唐山市在产企业土壤与地下水有机污染微扰动调查技术要求

唐山市生态环境局

2024 年 1 0 月

目　次

前　　言 ..... - 1 -

第一章 总　　则 ..... - 2 -

1.1 编制目的 ..... - 2 -

1.2 适用范围 ..... - 2 -

1.3 编制依据 ..... - 2 -

1.4 术语与定义 ..... - 3 -

1.5 指导原则 ..... - 5 -

第二章 工作程序与内容 ..... - 6 -

2.1 工作内容 ..... - 6 -

2.2 工作流程 ..... - 8 -

第三章 工作要求 ..... - 9 -

3.1 调查方法和范围确定 ..... - 9 -

3.1.1 应用条件 ..... - 9 -

3.1.2 调查方法确定 ..... - 10 -

3.1.3 调查范围确定 ..... - 10 -

3.2 资料收集与信息确认 ..... - 10 -

3.2.1 资料收集 ..... - 10 -

3.2.2 人员访谈 ..... - 11 -

3.2.3 现场踏勘 ..... - 11 -

3.2.4 信息确认 ..... - 12 -

3.3 调查方案确定 ..... - 12 -

3.3.1 微扰动监测点位布设 ..... - 13 -

3.3.2 检测指标 ..... - 15 -

3.3.3 土壤和地下水验证监测点位布设 ..... - 15 -

3.4 现场检测 ..... - 16 -

3.4.1 两步土壤气体采样测试法 ..... - 16 -

3.4.2 专业土壤气体监测井采样法 ..... - 17 -
3.5 土壤与地下水验证样品采集与测试 ..... - 17 -
3.6 补充调查 ..... - 17 -
3.7 数据分析与污染解析 ..... - 18 -
3.7.1 微扰动调查数据初步解译 ..... - 18 -
3.7.2 微扰动调查结果验证 ..... - 20 -
3.7.3 污染隐患和污染源的识别 ..... - 22 -
3.7.4 污染源区和污染范围的确定 ..... - 22 -
第四章 质量保证与质量控制 ..... - 23 -
4.1 资料收集与现场踏勘质量控制 ..... - 23 -
4.2 微扰动调查现场检测质量控制 ..... - 23 -
4.2.1 现场检测过程质量控制 ..... - 23 -
4.2.2 现场检测数据质量控制 ..... - 24 -
4.2.3 影响现场检测结果的其他因素 ..... - 24 -
4.3 土壤与地下水验证样品采集与测试质量控制 ..... - 25 -
第五章 报告编制 ..... - 26 -
5.1 污染隐患和污染源头整理与分析 ..... - 26 -
5.2 调查报告编制 ..... - 26 -
附录 A ..... - 28 -
附录 B ..... - 31 -
附录 C ..... - 32 -
附录 D ..... - 33 -
附录 E ..... - 34 -

前　言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》和《中华人民共和国土壤污染防治法》，加强唐山市在产企业土壤和地下水环境监督管理，强化地下水污染源头预防，保障企业内部人群健康和周边生态环境安全，制定本要求。

本要求规定了在产企业土壤与地下水有机污染微扰动调查技术的应用条件、工作流程、调查方法与实施、质量控制等要求。

本要求由唐山市生态环境局组织制定。

本要求主要起草单位：河北省地质环境监测院、中国地质科学院水文地质环境地质研究所、生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心、河北省生态环境科学研究院。

本要求由唐山市生态环境局解释。

第一章 总　则

1.1　编制目的

为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水污染防治法》和《中华人民共和国土壤污染防治法》，加强唐山市在产企业土壤和地下水环境监督管理，强化地下水污染源头预防，保障企业内人群健康和周边生态环境安全，编制《在产企业土壤与地下水有机污染微扰动调查技术要求》（以下简称要求）。

1.2　适用范围

本要求适用于在产企业土壤和地下水有机污染调查以及隐患排查等工作，化工园区、工业集聚区及关闭搬迁地块土壤和地下水有机污染调查可参照执行。

1.3　编制依据

本要求内容引用了下列文件中的条款。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本要求。

GB 36600　　土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）；

GB/T 14848　　地下水质量标准；

GB/T 36198　　土壤质量 土壤气体采样指南；

HJ 1209　　工业企业土壤和地下水自行监测技术指南（试行）；

HJ 25.1　　建设用地土壤污染状况调查技术导则；

HJ 25.2　　建设用地土壤污染风险管控或修复监测技术导则；

HJ 605　　土壤和沉积物 挥发性有机物的测定 吹扫捕集-气相色谱-质谱法；

DB11/T 1278　污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则；

DD 2014-06　污染场地土壤和地下水调查与风险评价规范；

地下水环境状况调查评价工作指南（环办土壤函〔2019〕770号）；

地下水污染模拟预测评估工作指南（环办土壤函〔2019〕770号）；

地下水污染源防渗技术指南（试行）（环办土壤函〔2020〕72号）；

重点监管单位土壤污染隐患排查指南（试行）（生态环境部公告2021年第1号）；

1.4　术语与定义

下列术语和定义适用于本要求。

（1）微扰动调查技术

在不影响企业正常生产、不造成安全隐患的前提下，采用小型便携设备，现场采集并测试浅层土壤（0.7m以浅）中VOCs、代谢气体（CO2、O2、CH4、H2和H2S）和氡气等指标，综合解译并初步圈定有机污染范围，结合土壤和地下水检测结果，定量-半定量确定土壤和地下水有机污染范围、污染源区和污染程度的技术方法（附录A）。

（2）主动式土壤气体采样

抽取一定体积的土壤气体进行采样。

（3）直接测定方法

土壤气体样本（等分试样）不经过预先富集而直接引入到适当装置进行分析的方法。

（4）土壤气体监测井

通过小型贯入设备建设安装在土壤中的带进气孔井管。

（5）土壤气体监测装置

通过合适材料稳定井壁和/或限定采样区域的钻孔。根据装置的类型和牢固性，土壤气体监测装置可分为临时型和固定型。

（6）土壤气体采样装置

直接安装于土壤（一步土壤气体采样）或钻孔（两步土壤气体采样）用于采样的管状设备。在土壤气体采样装置顶端施加负压，通过底端抽吸口抽取土壤气体，并转移到气体收集装置和在线检测设备，或转移到安装于土壤气体采样装置内部或顶部的吸附剂上。

