等单位征求意见（第二次征求意见）。

第二次征求意见情况如下：

发送“征求意见稿”单位数：28 个。

收到“征求意见稿”后，回函的单位数：26 个，没有回函单位数：2 个。

回函的单位中，有意见和建议的单位数：3 个，无意见的单位数：23 个。

回函的建议或意见数：28 条；其中采纳数：23 条，部分采纳数：4 条，不采纳数：1 条。

2024 年 10 月-12 月，项目组对反馈意见进行逐一研讨，结合专家意见及项目开展成果等实际情况，在此基础上完善本规范文本，并据此形成送审稿及其编制说明。以上征求意见详细情况见附件 1。

2 标准制定的必要性

环境 γ 辐射剂量率测定是环境辐射监测的重要组成部分，其可以在核设施或其他辐射装置正常运行和事故情况下，为关键人群组或公众所致外照射剂量的估算提供数据资料；可以验证释放量符合管理限值和法规、标准要求的程度；可以监视核设施及其他辐射装置的源的状况，提供异常或意外情况的警告；还可以获得环境天然本底 γ 辐射水平及其分布资料 and 人类实践活动所引起的环境 γ 辐射水平变化的资料。

环境 γ 辐射剂量率测量包括瞬时测量、连续测量以及累积剂量测量。测量的仪器类型有高压电离室型、闪烁体型、计数管型以及热释光剂量计（TLD）等，不同类型的测量仪器，或是同一类型不同型号、不同批次的仪器因敏感体积、能量转换方式和能量响应等因素不同，其不同辐射场中的校准系数和对宇宙射线的响应也存在差异，从而导致不同仪器测量的环境 γ 辐射剂量率结果不可比。为使各监测仪器的监测数据具有可比性，有必要测量仪器对宇宙射线的响应值。

现行标准《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）^[1]及《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）^[2]要求，在进行环境 γ 辐射剂量率测量时需扣除仪表对宇宙射线的响应部分。宇宙射线的电离成分响应值的现有标准扣除方法为：在水深大于 3m，距岸边大于 1km 的淡水湖（库）水面上进行测量。当环境监测点的海拔高度和经纬度与宇宙射线测量点不同时，根据经验公式进行估算修正。目前，测量宇宙射线响应的标准方法存在多项限制，如必须存在满足测量条件的水体、运载工具等，因其测量效率限制、环境中可能存在其他放射性干扰等，测量工作往往相对费时费力。

3 国内外相关方法的研究

多年以来，国内外对辐射探测器的宇宙射线测量开展若干研究，对其测量方法形成标准并发布实施。

3.1 国外标准现状

国外暂无环境中宇宙射线响应测量相关标准。

3.2 国内标准现状

《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）中规定：宇宙射线响应需要在水深大于 3m，距岸边大于 1km 的淡水湖（库）水面进行测量，并将结果与对宇宙

射线响应已知的仪表进行比较。当环境监测点的海拔高度和经纬度与宇宙射线测量点不同时，根据经验公式进行估算修正。

3.3 文献资料研究

多年以来，全国各省市单位组织进行了多次辐射探测器对宇宙射线响应的测量工作，测量仪器类型涵盖气体探测器、闪烁体探测器及热释光探测器等，现对部分已发表的测量成果进行归总如下：

表 3-1 在不同水面上各类辐射探测器对宇宙射线响应测量结果

测量水面	仪器型号	仪器类型	空气吸收剂量率示值(nGy/h)	相对同次测量中 HPIC ¹⁾ 响应因子
北戴河海面 ^[3]	RSS-131	气体电离室	32.3	1.00
	FT-620 (样机)	外包 ZnS (Ag) 塑料闪烁体	26.3	0.81
	FT-620 (量产)	外包 ZnS (Ag) 塑料闪烁体	23	0.71
	FD-71	NaI (Tl) 闪烁体	2.6	0.08
	热释光探测器	热释光 CaSO ₄ : Tm 粉末	25.7	0.80
响洪甸水库 ^[4]	RSS-131	气体电离室	40.8	1.00
	BH3103B	NaI (Tl) 闪烁体	22	0.54
邛海 ^[4]	RSS-131	气体电离室	50	1.00
	6150AD-b	塑料闪烁体	42.2	0.84
	FH40G	带 NaI 补偿的塑料闪烁体	17.9	0.36
泸沽湖 ^[4]	RSS-131	气体电离室	77.4	1.00
	6150AD-b	塑料闪烁体	60.1	0.78
	FH40G	带 NaI 补偿的塑料闪烁体	17.9	0.23
洪湖 ^[4]	RSS-131	气体电离室	36.3	1.00
	BH3103B	NaI (Tl) 闪烁体	21.7	0.60
	6150AD-b	塑料闪烁体	29.7	0.82
	FH40G	带 NaI 补偿的塑料闪烁体	12.2	0.34
沙湖 ^[4]	RSS-131	气体电离室	52.3	1.00
	BH3103B	NaI (Tl) 闪烁体	26.7	0.51
	6150AD-b	塑料闪烁体	27.2	0.52
	FH40G(1)	带 NaI 补偿的塑料闪烁体	18	0.34
	FH40G(2)	带 NaI 补偿的塑料闪烁体	18	0.34

测量水面	仪器型号	仪器类型	空气吸收剂量率示值(nGy/h)	相对同次测量中 HPIC ¹⁾ 响应因子
大王滩水库 ^[4]	RSS-131	气体电离室	32.9	1.00
	BH3103B(1)	NaI (Tl) 闪烁体	16.8	0.51
	BH3103B(2)	NaI (Tl) 闪烁体	24.2	0.74
	6150AD-b	塑料闪烁体	27.3	0.83
	FH40G(1)	带 NaI 补偿的塑料闪烁体	10.3	0.31
	FH40G(2)	带 NaI 补偿的塑料闪烁体	10.7	0.33
密云水库 ^[5]	RSS-131	气体电离室	35.6	1.00
	GR-200A	热释光 LiF(Mg, Cu, P)	30.7	0.86
	CTLD-1000	热释光 LiF(Mg, Cu, P)	31.7	0.89
	TLD-2000	热释光 LiF(Mg, Cu, P)	30.5	0.86
万绿湖 ^[6]	RSS-131	气体电离室	35.7	1.0
	BH3103B	NaI (Tl) 闪烁体	19.9	0.56
	6150AD	塑料闪烁体	31.6	0.89

注：1) HPIC 为高压电离室缩写。

如表 3-1 所示，不同类型辐射探测器对宇宙射线的响应差异巨大，即便为同类型仪器之间亦存在相对细微的偏差。闪烁体探测器由于探头种类、型号较多，其相对 HPIC 对宇宙射线响应的响应因子范围为 0.08~0.89；几种热释光探测器相对 HPIC 对宇宙射线响应的响应因子范围为 0.80~0.89。

廖建华等^[6]通过不同辐射剂量水平的天然环境辐射场对传递仪器和待检仪器进行比对测量，最终间接确定待检仪器的校准系数和对宇宙射线的响应值。该方法简单、可行、易于操作，不仅可以获得仪器的宇宙射线响应值，同时还能获得仪器的校准系数。

结合宇宙射线标准测量方法和廖建华等通过不同辐射剂量水平的天然环境辐射场对传递仪器和待检仪器进行比对测量方法，提出通过稳定的辐射检验场^{[7][8]}，利用传递仪器与待检仪器在该场地比对测量，得到待检仪器的宇宙射线响应值。

4 标准制定的基本原则和技术路线

4.1 标准制定的基本原则

- （1）本标准方法的测定范围满足相关生态环境标准和生态环境工作的要求。
- （2）本标准方法准确可靠，满足各项方法特性指标的要求。
- （3）本标准方法具有普遍适用性，易于推广。

