

# 沉降物中 $\gamma$ 核素测量技术规范

(征求意见稿)

编制说明

二〇二四年二月

## 目 录

1	工作概况 .....	2
2	标准制定的基本原则和技术路线 .....	5
3	主要条款的说明, 主要技术指标、参数 .....	7
4	综述报告、方法验证、预期效果 .....	13
5	团体标准中如涉及专利, 应有明确的知识产权说明 .....	14
6	采用国际标准和国外先进标准的程度及水平的简要说明 .....	14
7	重大分歧意见的处理经过和依据 .....	15
8	贯彻标准的要求和措施建议 (包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等) .....	15
9	其他应予以说明的问题 .....	15

# 沉降物中 $\gamma$ 核素测量技术规范

## (征求意见稿)

### 编制说明

#### 1 工作概况

##### 1.1 项目来源

根据《关于征集 2022 年浙江省辐射防护协会团体标准制定项目的通知》（浙辐防协（2022）14 号），为进一步规范核设施周围辐射监测和辐射环境质量监测项目空气中沉降物 $\gamma$ 核素的分析测量方法。

##### 1.2 起草单位

本标准主要起草单位：杭州湘亭科技有限公司、浙江省辐射环境监测站、常州环宇信科环境检测有限公司。

##### 1.3 编制组成员

本文件主要起草人：李海，何帅兴，向元益，顾建刚，唐振波，王雪晴，曹明月，方灿琦，杨庚，何必胜，周峰，王欣刚等。

其分工如下：

表 1 任务分工情况

参与人员	职称	单位	工作内容
李海	高级工程师	杭州湘亭科技有限公司	标准的编制负责人，负责整个标准的框架结构，标准的编制工作。
何帅兴	工程师	杭州湘亭科技有限公司	组织标准的前期调研，资料整理工作
向元益	正高级工程师	浙江省辐射环境监测站	负责标准内容整合、修订、优化工作。
顾建刚	高级工程师	浙江省辐射环境监测站	负责对标准的技术内容的审核把关。
唐振波	工程师	常州环宇信科环境检测有限公司	负责编写标准中采样相关内容
王雪晴	工程师	杭州湘亭科技有限公司	负责编写标准中术语和定义部分的相关内容 及资料查找核实。
曹明月	工程师	杭州湘亭科技有限公司	负责编写标准的相关技术设备内容
方灿琦	助理工程师	杭州湘亭科技有限公司	负责编写标准中计算相关内容
杨庚	助理工程师	杭州湘亭科技有限公司	负责编写标准中质量保证相关内容
何必胜	高级工程师	杭州湘亭科技有限公司	负责对标准的计算与质量保证的审核把关。
周峰	高级工程师	浙江省辐射环境监测站	负责编写标准中计算 $\gamma$ 能谱采集相关内容
王欣刚	工程师	浙江省辐射环境监	负责编写标准中计算 $\gamma$ 能谱采集相关内容

		测站	
--	--	----	--

## 1.4 工作过程

(1) 成立标准编制组，查询国内外相关资料后进行编制。项目任务下达后，杭州湘亭科技有限公司、浙江省辐射环境监测站与常州环宇信科环境检测有限公司成立了标准编制组，对目前国内外空气中沉降物 $\gamma$ 核素的分析测量方法的相关标准和文献资料等情况进行全面调研，确定规范的框架结构和技术路线。

### (2) 开题论证

标准编制组于 2022 年 3 月 17 日在杭州组织召开咨询论证会。与会专家通过讨论，认为本标准技术原则和技术路线合理可行，内容基本符合要求。

### (3) 编写标准初稿

按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》（国家环境保护总局公告 2006 年第 41 号）的有关要求，对现有各种方法和监测工作需求开展广泛而深入的调查研究，对工作内容等多次研讨，形成标准初稿。

### (4) 形成标准征求意见稿

标准编制组于 2022 年 8 月 27 日至 28 日在杭州组织召开编写会，共同讨论和制定标准的初步框架。在会议讨论基础上，编制组对标准进行了初步完善，并于 2023 年 3 月份分别邀请了云南省辐射环境监督站、重庆市辐射环境监督管理站的专家进行了函审。在函审过程中，专家们对标准的细节进行了深入讨论，并提出了意见和修改建议。