（7）两步土壤气体采样

借助钻井装置或小型钻具设置钻孔，在钻孔中安装土壤气体装置，进行土壤气体采样。

（8）污染范围

本要求中的污染范围，指的是土壤污染物浓度超过 GB 36600 第二类用地筛选值或地下水污染物浓度超过 GB/T 14848 地下水使用功能对应的标准限值的区域。

（9）污染源区

在环境介质（土壤、地下水）中污染物高度积聚的区域。对于有机污染地块，一般指包气带或饱和带中存在非水相液体（NAPLs）的区域。

（10）污染隐患

企业特定场所或设施设备存在有毒有害物质渗漏、流失或扬散的风险，可能对土壤或地下水造成污染。

1.5 指导原则

（1）针对性原则：突破在产企业土壤和地下水有机污染调查和隐患排查等工作的技术难点和限制条件，总结凝练技术要求，提高调查精度。

（2）规范性原则：制定程序化和系统化的技术工作流程，提高在产企业土壤和地下水有机污染微扰动调查的规范性。

（3）高效性原则：优化技术方法和操作流程，确保调查过程在不影响企业正常生产和保障安全的前提下高效开展。

第二章 工作程序与内容

2.1 工作内容

2.1.1 调查方案制定

通过文件审核、现场踏勘、人员访谈等形式，收集分析场地历史使用情况、水文地质条件和与污染活动有关的信息，判断企业场地受有机物污染的可能性、是否符合开展微扰动调查的条件，明确调查范围。

布设并逐一现场确认微扰动监测点位、土壤和地下水验证监测点位，确保监测点位在后期施工过程中的安全性。调查方案应明确监测项目、工作时间、质量保障措施和安全生产保障措施等要求。

2.1.2 微扰动调查

根据调查方案开展微扰动调查，通过现场读取的检测数据及时识别异常值（附录B）。结合异常值点位所在区域或对应的重点设施开展调查，查清上述点位历史或当前相关污染活动，根据实际及时优化调整验证监测点位布设。

2.1.3 验证样品采集测试

按照优化调整后的调查方案，开展土壤和地下水验证样品采集和测试工作。

2.1.4 补充调查

综合分析微扰动调查和验证样品测试结果，必要情况下，针对微扰动调查数据异常点位、土壤和地下水特征污染物超标区域，开展补充调查。

2.1.5 数据分析与污染解析

利用经验值法或环境背景值法，初步识别调查范围内污染源区和污染羽。通过分析土壤和地下水验证检测数据，修正并圈定污染源区和污染羽范围，明确污染因子和污染程度。

基于上述“污染源区-污染羽”的识别结果，结合企业土壤污染隐患排查、地下水污染泄漏排查、土壤与地下水自行监测等工作成果，分析总结调查范围内的土壤与地下水污染源和污染隐患，编制调查报告。

2.2 工作流程

在产企业土壤与地下水有机污染微扰动调查的工作流程见图 2-1。

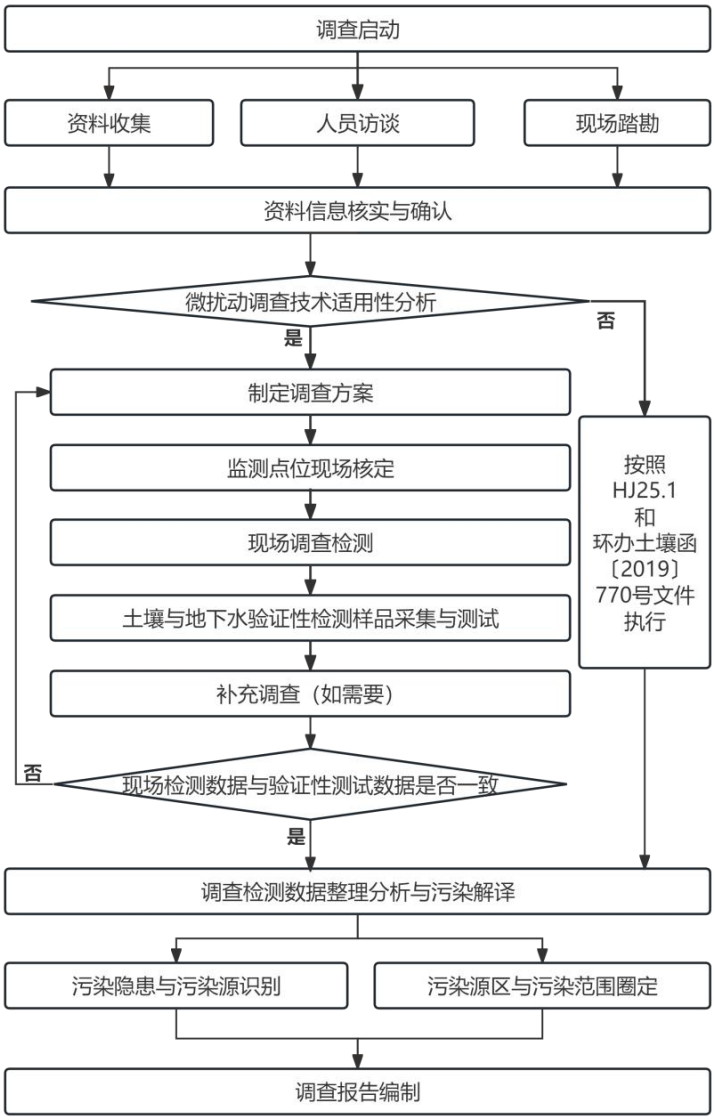

图 2-1 在产企业土壤与地下水有机污染微扰动调查工作流程

第三章 工作要求

3.1 调查方法和范围确定

3.1.1 应用条件

本要求适用于以下场地：

（1）土壤和（或）地下水中存在石油烃、多环芳烃、氯代烃、挥发酚类等可挥发、可降解有机物。

（2）场地内污染源区或污染羽区，存在3个以上点位可采取土壤和地下水样品。

（3）包气带厚度大于场地最大毛细上升高度，且渗透系数大于10-6cm/s的单一型、双层型、互层型地层结构的场地；如场地内包气带渗透系数小于10-6cm/s，应适当增加土壤和地下水样品验证性监测点位。