4.2 标准制定的技术路线

（1）标准意义及创新点

本项目通过在稳定的辐射检验场，利用传递仪器与待检仪器在该场地比对测量，可快速计算出待检仪器的宇宙射线响应值，对于辐射探测器宇宙射线响应值修正、提高测量数据准确性、可比性具有重要意义。

本项目的研究意义及创新点为：建立了一种陆上测量宇宙射线的辐射场和方法，解决辐射探测器水上宇宙射线响应测量困难的问题。

（2）技术路线

标准制定的主要技术工作内容包括标准制定需求分析、国内外相关标准及文献调研、方法条件试验研究、方法特性指标确认、方法比对、方法验证以及标准文本和编制说明编写，采用的技术路线图^[9]见图 1。

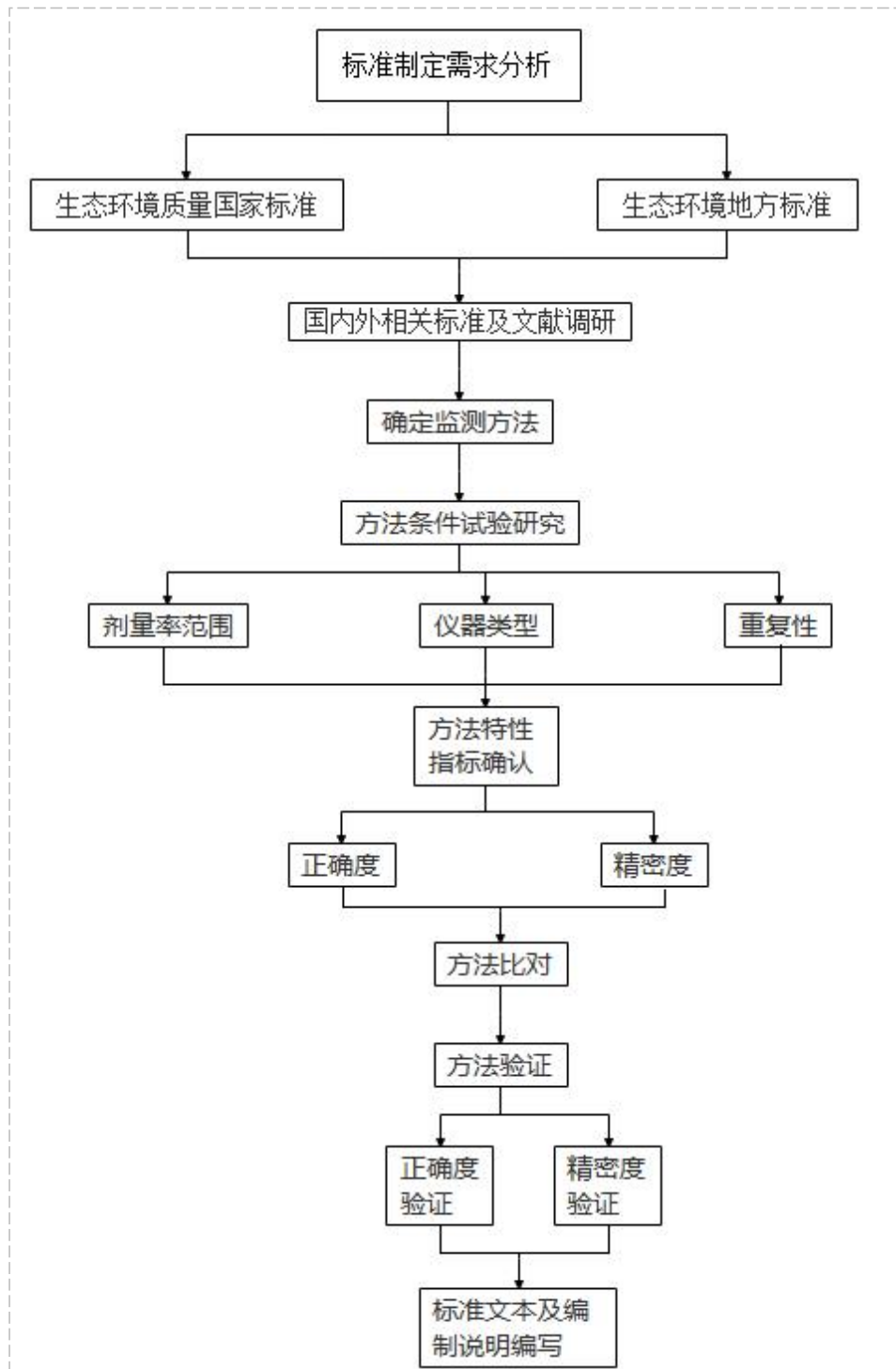


图 1 陆地测量辐射探测器宇宙射线响应规范制订技术路线图

5 方法研究

5.1 研究目标

（1）适用范围

本方法适用仪器为便携式 γ 辐射探测器的宇宙射线响应值测量，如高气压电离室、闪烁体探测器和具有能量补偿的 G-M 计数管型辐射探测器等。

测量时气象条件满足国家标准《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的相关要求：雨天、雪天、雨后和雪后 6 h 内一般不开展测量；避免周围其他一些天然或人为因素的影响。

（2）方法特性指标

测量值范围：为方便方法实施，本项目建设稳定的辐射检验场^{[7][8]}，场内不同剂量率水平的测量点 15 个，场外选取草地作为本底点。其中最大值小于 500nGy/h，最小值为环境本底值，测量点个数共 16 个，且各测量点环境γ辐射剂量率呈现一定梯度变化。

仪器类型：选用两款仪器作为传递仪器，通过比对确定传递仪器类型选择。方法特性指标所用仪器为：高压电离室 RSS-131、闪烁体探测器 6150AD。

准确度：准确度由精密度和正确度指标来表征。计算方法参考《环境监测分析方法标准制定技术导则》（HJ 168-2020）^[9]A.4 和 A.5。

5.2 方法原理

理论上，任何辐射探测器在环境中同点位测量，其扣除宇宙射线响应值后的环境 γ 辐射剂量率都应该相等，即：

$$D_t = (D - D_c) \times k = (D_0 - D_{c0}) \times k_0 \quad (5.1)$$

D_t ：测量点的环境 γ 辐射剂量率；

D ：某台仪器在环境中的测量读数；

D_c ：该仪器对宇宙射线的响应值；

k ：该仪器对某种放射源（ ^{137}Cs 、 ^{226}Ra 等）γ射线产生的空气吸收剂量率的校准因子；

D_0 ：传递仪器在环境中的测量读数；

D_{c0} ：传递仪器对宇宙射线的响应值；

k_0 ：传递仪器对某种放射源（与上述放射源相同类型）γ射线产生的空气吸收剂量率的校准因子。

由式（1）得：

$$D = (k_0 / k) \times D_0 + D_c - (k_0 / k) \times D_{c0} \quad (5.2)$$

对于任意一台辐射探测器仪表，校准因子为常数；测量仪对宇宙射线的响应值在海拔高度近似的情况下，也可近似看做常数。因此，在环境中进行比对测量时，两台仪器的读数将成线性关系。