2023 年 4 月 18 日，标准编制组在杭州组织召开专家审评会，对标准征求意见稿和编制说明进行审评。专家组对标准的科学性、合理性和实用性进行了全面评估，并提出了进一步完善的意见和建议。

根据专家意见，标准编制组联合了生态环境部核与辐射环境监测技术中心与重庆市辐射环境监督管理站对技术规范进行验证。自 2023 年 7 月 1 日起至 2023 年 12 月 31 日止，进行了方法验证工作。在验证过程中，编制组对标准的实施效果进行了全面评估，并根据验证结果对标准进行了进一步完善。

经过多次修改和完善，标准编制组最终于 2024 年 2 月 1 日完成了标准的征求意见稿的编写。

## 1.5 制定标准的必要性和意义

### 1.5.1 满足沉降物中 $\gamma$ 核素监测的需要

核电厂是我省重点监管的核与辐射设施，沉降物中 $\gamma$ 核素是核电厂辐射环境质量状况及其变化趋势的重要体现指标之一， $\gamma$ 核素分析还涉及到放射卫生防护、辐射防护仪器、勘探采矿和工艺监测核仪器、核探测器、通用核仪器、实验室基础设备、辐射防护监测与评价。国内目前没有沉降物中 $\gamma$ 核素的分析的技术规范，浙江省也没有相应的地方标准，沉降物中 $\gamma$ 核素分析是浙江辐射环境质量监测方案一项重要生态环境监测指标，浙江辐射监测机构也在

一直监测该项目，并形成了可复制可实践的分析方法，现已具备开展技术规范的制订工作的基础和能力。

《沉降物中 $\gamma$ 核素监测技术规范》，对独立、客观、公正地反映核电厂周围辐射环境质量状况及其变化趋势，监督核电厂流出物的排放情况，预测和预警核与辐射事件或事故有重要意义。同时能够完善我省乃至我国生态环境监测分析方法，能引领浙江地方标准在国内率先落地实施，为国家标准制订提供可参考的实践经验。

### 1.5.2 现行碘技术规范存在的主要问题

目前国内没有现行的沉降物中 $\gamma$ 核素相关技术规范，一般只参考 GB/T 11713-2015 规定的高纯锗 $\gamma$ 能谱分析通用方法，不但无法获得系统、完整、统一的信息，同时也未对沉降物中 $\gamma$ 核素的采集、制备、保存和管理、测量方法、数据处理、质量保证、仪器刻度和不确定度计算等作出详细的规定。

在日常监测过程中缺少参考技术规范，急需出台此类标准，规范常规监测与应急监测。

## 1.6 国内外相关分析方法研究

### 1.6.1 国外相关分析方法研究

目前在国际上对沉降物中 $\gamma$ 核素的检测分析已成为监测核设施周边辐射水平的重要手段，特别是日本福岛核事故后，事故周边的沉降灰检测作为重要依据发挥了重要作用，相关方法与标准已日趋完善。目前国际上相关标准主要有：ISO 18589-1:2019 环境土壤中放射性的测量第 1 部分：一般指南和定义、ISO 18589-5:2019 环境土壤中放射性的测量第 5 部分：铯 90 比例计数法或液体闪烁计数法、ISO/DIS 18589-2, ISO/DIS 18589-2(en) M 环境土壤中放射性的测量第 2 部分：取样策略选择、取样和样品预处理指南、ISO/DIS 18589-3 环境中放射性的测量—土壤—第 3 部分：使用伽马射线光谱法的伽马发射放射性核素的测试方法等。

### 1.6.2 国内相关规范研究

目前国内尚未有针对沉降物中 $\gamma$ 核素分析监测的技术规范，相关法律及行业标准处于空白状态。在我国标准中，关于 $\gamma$ 核素分析目前已有的国内相关标准情况如下：

- 1.《就地高纯锗谱仪测量土壤中 $\gamma$ 核素技术规范》（HJ 1129-2020）生态环境部发布。
- 2.《应急监测中环境样品 $\gamma$ 核素测量技术规范》（HJ1127-2020）生态环境部发布。
- 3.《生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T 16145-2020），由国家市场监督管理总局、中国国家标准化管理委员会发布。
- 4.《水中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（GB/T 16140-2018），由中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会发布。
- 5.《空气中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》（WS/T 184-2017）由中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会发布。

