

团 体 标 准

T/ACEF □□□—20□□

土壤污染状况调查指南 放射性污染

Guidelines for investigation on soil contamination
Radioactive contamination

（征求意见稿）

20□□-□□-□□发布

20□□-□□-□□实施

中华环保联合会 发 布



目 录

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	2
5 调查与检测要求	3
6 采样与分析	4
7 个人监测与防护	8
附录 A	10



前 言

本文件按照 GB/T1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中核矿业科技集团提出。

本文件由中华环保联合会归口。

本文件起草单位：中核矿业科技集团有限公司、中核安徽计量检测有限公司、生态环境部核与辐射安全中心、核工业北京地质研究院、兰州大学、南华大学、成都理工大学、国家卫生健康委职业安全卫生研究中心、北京华稷微生物应用科学技术研究院、深圳市城市公共安全技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：王攀、曹磊、王尔奇、赵丹、蒲潇、李梁、孙雪云、龚明明、胡鹏华、周磊、张震、彭国文、张庆贤、兰长林、李玉文、巴长亮、林权益。

土壤污染状况调查指南 放射性污染

1 范围

本文件规定了土壤中涉及放射性污染的调查与检测要求、采样与分析、个人监测与防护的技术要求。

本文件适用于土壤放射性污染状况的调查。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T4960.5 核科学技术术语：辐射防护与辐射源安全

GB/T 11743 土壤中放射性核素的 γ 能谱分析方法

GB 18871 电离辐射防护与辐射源安全基本标准

GBZ128 职业性外照射个人监测规范

GBZ129 职业性内照射个人监测规范

GB 23726 铀矿冶辐射环境监测规定

HJ 115 环境 γ 辐射剂量率测量技术规范

HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则

HJ53-2000 拟开放场址土壤中剩余放射性可接受水平规定

HJ 61 辐射环境监测技术规范

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

HJ 840 环境样品中微量铀的分析方法

ISO 18589-1 Measurement of radioactivity in the environment—Soil—Part1: General guidelines and definitions

ISO 18589-2 Measurement of radioactivity in the environment—Soil—Part2: Guidance for the selection of the sampling strategy, sampling and pretreatment of samples

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

放射性 radioactivity

某些核素自发地放出粒子或 γ 射线，或在轨道电子俘获后放出 X 射线，或发生自发裂变的性质。

[引自 GB/T4960.5 2.1]

3.2

(放射性) 污染 (Radioactive) contamination

材料或人体内部表面或其他场所出现的不希望有的或可能有害的放射性物质。

(GB 18871 的 J2.22)

3.3

土壤放射性污染状况调查 investigation on soil radioactive contamination

采用系统的调查方法，确定地块是否被放射性物质污染及污染程度和范围的过程。

3.4

核设施 nuclear installation

以需要考虑安全问题的规模生产、加工或操作放射性物质或易裂变材料的设施(包括其场地、建(构)筑物和设备)，如铀富集设施，铀、钚加工与燃料制造设施，核反应堆(包括临界和次临界装置)，核动力厂，核燃料后处理厂等核燃料循环设施。

(GB 18871 的 J2.17)

3.5

放射性污染源项 source of radioactive contamination

可以通过发射电离辐射或释放放射性物质而引起放射性污染的一切物质和实体。

注：土壤放射性污染源项包括但不限于：

——核燃料循环(与核能生产有关的所有活动，包括铀或钍的采矿、选冶、加工或富集，核燃料制造，核反应堆运行，核燃料后处理，退役和放射性废物管理等各种活动，以及与上述各种活动有关的任何研究与开发活动)；