在辐射检验场进行比对测量，将比对测量数据以 D_0 为 X 轴、以 D 为 Y 轴作图进行最小二乘法线性拟合，得到拟合方程 $y=ax+b$ ，其中：

$$D_c = b + D_{c0} \times a \quad (5.3)$$

当 D_{c0} 已知时，由（5.3）式可求出 D_c ，以此得出待检仪器宇宙射线响应值。

5.3 仪器和设备

项目开展所用仪器均在有效检定期内，满足质量控制相关要求。

RSS-131 型高压电离室

测量类型：空气比释动能；

测量范围：10nGy~100mGy/h；

能量响应范围：60KeV~8MeV。

6150AD 型辐射探测器

测量类型：周围剂量当量 $H^*(10)$ ；

测量范围：1nSv/h~99.9μSv/h；

能量响应范围：20keV-7MeV。

5.4 测量步骤

5.4.1 传递仪器测量

以高压电离室型γ辐射探测器作传递仪器。

（1）在平地调好高压电离室三脚架高度，使探头中心离地 1.0m。

（2）将三脚架准确放置在测量点上。

（3）将高压电离室置于三角架上。

（4）连接电源及数据线，打开电脑并运行 RSS-131configuration 程序，选择 online 菜单，点击 Sensor Data。

（5）待 HPIC 数据稳定后，用手机或电脑进行远程读数，连续记录 20 个瞬时值。

（6）依次完成所有测量点的测量。

5.4.2 待检仪器测量

- (1) 将专用支架置于测量点处。
- (2) 将待检仪器探头朝下，固定在支架上。
- (3) 调整支架，使探头中心离地 1.0m，并使探头中心对准测量点中心。
- (4) 开机，待仪器读数稳定后，利用远程方法读数，并连续记录 20 个瞬时值。
- (5) 依次完成所有测量点的测量。

5.5 结果计算

计算每台仪器每个测量点的均值，根据 5.2 节方法原理进行最小二乘法线性拟合，并由 (5.3) 式计算 D_c 。(5.3) 式中：

a -----拟合直线斜率；

D_c -----待检仪器宇宙射线响应计算值；

b -----拟合直线截距；

D_{c0} -----传递仪器宇宙射线响应值，在水深大于 3m，离岸边大于 1km 的万绿湖上测得。

5.6 方法特性指标研究结果

方法特性指标包括剂量率范围、仪器类型、精密度和正确度。研究结果表中的参考值均为《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）标准方法的直接测量结果（测量条件满足标准要求，测量结果不进行修正）；计算结果为 5.2 节方法原理的计算值。

(1) 剂量率范围研究

考察两种剂量率范围对宇宙射线响应值的影响。高剂量率范围：100nGy/h～1000nGy/h；低剂量率范围：100nGy/h～500nGy/h。以 RSS-131 型 1#为传递仪器进行拟合计算，结果见表 5-1 和图 5-1。

可以看出，在两种剂量率范围下，测量计算的宇宙射线响应值基本都能满足要求，但相对而言，低剂量率范围下测量计算的宇宙射线响应值相对偏差较小。此结果与高剂量率范围、低剂量率范围误差理论分析一致，即高剂量率最大值是宇宙射线响应值的几十倍，拟合计算宇宙射线响应值时，测量误差特别是高剂量率测量点测量误差对结果影响较大。

表 5-1 测量点剂量率范围研究结果

序号	剂量率范围	传递仪器	待检仪器	待检仪器宇宙射线响应（nSv/h）		
				参考值	计算值	相对偏差% ¹⁾
1	高	RSS-131 型 1#	6150AD1#	24.9	26.0	4.4
2			6150AD2#	26.2	27.8	6.1
3			6150AD3#	41.6	33.2	-20.2
4	低		6150AD1#	24.9	24.0	-3.6
5			6150AD2#	26.2	26.4	0.76
6			6150AD3#	41.6	35.6	-14.4

注：1）相对偏差%=100×（计算值-参考值）/参考值。

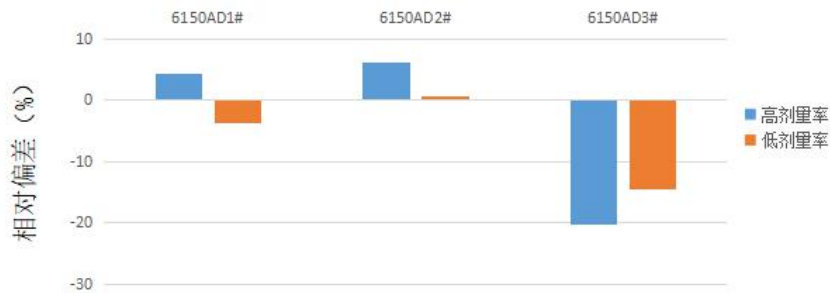


图 5-1 不同剂量率范围宇宙射线响应计算结果相对偏差比较

（2）仪器类型研究

分别考察传递仪器和待检仪器为同一类型、不同类型时对宇宙射线响应值的影响。分别以 RSS-131 型和 6150AD 为传递仪器进行拟合计算，结果见表 5-2 和图 5-2。

从拟合计算结果可以看出，传递仪器和待检仪器是同一类型还是不同类型，拟合计算的宇宙射线响应值基本都能满足要求（相对偏差在 15%以内）。同类型仪器传递，宇宙射线响应值相对偏差较稳定，且均小于 10%。不同类型仪器传递，宇宙射线响应较不稳定。根据理论分析，不同类型辐射探测器其敏感体积、能量转换方式和能量响应等因素不尽相同，故而同类型仪器传递较为可取。

表 5-2 不同仪器类型实验结果

序号	仪器类型	传递仪器	待检仪器	待检仪器宇宙射线响应（nSv/h）			备注
				参考值	计算值	相对偏差% ¹⁾	
1	传递仪器和待检仪器为同一类型	6150AD1#	6150AD2#	26.2	27.6	5.3	低剂量率范围
2			6150AD3#	41.6	45.3	8.9	
3			6150AD4#	28.0	27.6	-1.4	
4	传递仪器和待检仪器为不同类型	RSS-131 型 1#	6150AD2#	26.2	26.4	0.8	
5			6150AD3#	41.6	36.5	14.4	
6			6150AD4#	28.0	27.7	-1.1	

注：相对偏差%=100×（计算值-参考值）/参考值。

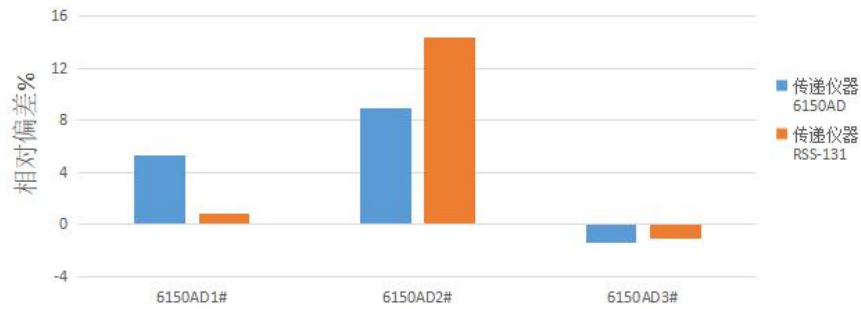


图 5-2 传递仪器类型对宇宙射线响应值计算结果的影响

(3) 精密度研究

精密度是表示测量的再现性，用标准偏差表示。精密度研究以高压电离室 RSS-131 型和 6150AD 型两种仪器开展。以待检仪器万绿湖测量得到的宇宙射线响应值作为参考值，在辐射检验场进行多次测量，计算其宇宙射线响应值，结果见表 5-3。每台仪器分别重复测量六次，RSS-131 结果范围为：32.9nGy/h～42.4nGy/h，平均值为 37.3nGy/h，标准偏差为 3.6nGy/h；6150AD 结果范围为：24.3nSv/h～30.0nSv/h，平均值为 26.9nSv/h，标准偏差为：2.3nSv/h。

从测量结果可知，RSS-131 型和 6150AD 型精密度结果分别为：3.6nGy/h、2.3nSv/h。

表 5-3 精密度研究测量结果

序号	仪器类型	待检仪器宇宙射线响应			
		参考值	计算值	平均值	标准差
1	6150AD (nSv/h)	25.8	27.5	26.9	2.3
2			25.6		
3			25.0		
4			30.0		
5			24.3		
6			29.0		
7	RSS-131 (nGy/h)	37.7	35.1	37.3	3.6
8			36.2		
9			40.9		
10			36.4		
11			42.4		
12			32.9		