## 2 标准制定的基本原则和技术路线

### 2.1 标准制定的基本原则

#### 2.1.1 科学性原则

本技术规范依据《国家环境保护标准制修订工作管理办法》《标准化工作导则》（GB/T1.1-2009），在总结现有文件资料及辐射环境自动监测的实际应用经验基础上编写，同时考虑要与已颁布的各有关标准、规范内容相适应。

#### 2.1.2 系统性原则

本技术规范规定了核设施周围辐射监测和辐射环境质量监测项目空气中沉降物 $\gamma$ 核素的分析测量方法。包括样品的采集、制备、保存和管理、测量方法、数据处理、质量保证、仪器刻度和不确定度计算等主要技术规范要求。

#### 2.1.3 实用性原则

技术规范编制过程中，坚持问题导向，注重解决实际运行中存在的问题，可操作性强，易于实施。

### 2.2 标准制定的技术路线

本技术规范主要是在调研国内外相关标准规范和已经实施项目的基础上，结合国内沉降物 $\gamma$ 核素监测现状、多年操作实际经验和辐射环境监测工作需要，制定技术路线，确定沉降物 $\gamma$ 核素监测样品的采集、制备、保存和管理、测量方法、数据处理、质量保证、仪器刻度和不确定度计算等内容进行详细规定。