——放射性物质加工设施、放射化学实验室、放射诊疗与核医学设施、核技术利用单位以及放射性废物管理设施等可能产生放射性物质的设施或场所；

——矿产资源开发利用活动中放射性核素活度水平要求按审管部门的规定采取辐射防护措施的设施或场所；

——资料缺失等原因造成无法排除地块内外存在的放射性污染源。

4 基本要求

4.1 涉及土壤中放射性污染的调查活动应遵从辐射防护三原则体系要求，即辐射实践的正当性判断、防护与安全最优化、个人剂量限值。

4.2 土壤放射性污染状况调查亦可分为初步调查、详细调查和风险评估等三个阶段，应遵循的基本原则包括但不限于：

——针对性原则是指应针对关注区域潜在放射性污染物特征、特性，进行放射性污染物浓度和空间

分布调查，为环境管理提供依据。

——规范性原则是指应采用程序化和系统化的方式规范土壤放射性污染状况调查过程，保证调查过程的科学性和客观性。

——可操作性原则是指应综合考虑调查方法、时间和经费等因素，结合当前科技发展和专业技术水平，使调查过程切实可行。

4.3 三阶段调查要求

4.3.1 第一阶段土壤放射性污染状况调查（初步调查）是以资料收集、现场踏勘和人员访谈为主的污染识别阶段，原则上不进行现场采样。若第一阶段调查确认关注区域内不存在放射性污染源项，则认为环境状况可接受，调查活动应结束。

4.3.2 第二阶段污染调查（详细调查）是土壤放射性污染的证实阶段，应判定关注区域内是否存在放射性污染并制定检测计划，进行采样。采样分析结果表明关注区内污染水平未超过国家、行业、地方等相关标准要求，则第二阶段调查工作可结束；否则认为存在环境风险，应开展第三阶段调查。

4.3.3 土壤放射性污染已引起可确认的环境风险，即将或已经开展土壤放射性污染治理工作时，应进行第三阶段污染调查（风险评估）。第三阶段调查工作亦可单独进行，也可在第二阶段调查过程中同时开展。

5 调查与检测要求

5.1 放射性污染状况的调查应以场址（场所及关注区域）的开放、解控为目标，与放射性污染源项相关的调查宜参照表 5.1 执行。

5.2 应根据各调查阶段的不同调查目的，开展辐射检测。辐射检测类型可分为范围检测、表征检测、补救行动支持检测和终态检测等。

5.2.1 范围检测适用于对土壤放射性污染状况的初步掌握，获取场址残留放射性信息，并为表征检测方案设计提供输入项。若初步调查的结果指出关注区域可能存在放射性污染，即应开展范围检测。范围检测应对可能发生的潜在污染或现存污染的水平及范围进行初步判断。

5.2.2 表征检测是为实现特定目标而进行的检测，包括但不限于：

- 确定放射性污染的性质和范围；
- 调查的可行性和可靠性评估，改正措施研究等；
- 补救措施（无限制使用、限制使用、就地处置、场外处置等）的数据支持；
- 用于放射性污染风险评估模型的建立或分析；
- 估计对环境安全、职业人群、公众的健康影响；
- 提供终态检测设计的输入项。