（4）正确度研究

正确度用相对误差均值和相对误差的标准偏差表示。计算公式为：

$$RE_i = \frac{|\bar{x}_i - \mu_i|}{\mu_i} \times 100\% \quad (5.4)$$

$$\overline{RE} = \frac{\sum_{i=1}^l RE_i}{l} \quad (5.5)$$

$$S_{\overline{RE}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l (RE_i - \overline{RE})^2}{l-1}} \quad (5.6)$$

相对误差最终值： $\overline{RE} \pm 2S_{\overline{RE}}$

式中： \bar{x}_i ——第 i 个仪器的计算值；

μ_i ——第 i 个仪器的参考值；

RE_i ——第 i 个仪器的相对误差；

\overline{RE} —— l 个仪器的相对误差均值；

$S_{\overline{RE}}$ —— l 个仪器的相对误差的标准偏差。

正确度研究选择 4 台高压电离室 RSS-131、7 台 6150AD 和 2 台 BH3103，共 13 台辐射探测器开展，所有仪器均在检定有效期内。RSS-131、6150AD 仪器参数同 5.3 节，BH3103 的参数为：

测量类型：周围剂量当量 $H^*(10)$ ；

测量范围：1nGy/h~100 μ Gy/h；

能量响应范围：25keV-3MeV

将 13 台辐射探测器按照《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）要求在万绿湖测量宇宙射线响应值，将 13 台辐射探测器分别在辐射检验场测量，同类型仪器选择其中一台（仪器代码 1、5、12）作为传递仪器，其它同类型仪器作为待检仪器，按照（5.3）式分别计算其宇宙射线响应值。待检仪器在万绿湖测量值为参考值，测量结果及计算结果见表 5-4。

表 5-4 正确度研究测量结果

仪器类型	仪器代码	宇宙射线响应值		
		参考值	计算值	相对偏差 ¹⁾
RSS-131 (nGy/h)	2	33.3	33.9	1.8%
	3	37.2	33.1	11%
	4	31.5	28.6	9.2%
6150AD (nGy/h)	6	39.7	37.4	5.8%
	7	56.0	54.8	2.1%
	8	29.2	34.0	16%
	9	41.8	48.3	16%
	10	22.3	18.2	18%
	11	26.6	31.4	18%
BH3103 (nGy/h)	13	19.2	14.9	22%

注：1) 相对偏差%=100×(计算值-参考值)/参考值。

按照公式 5.4 至 5.6 计算，

$$\overline{RE} = \frac{\sum_{i=1}^l RE_i}{l} = 12\% \quad (5.7)$$

$$S_{\overline{RE}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l (RE_i - \overline{RE})^2}{l-1}} = 7.1\% \quad (5.8)$$

则相对误差最终值即正确度 $\overline{RE} \pm 2S_{\overline{RE}}$ 为 $(12 \pm 14)\%$ 。

(5) 不确定度研究

宇宙射线响应值 D_c 的合成标准不确定度可以表示为：

$$u(D_c) = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial D_c}{\partial x_i} \right)^2 \times u^2(x_i)} \quad (5.9)$$

式中：

$u(D_c)$ ——宇宙射线响应值的合成标准不确定度；

x_i ——不确定度的来源（传递仪器宇宙射线响应值、线性拟合等）；

$\frac{\partial D_c}{\partial x_i}$ ——灵敏系数；

$u(x_i)$ ——不确定度分量。

扩展不确定度：

$$U(D_c) = k \times u(D_c) \quad (5.10)$$

式中：

$U(D_c)$ ——扩展不确定度；

k ——包含因子，一般取 2，对应包含概率约为 95%。

根据公式 5.3 可知，不确定度分量分别为传递仪器宇宙射线响应值 D_{c0} 、拟合直线斜率 a 和截距 b 的不确定度。以表 5-4 中仪器代码 2 为例，进行不确定度评定。

已知拟合直线为： $y = 0.9533x + 5.6783$ ， $R^2 = 0.9991$ ， $D_{c0} = 29.6 \text{ nGy/h}$ 不确定度分量为 $S_{D_{c0}} = 0.008 \text{ nGy/h}$ ，灵敏系数为 0.9533； a 不确定度分量 $S_a = 0.0074 \text{ nGy/h}$ ，灵敏系数为 29.6； b 不确定度分量 $S_b = 1.818 \text{ nGy/h}$ ，灵敏系数为 1。

$$\text{则 } u(D_c) = \sqrt{(S_{D_{c0}} \times 0.9533)^2 + (S_a \times 29.6)^2 + (S_b \times 1)^2} = 1.83 \text{ nGy/h}$$

$$\text{扩展不确定度 } U(D_c) = 2 \times u(D_c) = 3.66 \text{ nGy/h}$$

其相对扩展不确定度为： $U = U(D_c) / D_c = 3.66 / 33.9 = 10.8\%$ 、包含因子 $k = 2$ ，满足《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）的要求“测量扩展不确定度一般应不超过 20%（包含因子 $k = 2$ ，对应包含概率约为 95%）”。

6 方法比对

6.1 方法比对方案

(1) 方法选择

方法一：

现有标准测量方法即《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）所述“在水深大于 3 m，距岸边大于 1 km 的淡水水面上测量，仪器应放置于对读数干扰小的木制、玻璃钢或橡胶船体上，船体内不能有压舱石。测量仪器的宇宙射线响应及其自身本底时，在读数间隔为 10 s 时应至少读取或选取 50~100 个读数，也可选取仪器自动给出的平均值，或使读数平均值统计涨落小于 1%”。

方法二：

陆地测量方法即利用辐射检验场进行仪器传递，计算得出宇宙射线响应值的方法。

将方法二结果与方法一结果进行比较。

(2) 仪器选择

方法比对选择 3 台高压电离室 RSS-131 和 11 台 FH40G，共 14 台辐射探测器，所有仪器均在检定有效期内。RSS-131 仪器参数同 5.3 节，FH40G 的参数为：

测量类型：周围剂量当量 $H^*(10)$ ；

测量范围：1nSv/h~100μSv/h；

能量响应范围：36keV-3MeV

6.2 方法比对过程及结论

将 14 台辐射探测器按照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）要求在万绿湖测量宇宙射线响应值，将 14 台辐射探测器分别在辐射检验场测量，同类型仪器选择其中一台作为传递仪器，其它同类型仪器作为待检仪器，按照（5.3）式分别计算其宇宙射线响应值。

(1) 方法一宇宙射线测量结果

方法一测量结果见表 6-1。

表 6-1 仪器编码及万绿湖宇宙射线响应测量结果

仪器类型	仪器代码	万绿湖宇宙射线响应值
RSS-131 (nGy/h)	1	34.4
	2	34.5
	3	38.4
FH40G (nSv/h)	4	14.4
	5	13.3
	6	13.5
	7	14.0
	8	12.3
	9	12.3
	10	18.1
	11	13.9
	12	15.7
	13	13.4
	14	15.5

(2) 方法二测量结果

以仪器代码 1、4 分别作为 RSS-131、FH40G 的传递仪器，方法二测量结果见表 6-2，表中同时列出方法一测量结果及绝对偏差。

表 6-2 陆地测算宇宙射线响应值

仪器类型	仪器代码	宇宙射线响应		
		方法一	方法二	绝对偏差 ¹⁾
RSS-131 (nGy/h)	2	34.5	30.7	-3.8
	3	38.4	39.0	0.5
	5	13.3	9.2	-4.1
	6	13.5	9.6	-3.9
FH40G (nSv/h)	7	14.0	18.1	4.1
	8	12.3	12.1	-0.2
	9	12.3	7.1	-5.2
	10	18.1	16.7	-1.3
	11	13.9	18.2	4.3
	12	15.7	14.6	-1.2
	13	13.4	18.9	5.5
	14	15.5	16.8	1.3