本技术规范在编写时还考虑到国内监测工作的实际情况，按照工作流程叙述，力求条理清楚、文字简洁。

本标准制定技术路线如图 1 所示。

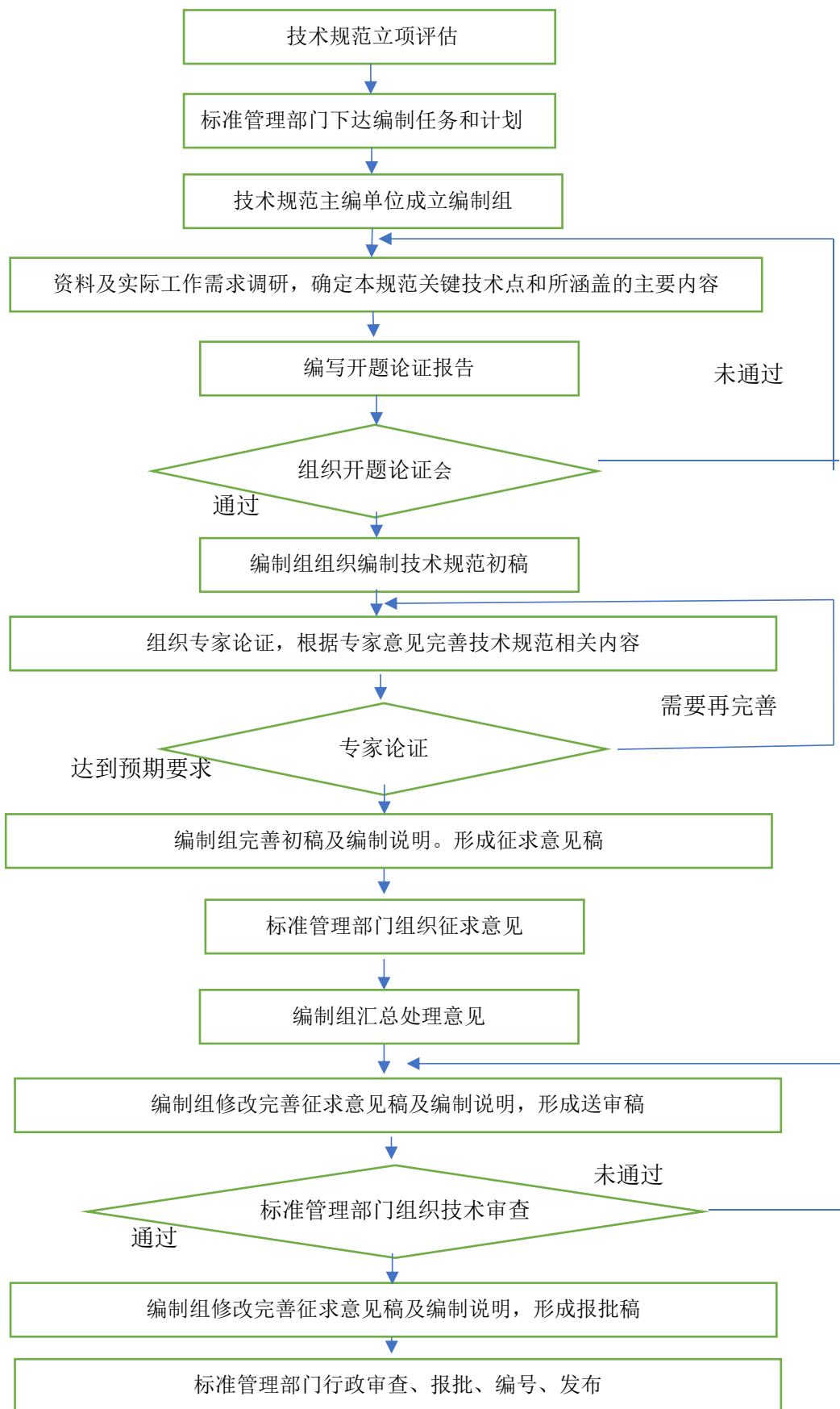


图 1 标准制定技术路线

### 3 主要条款的说明，主要技术指标、参数

#### 3.1 标准框架

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定进行编制。本标准规定了沉降物中 $\gamma$ 核素测量的相关技术要求，包括样品采集、样品制备、样品测量、数据处理、质量保证、仪器刻度和不确定度评估等主要内容。

#### 3.2 标准适用范围

本技术规范规定了空气中沉降物 $\gamma$ 核素分析测量的技术要求，包括样品采集、样品制备、样品测量、数据处理、质量保证、仪器刻度和不确定度评估等主要流程。

本技术规范适用于核设施监督性监测和辐射环境监测的空气中沉降物 $\gamma$ 核素的分析测量，核与辐射事故（事件）的环境应急监测可参照执行。

#### 3.3 规范性引用文件

以下标准和规范所含条文，在本标准中被引用即构成本标准的条文，与本标准同效。凡是不注明日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。GB 8999 《电离辐射监测质量保证通用要求》、GB/T 11713 《高纯锗 $\gamma$ 能谱分析通用方法》、GB/T 16145 《环境及生物样品中放射性核素的 $\gamma$ 能谱分析方法》、HJ 61 《辐射环境监测技术规范》、HJ 1127 《应急监测中环境样品 $\gamma$ 核素测量技术规范》、HJ 1129 《就地高纯锗谱仪测量土壤中 $\gamma$ 核素技术规范》、HJ 1149 《环境空气 气溶胶中 $\gamma$ 放射性核素的测定 滤膜压片 $\gamma$ 能谱法》、GB/T 27418 《测量不确定度评定和表示》。

#### 3.4 相关术语和定义

##### 3.4.1 高纯锗 $\gamma$ 能谱仪

利用 $\gamma$ 射线与高纯锗晶体中原子相互作用产生的电子—空穴对被收集来测量放射性核素活度的仪器。

##### 3.4.2 沉降物

从大气向地表沉降的微粒物质。沉降物可分为干沉降物和湿沉降物，干沉降物指分散在空气中固体微粒在仅受自身重力、气体浮力及两者相互影响产生的阻力作用下，自由沉降下来的微粒物质；湿沉降物指固体微粒随降水（雨、雪、雹等）沉降下来的微粒物质。

##### 3.4.3 探测效率

在一定的测量条件下，探测器测得的粒子数与在同一时间间隔内由刻度源或样品发射出的该种粒子数之比。

#### 3.5 方法概述

将沉降物收集器放置在地形开阔、周围无高大建筑物和树木的地方，根据实际情况加适量去离子水（或蒸馏水），放置一定时间收集样品。将采集完毕的沉降物样品转移至专用容器，送实验室处理，经过蒸发、烘干、研磨后得到待测样品，再用高纯锗 $\gamma$ 能谱仪分析测量。



