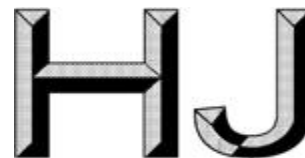


附件 2



中华人民共和国国家环境保护标准

HJ□□□□-20□□

辐射环境监测技术规范

Technical criteria for radiation environmental monitoring

(征求意见稿)

20□□-□□-□□发布

20□□-□□-□□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.....	2
4 辐射环境质量监测.....	4
5 重要辐射源监测.....	7
6 样品的采集、预处理和管理.....	31
7 监测分析方法.....	44
8 数据处理和评价.....	48
9 质量保证.....	53
10 辐射环境监测报告的编写.....	61
附录 A（资料性附录）辐射环境监测项目与推荐方法.....	63
附录 B（资料性附录）GRUBBS 检验法的检验步骤.....	66
附录 C（资料性附录）宇宙射线响应值修正方法.....	69
附录 D（资料性附录）对低本底测量装置进行泊松分布的检验方法.....	70
附录 E（资料性附录）置信区间及判定方法.....	72
附录 F（资料性附录）SPEARMAN 秩相关系数计算及判定方法.....	74
附录 G（资料性附录）取样、监测记录表及监测报告（以放射性气溶胶采样测量为例，供参考）.....	75

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》，指导和规范各级生态环境部门开展辐射环境质量监测和辐射源环境监测，特制定本标准（技术规范）。

本标准规定了辐射（仅限于电离辐射）环境质量监测、辐射源环境监测的主要技术要求，内容包括现场测量、样品采集和管理、监测方法、数据处理、质量保证和辐射环境质量报告编写等方面。

本标准首次发布于 2001 年，原标准起草单位为国家环境保护总局核安全与辐射环境管理司。本次为第一次修订。修订的主要内容如下：

- 按照国内外最新辐射防护、环境监测标准、导则对各类核与辐射设施监测方案进行了修订；
- 根据近二十年监测实践的经验总结，对原标准的某些条款进行了调整、个别错误和不恰当之处进行了修改；
- 增加了海洋、NORM 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，增加了采样量、探测下限等实用性指标，使本标准更具有实操性；
- 对质量保证和数据处理按照国内外最新技术要求进行了修订；
- 对原标准方法中部分内容表述进行了修订。

本标准自实施之日起，原国家环境保护总局 2001 年 5 月 28 日批准、发布的《辐射环境监测技术规范》（HJ/T 61-2001）废止。

本标准的附录为资料性附录。

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（环境保护部辐射环境监测技术中心）。

本标准生态环境部于 20□□年□□月□□日批准。

本标准自 20□□年□□月□□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（仅限于电离辐射）环境质量监测、辐射源环境监测的主要技术要求，内容包括现场测量、样品采集及保存和管理、监测方法、数据处理、质量保证和辐射环境质量报告编写等方面。

本标准适用于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使用。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB 18871	电离辐射防护与辐射源安全基本标准
HJ 168	环境监测 分析方法标准制修订技术导则
GB 3097	海水水质标准
HJ 969	核动力厂运行前辐射环境本底调查技术规范
HJ 1009	辐射环境空气自动监测站运行技术规范
HJ 663	环境空气质量评价技术规范
HJ/T 164	地下水环境监测技术规范
HY/T 235	海洋环境放射性核素监测技术规程
GB 8999	电离辐射监测质量保证一般规定
HJ 630	环境监测质量管理技术导则
GB/T 4091	常规控制图
GB/T 8170	数值修约规则与极限数值的表示和判定
IAEA/AQ/48	Determination and Interpretation of Characteristic Limits for Radioactivity Measurements
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
HJ 641	环境质量报告书编写技术规范
CNAS-CL01-G003	测量不确定度的要求

GB/T 27418 测量不确定度评定和表示

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

指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 辐射监测 radiation monitoring

为了评估和控制辐射或放射性物质的照射，对剂量或污染所完成的测量及对测量结果所作的分析和解释。

3.3 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。

3.4 辐射环境监测 radiation environmental monitoring

也称为环境辐射监测，指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。狭义的辐射环境监测专指电离辐射环境监测，这时，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，本标准中仅限于狭义的辐射环境监测。

3.5 辐射环境质量监测 environmental quality radiation 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。

3.6 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。

3.7 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，主要目的是为环境保护管理和执法提供依据。

3.8 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。

3.9 应急监测 emergency monitoring

在应急情况下，为查明放射性污染情况和辐射水平而进行的监测。

3.10 (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、分析或其它测量的监测活动。

3.11 代表性样品 representative sample

指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 质量保证 quality assurance

为使监测结果足够可信，在整个监测过程中所进行的全部有计划和系统性的活动。

3.13 质量控制 quality control

为了保证监测达到质量保证要求所采取的控制技术或措施。

3.14 监测仪器 monitoring instrument

指能用以直接或间接测出环境辐射水平和/或环境介质中放射性核素含量的装置、仪器仪表、量具，以及用于量值溯源的标准物质。

3.15 检定 verification

指为评定监测仪器的计量准确性，确定其是否符合法定要求所进行的性能核查工作，一般简称计量检定或检定。计量检定工作按国家计量检定系统表的规定进行，必须执行计量检定规程的技术规定，给出检定仪器是否合格的结论。

3.16 校准 calibration

在规定条件下，为确定监测仪器示值与计量标准参考值之间误差的一种操作，需委托合格的校准实验室进行，校准结果给出的一组校准系数，用以修正监测仪器的示值误差。

3.17 判断限 decision threshold

对一种特定的测量（包括仪器、方法和操作等），在给定错误概率的情况下，判断样品中有放射性存在的最小量或最低浓度。

3.18 探测下限 detection limit

对一种特定的测量（包括仪器、方法和操作等），在给定的错误概率的情况下，可探测到样品中放射性的最小量或最低浓度。

3.19 测量不确定度 measurement uncertainty

利用可获得的信息，表征赋予被测量量值分散性的非负参数。

4 辐射环境质量管理

4.1 辐射环境质量管理目的与原则

4.1.1 辐射环境质量管理目的

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

持续开展定时、定点的环境质量管理监测，掌握区域内辐射背景连续数据，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）对公众和环境的影响时提供必不可少的对比参考依据。

4.1.2 辐射环境质量管理原则

能够准确、及时、全面客观地反映环境质量管理现状。监测计划应保持连续，以反映环境质量管理的变化趋势。辐射环境质量管理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，要充分考虑到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必须探测到环境中主要剂量贡献的放射性核素。

辐射环境质量管理是与人相关的环境监测，要关注公众的环境信息需求。环境质量管理监测的监测范围较大，可大至覆盖整个国家领土，或是某个地方的行政辖区范围。

环境质量管理监测由政府主导实施。

4.2 辐射环境质量管理内容

辐射环境质量管理包括陆地监测和海洋监测。

4.2.1 陆地监测

4.2.1.1 陆地 γ 辐射

陆地 γ 辐射监测有连续 γ 辐射空气吸收剂量率监测和累积 γ 辐射剂量监测。

连续 γ 辐射空气吸收剂量率监测通常在某一重点区域具有代表性的环境点位，侧重人口聚集地，如城市环境，可设置自动监测站，实施 24 小时的不间断连续 γ 剂量率监测。

4.2.1.2 空气

空气监测主要包括碘-131、气溶胶、沉降物、氡、氡及其子体等。采样点要选择在周

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的无遮盖平台上。

a) 碘-131：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：主要是监测空气中自然降落于地面上的尘埃、降水（雨、雪）中的放射性含量，监测频次为每次降水或累积一定时期(季度) 监测一次。

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浓度，通常与沉降物共点设置。

d) 氡（HTO）：主要是监测空气中氡化水蒸气中氡的浓度，通常选在气溶胶同点开展监测。监测频次为每季度一次，也可每半年或每年一次。

e) 氦及其子体：主要是监测空气中氦及其子体浓度，可根据地区具体情况设置。可采用现场测量或布设累积采样器监测的方式。

4.2.1.3 水

水的监测包括江、河、湖泊、水库地表水，饮用水源地水、地下水等。

监测点位应远离污染源，尽量考虑国控、省控监测点。监测项目主要为 U、Th、²²⁶Ra、总α、总β、⁹⁰Sr、¹³⁷Cs，部分饮用水源地水监测 ²²⁸Ra。

4.2.1.4 牛奶

选取若干个巴氏灭菌牛奶监测点，这些点代表消费牛奶的人口集中区。取样的牛奶经巴氏灭菌后，在被送到商店之前采集样本，进行γ能谱分析，每年抽取 1/4 进行 ⁹⁰Sr 分析，每 4 年完成全部取样点的一轮抽样分析。

4.2.1.5 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。土壤监测点应相对固定。

4.2.1.6 生物

包括陆生生物和水生生物。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生物监测点。应该调查监测点所在点的规划情况，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。监测频次为生物成熟时，一般每年一次。水生生物采样点应尽量和地表水的监测采样区域一致。

有条件的，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 海洋监测

海洋放射性监测范围为我国管辖海域，必要时也需监测我国临近的国际公共海域。监测项目包括海水、沉积物、生物。可通过浮标定点监测、船舶定点监测与船舶走航监测相结合的方式实施。

监测频次通常为2次/年，海水定点监测采样层次可根据实际情况，可选择为表层、100m、200m、300m、500m、1000m，视实际需要，部分站位加采1500m和2000m，海水船舶走航监测采样层次为表层。沉积物、生物在海水取样区域采样监测。

4.3 辐射环境质量监测方案

辐射环境质量监测的项目和频次见表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 监 测	陆地γ辐射 和宇宙射线	γ辐射空气吸收剂量率	连续监测
		γ辐射累积剂量	累积测量 1次/季
		宇宙射线响应	1次/年
	氡及其子体	室外氡	累积测量 1次/季
	空气中碘	^{131}I	1次/季
	气溶胶	γ能谱分析 ¹⁾ 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb	1次/季
		^{90}Sr 、 ^{137}Cs ²⁾	1次/年 (1季采集1次，累积全年测量)
	沉降物	γ能谱分析 ¹⁾	1次/季
		^{90}Sr 、 ^{137}Cs ²⁾	1次/年 (1季采集1次，累积全年测量干湿 沉降物应分开采集)
	降水(雨、雪、雹)	^3H	累积样/季
	氚	氚化水蒸气 (HTO)	1次/年
	地表水	U、Th、 ^{226}Ra 、总α、 总β、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs	2次/年 (枯水期、平水期各1次)
	饮用水源地水	U、Th、 ^{226}Ra 、 ^{228}Ra 、总α ³⁾ 、 总β、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs	1次/半年
	地下水	U、Th、 ^{226}Ra 、总α、总β	1次/年
	生物	^{210}Po 、 ^{210}Pb 、γ能谱分析 ¹⁾ 、 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs ²⁾	1次/年
	牛奶	γ能谱分析 ¹⁾ 、 ^{90}Sr (部分样品)	1次/年
土壤	γ能谱分析 ¹⁾	1次/年	
	^{90}Sr	1次/3年	
海洋 监 测	海水	U、Th、 ^{90}Sr 、 ^3H 、γ能谱分析 ¹⁾	2次/年
	沉积物	^{90}Sr 、γ能谱分析 ¹⁾	
	生物(海藻、软体 类、甲壳类、鱼类)	^{90}Sr 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、 ^{137}Cs ²⁾ 、 ^{14}C 、 ^3H (HTO, OBT)、γ能谱分析 ¹⁾	

注 1：气溶胶、沉降物 γ 能谱分析项目一般包括但不限于 ${}^7\text{Be}$ 、 ${}^{234}\text{Th}$ 、 ${}^{228}\text{Ra}$ 、 ${}^{226}\text{Ra}$ 、 ${}^{40}\text{K}$ 、 ${}^{137}\text{Cs}$ 、 ${}^{134}\text{Cs}$ 、 ${}^{131}\text{I}$ 等放射性核素；牛奶 γ 能谱分析项目一般包括但不限于 ${}^{131}\text{I}$ 、 ${}^{137}\text{Cs}$ 等放射性核素；土壤 γ 能谱分析项目一般包括但不限于 ${}^{238}\text{U}$ （ ${}^{234}\text{Th}$ ）、 ${}^{232}\text{Th}$ （ ${}^{228}\text{Ac}$ ）、 ${}^{226}\text{Ra}$ 、 ${}^{40}\text{K}$ 、 ${}^{137}\text{Cs}$ 等放射性核素；海水 γ 能谱分析项目一般包括但不限于 ${}^{54}\text{Mn}$ 、 ${}^{58}\text{Co}$ 、 ${}^{60}\text{Co}$ 、 ${}^{65}\text{Zn}$ 、 ${}^{95}\text{Zr}$ 、 ${}^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ${}^{124}\text{Sb}$ 、 ${}^{137}\text{Cs}$ 、 ${}^{134}\text{Cs}$ 、 ${}^{144}\text{Ce}$ 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但不限于 ${}^{40}\text{K}$ 、 ${}^{54}\text{Mn}$ 、 ${}^{58}\text{Co}$ 、 ${}^{60}\text{Co}$ 、 ${}^{95}\text{Zr}$ 、 ${}^{110\text{m}}\text{Ag}$ 、 ${}^{137}\text{Cs}$ 、 ${}^{134}\text{Cs}$ 、 ${}^{144}\text{Ce}$ 等放射性核素，人工核素不限于上述所列。

注 2： ${}^{137}\text{Cs}$ 应采用放化分析方法进行测量分析。

注 3：饮用水源地水中，如总 $\alpha\geq 70\text{mBq/L}$ ，则进行 ${}^{228}\text{Ra}$ 分析。

5 重要辐射源监测

5.1 辐射源监测目的和原则

5.1.1 辐射源监测目的

辐射源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，检查和证实环评中的假设和结论。

5.1.2 辐射源监测原则

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。本标准中所指的重要辐射源，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，应当开展环境监测。

辐射源环境监测通常在设施外围的环境中实施，用以查明公众和环境的照射增加值。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。

辐射源监测需要考虑辐射源的放射性总量、组份以及预计排放量和排放速率；需要考虑排放途径、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。

监测必须强调关键途径和关键放射性核素。监测方案的内容应该随设施运行的不同阶段而改变。监测方案必须定期检查，以确保测量始终和它们的目的保持相适应，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。

同时，监测方案的制定是优化过程的结果，需要考虑测量资源可利用性、不同照射途径的相对重要性和剂量水平的约束值。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，频繁而详细的环境测量是必要的，监测方案可以与运