注：1) 绝对偏差=方法二-方法一

(3) 结论及原因分析

《环境监测分析方法标准制定技术导则》（HJ 168-2020）^[9]附录 B（方法比对：测定结果显著性差异检验）：若双侧检验 $P < \alpha$ （显著性水平）=0.05，则两种方法的测定结果有显著性差异；反之，则两种方法的测定结果没有显著差异。

将表 6-2 计算结果按照《环境监测分析方法标准制定技术导则》（HJ 168-2020）附录 B 进行计算，则绝对偏差的算术平均值 $\bar{d} = -0.33$ ，标准偏差 $S_d = 3.60$ ， $n = 12$ 。

计算检验统计量：

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d / \sqrt{n}} = -0.32, \quad t_{(11, 0.95)} = 1.796$$

则双侧检验 $P > 0.05$ ，说明两种方法的测定结果没有显著差异。

7 方法验证

7.1 方法验证方案

(1) 方法验证基本情况

参与方法验证的实验室共 5 个，人员基本信息见表 7-1，使用仪器设备基本

信息见表 7-2。

表 7-1 参加验证的人员情况登记表

姓名	性别	年龄	职务或职称	所学专业	从事相关分析工作年限	工作单位/实验室编号
李亚全	男	33	工程师	环境工程	10	台山核电合营有限公司/1
甘振良	男	29	无	计算机应用及技术	5	
谭振华	男	29	无	计算机科学与技术	7	阳江核电有限公司/2
徐炜琪	女	26	无	汉语言文学	1	
李溢兴	男	37	工程师	核化工与核燃料工程	12	肇庆生态环境监测站/3
莫树燃	男	30	助理工程师	环境监测与治理技术	5	
龙伟伦	男	29	助理工程师	精细化学品生产技术	4	
黄鹏宇	男	41	中级工程师	化学(环境工程方向)	17	云浮市云城区生态环境监测站/4
谭振华	男	32	九级职员	人力资源管理	1	
梁珊	女	42	站长	环境工程	18	云浮市生态环境局罗定分局/5
谢大勇	男	51	九级职员	公共管理	3	
邱梅华	女	27	九级职员	环境工程	2	

表 7-2 使用仪器情况登记表

实验室编号	仪器名称	规格型号	仪器出厂编号	性能状况 (计量/校准状态、量程、能量响应等)
1	便携式 γ 剂量率仪	FHZ 672E-10	17818+43 247	检定日期: 2022 年 4 月 18 日 量程范围: $(1\sim 10000)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 能量响应: 25keV~3MeV
2	便携式 γ 剂量率仪	FHZ 672E-10	026432+1 0963	检定日期: 2022 年 4 月 18 日 量程范围: $(1\sim 10000)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 能量响应: 25keV~3MeV
3	便携式 X- γ 剂量率仪	BH3103B	042/C-18 1-01	检定日期: 2022 年 4 月 18 日 量程范围: $(1\sim 10000)\times 10^{-8}\text{Gy/h}$ 能量响应: 25keV~3MeV
4	环境级 X、 γ 剂量率仪	HYGP-1120A	61011-30 41	检定日期: 2022 年 8 月 30 日 量程范围: 10nSv/h-100 $\mu\text{Gv/h}$; 能量响应: 1.7cps(1 $\mu\text{Sv/h}$);
5	环境级 X、 γ 辐射剂量仪	HYGP-1120A	61014-30 72	检定日期: 2022 年 8 月 30 日 量程范围: 10nSv/h-100 $\mu\text{Gv/h}$; 能量响应: 1.7cps(1 $\mu\text{Sv/h}$);

(2) 方法验证方案

方法验证工作按照表 7-3 方法验证方案开展。

表 7-3 方法验证方案

序号	工作任务	工作内容
1	信息收集	项目负责人收集方法验证人员及仪器信息

2	仪器准备	方法验证人员提前检查仪器是否在检定周期，仪器状态是否正常
3	现场测量	到辐射检验场开展现场测量
4	数据处理	方法验证人员对测量数据进行整理、处理
5	数据汇总	提交测量结果
6	方法验证报告编写	项目负责人收集各实验室测量结果，编写方法验证报告

7.2 方法验证过程及结论

（1）参与方法验证的人员检查所用仪器状态是否正常，按照辐射检验场测量相关程序文件要求，各实验室依次开展现场测量及数据处理；其中传递仪器数据为其它实验室同类型仪器测量结果。

（2）五家实验室的方法精密度测试结果说明，在重复性条件下，两个测试结果的绝对偏差小于或等于 5.6nGy/h 的概率为 95%；方法正确度测试结果说明，5 台不同类型 γ 辐射探测器的相对误差均值为 6.2%，相对误差的标准偏差为 3.8%。

方法验证报告见附录 1。

8 与开题报告差异说明

9 标准征求意见稿技术审查情况

10 标准实施建议

本标准为你推荐性标准，实施过程中：

（1）传递仪器：建议选择稳定性、可靠性较好的同类型仪器，并坚持做好长期质控，确保仪器长期稳定。

（2）测量点：可以选择满足要求的天然环境点或者自建稳定的辐射场。

11 参考文献

[1]HJ 1157-2021.《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》.中国标准出版社.2021

[2]HJ 61-2021.《辐射环境监测技术规范》.中国标准出版社.2021

[3]任天山等.《宇宙射线电离量的测定和几种探测器对宇宙射线的响应》.辐射防护.1987.7

（3）：185

- [4] 张瑜等.《部分仪器对宇宙射线响应的测定》.核电子学与探测技术.2013.33（12）：1057
- [5] 成树林等.《热释光 LiF(Mg.Cu.P)探测器对宇宙射线的响应》.辐射防护通讯.2012.32（6）：32
- [6] 廖建华等.《 γ 辐射剂量率仪对宇宙射线响应及校准因子的间接校准》.辐射防护.2012.32（3）：150
- [7]张华，林伟伟，徐润龙，等. 辐射检验场最佳使用环境的实验确定[J]. 辐射防护通讯, 2019, 39(3): 26-32
- [8]张华，陈志东，徐润龙，等.辐射测量仪的宇宙射线响应和校准系数的陆地测算方法验证[J].核技术，2021，44（5）：1-8.
- [9]HJ 168-2020.《环境监测分析方法标准制定技术导则》.中国标准出版社.2020

附录 1

方法验证报告

方法名称：陆地测量辐射探测器宇宙射线响应技术规范

项目主编单位：广东省环境辐射监测中心

验证单位：台山核电合营有限公司、阳江核电有限公司、肇庆生态环境监测站、
云浮市云城区生态环境监测站、云浮市生态环境局罗定分局

项目负责人及职称：张华/高级工程师

通讯地址：广东省阳江市江城区园林路自编三号 电话：18022901783

报告编写人及职称：张华/高级工程师

报告日期：2023 年 3 月 31 日

1 原始测试数据

1.1 实验室基本情况

本项目邀请 5 家单位进行方法验证，参加验证人员信息见表 1-1，使用仪器信息见表 1-2。

表 1-1 参加验证的人员情况登记表

姓名	性别	年龄	职务或职称	所学专业	从事相关分析 工作年限	工作单位/实验室 编号
李亚全	男	33	工程师	环境工程	10	台山核电合营有 限公司/1
甘振良	男	29	无	计算机应用及 技术	5	
谭振华	男	29	无	计算机科学与 技术	7	阳江核电有限公 司/2
徐炜琪	女	26	无	汉语言文学	1	
李溢兴	男	37	工程师	核化工与核燃 料工程	12	肇庆生态环境监 测站/3
莫树燃	男	30	助理工程师	环境监测与治 理技术	5	
龙伟伦	男	29	助理工程师	精细化学品生 产技术	4	
黄鹏宇	男	41	中级工程师	化学（环境工程 方向）	17	云浮市云城区生 态环境监测站/4
谭振华	男	32	九级职员	人力资源管理	1	
梁珊	女	42	站长	环境工程	18	云浮市生态环境 局罗定分局/5
谢大勇	男	51	九级职员	公共管理	3	
邱梅华	女	27	九级职员	环境工程	2	

