

土壤污染调查与损害鉴定评估采样 技术指南

Sampling guidelines for soil pollution survey and damage assessment

（征求意见稿）

（本稿完成时间：2023年1月）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本原则	2
5 工作程序	2
6 采样方案编制	3
7 现场采样与质量控制	4
8 实验室二次抽样与质量控制	6
9 实验室分析与质量控制	7
10 数据质量评价	7
11 污染和损害范围确定	8

前 言

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。

本文件由江苏省土壤修复标准化技术委员会提出并归口。

本文件主要起草单位：中国科学院南京土壤研究所、生态环境部环境规划院、江苏省环境工程技术有限公司。

本文件主要起草人：

土壤污染调查与损害鉴定评估采样技术指南

1 范围

本文件提供了土壤样本采集的基本原则、工作程序、采样方案编制、现场采样与质量控制、实验室二次抽样与质量控制、实验室分析与质量控制、数据质量评价、土壤污染和损害范围确定等方面的指导和建议。

本文件主要适用于因现场平行样质控不合格导致土壤污染范围、程度存在不确定性的区域的采样。本文件不适用于含有放射性污染和生物污染的土壤采样。

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 15618-2018 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 36197-2018 土壤质量 土壤采样技术指南

GB/T 36199 土壤质量 土壤采样程序设计指南

GB 36600-2018 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 39791.2-2020 生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节 第 2 部分：损害调查

HJ 25.2 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

HJ 1019 地块土壤和地下水中挥发性有机物采样

NY/T 395 农田土壤环境质量监测技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

数据质量目标 data quality objective

采样前根据已知信息、采样目的和数据用途等因素确定的采样精度、数据精密度和准确度等方面的要求。

3.2

现场二次抽样 field sub-sampling

针对通过钻孔采集的表下层土壤样本，为减少样本总质量，在现场从各分样中多点采集子样本，合并组成的代表性土壤样本。

[来源：土壤质量 决策单元-多点增量采样法]