## 3.6 试剂和材料

### 3.6.1 试剂

主要试剂有：去离子水、pH试纸、99.5%无水乙醇等。

### 3.6.2 耗材

其他常规耗材。

## 3.7 仪器与设备

### 3.7.1 高纯锗 $\gamma$ 能谱仪

性能和技术指标除执行GB/T 11713的相关规定外，采用P型高纯锗探测器时，相对探测效率一般应不小于30%，也适合采用宽能型或井型高纯锗谱仪分析测量。

### 3.7.2 沉降物收集器

圆柱形集尘桶，其内径一般不小于60 cm，深度一般不小于50 cm，材质为有机玻璃、玻璃钢或陶瓷，底部平整或锥形，内壁光滑。

### 3.7.3 制样设备

主要制样设备有：烘箱，最高温度大于250°C；电子天平，感量0.01g等

### 3.7.4 辅助设备

其他常规辅助设备。

## 3.8 采样与样品前处理

### 3.8.1 监测方案

按照HJ 61中5.2和5.3节相关规定执行

### 3.8.2 样品采集

沉降物的采集一般采用专用集尘桶采集总沉降物，也可采用干湿沉降自动采样装置。采集样品时，向沉降物样品收集容器（采样器）内注入深度超过1 cm的去离子水，为防止冰冻，可加入乙二醇。采样期间应保持采样器内水深在1cm以上，必要时可采用自动补水装置。在夏季多雨或冬季多雪季节，应注意采样器内积水或积雪情况，为防止水或雪满溢出，应使采样器内只保留少量样品，及时将大部分样品转移至采样容器内，待采样结束后合并处理。

收集样品时，用光洁的镊子将落入采样器内的树叶、树枝、昆虫等异物取出，并用去离子水将附着在异物上尘埃的冲洗下来，弃去异物。将采样器内溶液和尘埃全部转移至样品容器内，并用橡胶/软质硅胶刮刀等将采样器内壁附着的尘埃刮洗干净，用去离子水反复冲洗采样器内壁、采样桶和刮刀，清洗液并入样品容器，可在样品中加酸使pH<2。

记录样品采集信息，贴好标签，样品采集信息包括采样开始时间、结束时间、收集面积、样品状态、点位信息等。采样期间，所有有关样品代表性和有效性的因素，如沙尘暴等异常气候条件、异常建设活动、植被变化等均应详细记录。

### 3.8.3 样品制备

样品运至实验室，将样品转移至蒸发容器（如大型瓷蒸发皿或5L烧杯），在电热板上蒸发，也可用自动浓缩装置处理样品。当液体量减少一半时，依次加入剩余未处理样品，继续浓缩，注意留出少量上层清液样品用于洗涤样品容器。

当浓缩液余量很少时，待其冷却，将浓缩后的样品转移至小型瓷蒸发皿中进一步浓缩。蒸发容器用少量去离子水洗涤，并加入浓缩液中，遇到器壁上有悬浮物等吸附时，仔细擦洗，洗涤合并入浓缩液，继续浓缩至体积约20ml。

用烘箱、红外灯或电热板等对小型瓷蒸发皿内的样品加热（不超过105°C，防止崩溅）至水相消失，用碾杵将样品磨细。称量样品总重量，充分混匀后，根据待测项目的要求，准确称取部分或全部样品进行分析。

### 3.9 $\gamma$ 能谱的采集

#### 3.9.1 标准源的获取与制备

标准源应来源于具备资质的国家法定计量部门或者标准实验室，标准源应满足以下条件：

可溯源至国家标准，相对扩展不确定度（ $k=2$ ）不大于5%；

标准源在样品盒中的分布是均匀的，不产生显著的容器壁特异性吸附而改变核素分布；

标准源的密度、几何尺寸、基质成分等应与测量样品相近；

在有效的使用期内，不产生潮解、结晶等；

除有效的放射性核素外，应不含或尽量少含其他的放射性杂质；

f) 具有校准或检定证书，信息至少包括：核素活度、不确定度、定值日期、化学成分、标准源定值方法、质量或体积等。

#### 3.9.2 标准源的制备

实际工作中，可用收集的天然沉降物样品作为基质，掺入放射性核素制成，或用模拟物质配制成模拟沉降物基质，再掺入放射性核素，经过充分混匀后制成，标准源发射的 $\gamma$ 射线能量范围通常为40 keV~2000keV，能量点分布均匀。

#### 3.9.3 $\gamma$ 能谱仪的刻度

##### (1) 能量刻度

能量刻度执行 GB/T 11713 的 4.2 节相关规定。

##### (2) 效率刻度

有源效率刻度执行 GB/T 11713 的 4.2 节和 HJ 1149-2020 的 8.1 节相关规定。

无源效率刻度就是对沉降物样品的探测效率进行理论计算，理论计算通常基于蒙特卡罗（MCNP）方法。对探测器进行表征，再结合独立的实际参考物质测试验证和修正表征参数。可根据仪器厂商提供的表征参数文件建立几何模型，由此得到不同测量条件下的样品效率曲线。使用无源效率刻度时需用可溯源的实际标准源进行验证，各能量点验证结果的相对偏差均小于15%时，该种无源效率刻度方法才可应用于实际样品分析。