不适用于以下场地：

（1）土壤和地下水中污染物以无机化合物、重金属、放射性等不挥发、不降解物质为主的场地。

（2）包气带为低渗透性地层（渗透系数小于10-7cm/s）的污染场地。

（3）刚经历强降雨的场地。

（4）地温特别低的场地。如必须在低温环境开展工作，需适当增加土壤气采集深度。

（5）场地内地表和地下建（构）筑物过于密集，无法开展微扰动调查的场地。

3.1.2 调查方法确定

根据3.1.1，结合拟调查场地实际情况，综合研判微扰动调查技术的应用可行性。如微扰动调查技术应用可行，需进一步明确调查对象和调查目的，并通过分析技术应用的限制条件，提出相应解决对策。

3.1.3 调查范围确定

基于企业土壤污染隐患排查识别的重点场所和设施设备、土壤和地下水自行监测确定的监测单元等成果，将拟调查场地划分为若干区域，明确调查范围。

（1）如果调查目的是企业土壤和地下水污染隐患排查或污染源识别，调查范围应包括整个企业用地范围。

（2）如果调查目的是开展土壤和地下水污染溯源和圈定污染范围，调查范围应重点针对发现污染（土壤污染物浓度超过GB 36600第二类用地筛选值或者地下水特征污染物超标）的区域，必要时扩大至其他区域，直至查明污染物分布范围。若企业边界附近发现地下水污染物浓度超过GB/T 14848地下水使用功能对应的标准限值时，调查范围应扩大至边界外。企业外部调查范围，应由调查人员根据污染可能迁移的方向和距离，以及企业周边敏感目标的分布情况，进行现场综合判断。迁移距离可参照DD 2014-06进行估算。

（3）如果调查目的包括（1）（2），调查范围需要同时满足上述要求。

3.2 资料收集与信息确认

3.2.1 资料收集

根据 HJ 25.1 和《地下水环境状况调查评价工作指南》要求开展资料收集。需重点收集拟调查企业的土壤污染隐患排查、地下水污染防渗检查、土壤和地下水环境自行监测及其他相关调查监测数据与成果。

3.2.2 人员访谈

根据 HJ 25.1 和《地下水环境状况调查评价工作指南》要求开展人员访谈，并制作和保留相关影像资料。需重点访谈企业管理人员，了解以下信息并记录：

（1）企业内部安全生产管理要求及对调查工作的限制；

（2）企业内地下隐蔽工程分布及对调查工作的限制；

（3）企业历史和当前生产工艺及污染防治措施；

（4）企业历史污染事故发生和处置；

（5）企业土壤和地下水污染防治相关工作。

3.2.3 现场踏勘

根据 HJ 25.1 和《地下水环境状况调查评价工作指南》要求开展现场踏勘，记录调查信息，制作和保留相关影像资料。调查人员应在企业安全环保等相关负责人员的引导下，结合收集资料和人员访谈信息，重点现场调查以下内容：

（1）识别易燃、易爆、易中毒、易高温、易发生机械伤害等高危险区域及受限空间，与相关负责人员确认现场作业进入安全要求。

（2）观察和记录地下管线、电缆、隐蔽设施等构筑物的分布情况，与相关负责人员确认禁止动土作业范围，确保调查不会影响企业正常生产。若现场无法确定具体范围，宜选用管线

探测仪、地质雷达等无损探测技术，查明地下情况，保障微扰动调查技术实施安全可行。

（3）对企业已发现的污染源或污染隐患开展调查，明确其污染源类型、主要污染因子和污染途径。

（4）调查核实企业内部前期土壤和地下水调查监测点位，根据前期监测数据及变化趋势，结合点位周边重点区域和重点设施分布情况，初步研判污染原因。

3.2.4 信息确认

调查人员须具备一定专业知识和工作经验，综合资料收集、人员访谈和现场踏勘情况，印证分析收集的资料和数据，核实并筛选出真实可靠信息作为调查依据，剔除存疑数据资料或用于后期对比。应重点开展如下工作：

（1）根据 HJ 1209，核查所有资料的真实性、准确性和完整性。具体包括监测方案制定，样品采集、保存、流转及分析测试，监测结果分析，质量保证与质量控制等；

（2）对自行监测资料中重点监测单元识别与分类、地下水监测井位置、监测指标选择、监测井设计和建井、监测结果分析的科学性和合理性进行再分析，评估监测结果的准确性；

（3）参照 HJ 25.1 和《地下水污染模拟预测评估工作指南》对所有资料进行分类整理，更新地块概念模型；

（4）系统梳理企业前期隐患排查、防渗检查、自行监测以及其他调查监测的全部成果数据，进行一致性分析，明确可用成果数据范围，并指出存疑数据的具体原因；

3.3 调查方案确定

3.3.1 微扰动监测点位布设

根据企业生产布局和污染现状，采用系统布点法确定微扰动监测点位数量，并结合专业判断法确定点位布设位置。针对不同调查目的，具体布点要求如下：

（1）背景监测点位布设

在调查范围以外地下水流向的上游方向、水文地质条件一致的区域内，选取6个以上距离较近的未受污染点位，作为微扰动调查的背景监测点。

（2）调查监测点位数量

①以污染隐患排查或污染源识别为目的：以根据《重点监管单位土壤污染隐患排查指南（试行）》识别的企业重点区为单位分别开展布点。在每个企业重点区内，原则上每个点位代表的监测面积不大于400m$_2$（20m×20m网格），点位数量不少于6个/重点区；其他区域，原则上每个点位代表的监测面积不大于1600m$_2$（40m×40m网格）；特殊区域（如土壤或地下水历史监测数据超标，但未能明确污染来源的重点区域）可适当加密布点。

