

中华人民共和国国家生态环境标准

HJ61—2021

代替 HJ/T 61—2001

辐射环境监测技术规范

Technical specification for radiation environmental monitoring

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。

2021-02-24 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 辐射环境质量监测.....	3
5 辐射源环境监测.....	6
6 样品的采集、预处理和管理.....	24
7 监测分析方法.....	33
8 数据处理与结果表示.....	36
9 质量保证	40
10 辐射环境监测报告的编写.....	47
附录 A（资料性附录）辐射环境监测推荐方法.....	49
附录 B（规范性附录）置信区间及判定方法	52
附录 C（规范性附录）Spearman 秩相关系数计算及判定方法	54
附录 D（规范性附录）宇宙射线响应值修正方法	55
附录 E（规范性附录）对低本底测量装置进行泊松分布的检验方法.....	56
附录 F（资料性附录）取样、监测记录表及监测报告	58

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》，规范各级生态环境主管部门开展（电离）辐射环境质量监测和辐射源环境监测工作，制定本标准。

本标准所指辐射均为电离辐射。本标准规定了辐射环境质量监测、辐射源环境监测的主要技术要求，内容包括现场监测、样品采集、样品预处理和管理、监测分析方法、数据处理与结果表示、质量保证和报告编写等方面。核设施、铀矿冶、核技术利用等部分重要辐射源增加了流出物监测内容。

本标准首次发布于 2001 年，本次为第一次修订。修订的主要内容如下：

- 对《环境核辐射监测规定》（GB 12379—1990）的部分内容进行了修改，合并入本标准；
- 修改了标准的适用范围；
- 按照国内外最新辐射防护、环境监测标准、导则和其他最新技术成果，对各类核与辐射设施监测方案、质量保证和数据处理等内容进行了修订；
- 根据近 20 年我国辐射环境监测实践的经验总结，对原标准的操作规范类条款进行了重新修编；
- 增加了海洋、伴生放射性矿开发利用、放射性废物处置场的辐射环境监测内容；
- 细化了样品采集和管理、监测方法的确定，增加了样品量、探测下限等实用性指标，增加了质控样品的偏差控制指标；增加了 2 个附录，删除了 1 个附录；
- 修改了监测分析方法的有关内容表述。

本标准自实施之日起，《环境核辐射监测规定》（GB 12379—1990）在相应的国家放射性污染防治标准实施中停止执行，《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61—2001）废止。

本标准的附录 A 和附录 F 为资料性附录，附录 B～附录 E 为规范性附录。

本标准由生态环境部核设施安全监管司、法规与标准司组织制订。

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 2 月 24 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。

辐射环境监测技术规范

1 适用范围

本标准规定了辐射环境质量监测、辐射源环境监测的主要技术要求，包括现场监测、样品采集、样品预处理和管理、监测分析方法、数据处理与结果表示、质量保证和报告编写等方面的内容。

本标准适用于各级生态环境主管部门组织开展的辐射环境质量监测和辐射源环境监测。其他部门开展的辐射环境监测可参照执行。

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。

GB 5749	生活饮用水卫生标准
GB 6249	核动力厂环境辐射防护规定
GB 8999	电离辐射监测质量保证通用要求
GB 17378.3	海洋监测规范 第3部分：样品采集、贮存与运输
GB 18871	电离辐射防护与辐射源安全基本标准
GB 23726	铀矿冶辐射环境监测规定
GB/T 4882	数据的统计处理和解释 正态性检验
GB/T 4883	数据的统计处理和解释 正态样本离群值的判断和处理
GB/T 4889	数据的统计处理和解释 正态分布均值和方差的估计与检验
GB/T 8170	数值修约规则与极限数值的表示和判定
GB/T 14583	环境地表 γ 辐射剂量率测定规范
GB/T 17989.2	控制图 第2部分：常规控制图
GB/T 27418	测量不确定度评定和表示
HJ 641	环境质量报告书编写技术规范
HJ 969	核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范
HJ 1127	应急监测中环境样品 γ 核素测量技术规范
HJ 1128	核动力厂核事故环境应急监测技术规范
IAEA/AQ/48	Determination and Interpretation of Characteristic Limits for Radioactivity Measurements

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

辐射环境质量 radiation environmental quality

环境中辐射水平的优劣程度。本标准中将其具体到一个有限的环境内，针对不同的环境状态，选择一些具有可比性的关键辐射参数作为衡量辐射环境质量的指标，以实现辐射环境质量进行描述、比较和评判。

3.2

本底调查 background investigation

在新建设施投料（或装料）运行之前或在某项设施实践开始之前，对特定区域环境中已存在的辐射水平、环境介质中放射性核素的含量，以及为评价公众剂量所需的环境参数、社会状况所进行的全面调查。

3.3

辐射环境监测 radiation environmental monitoring

为了解环境中的放射性水平，通过测量环境中的辐射水平（外照射剂量率）和环境介质中放射性核素含量，并对测量结果进行解释的活动，也称为环境辐射监测。狭义的辐射环境监测专指电离辐射环境监测，也称为环境放射性监测；广义的辐射环境监测还包含电磁辐射环境监测。本标准中指狭义的辐射环境监测。

3.4

辐射环境质量监测 radiation environmental quality monitoring

为全面、准确、及时地反映特定区域内环境质量现状及变化趋势，为环境管理、环境规划等提供科学依据而开展的辐射环境监测。一般由政府部门组织实施。

3.5

辐射源环境监测 source environmental monitoring

为满足环境监督管理需要和公众环境信息需求而开展的针对特定辐射源或伴有辐射活动的辐射环境监测。

3.6

监督性监测 surveillance monitoring

监督管理部门针对特定的辐射源，为监督该辐射源对周围环境是否造成影响或影响的程度是否在控制标准内而进行的监测，主要目的是为监督管理和行政执法提供依据。

3.7

环境监测方案 environmental monitoring programme

环境监测方案也称环境监测大纲，简称监测方案或监测大纲。是针对特定监测目标任务制定的指导和规范监测活动实施的计划性文件，方案内容主要包括采样布点、监测项目、监测频次和测量要求等。监测方案的制定应始终围绕监测目的。

3.8

应急监测 emergency monitoring

在应急情况下，为及时查明放射性污染情况和辐射水平并为应急决策提供支持而进行的监测。

3.9

（放射性）流出物监测（radioactive）effluents monitoring

为监控或查明从辐射源排到环境中的放射性流出物的数量、种类和其他特征，在排放口对流出物进行采样、分析或其他测量的监测活动。

3.10

对照点 contrast site

受被监测辐射源（或伴有辐射活动）的环境影响可以忽略，可长期保持原有环境特征的监测点，如河流的上游、气态排放的上风向，其监测结果能够保持在本底水平，可作为辐射源周围监测结果的对比参考。

3.11

代表性样品 representative sample

所采的样品能充分反映监测计划关注的采样地点环境介质的总体属性和特征。

3.12

指示生物 indicative biology

能够高度富集环境中放射性物质的生物。

3.13

计量器具 metrological instrument

能用以直接或间接测出被测对象量值的装置、仪器仪表、量具和用于统一量值的标准物质。

4 辐射环境质量监测

4.1 目的与原则

4.1.1 目的

获取区域内辐射背景水平，积累辐射环境质量历史监测数据；掌握区域辐射环境质量状况和变化趋势；判断环境中放射性污染及其来源；报告辐射环境质量状况。

持续开展定时、定点的环境质量监测，掌握区域内辐射环境背景数据，可以为环境辐射水平和公众剂量提供评价依据，在评判核或辐射突发事故/事件（包括境外事故/事件）对公众和环境影响时提供必不可少的对比参考依据。

4.1.2 原则

4.1.2.1 能够准确、及时、全面客观地反映环境质量现状。监测计划应保持连续，以反映环境质量的变化趋势。辐射环境监测方案必须是综合性的，能够提供分析和评估公众有效剂量所需的数据，要充分考虑公众各种重要环境照射途径，并关注现场环境特性、居民特点和生活习惯。在现有监测技术条件下应能探测到环境中主要剂量贡献的放射性核素。

4.1.2.2 辐射环境质量监测是与人相关的环境监测。主要关注公众对环境质量 and 环境信息的需求。

4.1.2.3 辐射环境质量监测应同时关注天然放射性和人工放射性，人工放射性主要考虑区域内可能有环境影响的辐射源以及区域外（包括境外）核与辐射活动的潜在影响。

4.1.2.4 辐射环境质量监测的范围较大，可大至覆盖整个国家领土，或是某个地方的行政辖区范围。

4.1.2.5 辐射环境质量监测是一项长期的持续性的工作，监测方案应保持相对稳定，监测点位应选择不易受自然破坏和人为干扰的固定地点。

4.1.2.6 大规模的环境放射性水平调查是一项特殊的辐射环境质量监测活动，在必要时开展。一般采用网格化布点，主要目的是全面、系统地获取调查区域内环境放射性水平状况数据，作为重要的背景参考资料，也可用于评价居民的辐射剂量水平。

4.1.2.7 辐射环境质量监测一般由政府主导实施。

4.2 监测内容

辐射环境质量监测包括陆地辐射环境质量监测和海洋辐射环境质量监测。

4.2.1 陆地辐射环境质量监测

4.2.1.1 陆地 γ 辐射

陆地 γ 辐射监测有 γ 辐射空气吸收剂量率连续监测和 γ 辐射累积剂量监测。还应测量 γ 辐射空气吸收剂量率和 γ 辐射累积剂量监测中的宇宙射线响应。

γ 辐射空气吸收剂量率连续监测通常在某一重点区域具有代表性的环境点位，布点侧重人口聚集

地，如城市环境，可设置自动监测站，实施不间断 γ 辐射空气吸收剂量率连续监测，重点关注剂量率的变化，特别是异常升高的情况。

4.2.1.2 空气

空气监测主要包括空气中的 ^{131}I 、 $^3\text{H}(\text{HTO})$ 、 ^{14}C 、 ^{222}Rn ，以及气溶胶和沉降物中放射性核素等。采样点要选择周围没有高大树木、没有建筑物影响的开阔地，或者没有高大建筑物影响的建筑物无遮盖平台上。

a) ^{131}I ：监测用复合取样器收集的空气微粒碘、无机碘和有机碘。

b) 沉降物：分别监测干沉降和湿沉降中的放射性核素活度浓度，干沉降即空气中自然降落于地面上的尘埃，湿沉降包括雨、雪、雹等降水。干、湿沉降物应分开采样和测量。

c) 气溶胶：主要是监测悬浮在空气中微粒态固体或液体中的放射性核素活度浓度，通常选在与沉降物同点开展监测。采样频次可以连续采样或每个月（或每季）的某个时间段连续采样，必要时，可设置连续监测点。

d) $^3\text{H}(\text{HTO})$ ：主要是监测空气中氘化水蒸气中氘的活度浓度，通常选在与气溶胶同点开展监测。

e) ^{14}C ：主要是监测空气中 ^{14}C 的活度浓度，通常选在与气溶胶同点开展监测。

f) ^{222}Rn ：主要是监测环境空气中 ^{222}Rn 浓度，布设累积采样器监测。

4.2.1.3 土壤

监测辖区内典型类别的土壤，常选择无水土流失的原野或田间。若采集农田土，应采样至耕种深度或根系深度。土壤监测点应相对固定。

4.2.1.4 陆地水

陆地水环境的监测类别包括江、河、湖泊、水库地表水，以及地下水等，对饮用水水源地水可开展专门监测。

监测点位应远离污染源，避免受到人为干扰。

4.2.1.5 生物

包括陆生生物和陆地水生物。通常根据区域内农、林、渔、牧业的具体情况，设定一个相对固定的原产生物监测点。应调查监测点所在地的规划情况，以保证样品采集的持续性。

采集的谷类和蔬菜样品均应选择当地居民摄入量较多且种植面积大的种类。应在成熟期采样，监测频次可根据生长周期长短确定，一般每年一次，对于生长周期较短的，如蔬菜等，可适当增加监测频次。陆地水生物采样点应尽量和陆地水的监测采样区域一致，不可采集饵料喂养为主的水产品。

应另外确定若干个条件与设定的监测点类似的地点，作为备选监测点。

4.2.2 海洋辐射环境质量监测

4.2.2.1 基本要求

海洋辐射环境质量监测范围为我国管辖海域，必要时也应监测我国临近的国际公共海域。监测对象包括海水、沉积物、生物。可通过浮标（漂流或固定）监测、船舶定点监测与船舶走航监测相结合的方式实施。监测点位应远离核设施等大型辐射源。

4.2.2.2 海水

海水定点监测采样层次可根据实际情况，可选择为0.1~1 m、100 m、200 m、300 m、500 m、1 000 m，视实际需要，部分点位加采1 500 m和2 000 m，海水船舶走航监测采样层次为表层。

4.2.2.3 海洋沉积物

沉积物样品在海水取样区域采集，一般采集表层沉积物，可参照GB 17378.3的相关规定进行。

4.2.2.4 海洋生物

海洋生物采样区域应尽量和海水取样区域一致，采集方法可参照GB 17378.3的相关规定进行。不可采集饵料喂养为主的海产品。

4.3 监测方案

辐射环境质量监测方案见表 1。

表 1 辐射环境质量监测方案

监测对象		监测项目	监测频次
陆地环境	陆地 γ 辐射	γ 辐射空气吸收剂量率	连续监测
		γ 辐射累积剂量	1 次/季
		宇宙射线响应（剂量率、累积剂量）	1 次/年
	（室外）环境氡	^{222}Rn 浓度	累积测量，1 次/季
	空气中碘	^{131}I	1 次/季
	气溶胶	总 β 、 γ 能谱 ^a	连续监测，每天测一次总 β ，当总 β 活度浓度大于该站点周平均值的 10 倍，进行 γ 能谱分析
		γ 能谱 ^a 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb	1 次/月或 1 次/季
		^{90}Sr 、 ^{137}Cs ^b	1 次/年（1 季采集 1 次，每次采样体积应不低于 10 000 m ³ ，累积全年测量）
	沉降物	γ 能谱 ^a	累积样/季
		^{90}Sr 、 ^{137}Cs ^b	1 次/年（1 季采集 1 次，累积全年测量）
	降水（雨、雪、雹）	^3H	累积样/季
	空气中氚、碳-14	氟化水蒸气（HTO）、 ^{14}C	1 次/年
	地表水	总 α 、总 β ^c 、U、Th、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs ^b	2 次/年（枯水期、平水期各 1 次）
	饮用水源地水	省会城市：总 α 、总 β ^c 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs ^b	1 次/半年
其他地市级城市：总 α 、总 β ^c ，有核设施的地市级城市加测 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs ^b			
地下水	总 α 、总 β ^c 、U、Th、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb	1 次/年	
生物	^{90}Sr 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、 γ 能谱 ^a	1 次/年	
土壤	γ 能谱 ^a 、 ^{90}Sr	1 次/年	
海洋环境	海水	U、Th、 ^{90}Sr 、 ^3H 、 γ 能谱 ^a	1 次/年
	沉积物	^{90}Sr 、 γ 能谱 ^a	
	生物（藻类、软体类、甲壳类、鱼类）	^{90}Sr 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、 ^{14}C 、 ^3H (TFWT, OBT) ^d 、 γ 能谱 ^a	
<p>^a 气溶胶、沉降物 γ 能谱分析项目一般包括 ^7Be、^{238}U (^{234}Th)、^{232}Th (^{228}Ac)、^{226}Ra、^{137}Cs、^{134}Cs、^{131}I 等放射性核素；陆地环境生物和土壤 γ 能谱分析项目一般包括 ^{238}U (^{234}Th)、^{232}Th (^{228}Ac)、^{226}Ra、^{40}K、^{137}Cs 等放射性核素；海水 γ 能谱分析项目一般包括 ^{226}Ra、^{40}K、^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{65}Zn、^{95}Zr、$^{110\text{m}}\text{Ag}$、^{124}Sb、^{137}Cs、^{134}Cs、^{144}Ce 等放射性核素；海洋沉积物和海洋生物 γ 能谱分析项目一般包括 ^{238}U、^{232}Th、^{226}Ra、^{40}K、^{54}Mn、^{58}Co、^{60}Co、^{95}Zr、$^{110\text{m}}\text{Ag}$、^{137}Cs、^{134}Cs、^{144}Ce 等放射性核素；人工核素不限于上述所列。</p> <p>^b ^{137}Cs 应采用放化分析方法进行测量分析。</p> <p>^c 若总 α、总 β 超过 GB 5749 规定的饮用水指导值，则加测 γ 能谱，地表水、饮用水源地水再加测 ^{228}Ra。</p> <p>^d TFWT 表示为组织自由水氚，OBT 表示为有机结合氚，余表同。</p>			

5 辐射源环境监测

5.1 目的和原则

5.1.1 目的

辐射源环境监测是为了评判特定辐射源或伴有辐射活动对周围环境是否造成影响及影响程度而进行的监测，目的是为环境监督管理提供依据，为公众提供环境信息，监测辐射源排放情况，核验排放量，检查辐射源营运单位的环境管理效能，评价排放对环境的影响，检查和证实环境影响评价中的假设和结论。

5.1.2 原则

5.1.2.1 并非所有的辐射源都需要开展辐射环境监测，对周围环境和公众的辐射影响可以忽略的辐射源，不需要开展环境监测，如豁免的放射源。本标准中所指的辐射源，是指对周围环境和公众具有已确定或潜在辐射影响的辐射源。

5.1.2.2 辐射源环境监测通常在设施外围的环境中实施，用以查明公众照射和环境中辐射水平增加值。环境监测方案包括辐射场测量和环境样品中放射性核素活度浓度测量，监测和样品的种类要覆盖辐射源对公众的主要照射途径，并选择可以浓集放射性核素指示生物，用以强化监视放射性水平变化趋势。

5.1.2.3 辐射源环境监测需要考虑辐射源的放射性总量、组分以及预计排放量和排放速率；需要考虑排放途径、排放方式、照射途径、现场的环境特性、周围居民的特点与习惯，以及来自邻近任何其他辐射源或活动的可能贡献。

5.1.2.4 监测方案应重点关注关键人群组位置、关键途径和关键放射性核素。监测方案的内容应随设施运行的不同阶段而改变。监测方案应定期开展回顾性评价，以确保监测方案始终和其监测目的保持相适应，以及重要的排放或环境迁移途径、重要的照射途径不被忽略。

5.1.2.5 监测方案应充分考虑设施所在地（厂址）的地域特征，监测方案应与厂址周围的地理特征、气候特征、社会环境以及居民生活习惯相适应。对于大型核与辐射设施，应制定适合厂址当地特征的监测方案，原则上应“一址一方案”。在实施监测方案时，采用的监测技术方法也应与厂址周围的特征相适应，如空气中水汽氙的采集方法，北方寒冷干燥地区和南方暖湿地区应分别采用适合于当地气候特点的采样技术方法。本标准提出的各类辐射源监测方案，在执行时可以根据厂址特征等实际情况作适当调整。

5.1.2.6 监测方案的制定是优化的结果，需要考虑监测资源可利用性、不同照射途径的相对重要性。在设施运行的初期阶段，为证实环境中放射性核素的行为和迁移情况与预测的一致性，频繁而详细的环境监测是必要的，监测方案可以与运行前本底调查方案一致或接近。环境监测的规模不能任意缩减，只有在若干年后，根据取得的实际经验并且掌握充分的理由，才有可能缩减环境监测的规模。尽管在正常排放情况下，无论是在运行的初期还是在运行若干年后，环境中的辐射水平和放射性核素活度浓度水平仍可能探测不到，但决定减少采样频次或缩减环境监测规模必须经仔细审查，并应考虑排放范围的改变或计划外排放的可能性以及公众关注度。

5.1.2.7 辐射源环境监测按实施主体分为政府主管部门实施的监督性监测和辐射源业主（或营运单位）实施的自行监测，两种监测的目的有所不同，监督性监测的目的主要是：监控辐射源的环境排放，为辐射环境监管提供科学依据；监测辐射源周围环境质量，为公众提供环境安全信息；预警核与辐射事件/事故，确保公众安全和环境安全。自行监测的目的主要是：检验和评价营运设施对放射性物质包容的安全性和流出物排放控制的有效性，反馈有利于优化或改进三废排放和辐射防护设施的信息；对流出物或

环境中的异常或意外情况提供报警，在合适的时候启动专门程序；检验排放对环境影响程度是否控制在目标值内；评价公众受到的实际照射及潜在剂量，证明设施对环境的影响是否符合国家标准。虽然两种监测的目的有所不同，监测方案各有侧重，但监测内容总体上基本一致，监测数据经过比对认可后可以互补，但两种监测不能互相替代。营运单位的自主监测方案应当系统全面，而政府主管部门实施的监督性监测方案在满足监测目的的条件下可以适当优化。

5.1.2.8 对于多个辐射源相邻的情况，如果其环境影响范围重叠，那么制定一个环境监测方案是可行的，该方案应考虑多个辐射源的排放情况，如 GB 6249 规定的多堆核电厂址，应制定统一的环境监测方案。但是，如果两个辐射源相距过远，且其主要环境影响范围基本没有重叠，则应分别制定环境监测方案。

5.2 核设施辐射环境监测

核设施周围辐射环境监测包括运行前环境辐射水平调查、运行期间环境监测和流出物监测、事故场外应急监测和退役监测。

5.2.1 核动力厂

5.2.1.1 运行前环境辐射水平调查监测（本底/现状调查）

a) 调查内容

调查环境 γ 辐射水平和主要环境介质中重要放射性核素的活度浓度。

b) 调查时间

环境辐射水平调查的时段不得少于连续两年，并应在核动力厂运行前完成。对于同一场址后续建造机组的，调查时段不得少于 1 年，并应在续建机组运行前完成。

c) 调查范围

环境 γ 辐射空气吸收剂量率水平及其他项目的调查范围以核动力厂为中心、半径 50 km 内，其余项目调查范围半径为 20~30 km 内。对照点和个别敏感地区，如居民集中点、学校、医院、饮用水源、自然保护区等，可以适当超过上述范围。

d) 调查监测内容与频次

监测内容与频次可参照 HJ 969 执行。由于各核动力厂的自然环境、气象及所选堆型不同，监测内容与频次可相应调整。

5.2.1.2 运行期间辐射环境监测

a) 监测内容

监测内容一般包括：环境 γ 辐射水平和核动力厂放射性排放有关的主要放射性核素的活度浓度。运行期间辐射环境监测的环境介质、监测内容原则上与运行前本底/现状调查相同。

b) 监测时间

核动力厂运行后开始监测。

c) 监测范围

环境 γ 辐射水平的监测范围一般为厂区半径 20 km，其余项目监测范围为半径 5~10 km 范围内区域。运行期间的环境监测范围、点位、项目和频次在运行前环境辐射水平调查的基础上确定，在取得足够的运行经验和环境监测数据后，通常为 5 年后，可适当调整监测范围、项目和频次。

d) 监测/采样介质和布点原则

1) γ 辐射

i) γ 辐射空气吸收剂量率（连续）

以核动力厂反应堆为中心，在核动力厂周围 16 个方位陆地（岛屿）上布设自动监测站（含前沿站），每个方位考虑布设 1 个自动监测站，滨海核动力厂，靠海一侧可根据监管需要设立自动监测站。在核动