5.2.3 补救行动检测区别与表征检测，是对放射性污染去除过程进行有效性评价的技术措施。检测目的是指示场址及关注区域实时残留放射性水平，并为终态检测做好准备。

5.2.4 终态检测结果用于验证场址或关注区域残留放射性满足预先确定的开放、解控或限制使用要求的程度，应符合 HJ53-2000 提出的要求。

表 5.1 与源相关的调查要求

放射性污染源项及场所	布点要求	调查项目
通用地块	参照HJ 25.1-2014执行	
核动力厂（商用反应堆）	布点应在<10 km范围内，16个方位角内（主导风下风向宜适当加密），部分点位可由农作物采样点代替。	γ辐射空气吸收剂量率， ⁹⁰ Sr，实验室γ能谱分析包括但不限于： ⁵⁴ Mn、 ⁵⁸ Co、 ⁶⁰ Co、 ⁹⁵ Zr、 ^{110m} Ag、 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ¹⁴⁴ Ce，每个方位最近点应测 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu。
研究型反应堆	布点应在<5 km范围内，调查范围依据堆型、流出物排放量和核素种类确定。	
放射性废物暂存库	布点应在库区4个正向方位内（包括主要居民点）。	γ辐射空气吸收剂量率、实验室γ能谱分析（根据实际调查场所源项选择测量核素）。
核设施处理及中低放射性废物处置场	布点应在<5 km范围内，场内布点应在辐射水平偏高位置设置点位；场外布点应在8个方位角内（排放口下游、主导风下风向适当加密），无水土流失的原野或田间布点。	γ辐射空气吸收剂量率、总α、总β、 ⁹⁰ Sr、 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu及实验室γ能谱分析（根据实际调查场所源项选择测量核素）。
核燃料后处理设施	布点应在<5 km范围内，8个方位角内（排放口下游、主导风下风向适当加密），采集设施下风向处的表层土壤。	γ辐射空气吸收剂量率、 ⁹⁰ Sr、 ²³⁸ Pu、 ²³⁹⁺²⁴⁰ Pu、实验室γ能谱分析项目一般可选择但不限于 ¹³⁷ Cs、 ¹³⁴ Cs、 ¹²⁵ Sb、 ⁶⁰ Co、 ¹⁰⁶ Ru等。
铀转化、浓缩及元件制造设施	布点应在主导风下风向厂区边界布点	γ辐射空气吸收剂量率、U、实验室γ能谱分析（根据实际调查场所源项选择测量核素）。
非密封放射性物质应用场所	以工作场所为中心，半径50~300 m范围内布点。	γ辐射空气吸收剂量率，具体核素分析根据应用核素确定（只关注可能对环境有影响的应用核素，监测应有针对性，如应用核素难以分析，可用总放替代）。
密封型放射源	建筑物外围10~30 cm范围内布点。	γ辐射空气吸收剂量率，具体核素分析应与放射源核素一致。
射线装置	厂界四周、厂外敏感点处布点。	包括但不限于：总β、感生放射性核素及实验室γ能谱（感生放射性可根据加速器运行工况和靶材进行分析）。
铀矿山及水冶系统	参照GB 23726执行	
放射性伴生矿	应在矿区周围3~5 km以内布点。	γ辐射空气吸收剂量率、U、Th、 ²²⁶ Ra。

6 采样与分析

6.1 采样与分析方案编写

6.1.1 编写依据

采样与分析方案是开展土壤样品采集与分析测试工作的依据，应由项目承担单位根据调查目的、辐射检测类型进行编写。

6.1.2 主要内容

包括但不限于前言，交通、人文、自然地理概况，土壤放射性污染历史状况，采样工作部署，实物工作量与进度安排，采样方法技术与质量要求，样品分析与质量监控，预期成果，设备与人员配备、组织管理与安全保障措施，附图、附件。

6.2 采样工作方法要求

6.2.1 采样点位布设原则

(1) 代表性原则。布设的采样点应具有代表性，样品的放射性能够反映调查区域土壤中的放射性核素分布特征。

(2) 均匀性原则。采样点与采样点之间应保持基本固定的距离，使采样点大致均匀分布。

(3) 有利性原则。采样点布设应有利于反映重点关注区域土壤放射性污染情况。

(4) 多点组合原则。为提高土壤样品的代表性，在每个采样单元内采集多个不同点位的样品进行混合，形成混合样。

6.2.2 样品采集

(1) 采样物质

采集的样品为能够反映土壤放射性污染状况的地表某一深度范围内的土壤，并去除石块、树皮、杂草等。

(2) 采样层位

通常情况下，对原状土，采集垂直深度范围为 0cm 至 10cm 的土壤；对农田，采集垂直深度范围为 0cm 至耕作深度或根层深度下行 5cm 的土壤；对受人为改造或人类活动干扰后的土壤区域，应综合考虑土壤被改造或干扰的深度和被调查放射性核素的垂向迁移能力，确定最深采样深度，采集垂直深度范围为 0cm 至最深采集深度的土壤。