#### 3.9.4 本底测量

沉降物的本底测量可用一个干净的空白样品盒装入蒸馏水或者直接采用空白样品盒置于探测器上，测得本底数据。正常的本底谱的 $\gamma$ 射线能峰一般为天然核素所贡献，为获得计数不确定度较小的本底谱，可根据实际情况设置本底测量时间。

#### 3.9.5 样品的测量

样品、标准源放置在探测器的测量位置要保持一致，根据分析项目的不确定度、探测限等要求设置样品测量时间，普通环境样品一般测量 24h 或根据实际测量指标要求确定。对于需要分析短半衰期的核素的样品，需减少放置时间，尽快上机测量；测量  $^{226}\text{Ra}$  活度时应密

封放置 20 天以上，以保证  $^{226}\text{Ra}$  与其子体间的放射性平衡。

### 3.10 结果计算与表示

#### 3.10.1 $\gamma$ 能谱分析方法

##### (1) 相对比较法

相对比较法适用于有待测核素标准源可利用的情况下，样品中放射性核素活度浓度可用此方法解谱分析。

利用总峰面积法、函数拟合法、逐道最小二乘拟合法等，计算出标准源和样品 $\gamma$ 能谱中各特征峰的全能峰净面积。标准源中第  $j$  种核素的第  $i$  个特征峰的刻度系数  $C_{ji}$  见式 (1)：

$$C_{ji} = \frac{A_j}{Net_{ji}} \dots \dots \dots (1)$$

式中： $A_j$ ——标准源中第  $j$  种核素的活度，单位为贝可 (Bq)；

；  $Net_{ji}$ ——标准源中第  $j$  种核素的第  $i$  个特征峰的全能峰净面积计数率，单位为每秒计数 (cps)。

被测样品中第  $j$  种核素的活度浓度  $Q_j$  见式 (2)：

$$Q_j = \frac{C_{ji}(A_{ji} - A_{jib})}{\mu M D_j} \dots \dots \dots (2)$$

式中： $Q_j$ ——被测样品中第  $j$  种核素的活度浓度，单位为 Bq/( $\text{m}^2 \cdot \text{d}$ )；

$A_{ji}$ ——被测样品第  $j$  种核素的第  $i$  个特征峰的全能峰净面积计数率，单位为每秒计数 (cps)；

$A_{jib}$ ——与  $A_{ji}$  相对应的特征峰本底净面积计数率，单位为每秒计数 (cps)；

$M$ ——样品量，单位为平方米·天 ( $\text{m}^2 \cdot \text{d}$ )；

$D_j$ ——第  $j$  种核素校正到采样时的衰变校正系数。

##### (2) 效率曲线法

效率曲线法适用于已有效率刻度曲线的情况下，求被测样品中放射性核素的活度浓度，刻度曲线的获得按照 GB/T 16145 的 7.3 节执行。

根据效率刻度后的效率曲线或表示效率曲线的拟合函数求出某特定能量 $\gamma$ 射线所对应的效率值，被测样品中第  $j$  种核素的活度浓度  $Q_j$  见式 (3)：

$$Q_j = \frac{A_{ji} - A_{jib}}{P_{ji} \eta_i M \mu D_j} \dots \dots \dots (3)$$

式中： $\eta_i$ ——第  $i$  个  $\gamma$  射线全吸收峰所对应的效率值；

$P_{ji}$ ——第  $j$  种核素发射第  $i$  个  $\gamma$  射线的发射几率，常用的  $\gamma$  射线发射几率大于 1% 的天然放射性核素表参见附录 B；

$A_{ji}$ ——被测样品第  $j$  种核素的第  $i$  个特征峰的全能峰净面积计数率，单位为每秒计数（cps）；

$A_{jib}$ ——与  $A_{ji}$  相对应的特征峰本底净面积计数率，单位为每秒计数（cps）；

$M$ ——样品量，单位为平方米·天（ $m^2 \cdot d$ ）；

$D_j$ ——第  $j$  种核素校正到采样时的衰变校正系数。

### 3.10.2 数据处理

#### (1) 全（峰）积的确定

确定样品谱、标准源谱中各特征峰的面积采用全能峰面积法。求标准源、样品全能峰净面积时，应将全能峰计数减去本底谱相应峰值本底计数。

#### (2) 特（峰）区的选择原则

对于发射多种能量  $\gamma$  射线的核素，特征峰道区选择发射几率最大的  $\gamma$  射线全能峰区；

如果一种核素发射几种能量  $\gamma$  射线的几率相差不多，则应该选择无其他核素  $\gamma$  射线干扰、能量适中、探测效率高的  $\gamma$  射线全能峰区；

如果某种核素发射几率最大的  $\gamma$  射线出现重叠干扰，则这种核素就只能取其发射几率次高的  $\gamma$  射线作为特征峰；

特征道区宽度的选取应使多道分析器的漂移效应以及相邻峰的重叠保持最小。

### 3.10.3 根据全能峰效率曲线求核素活度浓度

根据效率曲线或效率曲线的拟合函数求出相应能量  $\gamma$  射线的全能峰效率值，然后用式(5)计算沉降物样品中  $\gamma$  核素的活度浓度：

$$Q_j = \frac{A_{ji} - A_{jib}}{P_{ji} \eta_i D_j M} \dots \dots \dots (5)$$

式中： $A_{ji}$ —— 被测样品第  $j$  种核素的第  $i$  个特征峰的全能峰面积，cps；

$A_{jib}$ —— 与  $A_{ji}$  相对应的光峰的本底计数率，计数/s；

$\eta_i$ —— 第  $i$  个  $\gamma$  射线特征峰的全能峰效率值；

$Q_j$ —— 第  $j$  种核素浓度，Bq/ ( $m^2 \cdot d$ )；

$D_j$ —— 第  $j$  种核素的校正到采样时的衰变校正因数；

$M$ ； 样品沉降量， $m^2 \cdot d$ 。

#### 3.10.4 干扰和影响因素

对于半衰期较短的核素如  $^7\text{Be}$  等需采用三段法（采样期间、放置期间、测量期间）进行衰变修正，具体方法参照 HJ 1149 第 9 节中相关计算公式。

当两种或两种以上核素发射的 $\gamma$ 射线能量相近，全能峰重叠或不能完全分开时，彼此形成干扰；当能量相近的两种核素活度相差很大，或能量高的核素在活度上占优时，高活度核素对活度较小核素的分析带来干扰。应尽量避免利用重峰进行计算以减少由此产生的测量误差。

复杂 $\gamma$ 能谱中，曲线基底和斜坡基底对位于其上的全能峰分析构成干扰；只要有其他可替代全能峰供分析，就不应利用这类全能峰。

级联 $\gamma$ 射线在探测器中产生级联符合相加现象。增加源（或样品）到探测器的距离，可减少级联符号相加效应的影响。

应将全谱计数率限制到小于 1000 计数/s，使随机加和效应降到 1%以下。

应使效率刻度标准源的密度与被分析样品的密度相同或尽量接近，可以避免或减少密度差异的影响。

#### 3.10.5 核素识别

根据 $\gamma$ 能谱中射线的能量大小、各射线能量的相对关系、核素的特征能量和样品的性质等特征识别核素。

#### 3.10.6 探测下限

测量方法的探测下限计算公式参照 GB/T 11713 附录 C 执行。

### 3.11 质量保证

#### 3.11.1 检定或自校

每年或者核心部件维修后，应对仪器进行校准或者自校，检定的参数至少包括：相对效率、分辨率（FWHM）、峰康比、本底计数率等。基本的方法是使用活度适当的  $^{60}\text{Co}$  点源，置于探头表面上方 25cm 处，循环测量若干组数据，用 1332.5keV 能量峰计算上述参数。

#### 3.11.2 期间核查

仪器本底：每半年测量本底谱一次，其 40keV~3MeV 平均积分本底应小于 2cps（参考仪器的使用效率）。

稳定性：每个测量周期记录样品谱的  $^{40}\text{K}$  1460.8keV 峰中心道的道址，一般峰位漂移应在调试初始峰道的 1‰以内。

分辨率：用  $10^4\text{Bq}$  量级  $^{60}\text{Co}$  点源放置在探测器正上方，按能量分辨率测试要求，仪器

分辨率应优于 2.5keV。对经过维修的探测器,分辨率变化最大不允许超过维修后指标的 10%。

准确度: 测量已知参考样品的核素含量, 比较测量值与已知参考值之间的偏差, 对  $^{238}\text{U}$  应在 30%以内, 对  $^{137}\text{Cs}$  等核素应在 15%以内 (测量时间 8 小时左右, 刻度源  $^{137}\text{Cs}$  总活度约几十 Bq,  $^{40}\text{K}$  总活度约几百 Bq)。