表 1-2 使用仪器情况登记表

实验室编号	仪器名称	规格型号	仪器出厂编号	性能状况 (计量/校准状态、量程、能量响应 等)
1	便携式 γ 剂量率 仪	FHZ 672E-10	17818+43247	检定日期：2022 年 4 月 18 日 量程范围：(1~10000) $\times 10^{-8}$ Gy/h 能量响应：25keV~3MeV
2	便携式 γ 剂量率 仪	FHZ 672E-10	026432+1096 3	检定日期：2022 年 4 月 18 日 量程范围：(1~10000) $\times 10^{-8}$ Gy/h 能量响应：25keV~3MeV
3	便携式 X- γ 剂量 率仪	BH3103B	042/C-181-01	检定日期：2022 年 4 月 18 日 量程范围：(1~10000) $\times 10^{-8}$ Gy/h 能量响应：25keV~3MeV
4	环境级 X、 γ 剂 量率仪	HYGP-1120A	61011-3041	检定日期：2022 年 8 月 30 日 量程范围：10nSv/h-100 μ Gv/h； 能量响应：1.7cps(1 μ Sv/h)；
5	环境级 X、 γ 辐 射剂量仪	HYGP-1120A	61014-3072	检定日期：2022 年 8 月 30 日 量程范围：10nSv/h-100 μ Gv/h； 能量响应：1.7cps(1 μ Sv/h)；

1.2 方法精密度测试数据

表 1-2 所列 5 台仪器开展方法精密度测试实验，每台仪器分别在辐射检验场开展六次测量，实验结果、六次实验结果均值/标准偏差及相对标准偏差见表 1-3。

表 1-3 精密度测试数据

实验室编号		1	2	3	4	5
测量日期		2023.02.14	2023.02.15	2023.02.22	2023.02.23	2023.02.27
测定结果 (nGy/h)	1	9.3	10.0	18.9	11.6	10.2
	2	10.7	11.4	21.2	9.7	9.5
	3	11.3	12.9	26.1	12.4	11.3
	4	11.2	13.7	21.6	10.9	9.8
	5	9.9	14.3	18.2	8.9	6.6
	6	11.7	15.6	18.5	12.0	6.1
平均值 \bar{x}_i (nGy/h)		10.7	13.0	20.8	10.9	8.9
标准偏差 S_i (nGy/h)		0.9	2.0	3.0	1.4	2.1
相对标准偏差 RSD_i , (%)		8.4	15	14	13	24
注：i 为实验室编号； $RSD_i = \frac{S_i}{\bar{x}_i} \times 100\%$ 。						

1.3 方法正确度测试数据

表 1-2 所列 5 台仪器开展方法精密度测试实验，每台仪器分别在辐射检验场开展六次测量，实验结果、均值、参考值及相对误差见表 1-4。

表 1-4 正确度测试数据

实验室编号		1	2	3	4	5
测量日期		2023.02.14	2023.02.15	2023.02.22	2023.02.23	2023.02.27
测定结果 (nGy/h)	1	9.3	10.0	18.9	11.6	10.2
	2	10.7	11.4	21.2	9.7	9.5
	3	11.3	12.9	26.1	12.4	11.3
	4	11.2	13.7	21.6	10.9	9.8
	5	9.9	14.3	18.2	8.9	6.6
	6	11.7	15.6	18.5	12.0	6.1
平均值 \bar{x}_i (nGy/h)		10.7	13.0	20.8	10.9	8.9
参考值 μ_i (nGy/h)		11.3	12.1	20.8	10.0	9.8
相对误差 RE_i , (%)		5.3	7.4	0.0	9.0	9.2
注：i 为实验室编号； $RE_i = \frac{ \bar{x}_i - \mu_i }{\mu_i} \times 100\%$ 。						

2 方法验证汇总

2.1 方法精密度汇总

对表 1-3 精密度测试数据进行汇总，计算重复性限，计算结果见表 2-1。

表 2-1 精密度测试数据汇总表

实验室编号	$\overline{x_i}$ (nGy/h)	S_i (nGy/h)	RSD_i , %
1	10.7	0.9	8.4
2	13.0	2.0	15
3	20.8	3.0	14
4	10.9	1.4	13
5	8.9	2.1	24
重复性限 r (nGy/h)	5.6		
$r = 2.8\sqrt{S_r^2}, \quad S_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^l S_i^2}{l}}, \quad l \text{ 为参加验证的实验室总数。}$			

结论：方法精密度测试结果说明，在重复性条件下，两次测试结果的绝对差小于或等于 5.6nGy/h 的概率为 95%。

2.2 方法正确度汇总

对表 1-4 正确度测试数据进行汇总，计算相对误差均值及标准偏差，计算结果见表 2-2。

表 2-2 正确度测试数据汇总表

实验室编号	\bar{x}_i (nGy/h)	RE_i , %
1	10.7	5.3
2	13.0	7.4
3	20.8	0
4	10.9	9.0
5	8.9	9.2
$\overline{RE_i}$ (%)	6.2	
$S_{\overline{RE}}$ (%)	3.8	

结论：方法正确度测试结果说明，5 台不同类型γ辐射剂量率仪的相对误差均值为 6.2%，相对误差的标准偏差为 3.8%。

3 方法验证结论

(1) 共有 5 台辐射探测器开展验证实验，其中实验室编号 4 和 5 两台仪器为国产仪器。5 台仪器宇宙射线响应参考值范围为：（9.8~20.8）nGy/h，即宇宙射线响应值较小，则数值偏差一定的情况下，其相对标准偏差略大。

(2) 本验证实验的特性指标为重复性限和相对误差，其中重复性限为 5.6nGy/h，相对误差均值为 6.2%。

(3) 方法特性指标重复性限和相对误差等满足要求。

附件 1 征求意见汇总处理表

附表 1 项目组定向征求意见汇总处理表

序号	条文编号	提出单位	反馈意见	是否采纳	不采纳的理由	处理结果
1	4.3.1 4.3.2 5.4.1	上海怡星机电设备有限公司	这三个三级标题在标准中的缩进与其它三级标题不一致，建议调整一下。	采纳	/	已修改，见4.3.1、4.3.2、5.4.1
2	7.1	上海怡星机电设备有限公司	这里的5个实验室具体是指哪5个并未在标准中指出，是否应该补充说明？	采纳	/	已采纳其他专家意见，删除该章节
3	4.3.3	四川省辐射环境管理监测中心站	应向左移2个字符	采纳	/	/
4	附录A	四川省辐射环境管理监测中心站	该仪器对宇宙射线的响应值	采纳	/	/
5	3.4	核工业二九〇研究所	改为：量值传递仪器	采纳	/	结合专家及编制组意见，已删除该术语。
6	/	广州市环境科学学会	建议增加“宇宙射线响应值修正方法”相关内容	采纳	/	已增加参考标准，见5.2.1。
7	4.3.2	福建省辐射环境监督站	补充④：在任一比对测量点上，传递仪器与待检仪器测量时间间隔应控制在一小时（或半小时）内。	采纳	/	见第7章质量保证要求
8	3 术语和定义	广东省环境科学学会	英文名称不要括号	采纳	/	/
9	4.2 目的	广东省环境科学学会	所有带数字条目全部左端对齐	采纳	/	/
10	7.2 正确度	广东省环境科学学会	所有数字和英文单位之间需要一个英文空格	采纳	/	/
11	2 规范性引用文件	广东省环境科学学会	所有标准文号字母与编号之间需要一个英文空格	采纳	/	/
12	标准名称	卡迪诺科技（北京）有限公司	标准名称修改为《陆地宇宙射线响应值测量技术要求》，1、因为标准5.1仪器通用要求和5.2仪器设备选择的规定中没有对辐射探测器有特别的规定，均为通用性要求；2	部分采纳	标准名称尽可能体现测量方法的特点“陆地测量”又兼顾测量范围“辐射探测器”等。该文本是一种测量方法，该方法	结合专家意见，计划将标准名称修改为“辐射探测器宇宙射线响应陆地测量技术规范”。