特殊情况下，根据具体调查目的和要求确定采样层位。

(3) 采样单元划分及布点方法

① 采样单元划分

根据调查区土壤放射性污染历史情况、地理位置、地形条件和重点关注区段等，采样单元划分推荐使用“系统分割法”和“分区分割法”（参见附录 A）。

对调查区内土壤放射性污染特征不明确或原始状况严重破坏等情况，推荐采用“系统分割法”划分采样单元。将调查区域划分成面积相等的若干正方形采样网格单元，网格单元大小由调查区域面积和预估污染程度共同确定。

对调查区内土壤放射性污染特征有明显差异等情况，推荐采用“分区分割法”划分采样单元。将调查区域首先划分成不同的小区，将各小区划分成面积相等的若干正方形采样网格单元，各小区的网格单元大小由小区面积和污染特征综合确定。

对疑似污染较重的网格单元区域，可进一步划分子采样网格单元，子采样网格单元大小由母网格单元大小和预估污染程度共同确定。

② 布点方法

在采样单元内，根据调查区土壤放射性污染历史情况、地理位置、地形条件和重点关注区段等，选择单点采样或组合采样。对组合采样，推荐采用“梅花形”或“棋盘形”布点方式（参见附录 A）。每个单元内采样点总数量不少于 5 个，实际采样位置应位于采样点位置 10m×10m 范围内，若超出该范围，应在采样登记表备注中记录移点原因及新采样点的坐标位置信息。

(4) 采样设备

① 通用设备：GPS、卷尺、铲子、电子秤、样品袋、标签纸等。

②挖掘工具：对于地表面或近地表面样品：铁锹、铁镐；对于大深度的样品：螺旋钻或施工机械，如：岩心钻机、机械挖掘机、机械或液压推力采样管等。

（5）样品质量

每个采样点样品的质量根据被调查放射性核素分析测试要求的最小质量来具体确定，一般应为最小质量的2倍。

（6）采样实施步骤

对有特殊要求的情况，根据调查目的和要求，另行制定采样实施步骤；对常规土壤放射性污染调查，采样实施步骤如下所述。

①采用 GPS 找到采样点，误差范围应在 ± 2 米以内；若因地形地物、通行条件等限制，不能到达采样位置的，需要对设计点位进行变更，并在采样记录卡中明确记录变更原因及新采样点的实际位置坐标等信息。

②观测采样点符合采样要求。若符合，则进行采样；若不符合，则在附近范围内寻找符合要求的采样点，并在采样记录卡中明确记录移点原因和新采样点的实际位置坐标等信息。

③使用取样设备在采样点处挖取一定质量的土壤样品，去除石块、树皮、杂草等，装入样品袋。

④填写采样登记卡和样品标签（参见附录 A）。

⑤将底土和表土按原层回填到采样坑中。

（7）重复样品采集

①重复样应均匀分布在调查区中。

②重复样采集应在确定的重复样点上，不同时间由不同采样组人员实施。

③重复采样数量建议为总样品数量的 2%~3%；一般一个调查区重复样不少于 5 个；当样品数量较多时，可适当减少重复采样数量。

6.3 样品的运输

常规样品的运输要求如下所述；特殊情况下，需制定针对性的样品运输要求。

6.3.1 样品采集完毕后，与样品清单应尽快运输至分析测试实验室。对样品中含有半衰期较短的放射性目标核素时，要保证运输时间不影响测量。

6.3.2 样品应妥善包装，保证样品在运输过程中不被污染。对样品中含有挥发性、有机结合或高可溶性放射性目标核素（碘、氟、氯等）时，应采取特别预防措施，以避免样品运输期间的损失。