探测效率: 仪器应按照 HJ 1149 中 12.2 章节进行仪器相对效率测量和绘制质量控制图。

其他性能指标应不低于出厂时的指标, 如固有误差、重复性等。

## 4 综述报告、方法验证、预期效果

### 4.1 综述报告

沉降物中 $\gamma$ 核素是核电厂辐射环境质量状况及其变化趋势的重要体现指标之一。在国内, 目前还没有相关的技术规范和标准, 因此制定《沉降物中 $\gamma$ 核素监测技术规范》对于反映核电厂周围辐射环境质量状况及其变化趋势、监督核电厂流出物的排放情况、预测和预警核与辐射事件或事故具有非常重要的意义。此外, 该规范还可以完善浙江省乃至我国的生态环境监测分析方法, 为地方标准和国家标准的制定提供可参考的实践经验

### 4.2 方法验证

#### 4.2.1 验证方案

为验证本标准中的步骤与技术指标, 编写组邀请生态环境部核与辐射环境监测技术中心与重庆市辐射环境监督管理站对本方法进行验证。参加验证的机构都通过了检验检测机构认定, 具备实验条件。验证实验的仪器设备均为常用高纯锗 $\gamma$ 谱仪, 性能指标符合方法要求。参与方法验证的人员都经过了辐射监测上岗考核, 具备资格。

#### 4.2.2 验证过程

2023 年 7 月 1 日—2024 年 12 月 31 日生态环境部核与辐射环境监测技术中心与重庆市辐射环境监督管理站利用本实验室现有设备, 按照统一的方法验证指导书进行方法的验证。

#### 4.2.3 验证结果

验证单位对重庆巴南区龙海大道站国控点按照验证方法采样、前处理、分析计算, 相关验证监测结果见表 2:

表 2 验证监测结果表

单位: mBq/m<sup>2</sup>-d

验证项目 验证单位	K-40		Cs-134		Cs-137		Ba-140		Pb-210		Ra-228	
	活度浓度	探测限	活度浓度	探测限	活度浓度	探测限	活度浓度	探测限	活度浓度	探测限	活度浓度	探测限
生态环境部核与辐射环境监测技术中心	43.85	1.69	<0.195	0.195	<0.16	0.16	<74.3	74.3	962.5	3.60	2.465	0.633
重庆市辐射环境监督管理站	43.44	1.65	<0.195	0.195	<0.16	0.16	<74.3	74.3	959.5	3.64	2.723	0.610

通过实验室对该方法进行验证的结果进行统计分析发现该方法的精密度和正确度较好, 具有较好的重复性。

#### 4.3 预期效果

通过制定规范, 可以更加科学、准确地监测沉降物中 $\gamma$ 核素的含量, 从而更全面、客观地反映核电厂周围辐射环境质量状况及其变化趋势; 制定沉降物标准可以规范监测方法, 提高监测数据的可靠性和准确性, 从而更好地监督核电厂的流出物的排放情况; 通过制定沉降物标准, 可以更加科学地分析和预测核电厂周围的辐射环境, 从而更好地预防和应对核与辐射事件或事故; 制定沉降物标准可以为浙江省乃至我国的生态环境监测分析方法提供可参考的实践经验, 从而提高生态环境监测的水平和质量; 制定好沉降物标准可以为地方标准和国家标准的制定提供可参考的实践经验, 促进标准的规范化和统一化。

### 5 团体标准中如涉及专利, 应有明确的知识产权说明

本标准的内容未涉及专利。

### 6 采用国际标准和国外先进标准的程度及水平的简要说明

无。

## **7 重大分歧意见的处理经过和依据**

本标准在制定过程中无重大分歧意见。

## **8 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等）**

本标准通过有关专家审查并发布后，建议主编单位联合浙江省辐射防护协会加强对该标准的宣传力度，做好宣传培训，示范推广等工作。号召和动员相关监测单位、科研机构及核电厂主动采用本标准，并对外公示按本标准实施防辐射材料的选择，使相关监测单位、科研机构及核电厂对标准中新要求、新技术有明确的认识，以加强对沉降物 $\gamma$ 核素的分析测量。

## **9 其他应予以说明的问题**

无。