力厂各反应堆气态排放口主导风下风向、次下风向和居民密集区应适当增加自动监测站。原则上，除对照点外，自动监测站应建在核动力厂烟羽应急计划区范围内。自动监测站建设要考虑事故、灾害的影响。每个自动监测站应按指定间隔记录，一般每 30 秒或 1 分钟记录一次 γ 辐射空气吸收剂量率数据，实行全天 24 小时连续监测，报送 5 分钟均值或小时均值。部分关键站点可设置能甄别核素的固定式能谱探测系统，对周围环境进行实时的 γ 能谱数据采集，并将能谱数据传回数据处理中心。

ii) γ 辐射累积剂量

在厂界外，以反应堆为中心，8 个方位半径为 2 km、5 km、10 km、20 km 的圆所形成的各扇形区域内陆地（岛屿）上布点测量。

2) 空气

i) 气溶胶、沉降物

原则上在厂区边界处、厂外烟羽最大浓度落点处、半径 10 km 内的居民区或敏感区设 3~5 个采样点，点位设置与该方位角的 γ 辐射空气吸收剂量率连续监测点位一致，与 γ 辐射空气吸收剂量率连续监测自动站共站选择其中一个点（优先考虑厂外烟羽最大浓度落点处或关键居民点）设置空气气溶胶 24 小时连续采样，至少每周测量一次总 β 或和 γ 能谱，向监测机构传输一次数据。当总 β 活度浓度大于该站点周平均值的 10 倍或 γ 能谱中发现人工放射性核素异常升高，则将滤膜样品取回实验室进行 γ 能谱等分析。

对照点设 1~2 个。气溶胶采样每月一次，采样体积应不低于 10 000 m³。沉降物累积每季收集 1 次样品。样品蒸干保存，气溶胶、沉降物年度混合样分析 ⁹⁰Sr。

ii) 空气中 ³H(HTO)、¹⁴C 和 ¹³¹I

采样点设置同气溶胶、沉降物，点位可适当减少。³H(HTO)应开展连续采样，每月分析累积样品，根据历史监测数据，可选择其中 1~2 个采样点，每周分析一个累积样品或开展在线监测。¹⁴C 的采样体积一般应大于 3 m³，¹³¹I 累积采样体积大于 100 m³。设置 1 个对照点位。

iii) 降水

原则上在厂区边界处、厂外烟羽最大浓度落点处、半径 10 km 内的居民区或敏感区设 3~5 个，对照点设 1 个。

3) 表层土壤

在核动力厂反应堆为中心 10 km 范围内采集陆地表层土。应考虑没有水土流失的陆地原野土壤表面土样，以了解当地大气沉降导致的人工放射性核素的分布情况；也应在农作物采样点采集表层土壤。

4) 陆地水

i) 地表水

选取预计受影响的地表水 5~10 个（地表水稀少的地区，可根据实际情况确定），对照点设在不可能受到核动力厂所释放放射性物质影响的水源处。对于内陆厂址接纳水体，则在取水口、总排水口、总排水口下游 1 km 处、排放口下游混合均匀处断面各选取一个点位。

ii) 地下水、饮用水

考虑可能受影响的地下水源和饮用水源处采样，内陆厂址适当增加采样点位。可利用厂内监测井，根据实际情况也可以设置厂外环境监测井。

5) 地表水沉积物

监测江、河、湖及水库沉积物中的放射性核素含量，在核动力厂运行后气态或液态流出物可能影响到的地表水体进行采样，根据当地的地理环境决定采样点数，尽可能包括所有的 10 km 范围内的地表水体。

6) 陆生生物

10 km 范围内的粮食、蔬菜水果、牛（羊）奶、禽畜产品、牧草等中的放射性核素含量。

i) 牛（羊）奶

根据环境资料确定是否开展监测。在半径 20 km 范围内寻找奶牛（羊）牧场，并确认以当地饲料为主。

ii) 植物

原则上采集关键人群组食用主要农作物，如谷类 1~2 种，蔬菜类 2~4 种，水果类 1~2 种。如有牧场，还需要采集牧草。

iii) 动物

采集关键人群组食用的当地禽、畜 1~2 种。

7) 陆地水生物

监测陆地水养殖产品鱼类（注意不可采集以饵料喂养为主的水产品）、藻类和其他水生生物中的放射性核素含量。

8) 海水

监测排污口附近沿海海域海水中放射性核素，对照点设在 50 km 外海域。

9) 海洋沉积物

与海水采样点相同。

10) 海洋生物

主要包括鱼类、藻类、软体类以及甲壳类海洋生物，采样点一般应包括核动力厂附近野生类或当地渔民的养殖场或放养场（注意不可采集以饵料喂养为主的海产品）。每类生物采集地点不少于 3 个。

11) 指示生物

选择能够高水平或快速富集（富集时间短于采样周期）环境中的放射性物质的生物，通过测量可以容易地了解环境中放射性浓度的时间性和空间性变化。陆地上的松叶、杉叶、艾蒿、苔藓、菌菇等富集铯同位素，海洋环境的藻类、软体类、甲壳类富集 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{99}Tc 等核素，鱼骨和贝类富集锶和钡同位素等。

由于各核动力厂的自然环境、气象因素及所选堆型不同，监测方案有所差别。核动力厂运行期间监测方案可参照表 2 制定。各监测对象选择 1~2 个对照点。

表 2 核动力厂运行期间辐射环境监测方案

监测对象		布点原则	监测项目	监测频次	
				采样	分析
γ 辐射	γ 辐射空气吸收剂量率	设置连续监测自动站，原则上在烟羽应急计划区范围内 16 个方位布设监测站点，沿海核动力厂，靠海一侧可根据需要布设监测站点；对照点	γ 辐射空气吸收剂量率	连续	连续
	γ 辐射累积剂量	厂外烟羽最大浓度落点处；厂界周围 8 个方位角按半径 2 km、5 km、10 km、20 km 的圆所形成的各扇形区域内陆地（岛屿）布点；对照点	γ 辐射累积剂量	连续	1 次/季
空气	气溶胶 ^a	尽量选择主导风下风向处设置点位，也可在厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界 < 10 km 的居民区任选其中一个点	24 小时连续采样，每天测量一次总 β 或/和每周测量一次 γ 能谱，当总 β 活度浓度大于该站点周平均值的 10 倍或 γ 能谱中发现人工放射性核素异常升高，则将滤膜样品取回实验室进行 γ 能谱等分析	连续	总 β: 1 次/日； γ 能谱: 1 次/周
		厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界 < 10 km 的居民区；对照点	γ 能谱 年度混合样品分析 ^{90}Sr	累积采样，1 次/月，采样体积不低于 10 000 m ³	1 次/月

续表

监测对象		布点原则	监测项目	监测频次		
				采样	分析	
空气	沉降物 ^a	厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界<10 km的居民区；对照点	γ能谱 年度混合样品分析 ⁹⁰ Sr	累积采样， 1次/季	1次/季	
	气体	厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界<10 km的居民区；对照点	³ H(HTO)、 ¹⁴ C、 ¹³¹ I	累积采样， 1次/月	1次/月	
		厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界<10 km的居民区任选其中1~2个点	³ H(HTO)	连续	1次/周或在线监测	
	降水	厂区边界、厂外烟羽最大浓度落点处、主导风下风向距厂区边界<10 km的居民区；对照点	³ H	累积采样， 有雨、雪或冰雹时	混合样品 1次/月	
陆地	表层土壤		<10 km，16个方位角内（主导风下风向适当加密），部分点位可同农作物采样点；对照点	⁹⁰ Sr、γ能谱，每个方位最近的1个点加测 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1次/年	1次/年
	植物 ^b	农作物	主导风下风向厂外最近的村镇；对照点	³ H（TFWT，OBT）、 ¹⁴ C、γ能谱、每类至少选择一个样品进行 ⁹⁰ Sr分析	收获期	1次/年
	动物 ^b	禽、畜	主导风下风向厂外最近的村镇；对照点	³ H（TFWT，OBT）、 ¹⁴ C、γ能谱，每类至少选择一个样品进行 ⁹⁰ Sr分析	1次/年	1次/年
		牛（羊）奶	主导风下风向厂外最近的奶场；对照点	¹³¹ I	每季采样	1次/季
	指示生物		尽量选择厂外烟羽最大浓度落点处	根据指示生物浓集特性确定监测核素种类	收获期	1次/年
陆地水	地表水 ^c		预计受沉降影响的地表水；上游对照点，可选择部分点位分析 ¹⁴ C	总β、γ能谱、 ³ H、 ¹⁴ C	平水期、枯水期	平、枯水期各1次
	地表水（受纳水体） ^c		在取水口、总排水口、总排水口下游1 km处，排放口下游混合均匀处	总α、总β、γ能谱、 ¹³¹ I、 ⁹⁰ Sr、 ³ H、 ¹⁴ C	1次/半年	1次/半年
	地表水沉积物		同地表水	⁹⁰ Sr、γ能谱，10 km范围内的水体加测 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1次/年	1次/年
	地下水 ^c		厂内监测井	γ能谱、 ⁹⁰ Sr、 ³ H，可选择部分点位分析 ¹⁴ C	1次/月，抽测	1次/月
			可能受影响的地下水、对照点		平水期、枯水期	平、枯水期各1次
	饮用水 ^c		关键人群组饮水及可能受影响的水源	³ H、γ能谱、总α、总β，可选择部分点位分析 ⁹⁰ Sr、 ¹⁴ C	平水期、枯水期	平、枯水期各1次
	陆地水生物 ^b	植物	受纳水体排放口附近；主导风下风向厂外或流域覆盖厂址区域面积最大的水体；对照点	⁹⁰ Sr、 ¹⁴ C、γ能谱，受纳水体则增加 ³ H（TFWT，OBT）	收获期	1次/年
		动物	受纳水体排放口附近；主导风下风向厂外或流域覆盖厂址区域面积最大的水体；对照点	⁹⁰ Sr、 ¹⁴ C、γ能谱，受纳水体则增加 ³ H（TFWT，OBT）	1次/年	1次/年
		指示生物	受纳水体排放口附近	根据指示生物浓集特性确定监测核素种类	1次/年	1次/年

续表

监测对象		布点原则	监测项目	监测频次		
				采样	分析	
海洋	海水 ^c	排放口附近海域；对照点	³ H、总β、 ⁴⁰ K，可选择部分点位分析 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr、γ能谱	1次/半年	1次/半年	
	海洋沉积物	同海水采样点，包括潮间带土、潮下带土和海底沉积物；对照点	⁹⁰ Sr、γ能谱，在排放口方位5 km 范围内选择点位加测 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1次/年	1次/年	
	海洋生物 ^b	植物	排放口附近海域藻类等植物（含指示生物）	³ H(TFWT, OBT)、 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr、γ能谱（包括 ¹³¹ I）	收获期	1次/年
		动物	排放口附近海域鱼类、海藻、软体类以及甲壳类生物（含指示生物）	³ H(TFWT, OBT)、 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr、γ能谱（包括 ¹³¹ I）	1次/年	1次/年
^a γ能谱分析应重点关注核设施排放的特征核素，可根据核设施排放的特征核素来选择分析的核素，气溶胶及沉降物γ能谱分析项目一般可选择但不限于 ⁷ Be（质控用）、 ⁵⁴ Mn、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ⁹⁵ Zr、 ¹³¹ I、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ¹⁴⁴ Ce等放射性核素。 ^b 生物、土壤、沉积物中γ能谱分析项目一般可选择但不限于 ⁵⁴ Mn、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ⁹⁵ Zr、 ^{110m} Ag、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ¹⁴⁴ Ce等放射性核素。 ^c 水中γ能谱分析项目一般可选择但不限于 ⁵⁴ Mn、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ¹⁰⁶ Ru、 ⁶⁵ Zn、 ⁹⁵ Zr、 ^{110m} Ag、 ¹²⁴ Sb、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ¹⁴⁴ Ce等放射性核素。						

5.2.1.3 运行期间流出物监测

核动力厂运行期间流出物监督性监测内容要求可参考表3和表4，监督性监测样品数量根据核动力厂营运单位流出物自行监测样品总量，按一定的比例进行抽测。放射性流出物采样与监测项目应根据不同堆型和不同燃料产生的流出物源项特点进行选择。

表3 核动力厂气载流出物监督性监测

监测项目	取样方式	测量方式
惰性气体 ^a	连续	连续在线 ^b
颗粒物总β/总γ	连续	连续在线 ^b
颗粒物γ能谱 ^c	累积	定期
颗粒物混合样 ^d ⁸⁹ Sr、 ⁹⁰ Sr	累积	定期
颗粒物混合样 ^d ²³⁸ Pu、 ²³⁹ Pu、 ²⁴⁰ Pu、 ²⁴¹ Am、 ²⁴² Cm、 ²⁴⁴ Cm	累积	定期
¹³¹ I、 ¹³³ I	连续	定期
³ H	累积	定期
¹⁴ C	累积	定期
^a 惰性气体一般可选择但不限于 ⁴¹ Ar、 ⁸⁵ Kr、 ^{131m} Xe、 ¹³³ Xe、 ^{133m} Xe、 ¹³⁵ Xe。根据流出物源项确定测量核素。 ^b 可同步共享核动力厂的数据。 ^c γ能谱分析核素一般可选择但不限于 ⁵¹ Cr、 ⁵⁴ Mn、 ⁵⁷ Co、 ⁵⁸ Co、 ⁵⁹ Fe、 ⁶⁰ Co、 ⁶⁵ Zn、 ⁹⁵ Zr、 ⁹⁵ Nb、 ¹⁰³ Ru、 ¹⁰⁶ Ru、 ^{110m} Ag、 ¹²⁴ Sb、 ¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Cs、 ¹⁴⁰ Ba、 ^{140La} 、 ¹⁴¹ Ce、 ¹⁴⁴ Ce。根据流出物实际源项确定测量核素。 ^d 颗粒物混合样根据流出物实际源项选择测量核素。		

表4 核动力厂液态流出物监督性监测

监测对象	采样方式	监测项目	测量方式
储存罐	排放前采样	³ H、 ¹⁴ C、总α、总β ^a 及γ能谱 ^b 等	抽样测量
排放口	定期采样（或等比采样）		抽样测量
^a 若总α、总β放射性浓度超过设定值，根据流出物实际源项选择测量核素，一般可选择但不限于 ⁸⁹ Sr、 ⁹⁰ Sr、 ⁵⁵ Fe、 ⁶³ Ni或 ²³⁸ Pu、 ²³⁹ Pu、 ²⁴⁰ Pu、 ²⁴¹ Am、 ²⁴² Cm、 ²⁴⁴ Cm。 ^b 根据流出物实际源项选择测量核素，一般可选择但不限于 ⁵¹ Cr、 ⁵⁴ Mn、 ⁵⁷ Co、 ⁵⁸ Co、 ⁵⁹ Fe、 ⁶⁰ Co、 ⁶⁵ Zn、 ⁹⁵ Zr、 ⁹⁵ Nb、 ¹⁰³ Ru、 ¹⁰⁶ Ru、 ^{110m} Ag、 ¹²⁴ Sb、 ¹³¹ I、 ¹³³ I、 ¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Cs、 ¹⁴⁰ Ba、 ^{140La} 、 ¹⁴¹ Ce、 ¹⁴⁴ Ce。			

5.2.1.4 核事故场外应急监测

核事故场外应急监测分早期、中期和晚期监测，根据事先制定的应急监测计划，实施应急监测。具体技术要求参照 HJ 1128 执行。

5.2.1.5 退役监测

根据核动力厂退役时的放射性废物源项调查，退役过程的辐射环境影响，相应调整监测范围、项目和频次。

5.2.2 其他类型反应堆

参考表 2 核动力厂辐射环境监测方案，根据堆型、流出物排放量和核素种类决定监测范围、项目和频次，酌情增减。流出物监测参考表 3 和表 4。

5.2.3 放射性废物暂存库和中低放射性处置场、处理设施

5.2.3.1 放射性废物暂存库

5.2.3.1.1 运行前的辐射环境监测

- a) 监测内容：陆地 γ 辐射空气吸收剂量率与主要环境介质中的暂存废物所含的主要放射性核素。
- b) 监测范围：以库为中心半径 1~3 km 以内。
- c) 监测方案：参照表 5，监测频次均为 1 次。

5.2.3.1.2 运行期间的辐射环境监测

运行期间的辐射环境监测参照表 5 执行。

表 5 放射性废物暂存库辐射环境监测方案

监测对象	监测点位	监测项目	监测频次/(次/年)
γ 辐射	库房墙壁外 ^a 、库区周围四个方位、库区界外主要居民点	γ 辐射空气吸收剂量率	2
气溶胶	主导风下风向	总 α 、总 β	1
土壤	库区四个方位主要居民点	γ 能谱	1
地下水 ^b	库区监视井水、主要居民点饮用井水	总 α 、总 β	1
地表水 ^b	上下游各取 1 点	总 α 、总 β	1
废水 ^b	贮存池	总 α 、总 β	1
生物	同土壤	γ 能谱	收获期

^a 墙壁外 30 cm 位置。
^b 如总 α 超过 0.5 Bq/L，总 β 超过 1.0 Bq/L，则测量暂存废物所含的主要放射性核素。

5.2.3.2 中低放射性废物处置场

中低放射性废物主要包括核燃料循环和核动力厂正常运行产生的、核技术利用和核研究活动产生的中低放射性废物。中低放射性废物处置场在运行前、运行期间及关闭后都应进行辐射环境监测。

极低放射性废物处置场（填埋场）的辐射环境监测也可参照本节执行。

5.2.3.2.1 监测范围

监测应以处置场设施区为主，以处置场为中心，半径 3~5 km 以内。启用前，辐射环境本底调查范围一般取 5 km。重点关注地下水等环境介质，并根据处置场所在环境特点，适当调整。

5.2.3.2.2 监测方案

1) 运行前辐射环境本底调查

应获取处置场运行前最近连续两年的场址周围环境辐射本底水平，作为处置场运行期间和关闭后环境影响评价的基础数据。

调查内容包括环境 γ 辐射水平和环境介质中与处置场运行有关的主要放射性核素活度浓度。调查方

案可参考表 6 执行。

2) 运行期间的辐射环境监测可参考表 6 执行。增加中子剂量当量率、渗析水和指示生物的测量。监测项目可根据核安全导则 HAD 401/09 和处置场涉及的主要放射性核素情况、场址特征和监测方法成熟性适当调整。

表 6 中低放射性废物处置场辐射环境监测方案

监测对象	布点原则	监测项目	监测频次
γ 辐射	按设施周围 4~16 个方位布设 γ 辐射空气吸收剂量率连续监测点；对照点	γ 辐射空气吸收剂量率	连续
	场内设置点位；场外以处置场为中心，测量范围内 16 个方位角布设点位；对照点	γ 辐射累积剂量	1 次/季
气溶胶、沉降物	场内设置点位；场外在主导风下风向、可能的关键人群组、环境敏感点等设置点位；对照点	总 α、总 β、 ⁹⁰ Sr、 ⁹⁹ Tc ^b 、 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu、γ 能谱 ^c	1 次/半年
空气	与气溶胶点位重合；对照点	³ H(HTO)、 ¹⁴ C、 ¹²⁹ I ^b	1 次/半年
中子剂量 ^a	处置场边界外，四个方位	中子剂量当量率	1 次/半年
土壤	场内设置点位；场外在 γ 辐射空气吸收剂量率测点中选择点位；设置在无水土流失的原野或田间；对照点	总 α、总 β、 ⁹⁰ Sr、 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu、γ 能谱 ^c	1 次/年
地表水	调查范围内河流上游、下游、水库/池塘、集中用水点各设置点位；对照点	总 α、总 β、γ 能谱 ^c	1 次/半年
沉积物	与地表水点位重合；对照点	总 α、总 β、 ⁹⁹ Tc、 ¹²⁹ I ^b 、 ⁹⁰ Sr、 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu、γ 能谱 ^c	1 次/年
地下水	厂址范围及周边地下水下游监测井、附近主要居民点设置点位；对照点	总 α、总 β、 ⁹⁰ Sr、 ⁹⁹ Tc、 ¹²⁹ I ^b 、 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu、γ 能谱 ^c 、 ³ H、 ¹⁴ C	1 次/半年
生物	选择当地居民摄入量较多、种植面积大的谷物、蔬菜、家禽、家畜各设置 1~2 个采样点；牧草（如果有）、水生生物（如果有）设置点位；对照点	γ 能谱 ^c 、 ⁹⁰ Sr、 ⁹⁹ Tc、 ¹²⁹ I ^b 、 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1 次/年
指示生物 ^a	设置 1~2 个点位	根据指示生物浓集特性确定监测核素种类	1 次/年
渗析水 ^a	渗析水收集处	总 α、总 β、γ 能谱 ^c	1 次/半年

^a 运行期间开展监测。

^b 根据废物的来源，如有来自后处理设施的废物，则应监测 ⁹⁹Tc、¹²⁹I。

^c 根据废物的来源，参考核动力厂、后处理设施等的实际源项选择测量核素。

3) 关闭期间监测

应开展处置场关闭期间监测，为关闭活动和后续关闭后监测提供支持。关闭期间监测计划应根据需求在运行阶段辐射环境监测方案基础上进行，如关闭活动可能造成环境影响的增加，应适当增加相应的监测点位和频次。