6.3.3 对放射性水平特别高的样品，运输时应满足辐射防护相关要求。

6.4 样品的存储

常规样品的存储要求如下所述；特殊情况下，需制定针对性的样品存储要求。

6.4.1 样品到达分析测试实验室后，应尽快进行分析测试，缩短样品存储时间。

6.4.2 如果样品采集和处理的时间间隔超过几天的情况下，建议在样品到达实验室后，将样品储存在温度不大于4℃的黑暗环境中；对于更长时间间隔的情况，建议样品保存在18℃的冰箱中，或在40℃的最

高温度下干燥并保存在密封包装中。

6.4.3 对放射性水平特别高的样品，存储时应满足辐射防护相关要求。

6.4.4 对样品中含有挥发性、有机结合或高可溶性放射性目标核素（碘、氡、氯等）时，应采取特别预防措施，以避免样品存储期间的损失。

6.5 样品预处理

常规样品的预处理要求如下所述；特殊情况下，需制定针对性的样品预处理要求。

6.5.1 样品烘干：采用烘干机或者其他设备，在40℃的最高温度下将样品烘干。

6.5.2 混合样品制备：同一采样单元的全部样品，倒入洁净的容器或塑料袋中，使用木槌或其他合适的工具将样品彻底捣碎后将其混合，形成混合样品，然后按照分析测试要求称量出用于测试的样品，剩余样品妥善保管。

6.6 样品分析测试

6.6.1 基本原则

（1）对放射性核素检出限为Bq/kg量级的测量分析，宜采用 γ 能谱分析，测量方法参照GB/T 11743。

（2）释放 α 粒子的放射性核素，包括但不限于Pu、Am等应采用 α 能谱测定、测量。溶解土壤试样，依次选择分离放射性核素，制备薄固体源，使用 α 光谱测定。

（3）纯 β 放射性核素的测定，应进行选择性物理或化学分离。

（4）环境样品中的长寿命放射性核素无标准分析方法可参照的，宜选择质谱方法进行测量。

6.6.2 参考规范与标准

（1） γ 辐射空气吸收剂量率测量参照“HJ1157”执行。

（2）U元素测试参照“HJ 840”执行。

（3）Th、 ^{226}Ra 、 ^{137}Cs 、 ^{210}Pb 等元素测试参照“GB/T 11743”执行。

（4）总 α 测量参照“EJ/T 1075”执行。

（5）总 β 测量参照“EJ/T 900”执行。

（6） ^{90}Sr 元素测试参照“GB/T 1035”执行。

（7）Pu元素测试参照“HJ 814”执行。

6.7 质量控制

6.7.1 采样质量控制

（1）现场采样至少有2名采样人员，相互监督，并在样品记录卡上签字。

（2）采样器具和容器使用前必须清洁并经过检验，容器壁不应吸收或吸附待测的放射性核素，容器材质不应与样品中成分发生反应。

（3）重复样品与基本样品同一批次加工，统一编号送实验室分析。重复样品单元素的相对偏差(RD)

合格率为 $RD \leq 33\%$ ，重复样所有分析元素总合格率应 $\geq 85\%$ 。合格率 $< 85\%$ 时应查明原因，当确认为采样问题后，应抽查重复样的10%~20%进行重新采样，仍未满足合格率要求的，全部采样工作应返工。重复样相对偏差计算公式为：

$$RD = \frac{|A-B|}{A+B} \times 100\% \quad (1)$$

上式中，

A：第一次采集的样品中某元素含量；

B：重复采集样品同一元素的含量。

6.7.2 实验室内分析测试的质量控制

参照HJ61执行。

7 个人监测与防护

7.1 个人监测

7.1.1 所有参与现场调查（调查过程中具有职业照射历史）的人员均应进行必要的职业健康监护，并按GBZ128、GBZ129的要求，开展职业性个人剂量监测。

7.1.2 工作人员接受职业照射剂量远低于GB18871规定的个人剂量限值时，宜依据照射场景与照射对象，选择关键人群代表进行个人剂量监测，并应估算相关人员接受的集体剂量。