行前本底调查方案一致或接近。若干年后根据取得的实际经验，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程度提升的现状。如有可能，让公众参与监测方案的设计和审查，有利于缓和利害关系。

辐射源监测按实施的主体分为政府主管部门实施的监督性监测和核设施业主实施的自主监测，两种监测的目的略有不同，监测方案各有侧重但总体上应基本一致，监测数据经过比对认可后可以互补，但不能完全替代。

5.2 核设施环境监测

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、流出物监测、事故场外应急监测和退役监测。

5.2.1 核动力厂辐射环境监测

5.2.1.1 运行前环境辐射水平调查监测（本底调查）

a) 调查内容

调查环境 γ 剂量率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，并应在核动力厂首次装料前完成。

c) 调查范围

环境 γ 辐射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 20 km 内，重点为近厂址 10 km 内。个别敏感地区，如居民集中点、学校、医院、饮用水源、自然保护区和对照点等，可以适当超过上述范围。

d) 调查监测内容与频次

由于各核电站的自然环境、气象因素及所选堆型不同，监测方案有所差别。监测方案可参照 HJ969 执行。

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 辐射剂量率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。辐射环境监督性监测的环境介质、监测内容原则上与运行前环境监测相同。

b) 监测时间

核动力厂首次装料后开始监测，并对监测数据及时分析和评价，定期上报相关生态环境行政主管部门。监测方案必须定期检查，以确保测量始终和它们的目的保持相适应，以及重要的排放或环境迁移途径，或重要的照射途径不被忽略。

c)监测范围

环境 γ 辐射水平及环境介质中放射性核素含量的监测范围为厂区半径 20km 范围内，重点监测核电站周围 10km 范围内区域。运行期间的环境监测范围、点位、项目、频次与运行前环境辐射水平调查时基本相同，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)监测内容和布点原则

(1) 环境贯穿辐射

(i) γ 辐射空气吸收剂量率连续自动监测

以核动力厂核岛为中心，按核动力厂周围 16 个方位布设自动监测站（含前沿站），每个方位考虑布设 1 个自动监测站，沿海核电厂，靠海（湖、河）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电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。每个自动监测站每隔 1 分钟报送一次 γ 辐射空气吸收剂量率数据，实行全天 24 小时连续监测。部分关键站点可设置能甄别核素的固定式 NaI 能谱探测系统，对周围环境进行实时的 γ 谱数据采集并将谱数据传回数据处理中心。

(ii) γ 辐射累积剂量

在厂外地面最高浓度处、厂界周围按半径 2 km、5 km、10 km、20 km 8 个方位角间隔交叉布点测量。

(2) 空气

(i) 气溶胶、沉降物

选取采样点时，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，累积采样每月一次，采样体积应达到 10000 m³。厂外烟羽最大浓度落点处设置空气气溶胶 24 小时连续采样，对滤膜上的总 β 放射性进行测量，并向实验室传输一次数据。当总 $\beta > 2\text{mBq/m}^3$ 时，进行 γ 能谱分析。

对照点设 1~2 个。累积采样每月一次，采样体积应达到 10000 m³。

(ii) 空气中³H、¹⁴C和¹³¹I

采样点设置同气溶胶、沉降物，点位数可适当减少。厂外烟羽最大浓度落点设氡连续采样，每周分析一个样品。对照点设1个。 ^{131}I 累积采样体积大于 100m^3 。

(iii) 降水

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。进行 ^3H 和 γ 能谱分析。

(3) 表层土壤

在核动力厂为中心 10 km 范围内采集陆地表层土，进行 ^{90}Sr 和 γ 能谱分析。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) 水

(i) 地表水

预计受影响的地表水 5-10 个，对照点设在排放口上游。进行 ^3H 和 γ 能谱分析，部分点位分析 ^{14}C 。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 1km 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

除进行 ^3H 和 γ 能谱分析外，饮用水增加总 α 、总 β 分析，部分点位分析 ^{14}C 。考虑可能受影响的地下水源和饮用水源处采样 5~10 个，内陆厂址适当增加采样点位。对照点应设在不可能受到核动力厂影响的水源处。

(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，包括 ^{90}Sr 和 γ 能谱分析。应该在核动力厂运行后气态或液态流出物可能影响到的河塘采样，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 范围内的河塘。

(6) 陆生生物

监测调查地区范围内的粮食、蔬菜水果、牛(羊)奶、禽畜产品、牧草等中的 γ 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 20km 范围内寻找奶牛(羊)牧场。

(ii) 植物

采集关键居民组食用的谷类 1~2 种，蔬菜类 4 种，水果类 2 种等主要作物。如有牧场，

还需要采集牧草。

(iii) 动物

采集关键居民组食用的当地禽、畜 1~2 种。

(7) 水生生物

监测淡水养殖产品鱼类、藻类和其它水生生物中的 γ 放射性核素含量。

(8) 海水

监测排污口附近沿海海域近海海水中 ^3H 、 ^{90}Sr 和 γ 放射性核素, γ 放射性核素包括 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 和 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 等。对照点设在 50 km 外海域。

(9) 海洋沉积物

与海水采样点相同。监测 ^{90}Sr 和 γ 核素。 γ 放射性核素包括 ^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 等。

(10) 海洋生物

主要包括鱼类、海藻、软体类以及甲壳类海洋生物, 监测项目一般包括: ^{90}Sr 、和 γ 核素 (^{58}Co 、 ^{60}Co 、 ^{137}Cs 、 $^{110\text{m}}\text{Ag}$ 等)。采样点一般应包括核电站厂附近野生类和当地渔民的养殖场和放养场。每类样品应包括常用的三种以上。

(11) 指示生物

选择能够高度浓集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。陆地上有松叶、杉叶、艾蒿、苔藓等富集铯同位素, 海洋环境有藻类、软体类, 甲壳类可作为 ^{60}Co 、 ^{58}Co 、 ^{54}Mn 、 ^{99}Tc 指示, 鱼骨和贝类富集锶和钶同位素等指示。

由于各核电厂的自然环境、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。

表 2 核动力厂辐射环境监测方案

监测对象		布点原则	采样频次		分析测量项目
			采样	分析	
环境贯穿辐射	γ 辐射剂量率	设置连续监测自动站, 厂界周围按 16 个方位角间隔交叉布点以及对照点, 同气溶胶采样点	连续	连续	γ 辐射空气吸收剂量率
	γ 累积剂量	厂外地面最高浓度处; 厂界周围按半径 2km、5km、10km、20km, 8 个方位角间隔交叉布点	连续	1 次/季	γ 辐射空气吸收剂量

空气	气溶胶 ¹⁾	厂外地面最高浓度处	连续	连续监测	24小时连续采样，每天测量一次总β，当总β>2mBq/m ³ 时，测γ能谱。	
				年度混合样	⁹⁰ Sr、 ⁶³ Ni、 ²⁴¹ Am等	
		厂区边界、厂外地面最高浓度处、主导风下风向距厂区边界<10km的居民区、对照点	连续	1次/月(累积)，采样体1000m ³	总β、γ能谱分析	
	沉降物 ¹⁾	厂区边界 厂外地面最高浓度处 主导风下风向距厂区边界<10km的居民区，对照点	连续	累积样/月	总β、γ能谱分析	
	气体	厂区边界 厂外地面最高浓度处 主导风下风向距厂区边界<10km的居民区、对照点	厂外烟羽最大浓度落点连续	1次/月 1次/周	³ H (HTO)、 ¹⁴ C、 ¹³¹ I	
降水	厂区边界；厂外地面最高浓度处；主导风下风向距厂区边界<10km的居民区，对照点	有雨、雪或冰雹时	混合样本 每月1次	³ H，去钾总β、γ能谱分析		
陆地	表层土壤 ⁴⁾		<10km, 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	1次/半年	1次/半年	⁹⁰ Sr、γ能谱分析
	植物 ²⁾	农作物	主导风下风向厂外最近的村镇； 对照点；选择一种分析 ⁹⁰ Sr	收获期	1次/年	³ H(总氚)、 ¹⁴ C、γ能谱分析、 ⁹⁰ Sr
		指示生物	厂外地面最高浓度处	收获期	1次/年	按指示生物浓度作用用的特征核素
	动物 ²⁾	禽、畜	主导风下风向厂外最近的村镇；对照点	1次/年	1次/年	所有样本进行 ³ H、 ¹⁴ C、γ能谱分析(包括 ¹³¹ I)，
牛(羊)奶		主导风下风向厂外最近的奶场； 对照点	每月采样	1次/季	选择几个取样点进行 ⁹⁰ Sr分析	

水	地表水 ³⁾		预计受影响的地表水；排放口上游对照点可选择部分点位分析 ¹⁴ C	丰水期、枯水期	1次/半年 1次/季	总β、γ能谱分析 ³ H、 ¹⁴ C
	地表水（受纳水体） ³⁾		在取水口、总排水口，总排水口下游1km处，排放口下游混合均匀处	1次/季	1次/季	总α、去钾总β、γ能谱分析（ ¹³¹ I）、 ⁹⁰ Sr、 ³ H、 ¹⁴ C
	地表水沉积物 ⁴⁾		同地表水；10km范围内的水体测 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu	1次/年	1次/年	⁹⁰ Sr、去钾总β、γ能谱分析
	地下水 ³⁾		可能受影响的地下水源；对照点 可选择部分点位分析 ¹⁴ C	丰水期、枯水期	1次/半年 1次/季	γ能谱分析 ³ H、 ¹⁴ C
	饮用水 ³⁾		关键居民组饮水及可能受影响的水源；对照点	丰水期、枯水期	1次/季	³ H、γ能谱分析、总α、总β
	水生生物 ²⁾	植物	排放口附近、主导风向下风向或流域覆盖厂址区域面积最大的水体、指示生物、对照点	收获期	1次/年	⁹⁰ Sr、 ¹⁴ C、总β、γ能谱分析
动物		排放口附近、主导风向下风向或流域覆盖厂址区域面积最大的水体、对照点	1次/年	1次/年	⁹⁰ Sr、 ¹⁴ C、总β、γ能谱分析	
海洋	海水 ³⁾		排放口附近海域；对照点	1次/季 1次/年	1次/季 1次/年	³ H、总β、部分点位测 ¹⁴ C ⁹⁰ Sr、γ能谱分析
	海洋沉积物 ⁴⁾		排放口附近潮间带土，海水采样点采集潮下带，对照点	1次/年	1次/年	⁹⁰ Sr、γ能谱分析
	海洋生物 ²⁾	植物	排放口附近海域藻类等植物（含指示生物）	收获期	1次/年	³ H、 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr，γ能谱分析(包括 ¹³¹ I)
		动物	排放口附近海域浮游类、底栖类、附着生物（含指示生物）	1次/年	1次/年	³ H、 ¹⁴ C、 ⁹⁰ Sr，γ能谱分析(包括 ¹³¹ I)
注：γ核素监测应重点关注核设施排放的特征核素，其中：1) 气溶胶及沉降物γ能谱分析项目一般包括但不限于 ⁷ Be、 ⁵⁴ Mn、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ⁴⁰ K、 ⁹⁵ Zr、 ¹³¹ I、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ¹⁴⁴ Ce等放射性核素；2) 生物、土壤、岸边沉积物、潮间带土、底泥中γ能谱分析项目一般包括但不限于 ⁴⁰ K、 ⁵⁴ Mn、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ⁹⁵ Zr、 ^{110m} Ag、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ¹⁴⁴ Ce等放射性核素；3) 水体中γ能谱分析项目一般包括但不限于 ⁵⁴ Mn、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ⁶⁵ Zn、 ⁹⁵ Zr、 ^{110m} Ag、 ¹²⁴ Sb、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ¹⁴⁴ Ce等放射性核素。4) 表层土壤、地表水沉积物、海洋沉积物可选择个别点位一年测量 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu一次。						

5.2.1.3 运行期间流出物监测

核电厂运行期间气载流出物监测内容要求见表3，核电厂液态流出物监测内容要求见

表 4。

表 3 核电厂气载流出物监测

监测项目	取样方式	测量方式
惰性气体 ¹⁾	连续	连续在线
气溶胶	连续	连续在线
气溶胶 γ 能谱分析 ²⁾	累积	抽样测量
气溶胶 ⁸⁹ Sr、 ⁹⁰ Sr 分析	累积	抽样测量
气溶胶 ²³⁸ Pu、 ²³⁹ Pu、 ²⁴⁰ Pu	累积	定期
气溶胶 ²⁴¹ Am、 ²⁴² Cm、 ²⁴⁴ Cm	累积	定期
¹³¹ I、 ¹³³ I	连续	连续在线
³ H	累积	定期
¹⁴ C	累积	定期
注 1: 惰性气体包括: ⁴¹ Ar、 ⁸⁵ Kr、 ^{85m} Kr、 ⁸⁷ Kr、 ⁸⁸ Kr、 ⁸⁹ Kr、 ^{131m} Xe、 ¹³³ Xe、 ^{133m} Xe、 ¹³⁵ Xe、 ^{135m} Xe、 ¹³⁷ Xe、 ¹³⁸ Xe。		
注 2: γ 能谱分析核素包括: 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、 ¹⁴⁰ La、 ¹⁴¹ Ce、 ¹⁴⁴ Ce。		

表 4 核电厂液态流出物监测

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 ¹⁾ 、总 α 、总 β ²⁾ 、及 γ 核素 ³⁾ 等各种放射性核素的活度浓度	抽样测量
排放口	定期采样(或等比采样)		抽样测量
注 1: 重水堆测量 ¹⁴ C。			
注 2: 若总 α 、总 β 放射性浓度超过设定值, 则测量 ⁸⁹ Sr、 ⁹⁰ Sr、 ⁵⁵ Fe、 ⁶³ Ni 或 ²³⁸ Pu、 ²³⁹ Pu、 ²⁴⁰ Pu、 ²⁴¹ Am、 ²⁴² Cm、 ²⁴⁴ Cm。			
注 3: γ 能谱分析核素包括: 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、 ¹⁴⁰ La、 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。具体技术要求另行制定。

5.2.1.5 退役监测

与运行期间基本一致, 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 其他类型反应堆的环境监测

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。

5.2.3 铀矿山及水冶系统环境辐射监测

5.2.3.1 监测范围

- a)运行前和运行期间辐射环境监测范围：厂矿区边界外 5km 以内范围。
- b)退役（退役前与终态后评估）监测范围：测量退役工程边界外 3km 以内范围。

5.2.3.2 运行前环境辐射水平调查

a)调查时间

厂矿运行前，调查时间不少于一年，监测频次不少于两次；

b)点位布设说明

(1) γ 辐射空气吸收剂量率

- (i) 厂矿区边界外主要的居民点布设监测点；
- (ii) 在空气取样点处同时布设 γ 辐射空气吸收剂量率监测点；
- (iii) 尾矿（渣）库、废石场、矿仓、堆浸场、厂（场）址、转运站等边界处可能受污染的地方布点；
- (iv) 运矿公路沿线布设监测点，易撒漏地段适当增加监测点。