②以污染溯源和圈定污染范围为目的：以根据HJ 1209确定的重点监测单元为单位分别开展布点。针对已发现污染的重点监测单元和相邻的周边重点监测单元，原则上每个点位代表的监测面积不大于400m$_2$（20m×20m网格），点位数量不少于6个/单元；其他区域，原则上每个点位代表的监测面积不大于1600m$_2$（40m×40m网格）；特殊区域（如污染源区、污染羽边缘）可适当加密布点。

③满足上述两种目的，布点需同时满足上述①②要求。

（3）调查监测点位位置

采用网格布点法初步确定监测点位置，再结合企业内部重点污染设施、重点污染部位分布以及地下隐蔽设施的限制条件，优化调整布点位置，确保各点位在满足安全生产要求和不影响企业正常生产的前提下，尽可能靠近重点设施或重点部位。

如确需在企业建（构）筑物内部布点，可参照 DB11/T 1278 执行。

（4）钻孔深度确定

结合地面条件及土壤岩性确定钻孔深度，并根据具体情况进行适当调整：

①对于裸露地面区域，钻孔深度确定为地表以下 0.5～1.0m 范围，推荐深度为 0.7m。

②对于地表存在防渗层和建筑物基础的区域，从地表防渗层或建筑物基础层底面起算，往下延伸 0.5～1.0m 的天然土层范围，推荐深度 0.7m。

③对于地下水埋深较浅的区域，钻孔深度应高于当地最高毛细带上升高度。

（5）现场点位核实

在企业安全生产负责人引领下，核实拟布设点位处地下隐蔽设施、管线、罐体等分布情况，必要时可采用探地雷达等地球物理手段辅助判断，确认在拟布点处、设计钻孔深度范围内的施工，不会影响企业正常生产，不会产生安全生产事故。

当现场条件受限无法开展监测时，可根据现场情况适当调

整监测点位置，并对新选位置进行现场确认。

监测点位确认无误后，采用桩钉、三角旗等方法在现场标定具体位置和监测点编号，便于后期识别点位。

现场核定的监测点位需经企业相关负责人签字认可，并将签署文件存档，制作和保留点位确认相关影像资料。

（6）监测方法

采用土壤气采集-现场检测一体化装备（图 A-2），按照 3.4 规定的两步土壤气体采样法，开展微扰动监测。首先借助钻井装置或小型钻具设置钻孔，然后通过安装在钻孔内的土壤气体装置进行土壤气体采样检测。

VOCs 采集检测也可利用企业现有专业土壤气体监测井或土壤采样形成的钻孔，相关要求可参照 DB11/T 1278 执行。

3.3.2 检测指标

必测指标包括氡气、VOCs、CO_2、O_2、CH_4、H_2 和 H_2S 共 7 项。在明确特征污染物的前提下，也可从 HJ 605 规定的 65 种挥发性有机物中，选取一项或多项特征污染物作为辅助性监测指标。辅助性监测指标的数据应用与 VOCs 的监测数据应用保持一致。

3.3.3 土壤和地下水验证监测点位布设

（1）在以污染隐患排查或污染源识别为目的的调查中，土壤和地下水验证监测点位布设根据 HJ 1209 规定执行。

（2）在以污染溯源和圈定污染范围为目的的调查中，土壤和地下水验证监测点位布设在根据 HJ 1209 规定执行的基础上，在微扰动调查新发现的污染范围和厂区外污染边界处，补充一

定数量的土壤和地下水验证监测点位。

（3）建议实施微扰动调查，与企业年度自行监测同步开展，以节约经费投入。

3.4 现场检测

微扰动调查现场检测可采用两步土壤气体采样法和专业土壤气体监测井采样法，具体要求如下：

3.4.1 两步土壤气体采样测试法

采样测试应根据以下步骤实施，按照附录 B 格式填写现场采样测试记录单，并制作和保留相关影像资料。

（1）采样前核实采样点位坐标及其周边构筑物的相对位置，确保监测点位与调查方案一致；

（2）采样前利用洁净水对钻探设备（钢钎、麻花钻、便携钻机等）进行彻底清洗，避免外来污染；

（3）每次采样开始前，对导气管进行清洁和检查，防止管内出现异物堵塞或水滴凝结等情况，影响现场检测结果；同时检查导气管和采样设备、现场检测设备等连接的气密性；

（4）根据附录 C 要求，采用现场检测设备检测和记录采样点周边相关气象和环境信息；

（5）钻孔过程中应保持稳定钻进，确保检测孔成孔垂直度和孔径满足要求；

（6）将内径约 2mm 的聚四氟乙烯导气管插入钻孔孔口，并用金属制锥形探头压紧密封（图 A-2），导气管另一端与便携泵吸式气体检测仪连接。检查气密性，以确保所采集的土壤气体不受大气或其他非采样土层影响；

（7）打开气体检测仪，在低流速条件下（0.2L/min～1.0L/min）采样土壤气体。实时记录仪器读数，待仪器各指标读数均稳定或出现拐点后，现场检测工作结束，选取各指标的稳定值或拐点值作为最终测试结果；

（8）回填土壤气采样孔，避免形成土壤和地下水污染通道。彻底清洗导气管、采样设备和现场检测设备。

3.4.2 专业土壤气体监测井采样法

参照 DB11/T 1278，进行专业土壤气体监测井建设、测试和采样，并制作和保留相关影像资料。

3.5 土壤与地下水验证样品采集与测试

土壤与地下水验证样品采集与测试工作，按照 HJ 1209 规定执行，并制作和保留相关影像资料。

3.6 补充调查

根据调查方案完成微扰动调查监测、土壤和地下水验证样品采集与测试工作后，整理分析研判监测结果，如发生以下情况，应按照相关要求开展补充调查，以提高调查精准度。

（1）出现相邻两个微扰动监测点位任一项检测指标的测试数据相差 2 个数量级以上时，应在两个监测点距离的中间位置增设一个或多个微扰动监测点；

（2）出现针对已确定存在污染隐患或渗漏的重点设施或重点部位布设的监测点数据无异常时，应对该点进行复测，同时在重点设施或重点部位其他方向的最近距离位置，增设一个或多个微扰动监测点；

