



中华人民共和国国家生态环境标准

HJ 1157—2021

环境 γ 辐射剂量率测量技术规范

Technical specification for the measurement of environmental

gamma radiation dose rate

本电子版为正式标准文本，由生态环境部环境标准研究所审校排版。

2021-03-19 发布

2021-05-01 实施

生态环境部 发布

目 次

前 言	ii
1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 测量目的和要求	2
5 测量实施	3
6 测量记录和报告	5
7 质量保证	5
附录 A（资料性附录）环境 γ 辐射剂量率测量原始记录表	7

前 言

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》，规范环境 γ 辐射剂量率的测量工作，制定本标准。

本标准规定了辐射环境监测中 γ 辐射剂量率测量目的和要求、测量实施、测量记录和报告、质量保证等技术要求。

《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583—93)首次发布于1993年，本次为第一次修订。修订的主要内容如下：

- 修改了标准名称；
- 删除了“次要源”“重要源”和“中等性质的源”的表述；
- 明确了连续测量相关要求；
- 增加了测量步骤和测量原始记录表；
- 增加了环境 γ 辐射剂量率计算公式，删除了“剂量估算”内容。

本标准附录A为资料性附录。

本标准实施之日起，《环境地表 γ 辐射剂量率测定规范》(GB/T 14583—93)在相应的国家放射性污染防治标准实施中停止执行。

本标准由生态环境部核设施安全监管司、法规与标准司组织修订。

本标准起草单位：浙江省辐射环境监测站（生态环境部辐射环境监测技术中心）。

本标准生态环境部2021年3月19日批准。

本标准自2021年5月1日起实施。

本标准由生态环境部解释。

环境 γ 辐射剂量率测量技术规范

1 适用范围

本标准规定了环境 γ 辐射剂量率测量的原则和技术要求，包括测量目的和要求、测量实施、测量记录 and 报告、质量保证等方面的内容。

本标准适用于环境监测、辐射源外围环境监测以及应急监测中环境 γ 辐射空气吸收剂量率的测量，其他环境 γ 辐射剂量率测量可参照执行。

2 规范性引用文件

本标准引用了下列文件或其中的条款。凡是注明日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本标准。凡是未注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

HJ 61	辐射环境监测技术规范
HJ 1009	辐射环境空气自动监测站运行技术规范
HJ 1128	核动力厂核事故环境应急监测技术规范
JJG 393	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量（率）仪和监测仪

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

辐射源 radiation source

可以通过诸如发射电离辐射或释放放射性物质而引起辐射照射的一切物质和实体。例如，释放氡的物质是存在于环境中的辐射源， γ 辐照消毒装置是食品辐照保鲜实践中的辐射源，X 射线机是放射诊断与治疗中的辐射源，核电厂是核动力发电实践中的辐射源等。

3.2

环境 γ 辐射剂量率 environmental gamma radiation dose rate

测量点位周围物质中的天然放射性核素、人工放射性核素或射线装置发出的 X/ γ 射线在测量点位空气中产生的吸收剂量率。

环境 γ 辐射剂量率可通过连续和即时等方式开展测量，无特殊说明时，本标准指的是即时测量。

3.3

关键人群组 critical group

对于某一给定的辐射源和给定的照射途径，受照相当均匀、并能代表因该给定辐射源和该给定照射途径所受有效剂量或当量剂量最高的个人的一组公众成员。

3.4

相对固有误差 relative intrinsic error

在确定参考条件下，仪器对某一被测量在指定参考辐射下的指示值的相对误差。

4 测量目的和要求

4.1 测量目的

环境 γ 辐射剂量率测量是辐射环境监测工作的组成部分，其主要目的：

- a) 为估算辐射源在环境中产生的 γ 辐射对关键人群组或公众成员所致外照射剂量提供资料。
- b) 为验证辐射源的辐射或流出物释放是否符合法规、标准和管理限值的要求提供资料。
- c) 监视辐射源的状况，为异常或意外情况提供警告。
- d) 获得环境 γ 辐射天然本底水平和人为活动所引起环境 γ 辐射水平变化的资料。
- e) 为核与辐射应急响应决策提供 γ 辐射水平信息。