3.3

现场采样平行样 field sampling replicates

对于给定的采样单元，按照多点采集分样的原则进行独立多次采样得到的一组三平行土壤样本。

3.4

单孔采样单元样本 single borehole sampling unit sample

仅为判断给定点位和层次土壤的污染或损害状况，将单个钻孔指定层次的土壤视为一个采样单元，通过合并等间距采集的分样得到的一个代表性样本。

3.5

实验室二次抽样平行样 laboratory sub-sampling replicates

对于给定的土壤样本，在实验室中按照多点采集分样的原则进行独立多次抽样得到的一组三平行土壤样本。

4 基本原则

4.1 规范性

按照国家、地方、行业相关标准、规范和指南，采用程序化、系统化的方式规范土壤采样工作，相关工作应遵守国家 and 地方有关法律法规。

4.2 针对性

针对土壤污染调查与损害鉴定评估中土壤污染范围和程度存在不确定性的区域，选择合适的采样策略和方法降低结果的不确定性。

4.3 代表性

在给定的采样单元中，通过均匀布设多个分点并增大样本质量，提高现场采样的代表性。采用多点抽样的方法进行实验室二次抽样，提高实验室二次抽样的代表性。

5 工作程序

土壤污染调查与损害鉴定评估采样工作程序如图1所示：

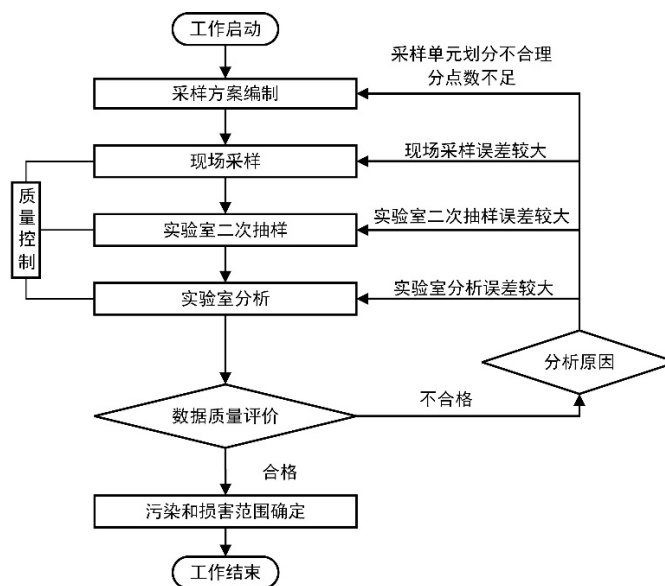


图1 土壤污染调查与损害鉴定评估采样工作程序

6 采样方案编制

6.1 确定数据质量目标

根据采样目的和数据用途确定采样精度和数据精密度、准确度等要求。

6.2 采样单元划分

根据数据质量目标和采样区域环境状况将采样区域划分为若干采样单元。建设用地单个采样单元的面积不宜大于1600m²，无论何种情况采样区域内采样单元数量不宜少于3个；农用地单个采样单元面积宜在2000 m²~100000 m²（3亩~150亩）之间，无论何种情况采样区域内采样单元数量不宜少于3个。

6.3 分点位置

在每个采样单元内按正方形网格布设多个分点，将所有分点采集的分样合并为一个代表性样本。从采样单元内随机确定一个初始分点，按照固定间距确定其余分点位置，确保每个分点在采样单元中均匀分布。分点间距的计算如公式（1）所示：

$$L = \sqrt{\frac{S}{n}} \quad (1)$$

式中：

L——分点间距，m；

S——采样单元的面积，m²；

n——分点数。

采样单元内各分点位置的布设如图2所示。对于宽度小于分点间距的狭长采样单元，分点间距为采样单元长度除以预先确定的分点数。

对于面积较小的采样单元，建议通过卷尺、旗杆等工具标记各分点的位置。对于面积较大或地形不平坦的采样单元，建议通过测绘和空间分析软件确定各分点的坐标。现场记录每个采样单元的分点数量和间距。

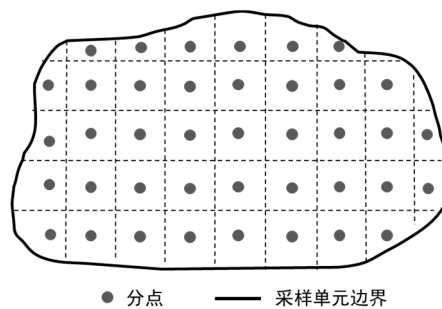


图2 采样单元内各分点位置示意图

6.4 分点数量

组成一个代表性样本的分样的数目宜在 30~100 个之间，具体数量取决于通过已知信息和现场快速检测等手段得到的各采样单元内土壤污染物空间异质性的信息。

对于表层土壤采样单元，若采样单元内部污染物的空间异质性可能较小（如经过翻耕耙匀的农田土壤），分点数不宜少于 30 个；若污染物的空间异质性可能较大（如被固体废物、油状液体和弹药炸药污染的土壤），分点数宜在 75~100 个之间。若根据已知信息和数据无法判断污染物的空间异质性大小，则对于分析挥发性有机物（VOCs）的样本，分点数不宜少于 60 个，分析其他污染物的土壤样本分点数

不宜少于 50 个。当土壤采样单元中污染物平均浓度与土壤评价标准较接近时,宜选择较多的分点数量。

对于表下层土壤采样单元,分点数宜在 10~30 个之间。

6.5 采样深度

对于表层土壤,采集一般农作物耕作层 0 cm~20 cm、果林类农作物 0 cm~60 cm。建设用地在扣除地表硬化层后采集 0 cm~50 cm。

对于表下层土壤,宜综合考虑污染物性质、污染物可能释放和迁移的深度、土壤特征、采样区域地质和水文地质条件以及回填土等因素确定表下层土壤的采样深度,可利用现场探测设备辅助判断采样深度。将采样单元垂向分为多个采样单元层,每层的厚度不宜超过 2 m,不同性质的土层宜划分为不同的采样单元层。通过精密仪器测量并在大地 2000 坐标系中给出各采样单元的拐点坐标和高程。

6.6 样本质量

样本的质量取决于采样单元内部土壤污染物的空间异质性大小。建议单个分样的质量在 5 g~50 g 之间,单个代表性土壤样本的总质量为 300 g~3000 g,每个分样的质量宜保持一致。

对于测定 VOCs 的土壤样本,建议土壤样本的质量不少于 300 g。对于测定非挥发性有机物的土壤样本,建议过 2 mm 筛后的土壤样本质量为 1000 g~2500 g。