（3）已确定存在污染的土壤或地下水验证监测点位微扰动

调查无异常时，应对该点进行复测，同时在该点其他方向的一定距离内，增设一个或多个微扰动监测点；

（4）出现背景值监测点数据差异较大（某个检测指标数据相差1个数量级以上）时，应对异常点位开展复测，并适当增设一个或多个微扰动背景监测点。

3.7 数据分析与污染解析

3.7.1 微扰动调查数据初步解译

采用经验值法或环境背景值法开展微扰动调查数据的初步解译。

（1）经验值法

①可能性判断

经验值法以推断污染范围和污染源区为主要目的，通过微扰动调查指标污染识别等级表（表3-1），划分四个等级表征污染程度，用于确定可能存在污染、污染范围、污染源区和污染源。

表3-1 微扰动调查指标污染识别等级划分表

表征对象测试项目	污染源	污染源区	污染范围	可能存在污染
氡气	≤15Bq/m3	≤150Bq/m3	≤1500Bq/m3	≤3000Bq/m3
VOCs	≥100ppm	≥10ppm	≥1ppm	0.1～1ppm
CO2	≥10%	≥5%	≥1%	0.1%～1%
O2	≤1%	≤10%	≤19%	19%～20%
CH4	≥5%	≥1%	≥0.25%	0.01～0.25%
H2	≥1000ppm	≥500ppm	≥100ppm	10～100ppm
H2S	≥10ppm	≥5ppm	≥1ppm	0.1～1ppm

②综合判断

综合考虑当前理论和技术条件下测试指标指示污染的可靠

性，通过微扰动技术指标异常等级赋分表（表 3-2），综合推断污染源区和污染范围。

污染源区推断：根据表 3-2，某点位所有指标得分均≥17，且指标氡气分值≥1，即至少为异常等级，可将该点位代表的区域推断为污染源区。

污染范围推断：根据表 3-2，某点位所有指标得分均≥6，且指标 VOCs 分值≥1，可将该点位所代表的区域推断为污染范围。

表 3-2 微扰动调查指标异常等级赋分表

异常等级	污染源	污染源区	污染范围	污染隐患
氡气	11	3	1	0
VOCs	22	6	2	1
CO_2	22	6	2	0
O_2	11	3	1	0
CH_4	22	6	2	1
H_2	11	3	1	0
H_2S	11	3	1	0

（2）环境背景值法

①基本原则

环境背景值法以判定地下水污染羽和污染源区为主要目的，与经验值法相比，环境背景值法判定的污染源区范围更大，更符合工作区实际状况。

判定污染源区的必要条件为氡气明显异常低于环境背景值。辅助条件至少包括 VOCs 明显异常高，CH_4 明显异常高，CO_2 明显异常高、O_2 明显异常低，H_2 或 H_2S 明显异常高等四项。必要条件结合上述辅助条件圈定污染羽，并辅以判定污染源区。

②污染源区判定

必要条件满足，且四个辅助条件均满足，可直接根据微扰

动结果，将点位代表的区域判定为污染源区；

必要条件满足，且辅助条件满足三个，可结合采样检测进行验证，当表层土壤和地下水中污染物浓度均超过相关标准限值要求时，将点位代表的区域判定为污染源区；

必要条件满足，且辅助条件满足两个及以下，须结合采样检测进行验证，特别是钻探过程中明显观察到土壤和地下水中存在 NAPLs 时，可将点位代表的区域判定为污染源区；

以上条件均不满足时，应开展监测，至少 3 次监测观察到 NAPLs 存在时，可将点位代表的区域判定为污染源区。

③污染羽判定

辅助条件满足三个及以上，可直接依据微扰动结果，将点位代表的区域判定为污染羽；

辅助条件满足两个及以下，须结合采样检测进行验证，如土壤或地下水中检出污染物，可将点位代表的区域判定为污染羽。

3.7.2 微扰动调查结果验证

结合土壤和地下水验证性样品检测结果，对初步解译结果进行验证和修正。可参考以下方法：

（1）空间叠图分析

如果土壤和地下水验证性监测点位的布设满足 HJ 1209 要求，且在调查区内分布相对均匀、满足调查区内相关测试指标浓度等值线图绘制，可采用空间叠图分析进行结果验证。

采用空间叠图分析法验证微扰动调查结果，应与地块概念模型更新工作同步开展。分别将微扰动初步解译的可能存在污

染、污染范围、污染源区和污染源，与土壤和地下水相关特征污染指标或综合检测指标（如 VOCs）的浓度等值线图、地下水流场图进行空间叠加分析，并结合隐患排查、泄漏检查等现场调查成果，基于污染源位置和污染物迁移途径的判断，验证微扰动调查初步解译成果的合理性。空间叠图分析参照《地下水污染模拟预测评估工作指南》执行。

如果验证结果表明微扰动调查解译结果与土壤和地下水验证性监测结果一致，可开展下一步工作；如果不一致，或无法采用空间叠图分析法验证，需通过以下方法进一步验证。

（2）数据一致性分析

如果土壤和地下水验证性监测点位的布设不满足 HJ 1209 要求，或在调查区内分布不均匀、无法实现绘制调查区内相关测试指标浓度等值线图，可采用数据一致性分析进行结果验证。

采用数据一致性分析法验证微扰动调查结果，应收集土壤和地下水验证监测点、及其对应微扰动监测点的监测数据，分析土壤或地下水监测数据超标（或浓度较高）点位对应的微扰动调查监测数据是否存在一致的异常表征，或者通过相关性分析判断土壤和地下水监测数据与微扰动调查监测数据之间的关系。