(2) 空气

- (i) 布点要考虑：风向、风频等气象条件；靠近厂矿区边界污染源的下风向；厂矿区外周围人员居住或经常停留的地方；预计空气污染物浓度最大落地处；
- (ii) 厂矿区内的空气样品布点可按厂矿区大小、地形特点、设施分布等具体情况确定采样点；

- (iii) 对照点应选择离开厂矿区不受污染物影响的位置；

- (iv) 监测点的周围应开阔平整，避开树木及建筑（构）物。

(3) 地表水

- (i) 地表水布点应选在厂矿区边界外可能受到污染的地表蓄水水体和江河；
- (ii) 江河采样点选在排放口下游的居民用水点、灌溉取水点以及经济水产、鱼类繁殖和公众游泳场所等处；
- (iii) 地表水样品采样点的疏密可根据水质浓度变化情况合理布点；

- (iv) 对照点采样点位置设在厂矿区边界外不受污染影响的水体位置。

(4) 地下水

- (i) 地下水采样井位置由场址所在地区的岩层地下水分布、流向等因素确定；

(ii) 地下水样品布点主要考虑矿井流出水、地浸监测孔水；地下堆浸场、地浸场、尾矿（渣）库外地下水；废石场、尾矿（渣）库、地浸场、地下堆浸场地周围的井水；

(iii) 在场址上游地带适当位置布设一个对照样品的采样井。

(5) 底泥

按选定的地表水采样点的点位布设。

(6) 土壤

预计可能受厂矿外排水污染的农田、土壤布点。

(7) 陆生和水生生物、饲料植物、食物

在厂矿边界外可能受污染影响的地点布设采样点，植物样品布点同土壤布点的点位。

c) 监测方案

监测方案见表 5。可参考 GB23762。

表 5 铀矿冶及水冶系统运行前辐射水平调查方案

序号	监测介质	采样点或测量点	采样期及频次	测量分析项目 ¹⁾
1	空气	尾矿（渣）、废石场排风井的下风向设施边界处；设施周围最近居民点；对照点	1 次/季	^{222}Rn 及其子体
2	气溶胶	排风井外下风向边界处；设施周围最近居民点；对照点	1 次/半年	$U_{\text{天然}}$ 、总 α
3	陆地 γ	空气采样点处；尾矿（渣）库；废石场；易洒落矿物的公路	1 次/半年	γ 辐射空气吸收剂量率
4	地表水 ¹⁾	排放口下游第一个饮用水取水点；下游主要居民点；对照点	1 次/半年	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、总 α 、总 β
5	地下水	尾矿坝下游地下水；矿井水；地浸、地下堆浸含水层水；矿周围饮用水井；对照点	1 次/半年	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb
6	土壤	污染的农田或土壤；对照点	1 次/半年或植物生长期	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra
7	底泥	同地表水	1 次/年	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra
8	陆生生物	受废水污染区；对照点	根据实际情况确定	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、
9	水生生物	受废水地表径流影响的湖泊、河流；对照点	1 次/年	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、

注 1：在钍含量较高的矿物系中，还应适当关注地表水中 ^{224}Ra 和 ^{228}Ra 的监测。

5.2.3.3 运行期间环境辐射水平监测

运行期间的环境监测监测方案参考表 3，其中地表水监测频次改为 1 次/季；地浸和地下堆浸地下水监测要考虑增加酸（或碱）、pH 值等。

5.2.3.4 事故监测

按照铀矿山及水冶系统应急预案，实施应急监测。

5.2.3.5 退役治理期间环境辐射水平监测

根据源项调查结果，对原作业场所、尾矿库、废石场进行监测，监测频次为每年一次。退役治理期间铀矿冶环境监测方案见表 6。

表 6 退役治理期间铀矿冶环境监测方案

监测介质	监测点或采样点	采样期及频次	测量分析项目
废石	废石场	1 次/年	^{222}Rn 析出率、 γ 辐射空气吸收剂量率； $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 比活度
尾矿（渣）	尾矿（渣）库	1 次/年	^{222}Rn 析出率、 γ 辐射空气吸收剂量率； $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra
	渗出水	1 次/年	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、PH 值
	尾矿（渣）库边界外	1 次/年	^{222}Rn 及其子体、 γ 辐射空气吸收剂量率
地下水	矿井水、饮用水	1 次/年	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra
	地浸场、地下堆浸场	1 次/年	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra
地表水	排放口下游第一饮用水取水点、下游主要居民点	1 次/年	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、总 α 、总 β
土壤、底泥	土壤；底泥同地表水	1 次/年	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra
生物	同土壤、地表水	1 次/年	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra
设备、建（构） 构筑物	建（构）筑物、设备表面	1 次/年	表面 α 、 β 放射性
工业场地	测量点不少于 3 个	1 次/年	$U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 γ 辐射空气吸收剂量率
废钢铁、车辆	表面	1 次/年	表面 α 、 β 放射性
可燃废物	表面或实物	1 次/年	表面 α 、 β 放射性或 $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra

5.2.3.6 退役终态后评估监测

退役终态后评估监测方案见表 6，但监测介质、项目和频次可酌情减少。

5.2.3.7 监护期监测

- a)监测介质：主要监测废石场、尾矿（渣）库；矿井或尾矿流出水等；
- b)监测项目： $U_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{226}Rn 、 γ 辐射空气吸收剂量率等；
- c)监测频次：退役治理竣工后 2 年监测频次为 1 次/年；以后每年视情况开展监测。

5.2.3.8 流出物监测

运行期间流出物监测方案见表 7。

表 7 运行期间流出物监测方案

监测介质	采样点或监测点	频次	测量分析项目
废气	矿山：排风井 选冶厂：排气口	1 次/季	^{222}Rn 及其子体、 $\text{U}_{\text{天然}}$
	废石、尾矿（渣）	1 次/半年	^{222}Rn 析出率
气溶胶	矿山：排风井 选冶厂：排气口	1 次/季	长寿命核素 α 放射性
废水	排放口	1 次/月	$\text{U}_{\text{天然}}$ 、 ^{226}Ra 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、 $^{228}\text{Ra}^{1)}$
矿石、尾矿（渣）	场（库）边界外	1 次/半年	^{222}Rn

5.2.4 核燃料后处理设施辐射环境监测

5.2.4.1 运期前环境辐射水平调查

a) 调查内容

调查环境 γ 外照射剂量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 外照射剂量水平调查范围以后处理厂为中心，半径 50km。环境介质中放射性活度浓度调查范围以后处理厂为中心，半径 30km。

c) 监测布点原则

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

d) 监测内容

(1) γ 辐射剂量率连续监测

设施运行前：开展环境 γ 外照射剂量水平巡测。

设施运行时： γ 辐射剂量率连续监测点主要布设在主导风向下风向，最大落地点浓度处，关键居民组。每个自动监测站每隔 30 秒报送一次 γ 辐射空气吸收剂量率数据，实行全天 24 小时连续监测。可选择设置能甄别核素的固定式 NaI 探测系统。

(2) 中子剂量率

对于产生中子外照射的设施运行时，中子剂量率监测点主要布设在临近设施可能受到中子辐射的地点。

(3) 空气

采样点主要布设在主导风向下风向，最大落地点浓度处及关键居民组。

(i) 气溶胶和沉降物

一月采集一个累积样，采样体积应达到 10000 m³。监测项目主要包括总 α 、总 β 、⁹⁰Sr、¹³⁷Cs、²³⁹⁺²⁴⁰Pu、⁶⁰CO、⁹⁹Tc、¹²⁹I、¹³⁴Cs、²⁴¹Am、²⁴⁴Cm，其中 ⁶⁰CO、⁹⁹Tc、¹²⁹I、¹³⁴Cs、²⁴¹Am、²⁴⁴Cm 的监测频度，可以按调查目的和可能开展监测。

(ii) ³H、¹⁴C、⁸⁵Kr

连续采集，一个月测量一次。

(4) 表层土壤

每季度采集设施下风向处的表层土壤，分析核素主要包括人工核素 ⁹⁰Sr、²³⁹⁺²⁴⁰Pu、¹²⁹I、¹³⁷Cs 等。

(5) 水

(i) 地下水

每月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

每月对设施周围的地表水进行监测，重点监测排放口附近区域。

监测的主要核素包括总 α 、总 β 、³H、⁴⁰K。

(iii) 饮用水

每月采集设施周围居民的饮用水，测量 ³H、 γ 核素、总 α 、总 β 、⁴⁰K。

(iv) 海水

每月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。监测核素主要包括 ³H、 γ 核素、总 β 、⁴⁰K、⁹⁰Sr、²³⁹⁺²⁴⁰Pu。

(6) 沉积物

(i) 地表水沉积物：每季度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：每季度对设施排放口附近区域及近岸海域的潮间带土进行监测。

监测的主要核素包括 ⁹⁰Sr、²⁴⁴Cm、²⁴¹Am、¹²⁹I、⁹⁹Tc、²³⁹⁺²⁴⁰Pu 及 ¹³⁷Cs 等 γ 核素。

(7) 生物样品

(i) 植物：每月采集设施边界周围的几个植物样。测量 ³H、¹⁴C、¹³⁷Cs 等 γ 核素。在采样点每月采集的样品累积一年测量 ²⁴¹Am、²⁴⁴Cm 和 ²³⁹⁺²⁴⁰Pu。

(ii) 农产品： 每年采集设施主导风向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。测量 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{137}Cs 等 γ 核素, 选取个别样品测量 ^{90}Sr 、 ^{129}I 及 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

(iii) 牧草: 每月采集设施边界周围牧场的牧草。测量 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{129}I 、 ^{137}Cs 等 γ 核素。在采样点每月采集的样品累积一年测量 ^{241}Am 、 ^{244}Cm 和 $^{239+240}\text{Pu}$ 。

(iv) 牛(羊)奶: 在设施周围的牧场采集牛(羊)奶。测量 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{129}I 、 ^{90}Sr 和 γ 核素。

(v) 海洋生物: 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。测量 ^{14}C 、 ^{99}Tc 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 及 ^{137}Cs 等 γ 核素。

(vi) 指示生物: 在设施周围。

监测方案见表 8。

表 8 核燃料后处理设施辐射环境监测方案

监测对象		监测项目 ¹⁾	监测点位	监测频次
空气	γ 辐射剂量	陆地 γ 辐射剂量率	用巡测谱仪开展厂区周围巡测(运行前)	1次/年
		γ 辐射剂量率连续监测	主导风向向下风向, 最大落地点浓度处, 关键居民组(运行后)	连续
	中子	中子剂量率	临近设施可能受到中子辐射的地点(运行后)	1次/年
	气溶胶	总 α 、总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 、 ^{129}I 、 ^{99}Tc 、 ^{137}Cs	主导风下风向厂区边界; 最大落地浓度处、关键居民组; 对照点	1次/月(累积)
	沉降物			1次/月(累积)
空气	$^3\text{H}(\text{HTO})$ 、 ^{14}C 、 ^{85}Kr			1次/月(累积)
土壤	表层土壤	γ 核素 ¹⁾	<5km 8个方位角内(排放口下游、主导风向向下风向适当加密); 对照点	1次/季
水	地表水	总 α 、去 ^{40}K 总 β 、 ^3H	排放口附近水域、排放口下游厂外第1取水点, 上游对照点	1次/月
	地下水		设施的监测井, 对照点	1次/月
	饮用水	^3H 、 γ 核素 ¹⁾ 、总 α 、去 ^{40}K 总 β	设施周围及关键居民组饮用水	1次/月
	海水	^3H 、 γ 核素、去 ^{40}K 总 β 、 ^{90}Sr 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$	设施周围的海水, 重点监测排放口附近区域海水	1次/月
沉积物	地表水沉积物	^{90}Sr 、 ^{244}Cm 、 ^{241}Am 、 ^{129}I 、 ^{99}Tc 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 及 γ 核素 ¹⁾	同地表水	1次/半年
	海水沉积物		同海水	
生物	植物(含)	^3H 、 ^{14}C 、 γ 核素 ¹⁾	厂区边界附近就地生长的植物样	1次/月

	指示生物)	^{241}Am 、 ^{244}Cm 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$	厂区边界附近就地生长的植物样每月采集累积一年	1次/年
	农产品	^3H 、 ^{14}C 、 γ 核素 ¹⁾ 个别样品测量 ^{90}Sr 、 ^{129}I 及 $^{239+240}\text{Pu}$	厂区边界附近就地生长的动、植物样；对照点	1次/年
	牧草	$^3\text{H}(\text{OBT})$ 、 ^{14}C 、 ^{129}I 、 γ 核素 ¹⁾	设施边界周围牧场	1次/月
		^{241}Am 、 ^{244}Cm 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$	一年累积样	1次/年
生物	牛(羊)奶	^3H 、 ^{14}C 、 γ 核素 ¹⁾ 个别样品测量 ^{90}Sr 、 ^{129}I 及 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$	设施边界周围牧场	1次/月
	海洋生物(含指示生物)	$^3\text{H}(\text{OBT})$ 、 ^{14}C 、 ^{90}Sr 、 ^{99}Tc 、 ^{238}Pu 、 $^{239+240}\text{Pu}$ 和 γ 核素 ¹⁾	设施排放口附近海域和附近养殖区	1次/季
注 1: γ 核素监测应重点关注设施排放的特征核素, 土壤 γ 能谱分析项目一般包括但不限于: ^{40}k 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{125}Sb 、 ^{60}Co , 沉积物 γ 能谱分析项目一般包括但不限于: ^{40}k 、 ^{137}Cs 、 ^{134}Cs 、 ^{125}Sb 、 ^{60}Co 、 ^{106}Ru 、 ^{226}Ra , 牛奶、生物 γ 能谱分析项目一般包括但不限于: ^{40}k 、 ^{137}Cs 、 ^{106}Ru 、 ^{134}Cs 、 ^{125}Sb 、 ^{60}Co , 对其中的 ^{129}I 、 ^{99}Tc 的监测频度, 可按照实际需要开展监测。				