序号	条文编号	提出单位	反馈意见	是否采纳	不采纳的理由	处理结果
			、方法验证报告中气体电离室优于其他探测器，但是，标准中没有规定不同类型辐射探测器对宇宙射线响应陆地测量技术要求，只是规定了测量步骤。		本身就是一种技术，另每台探测器对宇宙射线均有响应，该响应值也是仪器特性之一。	
13	1 范围	卡迪诺科技（北京）有限公司	补充可参照执行的依据	采纳	/	参考其他专家意见，已删除相关描述。
14	4.2.1	卡迪诺科技（北京）有限公司	建议将“国标”修改为环境保护行业标准，另外，测量的目的是满足 HJ 61、HJ 1157 等要求的表述值得商榷，因为，这两个标准中均没有陆地测量宇宙射线响应值的技术要求；	采纳	/	已修改，见4.2.1
15	4.2.1	卡迪诺科技（北京）有限公司	进一步补充完善陆地测量宇宙射线响应值的目的内容；	采纳	/	已修改，见4.2.1
16	4.3.2	卡迪诺科技（北京）有限公司	补充说明待检仪器的含义；	采纳	/	已修改，见5.2.2节有相关内容
17	4.3.2	卡迪诺科技（北京）有限公司	补充测量场地环境、人员及几何条件的技术规定；	采纳	/	已修改，见4.3.2和5.3。
18	4.3.2	卡迪诺科技（北京）有限公司	建议修改为测量的温度条件，因为使用温度的文字表述有歧义；	采纳	/	已修改，见5.1。
19	4.3.2	卡迪诺科技（北京）有限公司	建议修改为测量的相对湿度条件，因为使用相对湿度的文字表述有歧义；	采纳	/	已修改，见5.1。
20	7.1、7.2	卡迪诺科技（北京）有限公司	建议去掉，在编制本标准的方法确认报告中论述	采纳	/	已删除原第7章内容
21	4.2.1	苏州热工研究院有限公司	建议修改为“HJ 61、HJ 1157等标准要求”。	采纳	/	已修改，见4.2.1
22	5.1	苏州热工研究院有限公司	建议修改为：0°~180°，理由表述歧义。	采纳	/	已修改，见5.1
23	5.1	苏州热工研究院有限公司	建议修改为-10℃~℃	采纳		已修改，见5.1
24	5.4.1	苏州热工研究院有限公司	建议：去掉LINEST或采用最小二乘法进行线性拟合。 理由，LINEST为excel等程序定义的函数名，不是数据术语。	采纳	/	已修改，见5.4.1
25	5.4.1	苏州热工研究院有限公司	问题：当计算值与计量单位给出的结果存在差异时，如何处理？式（3）还是否有效	采纳	/	已修改，见5.4.1

序号	条文编号	提出单位	反馈意见	是否采纳	不采纳的理由	处理结果
			？ 建议：待检设备必须经过检定（或校准），只有待检仪器的检定（校准）系数与计量单位给出的数值偏差在某一范围内（例如 $k/k_0=1\pm5\%$ ），式（3）才可以使用。			
26	5.3	阳江核电有限公司	5.3 测量步骤 d)将传递仪器置于辐射检验场（参考附录A）测量点，探头中心离地1m，待仪器稳定后，远程连续读取20个数据，记录在测量原始记录表中（参考附录B）；e)依次完成传递仪器在辐射检验场内15个测量点的测量；f)依次完成待检仪器在辐射检验场内15个测量点的测量。	采纳	/	已修改，见5.3。
27	《编制说明》6.2	台山核电合营有限公司	《编制说明》6.2方法比对过程及结论中“表6-2陆地测算宇宙射线响应值”中FH40G测量结果单位为Gy/h，而实际应该为Sv/h。	采纳	/	已修改，见编制说明6.2
28	/	大亚湾核电运营管理有限责任公司	回复无意见	/	/	/
29	/	生态环境部核与辐射安全中心	无回复	/	/	/
30	/	生态环境部辐射环境监测技术中心	无回复	/	/	/
31	/	广西壮族自治区辐射环境监督站	无回复	/	/	/
32	/	海南省辐射环境监测站	无回复	/	/	/
33	/	贵州省辐射环境监督站	无回复	/	/	/
34	/	湖南省辐射环境监督站	无回复	/	/	/
35	/	江西省辐射环境监督站	无回复	/	/	/
36	/	内蒙古自治区核与辐射监测中心	无回复	/	/	/
37	/	云南省辐射环境监督站	无回复	/	/	/
38	/	重庆市辐射环境监督站	无回复	/	/	/
39	/	广东省环境科学研究院	无回复	/	/	/

序号	条文编号	提出单位	反馈意见	是否采纳	不采纳的理由	处理结果
40	/	广东省肇庆生态环境监测站	无回复	/	/	/
41	/	广东省云浮市生态环境监测站	无回复	/	/	/
42	/	广东省深圳生态环境监测中心站	无回复	/	/	/
43	/	广东省韶关生态环境监测中心站	无回复	/	/	/
44	/	广东省湛江生态环境监测中心站	无回复	/	/	/
45	/	广东省东莞生态环境监测站	无回复	/	/	/
46	/	广东省中山生态环境监测站	无回复	/	/	/
47	/	广东省江门生态环境监测站	无回复	/	/	/
48	/	广东省清远生态环境监测站	无回复	/	/	/
49	/	广东省佛山生态环境监测站	无回复	/	/	/
50	/	广东省环境监测协会	无回复	/	/	/
51	/	广州市环境技术中心	无回复	/	/	/
52	/	广州市环境保护科学研究院有限公司	无回复	/	/	/

说明：（1）发送“征求意见稿”单位数：35 个。

（2）收到“征求意见稿”后，回函的单位数：11 个，没有回函单位数：24 个。

（3）回函的单位中，有意见和建议的单位数：10 个，无意见的单位数：0 个。

（4）回函的建议或意见数：27 条；其中采纳数：26 条，部分采纳数：1 条，不采纳数：0 条。

附表2 （征求意见稿）定向征求意见汇总处理表

序号	条文编号	提出意见单位或个人	反馈意见	是否采纳	不采纳的理由	处理结果
1	前言	广东省环境科学学会	建议增加引言，并将“本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，可能涉及《国家标准涉及专利的管理规定（暂行）》第三章第九条与专利实施许可相关的专利的使用。……相关信息可以通过以下方式获得：专利持有人姓名：陈志东、张华、林淑倩、黄正轩、徐润龙、王家玥、林伟伟、梁明浩。地址：广东省广州市海珠区广州大道南860号”，“为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国放射性污染防治法》《中华人民共和国核安全法》，规范辐射探测器宇宙射线响应陆地测量工作，制定本文件”等内容移至引言。	采纳	/	已修改，见引言
2	3	广东省环境科学学会	建议将术语英文单字第一个字母全部改成小写	采纳	/	已修改，见第3章
3	4.3.2	广东省环境科学学会	建议将“① 无垂直方向偏移，即高度一致； ② 无水平方向偏移； ③ 无角度偏移，即探头无倾斜”修改为： “a) 无垂直方向偏移，即高度一致； b) 无水平方向偏移； c) 无角度偏移，即探头无倾斜”。	采纳	/	已修改，见4.3.2
4	5.1	广东省环境科学学会	建议将5.1中列项a)~e) 后句号全部改成分号。	采纳	/	已修改，见5.1
5	5.2	广东省环境科学学会	建议对各类仪器设备增加详细技术参数内容和要求。	部分采纳	/	已修改，见5.1仪器性能参数
6	5.4.1	广东省环境科学学会	1.建议将公式（3）（4）编号修改为（2）（3）； 2.建议在公式编号前增加“……”； 3.建议将“式中： a ——拟合直线斜率； b ——拟合直线截距；”修改为 式中： a ——拟合直线斜率； b ——拟合直线截距；	采纳	/	已修改，见5.4
7	6	广东省环境科学学会	建议增加测量记录的基本要求文字描述。	采纳	/	已修改，见第6章
8	8	广东省环境科学学会	建议将列项a)~f) 后的句号改成分号。	采纳	/	已修改，见第7章
9	附录A	广东省环境科学学会	1. 建议对附录A增加部分小标题，增加层次感； 2. 建议图1、表1、表2改成图A.1、表A.1、表A.2。 3.建议表1、表2的格式按照GB/T 1.1—2020 中9.8的要求修改。	采纳	/	已修改，见附录A
10	1	苏州热工研究院有限公司	热释光探测器的宇宙射线响应值测量可参照执行 意见：建议删除或补充支撑材料	采纳	/	已删除该句表述