6.7 检测指标

土壤检测指标根据前期调查结果和采样目的综合确定。

7 现场采样与质量控制

7.1 采样前准备

7.1.1 采样组织准备

组织具有野外采样经验、熟悉土壤采样技术规程以及具有相关资质的专业人员组成采样组,采样前组织采样人员学习有关技术规范和工作方案。

7.1.2 采样器具准备

根据土壤质地、采样深度、污染物种类和特性及现场工作条件等因素选取合适的采样工具,具体参考 HJ/T 166、GB/T 36197-2018 附录 A。

其他采样器具包括器材类、文具类、安全防护类、运输工具等,具体参考 HJ/T 166。

7.2 土壤样本采集

7.2.1 原状土

7.2.1.1 表层土壤采集

根据土壤的性质和质地选择合适的采样工具和采样方式。对于较为松散或质地较软的土壤,建议采用平底的木铲、不锈钢铲或脚踏式土芯采样工具进行采样。对于半压实至硬压实的土壤,建议采用便携式钻机配合圆形纸盘进行采样。对于板结严重或碎石质的土壤,建议采用电钻、十字镐或岩石锤等工具翻松土壤,再使用平底的木铲或不锈钢铲进行采样。

对于分析重金属的土壤,宜用竹片、竹刀去除与金属采样器接触的部分土壤。

对于分析 VOCs 的土壤,采样前预先在 1 L 棕色玻璃瓶中装入 300 mL 甲醇,采样时用刮刀刮去最

外层的土壤，随后用普通非扰动采样器、一次性塑料注射器或不锈钢专用采样器等非扰动采样器采集分样，并迅速将分样加入到棕色玻璃瓶中。

7.2.1.2 表下层土壤采集

以钻孔采样的方式采集表下层土壤样本。每个采样单元层的土芯即为该采样单元层的一个分样，宜对该段土芯进行现场二次抽样以减少样本质量，即从该段土芯的不同深度等间距采集若干 5 g~10 g 的分样，将从采样单元层所有土芯中取出的分样合并得到该采样单元层的一个代表性样本。样本总质量要求同 6.6。采样单元层的划分和二次抽样示意图如图 3 所示。

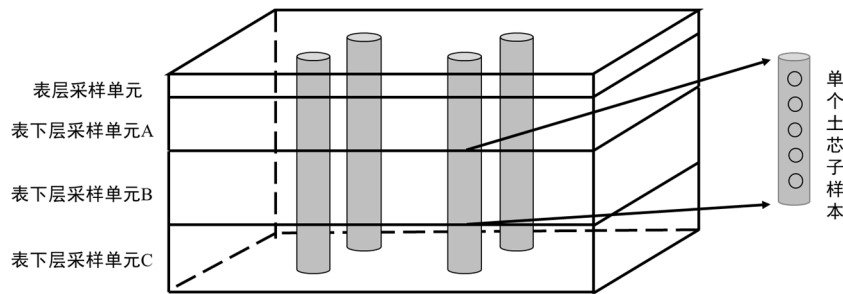


图3 表下层采样单元土壤代表性样本采集示意图

7.2.1.3 单孔采样单元样本采集

将单个钻孔中不同层的土壤分别作为采样单元，从给定位置和深度的土芯中等间距多点采集分样，将各分样合并组成代表该段土芯的单孔采样单元样本，用以判断某一点位和深度土壤的污染状况。单孔采样单元划分和分点位置如图4所示。

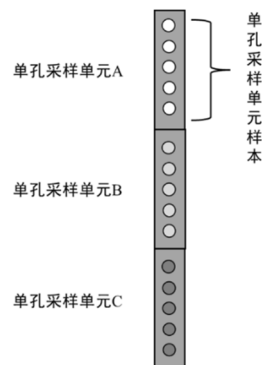


图4 单孔采样单元样本采集示意图

7.2.2 基坑

在基坑底部和侧壁根据土层性质、污染物分布特征和调查精度要求划分采样单元，单个采样单元的面积宜不大于400 m²。基坑底部和侧壁土壤样本的采集方法同7.2.1.1。

7.2.3 土堆

在采样前宜将土堆修整为高度不超过3 m的梯形条垛，并划分为不同体积的采样单元。拟回填的土壤单个采样单元体积不超过200m³，拟外运的土壤单个采样单元体积不超过500m³。在每个采样单元内均匀布设分点并进行采样。