如果验证结果表明微扰动调查解译结果与土壤和地下水验证性监测结果一致，可开展下一步工作；如果不一致，需通过以下方法开展进一步验证。

（3）污染地球化学特征分析

如果上述方法均不能提供有力证据，验证微扰动调查初步

结论，或相关利益方对上述方法解析可信度和科学性存疑时，可开展本项工作。基于对调查场地土壤和地下水污染概念模型的精细刻画，从环境背景、土层分布、污染物特征及迁移转化、微生物作用等污染地球化学特征，分析土壤和地下水分析测试数据与微扰动调查数据的一致性，量化各污染源的贡献率，结合背景值调查，查明污染分布成因。

3.7.3 污染隐患和污染源的识别

基于企业土壤污染隐患排查、装置区渗漏检查等工作成果，对比分析历年自行监测数据和本次调查结果。对监测数据和渗漏排查结果一致的区域，明确其渗漏特征；对监测数据和渗漏排查结果不一致的区域，应针对该区域重新开展隐患排查、渗漏检查工作，直至明确渗漏点位置。

3.7.4 污染源区和污染范围的确定

根据调查区地下水环境状况评价评估结果，排除由地质成因造成的指标异常，识别地下水中超标的特征污染指标、浓度及污染源分布特征。调查结论需明确污染范围与企业红线范围的关系，判断企业地下水污染是否超出企业红线范围，并结合企业管理状况、水文地质条件、地下水污染物种类、浓度分布特征等，开展地下水污染溯源解析，明确企业地下水污染成因。

结合土壤污染隐患排查、装置区渗漏检查等工作成果，确定地下水污染源区和污染发生方式，分析超标污染物在“污染源-土壤-地下水”中的迁移转化规律，深入解析污染源至污染羽的形成原因。

第四章 质量保证与质量控制

建立土壤和地下水有机污染微扰动调查数据全过程质量控制，对调查过程的每个环节进行质量控制和监督检查。

4.1 资料收集与现场踏勘质量控制

重点检查工作过程中，资料收集是否全面、数据来源情况是否真实有效；在现有工作基础不足的情况下，是否规范开展了必要的现场踏勘和人员访谈；是否对资料收集、人员访谈和现场踏勘所获资料数据，进行了全面细致的一致性分析和信息核实；筛选出的有效资料数据是否可靠。

4.2 微扰动调查现场检测质量控制

4.2.1 现场检测过程质量控制

（1）采样前应检查采样系统气密性，具体要求可参照GB/T 36198相关要求执行。

（2）采样前按照附录C相关要求，及时测量和记录采样点周边相关气象和环境信息。根据现场检测工作进度，及时填写附录C，制作和保留相关影像资料。

（3）在采样检测工作开展前，确保相关钻探、采样和检测设备已全面清洗，避免设备带入外源污染。

（4）采样过程中应避免出现可能影响样品测试结果的情况，如设备的废气排放、吸烟、溶剂以及包含挥发性有机化合物的物质（如聚苯乙烯产品、农药、防晒产品、皮肤护理产品、指甲油、化妆品等）等。

（5）在采样检测工作开始后，须实时记录仪器读数。

4.2.2 现场检测数据质量控制

（1）在每批次样品开展现场检测前，应对现场检测设备进行检查和现场校准，以满足校准要求。仪器现场校准应使用适宜浓度的标准气体或零气，具体可参照仪器供应商建议，填写附录 D。

（2）在现场检测的每 20 个样品中，应设置 1 个平行样品，以提供防止交叉污染、采样不一致造成误差等方面的数据信息，并对采样过程和设备准确性进行校验分析。平行样品的采样检测工作，应间隔一个或多个样品检测后在距离同一点位不超过 1m 的范围内进行。

（3）平行样品检测结果的校验标准为相同检测指标两次检测结果的相对差异百分数（RPD）小于 30%。

RPD=（结果 1-结果 2）/平均值*100%。

4.2.3 影响现场检测结果的其他因素

现场采样检测会受到多种因素的干扰，造成误差和误读。实际数据分析应充分考虑如下因素，并采取针对性措施，避免影响现场检测结果。

（1）黏结性土壤。在高黏结性土壤中，有可能采集不到需要的样本体积。此种情况下土壤气体测定具有不可预测性。

（2）土壤湿度。土壤湿度可影响收集基质对有机物质的吸附。当水分含量过高时，不宜采样。

（3）低环境温度。在环境温度低于土壤气体的温度（如霜冻）时采集土壤气体，由于在采样系统低温位点存在冷凝现象，可能会低估 VOCs 含量。

（4）渗透前锋。强降雨或淹水后，土层可能被浸透，可能降低采自土壤渗透锋之上的土壤气体回收率。

4.3 土壤与地下水验证样品采集与测试质量控制

土壤与地下水验证样品采集与测试的质量控制工作，根据HJ 1209执行。

第五章 报告编制

5.1 污染隐患和污染源头整理与分析

根据《地下水污染源防渗技术指南（试行）》和《重点监管单位土壤污染隐患排查指南（试行）》要求，列表整理调查区内重点区域内的全部重点设施和重点部位。结合微扰动调查和土壤与地下水验证性监测结果，逐个梳理并明确污染隐患情况，将存在渗漏、土壤或地下水监测特征指标超标、微扰动监测数据出现异常的污染隐患确定为污染源头，并根据调查结果，进一步明确其污染渗漏方式、污染途径和特征污染物。

5.2 调查报告编制

5.2.1 报告内容和格式

对调查过程和结果进行分析、总结和评价。内容主要包括调查工作的概述、调查对象描述、资料分析、现场踏勘、采样监测点布设及样品采集、现场及实验室分析、质量控制、检测结果分析、调查结论与建议。

5.2.2 结论和建议

明确调查对象的污染隐患和污染源头分布与特征，明确调查对象及周边的土壤与地下水污染区域。分析调查对象信息，包括环境水文地质条件、污染隐患和污染源头特征、现场和实验室检测数据。对微扰动调查和土壤与地下水验证性监测数据进行统计分析，进一步明确土壤和地下水污染物种类、浓度（程度）和空间分布。还应说明实际调查与计划工作内容的偏差及限制条件对结论的影响。在此基础上，提出对污染断源、