4.2 测量要求

4.2.1 辐射环境质量监测一般是指调查全国或一定区域内的天然或人工 γ 辐射水平与变化趋势。

4.2.2 全国性或一定区域内的环境 γ 辐射水平调查，通常以适当距离的网格均匀布点，网格大小一般可选 $25\text{ km}\times 25\text{ km}$ 、 $10\text{ km}\times 10\text{ km}$ 、 $5\text{ km}\times 5\text{ km}$ 或更小区域，位于同一网格点的建筑物、道路和原野点位，环境 γ 辐射剂量率的测量可一并进行。

a) 原野测量点位选择

1) 城市中的草坪，公园中的草地以及某些岛屿、山脉、原始森林等不易受人为活动影响的地方，可适当选设点位，定期测量。

2) 点位应远离高大的树木或建筑，距附近高大建筑物的距离需大于 30 m 。

3) 点位地势应平坦、开阔，无积水、有裸露土壤或有植被覆盖，避免选择环境中表层土壤改变的位置（如污垢、砾石、混凝土和沥青等）。

b) 开展道路测量时，点位应设置在道路中心线。

c) 开展室内测量时，点位应设置在人员停留时间最长的位置或者室内中心位置。

d) 其他

1) 测量结果与地面（包括周围建筑）、地下水位、土壤成分及含水量、降雨、冰雪覆盖、潮汐、放射性物质地面沉降、射气的析出和扩散条件等环境因素有关，测量时应注意其影响；避免周围其他一些天然或人为因素对测量结果的影响，如湖海边，砖瓦、矿石和煤渣等堆置场附近等，对于特殊关注测量点，可不受这些限制。

2) 测量时间的选择应当具有代表性，野外测量时，雨天、雪天、雨后和雪后 6 h 内一般不开展测量。

4.2.3 进行连续测量的辐射环境空气自动监测站，点位选择应注意以下几点：

a) 点位位置应当具有代表性，兼顾区域面积和人口因素布设，充分考虑区域代表性和居民剂量代表性。

b) 应充分结合所在区域建设规划，位置一经确定，一般不得变更，保证测量数据的连续性和可比性。

c) 应综合考虑点位供电、防雷、防水淹、通信、交通、安全等保障条件。电力供应原则上采用市电，电压稳定性好于 $\pm 10\%$ ；具备通信部门稳定的有线数据通信链路和无线通信信号；宜利用栅栏等手段建立相对独立的站点空间。

4.2.4 进行连续测量时，应同步获得当地相关气象参数，如温度、湿度、风速、风向、降雨（雪）量等。

4.2.5 核设施周围环境测量点位应以核设施为中心，按不同距离和方位分成若干扇形，按近密远疏的原则布设，在关键人群组所在地区、距核设施最近的厂区边界上、主导风向的厂区边界上、人群经常停留的地方以及厂外最大落地浓度处加密布点。核动力厂、乏燃料后处理设施等大型核设施外围连续测量点位一般以核设施为中心，在烟羽计划区内涵盖 16 个方位角布设（沿海核动力厂靠海一侧根据需要布

设), 应考虑测量烟羽和地表沉积物中人工放射性核素产生的环境 γ 辐射剂量率。应选择一些不易受核设施影响的测量点位作为对照点。

4.2.6 对间歇运行的核技术利用设施, 应在设施正常运行工况下开展测量。测量点位应当具有代表性, 可通过巡测确定环境 γ 辐射剂量率水平相对较高的位置; 布点应考虑辐射源释放、转移途径等因素; 应重点关注人员长时间驻留以及防护薄弱位置。设施所在建筑为单层建筑时, 布点应考虑天空散射对测量结果的影响。

4.2.7 堆浸型铀矿冶设施测量, 通常在矿区 5 km 范围内以适当间距的网格布点, 网格密度以不漏掉源项为原则, 可以通过巡测的方式, 在 γ 辐射水平高的区域加密测点, 通常应包括尾矿(渣)库、废石场、排风井下风向设施边界处、设施周围最近的居民点以及易洒落矿物的公路等; 地浸铀矿冶设施测量, 通常在厂界四周及最近的居民点布点。

4.2.8 伴生放射性矿采选、冶炼设施测量, 通常在矿区周围 3~5 km 范围内布点。

4.2.9 应急测量

4.2.9.1 事故情况下, 应按所制定的应急预案快速作出反应。核动力厂核事故环境 γ 辐射剂量率测量, 参照 HJ 1128 执行。

4.2.9.2 采用现有的多种测量方法和手段, 选择测量范围和能量响应合适的仪器, 快速测定事故影响范围及环境 γ 辐射剂量率水平。

5 测量实施

5.1 测量方案的制定

5.1.1 测量方案一般应包括测量的目的、规模和范围, 测量的辐射源类型, 周围环境概况, 测量频次, 点位布设原则和要求, 使用的仪器和方法, 测量程序, 数据处理方法及统计学检验程序, 工作记录和结果评价, 质量保证等。测量点位应依据测量目的布设, 并结合源和照射途径以及人群分布和人为活动情况仔细选择。

5.1.2 除乏燃料后处理设施外的核燃料循环设施, 以及伴生放射性矿开发利用设施等, 环境 γ 辐射剂量率测量方案可适当简化。某些实践中使用的含放射源仪器等潜在危害比较小的辐射源, 在合适的屏蔽与严格保管控制下, 不需制定环境 γ 辐射剂量率测量方案。