5.2.4.2 运行期间环境监测

在后处理厂开始运行前3年-5年中, 运行期间的环境监测范围、项目、频次与运行前环境辐射水平调查基本相同。除设置 γ 辐射剂量率连续监测外, 在取得足够运行经验和环境监测数据后, 可适当调整监测范围、项目和频次。

5.2.4.3 流出物监测

运行期间流出物监测内容为:

a) 气载流出物监测

监测点设在废气排放口, 主要监测项目为: ^3H 、 ^{14}C 、 ^{85}Kr 、 ^{90}Sr 、 ^{99}Tc 、 ^{60}Co 、 ^{129}I 、 ^{131}I 、 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{239}Pu 、 ^{241}Am 、 ^{244}Cm 等。连续在线监测或采样监测。 ^3H 、 ^{14}C 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, 主要监测项目为: ^{63}Ni 、 ^{90}Sr 、 ^{99}Tc 、 ^{129}I 、 ^{137}Cs 、 ^{239}Pu 、 ^3H 、 ^{14}C 、U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。

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，酌情确定监测对象和频次。

5.2.5 铀转化、浓缩及元件制造设施周围辐射环境监测

5.2.5.1 运期前环境辐射水平调查

a) 调查内容

调查环境 γ 外照射剂量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 外照射剂量水平调查范围以后厂区为中心，半径 50km。环境介质中放射性活度浓度调查范围以后处理厂为中心，半径 30km。

c) 监测布点原则

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

d) 监测内容

(1) γ 辐射剂量率连续监测

设施运行前：开展巡测。

设施运行时： γ 辐射剂量率连续监测点主要布设在主导风向下风向，最大落地点浓度处，关键居民组。每个自动监测站每隔 30 秒报送一次 γ 辐射空气吸收剂量率数据，实行全天 24 小时连续监测。可选择设置能甄别核素的固定式 NaI 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向下风向，最大落地点浓度处，关键居民组，监测项目主要包括 U、总 α 和总 β 。

(3) 表层土壤

每季度采集设施主导风向下风向处的表层土壤，分析核素主要包括去 ^{40}K 总 β 、总 U，如果设施使用的是再生铀，则需 γ 能谱分析。

(4) 水

(i) 地表水：每月采集设施周围地表水，重点监测排放口附近区域。

(ii) 海水：每月采集排放口附近海域海水。

分析核素主要包括 U、总 α 、去 ^{40}K 总 β ，根据总 α 、总 β 的结果，判断是否需要做 U 同位素核素分析。如果设施使用的是再生铀，则需进行 γ 能谱分析。

(iii) 饮用水：每年测量一次设施周围及关键居民组的饮用水。分析核素主要包括 U、

总 α 、总 β 。

(5) 沉积物

地表水沉积物：每季度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：每季度对设施排放口附近区域及近岸海域的潮间带土进行监测。

监测的主要核素包括U、总 α 、去 ^{40}K 总 β ，根据总 α 、总 β 的结果，判断是否需要做U同位素核素分析。如果设施使用的是再生铀，则需进行 γ 能谱分析。

(6) 生物

(i) 植物：每年一次采集设施主导风向向下风向及设施边界附近的当季叶菜等农产品。

监测的主要核素包括U、总 β 和 ^{40}K ，如果设施使用的是再生铀，则需进行 γ 能谱分析。

(ii) 水生生物：每年一次采集设施排放口混合充分处水域的鱼类和植物类。主导风向向下风向当地居民主要食用的水生生物来源水体，选择有代表性的水生生物1-2种。

监测的主要核素包括总 α 、总 β ，根据的结果，判断是否需要做U同位素核素分析。如果设施使用的是再生铀，则需进行 γ 能谱分析。

铀转化、浓缩及元件制造设施周围辐射环境监测方案见表9。

表9 铀转化、浓缩及元件制造设施周围辐射环境监测方案

监测介质	监测项目		监测点位或点数	监测频次
空气	γ 辐射剂量	陆地 γ 辐射剂量率	用巡测谱仪开展厂区及周边巡测（运行前）	1次/年
		γ 辐射剂量率连续监测	主导风向下风向，最大落地点浓度处，关键居民组（运行后）	连续
	气溶胶	U ¹ 、总 α 、总 β	主导风下风向厂区边界	次/月
	沉降物	U ¹ 、总 α 、总 β	主导风下风向厂区边界	次/月
土壤	表层土	去 ^{40}K 总 β 、U ¹ 、 γ 能谱分析 ²⁾	主导风下风向厂区边界	次/年
水	地表水	总 α 、去 ^{40}K 总 β 、U ¹ 、 ^{40}K 、 γ 能谱分析 ²⁾	排放口附近区域、排放口下游厂外第1取水点,上游对照点	次/月
	海水	总 α 、去 ^{40}K 总 β 、U ¹ 、 γ 能谱分析 ²⁾	排放口附近海域	次/月
	饮用水	总 α 、总 β 、U ¹	关键居民组的饮用水	次/年
沉积物	地表水沉积物	总 α 、去 ^{40}K 总 β 、U ¹ 、 γ 能谱分析 ²⁾	同地表水	次/年
	海水沉积物		同海水	次/年
生物	叶菜等农作物	去 ^{40}K 总 β 、 γ 能谱分析 ²⁾	厂区边界附近就地生长的植物样	次/年

水生生物	总 α 、去 ^{40}K 总 β 、 U^{13} 、 γ 能谱分析 ²⁾	设施排放口混合充分处水域、主导风向向下风向当地居民主要食用的水生生物来源水体	次/年
注 1: 根据总 α 、总 β 的结果, 酌情分析 U 的各种同位素。			
注 2: γ 能谱分析: 设施采用的是再生铀, 要开展 γ 能谱分析。			

5.2.5.2 运行期间环境监测

在后处理厂开始运行前 3-5 年中, 运行期间的环境监测范围、项目、频次与运行前环境辐射水平调查基本相同。除设置 γ 辐射剂量率连续监测外, 在取得足够运行经验和环境监测数据后, 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 的分析测量, 废弃物测量中还应注意对 U 的氟化物的测量。

根据燃料元件的不同类型, 还要考虑增加对 ^{106}Ru 、 ^{137}Cs 、 ^{144}Ce 、 ^{90}Sr 的测量, 元件为 MOX 的要增加对 ^{232}U 、 ^{239}Pu 、 ^{240}Pu 、 ^{237}Np 、 ^{241}Am 、 ^{242}Cm 、 ^{244}Cm 测量, 燃料元件为钚的, 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。

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 核技术利用的辐射环境监测

5.3.1 应用非密封源的环境监测

- 监测时间: 非密封源启用前。
- 监测范围: 以工作场所为中心, 半径 50m-500m 以内。
- 监测对象与项目。

见表 9 应用非密封型放射源环境监测的前四项。

5.3.1.1 应用期间的环境监测

a) 监测目的

对应用开放源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, 根据监测、检查结果编制监测报告, 为企业、环境保护行政主管部门提供技术支持。

b) 监测内容

应用开放源项目监测包括大气辐射、土壤、地表水、底泥、废水、废气、放射性废物、

工作人员个人累积剂量等项目。监测计划见表10，具体监测内容如下：

(1) 大气辐射

以工作场所为中心，半径50m-300m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，同时覆盖核医学场所周围环境及敏感点及周围环境。

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50m-300m以内布点。监测核素与应用的核素类型一致。

(3) 地表水

废水排放口上、下游500米处采集水样。监测核素与应用的核素类型一致。

(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类型一致。

(5) 底泥

废水排放口上、下游500米处采集水样。监测核素与应用的核素类型一致。

(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类型一致。

(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 表面沾污水平。

c) 监测方案

表10为应用非密封型放射源环境监测方案。

表 10 应用非密封型放射源环境监测方案

监测对象	采样(监测)布点	频次(次/年)	监测项目
γ 辐射剂量	以工作场所为中心，半径50m-300m以内	1~2	γ 辐射空气吸收剂量率
土壤	以工作场所为中心，半径50m-300m以内	1	应用核素
地表水	废水排放口上下游500m处	1~2	总 α 、总 β ，如超标分析应用核素
底泥	废水排放口上下游500m处	1	应用核素
废水	废水贮存池或排放口	1~2	总 α 、总 β ，如超标分析应用核素
废气	排放口	1	应用核素
放射性固体废物	贮存室或贮存容器外表面	1~2	γ 辐射空气吸收剂量率和 α 、 β 表面污染水平

5.3.1.2 应用非密封源流出物监测

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。

5.3.1.2 应用非密封源事故监测

a) 监测事故场所的放射性污染水平和污染范围

b) 监测事故场地去污后残留污染程度

c) 监测去污过程中产生的放射性污染物的比活度

5.3.1.3 工作场所退役监测

参照表 10，并增加监测场所和设备的污染水平。

5.3.2 应用密封型放射源的环境监测

5.3.2.1 γ 辐照装置环境监测

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 50m~500m 以内。
- (3) 调查内容：

γ 辐照装置监测包括大气辐射、贮源井水、地表水、地下水、大气、土壤、工作人员个人累积剂量等项目。调查监测计划见表8，具体监测内容如下：

(i) 大气辐射

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总 α 、总 β ， ^{60}Co 等应用核素分析。

(iii) 地表水

废水排放口上、下游 500 米处采集水样。监测核素与应用的核素类型一致。

(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类型一致。

(v) 土壤

辐照装置建筑物外围 10cm~30cm 处土壤。监测核素与应用的核素类型一致。

表 11 为 γ 辐照装置监测方案。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。储源井水还要考虑电导率、总氯离子、pH 的测定。

表 11 辐照装置和含密封源设施环境监测方案

监测对象	采样(监测)布点	频次	监测项目
γ 辐射剂量	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)	1 次/年	γ 辐射空气吸收剂量率、累积剂量
贮源井水	贮源井 取水 10L	1 次/年	应用核素分析
地表水	废水排放口上下游 500m 处	1 次/年	应用核素分析
地下水	辐照装置附近饮用水井	1 次/年	应用核素分析
土壤	辐照装置建筑物外围 10~30m 土壤	1 次/年	应用核素分析

b)运行期间环境监测

按表 11 监测,其中换装源前后增加测定贮源井水所用核素的浓度。

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,防止井水泄露污染环境,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 11,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,工作场所和可能受污染的设备、工具表面污染监测。

5.3.2.2 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。

(2) 调查范围:以密封源安装位置为中心,半径 30~300m 以内。

- (3) 监测对象：环境 γ 辐射剂量率。
- (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。
- (6) 监测频次：1 次/年。

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监测中子剂量当量率。

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 辐射剂量率，表面放射性污染水平。
- (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 辐射剂量率、放射性表面污染。

5.3.3 应用粒子加速器的环境监测

监测方案见表 12。

表 12 应用粒子加速器的环境监测

监测对象	监测项目	监测频次（次/年）	
		运行前	运行期间
屏蔽墙外	外照射剂量	1	1~2
循环冷却水	总 β	1	1~2
固体废物外表面	外照射剂量率	-	1~2

5.3.4 X 射线机的环境监测

X 射线机（包括 CT 机）在运行前及运行中，对屏蔽墙外的 X 射线辐射剂量率或累积剂量进行监测，每年 1 次-2 次。

5.4 Norm 设施辐射环境监测

5.4.1 矿物资源采选及冶炼过程的辐射环境监测

5.4.1.1 采选前的辐射环境监测

监测方案见表 13 前四项。

表 13 矿物资源采选的环境监测方案

监测对象	监测点位	监测频次 次/年	监测项目 ¹⁾
陆地 γ 辐射	矿区周围 3km~5km 以内	1~2	γ 辐射空气吸收剂量率
土壤	矿区周围 3km~5km 以内	1	U、Th、 ^{226}Ra
地表水	纳污河上下游各 1km~3km	1~2	U、Th、 ^{226}Ra 、总 α 、总 β
地下水	最近居民点井水水源	1~2	U、Th、 ^{226}Ra 、总 α 、总 β 、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb
废水	排放口	1~2	U、Th、 ^{226}Ra 、总 α 、总 β 、 ^{210}Po 、 ^{210}P
废渣	堆放场	1~2	氡、U、Th、 ^{210}Po 、 ^{210}Pb 、 γ 辐射空气吸收剂量率

注 1：视情况适当开展对样品中 ^{224}Ra 或和 ^{228}Ra 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。

5.4.1.3 冶炼过程的环境监测

监测方案参照表 13，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、天然放射性核素含量。频次为每年 1 次-2 次。

5.5 放射性物质运输的辐射环境监测

5.5.1 运输过程中的环境监测

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、工作场所等表面污染水平，环境 γ 辐射水平。

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) 运输、装卸的有关工作人员（视为公众）。
- d) 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) 外照射剂量。
- b) 表面污染水平。

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 放射性废物暂存库和处理场的辐射环境监测

5.6.1 放射性废物暂存库

5.6.1.1 运行前的辐射环境监测

a)监测内容 陆地 γ 辐射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 1km-3km 以内。

c)监测方案 参照表 14。

5.6.1.2 运行期间的环境监测按表 14 执行。

表 14 放射性废物暂存库辐射环境监测方案

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

注 1：对于中低放射性废物处置场辐射环境监测增加中子剂量监测。

5.6.2 放射性废物处置场

包括近地表处置设施和地质处置设施。废物处置场在启用前、运行期间及关闭后都必须进行辐射环境监测。

5.6.2.1 监测范围

以处置场为中心，半径 3km-5km 以内。

5.6.2.2 监测方案

参照表 14 放射性废物暂存库辐射环境监测方案。监测项目可根据核安全导则 HAD401/09 和处置场涉及的主要放射性核素情况适当调整。近地表处置设施的监测包括场所辐射监测、流出物监测、屏障监测和控制区出入监测，废物监测验证废物包是否符合接受标准的有关项目监测。地质处置设施包括处置设施监测、废物监测（仅运行阶段）和环

境辐射监测。

5.7 监测辅助参数获取

除辐射测量外，完整的环境监测方案必须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。

气候条件（风速、风向、大气混合层稳定度、降水统计量），在运行前调查和设施运行期间必须监测。

受纳液态流出物的水体的水文特性（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必须进行监测。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必须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），在设施运行阶段必须对这些特性定期进行核实。运行前调查亦必须包括对当地水文地质和土壤的监测，以及对可能影响气载流出物的地形特点的监测。示踪剂调查也许对复杂情况的监测是合适的。

辐射源设施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，滞留的时间在运行前调查中必须进行监测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监测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，水的利用情况亦必须进行监测。

对受长寿命放射性核素污染现场的支持监测方案，必须以陆地环境和人口特点、生活习惯为重点。当地的水循环必须监测：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。必须调查土壤的特性，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必须监测。必须特别跟踪农业和园艺习惯。必须仔细监测当地和下游水的利用情况。必须特别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。环境监测的目的在于取得有代表性的值。

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监测方案，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。

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它污染，包括通过空气、水和其它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 样品采集与预处理

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，以防止形成部分自循环。取样地点应避免选择在异常微气象情况或其它可能导致空气浓度人工地偏高或偏低情况的地点，如高大建筑物附近。

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。

空气取样的流量率可以由每分钟几升到每分钟十立方米。原则上，取样流量越大，探测下限越低。但实际上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推定，其准确度至少应在 $\pm 10\%$ 以内。取样流量要保持稳定，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 20%。滤纸上的尘埃量有可能直接影响到取样流量，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。

首先要对流量调节装置中的流量计测录到的流量修正到标准状态下的流量：

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

式中：

Q_{nb} ——标准状态下的流量， m^3/min ；

Q_i ——在 P_i 和 T_i 条件下取样结束时的流量， m^3/min ；

Q_{i-t} ——在 P_i 和 T_i 条件下取样开始时的流量 m^3/min ；

P_i ——采样时的大气压力，Pa；

P ——标准状态下的大气压力，Pa；

P_{bi} ——在 T_i 时饱和水蒸气压力，Pa；

T_i ——采样时的绝对温度，K；

T ——标准状态下的绝对温度，K。

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 t_2 和 t_1 分别为取样结束和取样开始时的时间。

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： n ——分段取样次数；

Δt_i ——第 i 次取样时间。

d) 样品预处理

对小型滤纸可把它们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：最前面为一层滤低，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 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 100m^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汽和氢气中的氟两个来源。对于降水中的氟取样，与 6.2.3 降水取样方法基本相同，但采样容器中不加入酸。

对于水蒸汽中氟的收集，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 5cm、长 50cm 左右的硬质玻璃或硬质塑料管中，填充粒度为 1.98mm~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汽重量，驱出之水样供测量氟之用。

冷冻法是将待测气流引入冷阱中，气流中的氟化水蒸汽就在冷阱中凝结下来，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汽收集在液体中。

6.2.1.4 碳-14

空气中二氧化碳经碱液吸收，生成碳酸钠，加氯化钙生成碳酸钙沉淀，碳酸钙粉末悬浮于 Triton-x100 甲苯闪烁液中，用低本底液闪谱仪测量 ^{14}C 放出的 β 射线，从而计算出空气中 ^{14}C 的活度浓度。

6.2.2 沉降物

a) 采样设备

常用的沉降收集器为接受面积 0.25m^2 的不锈钢盘，盘深 30 cm。

b) 采样器位置

采样器安放在距地面 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 1cm~2 cm。常规监测中，一般收集时间为一个月。

(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。

要防止地面扬土和树叶之类杂物直接进入沉降盘，在沉降盘顶可加设适当的百叶窗片，沉降盘位置也不能太靠近地表。

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。

6.2.3 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。采集器边缘上沿离地面高 1 m，采取适当措施防止扬尘干扰。

c) 采样方法

(1) 贮水器要每天定时观察。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。

6.2.4 水体

6.2.4.1 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（聚乙烯）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。但分析 ^3H 样品不可用塑料器皿采集。

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 ≤ 10 m时，在水流中心采样；水断面宽 > 10 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 ≤ 10 m，在水面下 50 cm 处采样；水深 > 10 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。监测氚、碳-14 和碘-131 的水样不用加酸；用离子交换树脂吸附法浓集铯与钷的水样也不必加酸酸化。

(2) 用温度计直接浸入河水或湖泊中，或者是水桶装满水后立即用温度计测量水温。如有需要，也要测量 PH 值。

(3) 原则上不进行过滤等处理。若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。

6.2.4.2 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 2~3 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

(1) 立刻用测量采集到水样的水温。如有必要，也要测量 PH 值。

(2) 在采集好的样品容器中，立即添加盐酸（1+1），或硝酸（1+1），每升样品水加 2 mL 酸，然后盖严。

(3) 原则上不进行过滤等处理。如进行，则要做好记录。

6.2.4.3 海水

a) 采样设备

同地表水

b) 采样方法

在潮间带外采集样品，方法同地表水

c) 预处理

同地表水。

6.2.5 底泥

主要指河底泥，湖底泥和海底泥。是指河川、湖泊、海水的沉积物中粒度较细（直径小于 2 mm）的成份。

6.2.5.1 采集器材

深水部位的底泥，用专用采泥器采集。浅水处可用塑料勺直接采取。

6.2.5.2 采集方法

可用抓斗式采泥器方法和彩泥船式采泥器的方法，取到所需数量，装入样品盘，将用具净水洗涮后，进行干燥。

6.2.5.3 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，把底泥样品容器中，密封。

6.2.6 土壤

6.2.6.1 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。

6.2.6.2 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。

6.2.6.3 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。

6.2.6.4 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 2kg~3kg 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。

6.2.7 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。

6.2.7.1 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。

6.2.7.2 预处理

把收割下来的作物作物晾晒风干后脱粒处理，去除夹杂物，只收集干籽实 2kg~3kg。

6.2.8 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 处~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 10 kg 左右，未成熟的大豆等需 5 kg 左右。

6.2.9 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在市场上销售的市奶，以及脱水处理后的奶粉。

6.2.9.1 采集用具和容器

容器：聚乙烯瓶（5L）。

试剂：37%的甲醛溶液。

6.2.9.2 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。

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。

6.2.10 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 500 g。若为单播、稻科牧草，一般从离地面 10 cm 高度处割取。即使是矮秆草，为了留下生长点，可在离地面 5cm~10 cm 高度处割取。

把收集到的牧草样品放入聚乙烯口袋，封口。

6.2.11 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）。在取内脏组织为样品时，不要使内脏破损，汁液流出。

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、晾干表面水份，称鲜重并记录。

6.2.11.1 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℃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。

6.2.11.2 样品的炭化处理：

a)在电炉上炭化：

把干样放入蒸发皿中，在电炉上加热使之充分炭化。炭化过程中要防止出现明火，若出现了应迅速用适合的盖子盖在蒸发皿上将火灭掉。在炭化过程中由于样品粘连，蒸发皿因受热不均匀经常破裂，这时应迅速关掉电炉，待稍微冷却后，带上隔热手套将其端下，并将样品转移到另外一个蒸发皿中继续加热。炭化过程中要注意经常翻动样品，使其受热均匀。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。

b)在烤箱或马福炉中炭化：

把干样放入蒸发皿中，置于烤箱或马福炉内，烤箱或马福炉的门微开，便于炭化时冒烟（烤箱或马福炉上方备置排烟系统）。刚开始炭化时，温度可设置低一点，然后逐渐升温，当无黑烟冒出时，则炭化完全。

6.2.12 淡水生物

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。

6.2.12.1 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。

6.2.12.2 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。

6.2.12.3 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。

6.2.12.4 采集方法

a)鱼类：

随着鱼种不同，捕捞期也不同。多数情况下无鱼业权者不能捕捞，所以需委托有关部门进行取样。这时，必需交待清楚他们应当详细记录清楚的各项有关内容。

b)贝类：

同鱼类。

6.2.12.5 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 10min~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，以免污染其它组织；勿使体液流出，以免引起损失。

b)贝类

在原水中浸泡一夜，使其吐出泥砂。用刀具取出贝壳中软体部分，称重（鲜重）。

6.2.13 海产生物

根据海产生物的不同，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) 底生生物：贝类、甲壳类、海参类、海星类、海胆类、海绵类等底生生物；
- (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。

6.2.13.1 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。

6.2.13.2 采集量

同淡水水生物。

6.2.13.3 采集用具

一般做法是委托别人取样，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：

底生生物：电子束拖网，或小型底曳网。

海藻类、附着生物：刮土机，钢凿。

6.2.13.4 采集方法

浮游生物 在捕鱼期，随鱼种而定。若委托别人，则必须交待清楚必须详细记录的内容。

底生生物海 海星类生物需雇用底曳渔船采集，或采用小型电子束拖船采集。海滨岩石上未利用的贝类，采用凿石钢凿和刮刀。

海藻类 一般也委托他人采集，必须交待和记录清楚具体要求。

附着生物 一般也委托他人采集，清楚交待并记录内容。

6.2.13.5 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)底生生物、附着生物：同淡水生物。

c)海藻类：海藻类多数附着在其它动植物上。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）。

6.2.14 指示生物

作为监测放射性核素用的指示生物，陆上有松叶、杉叶、艾蒿等，海洋里有紫壳菜、马尾藻等。

6.2.14.1 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、枯叶则应除去。

对海洋指示生物，参见海生生物采集。

6.2.14.2 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。

6.2.14.3 采集方法

采集松叶，为防被叶子实端刺伤，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。在每棵树上采集 0.2 kg 左右，采 5 颗-10 棵树，计 2kg 左右。

采集艾蒿等野草时，选择上空没有树木覆盖的场所。不要花梗之类东西，只取新鲜叶子。

另外，也可用镰刀、修枝剪刀等采集茎和枝。

6.2.14.4 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，只把叶子抽出来。原则上不用水洗。

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

样品采集完毕应尽快运输至分析实验室，应采用专门的样品运输车辆运输，在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。样品运输过程中的基本要求：

6.3.2.1 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。

6.3.2.2 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。

6.3.2.3 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。

6.3.2.4 对于半衰期特别短的样品,要保证运输时间不影响测量。

6.3.2.5 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 经过现场制备的水样,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天内测定其含水率,晾干保存。

6.3.3.3 生物样品在采集和现场制备后要注意保鲜。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 进库的样品须适合长期保存。

6.3.5.2 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

辐射环境监测是在野外环境中或在实验室中进行的,所采用的分析方法应当:仪器设备适合于特定辐射类型和能量的测量;满足最低和最高辐射水平或放射性活度浓度的规定要求;满足测量的介质、点位和频度;适应监测时的环境条件。

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,还必须考虑从设施在正常运行和应急期间可能释出的放射性核素的量级。鉴于核动力厂可能释放的放

射性核素的种类很广，半衰期从几秒至几千年，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。

采样或监测的频度取决于环境辐射水平或介质中放射性浓度随时间的变化情况。浓度的变化相对较低，如辐射源的源项固定，监测的频度可以低。浓度的变化涨落较大或不稳定，如核动力厂的气态排放，监测的频度要相对提高，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。

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）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就够了。

大部分放射性核素的测量方法都有国家标准方法，但并不是为环境监测专用。在采用一种测量方法时，要特别注意关键技术指标是否能满足环境监测的需要。选定测量分析方法，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。

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。

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符合非标准方法的要求；

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。

辐射环境监测推荐分析方法见附录 A，辐射环境监测常用仪器、样品量和典型探测下

限见表 15。

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	单位
^3H	水	液闪谱仪	2.5L	2.0	Bq/L
	水气氚			25	mBq/m ³
	生物组织自由水氚		叶菜: 2kg	1.0	Bq/kg (鲜)
	生物有机结合氚		叶菜: 8kg	0.5	Bq/kg (鲜)
^{14}C	空气	液闪谱仪	(3m ³)2g	0.1	Bq/g 碳
	生物		(2g 灰) 2g	0.1	Bq/g 碳
总 α 总 β	气溶胶	低本底 α/β 测量仪	10000m ³	α : 30 β : 20	$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$
	沉降物		10m ² .d	α : 30 β : 20	mBq/m ² .d
	土壤		100mg	α : 230 β : 50	Bq/kg
	水		2L	α : 50 β : 15	mBq/L
	生物		100mg 灰	5.0	Bq/kg (灰)
	海水		2L	2.6	Bq/m ³
γ 能谱 分析	土壤、沉积物、底泥、潮间带土	γ 谱仪	300g 干	1.0(^{137}Cs)	Bq/kg 干
	气溶胶		10000m ³	10 (^{137}Cs)	$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$
	沉降物		10m ² .d	3.0(^{137}Cs)	mBq/m ² .d
	生物		20kg 鲜	10 (^{137}Cs)	mBq/kg (鲜)
	淡水		30L	3.0(^{137}Cs)	mBq/L
	海水				
^{90}Sr	气溶胶	低本底 α/β 测量仪	10000m ³	2.0	$\mu\text{Bq}/\text{m}^3$
	沉降物		10m 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		50g	0.5	Bq/kg
^{137}Cs	水	低本底 α/β 测量仪	40L	0.5	mBq/L

测量项目/介质		测量仪器	样品量	典型探测下限	单位
	牛奶	γ谱仪	1L	100	mBq/L
¹³¹ I	空气	γ谱仪	10000m ³	碳盒: 2.0	mBq/m ³
				滤纸: 0.5	
	牛奶	低本底α/β测量仪	4L	50	mBq/L
	水		10L	4.0	mBq/L
生物		250	2.0	mBq/g _灰	
¹³¹ I	空气	γ谱仪	10000m ³	5.0	mBq/m ³
U	气溶胶	激光、荧光铀分析仪	10000m ³	1×10 ⁻⁴	μg/m ³
	沉降物		10m ² ·d	0.3	μg/m ² ·d
	土壤		1g	0.5	μg/g
	生物		0.5g _灰	3×10 ⁻⁸	g/g _灰
	地表水		5ml	0.05	μg/L
	海水		5ml	0.2	μg/L
Th	水	分光光度计	2l	0.05	μg/L
	海水		5L	0.05	μg/L
Pu	海水	质谱仪 α谱仪 低本底α/β测量仪	20 L	²³⁹ Pu:0.6 ²⁴⁰ Pu:1.0	μBq/L
	土壤、沉积物		2g	²³⁹ Pu:2.5 ²⁴⁰ Pu:8.5	mBq/kg
	生物		2g _灰	²³⁹⁺²⁴⁰ Pu: 10×10 ⁻⁴	Bq/g _灰
²²⁶ Ra	淡水	氡钍分析仪 α/β测量仪	2L	2.0	mBq/L
	海水		4L		
²¹⁰ Po	水	α谱仪	5L	1.0	mBq/L
	气溶胶		10000m ³	10	μBq/m ³
	生物		10g _(干)	0.1	mBq/g _干
²¹⁰ Pb	水	低本底α/β测量仪	5L	2.0	mBq/L
	生物		10g _(灰)	1	mBq/g _灰
	气溶胶	γ谱仪	10000m ³	20	μBq/m ³
⁴⁰ K	水	原子吸收分光光度计	500ml	1.0	mBq/L

测量项目/介质		测量仪器	样品量	典型探测下限	单位
环境γ 辐射 剂量 率	实时连续监测	γ剂量率仪 热释光剂量 率仪	-	10	nGy/h
	瞬时测量		-	10	nGy/h
	累积剂量		-	10	μGy
氦及 其子 体	空气	测氦仪	11L/min	²²² Rn:0.3	Bq/m ³
				²²² Rn 子 体: 5.7	nJ/m ²
氦析 出率	空气	氦析出率仪	150L/h	0.004	Bq/(m ² ·S)
注：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。					

8 数据处理和评价

8.1 有效数字和数值修约

有效数字有效位数的多少，除了反映量值的大小外，在分析领域还反映该数值的准确程度，一个有 n 位有效数字的量值，它的相对误差限的范围为 $5 \times 10^{-n} \sim 5 \times 10^{-(n+1)}$ 。即有 1 位、2 位和 3 位有效数字的量值，其相对误差限分别是 5%~50%、0.5%~5%和 0.5%~0.5%。

有效数字和数值修约相关要求按照 GB/T 8170 和相关辐射环境监测分析方法标准的要求执行，一般可遵守以下原则：

(1) 在计算过程中可多保留几位有效数字，而不必拘泥于通常的规则。

(2) 最终报告结果的有效数字位数，须限制在合理范围内，即实际的相对误差与有效数字位数反映的相对误差限要相当；对一般辐射环境监测结果，有效数字取 2 位~3 位，同时其有效数字所能达到的数位不能超过探测下限的有效数字所能达到的数位。

(3) 表示精密度的有效数字根据分析方法和待测物质的浓度不同，一般只取 1 位~2 位有效数字。

8.2 判断限和探测下限

判断限和探测下限不是某一测量装置的技术指标，而是用于评价某一测量（包括方法、仪器和人员的操作等）的技术指标。给出判断限和探测下限必须同时给出与这一测量有关的参数，如：测量效率、测量时间（或测量时间的安排）、样品体积或质量、化学回收率、本底及可能存在的干扰成分。对于活度浓度的判断限（MSC）和探测下限（MDC），其计算公式分别为：

$$MSC = \frac{k_a \sigma_0}{w} \quad (4)$$

$$MDC = MSC + \frac{k_{\beta}\sigma_D}{w} \quad (5)$$

式中， K_{α} 为显著性水平等于犯第 I 类错误的概率 α 时的标准正态分布的上侧分位数； K_{β} 为显著性水平等于犯第 II 类错误的概率 β 时的标准正态分布的上侧分位数，常用的 K_{α} 、 K_{β} 值见表 14； σ_0 、 σ_D 分别对应被测量量的不确定度； w 为换算因子，其取值一般包括样品质量或体积 m 、探测效率 ε 、化学回收率或 γ 射线发射概率 ρ 、衰变因子 D 、测量时间 t 及其他参数的项，可用下式估算：

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

在辐射环境监测中，常有净计数比本底计数小得多，而使样品总计数 N_g 的不确定度 $u(N_g)$ 等于本底计数 N_b 的不确定度 $u(N_b)$ ，即可得

$$\sigma_D = \sigma_0 = \sqrt{2}u(N_b) \quad (7)$$

如果 $\alpha = \beta = 0.05$ ，即 $K_{\alpha} = K_{\beta} = 1.645$ ；则 MSC 和 MDC 为：

$$MDC = 2MSC = \frac{2\sqrt{2}K_{\alpha}u(N_b)}{w} = \frac{4.65u(N_b)}{w} \quad (8)$$

$u(N_b)$ 可以是按贝塞尔公式计算的单次测量的本底计数标准差，也可以是由平均本底计数算得的泊松分布标准差，但需明确声明所采用的是按哪一类计算的标准差。

当样品测量时间 t 和本底测量时间 t_b 相等， $u(N_b)$ 采用泊松分布标准差时， MSC 和 MDC 为：

$$MDC = 2MSC = \frac{4.65\sqrt{N_b}}{w} \quad (9)$$

式中， N_b 是 t_b 时间内的平均本底计数。

当测量值小于判断限时，表示在给定的置信度内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，表示在给定的置信度内可判断样品中存在放射性，但不一定能被本次测量探测到。

表 16 常用 K 值表

α 或 β	$1-\beta$	K (K_{α} 或 K_{β})	K
0.02	0.98	2.054	5.81
0.05	0.95	1.645	4.65
0.10	0.90	1.282	3.63
0.20	0.80	0.842	2.38
0.50	0.50	0	0

8.3 探测下限附近数据的处理

8.3.1 活度或活度浓度是没有负值的, 但一个样品在重复测量中出现净计数为负值的情况是合理而允许的, 这是统计涨落所致, 所以在一个样品的重复测量中出现小于探测下限或小于零的净计数, 仍要按其实际测量值参与平均。

8.3.2 参与平行样品或同类样品结果的平均值计算时, 应尽可能取其实际测量值(包括实测的负值和零值)参与计算。为简便起见, 对小于判断限的结果也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很大, 如小于 1/3, 可用概率纸作图法, 依据其分布特性求其均值。

8.3.3 在给出含有小于探测下限的平均值时, 应同时说明小于探测下限的结果是如何参与平均值计算的, 以及相应的小于探测下限的数据在全部数据中的比例。

8.4 可疑数据的判断与处理

8.4.1 对可疑数据的判断和处理建议参照 GB/T 4883, 选择适宜的统计检验方法或质量控制图进行统计检验。对一般辐射环境监测结果, 常可使用的可疑数据判断方法有 Grubbs 检验法、 3σ 准则等, 其中 3σ 准则适用的样本容量需较大, 一般不应小于 10。Grubbs 检验步骤见附录 A。

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, 应开展数据受控验证, 对取样、测量、记录、计算等各环节进行核查; 核查无误后还应就降水等自然影响、周围环境条件的变化、NORM 及核技术应用等人为活动的影响等因素开展调查。可疑数据应予记录, 以备查询。

8.5 监测结果的表示

8.5.1 监测结果应采用法定计量单位。

8.5.2 平行样或留样复测结果在允许偏差范围内时, 用其平均值报告监测结果。

8.5.3 当测量值小于探测下限时, 监测结果报“<MDC”, 并注明探测下限值。

8.6 数据评价

8.6.1 定量比较: 主要包括不同地点定量比较、不同时段定量比较、与某一设定值(如本底值或管理限值)比较等, 其中不同地点定量比较指对同一时间段不同点位(断面)、区域(流域)间的评价指标浓度值进行比较, 不同时段定量比较指对同一点位(断面)、区域(流域)内的某两个时段评价指标浓度值进行比较。比较方法可参考 GB/T 4889-2008《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》, 为简便起见, 也可采用置信区间法(置信区间计算及判定方法见附录 D)

8.6.2 变化趋势分析：分析点位（断面）、区域（流域）内多时段评价指标浓度值的变化趋势，对评价指标值与时间序列进行相关性分析。常用的相关性分析方法有 Spearman 秩相关系数法（Spearman 秩相关系数计算及判定方法见附录 E）、Kendall 秩相关系数法等。

8.7 宇宙射线响应值的扣除

在测量环境 γ 辐射剂量率中，所包含仪器对宇宙射线的电离成分响应值（包括仪器自身本底值），在报出结果中应予扣除。扣除该响应值的方法是在广阔的淡水湖（水库）水面上测得使用仪器对宇宙射线响应值 D'_c ，其计算公式为：

$$D'_c = K_1 \bar{X}_c \quad (10)$$

式中： K_1 ——由照射量换算成吸收剂量的换算系数，取 $8.76 \times 10^{-3} \text{Gy} \cdot \text{R}^{-1}$ ，如果仪器读数 \bar{X}_c 为吸收剂量单位 nGy/h，则 $K_1=1$ ；

\bar{X}_c ——水面上仪器多次读数的平均值。

在环境现场监测中，测点的海拔高度和经纬度与湖（库）水面不同，必须对湖（库）水面测得的 D'_c 进行修正，得到测点处仪器对宇宙射线的响应值 D_c 。修正方法见附录 C。如果测点的海拔高度和经纬度与湖（库）水面相差不大，海拔高度差别 $\leq 200\text{m}$ ，经度差别 $\leq 5^\circ$ ，纬度差别 $\leq 2^\circ$ ，可以不进行 D'_c 修正，即 $D_c = D'_c$ 。

在测量环境 γ 辐射剂量率时，监测结果 D 按下式进行宇宙射线响应的扣除：

$$D = K_2 (K_1 X - \mu_c D_c) \quad (11)$$

式中：

X ——现场监测时仪器多次读数的平均值；

K_1 ——由照射量换算成吸收剂量的换算系数，取 $8.76 \times 10^{-3} \text{Gy} \cdot \text{R}^{-1}$ ，如果仪器读数 X 为吸收剂量单位 nGy/h，则 $K_1=1$ ；

K_2 ——仪器量程校准因子，由法定计量部门检定或校准时给出；

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，野外取 1。

对于未进行宇宙射线响应扣除的环境 γ 辐射剂量率数据，不能直接进行剂量评价，也不能进行不同仪器之间的横向比对，仅限于同一台仪器不同时段监测数据的纵向比较。

8.8 测量不确定度评定与表示

8.8.1 测量不确定度的要求

测量不确定度评定的程序、方法，以及测量不确定度的表示和使用应符合 GB/T 27418 和 ISO/IEC 指南 98 系列标准的其他文件及补充文件的规定。每个监测项目均需建立特定的测量不确定度评定方法。下列情况下，适用时，应在监测报告中报告测量结果的不确定度：

- (1) 当监测方案（包括质量保证方案）、监测方法已明确要求报告时；
- (2) 当监测项目委托方要求时；
- (3) 当测量不确定度影响与有关评价标准（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）评判时；
- (4) 实验室比对、实验室考核、质量保证样品分析时。

8.8.2 测量不确定度的评定

8.8.2.1 测量模型

对一般辐射环境监测，被测量 Y 的估计值 y ，即测量结果，常可表示如下：

$$y = cx_1^{p_1} x_2^{p_2} \cdots x_n^{p_n} \quad (12)$$

式中： x_i ——与被测量 Y 有关的第 i 个输入量 x_i 的估计值；

p_i ——为已知正数或负数，并且其不确定度可忽略；

c ——为常数。

8.8.2.2 合成标准不确定度计算

测量结果 y 的合成标准不确定度用 $u_c(y)$ 表示。根据不确定度传播规律，当各输入量 x_i 互不相关时，合成标准不确定度用 $u_c(y)$ 的计算公式为：

$$\frac{u_c(y)}{|y|} = \sqrt{\sum_{i=1}^n [p_i u(x_i) / x_i]^2} \quad (13)$$

当 $p_i=1$ 或 -1 时，

$$u_r(y) = \frac{u_c(y)}{|y|} = \sqrt{\sum_{i=1}^n [u(x_i) / x_i]^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n u_r^2(x_i)} \quad (14)$$

式中： $u_r(y)$ ——测量结果 y 的相对合成标准不确定度；

$u_r(x_i)$ ——输入量的估计值 x_i 的相对标准不确定度；

$u(x_i)$ ——输入量的估计值 x_i 的标准不确定度。

若某些输入量 x_i 是明显相关时，则应考虑其相关性。对由一系列观测值的统计分析获得的输入量的估计值，其标准不确定度 $u(x_i)$ 按 GB/T 27418 中 4.2 章节所述的方法评定

(标准不确定度 A 类评定); 对由其他方法得到的输入量的估计值, 其不确定度 $u(x_i)$ 按 GB/T 27418 中 4.3 章节所述的方法评定 (标准不确定度 B 类评定); 若 $u(x_i)$ 可能有多个不确定度来源所导致, 则需要逐项进行分析。

8.8.2.3 扩展不确定度计算

扩展不确定度 U 由合成标准不确定度 $u_c(y)$ 乘以包含因子 k 得到:

$$U = ku_c(y) \quad (15)$$

由此, 可给出测量结果值得包含区间 $y-U$ 到 $y+U$, 可期望该区间包含了能合理赋予被测量 Y 值的分布的大部分。

包含因子 k 的值是根据 $y-U$ 到 $y+U$ 区间所要求的包含概率而选择的。对一般辐射环境监测结果, 可认为近似服从正态分布, 常可取 $k=2$, 所形成的包含区间具有的包含概率约为 95%。

8.8.3 测量不确定度的表示

除国家规定或有关各方约定采用合成不确定度外, 通常在报告测量结果时都用扩展不确定度表示, 应:

a) 说明测量结果为 $Y = y \pm U$, 并给出 y 和 U 的单位, 适当时, 给出相对扩展不确定度 $U/|y|, y \neq 0$

b) 给出获得 U 时所用的 k 值;

c) 给出与区间 $y \pm U$ 有关的近似的包含概率。

当在报告中详细描述测量结果及其不确定度如何获得时, 应当包括 GB/T 27418 第 7 章节所要求提供的信息。

9 质量保证

9.1 质量保证的目的

质量保证分内部和外部两种目的。内部质量保证: 在实验室内部, 质量保证向管理者提供信任; 外部质量保证: 在合同或其他委托任务情况下, 质量保证向客户或公众提供信任, 使他们确信结果是准确可靠的。对于辐射环境监测来说, 就是把监测的误差降低到可以接受的程度, 监测结果已真实反映环境的放射性水平。

9.2 质量保证的内容

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。

9.2.1 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实验室，要求有管理层、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，有一个完整的组织结构，并对各层次人员赋予相应的权力和资源。

9.2.2 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质量体系文件组成，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。

质量证明文件有质量记录和技术记录两种，包括人员培训考核记录、仪器设备检定证书、监测过程中质量控制记录、样品分析测量结果报告及原始记录等。它是按质量要求文件已完成活动和达到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。

9.2.3 规范化操作

全部监测活动都应有程序文件进行规定，并严格遵照执行。所有用于辐射环境监测的方法都应参照现行有效的有关标准，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，相关人员应该熟练掌握，严格遵照执行。

9.2.4 有效的控制

有效的控制是为达到质量要求使过程处于受控状态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、分析和控制异常变异的重要手段。比如：质量控制图。

9.2.5 质量保证方案

在制定环境监测方案的同时，就需要制定相应的质量保证方案，质量保证方案一般要覆盖监测的全过程。一般来说，制定质量保证方案应保证：

- a) 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均须明确；
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,选择合适的设备以及它们的文件记录,包括对设备和仪器进行恰当的维护、测试和校准,以保证其能正常运行;
- e) 选择合适的环境介质采样和测量的地点以及相关的采样频度;
- f) 使用的校准标准可追溯至国家或国际标准;
- 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都应被记录下来),必要时进行不确定度分析;
- h) 在具有国内或国际水平的多个实验室间进行方法和仪器比对;
- i) 记录及存档的规定;
- j) 为从事特定设备操作的人员进行培训,并使其拥有相应的资质。

一项满足要求的质量保证方案必须能满足监管部门为辐射环境监测机构的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,监管部门应该定期对从事辐射环境监测的单位进行独立审查,如实验室认可或资质认证,但通过认证并不意味实验室的质量保证工作已经充分。

9.3 监测方案的质量保证要求

9.3.1 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、样品采集方法和要求、监测分析方法和依据、质量保证要求、监测结果的评价标准、监测时间安排、提交报告的日期等。对于常规、简单和例行的监测任务、监测方案可以简化。

9.3.2 质量保证要求

对监测方案实施质量保证的目的就是要为保证监测结果能反映环境真实水平的可靠性提供客观的依据。由于监测结果会受到各种条件和因素的影响,使得某一地区、某一时间采集的样品获得的监测结果未必就是该地该时的环境真实水平。因此,在制订辐射环境监测方案时,要求同时制定质量保证方案(计划),应有涉及监测活动全程序的质量保证措施。

9.4 监测人员素质要求

a)生态环境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生态环境监测人员总数的15%。

b)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的法规和标准。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)从事辐射环境监测的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，掌握辐射防护的基本知识，正确熟练地掌握辐射环境监测中操作技术和质量控制程序，掌握数理统计方法。

d)从事辐射监测的人员应执行环境监测合格证制度，参加生态环境主管部门组织的监测、分析项目考核，合格者发给证书，做到持证上岗。

9.5 监测仪器的检定/校准和检验

9.5.1 监测仪器的检定/校准

所有监测仪器应在国家计量部门或其授权的校准实验室检定/校准，在有效期内使用；仪器检修后要重新检定/校准；校准因子应准确使用。常用监测仪器的检定周期按照检定规程执行，建议的校准周期见表17。

表17 常用监测仪器的建议校准周期

序号	监测仪器名称	建议校准周期（年）	序号	监测仪器名称	建议校准周期（年）
1	γ能谱仪	2	6	铀分析仪	1
2	低本底α/β计数器	2	7	中子周围剂量当量（率）仪	2
3	液闪谱仪	2	8	测氦仪	1
4	α谱仪	3	9	氦子体测量仪	1
5	氦钍分析仪	1	10	氦析出率测量仪	1

9.5.2 监测仪器的期间核查

为保证监测数据的准确可靠，监测仪器应定期核查，核查的周期长短取决于仪器可靠程度、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，核查结果应能够确定仪器是否准用，但不宜用于修正仪器的校准因子，除非监测方法有规定。如核查误差超过15%时（以监测方法规定为准），应停用仪器，检查原因，进

行重新检定/校准。

仪器设备实行标识管理。

9.6 监测方法的选用和验证

满足实验室资质认定的要求后，原则上按照本标准第7章推荐的标准分析方法进行分析测量，如使用本标准外的方法，必须做方法验证和对比实验，以证明该方法的主要技术参数、方法检出活度、精密度、准确度、干扰影响等与标准方法有等效性。

9.7 采样质量保证

严格按本标准第6章的要求进行布点、采样和对样品的管理。

9.8 实验室内分析测量的质量控制

9.8.1 实验室基本要求

实验室应建立并严格执行的规章制度，包括：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。

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。

9.8.2 放射性标准物质及其使用

9.8.2.1 放射性标准物质

a) 经过国家计量主管部门发放或认定过的放射性标准物质。

b) 经过国际权威实验室发放或认定的放射性标准物质。

c) 某些天然放射性核素的标准物质，可用高纯度化学物质来制备。如总 β 或 γ 射线谱仪测量的 ^{40}K 标准可用优级纯氯化钾制备。

9.8.2.2 放射性标准物质的使用

用标准溶液配制工作溶液时，应作详细记录，制备的工作溶液形态和化学组成应与未知样品的相同或相近。

在使用高活度标准溶液时，防止其对低本底实验室的沾污。

9.8.2.3 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期间核查，如果在核查中发现标准物质的特性改变，应立即停止使用，并追溯对之前监测结果的影响。可采取检测质控样品、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

检查等方式开展核查。

9.8.3 放射性测量装置的性能检验

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），按仪器使用要求进行性能检验，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，必须进行检验。当发现某参数在预定的控制值以外时，应进行适当的校正或调整。

9.8.3.1 对低本底测量装置的检验

一个放射性计数装置，其计数满足泊松分布是它工作正常的必要条件，一旦明显偏离泊松分布，则其必然不处于正常工作状态，因此，要定期进行计数是否满足泊松分布的检验。这种检验每年至少进行一次，在用仪器进行批量测量前，新仪器或检修后正式使用前也应作此检验。检验方法和步骤见附录 D。

9.8.3.2 长期可靠性检验

取自正常工作条件下代表实际的定时或定数计数的常规测量的本底或效率测量值 20 个以上（不要仅在一、两天的一系列重复测量中收集的），由这些数据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，就把它点在图上，如果它落在中心附近、上下警告线（ $\pm 2s$ ）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（ $\pm 3s$ ）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。

9.8.4 放化分析过程的质量控制

实验室内的质量控制是通过质量控制样品实施的，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，其组分的浓度尽量与环境样品相近，其待测组分浓度应波动不大。

9.8.4.1 空白实验值

一次平行测定至少两个空白实验值，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。

9.8.4.2 平行双样

有质量控制样并绘有质控图的项目，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 $10\% \sim 20\%$ 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。无质量控制样和质量控制图的监测项目，应对全部样品进行平行双样测定。环境样品平行测定所得相对偏差不得大于标准分析方法规定的相对标准偏差的两倍。全部平行双样测定中的不合格者应重新作平行双样测定，部分平行双样测定的合格率 $<95\%$ 时，除对不合格者应重新作平行双样测定外，应增加测定 $10\%~20\%$ 的平行双样，如此累进，直至总合格率 $\geq 95\%$ 为止。

9.8.4.3 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。满足下列条件的认为合格：a) 有准确度控制图的监测项目，将测定结果点入图中进行判断；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范围，则可规定其目标为 $85\%~115\%$ 。

9.8.4.4 密码样分析

由质控人员使用有证标准样品/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，应查找原因，纠正后重新测定。

9.8.4.5 留样复测

应采取合适的方法保存足够稳定的、测定过的样品用于留样复测，将两次测量结果进行比较，以评价该样品测定结果的可靠性。

9.8.5 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，以检查测量结果的一致性。

9.9 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，找出误差来源，提高实验室的监测分析水平。

9.9.1 统一分析方法

为了减少各实验室的系统误差，使所获数据具有可比性，在进行环境监测及实施质量控制中，推荐使用统一规定的分析方法。

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，控制和评价实验时间的分析质量。

9.9.2 实验室质量考核

由国家生态环境主管部门认可的高级实验室负责实验室质量考核，根据所要考核项目的具体情况和有关内容制定出具体的实施方案，考核方案一般应包括参加单位、测定项目、分析方法、统一程序以及结果评定。每个监测项目应在每 3~5 年内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。通过考核，各实验室可以从中发现所存在的问题，以便及时整改，并采取纠正措施。

9.9.3 实验室间比对

为了检查实验室间是否存在系统误差，还可不定期地组织有关实验室进行比对或参加权威机构的能力验证，如发现问题，及时采取必要的纠正措施。

9.10 数据处理中的质量控制

9.10.1 数据的记录

每个样品从采样、预处理、分析测量到结果计算的全过程，都要按本标准规定的格式和内容，清楚、详细、准确地记录，不得随意涂改。

9.10.2 数据的校核

着手分析数据以前，要对原始数据进行必要的整理和校核。先由有经验的人员逐一校核原始记录是否按本标准的要求填写完全、正确。发现有计算或记录错误的数字要反复核算后予以订正。

9.10.3 数据的审核

在数据处理中，必须按本标准规定的方法，对假设、计算方法、计算结果进行审核。审核是由二人独立地进行计算或者由未参加计算的人员进行核算。

9.10.4 数据的保存

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全部归档保存。一般应保存到核设施停止运行后十年至几十年，环境监测的资料应长期保存。

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 年度辐射环境监测报告的编写

10.1 报告的总体要求

a)报告应采用科学的方法，以定量评估为重点，兼顾定性评估，全面客观地分析和描述辐射环境质量状况，剖析辐射环境质量变化趋势。表征结果应具有良好的科学性、完整性、逻辑性、准确性、可读性、可比性和及时性。

b)报告内容要求层次清晰、文字精炼、结论严谨，术语表述规范、统一。正文中的文字、数字、图、表、编排等格式要求可参考 HJ 641 附录 A。

10.2 辐射环境质量年报构成要素要求

10.2.1 结构要素

包括封面、内封、前言和目录

10.2.2 概况

a)监测方案：包括监测对象、监测项目、监测频次、监测布点情况，监测工作的开展情况等，绘出监测采样点位分布示意图。

b)监测方法和仪器：包括各监测项目的分析方法、测量仪器。

c)质量保证：主要措施包括量值溯源、实验室内部质量控制、外部质量控制等。

d)数据处理与评价：包括数据的统计处理、数据的评价方法、各监测项目的探测下限（MDC）水平等。

10.2.3 辐射环境质量状况

a)监测结果及现状评价：说明评价方法、评价因子、评价标准。按项目列出监测项目统计结果（包括样品数、测值范围、平均值等），参考背景水平、相关标准的限值等评述辐射环境质量现状，可运用各种图表，形象表征评价结果。发现监测结果有异常时，应分析其原因并说明处理结果。

b)年度对比分析：对比分析本年度与上年或前几年辐射环境质量变化状况，可运用各种图表，辅以简明扼要的文字说明，形象表征分析结果。

10.2.4 结论

包括各部分分析结果概括性的总结、存在的主要问题等内容，说清辐射环境质量状况、变化情况和变化原因。

10.3 重点核设施环境监测年报构成要素要求

10.3.1 结构要素

包括封面、内封、前言和目录

10.3.2 概况

a)设施概况：包括设施地理位置信息、设施周围自然环境和社会环境概况、设施运行概况等。

b)监测方案：包括监测对象、监测项目、监测频次、监测点位布点情况、监测工作的开展情况等。绘出监测采样点位分布示意图。

c)监测方法和仪器：包括各监测项目的分析方法、测量仪器。

d)质量保证：主要措施包括量值溯源、实验室内部质量控制、外部质量控制等。

e)数据处理与评价：包括数据的统计处理、数据的评价方法、各监测项目的探测下限（MDC）水平等。

10.3.3 重点核设施周围辐射环境质量状况

a)监测结果及现状评价：说明评价方法、评价因子、评价标准。按项目列出各监测项目统计结果（包括样品数、测值范围、平均值等），参考核设施运行前调查结果、对照点监测结果等背景水平及相关标准的限值等评述核设施周围辐射环境质量现状，可运用各种图表，形象表征评价结果。发现监测结果有异常时，应分析其原因并说明处理结果。

b)年度对比分析：对比分析本年度与上年或前几年核设施周围辐射环境质量变化状况，可运用各种图表，辅以简明扼要的文字说明，形象表征分析结果。

10.3.4 结论

包括各部分分析结果概括性的总结、存在的主要问题等内容，说清辐射环境质量状况、变化情况和变化原因。

10.4 其他辐射源环境监测年报构成要素要求

其他辐射源监测年报构成要素可根据源的特性及涉源单位的运行规模、工况、环境影响特征等因素，参考上述报告书的要求而自定。

10.5 辐射环境质量报告形式

辐射环境质量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。以电子介质的方式上报的辐射环境质量报告应同时附一份报告的纸质文件，以备存档。

附录 A

(资料性附录)

辐射环境监测项目与推荐方法

介质	监测项目	标准号	标准
空气	γ 剂量率	GB/T14583	环境地表 γ 辐射剂量率测定规范
	连续 γ 剂量率	GB/T14583	环境地表 γ 辐射剂量率测定规范
	X-γ 辐射累积剂量	GB/T10264	个人和环境监测用热释光剂量测量规范
	中子剂量率	GB/T14318	辐射防护仪器 中子周围剂量当量(率)仪
	α、β 表面污染	GB/T14056.1	表面污染测定 第一部分 β 发射体(最大 β 能量大于 0.15MeV)和 α 发射体
	氦及子体	GB/T 14582	环境空气中氦的标准测量方法
	氦析出率	EJ/T 979	表面氦析出率测定 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	空气放射性核素的 γ 能谱分析方法
	沉降物 γ 核素	GB/T 11713	高纯锗 γ 能谱仪分析通用方法
	沉降物中 ⁹⁰ Sr	EJ/T 1035	土壤中锶-90 的分析方法(参考)
	气溶胶中 ⁹⁰ Sr	EJ/T 1035	土壤中锶-90 的分析方法(参考)
	³ H	GB/T 12375	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
	²¹⁰ Pb	EJ/T 859	水中铅-210 的分析方法
	¹²⁵ I、 ¹²⁹ I	WS/T184	空气放射性核素的 γ 能谱分析方法
¹³¹ I	GB/T 14584	空气中碘-131 的取样与测定	
	WS/T184	空气放射性核素的 γ 能谱分析方法	
水	γ 核素	GB/T16140	水中放射性核素的 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	HJ815	水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法
	¹³⁷ Cs	HJ816	水和生物样品灰中铯-137 的放射化学分析方法
	³ H	GB/T 12375	水中氚的分析方法
	U	HJ840	环境样品中微量铀的分析方法
		GB14883.7	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/T 11224	水中钍的分析方法
		GB14883.7	食品安全国家标准 食品中放射性物质天然钍和铀的测定

介质	监测项目	标准号	标准
	²²⁶ Ra	GB/T 11214	水中镭-226 的分析方法
		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
	²¹⁰ Po	HJ813	水中钋-210 的分析方法
水	²¹⁰ Pb	EJ/T 859	水中铅-210 的分析方法
	Pu	GB14883.8	食品安全国家标准 食品中放射性物质钚-239、钚-240 的测定
	¹³¹ I	HJ841	水、牛奶、植物、动物甲状腺中碘-131 的分析方法
	⁶⁰ Co	GB/T15221	水中钴-60 的分析方法
	⁶³ Ni	GB/T14502	水中镍-63 的分析方法
土壤	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 的分析方法
	¹³⁷ Cs	HJ816	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	HJ840	环境样品中微量铀的分析方法
	Th	GB/T 11224	水中钍的分析方法（参考）
		GB14883.7	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/T 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	HJ813	水中钋-210 的分析方法
	²¹⁰ Pb	GB/T 11743-1989	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	
Pu	GB14883.8	食品安全国家标准 食品中放射性物质钚-239、钚-240 的测定（参考）	
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	HJ815	水和生物样品灰中锶-90 的放射化学分析方法
	¹³⁷ Cs	HJ816	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 16145-1995	生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法（参考）
		HJ816	水和生物样品灰中铯-137 的放射化学分析方法
	牛奶中 ¹³¹ I	HJ841	水、牛奶、植物、动物甲状腺中碘-131 的分析方法
	U	HJ840	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）
²²⁶ Ra、 ²²⁸ Ra	GB14883.6	食品安全国家标准 食品中放射性物质检验镭	

介质	监测项目	标准号	标准
			-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
	^3H	GB/T 12375	水中氚的分析方法 (参考)
生物	^{210}Po	GB/T 16141	放射性核素的 α 能谱分析方法
		HJ813	水中钋-210 的分析方法
	^{210}Pb	GB/T 16145	生物样品中放射性核素的 γ 能谱分析方法
		EJ/T859	水中铅-210 的分析方法
	Pu	GB14883.8	食品中放射性物质检验钚-239 钚-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 能谱谱仪分析通用方法

附录 B

(资料性附录)

Grubbs 检验法的检验步骤

B1 计算统计量

设有一组测量数据：

$$x_1, x_2 \dots x_n \quad (\text{B.1})$$

计算该组数据的平均值 \bar{x} ：

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (\text{B.2})$$

计算单次测量标准差 S：

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (\text{B.3})$$

计算统计量 T：

$$T = \frac{|x_j - \bar{x}|}{S} \quad (\text{B.4})$$

式中 x_j 为待查的第 j 个数据。

B2 检验步骤

确定置信水平 $1-\alpha$ ，将所算的 T 值与表 A1 中的临界值 $T(n, \alpha)$ 相比较，若 $T > T(n, \alpha)$ ，则可以 $1-\alpha$ 置信水平判定： x_j 为可疑值，应分析查找原因；若 $T \leq T(n, \alpha)$ ，则可以 $1-\alpha$ 置信水平判定：未发现 x_j 是可疑值。

表 B1 Grubbs 检验临界值 $T(n, \alpha)$ 表

n	显著性水平 a				n	显著性水平 a			
	0.05	0.025	0.01	0.005		0.05	0.025	0.01	0.005
3	1.153	1.155	1.155	1.155	23	2.624	2.781	2.963	3.087
4	1.463	1.481	1.492	1.496	24	2.644	2.802	2.987	3.112
5	1.672	1.715	1.749	1.764	25	2.663	2.822	3.009	3.135
6	1.822	1.887	1.944	1.973	26	2.681	2.841	3.029	3.157
7	1.938	2.020	2.097	2.139	27	2.698	2.859	3.049	3.178
8	2.032	2.126	2.221	2.274	28	2.714	2.876	3.068	3.199
9	2.110	2.215	2.323	2.387	29	2.730	2.893	3.085	3.218
10	2.176	2.290	2.410	2.482	30	2.745	2.908	3.103	3.236
11	2.234	2.355	2.485	2.564	31	2.759	2.924	3.119	3.253
12	2.285	2.412	2.550	2.636	32	2.773	2.938	3.135	3.270
13	2.331	2.462	2.607	2.699	33	2.786	2.952	3.150	3.286
14	2.371	2.507	2.659	2.755	34	2.799	2.965	3.164	3.301
15	2.409	2.549	2.705	2.806	35	2.811	2.979	3.178	3.316
16	2.443	2.585	2.747	2.852	36	2.823	2.991	3.191	3.330
17	2.475	2.620	2.785	2.894	37	2.835	3.003	3.204	3.343
18	2.504	2.651	2.821	2.932	38	2.846	3.014	3.216	3.356

n	显著性水平 a				n	显著性水平 a			
	0.05	0.025	0.01	0.005		0.05	0.025	0.01	0.005
19	2.532	2.681	2.854	2.968	39	2.857	3.025	3.228	3.369
20	2.557	2.709	2.884	3.001	40	2.866	3.036	3.240	3.381
21	2.580	2.733	2.912	3.031	41	2.877	3.046	3.251	3.393
22	2.603	2.758	2.939	3.060	42	2.887	3.057	3.261	3.404

续表 B1

n	显著性水平 a				n	显著性水平 a			
	0.05	0.025	0.01	0.005		0.05	0.025	0.01	0.005
43	2.896	3.067	3.271	3.415	50	2.956	3.128	3.336	3.483
44	2.905	3.075	3.282	3.425	60	3.025	3.199	3.411	3.560
45	2.914	3.085	3.292	3.435	70	3.082	3.257	3.471	3.622
46	2.923	3.094	3.302	3.445	80	3.130	3.305	3.521	3.673
47	2.931	3.103	3.310	3.455	90	3.171	3.347	3.563	3.716
48	2.940	3.111	3.319	3.464	100	3.207	3.383	3.600	3.754
49	2.948	3.120	3.329	3.474					

附录 C
(资料性附录)
宇宙射线响应值修正方法

修正公式

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

式中： D'_c ——仪器在湖（库）水面上对宇宙射线的响应值；

D_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，单位为 nGy/h。由以下经验公式计算：

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

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

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；由计算点的地理纬度 λ 和地理经度 ϕ 按下式计算：

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

附录 D

(资料性附录)

对低本底测量装置进行泊松分布的检验方法

D1 计算统计量 X^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。按下式计算统计量 X^2 值：

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

式中： n ——测量次数；

S ——按贝塞尔公式计算的计数标准差；

N_i ——第 i 次计数；

\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。

D2 检验方法

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

将算得的 x^2 与 χ^2 分布的 α 显著性水平的双侧分位数 $x_{(1-\alpha/2),df}^2$ 和 $x_{\alpha/2,df}^2$ [α 为选定的显著性水平，如 $\alpha=0.05$ 或 0.01 ； df 为 x^2 的自由度，为 $(n-1)$] 进行比较，如 $x_{(1-\alpha/2),df}^2 \leq x^2 \leq x_{\alpha/2,df}^2$ ，则表示可以 $1-\alpha$ 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； $x^2 < x_{(1-\alpha/2),df}^2$ 或 $x^2 > x_{\alpha/2,df}^2$ ，则表示可以 $1-\alpha$ 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 D1。

表 D1 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	
	$\chi^2_{0.025}$	$\chi^2_{0.975}$	$\chi^2_{0.005}$	$\chi^2_{0.995}$		$\chi^2_{0.025}$	$\chi^2_{0.975}$	$\chi^2_{0.005}$	$\chi^2_{0.995}$
1	0.000982	5.0239	0.0000393	7.8794	17	7.5642	30.1910	5.6972	35.7185
2	0.0506	7.3778	0.0100	10.5966	18	8.2307	31.5264	6.2648	37.1565
3	0.2158	9.3484	0.0717	12.8382	19	8.9065	32.8523	6.8440	38.5823
4	0.4844	11.1433	0.2070	14.8603	20	9.5908	34.1696	7.4338	39.9968
5	0.8312	12.8325	0.4117	16.7496	21	10.2829	35.4789	8.0337	41.4011
6	1.2373	14.4494	0.6757	18.5476	22	10.9823	36.7807	8.6427	42.7957
7	1.6899	16.0128	0.9893	20.2777	23	11.6886	38.0756	9.2604	44.1813
8	2.1797	17.5345	1.3444	21.9550	24	12.4012	39.3641	9.8862	45.5585
9	2.7004	19.0228	1.7349	23.5894	25	13.1197	40.6465	10.5197	46.9279
10	3.2470	20.4832	2.1559	25.1882	26	13.8439	41.9232	11.1602	48.2899
11	3.8157	21.9200	2.6032	26.7568	27	14.5734	43.1945	11.8076	49.6449
12	4.4038	23.3367	3.0738	28.2995	28	15.3079	44.4608	12.4613	50.9934
13	5.0088	24.7356	3.5650	29.8195	29	16.0471	45.7223	13.1211	52.3356
14	5.6287	26.1189	4.0747	31.3193	30	16.7908	46.9792	13.7867	53.6720
15	6.2621	27.4884	4.6009	32.8013	31	17.5387	48.2319	14.4578	55.0027
16	6.9077	28.8454	5.1422	34.2672	32	18.2908	49.4804	15.1340	56.3281

续表 D1

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	
	$\chi^2_{0.025}$	$\chi^2_{0.975}$	$\chi^2_{0.005}$	$\chi^2_{0.995}$		$\chi^2_{0.025}$	$\chi^2_{0.975}$	$\chi^2_{0.005}$	$\chi^2_{0.995}$
33	19.0467	50.7251	15.8153	57.6484	45	28.3662	65.4102	24.3110	73.1661
34	19.8063	51.9660	16.5013	58.9639	46	29.1601	66.6165	25.0413	74.4365
35	20.5694	53.2033	17.1918	60.2748	47	29.9562	67.8206	25.7746	75.7041
36	21.3359	54.4373	17.8867	61.5812	48	30.7545	69.0226	26.5106	76.9688
37	22.1056	55.6680	18.5858	62.8833	49	31.5549	70.2224	27.2493	78.2307
38	22.8785	56.8955	19.2889	64.1814	50	32.3574	71.4202	27.9907	79.4900
39	23.6543	58.1201	19.9959	65.4756	60	40.4817	83.2977	35.5345	91.9517
40	24.4330	59.3417	20.7065	66.7660	70	48.7576	95.0232	43.2752	104.2149
41	25.2145	60.5606	21.4208	68.0527	80	57.1532	106.6286	51.1719	116.3211
42	25.9987	61.7768	22.1385	69.3360	90	65.6466	118.1359	59.1963	128.2989
43	26.7854	62.9904	22.8595	70.6159	100	74.2219	129.5612	67.3276	140.1695
44	27.5746	64.2015	23.5837	71.8926					

附录 E

(资料性附录)

置信区间及判定方法

E1 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它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，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。

E2 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 $1-\alpha$ 表示。 α 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 与 0.99。

E3 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：

- 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。
- 确定置信水平 $1-\alpha$ ，从表 D1 的分位数表中查得临界值 $t_{1-\alpha/2}(df)$ 。
- 计算 δ ：

$$\delta = t_{1-\alpha/2}(df)S/\sqrt{n} \quad (E.1)$$

- 在 $1-\alpha$ 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 E1 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	63.6567	12.7062	6.3138	3.0777	21	2.8314	2.0796	1.7207	1.3232
2	9.9248	4.3027	2.9200	1.8856	22	2.8188	2.0739	1.7171	1.3212
3	5.8409	3.1824	2.3534	1.6377	23	2.8073	2.0687	1.7139	1.3195
4	4.6041	2.7764	2.1318	1.5332	24	2.7969	2.0639	1.7109	1.3178
5	4.0321	2.5706	2.0150	1.4759	25	2.7874	2.0595	1.7081	1.3163
6	3.7074	2.4469	1.9432	1.4398	26	2.7787	2.0555	1.7056	1.3150
7	3.4995	2.3646	1.8946	1.4149	27	2.7707	2.0518	1.7033	1.3137
8	3.3554	2.3060	1.8595	1.3968	28	2.7633	2.0484	1.7011	1.3125
9	3.2498	2.2622	1.8331	1.3830	29	2.7564	2.0452	1.6991	1.3114
10	3.1693	2.2281	1.8125	1.3722	30	2.7500	2.0423	1.6973	1.3104
11	3.1058	2.2010	1.7959	1.3634	40	2.7045	2.0211	1.6839	1.3031
12	3.0545	2.1788	1.7823	1.3562	50	2.6778	2.0086	1.6759	1.2987
13	3.0123	2.1604	1.7709	1.3502	60	2.6603	2.0003	1.6706	1.2958
14	2.9768	2.1448	1.7613	1.3450	70	2.6479	1.9944	1.6669	1.2938
15	2.9467	2.1314	1.7531	1.3406	80	2.6387	1.9901	1.6641	1.2922
16	2.9208	2.1199	1.7459	1.3368	90	2.6316	1.9867	1.6620	1.2910
17	2.8982	2.1098	1.7396	1.3334	100	2.6259	1.9840	1.6602	1.2901
18	2.8784	2.1009	1.7341	1.3304	200	2.6006	1.9719	1.6525	1.2858
19	2.8609	2.0930	1.7291	1.3277	500	2.5857	1.9647	1.6479	1.2832
20	2.8453	2.0860	1.7247	1.3253	∞	2.5758	1.9600	1.6449	1.2816

E4 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）或某一其它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 ），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 ，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 F

(资料性附录)

Spearman 秩相关系数计算及判定方法

F1 Spearman 秩相关系数计算方法

Spearman 秩相关系数按下式计算：

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

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， $1 \leq Y_j \leq n$ 。

F2 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 F1 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 F1 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 G

(资料性附录)

取样、监测记录表及监测报告（以放射性气溶胶采样测量为例，供参考）

放射性气溶胶采样记录表

项目名称_____ 采样地点_____ 采样日期_____年_____月

采样仪器型号及编号_____ 额定采样流量_____m³/min 气压表型号及编号_____

温湿度表型号及编号_____ 风向_____ 风速_____

共 页 第 页

样品编号	日期	采样时间	天气	温度 (°C)	气压 (kPa)	有效采 样时间 (h)	体积 (m ³)	标况体积 (m ³)	备 注

采样人_____ 校核人_____ 校核日期_____

样 品 采 集 交 接 记 录 表

任务名称：_____ 采样日期_____ 采样仪器型号及编号_____

共 页 第 页

序号	样品名称	样品编号	采样前重	采样地点	采样时间	采样后重	净重	预处理情况	分析项目	状态	特征	是否留样	备注

采样人员：_____ 送样人员：_____ 接样人员：_____ 交接日期：_____

监测样品制样记录表

任务名称: _____

第 ____ 页

样品编号	样品名称	采样地点	鲜重,kg	烘 干					炭 化 与 灰 化				制样人	备注
				温 度,℃	时 间	干重, kg	目数 (目)	干鲜比 kg/kg	温 度,℃	时 间	灰重, g	灰鲜比 g/kg		

校核人员: _____ 校核日期: _____

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_____

(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、章及章无效。
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：

单位地址：

邮政编码：

电话：

传真：

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	核素含量()		

(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)