污染途径阻断、开展风险评估以及下一步污染修复或污染风险防控等方面的建议。

调查报告格式可参见附录 E。

附录 A
（资料性附录）
微扰动调查技术原理

A.1 土壤气 VOCs 检测

地下水中的挥发性有机污染物（VOCs）穿过包气带土壤向上扩散，导致浅层土壤中 VOCs 浓度高异常。通过检测浅层土壤中 VOCs，可判断下覆土壤和地下水中是否存在 VOCs 污染，浓度高异常指示 VOCs 污染。在特征污染物明确的情况下，也可针对一项或多项特定的 VOCs 开展检测，以判断下覆土壤和地下水中特定污染物的分布情况。

A.2 有机物降解产物检测

有机物降解产物在土壤中向上运移，导致浅层土壤中代谢产物高异常，代谢反应物低异常。通过检测浅层土壤中代谢气体，可判断下覆土壤和地下水中是否存在有机污染物降解，代谢产物 CO_2、CH_4、H_2 和 H_2S 等浓度高异常，指示存在有机污染物降解；代谢反应物 O_2 低异常，指示存在有机污染物降解。

A.3 轻非水相液体（LNAPLs）检测

当地下水面上存在轻非水相液体（LNAPLs）时，从深部地层释放出的氡气被 LNAPLs 吸收，导致浅层土壤中氡气浓度低异常。通过检测浅层土壤中氡气，可判断下覆土壤和地下水中是否存在 LNAPLs。

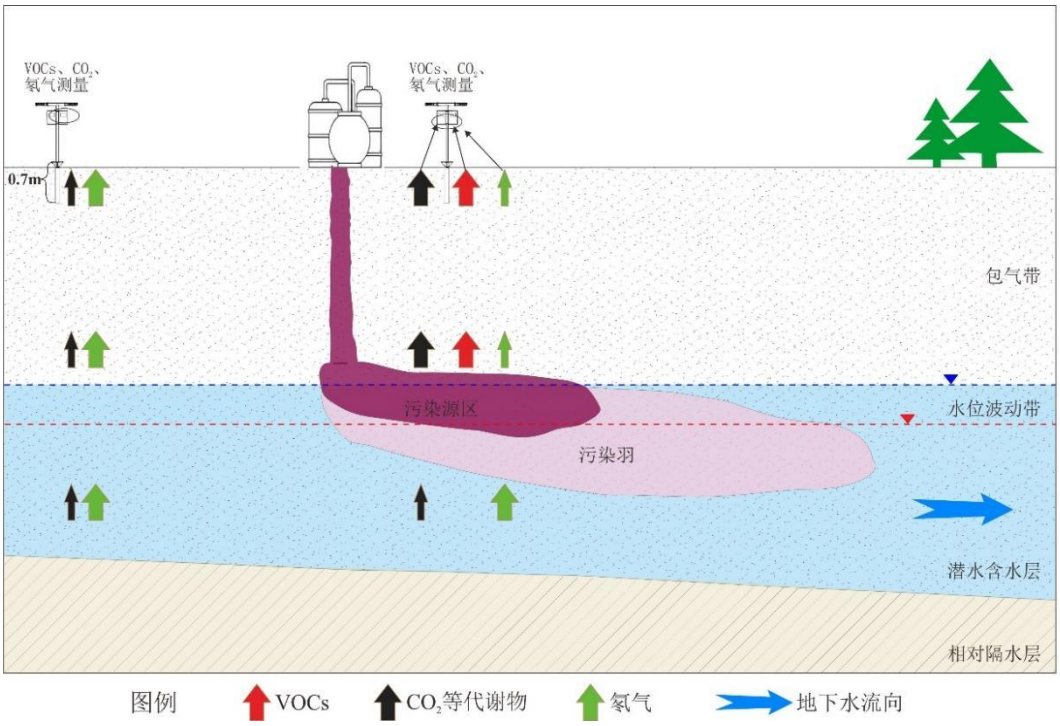

图 A-1 微扰动调查技术应用原理图

A.4 采样检测方法

采用贯入采样检测一体化设备（图 A-2），将设备贯入或手动压入土壤到达指定深度，然后连接和启动真空泵，采用主动泵吸式采样，连接氡气、VOCs 等气体检测仪，直接测定抽出气体中的氡气、VOCs、代谢气体（CO_2、O_2、CH_4、H_2和 H_2S）等。

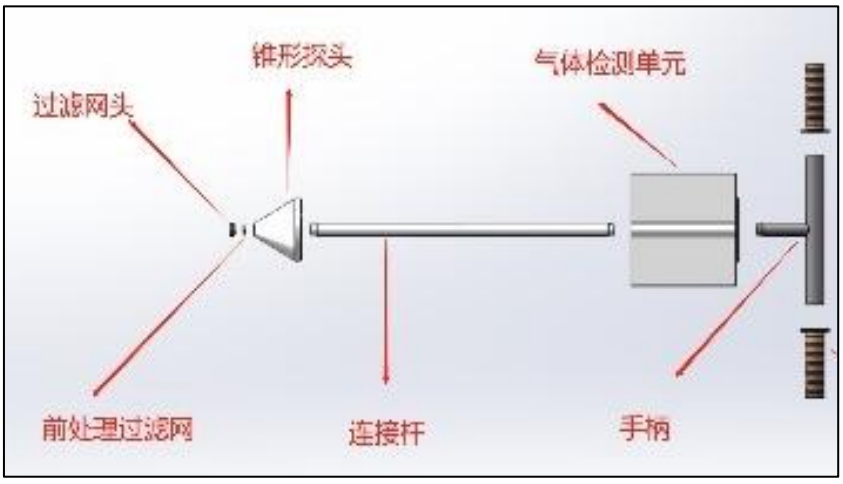

图 A-2 土壤气采集-现场检测一体化装备

土壤 VOCs 气体采集也可参照 GB/T 36198，采用一步土壤气体采样法或两步土壤气体采样法，技术装备应满足 GB/T 36198 要求；也可参照 DB11/T 1278，利用专业土壤气体监测井开展监测，监测井建设应满足 DB11/T 1278 规定。