若根据已知信息判断土堆内部污染物空间异质性较小，建议在每个采样单元中随机确定5个位置，每个位置用挖机开挖贯穿条垛的探槽，在探槽暴露面均匀布设10~20个分点并进行采样，合并所有分样得到该采样单元的代表性土壤样本。

7.3 现场采样质量控制

7.3.1 现场采样平行样

根据采样单元的总数以及地块特征确定现场采样平行样的组数。将相邻且具有类似土壤类型、地质地貌、污染历史和特征污染物等地块特征的采样单元划分为一组，从每组中随机选择 10%的采样单元采集平行样，每组采样单元总数不足 10 个的，至少选择 1 个。此外，建议对数据质量要求较高的采样单元单独设置现场采样平行样，如土壤污染严重、污染物空间变异可能较大、边界处可能存在污染、平均浓度可能接近评价标准以及未来可能存在人体直接暴露途径的采样单元等。

每组平行样均采集三平行样，平行样的采集方式和样本质量宜与初始样本保持一致。平行样各分样的采样位置由初始样本各分样位置整体随机平移得到。现场采样平行样各分样的采样位置如图 5 所示。

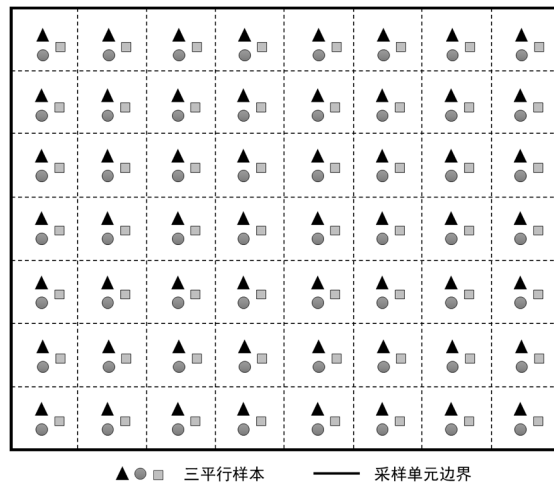


图5 现场采样平行样各分样位置示意图

针对表下层采样单元，建议采用现场二次抽样的方式采集平行样，即在现场从组成总样本的各分样中等比例采集子样本合并成一个样本，重复现场二次抽样过程三次，得到现场二次抽样平行样。

7.3.2 其他现场采样质控样品

其他现场采样质控样品包括运输空白样、全程序空白样和设备空白样，具体按照 HJ 25.2 和 HJ 1019 的要求执行。

7.4 土壤样本的保存与流转

土壤样本的保存和流转按照GB/T 36199、NY/T 395、HJ/T 166的要求执行。

7.5 个人保护和二次污染防治

采样过程中的个人保护和二次污染防治按照GB/T 36197-2018中第6章节的规定执行。

8 实验室二次抽样与质量控制

8.1 实验室二次抽样

8.1.1 干样

对于分析除单质汞外的重金属和其他无机物的土壤样本，宜将土壤在风干盘中摊成薄层，置于阴凉通风处自然晾干。晾干后的土壤样品全部过 2 mm（10 目）筛，在过筛的过程中去除石块、动植物残体等杂质。

将过 2 mm 筛的土壤样本置于搪瓷、塑料或木质托盘中，混匀并摊成约 5 mm~10 mm 的薄层，平均划分约 30~100 个网格（具体网格数量根据污染物可能的空间异质性大小确定），根据分析用量的需要从每个网格中用平底勺等量取样，合并成 2 mm（10 目）供试样品。以相同方式从上述 2 mm 供试样本中取得其他粒径的待测样本，并过相应目数的尼龙筛。

8.1.2 湿样

对于分析半挥发性有机物（SVOCs）或单质汞的土壤样品宜在采集后立即冷藏保存，并在样品保存期内尽快制样和分析。

若新鲜的土壤样品能直接过 2mm 筛，则按照 8.1.1 的方式进行实验室二次抽样；若样品质地较为粘重无法直接过筛，建议将新鲜土壤样本混合均匀并摊成厚约 5 mm~10 mm 的泥饼，将泥饼平均划分为 30~100 个网格（具体网格数量根据污染物可能的空间异质性大小确定）。根据分析用量的需要，从每个网格中用平底勺等量取样合并成待测样品。用同样方法取样测定土壤含水率。