5.2 仪器指标通用要求

用于环境 γ 辐射剂量率测量的仪器应具备以下主要性能:

a) 量程: 量程下限应不高于 1×10^{-8} Gy/h; 量程上限按照辐射源的类型和活度进行选择, 应急测量情况下, 应确保量程上限符合要求, 一般不低于 1×10^{-2} Gy/h。

b) 相对固有误差: $< \pm 15\%$ 。

c) 能量响应: 50 keV~3 MeV, 相对响应之差 $< \pm 30\%$ (相对 ^{137}Cs 参考 γ 辐射源)。

d) 角响应: $0 \sim 180^\circ$ 角响应平均值 ($\bar{R}$) 与刻度方向上的响应值 (R) 的比值应大于等于 0.8 (对 ^{137}Cs γ 辐射源)。

e) 使用温度: $-10 \sim 40^\circ\text{C}$ (即时测量), $-25 \sim 50^\circ\text{C}$ (连续测量)。

f) 使用相对湿度: $< 95\%$ (35°C)。

5.3 仪器选择

5.3.1 用于环境 γ 辐射剂量率测量的常用探测器有: 电离室、闪烁探测器、具有能量补偿的 G-M 计数管和半导体探测器等; 应根据射线性质、测量范围、能量响应、环境特性、对其他辐射的响应及其他因

素（如角响应、响应时间等）选择合适的测量仪器；在 5.2 节所述更恶劣的环境中进行测量时，应选用能适用的仪器；在中子和 γ 混合辐射场测量时，应选择对中子辐射响应小的仪器。

5.3.2 针对加速器开展测量时，应按照其发射的射线最大能量选择能量响应符合要求的仪器；对低能 X 射线机及低能 γ 核素进行测量时，应注意仪器能量响应下限，如测量 ^{125}I 时，宜选用能量响应下限 $\leq 25\text{ keV}$ 的仪器。

5.3.3 某些场景下，如开展脉冲辐射场、窄束射线测量时，应考虑仪器响应对测量结果的影响，或采用其他测量方法。

5.4 测量步骤

5.4.1 即时测量。用各种仪器直接测量出点位上的 γ 辐射空气吸收剂量率即时值，步骤如下：

- a) 开机预热。
- b) 手持仪器或将仪器固定在三脚架上。一般保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1 m。
- c) 仪器读数稳定后，通常以约 10 s 的间隔（可参考仪器说明书）读取/选取 10 个数据，记录在测量原始记录表（格式参考附录 A）中。
- d) 全国性或一定区域内的环境 γ 辐射水平调查，测量开始前，应在点位外围 10 m $\times$ 10 m 范围内巡测，确定巡测读数值变化 $< 30\%$ 后开始测量。
- e) 当测量结果用于 γ 辐射致儿童有效剂量评估时，应在 0.5 m 高度进行测量。
- f) 针对高活度放射源（如搜源监测），或在剂量率水平大于本底水平 3 倍以上的环境中开展测量时，可以在仪器读数稳定的情况下，记录大于等于 1 个稳定读数。

5.4.2 连续测量。使用各种环境 γ 辐射剂量率仪在固定点位上开展的连续测量，参考 HJ 1009 执行。连续测量方式也可适用于车载和投放式装置。

5.4.3 在进行环境 γ 辐射剂量率测量时，应扣除仪器对宇宙射线的响应部分，不扣除时应注明。不同仪器对宇宙射线的响应不同，可在水深大于 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%。

5.5 结果计算

环境 γ 辐射剂量率测量结果按照公式（1）计算：

$$\dot{D}_{\gamma} = k_1 \times k_2 \times R_{\gamma} - k_3 \times \dot{D}_c \quad (1)$$

式中： $\dot{D}_{\gamma}$ ——测点处环境 γ 辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

k_1 ——仪器检定/校准因子；

k_2 ——仪器检验源效率因子 [$k_2 = A_0/A$ （当 $0.9 \leq k_2 \leq 1.1$ 时，对结果进行修正；当 $k_2 < 0.9$ 或 $k_2 > 1.1$ 时，应对仪器进行检修，并重新检定/校准），其中 A_0 、 A 分别是检定/校准时和测量当天仪器对同一检验源的净响应值（需考虑检验源衰变校正）；如仪器无检验源，该值取 1]；

R_{γ} ——仪器测量读数值均值（空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG 393，使用 ^{137}Cs 和 ^{60}Co 作为检定/校准参考辐射源时，换算系数分别取 1.20 Sv/Gy 和 1.16 Sv/Gy），Gy/h；

k_3 ——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，楼房取 0.8，平房取 0.9，原野、道路取 1；