现场检测装备的具体指标参数选择可参照表 A-1。

表 A-1 现场检测装备指标参数建议值

序号	检测项目	量程	分辨率	重复测量误差	吸气方式
1	氡气	0～100000Bq/m³	1Bq/m³	≤±5%	主动泵吸
2	VOCs	0～1000ppm	0.01ppm	≤±2%	主动泵吸
3	CO_2	0～10%	0.01%	≤±2%	主动泵吸
4	O_2	0～25%	0.1%	≤±2%	主动泵吸
5	CH_4	0～15%	0.05%	≤±2%	主动泵吸
6	H_2	0～1000ppm	10ppm	≤±5%	主动泵吸
7	H_2S	0～100ppm	0.1ppm	≤±2%	主动泵吸

附录 B

（资料性附录）

微扰动调查现场检测项目异常值识别建议

测试项目	检测数据异常识别建议值	备注
氡气	≤1500Bq/m3	或小于背景值识别为异常
VOCs	≥1ppm	或大于背景值识别为异常
CO_2	≥1%	或大于背景值识别为异常
O_2	≤19%	或小于背景值识别为异常
CH_4	≥0.25%	或大于背景值识别为异常
H_2	≥100ppm	或大于背景值识别为异常
H_2S	≥1ppm	或大于背景值识别为异常
其他单项 VOC 测试项目	大于背景值识别为异常	

附录 C

（资料性附录）

微扰动调查现场取样测试记录表

<table>
<tr><td colspan="5">点位信息</td></tr>
<tr><td>点位坐标</td><td>东经</td><td></td><td>北纬</td><td></td></tr>
<tr><td>监测目的</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td>位置描述</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="5">点位周边环境描述：（主要生产设备设施，地面防渗情况，周边空气有异味情况，地有无地面潮湿、水淹、冻土、干旱开裂等情况，周边植物生长情况等）</td></tr>
<tr><td colspan="5">气象条件</td></tr>
<tr><td>天气</td><td colspan="4">（当日天气和前三天是否有大规模降水）</td></tr>
<tr><td>气温（℃）</td><td colspan="2"></td><td>气压（帕）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">监测点周边大气检测结果</td></tr>
<tr><td>氡气</td><td colspan="2"></td><td>CH4</td><td></td></tr>
<tr><td>VOCs</td><td colspan="2"></td><td>H2</td><td></td></tr>
<tr><td>CO2</td><td colspan="2"></td><td>H2S</td><td></td></tr>
<tr><td>O2</td><td colspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">采样信息</td></tr>
<tr><td>采样时间（时，分）</td><td colspan="4">（开始-结束）</td></tr>
<tr><td>钻孔方法</td><td colspan="2"></td><td>岩性</td><td></td></tr>
<tr><td>孔深（m）</td><td colspan="2"></td><td>孔径（mm）</td><td></td></tr>
<tr><td>测量吸气体积（ml）</td><td colspan="2"></td><td>孔内体积（ml）</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">现场土壤气体检测结果记录</td></tr>
<tr><td>监测项目</td><td>峰值读数</td><td>稳定态读数</td><td colspan="2">检测设备型号</td></tr>
<tr><td>氡气</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>VOCs</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>CO2</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>O2</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>CH4</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>H2</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>H2S</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>…</td><td></td><td></td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="5">检测员：　　记录员：
复核员：

采样日期：</td></tr>
</table>

附录 D

（资料性附录）

微扰动调查检测设备现场校准记录表

检测项目	设备型号	设备规定偏差范围	零气校准记录		标准气体校准记录		
			测量结果	测量偏差	标准浓度	测量结果	测量偏差
氡气							
VOCs							
CO_2							
O_2							
CH_4							
H_2							
H_2S							
…							
校准结论：							
校准人：				核实人：			校准日期：

注：测量偏差=（测量结果-标准浓度）/[（测量结果+标准浓度）/2]

附录 E

（资料性附录）

微扰动调查报告编制大纲

1 前言
2 概述
2.1 调查目的和原则
2.2 调查范围
2.3 调查依据
2.4 调查方法
3 调查区概况
3.1 区域环境状况
3.2 调查区环境水文地质条件
3.3 调查区周边污染源和敏感点
3.4 企业隐患排查情况
3.5 企业渗漏检查情况
3.6 企业自行监测情况
3.7 其他相关调查监测情况
3.8 收集资料识别与分析
3.9 环境管理问题识别
4 调查方案
4.1 调查限制条件分析
4.2 现场采样检测方案
4.3 土壤与地下水验证性采样检测方案
4.4 补充调查方案
4.5 现场检测与实验室分析要求
4.6 调查日程安排
4.7 健康与安全保障措施
5 现场采样测试和实验室分析
5.1 现场采样检测方法和程序
5.2 实验室分析
5.3 质量保证和质量控制
6 结果和评价
6.1 地质和水文地质条件
6.2 现场检测结果
6.3 实验室检测结果

6.4 检测结果验证分析

6.5 污染隐患与污染源识别

6.6 污染源区与污染范围圈定

7 结论与建议

7.1 主要结论

7.2 建议

8 附件

8.1 附表（现场及实验室检测结果统计表、企业污染隐患和污染源分析表等其他相关表格）

8.2 附图（企业平面布置图、采样点分布图、水文地质平面/剖面图、地下水流场图、污染隐患分布图、各种检测因子浓度等值线图、土壤与地下水污染范围分布图等）

8.3 其他附件（现场踏勘等相关记录、人员访谈记录、现场点位核实记录、现场施工检测等相关记录、土壤和地下水样品采集流转记录、实验室测试结果、质量控制记录等相关附件）