7.1.3 放射性气溶胶浓度异常高的区域，可考虑采用空气采样分析及生物分析测量方法辅助进行个人剂量监测，包括但不限于利用尿液、粪便等生物排泄物，钍射气呼出和肺部计数测量等方法获取个人剂量监测的相关数据。

7.1.4 产生放射性气溶胶的场所，应进行空气中长寿命气溶胶活度浓度或粉尘浓度的场所检测，且宜根据实际需要，进行放射性气溶胶的个体采样监测，推算个人剂量监测结果。

7.1.5 空气中氡活度浓度超过500Bq/m³或氡子体潜能浓度超过1.8μJ/m³水平的场所，应参照WS/T 675的要求，监测与评估氡引起的个人剂量。

7.2 个人防护

7.2.1 应根据土壤中放射性污染物的风险水平及调查实施工况，为工作人员提供适宜的个人防护用具，包括但不限于连体工作服、防护围颈、防护手套、防护围裙和防水靴等。

7.2.2 应禁止在工作区域进食、饮水与吸烟，防止放射性污染通过食入或吸入途径进入人体，导致不必要的辐射照射。工作人员进入工作区域前，应对全身皮肤特别是手部伤口进行防护处理，防止放射性污染通过皮肤途径进入人体。

7.2.3 应加强对放射性气溶胶及氡、钍射气导致个人剂量的控制，按工作需要配备适宜的防尘口罩或呼吸面罩。

7.2.4 应防止放射性污染物通过人员流动途径扩散，并尽量减少人员的职业照射。

7.2.5 对可能被放射性污染的物品的存放、洗涤和去污应制定适当的处置程序，包括但不限于污染衣物、

靴鞋、防护用品、采样设备与器具等。

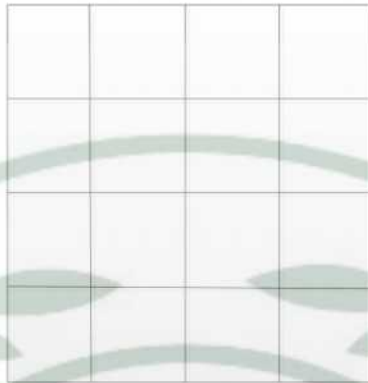
7.2.6 涉及放射性气溶胶及氡钍射气照射的场所，应在工作区域（放射性控制区）出入口提供淋浴清洁设施。工作人员离开时，应沐浴清洁更衣，必要时宜设置具有 α 、 β 表面污染监测功能的卫生出入口。

7.2.7 工作人员应接受辐射防护知识培训并考核合格。



附录 A
(资料性)

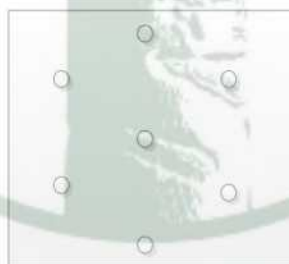
1. 采样单元划分及布点方法



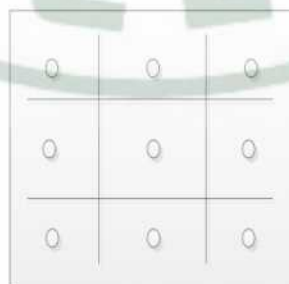
“系统分割法”划分采样单元



“分区分割法”划分采样单元



“梅花形”布点方式



“棋盘形”布点方式

2. 采样登记表及样品标签模板

采样登记卡

采样区域:		采样单元:	日期:	操作员:		检查员:	天气:
样品序号	样品标识号	样品坐标 (X/Y/Z)	采样深度	样品颜色	样品质量	采样土壤层类型	其他

土壤样品标签样式

土壤样品标签	
样品编号:	采样日期:
采样地点:	操作员:
采样坐标:	检查员:
采样深度:	调查项目: