



# 中华人民共和国环境保护行业标准

HJ/T 61—2001

---

## 辐射环境监测技术规范

Technical criteria for radiation environmental monitoring

2001-05-28 发布

2001-08-01 实施

---

国家环境保护总局 发布

## 目 次

### 前言

1 适用范围 .....	(1)
2 引用标准 .....	(1)
3 术语 .....	(1)
4 辐射环境质量监测 .....	(3)
5 辐射污染源监测 .....	(4)
6 样品采集、保存和管理 .....	(12)
7 监测方法 .....	(15)
8 数据处理 .....	(17)
9 质量保证 .....	(19)
10 辐射环境质量报告的编写 .....	(22)
附录 A(标准的附录) Grubbs 准则剔除可疑值的检验步骤 .....	(24)
附录 B(标准的附录) 宇宙射线响应值修正方法 .....	(26)
附录 C(标准的附录) 对低水平测量装置进行泊松分布的检验方法 .....	(27)
附录 D(标准的附录) 置信区间及其确定方法 .....	(29)
附录 E(标准的附表) 辐射环境监测用表 .....	(31)

## 前 言

根据《中华人民共和国环境保护法》、《全国环境监测管理条例》及《放射环境管理办法》等法律、法规的规定，制定本技术规范。

本规范确定了辐射环境质量监测、辐射污染源监测、放射性物质安全运输监测以及辐射设施退役、废物处理和辐射事故应急监测等监测项目、监测布点、采样方法、数据处理、质量保证。规定了监测报告的编写格式与内容等。

本标准由国家环境保护总局科技标准司提出

本标准由国家环境保护总局核安全与辐射环境管理司组织并负责起草

本标准由国家环境保护总局负责解释。

# 中华人民共和国环境保护行业标准

## 辐射环境监测技术规范

HJ/T 61—2001

Technical criteria for radiation  
environmental monitoring

### 1 适用范围

本规范规定了辐射（仅限于电离辐射）环境质量监测、辐射污染源监测、样品采集、保存和管理、监测方法、数据处理、质量保证以及辐射环境质量报告编写等主要技术要求。

本规范适用于辐射环境监测单位进行辐射环境质量监测，辐射污染源监测以及辐射事故监测。  
其它辐射环境监测单位可参照使用。

### 2 引用标准

下列标准所含条文，在本标准中被引用即构成本标准的条文，与本标准同效。

GB 8703—88 辐射防护规定

GB 8999—88 电离辐射监测质量保证一般规定

GB 12379—90 环境核辐射监测规定

当上述标准被修订时，应使用最新版本。

### 3 术语

#### 3.1（电离）辐射

能够通过初级过程或次级过程引起电离事件的带电粒子或（和）不带电粒子。在电离辐射防护领域中，电离辐射也简称辐射。

#### 3.2 天然辐射源

天然存在的电离辐射源。它们产生的辐射也称为天然本底辐射，来源于下面三个方面：宇宙辐射，宇生放射性核素，原生放射性核素。

#### 3.3 核设施

以需要考虑安全问题的规模生产、加工、利用、操作、贮存或处置放射性物质的设施（包括其场地、建（构）筑物和设备）。诸如：铀加工、富集设施、核燃料制造厂、核反应堆（包括临界及次临界装置）、核动力厂、乏燃料贮存设施和核燃料后处理厂等。

#### 3.4 放射性同位素应用

利用放射性同位素进行科研、生产、医学检查、治疗等的实践。

#### 3.5 射线装置

安装有粒子加速器、X射线机以及大型放射源并能产生高强度辐射场的构筑物或设施。

#### 3.6 伴生放射性矿物的开采与利用

伴生放射性矿物的矿山是指放射性核素在与被开采的其它矿物共生时，其数量或品位按审管部门的规定应采取辐射防护措施的矿山。放射性物质不是开采的对象，但与所开采的矿石一起被开采与利用。

### 3.7 退役

辐射源或相关设施利用寿期终了时，或因计划改变、发生事故等原因而将设施提前关闭时，为使其退出服役，在充分考虑保护工作人员和公众健康与安全 and 保护环境的前提下所进行的各种活动。退役的最终目标是厂址的无限制释放或利用。完成这一过程一般需要数年、数十年或更长的时间。

### 3.8 事故

从防护和安全的观点看其后果或潜在后果不容忽视的任何意外事件或事件序列，包括人为错误、设备失效或其它损坏。

这类事件很有可能对外界环境造成不良后果（主要指放射性物质失去控制地向环境释放），并可能危及公众的健康。

### 3.9 应急

需要立即采取某些超出正常工作程序的行动以避免事故的发生或减轻事故后果的状态。有时也称紧急状态。

### 3.10 辐射环境质量

指环境中辐射品质的优劣程度。本规范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、比较与评判。

### 3.11 辐射监测

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。

### 3.12 本底调查

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。

### 3.13 辐射环境监测

在辐射源所在场所的边界以外环境中进行的辐射监测。

### 3.14 常规监测

在预定场所按预定的时间间隔进行的监测。

### 3.15 应急监测

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。

### 3.16 放射性流出物及监测

放射性流出物指实践中的源所造成的以气体、气溶胶、粉尘或液体等形态排入环境的放射性物质。通常情况下，其目的是使之在环境中得到稀释和弥散。为说明从该设施排到环境中的放射性流出物的特征，在排放口对流出物进行采样、分析或其它测量工作即流出物监测。

### 3.17 放射性废物

含有放射性核素或被其污染，没有或暂时没有重复利用价值，其放射性比活度或污染水平超过国家规定限值的废弃物。

### 3.18 代表性样品

是被取样介质相同的一部分，具有被取样介质的性质和特征。

### 3.19 计量器具

指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。

### 3.20 检定

指为评定计量器具的计量特征，确定其是否符合法定要求所进行的全部工作，一般简称计量检定或检定。计量检定工作必须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，必须

接受县级以上人民政府计量行政部门的法制监督。因此，计量检定也称为法制检定。

### 3.21 刻度（标定、校准）

在规定条件下，为确定计量器具示值误差的一种操作。刻度主要是确定计量器具的示值误差，以便调整仪器或对示值给出修正值。刻度又称校准或标定。

### 3.22 检验

在规定条件下，为判断计量器具特征是否保持恒定的一种操作。亦称计量器具稳定性检验。检验主要是确定计量器具的工作参数与刻度时的变化程度，以便确定是否需重新进行刻度。

## 4 辐射环境监测

### 4.1 辐射环境监测目的与原则

#### 4.1.1 辐射环境监测的目的

积累环境辐射水平数据；总结环境辐射水平变化规律；判断环境中放射性污染及其来源；报告辐射环境质量状况。

#### 4.1.2 辐射环境监测的原则

辐射环境监测的内容，因监测对象的类型、规模、环境特征等因素的不同而变化；

在进行辐射环境监测方案设计时，应根据辐射防护最优化原则，进行优化设计，随着时间的推移和经验的积累，可进行相应的改进。

### 4.2 辐射环境监测内容

#### 4.2.1 陆地 $\gamma$ 辐射剂量

#### 4.2.2 空气

4.2.2.1 气溶胶 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。

4.2.2.2 沉降物 监测空气中自然降落于地面上的尘埃、降水（雨、雪）中的放射性核素含量。

4.2.2.3 氡 主要监测空气中氡化水蒸气中氡的浓度。

#### 4.2.3 水

4.2.3.1 地表水 监测主要江、河、湖泊和水库中的放射性核素浓度。

4.2.3.2 地下水 监测地下水中放射性核素的浓度。

4.2.3.3 饮用水 监测自来水和井水及其它饮用水中的放射性核素浓度。

4.2.3.4 海水 监测沿海海域近海海水中的放射性核素浓度。

#### 4.2.4 底泥

监测江、河、湖、库及近岸海域沉积物中放射性核素含量。

#### 4.2.5 土壤

监测土壤中的放射性核素含量。

#### 4.2.6 生物

4.2.6.1 陆生生物 监测谷类、蔬菜、牛（羊）奶、牧草等中的放射性核素含量。

4.2.6.2 水生生物 监测淡水和海水的鱼类、藻类和其它水生生物中的放射性核素含量。

### 4.3 辐射环境监测点的布设原则

#### 4.3.1 陆地 $\gamma$ 辐射

陆地 $\gamma$ 辐射监测点应相对固定，连续监测点可设置在空气采样点处。

#### 4.3.2 空气

空气（气溶胶、沉降物、氡）的采样点要选择在没有树木、没有建筑物影响的开阔地，或没有高大建筑物影响的建筑物的无遮盖平台上。

#### 4.3.3 水

4.3.3.1 地表水 在确定地表水采样点时，尽量考虑国控、省控监测点。

4.3.3.2 饮用水 在城市自来水管末端和部分使用中的深井设饮用水监测采样点。

4.3.3.3 海水 在近海海域设置海水监测采样点。

#### 4.3.4 土壤

土壤监测点应相对固定，设置在无水土流失的原野或田间。

#### 4.3.5 生物

4.3.5.1 陆生生物样品采集区和样品种类应相对固定。

a) 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；牧草样品应选择当地有代表性的种类。

b) 采集的牛（羊）奶均应选择当地饲料饲养的奶牛（羊）所产的奶汁。

4.3.5.2 水生生物监测采样点应尽量和地表水、海水的监测采样区域一致。

#### 4.4 辐射环境质量监测的项目和频次

辐射环境质量监测的项目和频次见表 1。

表 1 环境质量监测项目和频次

监测对象	分析测量项目	监测频次
陆地 $\gamma$ 辐射	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率	连续监测或 1 次/月
	$\gamma$ 辐射累积剂量	1 次/季
氟	氟化水蒸气	1 次/季
气溶胶	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 能谱分析	1 次/季
沉降物	$\gamma$ 能谱分析	1 次/季
降水	$^3\text{H}$ 、 $^{210}\text{Po}$ 、 $^{210}\text{Pb}$	一次降雨（雪）期/年
水	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、总 $\alpha$ 、除 K 总 $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	1 次/半年
土壤和底泥	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	1 次/年
生物	$^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$	1 次/年

### 5 辐射污染源监测

#### 5.1 辐射环境污染源监测目的和原则

##### 5.1.1 目的

对辐射污染源进行监督性监测的主要目的是监测污染源的排放情况；核验排污单位的排放量；检查排污单位的监测工作及其效能；为公众提供安全信息。

##### 5.1.2 原则

对辐射环境污染源监测，在执行本规范的要求时应注意以下一些原则：

a) 凡是不能被国家法规所豁免的辐射源和实践，均应按法规要求进行适当和必要的流出物监测和环境监测；

b) 流出物监测和环境监测内容，应视伴有辐射设施的类型、规模、环境特征等因素的不同而不同；

c) 在制定流出物监测和环境监测方案时，应根据辐射防护最优化原则和辐射环境污染源的具体特征有针对性地进行优化设计，并随着时间的推移，在经验反馈的基础上进行相应的改进；

d) 凡是有多个污染源的伴有辐射设施应遵循统一管理和统一规划的原则。

#### 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、运行期间环境监测以及流出物监测、事故场外应急监测和退役监测。

## 5.2.1 核电厂辐射环境监测

## 5.2.1.1 运行前环境辐射水平调查

## a) 调查内容

调查环境  $\gamma$  剂量水平和主要环境介质中重要放射性核素的比活度。

## b) 调查时间

环境辐射水平调查的时段连续不得少于两年，并应在核电厂投入运行前一年完成。

## c) 调查范围

环境  $\gamma$  辐射剂量水平调查范围以核电厂为中心、半径 50 km。环境介质中放射性核素比活度调查范围以核电厂为中心、半径 10 km。

## d) 监测项目与频次

由于各核电厂的自然环境、气象因素及所选堆型不同，监测方案理应有所差别。监测方案可参照表 2 压水堆核电厂辐射环境监测方案制定。

表 2 压水堆核电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
气溶胶	厂区边界	连续采样	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 或 $\alpha/\beta$ 比值
	厂外地面最高浓度处 * 主导风下风向距厂区边界 < 10 km 的居民区 对照点	累积采样 1 次/月，采样体积约为 10 000 m <sup>3</sup>	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 $\gamma$ 核素分析
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 < 10 km 的居民区 对照点	1 次/月	<sup>3</sup> H、 <sup>14</sup> C
沉降物	厂区边界 厂外地面最高浓度处 * 主导风下风向距厂区边界 < 10 km 的居民区 对照点	累积样/月	<sup>90</sup> Sr, $\gamma$ 核素分析, 总 $\alpha$ , 总 $\beta$
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 < 10 km 的居民区 对照点	降水期间	<sup>3</sup> H, $\gamma$ 核素分析
地表水	排放口下游混合均匀处; 预计受影响的地表水; 排放口上游对照点	1 次/半年	<sup>3</sup> H、 $\gamma$ 核素分析
地下水	可能受影响的地下水源; 对照点	1 次/半年	<sup>3</sup> H、 $\gamma$ 核素分析
饮用水	可能受影响的饮用水源; 对照点	1 次/季	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 <sup>3</sup> H、 $\gamma$ 核素分析
海水	排放口附近海域; 对照点	1 次/半年	<sup>3</sup> H、 $\gamma$ 核素分析
水生物	排放口下游水域或海域; 对照点	1 次/年	$\gamma$ 核素分析



续表

监测对象	布点原则**	采样频次	分析测量项目
底泥	与地表水（海水）采样点同	1次/年	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素分析
陆生植物	主导风下风向或排水口下游灌溉区； 对照点	收获期	$\gamma$ 核素分析
家畜、家禽器官	主导风下风向厂外最近的村镇； 对照点	1次/年	$\gamma$ 核素分析
牛（羊）奶	主导风下风向厂外最近的奶场； 对照点	1次/半年	$^{131}\text{I}$
指示生物	厂外地面最高浓度处；排放水域	1次/年	按指示生物浓集度作用定的 特征核素
土壤，岸边沉积物	<10 km 16个方位角内（主导风下风向适当 加密）；对照点	1次/年	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素分析
潮间带土	排放口附近潮间带土； 对照点	1次/年	$^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$ 核素分析
陆地 $\gamma$ 辐射	厂外地面最高浓度处； 厂界周围按半径2、5、10、20、50 km，8个 方位角间隔交叉布点	1次/季	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率
	同气溶胶采样点	连续	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率
$\gamma$ 累积剂量	厂外地面最高浓度处； 厂界周围按半径2、5、10、20 km 8个方位角间隔交叉布点	1次/季	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量

注：\* 指按大气扩散试验地面最大浓度处。\* \* 布点数应满足统计学的要求。

#### 5.2.1.2 运行期间环境监测

##### a) 监测范围

以核设施为中心，半径为20 km~30 km。

##### b) 监测项目和频次

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时基本相同。

#### 5.2.1.3 运行期间流出物监测

核电厂气载流出物监测内容，以压水堆为例，列于表3。

核电厂液态流出物监测内容，以压水堆为例，列于表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	连续	连续
$^{131}\text{I}$	累积	定期
气溶胶	累积	定期
氚	累积	定期
$^{14}\text{C}$	累积	定期

表4 核电厂液态流出物监测

监测对象	取样方式	监测项目
贮存槽	排放前采样	$^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 核素分析、 $\beta$ 活化产物
排放口	定期采样	$^3\text{H}$ 、 $\gamma$ 核素分析、 $\beta$ 活化产物

## 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。按地方核事故应急机构制定的应急监测计划，实施应急监测。

## 5.2.1.5 退役监测

根据核电厂退役时的放射性废物源项调查，酌定监测范围、项目和频次。

## 5.2.2 其他类型反应堆的环境监测

参考 5.2.1 核电厂辐射环境监测，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。

## 5.2.3 铀矿山及水冶系统环境辐射监测

## 5.2.3.1 运行前环境辐射水平调查

## a) 调查时间

厂矿运行前。

## b) 调查范围

厂(场)界外 10 km 以内。

## c) 监测方案

见表 5。

表5 铀矿山水冶系统运行前环境辐射水平调查方案

监测对象	取样点	采样方式及频次	测量项目
气溶胶、沉降物	下风向厂区边界处；厂区周围最近居民点；预计污染物浓度最大处；对照点	累积采样 1次/半年	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$
空气	拟建尾矿库、废石场；气溶胶取样布点处	1次/季	$^{222}\text{Rn}$ 及子体
地下水	尾矿坝下游地下水；废水流经地区的地下水；厂矿周围 2 km 内饮用水井；对照点	1次/半年	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$
地表水	各排放口下游第一个取水点；下游主要居民点；对照点	1次/半年	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$
底泥	同地表水	1次/年	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$
土壤	污水灌溉的农田及其作物区；对照点	1次/年	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$
陆生生物	预计污染物浓度最大点处；3 km 内受废水污染区；对照点	收获期	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$
水生生物	受废水或污染区渗漏，地表径流影响的湖泊、河流；对照点	1次/年	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{210}\text{Pb}$ 、 $^{210}\text{Po}$
陆地 $\gamma$ 辐射	以厂区为中心 5 km 8 个方位内；气溶胶取样布点处；尾矿库；废石场矿处；易洒落矿物的公路处	1次/半年	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

## 5.2.3.2 运行期间环境监测

## a) 监测范围

厂界外 10 km 以内。

## b) 监测方案

参照表 5 铀矿山及水冶系统运行前环境辐射水平调查方案。堆浸时增测堆浸场附近土壤，地浸时增测监控点。

#### 5.2.3.3 运行期间流出物监测

运行期间流出物监测见表 6。

表 6 铀矿山及水冶系统运行期间流出物监测

监测对象	监测点	监测频次	分析测量项目
气溶胶	作业场所排气口	定期	U、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>210</sup> Pb、 <sup>210</sup> Po
废气	作业场所排气口	定期	氡及其子体
废水	排放口	定期	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、U、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>210</sup> Pb、 <sup>210</sup> Po
废渣	尾矿库；废石场	定期	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率、氡及其子体、氡析出率、U、Th、 <sup>226</sup> Ra、 <sup>210</sup> Pb、 <sup>210</sup> Po

#### 5.2.3.4 事故监测

按照铀矿山及水冶系统应急计划，实施应急监测。

#### 5.2.3.5 退役监测

根据源项调查结果，参照表 5、表 6 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。

#### 5.2.4 核燃料后处理设施辐射环境监测

##### 5.2.4.1 运行前环境辐射水平调查

###### a) 调查内容

调查环境  $\gamma$  外照射剂量水平及主要环境介质中关键放射性核素的比活度。

###### b) 调查范围

环境  $\gamma$  外照射剂量水平调查范围以后处理厂为中心，半径 50 km。环境介质中放射性比活度调查范围以后处理厂为中心，半径 30 km。

###### c) 调查方案

监测布点主要为 5 km 之内的近区和厂区下风方向，并以上风向的远区作对照点，调查对象、项目及频次见表 7。

表 7 核燃料后处理系统周围环境辐射监测方案

监测对象	监测频次	监测项目
气溶胶	1 次/月	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>239</sup> Pu、 <sup>85</sup> Kr、 <sup>129</sup> I、 <sup>99</sup> Tc
沉降物	1 次/月	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>239</sup> Pu、 <sup>85</sup> Kr、 <sup>129</sup> I、 <sup>99</sup> Tc
水	1 次/半年	总 $\alpha$ 、总 $\beta$ 、 <sup>90</sup> Sr、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>239</sup> Pu、 <sup>129</sup> I、 <sup>63</sup> Ni、U
动植物	1 次/年	<sup>90</sup> Sr、 <sup>129</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>239</sup> Pu
土壤	1 次/年	<sup>90</sup> Sr、 <sup>129</sup> I、 <sup>137</sup> Cs、 <sup>239</sup> Pu
$\gamma$ 辐射剂量	1 次/季度	$\gamma$ 外照射剂量率

#### 5.2.4.2 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  $\gamma$  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 运行期间流出物监测

###### a) 气态流出物监测

气态流出物监测点设置在废气排放口。主要监测项目为 <sup>85</sup>Kr、<sup>90</sup>Sr、<sup>99</sup>Tc、<sup>129</sup>I、<sup>137</sup>Cs、<sup>239</sup>Pu。

###### b) 液态流出物监测

液态流出物监测点设置在放射性废水排放口，主要监测项目为 $^{63}\text{Ni}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{99}\text{Tc}$ 、 $^{129}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 、U。

#### 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监测计划进行监测。

#### 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，酌定监测对象和频次，主要监测项目为 $^{14}\text{C}$ 、 $^{63}\text{Ni}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{99}\text{Tc}$ 、 $^{129}\text{I}$ 、 $^{137}\text{Cs}$ 、 $^{239}\text{Pu}$ 。

### 5.3 放射性同位素与射线装置应用的辐射环境监测

#### 5.3.1 应用开放源的环境监测

##### 5.3.1.1 应用前的环境辐射监测

a) 监测时间 开放源启用前。

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 8 应用开放型放射源环境监测的前四项。

##### 5.3.1.2 应用期间的环境监测

监测方案见表 8。

表 8 应用开放型放射源环境监测

监 测 对 象	监 测 点	监测频次 次/年	监 测 项 目
$\gamma$ 辐射剂量	以工作场所为中心，半径 50~300 m 以内	1~2	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率
土壤	以工作场所为中心，半径 50~300 m 以内	1	应用核素
地表水	废水排放口上、下游 500 m 处	1~2	应用核素
底泥	废水排放口外	1	应用核素
废水	废水贮存池或排放口	1~2	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	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率， $\alpha$ 、 $\beta$ 表面污染水平

##### 5.3.1.3 应用开放源事故监测

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。

##### 5.3.1.4 工作场所退役监测

参照表 8，并增加监测工作场所和设备的污染水平。

#### 5.3.2 应用密封型放射源（密封源）环境监测

##### 5.3.2.1 $\gamma$ 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 50~500 m 以内。

3) 调查方案 见表 9。

b) 运行期间环境监测

按表 9 进行监测，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，立即停止排水并定期分层取样测定所用核素的浓度，并针对

污染原因, 及时进行事故处理。事故处理后进行场所和污染物表面放射性污染水平监测。

表 9 含贮源水井的辐照装置环境监测

监测对象	采样(监测)布点	频次 次/年	监测项目
$\gamma$ 辐射剂量	辐照室四周的建筑物内外	1	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率、累积剂量
贮源井水	贮源井	1	辐照装置所用核素
地表水	废水排放口上下游 500 m 处	1	辐照装置所用核素
地下水	辐照装置附近饮用水井	1	辐照装置所用核素
土壤	辐照装置建筑物外围 10~30 cm 土壤	1	辐照装置所用核素

#### 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 30~300 m 以内。
- 3) 监测对象 环境  $\gamma$  辐射剂量率。
- 4) 监测布点 密封源安装位置四周室内、外。
- 5) 监测项目  $\gamma$  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  $\gamma$  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。

#### 5.3.3 应用粒子加速器的环境监测

监测方案见表 10。

表 10 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	进行期间
屏蔽墙外	外照射剂量率	1	1, 2
循环冷却水	总 $\beta$	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 射线辐射剂量率和累计剂量进行监测, 每年 1~2 次。

#### 5.4 失控源进入环境后的辐射环境监测

失控源一般指放射源丢失、被盗、违规处置等原因使之失去控制而进入环境, 为减少环境污染和保障人身健康, 需进行环境监测。

监测步骤如下:

- a) 调查放射源失控的原因、过程，初步确定失控源所处的位置；
- b) 了解失控源的种类、源强、包装情况等；
- c) 根据失控源的核素种类、射线类别、包装（或埋深）情况、所处的可疑位置及可要求的探测限等确定监测方案，选择监测仪器；
- d) 失控源被找到和取走后，对失控源所处位置的附近地区应进行仔细监测，确认无残留放射源为止；
- e) 因失控源破损造成土壤、水体等环境污染时，除进行污染水平监测外，对去污后的环境质量仍需进行监测，达到审管部门的管理限值要求。

## 5.5 伴生放射性矿物资源开发利用中的环境监测

### 5.5.1 采选及冶炼过程的环境监测

#### 5.5.1.1 采选前的环境监测

监测方案见表 11 前四项。

表 11 伴生矿采选的环境监测

监 测 对 象	监 测 点 位	监 测 频 次 次/年	监 测 项 目
陆地 $\gamma$ 辐射剂量	矿区周围 3~5 km 以内	1, 2	$\gamma$ 辐射空气吸收剂量率
土壤	矿区周围 3~5 km 以内	1	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{40}\text{K}$
地表水	纳污河上下游各 1~3 km	1, 2	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$
地下水	最近居民点井水水源	1, 2	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$
废水	排放口	1, 2	U、Th、 $^{226}\text{Ra}$ 、总 $\alpha$ 、总 $\beta$
废渣	堆放场	1, 2	钍、U、Th、 $^{210}\text{Po}$ 、 $\gamma$ 辐射空气吸收剂量率