4) 关闭后监测

处置场关闭后，应根据处置场的运行历史以及关闭和稳定化情况保留合适的环境监测功能，为处置废物中放射性核素异常释放提供早期预警。

环境监测介质应以场区的监测井样品为主，保留一个运行期间设置的环境 γ 辐射空气吸收剂量率连续监测点位继续开展连续监测，适当保留部分环境 γ 辐射水平和植物样品监测。

5.2.3.3 中低放射性废物处理设施

中低放射性废物处理设施的运行前调查和运行期间的监测方案可参考表 6 执行。处理设施运行后重点关注气态途径的监测，特别是易挥发的放射性核素，如碘、铯的同位素。如不涉及废水的排放，可简化地下水、地表水和沉积物的监测内容。

5.2.4 核燃料后处理设施

5.2.4.1 运行前环境辐射水平调查

a) 调查内容

调查环境 γ 辐射水平及主要环境介质中关键放射性核素的活度浓度。

b) 调查范围

环境 γ 辐射水平调查范围以处理后厂为中心，半径 50 km。环境介质中放射性活度浓度调查范围以处理后厂为中心，半径 30 km。

c) 调查时间

在核燃料后处理设施投入正式运行之前，至少取得连续两年的运行前环境本底调查资料。对于同一厂址后续扩建的处理设施，调查时间不得少于 1 年，并应在续建设施正式投运之前完成。

d) 监测布点原则

监测布点主要为 30 km 之内的近区和厂区下风方向，以上风向的远区作为对照点。

e) 监测内容

1) γ 辐射

i) γ 辐射空气吸收剂量率（连续）

以设施为中心，在 10 km 范围内，按设施周围 16 个方位布置自动监测站，每个方位考虑布设 1 个自动监测站，沿海（湖、河）的设施，靠海（湖、河）一侧可根据监管需要设立自动监测站。在设施气态排放口主导下风向、次下风向和居民密集区应建立自动监测站。每个自动监测站应按指定间隔记录，一般每 30 秒或 1 分钟记录一次 γ 辐射空气吸收剂量率数据，实行全天 24 小时连续监测，报送 5 分钟均值或小时均值。部分关键站点可设置能甄别核素的固定式能谱探测系统，对周围环境进行实时的 γ 能谱数据采集并将能谱数据传回数据处理中心。

ii) γ 辐射累积剂量

在厂界外，以设施为中心，8 个方位半径为 2 km、5 km、10 km、20 km 的圆所形成的各扇形区域内陆地（岛屿）上布点测量。

2) 空气

包括气溶胶、沉降物和气体。采样点主要布设在主导风下风向，厂外烟羽最大浓度落点处及关键人群组。点位设置与该方位角的 γ 辐射空气吸收剂量率连续监测点位一致，与 γ 辐射空气吸收剂量率连续监测自动站共站。

3) 表层土壤

每季度采集设施下风向处的表层土壤。

4) 水

i) 地下水

每季采集设施的监测井和设施周围的地下水，重点监测排放口附近区域。

ii) 地表水

每季对设施周围的地表水进行监测，重点监测排放口附近区域。

iii) 饮用水

每季采集设施周围及关键人群组的饮用水。

iv) 海水

每季采集设施周围的海水进行监测，重点监测排放口附近区域海水。

5) 沉积物

i) 地表水沉积物：每半年对设施周围的地表水沉积物进行监测，重点监测排放口附近区域。

ii) 海水沉积物：每半年对设施排放口附近区域及近岸海域的潮间带土进行监测。

6) 生物样品

- i) 植物：每月采集设施边界周围的几个植物样。
- ii) 农产品：每年采集设施主导风下风向及设施边界附近的当季农产品，包括水果、蔬菜、肉和蛋等。
- iii) 牧草：每月采集设施边界周围牧场的牧草。
- iv) 牛（羊）奶：每月在设施周围的牧场采集牛（羊）奶。
- v) 水生生物：每季度采集设施排放口附近海域和附近养殖区的鱼类、软体类、甲壳类生物。
- vi) 指示生物：在设施周围采集。

运行前监测方案可参考表 7。环境介质中关键放射性核素的测量可适当降低监测频次，土壤为 1 次/年，水体可在每年枯水期和平水期各监测 1 次。

5.2.4.2 运行期间辐射环境监测

设施运行期间的监测方案参考表 7。必要时，在可能受中子辐射影响的地点开展中子剂量当量率监测。对于短寿命的碘同位素如 ^{131}I 可以不必监测。在后处理厂开始运行 3~5 年，取得足够运行经验，并且环境监测数据基本稳定后，可适当调整监测范围、项目和频次。

表 7 核燃料后处理设施辐射环境监测方案

监测对象		布点原则	监测项目 ^a	监测频次
γ 辐射		10 km 范围内的 16 个方位角内，主要包括主导风下风向，最大浓度落点处，关键人群组，设施周围（1 km）边界等；对照点	γ 辐射空气吸收剂量率（连续）	连续
		8 个方位半径为 2 km、5 km、10 km、20 km 的圆所形成的各扇形区域内陆地（岛屿）上布点测量；对照点	γ 辐射累积剂量（TLD）	1 次/季
空气	气溶胶	主导风下风向厂区边界，最大浓度落点处，关键人群组；对照点	总 α、总 β、 ^{90}Sr 、 ^{234}U 、 ^{235}U 、 ^{236}U 、 ^{238}U 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、γ 能谱 ^b	1 次/月（累积），采样体积应不低于 10 000 m ³
	沉降物			1 次/季（累积）
	气体			$^3\text{H}(\text{HTO})$ 、 ^{14}C 、 ^{85}Kr 、 ^{129}I 、 ^{131}I
土壤	表层土壤	<5 km，8 个方位角内（排放口下游、主导风下风向适当加密）；对照点	^{90}Sr 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 和 γ 能谱 ^b	1 次/年
水	地表水	排放口附近水域、排放口下游厂外第 1 取水点；上游对照点	总 α、总 β、 ^3H 、γ 能谱 ^b ，受纳水体加测 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^{99}Tc 、 ^{129}I 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$	1 次/季
	地下水	设施的监测井及设施周围地下水；对照点		1 次/季
	饮用水	设施周围及关键人群组饮用水；对照点	总 α、总 β、 ^3H 和 γ 能谱 ^b	1 次/季
	海水	设施周围的海水，重点监测排放口附近区域海水；对照点	总 α、总 β、 ^{40}K 、 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^{99}Tc 、 ^{129}I 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 和 γ 能谱 ^b	1 次/季
沉积物	地表水沉积物	同地表水	^{90}Sr 、 ^{99}Tc 、 ^{129}I 、 ^{234}U 、 ^{235}U 、 ^{236}U 、 ^{238}U 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{237}Np 、 ^{241}Am 、 ^{244}Cm 及 γ 能谱 ^b	1 次/半年
	海洋沉积物	同海水		
生物	植物（含指示生物）	厂区边界附近就地生长的植物样	^3H （OBT）、 ^{14}C 、γ 能谱 ^b	1 次/月
	农产品	厂区边界附近就地生长的蔬菜、水果谷物及饲养畜类；对照点	^3H （OBT）、 ^{14}C 、γ 能谱 ^b ，个别样品测量 ^{90}Sr 、 ^{99}Tc 、 ^{129}I 及 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$	1 次/年（每月采集，分析年度累积样）

续表

监测对象		布点原则	监测项目 ^a	监测频次
生物	牧草	设施边界周围牧场	³ H (OBT)、 ¹⁴ C、 ¹²⁹ I、 γ 能谱 ^b	1次/月
			²⁴¹ Am、 ²⁴⁴ Cm、 ²³⁸ Pu、 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1次/年(每月采集,分析年度累积样)
	牛(羊)奶	设施边界周围牧场,以上述牧草为主要饲料	³ H、 ¹⁴ C、 γ 能谱 ^b ,个别样品测量 ⁹⁰ Sr、 ¹²⁹ I	1次/月
水生生物(含指示生物)	设施排放口附近海域和附近养殖区	³ H (OBT)、 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr、 ⁹⁹ Tc、 ¹²⁹ I、 ²³⁸ Pu、 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu、 ²³⁷ Np、 ²⁴¹ Am、 ²⁴⁴ Cm和 γ 能谱 ^b	1次/季	
^a 不同堆型的核燃料后处理过程中产生的放射性核素组分差别悬殊,可选择实际需要的核素监测。 ^b γ 能谱分析应重点关注设施排放的特征核素,气溶胶、沉降物 γ 能谱分析项目一般可选择但不限于 ⁶⁰ Co、 ¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Cs、 ¹⁰⁶ Ru、 ¹²⁵ Sb、 ¹⁵⁴ Eu等;土壤 γ 能谱分析项目一般可选择但不限于 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ¹²⁵ Sb、 ⁶⁰ Co、 ¹⁰⁶ Ru等;沉积物 γ 能谱分析项目一般可选择但不限于 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ¹²⁵ Sb、 ⁶⁰ Co、 ¹⁰⁶ Ru等;水 γ 能谱分析项目一般可选择但不限于 ⁶⁰ Co、 ¹³⁴ Cs、 ¹³⁷ Cs、 ¹⁰⁶ Ru、 ¹²⁵ Sb、 ¹⁵⁴ Eu等;牛奶、生物 γ 能谱分析项目一般可选择但不限于 ¹³⁷ Cs、 ¹⁰⁶ Ru、 ¹³⁴ Cs、 ¹²⁵ Sb、 ⁶⁰ Co等。				

5.2.4.3 流出物监测

处理的燃料不同、处理工艺不同的核燃料后处理过程中产生的放射性核素组分可能差别悬殊,可选择理论和实际源项中的核素开展监测。运行期间流出物监测内容一般包括:

a) 气载流出物监测

监测点设在废气排放口,后处理厂主要监测项目一般包括:³H、¹⁴C、⁸⁵Kr、⁶⁰Co、⁹⁰Sr、⁹⁹Tc(必要时)、¹⁰⁶Ru、¹²⁵Sb、¹²⁹I、¹³¹I、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、¹⁵⁴Eu、²³⁷Np、²³⁸Pu、²³⁹⁺²⁴⁰Pu、²⁴¹Pu、²⁴¹Am、²⁴²Cm、²⁴⁴Cm、²³⁴U、²³⁵U、²³⁶U、²³⁸U、总 α 、总 β 。监测方式为连续在线监测或采样监测,其中³H、¹⁴C连续采样,累积样每月分析一次。

b) 液态流出物监测

监测点设在废水排放口,后处理厂主要监测项目一般包括:³H、¹⁴C、⁶⁰Co、⁶³Ni、⁹⁰Sr、⁹⁵Zr-⁹⁵Nb、⁹⁹Tc、¹⁰⁶Ru、¹²⁵Sb、¹²⁹I、¹³⁴Cs、¹³⁷Cs、¹⁵⁴Eu、²³⁷Np、²³⁸Pu、²³⁹⁺²⁴⁰Pu、²⁴¹Pu、²⁴¹Am、²⁴²Cm、²³⁴U、²³⁵U、²³⁶U、²³⁸U、总 α 、总 β 等。

5.2.4.4 应急监测

根据事故类型,按事故应急机构制定的应急预案进行监测。具体技术要求另行规定。

5.2.4.5 退役监测

根据核燃料后处理厂退役时的放射性废物源项调查,确定监测对象和频次。

5.2.5 铀转化、浓缩及元件制造设施

5.2.5.1 运行前环境辐射水平调查

a) 调查内容

调查环境 γ 辐射空气吸收剂量率及主要环境介质中关键放射性核素的活度浓度。

b) 调查范围

环境 γ 辐射空气吸收剂量率调查范围以设施为中心,半径30 km。环境介质中放射性活度浓度调查范围以设施为中心,半径10 km。

c) 调查时间

在铀转化、浓缩及元件制造设施投入正式运行之前,取得至少1年的运行前环境本底调查资料。

d) 监测布点原则

监测布点主要为10 km之内的近区和厂区下风方向,上风方向的远区作为对照点。

e) 监测内容

1) γ 辐射空气吸收剂量率

γ 辐射空气吸收剂量率连续监测点主要布设在 10 km 范围内 4~8 个方位角, 通常包含主导风下风向, 最大浓度落点处, 关键人群组, 每个自动监测站应按指定间隔记录, 一般每 30 秒或 1 分钟记录一次 γ 辐射空气吸收剂量率数据, 实行全天 24 小时连续监测, 报送 5 分钟均值或小时均值。可选择设置能甄别核素的固定式 γ 能谱探测系统。

2) 气溶胶和沉降物

气溶胶和沉降物采样点主要布设在主导风下风向、厂外烟羽最大浓度落点处、关键人群组。通常可以与 γ 辐射空气吸收剂量率连续监测自动站共站。

3) 表层土壤

采集设施主导风下风向处的表层土壤。

4) 水

i) 地表水: 采集设施周围地表水, 重点监测排放口附近区域。

ii) 海水: 采集排放口附近海域海水。

iii) 饮用水: 采集设施周围及关键人群组的饮用水。

5) 沉积物

地表水沉积物: 对设施周围的地表水沉积物进行监测, 重点监测排放口附近区域。

海水沉积物: 对设施排放口附近区域及近岸海域的潮间带土进行监测。

6) 生物

i) 植物: 采集设施当季最大风频下风向及设施边界附近的当季叶菜等农产品。

ii) 水生生物: 采集设施排放口混合充分处水域的鱼类和植物类。主导风下风向当地居民主要食用的水生生物来源水体, 选择有代表性的 1~2 种水生生物。

铀转化、浓缩及元件制造设施运行前周围辐射环境监测方案可参考表 8。运行前监测可适当减少监测频次。

表 8 铀转化、浓缩及元件制造设施周围辐射环境监测方案

监测对象		监测点位	监测项目 ^a	监测频次
γ 辐射		设施周围 10 km 范围内 4~8 个不同方位角选点, 通常设在主导风下风向、最大浓度落点处、关键人群组	γ 辐射空气吸收剂量率 (连续)	连续
空气	气溶胶	主导风下风向、最大浓度落点处、关键人群组	U^b 、总 α 、总 β	1 次/月
	沉降物	主导风下风向、最大浓度落点处、关键人群组	U^b 、总 α 、总 β	累积样/季
土壤	表层土	主导风下风向厂区边界	U^b 、 γ 能谱	1 次/年
水	地表水	排放口附近区域、排放口下游均匀混合处、排放口下游厂外第一取水点, 上游对照点	U^b 、 γ 能谱	2 次/年 (枯水期和平水期)
	海水	排放口附近海域	U^b 、 γ 能谱	1 次/半年
	饮用水	关键人群组的饮用水	U^b 、总 α 、总 β	1 次/年
沉积物	地表水沉积物	同地表水	U^b 、 γ 能谱	1 次/年
	海洋沉积物	同海水		
生物	叶菜等农作物	厂区边界附近就地生长的植物样	U^b 、 γ 能谱	1 次/年
	水生生物	设施排放口混合充分处水域、主导风下风向当地居民主要食用的水生生物来源水体	U^b 、 γ 能谱	1 次/年

^a 使用堆后料不但要考虑铀同位素 (^{234}U 、 ^{235}U 、 ^{236}U 、 ^{238}U), 还要考虑超铀元素 (Pu、Np 等) 和裂变核素 (如 ^{99}Tc 和 ^{106}Ru), 燃料元件为钍的, 则进行 Th 同位素分析。

^b 根据总 α 、总 β 和 U 的结果, 视情分析 U 的各种同位素。

5.2.5.2 运行期间辐射环境监测

运行期间的辐射环境监测方案见表 8。在铀转化、浓缩及元件制造设施开始运行的 3~5 年并取得足够的运行经验，并且环境监测数据基本稳定后，可适当调整监测范围、项目和频次。

5.2.5.3 流出物监测

气溶胶、废气、废水、废渣中主要对 ^{234}U 、 ^{235}U 、 ^{236}U 、 ^{238}U 分析测量。废弃物测量中还应注意对铀的氟化物测量。

根据燃料元件的不同类型，还要考虑增加对相关核素的测量，生产 MOX 元件的要增加对 ^{232}U 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{237}Np 、 ^{241}Am 、 ^{242}Cm 、 ^{244}Cm 测量，燃料元件为钍的，要增加 ^{228}Th 、 ^{230}Th 、 ^{232}Th 的测量。

5.2.5.4 应急监测

根据事故类型，按事故应急机构制定的应急预案进行监测。具体技术要求另行规定。

5.2.5.5 退役监测

根据铀转化、浓缩及元件制造设施退役时的放射性废物源项调查，酌情确定监测内容。

5.3 核技术利用辐射环境监测

5.3.1 应用非密封放射性物质

5.3.1.1 应用前的辐射环境监测

- a) 监测时间：启用前。
- b) 监测范围：以工作场所为中心，半径 50~500 m 以内。
- c) 监测对象与项目：见表 9 中监测方案的前四项，且只需监测 1 次。

5.3.1.2 应用期间的辐射环境监测

a) 监测目的

对应用非密封放射性物质项目进行辐射环境水平监测，评价项目的辐射安全管理情况和对周围环境的影响情况，根据监测、检查结果编制监测报告，为企业、生态环境主管部门提供技术支持。

b) 监测内容

应用非密封放射性物质项目监测包括 γ 辐射、土壤、地表水、底泥、废水、废气、放射性固体废物等项目。监测方案见表 9，具体监测内容如下：

1) γ 辐射

以工作场所为中心，半径 50~300 m 以内布点，测量点应覆盖控制区的每个区域（如放射性核素贮存室、给药室等）、监督区的每个区域（如检查室、治疗室、病房等）、衰变池上方、放射性废物暂存库内，同时覆盖非密封放射性物质利用场所周围环境及敏感点。

监测项目为 γ 辐射空气吸收剂量率。

2) 土壤

以工作场所为中心，半径 50~300 m 以内布点。监测核素与应用的核素一致。

3) 地表水

废水排放口上、下游 500 m 处采集水样。监测核素与应用的核素一致。

4) 废水

在废水贮存池或废水排放口采集废水进行核素分析。监测核素与应用的核素一致。

5) 底泥

废水排放口上、下游 500 m 处采集底泥。监测核素与应用的核素一致。

6) 废气

在废气排放口，开展废气监测。监测核素与应用的核素一致。

7) 放射性固体废物

在放射性废物贮存室或贮存容器外面，监测 γ 辐射空气吸收剂量率和 α 、 β 表面污染。

c) 监测方案

表 9 为应用非密封放射性物质环境监测方案。

表 9 应用非密封放射性物质环境监测方案

监测对象	采样（监测）布点	监测项目	监测频次/（次/年）
γ 辐射	以工作场所为中心，半径 50~300 m 以内	γ 辐射空气吸收剂量率	1~4 ^a
土壤	以工作场所为中心，半径 50~300 m 以内	应用核素 ^b	1
地表水 ^c	废水排放口上、下游 500 m 处	应用核素 ^b	1~2
底泥 ^c	废水排放口上、下游 500 m 处	应用核素 ^b	1
废水 ^c	废水贮存池或排放口	总 α 、总 β ，如总 $\alpha > 0.5\text{Bq/L}$ ，总 $\beta > 1.0\text{Bq/L}$ ，分析应用核素 ^b	1~2
废气 ^c	排放口	应用核素 ^b	1
放射性固体废物	贮存室或贮存容器外表面	γ 辐射空气吸收剂量率和 α 、 β 表面污染	1~2

^a 甲级工作场所 1 次/季，乙级、丙级工作场所 1 次/年。
^b 只关注可能对环境有影响的应用核素，监测应有针对性，如应用核素难以分析，可用总放替代。
^c 不对外排放且无泄漏的，则不需监测。

5.3.1.3 流出物监测

主要为放射性同位素生产和应用设施运行期间流出物监测，主要内容为：

a) 气载流出物监测

监测点设在废气排放口。主要监测项目由应用活动涉及的工艺和主要放射性同位素种类决定。

b) 液态流出物监测

监测点设在废水总排放口。主要监测项目由应用活动涉及的工艺和主要放射性同位素种类决定。

5.3.1.4 工作场所退役监测

参照表 9，并增加监测场所和设备的污染水平。

5.3.2 应用密封型放射源

IV、V 类放射源以及豁免管理的放射源一般不需要开展辐射环境监测。

5.3.2.1 γ 辐照装置辐射环境监测

a) 运行前环境辐射水平调查

1) 调查时间：装源前。

2) 调查范围：以辐照室为中心，半径 50~500 m 以内。

3) 调查内容： γ 辐照装置监测包括环境 γ 辐射、贮源井水、地表水、地下水、大气、土壤等项目。

调查监测计划见表 10，具体监测内容如下：

i) 环境 γ 辐射测量点应覆盖防护设施周围和厂区外围环境。包括但不限于以下监测点：防护设施、控制室、迷道出口、迷道进口、风机口（风机房）、制水间、辐照室四周屏蔽墙表面、辐照室顶、贮源井上方、辐照室内、仓库以及厂界四周、厂大门口、500 m 范围内居住区等。

监测项目为 γ 辐射空气吸收剂量率。

ii) 贮源井水。定期采集贮源井水进行应用核素分析。

iii) 地表水。废水排放口上、下游 500 m 处采集水样，监测核素与应用的核素一致。

iv) 地下水。辐照装置附近饮用水井采集水样，监测核素与应用的核素一致。

v) 土壤。辐照装置建筑物外围 10~30 cm 土壤，监测核素与应用的核素一致。
表 10 为 γ 辐照装置监测方案。

表 10 辐照装置辐射环境监测方案

监测对象	采样（监测）布点	监测项目	监测频次/（次/年）
γ 辐射	辐照室四周的建筑物内外（升降放射源时对辐照室四周屏蔽墙外，控制室及工作人员办公室进行监测，加强辐照室薄弱环节风机口、迷道进出口、源室顶和水处理装置的监测，对环境四周 8~10 个点和公众敏感点）	γ 辐射空气吸收剂量率、 γ 辐射累积剂量	1 ^a
贮源井水	贮源井	应用核素	2 ^b
地表水 ^c	废水排放口上下游 500 m 处	应用核素	1
地下水 ^c	辐照装置附近饮用水井	应用核素	1
土壤 ^c	辐照装置建筑物外围 10~30 cm 土壤	应用核素	1
^a 源增加时，应重新监测。 ^b 贮源井水排放前和辐照装置安装（更换）放射源前、后及贮源井清洗前后要进行监测。正常运行时，不少于每半年一次。 ^c 对不向环境排放贮源井水且无泄漏的，则不需监测。			

此外，辐射源使用前后要对辐照室内的空气进行臭氧、氮氧化物监测。贮源井水还要考虑电导率、总氯离子、pH 值的监测。

b) 运行期间环境监测

按表 10 监测，其中换装源前后增加贮源井水所用核素的浓度测定。如贮源井水排放纳入城市污水管网的，则只需进行前两项监测。

c) 辐射源泄漏监测

一旦发现贮源井水受所用核素的污染，应禁止排水，防止井水泄漏污染环境，分层取样测定所用核素的浓度，针对污染原因，及时进行事故处理。

d) 辐照装置退役监测

参照表 10，并增加贮源水井沉积物、废水处理树脂中辐照装置所用的核素监测，以及工作场所和可能受污染的设备、工具表面污染监测。设施运行期间发生过放射性泄漏事故的，应分析周围土壤、水体中的应用核素。

5.3.2.2 其他含密封源设施的环境监测

a) 使用前环境辐射水平调查

- 1) 调查时间：装源前监测 1 次。
- 2) 调查范围：以密封源安装位置为中心，半径 30~300 m 以内。
- 3) 监测对象：环境 γ 辐射。
- 4) 监测布点：密封源安装位置周围室内、外。
- 5) 监测项目： γ 辐射空气吸收剂量率。

b) 使用期间辐射环境监测

按本节 a) 进行，其中含中子放射源的设施增加中子剂量当量率监测。

c) 含密封源设施的污染事故监测

密封源破坏造成环境污染时，进行如下监测：

- 1) 污染区及其周围 γ 辐射空气吸收剂量率、 α 、 β 表面污染。
- 2) 污染区及其周围相关环境介质中使用源放射性核素含量。
- 3) 仪器设备放射性污染水平。
- 4) 事故处理过程产生的液体和固体污染物的放射性污染水平。

d) 工作场所退役终态监测

使用 I 类、II 类、III 类放射源的场所辐射环境终态监测项目： γ 辐射空气吸收剂量率、 α 、 β 表面污染。设施运行期间发生过放射性泄漏事故的，应分析周围土壤、水体中的应用核素。

5.3.3 射线装置

5.3.3.1 应用粒子加速器的辐射环境监测

粒子加速器按射线能量和在应用中辐射风险程度或安全防护的难易程度分低能加速器（II、III 类射线装置）和中高能加速器（I 类射线装置）两大类。应用粒子加速器的辐射环境监测方案见表 11 和表 12。

表 11 应用低能电子加速器的辐射环境监测

监测对象	监测项目	监测频次	
		运行前/次	运行期间/（次/年）
屏蔽墙外 30 cm 处	γ 辐射空气吸收剂量率	1	1~2
	中子剂量当量率（电子加速器能量 > 10MeV）	—	1~2
循环冷却水 ^a	总 α 、总 β	1	1~2
固体废物外表面	γ 辐射空气吸收剂量率	—	收集及送贮时

^a 不对外排放且无泄漏的，则不需监测。

表 12 应用中高能电子加速器和质子、 α 粒子、重离子加速器的辐射环境监测

监测对象	点位布设	监测项目	监测频次	
			运行前/次	运行期间/（次/年）
外照射 ^a	环境敏感点	γ 辐射空气吸收剂量率	1	连续
		中子剂量当量率	—	1~2
	加速器主体建筑墙外 30 cm 处开展巡测，选择主体建筑墙外、楼顶及厂界相应的关注点开展定点监测	γ 辐射空气吸收剂量率	1	1~2
		中子剂量当量率	—	1~2
空气 ^b	加速器主体建筑物楼顶，环境敏感点	^3H 、 ^{14}C	1	1~2
气溶胶 ^b	厂内建筑物楼顶，厂外敏感点	感生放射性核素、 γ 能谱 ^c	1	1~2
土壤 ^d	厂界四周，厂外敏感点	总 β 、感生放射性核素、 γ 能谱 ^c	1	1~2
地表水、地下水 ^d	厂区周边地下水和地表水	总 β 、感生放射性核素、 γ 能谱 ^c	1	1~2
生物 ^d	厂区周边	总 β 、感生放射性核素、 γ 能谱 ^c	1	1~2
循环冷却水 ^d	—	总 β 、感生放射性核素、 γ 能谱 ^c	1	1~2
固体废物外表面	—	γ 辐射空气吸收剂量率	—	1~2
		感生放射性核素、 γ 能谱 ^c	—	收集及送贮时

^a 可行时，增加开机前的监测。
^b 根据感生放射性物质气态排放的情况决定是否开展监测。
^c 感生放射性核素可根据加速器类型和靶材料的实际情况进行分析。
^d 不对外排放且无泄漏的，则运行期间不需监测。

5.3.3.2 X 射线机的辐射环境监测

X 射线机（包括 CT 机）在运行前对屏蔽墙或自屏蔽体外 30 cm 处的 X- γ 辐射空气吸收剂量率进行一次监测；运行中，对屏蔽墙或自屏蔽体外 30 cm 处的 X- γ 辐射空气吸收剂量率进行巡测，并选择部分关注点位开展 γ 辐射空气吸收剂量率（开关机时各测量一次）或累积剂量监测，每年 1~2 次。

5.4 伴生放射性矿开发利用

5.4.1 采选及冶炼过程的辐射环境监测

除铀（钍）矿外所有矿产资源开发利用活动中原矿、中间产品、尾矿（渣）或者其他残留物中铀（钍）系单个核素含量超过 1 Bq/g 的需要开展辐射环境监测。

5.4.1.1 采选前的辐射环境监测

监测方案见表 13 前四项，监测时间为 1 年。

表 13 伴生放射性矿采选期间的辐射环境监测方案

监测对象	监测点位	监测项目 ^a	监测频次/（次/年）
γ 辐射	矿区周围 3~5 km 以内	γ 辐射空气吸收剂量率	1~2
空气	矿区边界、矿区周围最近居民点	²²² Rn 及其子体（伴生铀）、钍射气（伴生钍）	1~2
气溶胶	矿区周围 3~5 km 以内	总 α、总 β、 ²¹⁰ Po、 ²¹⁰ Pb	1~2
地表水	受纳水体上、下游各 1~3 km 范围内	总 α、总 β、U、Th、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Po、 ²¹⁰ Pb	1~2
地下水	最近居民点井水水源	总 α、总 β、U、Th、 ²²⁶ Ra、 ²¹⁰ Po、 ²¹⁰ Pb	1~2
土壤	矿区周围 3~5 km 以内	U、Th、 ²²⁶ Ra	1
底泥	同地表水	U、Th、 ²²⁶ Ra	1~2
废渣	堆放场	²²² Rn、U、Th、 ²¹⁰ Po、 ²¹⁰ Pb、γ 辐射空气吸收剂量率	1~2

^a 视情况适当开展受纳水体中 ²²⁴Ra 或/和 ²²⁸Ra 的监测。

5.4.1.2 采选期间的辐射环境监测

监测方案按表 13 进行。流出物监测方案可参照表 14，并结合环境影响评价文件制定。

表 14 伴生放射性矿采选期间的流出物监测方案

监测对象	监测点位	监测项目	监测频次/（次/年）
废水	总排放口、尾矿（渣）库渗出水排放口	伴生铀：U、 ²²⁶ Ra、总 α、总 β、 ²¹⁰ Po、 ²¹⁰ Pb 伴生钍：Th、 ²²⁸ Ra、总 α、总 β、 ²¹⁰ Po、 ²¹⁰ Pb	1~2
废气	排风井	²²² Rn 及其子体（伴生铀）、钍射气（伴生钍）	2 ^a
	其他有放射性物质排放的排气口	U、Th	2 ^a

^a 两次监测的间隔时间应不少于 3 个月。

5.4.1.3 冶炼过程的辐射环境监测

监测方案参照表 13 和表 14，增测原料库和成品库的 γ 辐射空气吸收剂量率，必要时对原料和成品取样监测天然放射性核素含量。

5.4.2 矿物资源利用中的辐射环境监测

对原料和产品测量其表面 γ 辐射空气吸收剂量率，必要时，测量其天然放射性核素含量。频次为 1~2 次/年。在厂界周围测量 γ 辐射空气吸收剂量率。涉及废水排放的，监测废水中的总 α、总 β。

5.5 放射性物质运输

5.5.1 运输过程中的辐射环境监测

出发地、中转站、到达地均须进行辐射环境监测，一般包括运输工具、货包、工作场所等 α、β 表

面污染和 γ 辐射空气吸收剂量率。

5.5.2 放射性物质运输中的事故监测

5.5.2.1 监测对象

- a) 运输容器，运输工具。
- b) 事故地段现场的地表和其他物品。
- c) 事故处理过程中所用的工具和产生的废物、废水等。

5.5.2.2 监测项目

- a) γ 辐射空气吸收剂量率。
- b) α 、 β 表面污染。
- c) 当出现或怀疑货包发生泄漏时，可视需要适当增加对货包中放射性核素对周围环境介质污染水平的取样和监测。

5.6 铀矿山及水冶系统

铀矿山及水冶系统辐射环境监测按照 GB 23726 执行。

5.7 监测辅助参数获取

5.7.1 应收集的辅助参数

除辐射测量外，完整的辐射环境监测方案应包括其他辅助参数的测量和数据收集活动，例如环境的重要参数以及人口特点，目的是为监测数据的解释提供支持，需要获取哪些参数可根据是否有利于对监测数据的解释来选定，比如，开展气溶胶采样时，气象参数是必要的。辅助参数的获取可直接监测或间接获取，间接获取的参数应证明这些数据是可靠的。辅助参数获取的时间（或时段）应与辐射环境监测一致。

5.7.2 气候条件数据

在设施运行前和运行期间都应获取气候条件数据（温度、湿度、风速、风向、大气混合层稳定度、降水等），运行前还应对可能影响气载流出物的地形特点进行调查。

5.7.3 水文特性数据

液态流出物受纳水体的水文特性（水流流量变化、流出物混合特性）在运行前调查和设施运行阶段也应进行调查。如果液态流出物是排入湖泊或海洋的，在设施运行前调查阶段应监测水生环境的流体动力学特性（水流、潮汐流及其特性、总环流量、温度突变层的形成、混合情况），在设施运行阶段应对这些特性定期进行核实。

5.7.4 人口分布、生活习惯以及农业养殖等其他数据

辐射源附近地区的人口分布和特点（尤其是年龄分布）及他们的职业与习惯，包括食物消费（比率）和消费食品的产地，滞留时间，在运行前调查中必须进行并在运行期间进行定期核实。建议对重大辐射源周围居民的生活习惯作定期的访问调查。农业和水产养殖的特点（涉及的物种、农业结构和实践）以及园艺情况，在运行前调查中必须进行并在运行阶段定期进行核实。在辐射源附近和有可能被污染河流的下游，水的利用情况亦应进行调查。

对受长寿命放射性核素污染现场的监测方案，应以陆地环境和人口特点、生活习惯为重点。当地的水循环应调查：降水与蒸发、地表水与地下水及其联系、主要河流的汇入与流出。应调查土壤的特性，

人口的特点与分布，以及他们的生活习惯，特别是他们对当地食物的消费率。应特别跟踪农业和园艺习惯，仔细调查当地和下游水的利用情况，关注附近少数民族在文化与风俗上的特点。

6 样品的采集、预处理和管理

6.1 采样原则

a) 从采样点布设到样品分析前的全过程，都必须在严格的质控措施下进行，现场监测和采样应至少有 2 名监测人员在场。

b) 采集的样品必须有代表性，即该样品的监测结果能够反映采样点的环境。

c) 根据监测目的、内容和现场具体情况有针对性地确定相应的采样方案，包括项目、采样容器、方法、采集点的布置和采样量。采样量除保证分析测量用以外，应当有足够的余量，以备复查。

d) 采样器具和容器的选用，必须满足监测项目的具体要求，并符合国家技术标准的规定，使用前须事先清洁并经过检验，保证采样器和样品容器的合格和清洁，容器壁不应吸收或吸附待测的放射性核素（或采取措施有效避免），容器材质不应与样品中的成分发生反应。洗涤塑料容器时一般可以用对该塑料无溶解性的溶剂，如乙醇等。如塑料容器被金属离子或氧化物沾污可用（1+3）的盐酸浸泡洗涤。采样桶应用盐酸（1+10）洗涤，再用去离子水洗净，盖上盖子。放射性活度高于 1×10^3 Bq/kg 的被沾污容器应与普通容器分开洗涤，设置专用储存柜单独存放，避免交叉污染。

e) 在样品采集和制备过程中应严防交叉污染和制备过程中的其他污染，包括通过空气、水和其他与样品可能接触的物质带来的污染，以及加入试剂带来的干扰或污染。

6.2 样品采集与处理

6.2.1 空气

6.2.1.1 气溶胶

a) 采样设备与过滤材料

气溶胶采集器，一般由滤膜夹具、流量调节装置和抽气泵等三部分组成。取样系统应放置在闭锁的设备中，以防止受到气候的直接影响和意外受损。应根据监测工作的实际需要选择滤纸，包括表面收集特性和过滤效率好的滤材。

b) 取样位置的选择

取样高度通常选在距地面或基础面约 1.5 m 处。注意保持取样系统进气口和出气口之间有足够大的距离，以防止形成部分气流自循环。取样地点应避免选择在异常微气象情况或其他由于人为因素的影响可能导致空气浓度偏高或偏低的地点，如公路旁或高大建筑物附近。

c) 采集方法

采样系统采用的流量计、温度计、湿度计、气压计必须经过计量检定，确认性能良好后方可采用。

空气取样的流量一般为每分钟数个立方米。理论上，取样流量越大，同样的时间内采样体积越大，探测下限越低。但空气中的含尘量会对最大流量构成限制。在太大流量下工作会造成滤纸堵塞甚至破损。因此只能视情况优化选择流量。

取样体积的测定，直接影响到空气中放射性气溶胶浓度的测定，取样体积的不确定度应在 10% 以内。取样流量在取样过程中要保持稳定，在正常运行和预期的滤纸负荷变化范围内，流量变化不应大于 5%。滤纸上的尘埃量有可能直接影响到取样流量，因此，必须根据具体情况及时更换滤纸。

环境条件（温度，气压）的变化，可能影响到取样体积估算的准确度，为了修正这种影响，空气取样体积 V (m^3) 应换算为标准状态下的取样空气体积。

首先，利用下式对流量计测录到的流量修正到标准状态下的流量：

$$Q_{nb} = Q_i \cdot \frac{T}{T_i} \cdot \frac{P_i}{P} \quad (1)$$

式中： Q_{nb} ——标准状态下的流量， m^3/min ；
 Q_i ——在 P_i 和 T_i 条件下取样时的流量， m^3/min ；
 T ——标准状态下的热力学温度，K；
 P_i ——采样时的大气压力，Pa；
 T_i ——采样时的热力学温度，K；
 P ——标准状态下的大气压力，Pa。

然后，再根据换算后的标准状态下流量和取样时间算得取样体积：

$$V = Q_{nb}(t_2 - t_1) \quad (2)$$

式中： V ——标准状态下的取样体积， m^3 ；
 Q_{nb} ——标准状态下的流量， m^3/min ；
 t_2 ——取样结束时刻；
 t_1 ——取样开始时刻。

能自动修正到标准状态下流量和取样体积的采样器，不必重复以上修正，但在进行计量校准时，应对其修正结果进行验证。

有时，为了提高监测灵敏度，常常把几次分段取样的取样量合在一起，此时可按下式计算总的取样体积：

$$V = \sum_{i=1}^n \frac{Q_{nbi} + Q_{nb(i-1)}}{2} (\Delta t_i) \quad (3)$$

式中： V ——标准状态下的取样体积， m^3 ；
 n ——分段取样次数；
 Q_{nbi} ——标准状态下第 i 次分段取样的流量， m^3/min ；
 $Q_{nb(i-1)}$ ——标准状态下第 $(i-1)$ 次分段取样的流量， m^3/min ；
 Δt_i ——第 i 次取样时间，min。

d) 样品预处理

对小型滤纸，可将其小心装入稍大一些的测量盒中封盖好。对大型滤纸可把载尘面向里折叠成较小尺寸，用塑料膜包好密封。

6.2.1.2 碘-131

采用组合式全碘取样器，它由以下几部分组成：最前面一层为滤纸，用于收集气流中的气溶胶状态碘，第二层为活性炭滤纸，用于收集元素状态的碘，再下一层是浸渍 TEDA（三乙烯二胺）的活性炭盒，用于收集有机碘。

采样体积视采样目的、预计浓度及测量探测下限而定。一般 ^{131}I 采样体积大于 $100 m^3$ 。采样结束，将滤膜与活性炭盒放进样品盒，用胶粘纸封好，放入塑料袋中密封。

6.2.1.3 氟

空气中的氟，可以分为降水中的氟以及水蒸气和氢气中的氟两个来源。对于降水中的氟取样，与 6.2.3.4 降水取样方法基本相同，但采样容器中不加入酸。

对于水蒸气中氟的收集，有干燥剂法、冷冻法、鼓泡法。干燥剂法比较普遍，可用的干燥剂有硅胶、分子筛、沸石等。硅胶方法比较简单、便宜，即在直径 5 cm、长 50 cm 左右的硬质玻璃或硬质塑料管中，填充粒度为 1.98~2.36 mm 的干燥硅胶，称出其重量，上下端塞以石英棉将其固定。使空气通过该

管一定时间，把水分捕集在硅胶上。从流量计读数和抽气时间可以确定抽取的空气量。再通过测定吸收了水分的硅胶总重量，即可求出收集的水蒸气重量，驱出其中的水样供测量氟之用。

冷冻法是将待测气流引入冷阱中，气流中的氟化水蒸气在冷阱中凝结下来，供分析之用。

鼓泡法是使待测气流流经鼓泡器（如盛蒸馏水或乙二醇的容器瓶），使气流与液体发生气液两相交换以便把氟化水蒸气收集在液体中。

对于氢气中氟的收集，一般先通过催化剂（如：钯、铂和氧化铜）使元素态氟被氧化成氟化水，再用上述水蒸气收集法采集。

6.2.1.4 碳-14

空气中碳-14的采样方法主要采用碱液吸收。

采样原理主要是用抽气空气采样泵抽取一定体积的空气经过气动滤水器、粒子过滤器除去空气中的灰尘，然后通过400℃高温氧化床，使其中微量的CO和碳氢化合物氧化成CO₂，最后气流经过4个串联连接的装有氢氧化钠碱液的吸收瓶，CO₂气体完全被碱液吸收。采样结束后将吸收瓶取下，带回实验室待处理。

根据液闪谱仪的探测灵敏度与空气中碳-14的浓度水平选择适当的取样时间，使总的累积取样空气体积不少于3~4 m³，采集时长不少于7 d。

6.2.2 沉降物

a) 采样设备

常用的沉降收集器为接收面积0.25 m²的不锈钢盘，盘深大于30 cm。

b) 采样器位置

采样器安放在其开口上沿距地面或基础面1.5 m高度、周围开阔、无遮盖的平台上，盘底面要保持水平。

c) 采样方法

1) 湿法采样：采样盘中注入蒸馏水，要经常保持水深在1~2 cm。一般收集时间为一个季度。

2) 干法采样：在采样盘的盘底内表面底部涂一薄层硅油（或甘油）。收集样品时，用蒸馏水冲洗干净，将样品收入塑料或玻璃容器中封存。

为了防止降雨会冲走沉积物和防止降水样与气载沉降物相混，应采用降雨时会自动关上顶盖、不降雨时自动打开顶盖的沉降收集器。要防止地面扬土，沉降盘位置不能太靠近地表。

d) 预处理

采样期结束后，把整个采集期间接受到的沉降物样品全部移入样品容器。附着在水盘上的尘埃，用橡胶刮板把它们刮下来，放入样品容器，待分析。

e) 采用双采样盘（A、B）模式采集沉降物

采样盘A在无降水时开启收集沉降物，应在其中注入蒸馏水（对于极寒地区，采样器没有加热装置的，可加防冻液，防冻液应经过辐射水平测量），水深经常保持在1~2 cm；也可在其表面及底部涂一薄层硅油（或甘油）。采样盘B在降水时开启收集沉降物。

收集样品时，用蒸馏水冲洗采样盘壁和采集桶3次，收入预先洗净的塑料或玻璃容器中封存。采样盘A和B的样品分别收集。

采集期间，每月应至少观察一次收集情况，清除落在采样盘内的树叶、昆虫等杂物。定期观察采集桶内的积水情况，当降水量大时，为防止沉降物随水溢出，应及时收集样品，待采样结束后合并处理。

6.2.3 水

6.2.3.1 地表水

是地球上表面循环水的一部分。包括河川水、湖泊水、溪流、池塘水等。

a) 采样设备

用自动采水器或塑料桶采集水样。容器预先用盐酸（1+10）洗涤后，再用净水冲洗干净，盖上盖子。分析 ^3H 样品用棕色玻璃瓶采集。

b) 采集位置

主要考虑以下几类：

- 1) 在水的使用地点，例如，娱乐区、公共供水源等。
- 2) 在动物饮水或取水后用于喂养动物的地方。
- 3) 用于灌溉的水源。

本底水样，一般应选在设施排放点的河流上游处，但要避免在紧靠汇合处的上游处取样。对湖泊和池塘水体，应在不受设施排放影响的类似附近水体取样。取水点选择主要应考虑水体中放射性核素浓度是否均匀。

在港湾内或靠近港湾的水体内收集代表性样品可能是困难的，因为淡水和海水之间的温度和密度差可以形成层流。应当对水样进行盐度分析。这一情况可由于潮汐运行引起浓度的瞬时变化而进一步复杂化。此时，有必要增加样品的数量，并根据潮汐条件来决定取样时间。最好在逐次潮汐之间的间歇时间内取样。

对河川水和湖泊、池塘的具体取样位置主要考虑如下：

1) 河川水

一般选择河川水流中心的部位（河川断面流速最大的部分）除特别目的外，可采表面水。水断面宽 $\leq 10\text{ m}$ 时，在水流中心采样；水断面宽 $> 10\text{ m}$ ，在左、中、右三点采样后混合。在有排放水和支流汇入处，则选在其汇合点的下游，使两者充分混合的地方。河川涨水时，当有浊流等情况出现时，原则上暂停取样。

2) 湖泊水、池塘水

一般选湖泊中心部位取样，避开河川的流入或流出处采取表面水，由于比较容易分层，因此须多点采样。水深 $\leq 10\text{ m}$ ，在水面下 50 cm 处采样；水深 $> 10\text{ m}$ ，增加一次中层采样，采样后混匀。

c) 采样方法

采样前洗净采样设备。采样时用待采水样洗涤三次后开始采集。取样器浸入水中时，要让开口向着上游方向，小心操作，尽量防止扰动水体和杂物进入。先用取样器取水，再移入容器可以防止容器外壁污染。对于小于 6 m 深的水体取样，也可采用潜水泵取样。

d) 预处理

1) 取样以后，立即在样品中加入盐酸（1+1）或者硝酸（1+1）。每升样品水加 2 ml 酸，然后盖严。监测 $^3\text{H}(\text{HTO})$ 、 ^{14}C 、 ^{131}I 的水样不用加酸。

2) 如有需要，测量 pH 值、水温。

3) 为了排除沉淀物的影响而采用过滤（澄清）时，要在野外记录表上记录清楚，再完成 1) 步骤。

6.2.3.2 饮用水、地下水

a) 采样设备

同地表水。

b) 采样点

自来水取自自来水管末端水；井水采自饮用水井，泉水采自水量大的泉眼。

c) 采样方法

1) 让采样水（井水或自来水）先放水几分钟，并冲洗采样器具 $2\sim 3$ 次。用漏斗把样品采集到容器中。

2) 把样品水充入样品容器中，至预定体积。

d) 预处理

同地表水。

6.2.3.3 海水

a) 采样设备

同地表水。

b) 采样方法

近岸海域海水在潮间带外采集，近海海域（潮间带以外）海水水深 $<10\text{ m}$ 时，采集表层（ $0.1\sim 1\text{ m}$ ）水样；水深 $10\sim 25\text{ m}$ 时，分别采集表层（ $0.1\sim 1\text{ m}$ ）水样和底层（海底 2 m ）水样，混合为一个水样；水深 $25\sim 50\text{ m}$ 时，分别采集表层（ $0.1\sim 1\text{ m}$ ）水样、 10 m 处水样和底层（海底 2 m ）水样，混合为一个水样；水深 $50\sim 100\text{ m}$ 时，分别采集表层（ $0.1\sim 1\text{ m}$ ）水样、 10 m 处水样、 50 m 处水样和底层（海底 2 m ）水样，混合为一个水样。其他海洋环境海水的采集参见 GB 17378.3。

c) 预处理

海水样品采集后，原则上不进行过滤处理（当水中含泥沙量较高时，应立即过滤）。

供 γ 能谱分析的海水预处理：在每升样品中加入 1 ml 浓盐酸。

供总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 分析的海水预处理：在 $30\sim 50\text{ L}$ 的塑料桶中进行，取上清液 40 L ，用浓盐酸调节至 $\text{pH}<2$ ，密封塑料桶后送回实验室待分析。

供 ^3H 分析的海水不作预处理，采集后送实验室，由相关人员处置。

6.2.3.4 降水

a) 采样设备

降水采集器。

b) 采样设备安放位置

降水采集器应安放在周围至少 30 m 以内没有树林或建筑物的开阔平坦地域。采集器边沿上沿离地面高 1 m ，采取适当措施防止扬尘干扰。

c) 采样方法

1) 贮水器要定时观察。在降暴雨情况下，应随时更换，以防止外溢。

2) 采样完毕后，贮水器用蒸馏水充分清洗，以备下次使用。

3) 采集到的样品充分搅拌后用量筒测量降水总体积。采集到的雪样，要移至室内自然融化，然后再对水样进行体积测量。

d) 预处理

降水样品采集后，应于棕色玻璃瓶中加盖密封保存。

6.2.4 沉积物

指河川、湖泊、海水的沉积物中粒度较细（直径小于 2 mm ）的成分。海洋沉积物的采集参见 GB 17378.3。

6.2.4.1 采集器材

深水部位的沉积物，用专用采泥器采集。浅水处可用塑料勺直接采取。

6.2.4.2 采集方法

可用抓斗式采泥器方法或柱状采泥器的方法，取到所需数量，装入样品盘，将用具净水洗涮后，进行干燥。

6.2.4.3 预处理

样品放入盘中以后静置一段时间，除去上面的澄清液和异物，把底泥样品放入容器中，密封。

6.2.5 土壤

6.2.5.1 采集地点与采集部位

对农耕地，要考虑作物种类、施肥培植管理等情况，选定能代表该地区状况的地点采集。对未耕地，最好选在有草皮（植皮）、无表面流失等引起的侵蚀和崩塌，周围没有建筑物和人为干扰的地点。农耕地的取样时间，最好选在作物生长的后期（能突出显示土壤条件对作物生长产量的影响）到下一期作物播种前。

6.2.5.2 布点方法

采用梅花形布点或根据地形采用蛇形布点，采点不少于 5 个。每个点在 10 m×10 m 范围内，采取 0~10 cm 的表层土。

6.2.5.3 采集方法

- a) 对选定的取样点编上系列号，去除散在表面上的植物，杂草石等。
- b) 把土壤采样器垂直于取样点表面放置，用锤子或大木锤把采样器冲打到预定深度（0~10 cm）。
- c) 用铁锹，移植镢刀等物把采集器从冲打的深度回收上来，这时要注意去除其外围的土壤。把采集器内采集到的土壤放入聚乙烯口袋内。
- d) 如是砂质土壤，在回收取样器时，采样器内的土壤可能滑落。此时可用薄铁板或移植镢刀把采样器前端的开口部位堵住后再回收。

6.2.5.4 预处理

将同一地方多点采集的土壤样品平铺在搪瓷盘中或塑料布上去除石块、草根等杂物，现场混合后取 2~3 kg 样品，装在双层塑料袋内密封，再置于同样大小的布袋中保存待用。

6.2.6 谷类

食用作物中，特别是以其籽实供食用的作物中，除了大米、麦类之外，还有玉米、小米、稗子、荞麦等，其中以大米和麦是代表性谷物，占主要地位。

6.2.6.1 采集方法

选择当地消费较多和种植面积较大、生长均匀的地方，在收获季节现场采集谷类样品。

6.2.6.2 预处理

把收割下来的作物晾晒风干后脱粒处理，去除夹杂物，只收集干籽实数 25 kg。

6.2.7 蔬菜类

蔬菜类的栽培方式千差万别，种类繁多，主要以普通蔬菜或者当地居民消费较多或种植面积较大的蔬菜为采集对象。原则上不选择大棚或水箱中培植的蔬菜样品。蔬菜细分又可分为叶菜类（菠菜、白菜）、果菜类（西红柿、瓜、大豆）、根菜类（胡萝卜、萝卜等）以及芋类（甘薯、土豆）等。

采集方法：

对非结球性叶菜（菠菜，油菜），选定菜园中央部分几处生长均匀的场所，采集生长在该垄上一定距离（如 1 m）范围内的全部作物；对结球性叶菜（白菜、卷心菜等），大型果菜、根菜以及芋类，由于个体差异大，为了方便，可在菜园中央部位选择 5~7 处生长均匀的场所，选择大小均匀的个体作为样品。新鲜蔬菜需 25 kg 左右，大豆等需 20 kg 左右。

6.2.8 牛（羊）奶

指直接从母牛（羊）身上挤得的原汁牛（羊）奶和经过消毒杀菌、脂肪均匀化等加工处理以后直接市场上销售的市奶，以及脱水处理后的奶粉。

6.2.8.1 采集用具和容器

容器：聚乙烯瓶（5 L）。

试剂：质量浓度 37% 的甲醛溶液。

6.2.8.2 采集方法

挤出来的鲜奶先在冷冻机中冷却搅拌后供取样，或装在奶罐里搅拌均匀后供取样用。采样前洗净采样设备，采样时用采样奶洗涤3次后采集，样品采集后应立即分析，如需放置时，要在鲜奶中加入甲醛防腐（加入量为5 ml/L）。

从当地加工厂或市场购置同一批市奶（酸奶）或奶粉，但要确认原料产地。

6.2.9 牧草

采集方法：

考虑牧草地纵横面积情况，划分10个等面积区域。在每个区域中央位置，各取样1~2 kg。采集牧草时不可将土带入，把收集到的牧草样品放入聚乙烯口袋，封口。

6.2.10 家禽、畜

根据与牧草、水体等介质的相关性，选择合适的采样场，首先选择健康的群体，随机选取若干个体。根据监测目的取其整体或可食部分（肉、脂或内脏等）。在取内脏组织作为样品时，不要使内脏破损，汁液流出，并注意保鲜。

作为分析和保存目的，一般采集数千克。若委托采样，应作好相关记录。

一般不可从市场采集，更不能采集加工后的产品（如罐头）。

预处理：将采来样品的可食部分洗净、晾干表面水分，称鲜重并记录。

6.2.11 陆地水生物

以食用鱼类和贝类为淡水生物中的取样对象。在捕捞季节在养殖区直接捕集，或从渔业公司购买确知其捕捞区的淡水生物，不能采集以饵料为主养殖的水产品。

6.2.11.1 样品采集部位

根据目的取其所需部位。整个或可食部分，或者内脏、肌肉等。

6.2.11.2 采集量

包括用作分析和保存在内，一般采集数千克。另外，还要考虑处理和制备过程的干燥物、灰分与鲜料之比，以及所需部位与整体之间的比例。

6.2.11.3 采集用具

一般可委托捕捞，再购入所需样品，若由自己直接捕捞，也需与渔业人员商定。

6.2.11.4 采集方法

a) 鱼类

随着鱼种不同，捕捞期也不同。多数情况下无渔业权者不能捕捞，所以需委托有关部门进行取样。这时，应向受委托部门交待清楚应当详细记录的各项有关内容。

b) 贝类

同鱼类。

6.2.11.5 预处理

a) 鱼类

采集到的样品，在其新鲜时用净水迅速洗净。

直接供分析和测定用的小鱼、鱼苗等全体样品，放入竹篓等器具内，控水10~15 min。大鱼则用纸张之类擦干，去鳞，去内脏，称鲜重（骨肉分离后分别称重）。

分取肌肉、内脏等部位时，注意不要损伤内脏，以免污染其他组织；勿使体液流出，以免引起损失。

b) 贝类

在原水中浸泡一夜，使其吐出泥沙。用刀具取出贝壳中软体部分，称重（鲜重）。

6.2.12 海洋生物

根据海洋生物的不同，取样方法可以分为以下四类：

- 1) 浮游生物：鱼类、乌贼类等浮游生物。
- 2) 底栖生物：贝类、甲壳类、海参类、海星类、海胆类、海绵类底栖生物。
- 3) 海藻类：裙带菜、羊栖菜、石花菜、苔菜、马尾藻、黑海带、褐海带等海藻类。
- 4) 附着生物：淡菜类、牡蛎、海鞘等生息在岩石礁石上的生物。

6.2.12.1 采集部位

全体或可食部分，或者内脏、肌肉等，根据目的不同，采集不同部位。

6.2.12.2 采集量

同淡水生物。

6.2.12.3 采集用具

一般做法是委托取样，然后购入。但必须交待和记录清楚具体要求。若自行取样也得取得相关部门同意和协助。可采用的工具有：

底栖生物：拖网。

海藻类、附着生物：刮土机、钢凿。

6.2.12.4 采集方法

浮游生物：在捕鱼期，随鱼种而定。若委托取样，需交待清楚必须详细记录的内容。

底栖生物：海星类生物需雇用拖网采集。海滨岩石上未利用的贝类，采用凿石钢凿和刮刀。

海藻类：一般委托他人采集，需交待清楚必须详细记录的内容。

附着生物：一般委托他人采集，需交待清楚必须详细记录的内容。

6.2.12.5 预处理

a) 浮游生物：采集到的样品尽量在其新鲜时迅速用净水洗净。其余同淡水生物。

b) 底栖生物、附着生物：同淡水生物。

c) 海藻类：海藻类多数附着在其他动植物上。另外，藻类根部上常常容易附着岩石碎片等杂物，所以要注意把它们除去。用作指示生物时，要直接进行控水。控水以后，称样品重量（鲜重）。

6.2.13 指示生物

作为监测放射性核素用的指示生物，陆上生物有松叶、杉叶、艾蒿、苔藓、菌菇等，海洋生物有紫贻贝、马尾藻等。

6.2.13.1 采集部位

松叶等，原则上采集二年生叶。艾蒿等野草，也以其叶部为样品，茎、花蕾、花、枯叶应去除。

对海洋指示生物，参见海洋生物采集。

6.2.13.2 采集用具和容器

采集用具：乙烯手套、梯子（采集松叶）。

采集容器：聚乙烯口袋。

6.2.13.3 采集方法

采集松叶，为防刺伤，要戴上乙烯手套。选择树高 4 m 以下、树干直径小于 10 cm 的年轻树，并且尚未经过人工修枝。只采集二年生的松叶，共采集 20 kg 左右。

采集艾蒿等野草时，选择上空没有树木覆盖的场所。不要花梗之类，只取新鲜叶子。

苔藓可借助专门工具采集，取整体，不必去除假根，但需去除泥沙。

另外，也可用镰刀、修枝剪刀等采集茎和枝。

6.2.13.4 预处理

采集到的样品，去除枯叶等杂物。把茎和枝等一起带回时，只把叶子选出来。清洗干净。

6.2.14 生物样品的处理

6.2.14.1 样品的干化处理

动物取瘦肉为主，用搅肉机搅碎。置于烤箱中于 200 °C 左右烘干，在烘干过程中可经常翻动，加快烘干速度，烘干后称干重，记录干鲜比。

6.2.14.2 样品的炭化处理

将烘干称重后的样品碾碎，使之尽量细小，加快炭化速度。将炭化温度控制在 450 °C 以下。炭化过程中要注意经常翻动样品，使其受热均匀，防止底面温度过高，造成放射性核素的损失。待样品全部变成结块的焦炭状后，可将其转移至研钵中粉碎再继续加热，当无黑烟冒出时，可认为炭化完全。

6.2.14.3 样品的灰化处理

将炭化好的样品移入马弗炉内灰化。关好炉门，按待检核素所要求的温度灰化，如待测核素包含铯的同位素，则灰化温度不高于 450 °C，直至灰分呈白色或灰白色疏松颗粒状为止。

为了避免某些元素在灰化样品中挥发损失，小样品可采用高频低温灰化法。测量 ^{131}I 时，样品可用 0.5 mol/L 的氢氧化钠浸泡 16 h 后，再进行灰化（在 660 °C 以内灰化，碘几乎不损失）。

取出置于干燥器中，冷却至室温，称重、记录，计算灰鲜（干）比。将样品充分混匀后装入磨口瓶中保存，贴好标签。

6.3 样品的管理

6.3.1 现场记录

6.3.1.1 所有采样过程中记录的信息应原始、全面、翔实，必要时，可用卫星定位、摄像和数码拍照等方式记录现场，以保证现场监测或采样过程客观、真实和可追溯。电子介质存储的记录应采取适当措施备份保存，保证可追溯和可读取，以防止记录丢失、失效或篡改。当输出数据打印在热敏纸或光敏纸等保存时间较短的介质上时，应同时保存记录的复印件或扫描件。

6.3.1.2 采样人员要及时真实地填写采样记录表和样品卡（或样品标签），并签名。记录表和样品卡由他人复核，并签名。保持样品卡字迹清楚，不能涂改。所有对记录的更改（包括电子记录）要全程留痕，包括更改人签字。样品卡不得与样品分开。记录表的内容要尽量详尽，其格式与内容可以随采样类别的不同而不同。

6.3.2 样品的运输

6.3.2.1 样品采集完毕应尽快运输至分析实验室，应采用样品运输车辆专门运输，在法律法规许可条件下可以委托物流公司运送，但必须保证样品不被污染和性状改变。

6.3.2.2 妥善包装，防止样品受到污染，也防止样品破损洒落污染其他样品，特别是水样瓶颈部和瓶盖在运输过程中不应破损或丢失，注意包装材料本身不能污染样品。

6.3.2.3 为避免样品容器在运输过程中因震动碰撞而破碎，应用合适的装箱和采取必要的减震措施。

6.3.2.4 需要冷藏的样品（如生物样品）必须达到冷藏的要求，运输车辆需经特别改装。水样存放点要尽量远离热源，不要放在可能导致水温升高的地方（如汽车发动机、制冷机旁），避免阳光直射。冬季采集的水样可能结冰，如容器是玻璃瓶，则应采取保温措施防止破裂。

6.3.2.5 对于半衰期特别短的样品，要保证运输时间不影响测量。

6.3.2.6 严禁环境样品与放射性水平特别高的样品（如流出物样品）一起运输。

6.3.3 样品的保存

6.3.3.1 经过现场预处理的水样，应尽快分析测定，保存期一般不超过 2 个月。

6.3.3.2 密封后的土壤样品必须在 7 d 内测定其含水率，晾干保存。

6.3.3.3 生物样品在采集和现场预处理后要注意保鲜。牛（羊）奶样品采集后，立即加适量甲醛，防止变质。

6.3.3.4 采集后的样品要分类分区保存，并有明显标识，以免混淆和交叉污染。

6.3.3.5 测量完后的样品，仍应按要求保存相当长一段时间，以备以后复查。对于运行前本底调查样品，以及部分重要样品需要保存至设施退役后若干年（如 10 年）。

6.3.4 样品的交接、验收和领取

6.3.4.1 送样人员、接样人员会同质保人员应按送样单和样品卡信息认真清点样品，接样人员应对样品的时效性、完整性和保存条件进行检查和记录，对不符合要求的样品可以拒收，或明确告知客户（送样人）有关样品偏离情况，并在报告中注明。确认无误后，双方在送样单上签字。

6.3.4.2 样品验收后，存放在样品贮存间或实验室指定区域内，由样品管理人员妥善保管，严防丢失、混淆和污染，注意保存期限。

6.3.4.3 分析人员按规定程序领取样品。

6.3.5 建立样品库

6.3.5.1 监测完成后的样品可入库保存。放射性活度较高的样品由委托单位收回或暂存至城市放射性废物库。

6.3.5.2 进库的样品应为物理化学性质相对稳定的固体环境样品，适合长期保存。

6.3.5.3 样品库应为独立房间，并应防止外界污染，保证安全。样品库的环境条件应满足长期稳定保存样品，根据样品的性质合理分区。

6.3.5.4 样品库由样品管理人员负责，并建立样品保存档案。

7 监测分析方法

7.1 辐射环境监测方法的一般要求

7.1.1 辐射环境监测可以在野外环境中或在实验室中进行，所采用的监测方法应当：

- 1) 仪器设备适合于特定辐射类型和能量的测量；
- 2) 满足最低和最高辐射水平或放射性活度浓度的规定要求；
- 3) 满足测量的介质、点位和频度；适应监测时的环境条件。

7.1.2 用于测量的仪器设备的选择必须考虑使用这些仪器设备所要达到的目的，还必须考虑辐射源在正常运行和应急期间可能释出的放射性核素的量级，如核动力厂可能释放的放射性核素的种类很广，而核燃料生产厂可能释放的放射性核素的种类要少得多，而且不存在短寿命的放射性核素。监测方法的选择和技术要求取决于监测目的。

7.1.3 用于低水平测量的设备和方法，其探测下限（MDC）必须比用于管理或控制的相应放射性核素活度浓度限值（如评价限值、指导水平、导出浓度、参考水平、行动水平、干预水平，具体可参见 GB 18871 或其他特定辐射源的辐射防护环境保护标准）低 1~2 个数量级。如果规定的限值等于或低于本底水平，那么 MDC 能保证测到低于本底水平即可。

7.1.4 采样或监测的频度取决于环境辐射水平或介质中放射性活度浓度随时间的变化情况。浓度的变

化相对不大，如辐射源的源项固定，监测的频次可以低一些。浓度的变化涨落较大或不确定，如核动力厂的气态排放，监测的频次要相对提高，直至连续采样或监测。测量的时间间隔必须与被监测的放射性核素的半衰期相适应。如果气体采样的时间比放射性核素的半衰期还长，可能探测不到这种放射性核素。

7.2 辐射环境监测方法标准

7.2.1 在采用一种监测方法时，要特别注意关键技术指标是否能满足环境监测的需要。大部分放射性核素的测量方法都有国家标准方法，但有些标准并不是为环境监测专用，如某些核素的分析方法。监测标准与测量标准是有区别的，除了探测下限和测量范围可能不同外，前者还包含现场采样/监测的采样方法、点位布设、监测频次、环境条件、运行工况等规范性内容，后者则往往没有。

7.2.2 辐射环境监测方法的标准，应优先选用生态环境主管部门发布的环境监测专用的环境标准；没有环境标准的，使用适合的国家标准；没有国家标准的，选用适合的其他部门行业标准，或适合的国际标准。如果某监测方法只有测量标准，还需补充完善现场采样/监测的采样方法、点位布设、监测频次、环境条件、运行工况等规范性内容，以作业指导书等文件形式予以规范。

7.2.3 初次使用标准方法前，应进行方法验证。包括对方法涉及的人员培训和技术能力、设施和环境条件、采样及分析仪器设备、试剂材料、标准物质、原始记录和监测报告格式、方法性能指标（如刻度曲线、判断限、探测下限、准确度、精密度）等内容进行验证，并根据标准的适用范围，选取不少于一种实际样品进行测定。

7.2.4 使用非标准方法前，应进行方法确认。包括对方法的适用范围、干扰和消除、试剂和材料、仪器设备、方法性能指标（如刻度曲线、判断限、探测下限、准确度、精密度）等要素进行确认，并根据方法的适用范围，选取不少于一种实际样品进行测定。非标准方法应由不少于3名本领域高级职称及以上专家进行审定。环境监测机构应确保其人员培训和技术能力、设施和环境条件、采样及分析仪器设备、试剂材料、标准物质、原始记录和监测报告格式等非标准方法的要求。