$\dot{D}_c$ ——测点处宇宙射线响应值（由于测点处海拔高度和经纬度与宇宙射线响应测量所在淡水水面不同，需要对仪器在测点处对宇宙射线的响应值进行修正，具体计算和修正方法参照 HJ 61），Gy/h。

6 测量记录和报告

6.1 测量记录内容

测量原始记录参考附录 A。记录内容包括：项目名称及地点，点位名及点位描述，天气状况，温湿度，测量日期，测量仪器的名称、型号和编号，仪器的检定/校准因子、效率因子，读数值、测量值及其标准偏差，测量人、校核人及数据校核日期等。根据需要记录测量点位的地理信息，拍摄测量现场照片，必要时记录工况、海拔、经纬度、宇宙射线扣除等信息。

6.2 测量报告

6.2.1 测量报告内容包括：测量对象，测量日期，测点说明，测量方法，使用的仪器名称、型号及检定/校准信息， γ 辐射空气吸收剂量率测量结果、标准偏差或不确定度等。

6.2.2 测量报告按有关规定审核和签发。

7 质量保证

7.1 质量保证计划

质量保证计划应包括：人员所受的培训、考核和资格要求；测量仪器和辅助设备的质量控制措施；仪器及检验源的量值溯源；实验室间质量控制措施；为证明已经达到并保持所要求的质量需提供的文件。

7.2 质量控制措施

7.2.1 测量人员需经环境 γ 辐射剂量率测量相关专业培训，考核合格后方可上岗工作。

7.2.2 环境 γ 辐射剂量率测量仪器应定期检定/校准，或通过其他量值传递方式，保证量值可溯源至国家计量基准；应定期参加环境 γ 辐射剂量率测量比对。

7.2.3 对使用频率高、具有检验源的仪器，工作期间每天都应用检验源对仪器的工作状态进行检验。

7.2.4 更新仪器和方法时，应在典型的和极端的辐射场条件下与原仪器和方法的测量结果进行对照，以保持数据的前后一致性。

7.2.5 期间核查

7.2.5.1 在能够保持稳定的室内辐射场或室外环境中定期（对使用频繁的仪器，以 1 次/月为宜）开展测量，绘制质量控制图，以检验环境 γ 辐射剂量率测量仪器工作状态的稳定性。

7.2.5.2 每年至少 1 次用检验源（ ^{137}Cs 或 ^{60}Co ）检查环境 γ 辐射剂量率测量仪器 k 值， $k = |A_m/A_0 - 1|$ （ A_m 、 A_0 分别为期间核查和检定/校准时仪器对检验源的净响应值，需考虑检验源衰变校正）。 $k \leq 0.1$ ，为合格； $k > 0.1$ ，应对仪器进行检修，并重新检定/校准。

7.2.5.3 对应急测量用环境 γ 辐射剂量率测量仪器，每季度至少 1 次测量其对检验源的响应。

7.2.6 对大规模环境 γ 辐射水平调查，应在调查工作开展前、后和中间阶段，至少进行 3 次比对，每次比对选取在辐射水平和地区情况不同的 6~10 个点进行，最好有水面测量点；条件允许时，应开展不同测量单位之间比对；仪器使用期间，应每天开展本底测量；在每次测量开始前、中间或结束阶段，在相对固定位置上测量仪器校验源的读数值，确定仪器校验源效率因子（ k_2 ）。

7.2.7 环境 γ 辐射剂量率测量应选用相对固有误差小的仪器，测量结果不确定度评定至少应计入仪器读数的不确定度和仪器检定/校准因子的不确定度，测量结果扣除宇宙射线响应值时，还应计入仪器宇宙射线响应读数的不确定度。环境 γ 辐射剂量率测量扩展不确定度一般应不超过 20%（包含因子 $k=2$ ，

HJ 1157—2021

对应包含概率约为 95%)。

7.2.8 质量保证活动应按要求作好记录，并确保所有记录信息的完整性、充分性和可追溯性。

7.3 记录归档

测量原始记录、质量保证记录、测量报告以及其他重要数据资料，应建档保存，保存期限应符合规定，重要记录的副本必须分地保存。

附 录 A
(资料性附录)
环境 γ 辐射剂量率测量原始记录表

项目名称_____地点_____天气_____

温度_____相对湿度_____仪器名称_____仪器型号_____仪器编号_____

检定/校准因子 k_1 _____效率因子 k_2 _____测量日期_____年____月____日

共 页 第 页

序号	点位名	读数值										单位
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												

序号	点位描述	读数值均值±标准差 ($R_{\gamma} \pm \sigma$) (单位: _____)	测量值±标准差 ($\dot{D}_{\gamma} \pm \sigma$) (单位: _____)	备注
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
备注				

测量人_____校核人_____校核日期_____