序号	条文编号	提出意见单位或个人	反馈意见	是否采纳	不采纳的理由	处理结果
			理由：标准草案及编制说明全文均未提及，没有任何支撑材料；热释光探测需要较长周期，过程环境变化该如何控制，均无相关数据。			
11	5.2.1	苏州热工研究院有限公司	传递仪器：经计量院检定合格且在有效检定周期内；宇宙射线响应值已知。 建议：更改为“已校正至测量点处的宇宙射线响应值” 理由：宇宙射线响应值应对应到测量点海拔、经度、纬度等信息。	采纳	/	已修改，见5.2.1，具体参考HJ 61修正公式和条件
12	5.2.2	苏州热工研究院有限公司	待检仪器：宇宙射线响应值未知 意见：未明确是否需要经计量院检定/校准，建议明确 理由：在实际应用中，使用计量院给出的校准因子还是本方法得到的校准因子	部分采纳	实际计算过程中，不涉及待检仪器的检定/校准因子	见5.2.2，仪器正常且满足本单位质控要求均可作为待检仪器
13	5.3	苏州热工研究院有限公司	远程连续读取20数据 建议：远程读取10个数据，读取数据间隔不小于10s 理由：绝大部分监测仪器测量数据均做了平滑处理，连续读取，不一定具有代表性；附录B记录表为10个数据一组，前后不一苏州热工研究院有限公司致。	采纳	/	已修改，见5.3
14	5.4	苏州热工研究院有限公司	公式序号（1）、（3），建议：梳理公式序号 理由：缺少公式（2）	采纳	/	已修改，见5.4
15	全文	广东省辐射防护协会	格式问题，参照GB/T 1.1（段前空格、行距、单位符合等）	采纳	/	已修改，见全文
16	前言	广东省辐射防护协会	1、可能涉及到.....[条].....与.....[内容].....相关的专利的使用。应为本标准第几条及相关内容的使用涉及某个专利的说明。 2、关于专利的说明一般放引言。	采纳	/	已修改，见引言
17	目录	广东省辐射防护协会	“附录A”“附录B”与附录一致，“附录A（资料性）”	采纳	/	已修改，见附录B
18	2	广东省辐射防护协会	JJG（军工）43环境监测用X、 γ 辐射仪（饱和模型体源法），正文未见具体引用条款	采纳	/	已修改，见5.4.1
19	4.2	广东省辐射防护协会	测量目的、标准制定意义建议放在引言中	采纳	/	已修改，见引言
20	5.1/5.3/5.4/8	广东省辐射防护协会	各列项后，全文统一使用分号。	采纳	/	已修改，见5.1/5.3/5.4/8
21	5.2	广东省辐射防护协会	对设备的说明还是选择的要求？5.2条款是希望给出仪器宇宙射线响应测量所需的设备清单，还是提出对设备的要求。建议修改为表格或清单+备注形式。	部分采纳	对主要设备的要求，文字表述不适合表格形式	见5.2
22	5.3 a)	广东省辐射防护协会	是否给出设备预热的要求	不采纳	不同设备预热	参照HJ 1157编写

序号	条文编号	提出意见单位或个人	反馈意见	是否采纳	不采纳的理由	处理结果
					要求不同，以仪器自身使用要求为标准。	
23	5.3 d)	广东省辐射防护协会	5.2.3提到辐射探测器支架。建议给出仪器架设在支架上、探头的方向等描述得更为清晰。	部分采纳	不同仪器探头朝向不一致。仪器支架为专用设备，满足HJ 61等标准和第7章e)要求开展测量即可。	见第7章e)
24	5.4.1 b)	广东省辐射防护协会	统一公式符号的使用	采纳	/	已修改，见5.4.1
25	5.4.1 b)	广东省辐射防护协会	“传递仪器宇宙射线响应值”附录中“传递仪器对宇宙射线的响应值”	采纳	/	已修改，见5.4.1和附录A
26	7	广东省辐射防护协会	论证使用传递方法测量宇宙射线响应值法精密和正确性，宜作为编制说明。	采纳	/	已删除精密和正确性相关内容
27	征求意见稿8 a)	广东省辐射防护协会	管理性要求，不宜在技术标准中出现，建议修改为测量人员能力满足XXX要求或者具备XXX能力等描述。	采纳	/	已修改，见送审稿7a)
28	征求意见稿8 d)	广东省辐射防护协会	给出具体标准	采纳	/	已修改，见送审稿7d)
29	/	东莞市生态环境局	回复无意见	/	/	/
30	/	佛山市生态环境局	回复无意见	/	/	/
31	/	广州市生态环境局	回复无意见	/	/	/
32	/	河源市生态环境局	回复无意见	/	/	/
33	/	江门市生态环境局	回复无意见	/	/	/
34	/	揭阳市生态环境局	回复无意见	/	/	/
35	/	茂名市生态环境局	回复无意见	/	/	/
36	/	梅州市生态环境局	回复无意见	/	/	/
37	/	清远市生态环境局	回复无意见	/	/	/
38	/	汕头市生态环境局	回复无意见	/	/	/
39	/	深圳市生态环境局	回复无意见	/	/	/

序号	条文编号	提出意见单位或个人	反馈意见	是否采纳	不采纳的理由	处理结果
40	/	云浮市生态环境局	回复无意见	/	/	/
41	/	湛江市生态环境局	回复无意见	/	/	/
42	/	中山市生态环境局	回复无意见	/	/	/
43	/	珠海市生态环境局	回复无意见	/	/	/
44	/	阳江市生态环境局	回复无意见	/	/	/
45	/	肇庆市生态环境局	回复无意见	/	/	/
46	/	大亚湾核电运营管理有限责任公司	回复无意见	/	/	/
47	/	阳江核电有限公司	回复无意见	/	/	/
48	/	台山核电合营有限公司	回复无意见	/	/	/
49	/	广东省环境监测协会	回复无意见	/	/	/
50	/	上海怡星机电设备有限公司	回复无意见	/	/	/
51	/	卡迪诺科技（北京）有限公司	回复无意见	/	/	/
52	/	生态环境部核与辐射安全中心	无回复	/	/	/
53	/	生态环境部辐射环境监测技术中心	无回复	/	/	/

说明：（1）发送“征求意见稿”单位数：28 个。

（2）收到“征求意见稿”后，回函的单位数：26 个，没有回函单位数：2 个。

（3）回函的单位中，有意见和建议的单位数：3 个，无意见的单位数：23 个。

（4）回函的建议或意见数：28 条；其中采纳数：23 条，部分采纳数：4 条，不采纳数：1 条。