7.2.5 方法验证或方法确认的过程及结果应形成报告，并附验证或确认全过程的原始记录，保证方法验证或确认过程可追溯。

7.3 辐射环境监测推荐标准

本标准推荐的辐射环境监测分析方法标准见附录A，监测方法标准还会不断更新和补充。这些监测方法相应的辐射环境监测常用仪器、样品量和典型探测下限见表15。采用其他监测方法的，其探测下限也应与表15基本一致，但随着监测技术的进步，这些参数会有变化，如更小的样品量和更低的探测下限。

表 15 辐射环境监测常用仪器、样品量和典型探测下限

测量项目/介质		测量仪器	样品量	典型探测下限 ^a	单位
³ H	水	液闪谱仪	1~2.5 L	2.0	Bq/L
	水汽氚			25	mBq/m ³
	生物组织自由水氚		叶菜：2 kg	1.0 ^b	Bq/kg（鲜）
	生物有机结合氚		叶菜：8 kg	0.5 ^b	Bq/kg（鲜）
¹⁴ C	空气	液闪谱仪	(3 m ³) 2 g	0.1	Bq/g（碳）
	生物		2 g（灰）	0.1	Bq/g（碳）
总 α、总 β	气溶胶	低本底 α/β 测量仪	10 000 m ³	α: 15; β: 10	μBq/m ³
	沉降物		20 m ² ·d	α: 30; β: 20	mBq/(m ² ·d)
	土壤		100 mg	α: 230; β: 50	Bq/kg
	陆地水		2~5 L	α: 50; β: 30	mBq/L
	生物		100 mg（灰）	α: 230; β: 50	Bq/kg（灰）
	海水		2 L	α: 2; β: 0.8	Bq/L

续表

测量项目/介质		测量仪器	样品量	典型探测下限 ^a	单位
γ 能谱	土壤、沉积物、底泥、潮间带土	γ 能谱仪	300 g (干)	1.0 (¹³⁷ Cs)	Bq/kg (干)
	气溶胶		10 000 m ³	10 (¹³⁷ Cs)	μBq/m ³
	沉降物		20 m ² ·d	3.0 (¹³⁷ Cs)	mBq/(m ² ·d)
	生物		20 kg (鲜)	10 (¹³⁷ Cs)	mBq/kg (鲜)
	淡水		30 L	3.0 (¹³⁷ Cs)	mBq/L
	海水				
⁹⁰ Sr	气溶胶	低本底 α/β 测量仪	10 000 m ³	2.0	μBq/m ³
	沉降物		20 m ² ·d	1.0	mBq/(m ² ·d)
	水		10 L	1.0	mBq/L
	生物		10 g (灰)	2	mBq/g (灰)
	土壤、沉积物、潮间带土		50 g	0.5	Bq/kg
¹³⁷ Cs	水	低本底 α/β 测量仪	40 L	0.5	mBq/L
	牛奶	γ 能谱仪	1 L	100	mBq/L
¹³¹ I	空气	γ 能谱仪	100 m ³	炭盒: 2.0	mBq/m ³
			10 000 m ³	滤纸: 0.5	
	牛奶	低本底 α/β 测量仪	4 L	5.0	mBq/L
	水		10 L	4.0	mBq/L
	生物		250 g	2.0	mBq/g (灰)
气溶胶	γ 能谱仪	10 000 m ³	5.0	mBq/m ³	
U	气溶胶	激光、荧光铀分析仪	10 000 m ³	1×10 ⁻⁴	μg/m ³
	沉降物		10 m ² ·d	0.3	μg/(m ² ·d)
	土壤		1 g	0.5	μg/g
	生物		0.5 g (灰)	0.03	μg/g (灰)
	地表水		5 ml	0.05	μg/L
	海水		5 ml	0.2	μg/L
Th	水	分光光度计	2 L	0.05	μg/L
	海水		5 L	0.05	μg/L
Pu	水	α 谱仪	50 L	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu: 1.0×10 ⁻²	mBq/L
		质谱仪	20 L	²³⁹ Pu: 0.6; ²⁴⁰ Pu: 1.0	μBq/L
	土壤、沉积物	α 谱仪	30 g	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu: 1.5×10 ⁻²	mBq/g
		质谱仪	2 g	²³⁹ Pu: 2.5; ²⁴⁰ Pu: 8.5	mBq/kg
生物	α 谱仪	2 g (灰)	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu: 1.0×10 ⁻³	Bq/g (灰)	
²²⁶ Ra	淡水	氡钍分析仪低本底	2 L	4.0	mBq/L
	海水	α/β 测量仪	4 L		
²¹⁰ Po	水	α 谱仪	5 L	1.0	mBq/L
	气溶胶		10 000 m ³	10	μBq/m ³
	生物		10 g (干)	0.1	mBq/g (干)
²¹⁰ Pb	水	低本底 α/β 测量仪	5 L	2.0	mBq/L
	生物		10 g (灰)	1	mBq/g (灰)
	气溶胶	γ 能谱仪	10 000 m ³	20	μBq/m ³
⁴⁰ K	水	原子吸收分光光度计	500 ml	1.0	mBq/L
环境 γ 辐射空气吸收剂量率	实时连续监测	γ 剂量率仪	—	10	nGy/h
	瞬时测量		—	10	nGy/h
	累积剂量	热释光剂量仪	—	10	μGy

续表

测量项目/介质		测量仪器	样品量	典型探测下限 ^a	单位
氦及其子体	空气	测氦仪	11 L/min	²²² Rn: 0.3	Bq/m ³
				²²² Rn 子体: 5.7	nJ/m ³
氦析出率	空气	氦析出率仪	150 L/h	0.004	Bq/(m ² ·s)

^a 探测下限与测量仪器的效率、仪器的本底计数率、样品取样量和测量时间等参数相关, 针对不同的测量目的和测量要求, 实际测量中的探测下限会跟本表所示典型探测下限有所差异, 通常本底调查中的探测下限应优于本表的给定值。
^b 根据水氡的探测下限和典型的生物样品成分计算得到。

8 数据处理与结果表示

8.1 有效数字和数值修约

有效数字和数值修约执行 GB/T 8170 和相关监测标准方法的有关规定, 一般可遵守以下原则:

a) 在计算过程中多保留一位或几位有效数字。

b) 一个有 n 位有效数字的监测结果, 它的相对误差限的范围为 $5 \times 10^{-(n+1)} \sim 5 \times 10^{-n}$ 。监测结果的有效数字位数反映的相对误差限要与测量值的相对误差相当, 一般取 2~3 位, 同时有效数字所能达到的数位不能超过探测下限有效数字所能达到的数位。

c) 不确定度一般取 1~2 位有效数字, 同时监测结果末位与不确定度末位要对齐。

8.2 判断限和探测下限

8.2.1 判断限和探测下限计算

样品中核素活度浓度的判断限 (MSC) 和探测下限 (MDC) 的计算参见 IAEA/AQ/48, 一般也可按照公式 (4) 和公式 (5) 计算:

$$MSC = \frac{K_{\alpha} \sqrt{N_s + N_b}}{w} \quad (4)$$

$$MDC = (K_{\alpha} + K_{\beta}) \frac{\sqrt{N_s + N_b}}{w} \quad (5)$$

式中: MSC——样品中核素活度浓度的判断限;

K_{α} ——犯第一类错误的概率为 α 时的标准正态分布上侧分位数, K_{α} 取值见表 16;

N_s ——样品总计数;

N_b ——本底计数;

w ——换算因子;

MDC——样品中核素活度浓度的探测下限;

K_{β} ——犯第二类错误的概率为 β 时的标准正态分布上侧分位数, K_{β} 取值见表 16。

换算因子 w 包括探测效率、化学回收率/ γ 射线发射概率、样品质量、样品体积、测量时间及其他参数, 一般可按照公式 (6) 计算:

$$w = m \cdot \varepsilon \cdot \rho \cdot D \cdot t \quad (6)$$

式中: w ——换算因子;

m ——样品质量或体积;

ε ——探测效率;

ρ ——化学回收率或 γ 射线发射概率, 核素相关参数可参考国际度量衡局 (BIPM) 发布的最新版

本放射性核素表；

D ——衰变修正因子，包括采样衰变修正因子、放置时间衰变修正因子、测量过程衰变修正因子，具体计算方法可参见 HJ 1127；

t ——测量时间。

对于低活度测量，考虑样品总计数 N_s 可以和本底计数 N_b 相比拟；并考虑 $\alpha=\beta=0.05$ ，即 $K_\alpha=K_\beta=1.645$ ，置信度为 95%，此时 MSC 和 MDC 可按照公式（7）和公式（8）计算：

$$MSC = \frac{2.33\sqrt{N_b}}{w} \quad (7)$$

$$MDC = 2MSC = \frac{4.66\sqrt{N_b}}{w} \quad (8)$$

式中：MSC——样品中核素活度浓度的判断限；

N_b ——本底计数；

w ——换算因子；

MDC——样品中核素活度浓度的探测下限。

8.2.2 在给出判断限和探测下限时，应适当注明测量条件，如测量仪器主要性能、化学回收率/ γ 射线发射概率、测量时间、样品体积、样品质量、本底及可能存在的干扰成分等。

8.2.3 当测量值小于判断限时，表示本次测量未探测到样品中存在放射性；当测量值大于等于判断限，且小于探测下限时，表示本次测量可探测到样品中存在放射性，但其相对不确定度较大。

表 16 常用 K 值表

α 或 β	$1-\alpha$ 或 $1-\beta$	K (K_α 或 K_β)
0.02	0.98	2.054
0.05	0.95	1.645
0.10	0.90	1.282
0.20	0.80	0.842
0.50	0.50	0

8.3 小于探测下限数据的处理

8.3.1 一个样品重复测量时，不管测量值是否小于探测下限（甚至净计数小于零）都应取其实际测量值参与平均。

8.3.2 计算不同点位（断面）或不同时段样品测量值的平均值时，若测量值大于等于判断限，不管其是否小于探测下限都应尽可能取其实际测量值参与平均，若测量值小于判断限，一般可取其判断限值参与平均。当样品数较多，如大于 15，且小于判断限的样品数所占比例不大时，如小于 1/3，可采用概率纸作图法，依据大于判断限的测量值的分布特性求均值，概率纸作图法参见 GB/T 4882。

8.3.3 在给出含有小于探测下限的统计结果（如范围、平均值）时，应同时说明小于判断限和小于探测下限的测量值是如何参与统计的，以及相应的小于判断限和小于探测下限的测量值在全部测量值中的比例。

8.4 可疑数据的判断与处理

8.4.1 可疑数据的判断和处理一般可采用 Grubbs 检验法、Dixon 检验法、 3σ 准则等，其中 3σ 准则适用的样本容量至少不应小于 6。检验方法参见 GB/T 4883。

8.4.2 当出现可疑数据时，应分析查找原因，原因不明的可疑数据不应随意剔除。对可疑数据，首先应采取留存样品再测量、重新采样复测、质控样品测量、比对测量、样品外检等质控手段来识别数据的

有效性；并进一步对自然现象、周围环境变化、核试验、核技术利用、天然放射性物质利用、核设施运行、核与辐射事故等影响开展调查。

8.5 数据分析

8.5.1 对比分析包括同一时段不同点位（断面）或区域（流域）间评价项目的空间对比分析、同一点位（断面）或区域（流域）不同时段评价项目的时间对比分析、与某一设定值（如本底值或管理限值）的对比分析等，执行 GB/T 4889，此外也可使用置信区间法，置信区间计算及判定方法见附录 B。

8.5.2 趋势分析包括同一点位（断面）或区域（流域）多时段评价项目与时间序列的相关性分析等。一般可使用 Spearman 秩相关系数法、Kendall 秩相关系数法等。Spearman 秩相关系数计算及判定方法见附录 C。

8.6 宇宙射线响应值的扣除

8.6.1 环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测中宇宙射线响应值的扣除

a) 在测量环境 γ 辐射空气吸收剂量率时，仪器读数中包含探测器对宇宙射线电离成分的响应值，不同类型探测器的宇宙射线响应值差别较大，在监测结果中应予扣除，否则监测结果无法比较，也不能进行剂量评价。扣除该响应值的方法是在广阔的淡水湖（库）水面上，要求水深大于 3 m，距岸边大于 1 km，按照 GB/T 14583 的要求进行测量，水面上仪器多次读数的平均值为 \dot{X}_c ，读数次数至少为 10 次，由于湖库水体基本屏蔽了地球的陆地 γ 辐射， \dot{X}_c 近似等于测量仪器对宇宙射线的响应值（ \dot{X}_c 中还包含仪器自身本底、水中天然放射性核素产生的 γ 射线、空气中氦、钍子体的 γ 射线等影响，但对于本标准中的环境监测应用，其影响可以忽略，必要时可专门研究）。可使用检验源检查仪器的效率因子，效率因子 $E_f=A_0/A$ ，其中 A_0 、 A 分别是检定/校准时和测量当天检验源的净计数（计数时间相同），如 $0.9 \leq E_f \leq 1.1$ ，可开展宇宙射线测量，否则仪器应重新校准。

b) 在实际环境监测中，测点的海拔高度、经纬度与湖（库）水面一般不同，应对湖（库）水面测得的 \dot{X}_c 进行修正，得到测点处仪器对宇宙射线的响应值 \dot{X}'_c 。修正方法见附录 D。如果测点的海拔高度、经纬度与湖（库）水面相差不大：海拔高度差别 ≤ 200 m，经度差别 $\leq 5^\circ$ ，纬度差别 $\leq 2^\circ$ ，可以不进行 \dot{X}_c 修正，即 $\dot{X}'_c = \dot{X}_c$ 。

c) 在测量环境 γ 辐射空气吸收剂量率时，监测结果 \dot{D} 按公式（9）进行宇宙射线响应的扣除：

$$\dot{D} = C_f (E_f \dot{X} - \mu_c \dot{X}'_c) \quad (9)$$

式中： \dot{D} ——环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测结果；

C_f ——仪器量程检定/校准因子，由法定计量部门检定或校准时给出；

E_f ——仪器检验源效率因子。 $E_f=A_0/A$ ，其中 A_0 、 A 分别是检定时和测量当天检验源的净计数，如仪器无检验源，则该值取 1；

\dot{X} ——现场监测时仪器 n 次读数的平均值， $n \geq 10$ ；

μ_c ——建筑物对宇宙射线带电粒子和光子的屏蔽因子，楼房取值为 0.8，平房取值为 0.9，原野、道路取值为 1；

\dot{X}'_c ——测点处仪器对宇宙射线的响应值。

d) 对于未进行宇宙射线响应扣除的环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测数据，不能直接进行剂量评价，也不能进行不同仪器之间的比对，仅限于同一台仪器不同时段监测数据的比较。

e) 环境 γ 辐射空气吸收剂量率监测仪器的宇宙射线响应测量一般每年开展一次。

8.6.2 环境 γ 辐射累积剂量监测中宇宙射线响应值的扣除

a) 通常用热释光（TLD）测量环境 γ 辐射累积剂量，热释光剂量片（计）在野外环境布放期间，无法避免宇宙射线电离成分的辐射，热释光读出器的测量值中包含宇宙射线响应值，不同类型剂量片的

宇宙射线响应值有所不同，为了使不同类型剂量片测得的环境 γ 辐射累积剂量的结果可以比较，也方便用来剂量评价，应当扣除宇宙射线响应值，即可消除由不同剂量片的宇宙射线响应值不同带来的差异。扣除的方法如下：

采用与环境监测时同样的热释光剂量片，经辐射照射选出批均匀性在 $\pm 3\%$ 以内的片子，数量至少 50 片。将这批热释光剂量片退火后分组装入具有防水、防潮、防尘的密封盒内，并装入运输铅罐中，快速运至 8.6.1 中选定的淡水湖（水库）水面上布放（如固定浮标），布放点水深大于 3 m，距岸边大于 1 km，布放时间至少 3 个月。收样时也要将热释光剂量片装入铅罐，立即运回实验室用热释光读出器测量，这批热释光剂量片的测量均值（去除离群数据后的平均值，不用刻度校正）为 X_c ， X_c 近似等于该剂量片在水面布放期间的宇宙射线累积响应值（注意该值还包含了热释光剂量片的自身本底、水中天然放射性核素产生的 γ 射线、水面上空气中氡、钍子体的 γ 射线等影响，份额占比大约为 10%，本标准中的环境监测应用可以忽略；如需进一步扣除，可采用现场高纯锗谱仪测出这些核素活度浓度后换算成相应的剂量值）。

b) 在实际环境监测中，热释光布放点位的海拔高度、经纬度与上述湖（库）水面不同，应对湖（库）水面测得的 X_c 进行修正，得到实际布放点处的热释光剂量片的宇宙射线累积剂量响应值 X'_c ，修正方法见附录 D。如果布放点位的海拔高度、经纬度与湖（库）水面相差不大，海拔高度差别 ≤ 200 m，经度差别 $\leq 5^\circ$ ，纬度差别 $\leq 2^\circ$ ，可以不进行 X_c 修正，即 $X'_c = X_c$ 。

c) 在环境 γ 辐射累积剂量监测时，监测结果 D 按公式（10）进行宇宙射线响应的扣除：

$$D = C_f \left(X - \frac{T}{T_c} X'_c \right) \quad (10)$$

式中： D ——环境 γ 辐射累积剂量监测结果；

C_f ——热释光剂量片的刻度因子，由法定计量部门校准时给出；

X ——实际监测时某一布放点各剂量片测量读数的平均值；

T ——实际监测时的布放时长；

T_c ——水面上的布放时长；

X'_c ——实际布放点处热释光剂量片的宇宙射线累积剂量响应值。

d) 对于未进行宇宙射线响应扣除的环境 γ 辐射累积剂量监测数据，不能直接进行剂量评价，不同类型热释光剂量片的监测数据也不能互相比对，仅限于同一类型热释光剂量片监测数据的比较。

e) 热释光剂量片的宇宙射线响应值的测量工作，一般 1~2 年开展一次。

8.7 测量不确定度评定与表示

8.7.1 测量不确定度的要求

测量不确定度的评定、表示和使用执行 GB/T 27418 的相关规定。不同的监测项目和监测对象均应建立特定的测量不确定度评定方法。下列情况下，适用时，应给出监测结果的不确定度：

a) 当监测方案（包括质量保证方案）、监测方法标准或其他技术规范已明确要求报告时。

b) 当监测项目委托方要求时。

c) 当测量不确定度影响有关评价标准（如评价限值、导出限值、参考水平、干预水平、行动水平等）评判时。

d) 能力验证、比对测试或质量控制考核、质量保证样品分析时。

鼓励监测机构在可能的情况下开展测量不确定度评定。

8.7.2 测量不确定度的评定

8.7.2.1 合成标准不确定度计算

样品中核素活度浓度 AC 的合成标准不确定度 $u_c(AC)$ 采用“方和根”法，按照公式（11）计算：

$$u_c(AC) = AC \times \sqrt{\sum_i u_{ir}^2} \quad (11)$$

式中： $u_c(AC)$ ——样品中核素活度浓度 AC 的合成标准不确定度；

AC ——样品中核素活度浓度；

u_{ir} ——相对不确定度分量，一般包括计数、刻度源、探测效率、化学回收率、发射概率、衰变修正、样品质量、样品体积等。

8.7.2.2 扩展不确定度计算

扩展不确定度 U 按照公式 (12) 计算：

$$U = k \times u_c(AC) \quad (12)$$

式中： U ——样品中核素活度浓度 AC 的扩展不确定度；

k ——包含因子，一般取 2，相应的包含概率约为 95%；

$u_c(AC)$ ——样品中核素活度浓度 AC 的合成标准不确定度。

8.8 监测结果报告和表示

8.8.1 监测结果报告

a) 环境 γ 辐射空气吸收剂量率测量，报出的监测结果应扣除仪器对宇宙射线电离成分的响应值。

b) 环境介质中 ^3H 测量，应报出介质中 ^3H 的活度浓度结果，并应同时报出样品所含水中 ^3H 的活度浓度结果；有机氚测量，应同时报出有机氢转化成的水中 ^3H 的活度浓度结果。

c) 环境介质中 ^{14}C 测量，应报出介质中 ^{14}C 的活度浓度结果，并应同时报出样品所含碳中 ^{14}C 的活度浓度结果。

d) 生物样品应报出鲜样活度浓度结果，并应同时报出灰样活度浓度和灰鲜比。

e) 对于辐射环境质量监测，可以把干沉降和湿沉降的测量结果合计报告。

8.8.2 监测结果表示

a) 监测结果应采用法定计量单位。

b) 当测量值大于探测下限时，监测结果一般表示为测量值、相应的扩展不确定度和包含因子，包含因子一般取 2，并注明不确定度的主要来源。若某些不确定度分量的评定困难时，可仅给出计数扩展不确定度。

c) 当测量值小于探测下限时，监测结果表示为“<MDC”，并注明探测下限值。

d) 平行样或留样复测的测量值在允许偏差范围内时，用其平均值表示监测结果。

9 质量保证

9.1 一般规定

辐射环境监测质量保证的一般规定参见 GB 8999。

9.2 质量保证目的

质量保证分为内部质量保证和外部质量保证。内部质量保证主要向管理者提供信任；外部质量保证主要向客户或公众提供信任，使其确信结果是准确可靠的。对于辐射环境监测来说，质量保证的目的是把监测的误差降低到可接受的程度，保证监测结果真实反映采样和监测时的环境放射性水平。

9.3 质量保证内容

质量保证的基本内容包括严密的组织、文件化管理、规范化操作、有效的控制四个方面。

9.3.1 严密的组织

组织机构分工明确，有管理人员、技术人员，赋予其相应权力，确保其行使权力时必需的资源，并对监测人员有充分的监督。作为一个辐射环境监测机构，完整的组织结构包括管理层、技术负责人、质量负责人、授权签字人、监测人员、质量监督人员、样品管理员、设备管理员等，并对各层次人员赋予相应的权力和资源。

9.3.2 文件化管理

文件包括质量要求文件和质量证明文件。

质量要求文件主要由管理体系文件组成，包括质量手册、程序文件、作业指导书、记录表格，以及外来文件等。它是辐射环境监测的质量立法，是将行之有效的质量管理手段和方法规范化，使各项质量活动有法可依，有章可循。

质量证明文件是依据质量要求文件内容完成的活动及其结果提供客观证据的文件，是辐射环境监测获得的质量水平和质量体系中各项活动结果的客观反映，分为质量记录和技术记录，包括人员培训考核记录、仪器设备检定/校准证书、监测过程质量控制记录、样品分析测量结果报告及原始记录等。

9.3.3 规范化操作

全部监测活动都应有程序文件加以规定，并严格遵照执行。所有用于辐射环境监测的方法均应参照现行有效的相关标准，包括采样、分析测量、数据处理与报告等，所参照标准在操作中不够详细或个别条款不适合的，应建立对应的作业指导书，相关人员应熟练掌握，严格遵照执行。

9.3.4 有效的控制

有效的控制是使监测过程处于受控状态，以达到质量要求所采取的作业技术活动。在辐射环境监测中，其作用是识别从采样、制样，到分析测量、数据处理、结果报告的全过程中造成缺陷的一些操作，以便采取有效措施。在控制技术中，统计技术是识别、分析和控制异常变化的重要手段。如：质量控制图，可参见 GB/T 17989.2。

9.3.5 质量保证计划

在制定辐射环境监测方案的同时，应制定相应的质量保证计划，质量保证计划通常需覆盖监测的全过程。一般来说，制定质量保证计划应满足：

- a) 明确单位的组织架构、职责、权力层次和对应管理接口，以及工作内容和能力；解决所有的管理措施，包括规划、调度和资源。
- b) 建立并宣贯工作流程和程序。
- c) 满足辐射环境监测的监管要求。
- d) 使用合适的采样和测量方法，选择合适的设备及其文件记录，包括对设备和仪器进行恰当的维护、测试和校准，保证其能正常运行。
- e) 选择合适的环境介质采样和测量的地点及采样频度。
- f) 使用的校准标准可追溯至国家标准或国际标准。
- g) 有审查和评估监测方案整体效能的质量控制机制和程序（任何偏离正常程序的行为均应记录），必要时进行不确定度分析。
- h) 参加能力验证或实验室间比对。
- i) 满足记录及存档的规定要求。
- j) 培训从事特定设备操作的人员，使其拥有相应的资格（根据管理需要）。

质量保证计划须满足监管部门为辐射环境监测质量保证所规定的作为最低限度的基本通用要求。另一方面，监管部门应定期对辐射环境监测机构进行独立审查，如实验室认可或资质认定，但通过认可或

认定并不等同于监测机构具备充分的质量保证工作。

9.4 监测方案的质量保证要求

9.4.1 监测方案内容

应对监测任务制定监测方案，监测方案一般包括：监测目的和要求、监测点位、监测项目和频次、样品采集方法 and 要求、监测分析方法和依据、质量保证要求、监测结果评价标准、监测计划安排、提交报告时间等。对于常规、简单和例行的监测任务，监测方案可简化。

9.4.2 质量保证要求

对监测方案实施质量保证的目的是为保证监测结果反映环境真实水平的可靠性提供客观依据。由于监测结果被各种条件和因素影响，使得某一地区、某一时间采集的样品获得的监测结果未必反映当地当时的环境真实水平。因此，在制订辐射环境监测方案时，要求同时制订质量保证计划（方案），应有涉及监测活动全过程的质量保证措施。

9.5 监测人员素质要求

a) 监测机构应保证人员数量及其专业技术背景、工作经历、监测能力等与所开展的监测活动相匹配，中级及以上专业技术职称或同等能力的人员数量应不少于监测人员总数的 15%。

b) 监测人员应具备良好的敬业精神和职业操守，认真执行国家生态环境和其他有关法规标准。坚持实事求是、探索求真的科学态度和踏实诚信的工作作风。

c) 从事辐射环境监测人员应接受相应的教育和培训，具备与其承担工作相适应的能力，掌握辐射防护基本知识，掌握辐射环境监测操作技术和质量控制程序，掌握数理统计方法。

d) 从事辐射环境监测人员应具备一定的专业技术水平，持证上岗。

9.6 计量器具的检定/校准和核查

9.6.1 计量器具的检定/校准

所有监测仪器应在国家计量部门或其授权的校准机构检定/校准或定期自行检定/校准，并确保在有效期内使用；校准因子应准确使用；仪器检修后需重新检定/校准。计量器具的检定/校准周期应按检定规程/校准规范执行，性能长期稳定的仪器经验证后，在实际使用中可适当延长校准周期。

9.6.2 计量器具的定期核查

为保证监测数据的准确可靠，计量器具应定期核查，核查周期的长短取决于其可靠程度、故障率等因素。核查方法可自行确定，可选取个别关键指标进行核查，操作应方便快捷，核查结果应能确定仪器是否适用，但不宜用于修正仪器的校准因子，除非监测方法另有规定。如核查误差超过 15% 时（监测方法规定了误差要求的，以监测方法规定为准），仪器应停用，检查原因，重新检定/校准。

仪器设备应实行标识管理。

9.7 监测方法的选用

应满足检验检测机构资质认定的要求，原则上选用本规范第 7 章推荐的标准分析方法。

9.8 采样质量保证

严格按本规范第 6 章的要求进行布点、采样和样品管理。

9.9 实验室内分析测量的质量控制

9.9.1 实验室基本要求

实验室建立并严格执行的规章制度应包括但不限于：监测人员岗位责任制；实验室安全防护制度；仪器管理使用制度；放射性物质管理使用制度；原始数据、记录、资料管理制度等。实验室应保持整洁、安全的操作环境，应有正确收集和处置放射性“三废”的措施，严防交叉污染。

实验室应设有操作开放型放射性物质的基本设施和辐射防护的基本设备。

9.9.2 放射性标准物质及其使用

9.9.2.1 放射性标准物质

- a) 经国家计量主管部门发放或认定的放射性标准物质。
- b) 具备相应能力的标准物质生产者提供并声明计量溯源至国际标准（SI）的放射性标准物质。
- c) 某些天然放射性核素标准物质可通过高纯度化学物质制备。如总 β 或 γ 能谱仪测量的 ^{40}K 标准物质可用优级纯氯化钾制备。

9.9.2.2 放射性标准物质的使用

使用标准溶液配制工作溶液时，应记录详细，制备的工作溶液形态和化学组成应与待测样品相同或相近。

使用高活度标准溶液时，应防止其对低本底实验室的沾污。

9.9.2.3 放射性标准物质的期间核查

标准物质在使用期间应按计划定期开展期间核查，如果在核查中发现标准物质发生特性改变，应立即停止使用，并追溯对之前监测结果的影响。核查方式包括检测质控样品、与上一级或同级的标准物质比对、送检定/校准机构确认、实验室间比对、测量能力验证样品、质控图趋势检查等。

9.9.3 放射性测量装置的性能检验

应按仪器使用要求对放射性测量系统的工作参数（本底、探测效率、分辨率和能量响应等）进行检验，测量系统发生某些可能影响工作参数的改变，作了某些调整或长期闲置后，必须进行性能检验。当发现某参数超出预定的控制值时，应进行适当的校正或调整。

9.9.3.1 对低本底测量装置的检验

放射性计数装置的计数满足泊松分布是其工作正常的必要条件，应定期进行泊松分布检验。泊松分布检验的频次不低于1次/年。新仪器使用前或仪器检修后首次使用前应作泊松分布检验。检验方法和步骤见附录E。

9.9.3.2 长期可靠性检验

收集正常工作条件下一定时间内（如一年）等时间间隔测量的20个以上本底或效率测量值，计算平均值和标准差，绘制质控图。之后每收到一个相同测量条件下的新数据，将其点在图上，如果它落在中心线（平均值）附近、上下警告线（平均值 ± 2 倍标准差）之内，表示测量装置工作正常，如果它落在上下警告线和上下控制线（平均值 ± 3 倍标准差）之间，表示测量装置工作虽正常，但有失控可能，应引起重视，如果它落在控制线之外，表示装置可能出了一些故障，但不是绝对的，此时需要立即进行一系列重复测量，予以判断和处理，如果大多数点子落在中心线的同一侧，表明计数器的特性出现了缓慢的漂移，需对仪器状态进行调整，重新绘制质控图。

9.9.4 分析过程的质量控制

实验室内质量控制通过质量控制样品实施，质量控制样品一般包括平行样、加标样和空白样。质量

控制样品的组成应尽量与所测量分析的环境样品相同，其待测组分浓度尽量与待测的环境样品相近，且波动不大。

9.9.4.1 空白实验值

一次至少平行测定两个空白实验值，平行测量的相对偏差一般不得>50%，空白实验值一般应低于方法探测下限。

9.9.4.2 平行双样

有质量控制样并绘有质控图的项目，应根据分析方法和测定仪器的精度、样品的具体情况以及分析人员的水平，随机抽取 10%~20% 的样品进行平行双样测定。当同批样品数量较少时，应适当增加双样测定率。将质量控制样的测定结果点入质量控制图中进行判断。无质量控制样和质控图的监测项目，应对全部样品进行平行双样测定。环境样品平行双样相对偏差不得大于标准分析方法规定的 2 倍，若标准分析方法无此规定或规定的指标不适合时，环境样品平行双样相对偏差应按照表 17 所列控制指标执行。若平行双样的相对偏差在允许范围内，测定结果取其均值；若平行双样的相对偏差超出允许范围，在样品允许的保存期内，加测一次，取符合相对偏差质控指标的平行双样均值作为测定结果。若加测的平行双样相对偏差仍超出允许范围，则该批次监测数据失控，应予以重测。

表 17 平行样和留样复测相对偏差控制指标

质控措施	监测项目	分析方法	监测对象	样品活度浓度	相对偏差控制指标 ^{a、b} /%
平行双样	总 α	放化分析	水	≤0.1 Bq/L	40
				>0.1 Bq/L	30
		放化分析	气溶胶	≤0.1 mBq/m ³	30
				>0.1 mBq/m ³	20
		放化分析	沉降物	≤0.3 Bq/(m ² ·d)	30
				>0.3 Bq/(m ² ·d)	20
	总 β	放化分析	水	≤0.15 Bq/L	30
				>0.15 Bq/L	20
		放化分析	气溶胶	—	20
	放化分析	沉降物	—	20	
	U	放化分析	水	≤0.5 μg/L	30
				>0.5 μg/L	20
		放化分析	气溶胶	—	20
		放化分析	土壤	—	20
	Th	放化分析	水	—	30
	²²⁶ Ra	放化分析	水	—	30
	⁹⁰ Sr	放化分析	水	≤2.0 mBq/L	40
				>2.0 mBq/L	30
		放化分析	土壤	≤0.5 Bq/kg	40
				>0.5 Bq/kg	30
放化分析		气溶胶	≤1 μBq/m ³	40	
			>1 μBq/m ³	30	
放化分析	沉降物	—	30		

续表

质控措施	监测项目	分析方法	监测对象	样品活度浓度	相对偏差控制指标 ^{a、b} /%
平行双样	¹³⁷ Cs	放化分析	水	—	40
		放化分析	气溶胶	≤1 μBq/m ³	40
				>1 μBq/m ³	30
	放化分析	沉降物	—	30	
	³ H	放化分析	水、水蒸气、生物（组织自由水）	—	30
	¹⁴ C	放化分析	空气、生物	—	30
	²¹⁰ Po	放化分析	水	≤5 mBq/L	30
				>5 mBq/L	20
	放化分析	气溶胶	—	20	
			—	20	
	²¹⁰ Pb	放化分析	水	≤5 mBq/L	40
				>5 mBq/L	30
	放化分析	气溶胶	—	20	
			—	20	
	²³⁸ U	γ能谱分析	土壤	≤50 Bq/kg	40
>50 Bq/kg				30	
¹³⁷ Cs	γ能谱分析	土壤	≤2 Bq/kg	40	
			>2 Bq/kg	30	
⁴⁰ K	γ能谱分析	土壤	—	20	
²²⁸ Ra	γ能谱分析	土壤	—	20	
留样复测	⁷ Be	γ能谱分析	气溶胶	≤0.5 mBq/m ³	15
				>0.5 mBq/m ³	10
	γ能谱分析	沉降物	—	18	
			—	18	
	²¹⁰ Pb	γ能谱分析	气溶胶	≤1 mBq/m ³	30
>1 mBq/m ³				20	
⁴⁰ K	γ能谱分析	生物	—	10	
^a 相对偏差% = $\frac{C_A - C_B}{C_A + C_B} \times 100\%$ ，式中：C _A 、C _B 分别为两次测定结果。 ^b 该控制指标仅适用于测值高于探测下限的样品。					

9.9.4.3 加标回收率

根据分析方法、测定仪器、样品情况和操作水平，随机抽取 10%~20%的样品进行加标回收率测定，加标量一般为样品活度的 1~3 倍。加标回收率应满足下列条件：

a) 监测项目具备准确度控制图的，应结合控制图判断测定结果；无此质控图者其测定结果不得超出监测分析方法中规定的加标回收率范围。

b) 监测分析方法无规定或规定的指标不适合时，则环境样品加标回收率一般控制在 80%~120%。

9.9.4.4 密码样分析

由质控人员使用标准样品/标准物质作为密码质量控制样品，或在随机抽取的常规样品中加入适量标准样品/标准物质制成密码加标样，交付分析测量人员进行测定。如果质量控制样品的测定结果在给定的不确定度范围内，则说明该批次样品测定结果受控。反之，该批次样品测定结果作废，查找原因，纠正后重新测定。

9.9.4.5 留样复测

采用合适的方法保存稳定性较好的已测样品用于留样复测，两次测量结果比较，以评价该样品测定结果的可靠性。常见留样复测相对偏差控制指标见表 17。

9.9.5 方法比对或仪器比对

用不同的方法或仪器对同一样品或同一测量对象进行比对测量分析，以检验测量结果的一致性。

9.10 实验室间的质量控制

实验室间质量控制的目的是为了检查各实验室是否存在系统误差，确定误差来源，提高实验室的监测分析水平。辐射环境监测机构应通过资质认定和（或）实验室认可，并按照国家资质认定管理部门的要求参加能力验证活动，除此之外还可通过以下方式加强质量控制。

9.10.1 统一分析方法

为减少各实验室的系统误差，使监测数据具有可比性，实施环境监测及质量控制时，推荐使用统一的分析方法。

对各实验室，应以统一方法中规定的探测下限、精密度和准确度为依据，控制和评价实验室间的分析质量。

9.10.2 实验室质量考核

由国家生态环境主管部门指定的实验室负责实验室质量考核，根据考核项目的具体情况和有关内容制定实施方案，考核方案一般应包括考核范围、考核项目、时间计划、考核要求以及结果评定方法。各监测项目每3~5年应至少通过一次权威机构组织的实验室间比对、能力验证或其他形式的考核。考核结果不合格时，应及时整改并实施纠正措施。

9.10.3 实验室间比对

为检查实验室间是否存在系统误差，还可不定期组织有关实验室进行比对或参加权威机构的能力验证，要对比对或能力验证的结果进行评估，结果不满意时，应及时整改并实施纠正措施。

9.11 数据处理中的质量控制

9.11.1 数据记录

样品从采样、运输、预处理、分析测量到结果计算的全过程，必须按规定的格式和内容，清楚、详细、准确地记录，不得随意涂改。

9.11.2 数据校核

进行分析数据之前，应对原始数据进行必要的整理和校核。由校核人员逐一校核原始记录是否符合相关规范的要求，若有计算或记录错误，应反复核算后予以订正。

9.11.3 数据审核

审核人员应对数据的准确性、逻辑性、可比性和合理性进行审核。审核由二人独立进行或由未参与分析测量的人员进行核算。

9.11.4 数据保存

监测任务合同（委托书/任务单）、原始记录、报告审核记录、监测报告、质量保证计划及其核查等资料应归档保存。辐射环境质量监测的资料应长期保存，核设施监督性监测数据保存期限一般应为核设施停止运行后十年至几十年。

在保证安全性、完整性和可追溯的前提下，可使用电子介质存储的报告和记录代替纸质文档归档保存。

10 辐射环境监测报告的编写

10.1 辐射环境监测报告的分类

10.1.1 对于个别样品或个别现场的辐射环境监测，编制简单的监测报告（表）即可。监测报告的格式参见附录 F。

10.1.2 对于辐射环境质量监测、重要辐射源的辐射环境监测，需编制详细的辐射环境监测报告（书）。辐射环境监测报告（书）可按年度或其他时间频次编写。

10.1.3 辐射环境监测报告（书）按时间一般分为年度辐射环境监测报告（书）和五年辐射环境监测报告（书），按监测内容分为辐射环境质量报告和辐射源周围辐射环境监测报告。

10.2 辐射环境监测报告（书）的构成要素

辐射环境监测报告（书）构成要素见表 18。

表 18 辐射环境监测报告（书）构成要素

要素类型		是否必备 (辐射环境质量报告)	是否必备 (辐射源周围辐射环境监测报告)
结构要素	封面	是	是
	内封	是	是
	前言	是	是
	目录	是	是
概况	环境概况	是	否
	设施概况	否	是
	监测方案	是	是
	质量保证	是	是
	评价方法	是	是
监测结果及评价		是	是
总结		是	是

10.3 年度辐射环境监测报告（书）的要求

10.3.1 报告（书）的总体要求可参见 HJ 641。

10.3.2 “前言”应包括任务来源、监测目的、监测任务实施单位等。

10.3.3 “环境概况”应包括监测区域内自然环境和社会环境概况、核燃料循环和核技术利用等设施分布情况、天然放射性物质利用情况等资料。

10.3.4 “设施概况”应包括设施地理位置信息、类型、规模、关键核素、关键照射途径、关键人群组、运行情况、流出物排放量等，以及设施附近的自然环境和社会环境概况，并应尽可能包括水文、地质、气象、生态、人口分布、饮食及生活习惯、工农业生产等资料。

10.3.5 “监测方案”应包括监测对象、监测项目、监测频次、监测点位布点情况、采样方法、监测方法和仪器设备等，用表格等方式列出，绘出监测点位布点示意图，并说明年度内辐射环境监测工作的开展情况。

10.3.6 “质量保证”应包括采取的主要措施，如量值溯源、期间核查、平行样测定、留样复测、加标回收率测定、样品外检、实验室间比对等，以及监测机构概况，如主要职责、能力、人员等情况，用具体统计数字、表格等形式给出。

10.3.7 “评价方法”应包括数据统计处理方法、评价项目、评价标准及方法。

10.3.8 “监测结果及评价”应按项目列出统计结果（样品数、最小值、最大值等），发现异常时，应分析其原因并说明处理结果。

全面分析辐射环境质量，开展评价项目的对比分析（8.5.1）和趋势分析（8.5.2），说清辐射环境质量状况、变化情况和变化原因。运用各种图表，辅以简明扼要的文字说明，形象表征分析结果。

10.3.9 “总结”应对各部分分析结果进行全面、准确地总结，包括评价结果、存在的主要问题、对策与建议等。

10.4 五年辐射环境监测报告（书）的要求

五年辐射环境监测报告（书）应满足年度辐射环境监测报告（书）的要求，同时还应满足以下要求：

a) “概况”章节中要说明五年期间监测方案变化情况、质量保证措施变化情况等。

b) “监测结果及评价”章节中要进行五年变化趋势分析及与上个五年的对比分析，说清辐射环境质量的

变化情况。

c) “总结”章节中要增加五年辐射环境质量变化原因分析的内容。

10.5 辐射环境监测报告的形式

辐射环境监测报告由纸质介质的方式报告逐步过渡到以电子介质的方式报告。以纸质介质的方式报送的辐射环境监测报告应同时附一份报告的电子文件，以备存档。

附录 A
(资料性附录)
辐射环境监测推荐方法

表 A.1 辐射环境监测推荐方法一览表

介质/对象	监测项目	标准号	标准名称
γ 辐射	γ 辐射空气吸收剂量率 (瞬时、连续)	GB/T 14583	环境地表 γ 辐射剂量率测定规范
污染表面	α、β 表面污染	GB/T 14056.1	表面污染测定 第一部分: β 发射体 ($E_{\beta\max} > 0.15 \text{ MeV}$) 和 α 发射体
空气	氡及子体	GB/T 14582	环境空气中氡的标准测量方法
	氡析出率	EJ/T 979	表面氡析出率测定 积累法
	气溶胶总 α、β	EJ/T 1075	水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法 (参考)
		EJ/T 900	水中总 β 放射性测定 蒸发法 (参考)
	沉降物总 α、β	EJ/T 1075	水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法 (参考)
		EJ/T 900	水中总 β 放射性测定 蒸发法 (参考)
	气溶胶 γ 核素	WS/T 184	空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法
		HJ 1149	环境空气 气溶胶中 γ 放射性核素的测定 滤膜压片/γ 能谱法
	沉降物 γ 核素	GB/T 11713	高纯锗 γ 能谱分析通用方法
	沉降物中 ^{90}Sr	EJ/T 1035	土壤中铯-90 的分析方法 (参考)
	气溶胶中 ^{90}Sr	EJ/T 1035	土壤中铯-90 的分析方法 (参考)
	沉降物中 ^{137}Cs	HJ 816	水和生物样品灰中铯-137 的放射化学分析方法 (参考)
	气溶胶中 ^{137}Cs	HJ 816	水和生物样品灰中铯-137 的放射化学分析方法 (参考)
	^3H	HJ 1126	水中氚的分析方法 (参考)
	^{14}C	EJ/T 1008	空气中 ^{14}C 的取样与测定方法
	^{210}Po	HJ 813	水中钋-210 的分析方法 (参考)
	^{210}Pb	EJ/T 859	水中铅-210 的分析方法 (参考)
	^{125}I 、 ^{129}I	WS/T 184	空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法
	^{131}I	GB/T 14584	空气中碘-131 的取样与测定
		WS/T 184	空气中放射性核素的 γ 能谱分析方法
水	γ 核素	GB/T 16140	水中放射性核素的 γ 能谱分析方法
		HY/T 235	海洋环境放射性核素监测技术规程
	总 α、β	EJ/T 1075	水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法
		HJ 898	水质 总 α 放射性的测定 厚源法
		EJ/T 900	水中总 β 放射性测定 蒸发法
		HJ 899	水质 总 β 放射性的测定 厚源法
	^{90}Sr	HJ 815	水和生物样品灰中铯-90 的放射化学分析方法
	^{137}Cs	HJ 816	水和生物样品灰中铯-137 的放射化学分析方法
	^3H	HJ 1126	水中氚的分析方法
	U	HJ 840	环境样品中微量铀的分析方法
		GB 14883.7	食品安全国家标准 食品中放射性物质天然钍和铀的测定
Th	GB 11224	水中钍的分析方法	
	GB 14883.7	食品安全国家标准 食品中放射性物质天然钍和铀的测定	

续表

介质/对象	监测项目	标准号	标准名称
水	^{226}Ra	GB 11214	水中镭-226 的分析测定
		GB/T 11218	水中镭的 α 放射性核素的测定
	^{40}K	GB/T 11338	水中钾-40 的分析方法
	^{14}C	HJ 1056	核动力厂液态流出物中 ^{14}C 分析方法
	^{210}Po	HJ 813	水中钋-210 的分析方法
	^{210}Pb	EJ/T 859	水中铅-210 的分析方法
	Pu	GB 14883.8	食品安全国家标准 食品中放射性物质钷-239、钷-240 的测定(参考)
		HJ 814	水和土壤样品中钷的放射化学分析方法
		HY/T 235	海洋环境放射性核素监测技术规程
	^{131}I	HJ 841	水、牛奶、植物、动物甲状腺中碘-131 的分析方法
	^{60}Co	GB/T 15221	水中钴-60 的分析方法
^{63}Ni	GB/T 14502	水中镍-63 的分析方法	
土壤、沉积物	γ 核素	GB/T 11743	土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法
	总 α 、 β	EJ/T 1075	水中总 α 放射性浓度的测定 厚源法(参考)
		EJ/T 900	水中总 β 放射性测定 蒸发法(参考)
	^{90}Sr	EJ/T 1035	土壤中锶-90 分析方法
	^{137}Cs	HJ 816	水和生物样品灰中铯-137 的放射化学分析方法(参考)
		GB/T 11743	土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法
	U	HJ 840	环境样品中微量铀的分析方法
	Th	GB 11224	水中钍的分析方法(参考)
		GB 14883.7	食品安全国家标准 食品中放射性物质天然钍和铀的测定(参考)
		GB/T 11743	土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法
	^{226}Ra	GB 11214	水中镭-226 的分析方法(参考)
		GB/T 11218	水中镭的 α 放射性核素的测定(参考)
		GB/T 11743	土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法
	^{210}Po	HJ 813	水中钋-210 的分析方法(参考)
		GB/T 16141	放射性核素的 α 能谱分析方法
	^{210}Pb	GB/T 11743	土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法
EJ/T 859		水中铅-210 的分析方法(参考)	
Pu	HJ 814	水和土壤样品中钷的放射化学分析方法	
生物	γ 核素	GB/T 16145	生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法
	^{90}Sr	HJ 815	水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法
	^{137}Cs	HJ 816	水和生物样品灰中铯-137 的放射化学分析方法
	牛奶中 ^{137}Cs	GB/T 16145	生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法(参考)
		HJ 816	水和生物样品灰中铯-137 的放射化学分析方法
	牛奶中 ^{131}I	HJ 841	水、牛奶、植物、动物甲状腺中碘-131 的分析方法
	U	HJ 840	环境样品中微量铀的分析方法
	Th	GB/T 16145	生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法(参考)
		GB 14883.7	食品安全国家标准 食品中放射性物质天然钍和铀的测定(参考)
	^{226}Ra 、 ^{228}Ra	GB 14883.6	食品安全国家标准 食品中放射性物质镭-226 和镭-228 的测定(参考)
GB/T 16145		生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法	

续表

介质/对象	监测项目	标准号	标准名称
生物	^{14}C	GB/T 37865	生物样品中 ^{14}C 的分析方法 氧弹燃烧法
	^3H	GB 12375	水中氚的分析方法（参考）
	^{210}Po	GB/T 16141	放射性核素的 α 能谱分析方法
		HJ 813	水中钋-210 的分析方法（参考）
	^{210}Pb	GB/T 16145	生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法
		EJ/T 859	水中铅-210 的分析方法（参考）
	Pu	GB 14883.8	食品安全国家标准 食品中放射性物质钷-239 钷-240 的测定（参考）
GB/T 16141		放射性核素的 α 能谱分析方法	
固体	γ 核素	GB/T 11713	高纯锗 γ 能谱分析通用方法

附 录 B
(规范性附录)
置信区间及判定方法

B.1 总体均值的置信区间

在表述环境辐射水平的最终结果时，除给出平均值外，还可给出其置信区间、样品数和置信水平。给出所测样品放射性活度浓度的置信区间，既包括了测量结果与本底或某一其他时间或地点测量结果的显著性检验结果，又能示出真值的上、下置信限，以及其与某一设定值（如管理限值或长期多次测量得到的本底平均值）差异的程度。

B.2 置信水平和显著性水平

被估参数的置信区间包含参数真值的概率称为置信水平，通常以 $1-a$ 表示。 a 为一很小的概率，称为显著性水平。置信水平取值的大小反映了置信区间估计的可靠性，应根据专业知识、实际经验以及被研究对象的性质确定置信水平。在辐射环境监测中，最常用的置信水平为 0.95，根据不同情况，有时也用 0.90 或 0.99。

B.3 置信区间的确定方法

总体（服从或近似服从正态分布，且方差未知）均值的区间估计可按以下步骤进行：

- a) 计算一组测量值的平均值 \bar{x} 、标准差 s 和自由度 $df=n-1$ ， n 是样本量。
- b) 确定置信水平 $1-a$ ，从表 B.1 的分位数表中查得临界值 $t_{1-a/2}(df)$ 。
- c) 计算 δ ：

$$\delta = t_{1-a/2}(df) \cdot s / \sqrt{n} \quad (\text{B.1})$$

- d) 在 $1-a$ 的置信水平下，总体均值 μ 的双侧置信区间为： $[\bar{x} - \delta, \bar{x} + \delta]$ 。

表 B.1 t 分布的分位数表

df	$t_{0.995}$	$t_{0.975}$	$t_{0.95}$	$t_{0.90}$	df	$t_{0.995}$	$t_{0.975}$	$t_{0.95}$	$t_{0.90}$
1	63.656 7	12.706 2	6.313 8	3.077 7	10	3.169 3	2.228 1	1.812 5	1.372 2
2	9.924 8	4.302 7	2.920 0	1.885 6	11	3.105 8	2.201 0	1.795 9	1.363 4
3	5.840 9	3.182 4	2.353 4	1.637 7	12	3.054 5	2.178 8	1.782 3	1.356 2
4	4.604 1	2.776 4	2.131 8	1.533 2	13	3.012 3	2.160 4	1.770 9	1.350 2
5	4.032 1	2.570 6	2.015 0	1.475 9	14	2.976 8	2.144 8	1.761 3	1.345 0
6	3.707 4	2.446 9	1.943 2	1.439 8	15	2.946 7	2.131 4	1.753 1	1.340 6
7	3.499 5	2.364 6	1.894 6	1.414 9	16	2.920 8	2.119 9	1.745 9	1.336 8
8	3.355 4	2.306 0	1.859 5	1.396 8	17	2.898 2	2.109 8	1.739 6	1.333 4
9	3.249 8	2.262 2	1.833 1	1.383 0	18	2.878 4	2.100 9	1.734 1	1.330 4

续表

df	$t_{0.995}$	$t_{0.975}$	$t_{0.95}$	$t_{0.90}$	df	$t_{0.995}$	$t_{0.975}$	$t_{0.95}$	$t_{0.90}$
19	2.860 9	2.093 0	1.729 1	1.327 7	30	2.750 0	2.042 3	1.697 3	1.310 4
20	2.845 3	2.086 0	1.724 7	1.325 3	40	2.704 5	2.021 1	1.683 9	1.303 1
21	2.831 4	2.079 6	1.720 7	1.323 2	50	2.677 8	2.008 6	1.675 9	1.298 7
22	2.818 8	2.073 9	1.717 1	1.321 2	60	2.660 3	2.000 3	1.670 6	1.295 8
23	2.807 3	2.068 7	1.713 9	1.319 5	70	2.647 9	1.994 4	1.666 9	1.293 8
24	2.796 9	2.063 9	1.710 9	1.317 8	80	2.638 7	1.990 1	1.664 1	1.292 2
25	2.787 4	2.059 5	1.708 1	1.316 3	90	2.631 6	1.986 7	1.662 0	1.291 0
26	2.778 7	2.055 5	1.705 6	1.315 0	100	2.625 9	1.984 0	1.660 2	1.290 1
27	2.770 7	2.051 8	1.703 3	1.313 7	200	2.600 6	1.971 9	1.652 5	1.285 8
28	2.763 3	2.048 4	1.701 1	1.312 5	500	2.585 7	1.964 7	1.647 9	1.283 2
29	2.756 4	2.045 2	1.699 1	1.311 4	∞	2.575 8	1.960 0	1.644 9	1.281 6

B.4 置信区间在显著性检验中的判定方法

对辐射环境监测结果，常可用置信区间法判断测量结果与某一设定值（如本底值、管理限值）或某一其他时间或地点测量结果是否存在显著性差异。具体操作如下：

比较两组监测数据 (\bar{x}_1, s_1, n_1) 和 (\bar{x}_2, s_2, n_2) 是否存在显著性差异，可用两个置信区间之间是否有相重区间作为判据：

a) 若两个置信区间完全不重合，则可以 $1-\alpha$ 置信水平判断：两总体均值存在显著性差异。

b) 若两个置信区间有明显的重合区，则可以 $1-\alpha$ 置信水平判断：尚未发现两总体均值存在显著性差异。

比较某组监测数据 (\bar{x}, s, n) 与某一设定值 x_0 是否存在显著性差异，则可根据该组监测数据的置信区间是否扣住该设定值 x_0 ，来判断两者是否存在显著性差异。

附录 C
(规范性附录)
Spearman 秩相关系数计算及判定方法

C.1 Spearman 秩相关系数计算方法

Spearman 秩相关系数按公式 (C.1) 计算:

$$\gamma_s = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \sum_{j=1}^n (X_j - Y_j)^2 \quad (C.1)$$

式中: γ_s —— Spearman 秩相关系数;

n —— 时间周期的数量, $n \geq 5$;

X_j —— 周期 j 按时间排列的序号, $1 \leq X_j \leq n$;

Y_j —— 周期 j 内评价指标值按数值升序排序的序号, $1 \leq Y_j \leq n$ 。

C.2 变化趋势判定标准

确定置信水平 $1-a$, 将所算的秩相关系数绝对值 $|\gamma_s|$ 与表 C.1 中的临界值 $W(n,a)$ 进行比较:

a) 若 $|\gamma_s| > W(n,a)$, 则表明变化趋势有统计学意义: 如果 γ_s 值为正值, 则说明在评价时间段内有关评价指标变化呈上升趋势或加重趋势; 如果 γ_s 值为负值, 则说明在评价时间段内有关评价指标变化呈下降趋势或好转趋势。

b) 若 $|\gamma_s| \leq W(n,a)$, 则表明变化趋势没有统计学意义: 说明在评价时间段内有关评价指标变化稳定或平稳。

表 C.1 Spearman 秩相关系数临界值 $W(n,a)$ 表

n	显著性水平 a (单侧检验)	
	0.05	0.01
5	0.900	1.000
6	0.829	0.943
7	0.714	0.893
8	0.643	0.833
9	0.600	0.783
10	0.564	0.746
12	0.506	0.712
14	0.456	0.645
16	0.425	0.601
18	0.399	0.564
20	0.377	0.534
22	0.359	0.508
24	0.343	0.435
26	0.329	0.465
28	0.317	0.448
30	0.306	0.432

附 录 D
(规范性附录)
宇宙射线响应值修正方法

D.1 修正公式

$$X'_c = \frac{D'_\text{宇}}{D_\text{宇}} X_c \quad (\text{D.1})$$

式中： X'_c ——仪器在测点处对宇宙射线的响应值；

$D'_\text{宇}$ 、 $D_\text{宇}$ ——分别为测点处和湖（库）水面处宇宙射线电离成分在低大气层中产生的空气吸收剂量率，nGy/h；

X_c ——仪器在湖（库）水面上对宇宙射线的响应值。

$D_\text{宇}$ 和 $D'_\text{宇}$ 可参照 UNSCEAR 2000 报告中的经验公式计算：

$$D_\text{宇} = D_\text{宇}(0) \left[0.21e^{-1.649h} + 0.79e^{0.4528h} \right] \quad (\text{D.2})$$

$$D_\text{宇}(0) = \begin{cases} 30, & \lambda_m \leq 30^\circ\text{N} \\ 32, & \lambda_m > 30^\circ\text{N} \end{cases} \quad (\text{D.3})$$

式中： $D_\text{宇}(0)$ ——计算点所在海平面处宇宙射线电离成分所致空气吸收剂量率，nGy/h；

h ——计算点的海拔高度，km；

λ_m ——计算点的地磁纬度，N。

地磁纬度由计算点的地理纬度 λ 和地理经度 ϕ 按下式计算：

$$\sin\lambda_m = \sin\lambda\cos 11.7^\circ + \cos\lambda\sin 11.7^\circ\cos(\phi - 291^\circ) \quad (\text{D.4})$$

附录 E

(规范性附录)

对低本底测量装置进行泊松分布的检验方法

E.1 计算统计量 χ^2 值

可选一个工作日或一个工作单位（如完成一个或一组样品测量所需的时间）为检验的时间区间。在该时间区间内，测量 n 次相同时间间隔的计数。按公式 (E.1) 计算统计量 χ^2 值：

$$\chi^2 = (n-1)S^2 / \bar{N} = \sum_{i=1}^n (N_i - \bar{N})^2 / \bar{N} \quad (\text{E.1})$$

式中： χ^2 ——泊松分布检验的统计量；

n ——测量次数；

S ——按贝塞尔公式计算的计数标准差；

\bar{N} —— n 次计数的算术平均值，也是按泊松分布计算的计数方差；

N_i ——第 i 次计数。

E.2 检验方法

建议： n 取 30~60；调节样品计数时间，使得 N 的数值在 400~600 之间。

将算得的 χ^2 值与 χ^2 分布的 a 显著性水平的双侧分位数 $\chi_{(1-a/2), df}^2$ 和 $\chi_{a/2, df}^2$ 进行比较，其中，显著性水平 a 一般取值 0.05 或 0.01； $df=n-1$ ，为自由度。

a) 若 $\chi_{a/2, df}^2 \leq \chi^2 \leq \chi_{(1-a/2), df}^2$ ，则表示可以 $1-a$ 置信水平判断：未发现该装置计数不满足泊松分布，没有理由怀疑该装置工作不正常。

b) 若 $\chi^2 > \chi_{(1-a/2), df}^2$ 或 $\chi^2 < \chi_{a/2, df}^2$ ，则表示可以 $1-a$ 置信水平判断：该装置计数不满足泊松分布，有理由怀疑该装置工作不正常，应进一步检查原因。

χ^2 分布的双侧分位数表见表 E.1。

表 E.1 χ^2 分布的双侧分位数表

df	0.05 显著性水平的 双侧分位数		0.01 显著性水平的 双侧分位数		df	0.05 显著性水平的 双侧分位数		0.01 显著性水平的 双侧分位数	
	$\chi_{0.025}^2$	$\chi_{0.975}^2$	$\chi_{0.005}^2$	$\chi_{0.995}^2$		$\chi_{0.025}^2$	$\chi_{0.975}^2$	$\chi_{0.005}^2$	$\chi_{0.995}^2$
1	0.000 982	5.023 9	0.000 039 3	7.879 4	10	3.247 0	20.483 2	2.155 9	25.188 2
2	0.050 6	7.377 8	0.010 0	10.596 6	11	3.815 7	21.920 0	2.603 2	26.756 8
3	0.215 8	9.348 4	0.071 7	12.838 2	12	4.403 8	23.336 7	3.073 8	28.299 5
4	0.484 4	11.143 3	0.207 0	14.860 3	13	5.008 8	24.735 6	3.565 0	29.819 5
5	0.831 2	12.832 5	0.411 7	16.749 6	14	5.628 7	26.118 9	4.074 7	31.319 3
6	1.237 3	14.449 4	0.675 7	18.547 6	15	6.262 1	27.488 4	4.600 9	32.801 3
7	1.689 9	16.012 8	0.989 3	20.277 7	16	6.907 7	28.845 4	5.142 2	34.267 2
8	2.179 7	17.534 5	1.344 4	21.955 0	17	7.564 2	30.191 0	5.697 2	35.718 5
9	2.700 4	19.022 8	1.734 9	23.589 4	18	8.230 7	31.526 4	6.264 8	37.156 5

续表

df	0.05 显著性水平的 双侧分位数		0.01 显著性水平的 双侧分位数		df	0.05 显著性水平的 双侧分位数		0.01 显著性水平的 双侧分位数	
	$\chi^2_{0.025}$	$\chi^2_{0.975}$	$\chi^2_{0.005}$	$\chi^2_{0.995}$		$\chi^2_{0.025}$	$\chi^2_{0.975}$	$\chi^2_{0.005}$	$\chi^2_{0.995}$
19	8.906 5	32.852 3	6.844 0	38.582 3	38	22.878 5	56.895 5	19.288 9	64.181 4
20	9.590 8	34.169 6	7.433 8	39.996 8	39	23.654 3	58.120 1	19.995 9	65.475 6
21	10.282 9	35.478 9	8.033 7	41.401 1	40	24.433 0	59.341 7	20.706 5	66.766 0
22	10.982 3	36.780 7	8.642 7	42.795 7	41	25.214 5	60.560 6	21.420 8	68.052 7
23	11.688 6	38.075 6	9.260 4	44.181 3	42	25.998 7	61.776 8	22.138 5	69.336 0
24	12.401 2	39.364 1	9.886 2	45.558 5	43	26.785 4	62.990 4	22.859 5	70.615 9
25	13.119 7	40.646 5	10.519 7	46.927 9	44	27.574 6	64.201 5	23.583 7	71.892 6
26	13.843 9	41.923 2	11.160 2	48.289 9	45	28.366 2	65.410 2	24.311 0	73.166 1
27	14.573 4	43.194 5	11.807 6	49.644 9	46	29.160 1	66.616 5	25.041 3	74.436 5
28	15.307 9	44.460 8	12.461 3	50.993 4	47	29.956 2	67.820 6	25.774 6	75.704 1
29	16.047 1	45.722 3	13.121 1	52.335 6	48	30.754 5	69.022 6	26.510 6	76.968 8
30	16.790 8	46.979 2	13.786 7	53.672 0	49	31.554 9	70.222 4	27.249 3	78.230 7
31	17.538 7	48.231 9	14.457 8	55.002 7	50	32.357 4	71.420 2	27.990 7	79.490 0
32	18.290 8	49.480 4	15.134 0	56.328 1	60	40.481 7	83.297 7	35.534 5	91.951 7
33	19.046 7	50.725 1	15.815 3	57.648 4	70	48.757 6	95.023 2	43.275 2	104.214 9
34	19.806 3	51.966 0	16.501 3	58.963 9	80	57.153 2	106.628 6	51.171 9	116.321 1
35	20.569 4	53.203 3	17.191 8	60.274 8	90	65.646 6	118.135 9	59.196 3	128.298 9
36	21.335 9	54.437 3	17.886 7	61.581 2	100	74.221 9	129.561 2	67.327 6	140.169 5
37	22.105 6	55.668 0	18.585 8	62.883 3					

表 F.4 气溶胶总 α 、总 β 测量记录表

任务名称_____ 采样地点_____ 样品名称_____

样品编号_____ 采样日期_____ 测量日期_____

仪器编号_____ 仪器型号_____ 计数效率_____ %

探 头_____ 空气采样体积_____ m³ 灰重_____ g

测量项目	总 α 、总 β		
	1	2	3
平行样品号			
测量用样品重/g			
样品计数率/min ⁻¹			
样品计数时间/min			
本底计数率/min ⁻¹			
本底计数时间/min			
净计数率/min ⁻¹			
活度/ (Bq/m ³)			
活度平均值/ (Bq/m ³)			
备 注			

分析人_____

校核人_____

校核日期_____

表 F.5 监测报告

(单位名称)

监 测 报 告

() 字 第 号

项目名称 _____


委托单位 _____

监测类别 _____

编制日期 _____

(加盖测试报告专用章)

说 明

1. 报告无本单位测试报告专用章、骑缝章、章无效。
2. 复制报告未重新加盖本单位测试报告专用章无效。
3. 报告涂改无效。
4. 自送样品的委托测试，其监测结果仅对来样负责；对不可复现的监测项目，结果仅对采样（或监测）当时所代表的时间和空间负责。
5. 对监测报告如有异议，请于报告发出之日起的两个月之内以书面形式向本站提出，逾期不予受理。

单位名称：

电话：

单位地址：

传真：

邮政编码：

电子邮件：

监 测 报 告

() 字 第 号

样品名称			
监测项目			
委托单位名称			
委托单位地址			
监测类别		监测方式	
采样方式		送（采）样日期	
样品状态		样品个数	
样 品 量		分析日期	
监测所依据的技术文件 名称及代号			
监测结论			

监测报告

() 字 第 号

监测所使用的主要仪器设备名称、型号规格、编号及检定有效期限	
技术指标	
监测的环境条件	
监测地点	
备注	

监测报告

() 字 第 号

监 测 结 果

样品名称	核素活度浓度 ()		

(注：监测结果表式根据具体情况可作改动；负责采样时，需附相应点位图、采样计划和程序、采样方法或作业指导书名称及相关偏离、增删的说明，采样的环境条件等。)

以下正文空白

报告编制人 _____ 编制日期 _____

审 核 人 _____ 审核日期 _____

签 发 人 (机打) 职 务 (机打)

 (签名) 签发日期 _____

(测试报告专用章)