8.2 实验室二次抽样质量控制

随机选择 10% 的样本制备实验室二次抽样平行样。实验室二次抽样三次，第二次和第三次抽样时将上一次抽样剩余的土壤混合均匀，并重复 8.1 的抽样步骤。三平行样本的总质量宜保持一致。

9 实验室分析与质量控制

9.1 实验室分析

土壤污染物分析方法按照 GB 36600-2018 表 3 和 GB 15618-2018 表 4 执行。

当土壤呈现出明显的颜色或气味异常时，建议采集颜色或气味异常的样品进行生物毒性测试，测试方法的选择参考 GB/T 39791.2-2020 附录 C 表 C.10 中生物调查相关技术导则和规范。

9.2 实验室分析质量控制

随机选取至少 10% 的样品做实验室分析三平行样。其它实验室质量保证和质量控制措施按照 NY/T 395 和 HJ/T 166 的要求执行。

10 数据质量评价

现场采样、实验室二次抽样和实验室分析阶段的误差分别用现场采样、实验室二次抽样和实验室分析三平行样本的相对标准偏差（Relative standard deviation, RSD）来表示，RSD 的计算如公式（2）所示：

$$RSD = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\% = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}}{\bar{x}} \times 100\% \quad (2)$$

式中：

S——现场采样、实验室二次抽样或实验室分析平行样的标准偏差；

\bar{x} ——三次重复的平均值；

n——为样本数量；

x_i ——第 i 个样本的检测浓度。

实验室分析和实验室二次抽样平行样的 RSD 受污染物类型、浓度和分析方法等因素的影响。建议实验室分析和实验室二次抽样平行样的 RSD 控制在 15%~30% 以内。现场采样平行样的 RSD 要求如表 1 所示：

表1 现场采样平行样的 RSD 要求

RSD	数据质量	数据评价
≤35%	良好	数据可用于决策。
35%<RSD≤50%	一般	宜分析现场采样、实验室二次抽样和实验室分析各环节的误差。
50%<RSD≤100%	较差	须分析现场采样、实验室二次抽样和实验室分析各阶段的误差；若实验室二次抽样和实验室分析误差较小，现场采样误差较大，须重新采样，提高分点数和样本总质量或重新划分采样单元。
RSD>100%	极差	须分析现场采样、实验室二次抽样和实验室分析各阶段的误差，对现场采样数据质量极差的采样单元及周边相类似的采样单元进行重新采样。

11 污染和损害范围确定

根据数据质量评价的结果，使用符合数据质量要求的数据计算各采样单元的污染物浓度。对于采集了现场平行样的采样单元，其污染物浓度值取三平行样本的平均值，其它未采集现场平行样的采样单元的污染物浓度值的计算如公式（3）所示：

$$\text{浓度值} = \text{实测值} \pm \text{实测值} \times \text{RSD} \quad (3)$$

式中，RSD为同一类型采样单元现场平行样的RSD。

若一种类型的采样单元采集了两组及以上的现场平行样，其它未采集平行样的采样单元使用较高的RSD进行污染物浓度值的计算。若评价标准值在污染物浓度值上限和下限之间，宜分析误差来源并进行重新采样、实验室二次抽样或实验室分析。

根据超标和未超标采样单元的边界确定土壤污染或损害的范围，若最外围的采样单元依然存在超标现象，宜再往外划分新的采样单元或者挖探槽进行采样分析，直到所划分的新的采样单元污染物浓度不超标为止，新的采样单元或探槽的外围边界即为土壤污染或损害的边界。可在污染源周边采样单元及其外围以布设钻孔的方式确定表下层土壤污染或损害的边界。

参考文献

- [1] GB/T 39791.1 生态环境损害鉴定评估技术指南 总纲和关键环节第1 部分：总纲
 - [2] HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则
 - [3] 环境保护部关于发布《建设用地土壤环境调查评估技术指南》的公告（2017年第72号）
 - [4] GB/T 39792.1 生态环境损害鉴定评估技术指南 环境要素 第 1 部分：土壤和地下
 - [5] State of Hawaii Department of Health, 2021, TGM for the Implementation of the Hawaii State Contingency Plan Section 4.0 Decision Unit Characterization.
 - [6] State of Hawaii Department of Health, 2016, TGM for the Implementation of the Hawaii State Contingency Plan Section 5.0 Field Collection of Soil and Sediment Samples.
-