#### 5.5.1.2 采选期间的环境监测

监测方案按表 11 进行。

#### 5.5.1.3 冶炼过程的环境监测

监测方案参照表 11，增测原料库和成品库的  $\gamma$  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含量。

### 5.5.2 伴生放射性矿物资源利用中的环境监测

对原料和产品测量其表面  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率、天然放射性核素含量。频次为每年 1~2 次。

## 5.6 非伴生矿物资源开发利用中的辐射环境监测

非伴生矿物资源在开发利用中因其所含天然放射性核素含量较高，其对环境的污染也应重视和监测。

监测内容： $\gamma$  辐射空气吸收剂量率，环境介质中  $^{226}\text{Ra}$ 、 $^{232}\text{Th}$ 、 $^{40}\text{K}$ ，室内氡。视非伴生矿物资源开发利用情况制定监测方案。

其中，工业废渣作建筑材料可采用 GB 6763—86 掺工业废渣建筑材料用工业废渣放射性物质限制标准中附录 A、B、C 的方法。

掺工业废渣建材产品可采用 GB 9196—88 掺工业废渣建材产品放射性物质控制标准中第 4、5 节方法。

天然石材产品可采用 JG 518—93 天然石材产品放射防护分类控制标准第 5 节的方法。

利用非伴生矿物资源建造房屋室内氡可采用 GB/T 16146—1995 住房内氡浓度控制标准中第 4 节方法。

地下建筑氡可采用 GB 16356—1996 地下建筑氡及其子体控制标准中第 5 节方法。

磷肥、磷矿石可采用 GB 8921—88 磷肥放射性镭-226 限量卫生标准中第 4 节的方法或  $\gamma$  能谱法。

## 5.7 放射性物质运输的辐射环境监测

### 5.7.1 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 $\gamma$ 辐射水平，污染介质中运输物资中主要放射性核素的比活度等。

### 5.7.2 放射性物质运输中的事故监测

#### 5.7.2.1 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它物品；
- c) 运输、装卸的有关工作人员；
- d) 事故处理过程中所用的工具和产生的废物、废水等。

#### 5.7.2.2 监测项目

- a) 外照射剂量；
- b) 表面污染水平；
- c) 污染介质中所运输物资中主要放射性核素的比活度。

### 5.8 放射性废物暂存库和处理场的辐射环境监测

#### 5.8.1 放射性废物暂存库

##### 5.8.1.1 运行前的辐射环境监测

- a) 监测内容 陆地 $\gamma$ 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1~3 km以内；
- c) 监测方案 参照表12。

##### 5.8.1.2 运行期间的环境监测按表12执行。

表12 放射性废物暂存库和环境监测

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

#### 5.8.2 放射性废物处置场

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。

##### 5.8.2.1 监测范围

以处置场为中心，半径3~5 km以内。

##### 5.8.2.2 监测方案

参照表11放射性废物暂存库的环境监测方案，监测项目可根据处置场涉及的主要放射性核素情况适当调整。

## 6 样品采集、保存和管理

### 6.1 采样原则

样品的采取应遵从如下原则：

- a) 从采样点的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；

- b) 采集代表性样品与选用分析方法同等重要, 必须给予足够的重视;
- c) 根据监测目的和现场具体情况确定监测项目、采样容器、设备、方法、方案、采样点的布置和采样量。采样量除保证分析测定用量外, 应留有足够的余量, 以备复查。
- d) 采样器使用前必须符合国家技术标准的规定, 使用前须经检验, 保证采样器和样品容器的清洁, 防止交叉污染。

## 6.2 样品采集

### 6.2.1 空气

#### 6.2.1.1 气溶胶

##### a) 采样设备与过滤材料

空气采样器, 一般由滤膜(纸)夹具、流量调节装置和抽气泵等三部分组成。应根据监测工作的实际需要, 确定采样流量, 选择表面收集特性和过滤效率较好的过滤材料。

##### b) 采样口的安放位置

采样器的采样口应高出基础面 1.5 m。

##### c) 采集方法

- 1) 采样器的流量计、温度计、湿度计、气压表必须经过计量检定, 确认其性能良好后, 方可采样。
- 2) 采样总体积  $V(\text{m}^3)$  应换算为标准状态下的体积, 换算方法如下:

$$V = \frac{Q_1 + Q_0}{2}(t_1 - t_0) + \frac{Q_2 + Q_1}{2}(t_2 - t_1) + \dots + \frac{Q_n + Q_{n-1}}{2}(t_n - t_{n-1})$$

$$= \sum_{i=1}^n \frac{Q_i + Q_{i-1}}{2}(t_i - t_{i-1}) \quad (1)$$

同时记录温度  $t_i$ 、气压  $P_i$ 、湿度、风向和风速。

因采样时实时气象条件与标准状态可能不一致, 故应对流量调节装置中的流量计记录的流量进行修正:

$$Q_{nb} = Q_i \cdot \frac{T}{T_i} \cdot \frac{P_i - P_{bi}}{P} \quad (2)$$

式中:  $Q_{nb}$ ——标准状态下的流量,  $\text{m}^3/\text{min}$ ;

$Q_i$ ——在  $P_i$  和  $T_i$  条件下的流量,  $\text{m}^3/\text{min}$ ;

$P_i$ ——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。

#### 6.2.1.2 沉降物

##### a) 采样设备

采样设备的接受面积为  $0.25 \text{ m}^2$  的不锈钢盘, 盘深 30 cm。

##### b) 采样设备安放位置

采样盘安放在距地面一定高度周围开阔、无遮盖的平台上, 盘底面要保持水平, 上口离基础面 1.5 m。

##### c) 采样方法

1) 湿法采样 采样盘中注入蒸馏水, 水深经常保持在 1~2 cm。收集样品时, 将采样盘中采集的沉降物和水一并收入塑料或玻璃容器中封存。

2) 干法采样 在采样盘内表面底部涂一薄层硅油(或甘油), 用以粘结沉降物。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。

当降雨量大时, 无论是湿法采样还是干法采样, 为防止沉降物随水从盘中溢出, 应及时收集水样, 待



采样结束后合并处理。

#### 6.2.1.3 降水

##### a) 采样设备

降水采集装置。

##### b) 采样设备安放位置

降水采集装置安放在周围至少 30 m 内没有树林和建筑物的开阔平坦地。受水器边沿上缘离地面高 1 m，采取适当措施防止扬尘的干扰。

##### c) 采样方法

1) 贮水瓶要每天定时更换。在降暴雨的情况下，应随时更换，以防发生外溢。

2) 采集好的样品，充分搅拌以后用量筒量出总量。

3) 采完样品后，贮水瓶用蒸馏水充分清洗，以备下次使用。采集的雪样，要移至室内自然融化。

#### 6.2.2 水

##### 6.2.2.1 地表水

##### a) 采样设备

用自动采水器或塑料桶采集水样。但分析<sup>3</sup>H 的样品不可用塑料桶采集。

##### b) 采样点

在江河控制断面采样，断面水面宽 $\leq 10$  m 时，在主流中心采样；断面水面宽 $> 10$  m，在左、中、右三点采样。湖泊、水库水样须多点采样，水深 $\leq 10$  m，在水面下 50 cm 处采样；水深 $> 10$  m，增加中层采样。

##### c) 采样方法

采样前洗净采样设备。采样时用样水洗涤三次后采集。

##### 6.2.2.2 饮用水、地下水

##### a) 采样设备

同地表水。

##### b) 采样点

自来水水样取自自来水管末端水；井水水样采自饮用水井。泉水水样采自出水量大的泉水。

##### c) 采样方法

凡用泵或直接从干管采集水样时，必须先排尽管内的积水，方可采集水样。

##### 6.2.2.3 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。

##### 6.2.2.4 底泥

深水部位的底泥用专用采泥器采集的底泥，浅水处可用塑料勺直接采集。采集的底泥置于塑料广口瓶中，或装在食品袋内再置于同样大小的布袋中。

#### 6.2.3 土壤

##### 6.2.3.1 采样设备

土壤采集器或采样铲。

##### 6.2.3.2 采样方法

在相对开阔的未耕区采取垂直深 10 cm 的表层土。一般在 10 m $\times$ 10 m 范围内，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）进行采样。将多点采集的土壤除去石块、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。

## 6.2.4 陆生生物

### 6.2.4.1 谷类

以当地居民消费较多和（或）种植面积较大的谷类为采集对象。于收获季节现场采集种植区的谷类干籽实。

### 6.2.4.2 蔬菜类

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，在蔬菜生长均匀的菜地选5~7处采集样品。

### 6.2.4.3 牧草

在有代表性的畜牧区内均匀划分10个等面积区域，在每个区域中央部位取等量的样品。

### 6.2.4.4 牛（羊）奶

在奶牛（羊）场取新鲜的原汁奶。

## 6.2.5 水生生物

淡水生物采集食用鱼类和贝类；海水生物采集浮游生物、底栖生物、海藻类和附着生物。在捕捞季节于养殖区直接采集或从渔业公司购买确知捕捞区的海产品。

## 6.3 样品的管理

### 6.3.1 现场记录

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。记录表和样品卡须由他人复核，且签名。保持样品卡字迹清楚，不得涂改。样品卡不得与样品分开。

### 6.3.2 样品的保存

a) 水样采集后，用浓硝酸酸化到 $\text{pH}=1\sim 2$ （监测氚、 $^{14}\text{C}$ 或 $^{131}\text{I}$ 的水样不酸化；监测铯-137的水样用盐酸酸化；当水中含泥沙量较高时，待24小时后取上清液再酸化），尽快分析测定。水样保存期一般不得超过2个月。

b) 密封的土壤样品必须在7天内测其含水率，晾干保存。

c) 生物样品采集后，及时处理，注意保鲜。牛（羊）奶样品采集后，立即加适量甲醛，防止变质。

d) 采集的样品要分类保存，防止交叉污染。

### 6.3.3 样品的运输

运输前，认真填写送样单，并附上采样现场记录，对照送样单和样品卡认真清点样品，检查样品包装是否符合要求。运输中的样品要有专人负责，以防发生破损和洒漏，发现问题及时采取措施，确保安全送至实验室。

### 6.3.4 样品交接、验收和领取

a) 质保人员和送样人员按送样单和样品卡认真清点样品，确认无误后，双方在送样单上签字。

b) 样品验收后，存放在样品贮存间或实验室内，由质保人员妥善保管，严防丢失和交叉污染。

c) 分析人员持测定任务书（表），按规定程序领取样品。

### 6.3.5 建立样品库

a) 进库的样品须适合长期保存。

b) 样品库由质保人员负责，调动或调离岗位时须办理移交手续。

## 7 监测方法

### 7.1 样品预处理方法

#### 7.1.1 水样

水样运到实验室，对要求分析澄清的水样通过过滤或静置使悬浮物下沉后，取上清液。

#### 7.1.2 土壤及底泥样品

样品运至实验室，立即除去沙石、杂草等异物，称重。置于搪瓷盘中摊开晾干，碾碎过120目筛， $105^{\circ}\text{C}$

恒温干燥至恒重，计算样品失水量。于已编号的广口瓶中密封保存，备用。

### 7.1.3 生物样品

#### 7.1.3.1 鲜样处理

- a) 谷类 稻和麦等谷类的籽实，风干，脱壳，去砂石等杂物，称鲜（干）重。
- b) 蔬菜类 采集的样品除去泥土，取可食部分用水冲洗，晾干或擦干表面洗涤水，称鲜重。
- c) 水生生物
  - 1) 鱼类 采集的新鲜样品，用水洗净，擦干，去鳞，去内脏称重（骨肉分离后分别称重）。
  - 2) 贝类 采集的活贝在原水内浸泡，使其吐出泥沙，取可食部分称重。
  - 3) 藻类 采集的样品洗净根部，晾干表面水，取可食部分称重。

#### 7.1.3.2 样品干燥处理

a) 叶菜、根菜、果实、鱼肉、贝肉等切成碎片，放入搪瓷盘内摊开，于干燥箱内 105℃ 烘至恒重，计算样品失水量，密封保存。

b) 牛（羊）奶定量移入蒸发皿，缓慢加热蒸发至干。

#### 7.1.3.3 样品灰化处理

把干样放入蒸发皿中，加热使之充分炭化（防止出现明火）。然后移入马福炉内，根据待测项目的要求选择合适的温度进行灰化，冷却称重，计算灰鲜（干）比，密封保存。

#### 7.1.4 沉降物

样品运至实验室后，用光洁的镊子将落入采样盘中的树叶、昆虫等异物取出，并用去离子水将附着在异物上面的细小尘粒冲洗下来，合并冲洗液于样品中，弃去异物。将样品溶液与尘粒全部定量转入 500 ml 烧杯中，在电热板上蒸发使体积浓缩至 50 ml 后，将样品分数次转入已于 105℃ 恒重的瓷坩埚中（必要时用去离子水清洗烧杯，确保样品转移完全），在电热板上小心蒸发至干（防止崩溅），于 105℃ 烘至恒重。根据待测项目要求准确称取部分或全部样品进行分析。

#### 7.1.5 气溶胶

根据滤膜的大小、材质，结合待测项目要求选择合理的处理方式。一般能用于直接测量可不必经预处理步骤；对于纤维素滤膜可结合待测项目要求选择合适的温度进行炭化、灰化处理；对于玻璃纤维滤膜，可结合待测项目要求选择合适的溶剂进行提取处理。

### 7.2 测量分析方法

在选定测量分析方法时，凡有国家标准的，一律使用国家标准，没有国标的优先选用行业标准，选用其他方法需报国家环保总局批准。标准测量分析方法见表 13。

表 13 辐射环境监测标准分析方法

监测项目	监测对象	标准编号	标准名称
γ 辐射空气吸收剂量率	地表	GB/T 14583—93	环境地表 γ 辐射剂量率测定规范
表面污染	污染表面	GB/T 14056—93	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
		GB/T 14222—94	表面污染测定 第一部分 氡表面污染
氧	空气	GB/T 14582—93	环境空气中氧的标准测量方法
氚	水	GB 12375—90	水中氚的分析方法
钾-40	水	GB 11338—89	水中钾-40 的分析方法
钴-60	水	GB/T 15221—94	水中钴-60 的分析方法
镍-63		GB/T 14502—93	水中镍-63 的分析方法

续表

监测项目	监测对象	标准编号	标准名称
铯-90	水	GB 6764—86	水中铯-90 放射化学分析方法发烟硝酸沉淀法
		GB 6765—86	水中铯-90 放射化学分析方法离子交换法
		GB 6766—86	水中铯-90 放射化学分析方法二- (2-乙基己基) 磷酸萃取色层法
	生物	GB 11222.1—89	生物样品灰中铯-90 放射化学分析方法二- (2-乙基己基) 磷酸脂萃取色层法
		GB 11222.2—89	生物样品灰中铯-90 放射化学分析方法离子交换法
碘-131	空气	GB/T 14584—93	空气中碘-131 的取样与测定
	水	GB/T 13272—91	水中碘-131 的分析方法
	生物	GB/T 13273—93	植物、动物甲状腺中碘-131 的分析方法
	牛奶	GB/T 14674—93	牛奶中碘-131 的分析方法
铯-137	水	GB 6767—86	水中铯-137 的放射化学分析方法
	生物	GB 11221—89	生物样品灰中铯-137 放射化学分析方法
钋-210	水	GB 12376—90	水中钋-210 的分析方法 电镀制样法
铀	水	GB 6768—86	水中微量铀分析方法
	土壤	GB11220.1—89	土壤中铀的测定 CL-5209 萃淋树脂分离 2- (5-溴-2 吡啶偶氮) -5-二乙氨基苯酚分光光度法
		GB 11220.2—89	土壤中铀的测定 三烷基氧膦萃取-固体荧光法
	生物	GB 11223.1—89	生物样品灰中铀的测定 固体荧光法
		GB 12378.2—89	生物样品灰中铀的测定 激光液体荧光法
	空气	GB 12377—90	空气中微量铀的分析方法 激光荧光法
		GB 12378—90	空气中微量铀的分析方法 TBP 萃取荧光法
钍	水	GB 11224—89	水中钍的分析方法
镭-226	水	GB 11214—89	水中镭-226 的分析测定
镭	水	GB 11218—89	水中镭的 $\alpha$ 放射性核素的测定
钚	水	GB 11219—89	水中钚的分析方法
	土壤	GB 11219—89	土壤中钚的测定 萃取色层法
		GB 11219.2—89	土壤中钚的测定 离子交换法
$\gamma$ 核素	可转化为固液态的均匀样品	GB 11713—89	用半导体 $\gamma$ 谱仪分析低比活度 $\gamma$ 放射性样品的标准方法
	土壤	GB 11743—89	土壤中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法
	生物	GB/T 16145—95	生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法

## 8 数据处理

### 8.1 有效数字和修约规则

一个量值的有效数字的位数是其准确程度的粗略反映, 一个有  $n$  位有效数字的量值, 它的相对误差限的范围在  $5 \times 10^{-n} \sim 5 \times 10^{-(n+1)}$  之间。即有 1、2 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‰~5‰。

运算中有效数字的修约规则都是为了简化计算而又使结果能满足有效数字位数与相对误差限关系的要求而确定的。随着现代计算机的普遍应用,计算过程的简化已不必要了,一般已不必采用以往出版的一些标准和教材中推荐的运算中的修约规则。而遵守以下原则:

a) 在计算过程中一般可多留几位数字,而不必拘泥于通常的规则。

b) 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;对一般环境水平的测量结果,有效数字取2~3位,误差的有效数字位数取1~2位。

## 8.2 探测下限

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(或测量时间的程序安排)、样品体积或重量、化学回收率、本底及可能存在的干扰成分。

对于计数率、活度或活度浓度的探测下限,均可由最小可探测样品净计数  $LLD_N$  算得。一般采用近似满足正态分布的  $LLD_N$  大多是可以接受的,其计算公式为:

$$LLD_N = (K_\alpha + K_\beta) S_N \quad (3)$$

式中,  $K_\alpha$  为显著性水平等于犯第 I 类错误的概率  $\alpha$  时的标准正态变量(即  $u$  统计量)的上侧分位数;  $K_\beta$  为显著性水平等于犯第 II 类错误的概率  $\beta$  时标准正态变量的上侧分位数,常用的  $K_\alpha$ 、 $K_\beta$  值见表 14;  $S_N$  为样品净计数的标准差。在一般环境监测中,常有净计数比本底计数小得多,而使样品总计数标准差  $S_B$  等于本底计数标准差  $S_b$ ,即可得

$$S_n = \sqrt{2} S_b$$

如果  $\alpha = \beta = 0.05$ , 即  $K_\alpha = K_\beta = 1.645$ ; 则  $LLD_N$  为:

$$LLD_n = 2 \sqrt{2} K_\alpha S_b = 4.65 S_b \quad (4)$$

$S_b$  可以是多次重复测量的高斯分布的本底计数标准差,也可以是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分布计算的标准差。

当样品测量时间  $t$  和本底测量时间  $t_b$  相等时,采用泊松分布标准差,若统计置信水平为 95% 时,净计数率  $LLD_N$  由下式计算:

$$LLD_n = 4.65 \sqrt{\frac{n_b}{t_b}} \quad (5)$$

式中,  $n_b$  是  $t_b$  时间内的平均本底计数率。

表 14 常用  $K$  值表

$\alpha$ 或 $\beta$	$1-\beta$	$K(K_\alpha \text{ 或 } K_\beta)$	$2 \sqrt{2} K$
0.002	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 小于探测限数据的处理

a) 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—个样品的重复测量中出现小于  $LLD_N$  或小于零的净计数,仍要按其实际测量值参与平均。给出其最终的活度或活度浓度值,不能为负值;当其小于探测限时,报  $LLD$  的十分之一。

b) 对几个不同地点或不同时间的环境样品进行平均时,测量结果小于探测限的样品以其探测限的

1/10 参与平均。当样品数较多,如大于 15,且小于探测限的样品数所占比例不很大,如小于 1/3,则可用对数正态分布概率值,求其均值。

#### 8.4 可疑数据的剔除

在未经对取样、测量、记录、计算等各环节是否存在差错的仔细审查前,不得轻易剔除可疑数据;在仔细审查未发现导致数据偏离一般范围的原因后,建议采用 Grubbs 准则,作统计判断。检验步骤见附录 A。

#### 8.5 宇宙射线响应值的扣除

在测量的  $\gamma$  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:

$$D'_c = K_1 K_2 \frac{A_0}{A} \bar{X}_c \quad (6)$$

式中:  $K_1$ ——由照射量换算成吸收剂量的换算系数,取 0.873;

$K_2$ ——仪器量程刻度因子,由国家计量部门检定时给出;

$A_0$ ——仪器刻度时对检验源的响应值,由国家计量部门检定时给出;

$A$ ——仪器在测量宇宙射线响应值时对检验源的响应值;

$\bar{X}_c$ ——水面上仪器多次读数的平均值。

在环境监测时,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 B。

### 9 质量保证

#### 9.1 建立环境辐射监测质量保证机构。

##### 9.1.1 国家环境辐射监测质量保证及任务

国家环保总局建立辐射环境监测质量保证制度:

- a) 制备、分发标准物质。
- b) 组织各实验室间的比对。
- c) 对各实验室定期考核和核查组织国内实验室参加国际的实验室比对工作。
- d) 组织培训操作和管理人员。
- e) 向各省实验室提供监测质量的技术服务。

##### 9.1.2 省级辐射环境监测质量保证机构及任务

各省环保局设立相应的质量保证小组,其任务是:

- a) 定期检查本规范的落实情况,提出整改意见,并将实施情况报告国家环保质量保证机构。
- b) 具体组织、落实国家质量保证机构下达的任务。

#### 9.2 监测人员素质要求

a) 热爱辐射环境监测事业,具备良好的敬业精神,廉洁奉公、忠于职守。认真执行国家环境保护法规和标准。坚持实事求是的科学态度和勤奋学习的工作作风。

b) 所有从事辐射环境监测的人员应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。

c) 所有从事辐射监测的人员应执行环境监测合格证制度,参加国家环保总局组织的监测、分析项目考核,合格者发给证书。做到持证上岗。

#### 9.3 计量器具和测量仪器的检定和检验

##### 9.3.1 计量器具的检验

为保证监测数据的准确可靠,认真执行国家计量法,对计量器具定期检验,实行标识管理。

### 9.3.2 监测仪器的检定

所有监测仪器每年应至少在国家计量部门或其授权的计量站检定一次；仪器检修后要重新检定；每次测量前后均须用检验源进行检验，误差在 15% 内，对测量结果进行检验源修正，超过 15% 时，应检查原因，进行重新检定。

### 9.4 监测方法的选用和验证

原则上按本规范第 7.2 节推荐的标准分析方法进行分析测量，如使用本规范外的方法，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，并报国家环保总局批准后，方可作监测方法。

### 9.5 采样质量保证

严格按本规范第 6 章的要求进行布点、采样和对样品的管理。

### 9.6 实验室内分析测量的质量控制

#### 9.6.1 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。

#### 9.6.2 放射性标准物质及其使用

##### 9.6.2.1 放射性标准物质

- a) 经过国家计量监督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，可用高纯度化学物质来制备。如总  $\beta$  或  $\gamma$  射线谱仪测量的  $^{40}\text{K}$  标准可用优级纯氯化钾制备。

##### 9.6.2.2 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。

#### 9.6.3 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。

##### 9.6.3.1 对低水平测量装置的检验

一个放射性计数装置，其本底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，要定期进行本底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 C。

##### 9.6.3.2 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，如果它落在两条控制线之间，表示测量装置工作正常，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。

#### 9.6.4 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。

#### 9.6.4.1 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 $>50\%$ ,将所测两个空白实验值的均值点入质控图中进行控制。

#### 9.6.4.2 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 $10\%\sim 20\%$ 的平行双样,如此累进,直至总合格率 $\geq 95\%$ 为止。

#### 9.6.4.3 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 $10\%\sim 20\%$ 的样品进行加标回收率测定。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;无此控制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,则可规定其目标值为 $95\%\sim 105\%$ 。

#### 9.6.4.4 “盲样”分析

在分析测量样品时,还可由质控人员在待测样品中加上分析测量人员不知道的已知含量的样品,与待测样品同步分析。质控人员根据报出的测量结果与加入的已知量比较,根据符合程度估计该批样品分析结果的准确度。

### 9.7 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着系统误差,找出误差来源,提高实验室的监测分析水平。

#### 9.7.1 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检测限、精密度和准确度为依据,控制和评价实验室间的分析质量。

#### 9.7.2 实验室质量考核

由国家环境保护总局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。通过考核,各实验室可以从中发现所存在的问题,以便及时纠正。分析测量人员持考核合格证上岗。

#### 9.7.3 实验室间的比对

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对比,如发现问题,及时采取必要的改正措施。

### 9.8 数据处理中的质量控制

#### 9.8.1 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,都要按本规范规定的格式和内容,清楚、详细、准确的记录,不得随意涂改。



### 9.8.2 数据的检查

着手分析数据以前，要对原始数据进行必要的整理。先逐一检查原始记录是否按规定的要求填写完全、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。

### 9.8.3 数据的复审

在数据处理中，必须按本规范规定的方法，对假设、计算方法、计算结果进行复审。复审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。

审核无误后，由审核人签字。

### 9.8.4 数据保存

计算机程序的验证材料、操作人员的资格、质量保证计划的核查等资料应全部归档。

所有的监测记录和质量保证编制文件都应妥善保存，一般应保存到核设施停止运行后十年至几十年，环境监测的结果应长期保存。

## 10 辐射环境质量报告的编写

### 10.1 辐射环境质量年报

各省、自治区、直辖市辐射环境监测（监理）机构每年编报本辖区内的辐射环境质量年报，并于次年2月底前上报国家环境保护总局。

#### 10.1.1 辐射环境质量年报格式

##### 一、前言

##### 二、概况

辐射环境监测机构

监测仪器设备

辐射环境监测内容

##### 三、辐射环境监测方案

辐射污染源监测方案

辐射环境质量监测方案

##### 四、质量保证

##### 五、监测结果

辐射污染源监测结果

辐射环境质量监测结果

##### 六、辐射环境质量监测结论，其中应包括辐射环境监测结果的评价，环境辐射水平变化趋势分析，存在问题的探讨等。

#### 10.1.2 辐射环境质量年报的要求

a) 用表格等方式列出监测方案，其中包括监测对象、项目、频次、采样点数、监测方法、仪器设备和探测限等。绘出监测采样点位分布示意图。

b) 用文字详细叙述环境监测质量保证的主要措施，并用具体统计数字、表格等形式给出实施质量保证措施取得的成绩。

c) 对监测结果需列出样品数，测值范围、平均值、标准差和置信区间（置信区间的计算方法见附录D）；单个样品的测量值需给出单次测量的标准差。在给出拟合曲线图、不同时间或不同地点的环境样品比活度的比较图上，均要画出各点或各样品测量值的置信区间。

d) 发现监测结果有异常时应分析其原因并说明处理结果。

### 10.2 污染事故报告

#### 10.2.1 初始报告与定期定时报告

对核事故、辐射事故或突发放射性污染事件，必须立即开展事故监测或应急监测，并迅速向上级主

管部门报告。

初始报告要求在事故发生后就立即报告。

定期定时报告要求事故发生后每隔 24 小时报告一次，直至污染源得到有效控制，污染水平明显降低为止。

#### 10.2.2 污染事故报告内容

- a) 污染事故的性质与类型。
- b) 放射性物质排放的成分和数量。
- c) 主要环境介质的污染水平及污染范围。
- d) 居民受照剂量的估算。
- e) 事故发生后所采取的控制污染措施和辐射防护措施。

#### 10.2.3 建立污染事故技术档案

对伴有辐射设施出现的辐射事故或突发放射性污染事件必须建立专门的技术档案。对规模大、污染严重或影响范围广的事故，事故处理后应建立长期监测和观察的技术档案。

#### 10.3 辐射环境质量报告形式

辐射环境质量报告由书面形式报告逐步过渡到以计算机软盘形式报告。以计算机软盘形式上报的辐射环境质量报告应同时附一份报告的纸文件，以备存档。

## Grubbs 准则剔除可疑值的检验步骤

## A1 计算统计量

设有一组测量数据:

$$x_1, x_2, \dots, x_n.$$

计算该组数据的平均值  $\bar{x}$ :

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

计算单次测量标准差  $S$ :

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

$$T = \frac{|x_j - \bar{x}|}{S}$$

计算统计量  $T$ :

式中  $x_j$  为待查的第  $j$  个数据。

## A2 检验步骤

当所算的  $T$  值大于表 A1 中检验临界值  $T(n, \alpha)$  时, 以有  $\alpha$  概率的风险从统计学上可剔除此数据, 当  $T \leq T(n, \alpha)$  时, 此数据不予剔除。

表 A1 Grubbs 检查临界值  $T(n, \alpha)$  表

$n$	显著性水平 $\alpha$				$n$	显著性水平 $\alpha$			
	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
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

$n$	显著性水平 $\alpha$				$n$	显著性水平 $\alpha$			
	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					

## 宇宙射线响应值修正方法

## B1 修正公式

$$D_c = \frac{D_{\mp}}{D'_{\mp}} D'_c$$

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;

$D_{\mp}$ 、 $D'_{\mp}$ ——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:

$$D_{\mp} = \begin{cases} (I_0 + a) \exp(7.27 \times 10^{-5} \cdot h^{1.184}) \times 15.0 \\ a = \begin{cases} 0.0098\lambda_m & \lambda_m > 13^\circ\text{N} \\ 0.127 & \lambda_m \leq 13^\circ\text{N} \end{cases} \end{cases}$$

式中:  $I_0$ —— $\lambda_m=0$ ,  $h=0$  时的宇宙射线电离量值,单位为 I, 它随太阳 11 年活动周期而变化, 1984—1989 年 6 年实测的平均值为  $1.70 \pm 0.07$  离子对/( $\text{cm}^3 \cdot \text{s}$ )。

$h$ ——计算点的海拔高度, m;

$\lambda_m$ ——计算点的地磁纬度,  $^\circ\text{N}$ ; 由计算点的地理纬度  $\lambda$  和地理经度  $\phi$  按下式计算:

$$\sin \lambda_m = \sin \lambda \cos 11.7^\circ + \cos \lambda \sin 11.7^\circ \cdot \cos(\phi - 291^\circ)$$

## 对低水平测量装置进行泊松分布的检验方法

C1 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 10~20 次相同时间间隔的本底计数。按下式计算统计量  $X^2$  值:

$$X^2 = (n-1)S^2/N$$

式中:  $n$ ——所测本底的次数;

$S$ ——按高斯分布计算的本底计数的标准差;

$N$ —— $n$  次本底计数的平均值, 也是按泊松分布计算的本底计数的方差。

## C2 检验方法

将算得的  $X^2$  与  $X^2$  分布的  $\alpha$  显著水平的分位数  $X^2_{(1-\alpha/2), df}$  和  $X^2_{\alpha/2, df}$  [ $\alpha$  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  $X^2_{(1-\alpha/2), df} \leq X^2 \leq X^2_{\alpha/2, df}$ , 则表示可以  $1-\alpha$  置信区间判断: 未发现该装置本底计数不满足泊松分布, 没有理由怀疑该装置工作不正常; 如  $X^2 < X^2_{(1-\alpha/2), df}$  或  $X^2 > X^2_{\alpha/2, df}$ , 则表示可以  $1-\alpha$  置信水平判断: 该装置本底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。

$X^2$  分布的上侧分位数表见表 C1

表 C1  $X^2$  分布的上侧分位数表

$df \backslash \alpha$	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005	$\alpha \backslash df$
1	0.004393	0.004575	0.004822	0.005003	3.84	5.02	6.63	7.88	1
2	0.100	0.0201	0.0506	0.103	5.99	7.38	9.21	10.60	2
3	0.717	0.115	0.216	0.352	7.81	9.35	11.34	12.84	3
4	0.207	0.297	0.484	0.711	9.49	11.14	13.28	14.86	4
5	0.412	0.554	0.831	1.145	11.07	12.83	15.09	16.75	5
6	0.676	0.872	1.237	1.635	12.59	14.45	16.81	18.55	6
7	0.989	1.239	1.690	2.17	14.07	16.01	18.48	20.3	7
8	1.344	1.646	2.18	2.73	15.51	17.53	20.1	22.0	8
9	1.735	2.09	2.70	3.33	16.92	19.02	21.7	23.6	9
10	2.16	2.56	3.52	3.94	18.31	20.5	23.2	25.2	10
11	2.60	3.05	3.82	4.57	19.68	21.9	24.7	26.8	11
12	3.07	3.57	4.40	5.23	21.0	23.3	26.2	28.3	12
13	3.57	4.11	5.01	5.89	22.4	24.7	27.7	29.8	13
14	4.07	4.66	5.63	6.57	23.7	26.1	29.1	31.3	14
15	4.60	5.23	6.26	7.26	25.0	27.5	30.6	32.8	15
16	5.14	5.81	6.91	7.96	26.3	28.8	32.0	34.3	16
17	5.70	6.41	7.56	8.67	27.6	30.2	33.4	35.7	17
18	6.26	7.01	8.23	9.39	28.6	31.5	34.8	37.2	18
19	6.84	7.63	8.91	10.12	30.0	32.9	36.2	38.6	19
20	7.43	8.26	9.59	10.85	31.4	34.2	37.6	40.0	20
21	8.03	8.90	10.28	11.59	32.7	35.5	38.9	41.4	21
22	8.64	9.54	10.98	12.34	33.9	36.8	40.3	42.8	22
23	9.26	10.20	11.69	13.09	35.2	38.1	41.6	44.2	23
24	9.89	10.86	12.40	13.85	36.4	39.4	43.0	45.6	24

续表

$\alpha$ $df$	0.995	0.99	0.975	0.95	0.05	0.025	0.01	0.005	$\alpha$ $df$
25	10.52	11.52	13.12	14.61	37.7	40.6	44.3	46.9	25
26	11.16	12.20	13.84	15.38	38.9	41.9	45.6	48.3	26
27	11.81	12.88	14.57	16.15	40.1	43.2	47.0	49.6	27
28	12.46	13.56	15.31	16.93	41.3	44.5	48.3	51.0	28
29	13.12	14.26	16.05	17.71	42.6	45.7	49.6	52.3	29
30	13.79	14.59	16.79	18.49	43.8	47.0	50.9	53.7	30
40	20.7	22.2	24.4	26.5	55.8	59.3	63.7	66.8	40
50	28.0	29.7	32.4	34.8	67.5	71.4	76.2	79.5	50
60	35.5	37.5	40.5	43.2	79.1	83.3	88.4	92.0	60
70	43.3	45.4	48.8	51.7	90.5	95.0	100.4	104.2	70
80	51.2	53.5	57.2	60.4	101.9	106.6	112.3	116.3	80
90	59.2	61.8	65.6	69.1	113.1	118.1	124.1	128.3	90
100	67.3	70.1	74.2	77.9	124.3	129.6	135.8	140.2	100

也可以利用在《辐射防护》1994 年第 41 期李德平先生所写的“置信区间与探测下限”文中的表 2:  $\sigma/S_{n-1}$  的置信区间表, 其中  $\sigma$  就是泊松分布标准差  $=N^{1/2}$ ,  $N$  为本底的平均计数;  $S_{n-1}$  是  $n$  次本底计数测量的单次高斯分布标准差, 若  $\sigma/S_{n-1}$  值落在表中的置信区间内, 则该装置本底计数满足泊松分布; 若  $\sigma/S_{n-1}$  值落在表中的置信区间外, 则表示可以  $1-\alpha$  置信水平判断: 该装置本底计数不满足泊松分布。

## 置信区间及其确定方法

## D1 总体均值的置信区间

在表达环境辐射水平的最终结果时,除给出平均值外,还应给出其置信区间和样品数。给出所测样品比活度的置信区间,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,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。

## D2 置信水平和显著性水平

能包含在置信区间中的总体参数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精度,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。

## D3 置信区间的确定方法

总体(遵从正态分布)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  $\bar{X}$ ,按高斯分布计算的标准差  $S$  和自由度  $f=n-1$ ,  $n$  是样品数。
- 确定置信水平为  $1-a$ ,由  $a$  从附表 D1 的  $t_a$  表中查得临界值  $t_a(f)$ 。
- 计算  $\delta$

$$\delta = t_{\alpha}(f)S / \sqrt{n}$$

- 在  $1-a$  的置信水平下,总体均值  $\mu$  的置信区间为:  $[X-\delta, X+\delta]$

表 D1  $t$  分布的双侧分位数  $t_a$  表

$f \backslash \alpha$	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001	$\alpha \backslash f$
1	3.078	6.314	12.706	63.657	63.657	636.619	1
2	1.886	2.920	4.303	9.925	9.925	31.598	2
3	1.638	2.353	3.182	5.841	5.841	12.941	3
4	1.533	2.132	2.776	4.604	4.604	8.610	4
5	1.476	2.015	2.571	4.032	4.032	6.859	5
6	1.440	1.943	2.447	3.707	3.707	5.959	6
7	1.415	1.895	2.365	3.499	3.499	5.405	7
8	1.397	1.860	2.306	3.355	3.355	5.041	8
9	1.383	1.833	2.262	3.250	3.250	4.781	9
10	1.372	1.812	2.228	3.169	3.169	4.587	10
11	1.363	1.796	2.201	3.106	3.106	4.437	11
12	1.356	1.782	2.179	3.055	3.055	4.318	12
13	1.350	1.771	2.160	3.012	3.012	4.221	13
14	1.345	1.761	2.145	2.977	2.977	4.140	14
15	1.341	1.753	2.131	2.947	2.947	4.073	15
16	1.337	1.746	2.120	2.921	2.921	4.015	16
17	1.338	1.740	2.110	2.898	2.898	3.965	17
18	1.330	1.734	2.101	2.878	2.878	3.922	18
19	1.328	1.729	2.093	2.861	2.861	3.883	19
20	1.325	1.725	2.086	2.845	2.845	3.850	20



续表

$\begin{smallmatrix} a \\ f \end{smallmatrix}$	0.20	0.10	0.05	0.02	0.01	0.001	$\begin{smallmatrix} a \\ f \end{smallmatrix}$
21	1.323	1.721	2.080	2.831	2.831	3.819	21
22	1.321	1.717	2.074	2.819	2.819	3.792	22
23	1.319	1.714	2.069	2.807	2.807	3.767	23
24	1.318	1.711	2.064	2.797	2.797	3.745	24
25	1.316	1.708	2.060	2.787	2.787	3.725	25
26	1.315	1.706	2.056	2.779	2.779	3.707	26
27	1.304	1.703	2.052	2.771	2.771	3.690	27
28	1.313	1.701	2.048	2.763	2.763	3.674	28
29	1.311	1.699	2.045	2.756	2.756	3.659	29
30	1.310	1.3697	2.042	2.750	2.750	3.646	30
40	1.303	1.684	2.021	2.704	2.704	3.551	40
60	1.296	1.671	2.000	2.660	2.660	3.460	60
120	1.289	1.658	1.980	2.617	2.617	3.373	120
$\infty$	1.282	1.645	1.960	2.576	2.576	3.291	$\infty$



单位名称: \_\_\_\_\_

仪器设备名称	数量(台)	生 产 厂	使 用 情 况	备 注

单位名称: \_\_\_\_\_

表 E3 污染源监测方案

监测对象	项目或核素	频 次	点位数	分析测试方法	仪器型号	探测限

单位名称: \_\_\_\_\_

表 E4 辐射环境质量监测方案

监测对象	项目或核素	频 次	点位数	分析测试方法	仪器型号	备注

辐射环境监测网站

单位名称: \_\_\_\_\_

表 E5 质量保证实施情况

序 号	质量保证措施	数量(台、次、个)	结 果
1	仪器外检		
2	仪器自检		
3	仪器刻度		
4	质控图		
5	平行双样		
6	加标样		
7	盲 样		
8	比 对		
9	其 他		



单位名称: \_\_\_\_\_

污染源单位名称: \_\_\_\_\_

单位: nGy/h

监测地名	频 次 (次/年)	点 数	测值范围	平均值	标准差	备 注





单位名称: \_\_\_\_\_

环境监测 ☐

污染源单位名称: \_\_\_\_\_

表 E9 沉降物总  $\beta$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $^{137}\text{Cs}$  放射性活度监测结果 单位:  $\text{mBq}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 

监测地名	频 次 (次/年)	点 数	监测项目	测值范围	平均值	标准差	备 注





辐射环境监测网站

单位名称: \_\_\_\_\_

污染源监测 ☐

环境质量监测 ☐

污染源单位名称: \_\_\_\_\_

表 E12 降水中放射性核素 ( $^3\text{H}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  核素) 浓度监测结果 单位: Bq/L

监测地名	频次 (次/年)	测点数	监测项目	测值范围	平均值	标准差	备 注











单位名称: \_\_\_\_\_

环境 质量 监测

表 E17 土壤、底泥、潮间带土放射性核素 ( $^{90}\text{Sr}$ 、 $\gamma$  核素) 浓度监测结果[illegible]

