

国家重点研发计划项目
区域场地土壤跨介质污染物多源清单与制定方法
工作简报

2022 年第 1 期（总第 6 期）

项目办公室 编

2022 年 3 月 23 日

国家重点研发计划“区域场地土壤跨介质污染物多源清单与制定方法”项目 2020-2021 年度重要进展总结会顺利召开

2022 年 3 月 23 日，由华东师范大学牵头，上海交通大学、浙江大学、生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心、南京大学和天津大学共同承担的国家重点研发计划“区域场地土壤跨介质污染物多源清单与制定方法”项目 2020-2021 年度重要进展总结会顺利召开。会议重点总结过去一年工作进展，认真学习理解项目年度会议专家提出的建议和问题，为下一步项目有效和高水平推进聚焦重大目标形成共识。

项目首席刘敏教授、课题一负责人赵玲研究员、课题二负责人刘杏梅教授、课题四负责人谢云峰研究员和项目研究骨干共 40 余人通过线上参加会议。

项目首席刘敏教授首先总结了项目 2020-2021 年度完成的主要工作和取得的阶段性成果。随后，赵玲研究员、刘杏梅教授、刘敏教授和谢云峰研究员分别详细汇报了各课题的年度重要进展情况。在经过讨论后，总结项目 2020-2021 年度重要进展如下：

进展一、典型场地土壤污染物排放识别与模型模拟取得重要进展，识别了化学制造行业的场地特征污染物，辨识和分割了特征污染排放途径，实现了特征污染物的排放量估算，获取了累积模型输入参数，构建了场地污染物累积模型框架，对特征污染物的跨介质累积进行了定量模拟。

(1) 场地土壤特征污染物识别与多源排放强度精细化计算。基于场地污染

大数据，聚焦了化工、金属加工两个行业，无机盐制造、有机化学、化学农药、专项化学品等五个行业小类，梳理并识别了上述行业的场地土壤污染的特征污染物（表 1）；基于特定行业的特征污染物，梳理工业流程，初步建立了四大途径的排放方程；充分考虑排污数据缺失和不确定性，打通现有的数据体系与估算需求，形成了土壤污染物排放的估算体系，确立了土壤污染账目的场地土壤特征污染物的多源排放估算方法。针对典型工业场地的多途径排放、多工艺段排放等复杂的工业污染至土壤介质的排放模式，通过搭建起现有场地土壤污染调查方法与估算场地多源排放强度的桥梁，形成完整创新的分析框架。本方法基于场地的功能分区、工艺排污梳理、土壤污染的历史记录，通过排放系数法估算历史场地的基础排放数据，核算了各产品段对土壤介质的排放强度，统计分析寻找关键场地污染贡献源；建立了正常工况下（具有可推测性）的典型场地土壤污染估算的通用方法论框架，并通过磷肥-硫酸场地进行验证，输出了磷肥-硫酸场地的总厂区尺度、产品分割尺度、时间分割尺度的排放清单；实现了低成本下对典型场地污染物排放量的估算与推测。

表 1 基于化学制造行业的土壤特征污染物清单

编码	行业小类	数量	土壤特征污染物清单
2613	无机盐制造	12 种	钴、锑、砷、铅、六价铬、镉、镍、铜、汞、钒、苯并[a]芘、石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）
2614	有机化学原料制造	13 种	砷、二噁英类、苯并[a]芘、苯、1,2-二氯乙烷、二苯并[a,h]蒽、1,2,3-三氯丙烷、乙苯、苯并[a]蒽、苯并[b]荧蒽、萘、氯乙烯、三氯乙烯
2619	其他基础化学原料制造	8 种	钴、砷、六价铬、镍、铅、苯并[a]芘、氯仿、石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）
2631	化学农药制造	18 种	二噁英类、苯、乙苯、氯苯、砷、镍、六价铬、铅、1,2-二氯乙烷、阿特拉津、氯仿、苯并[a]芘、氯乙烯、1,2,3-三氯丙烷、石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）、1,4-二氯苯、甲苯、间二甲苯+对二甲苯
2662	专项化学用品制造	7 种	石油烃（C ₁₀ -C ₄₀ ）、苯并[a]芘、苯、氯仿、二苯并[a, h]蒽、1,2-二氯乙烷、乙苯

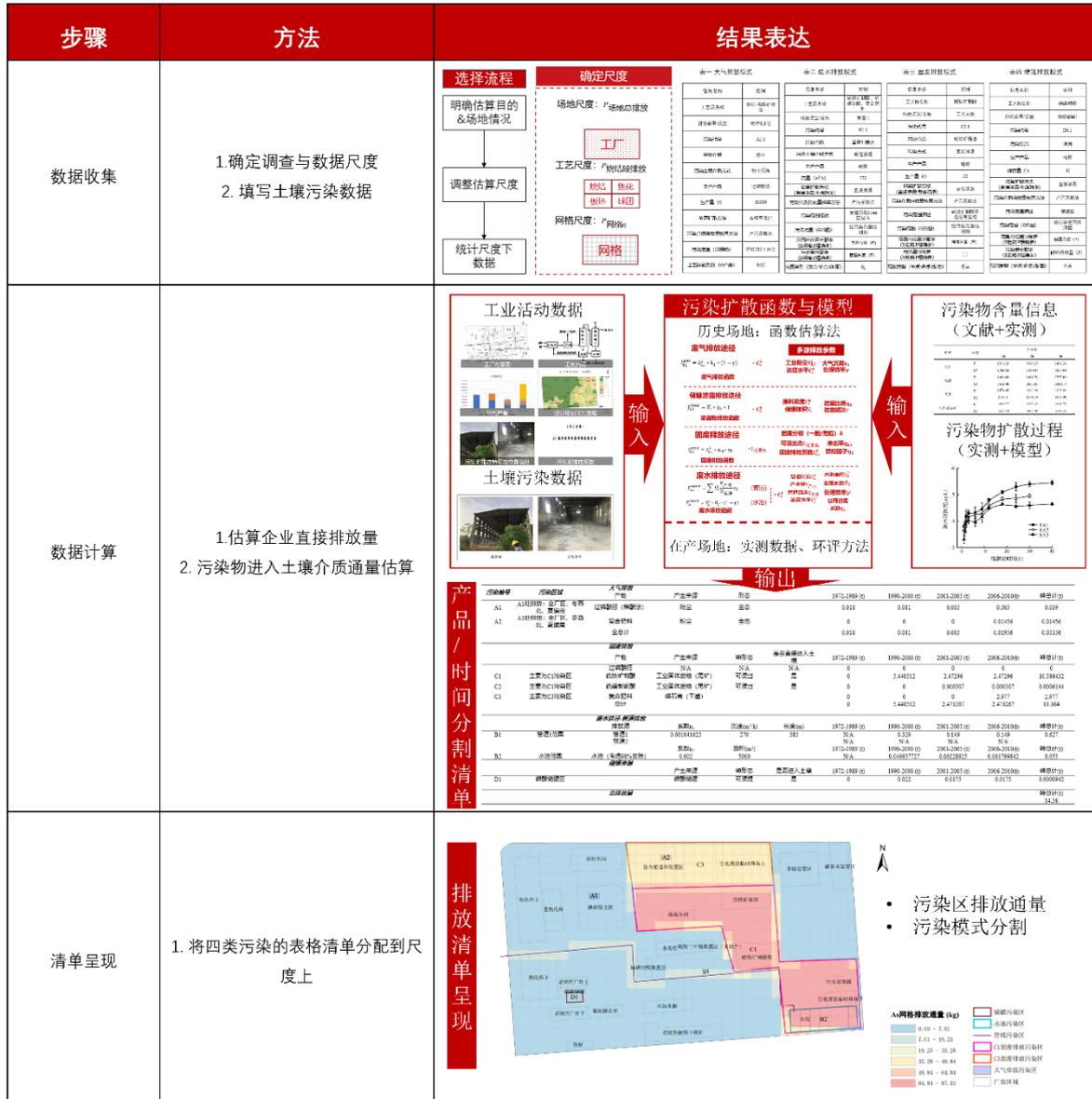


图 1 典型场地土壤污染物排放识别与函数构建方法

(2) 典型场地土壤污染物跨介质累积模型框架。通过对国内外主流多介质模型调研和对比,明确了模型开发过程中涉及的环境过程、输入参数和输出参数,以 GIS 技术和 Hydrus 模型为基础,形成了场地土壤污染物高时空分辨率网格化累积模型构建思路。收集了场地历史生产情况、生产工艺流程、水文地质信息和污染物实测信息,确定场地特征污染物,理清污染物时空特点,刻画场地水文地质状况。在此基础上,建立区域场地污染概念模型。通过经验公式计算、文献收集和室内外实验获得污染物迁移过程和水文地质过程的模型参数,并针对污染物排放过程设置不同场景定量源强。通过数学模型求解和参数调整,提高模型性能,实现了土壤包气带高时空分辨率模拟。最终,实现了场地特征污染物动态累积过

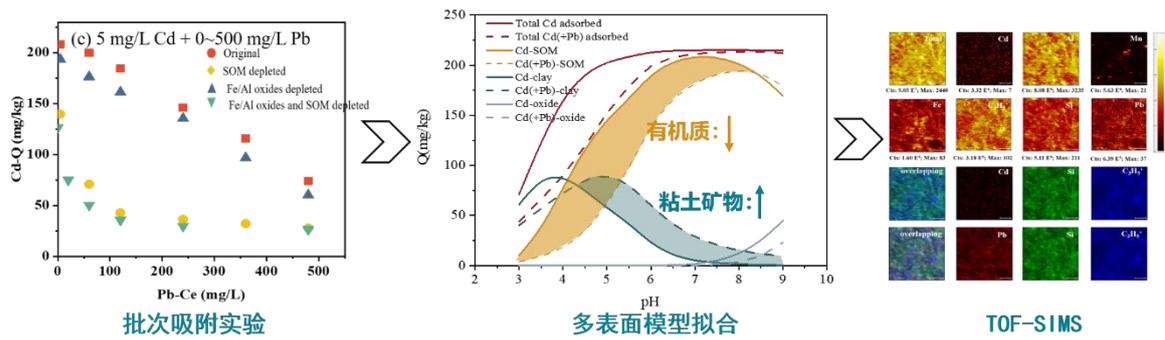


图 3 实验、模型、光谱联合验证土壤中铅和镉的竞争吸附机制

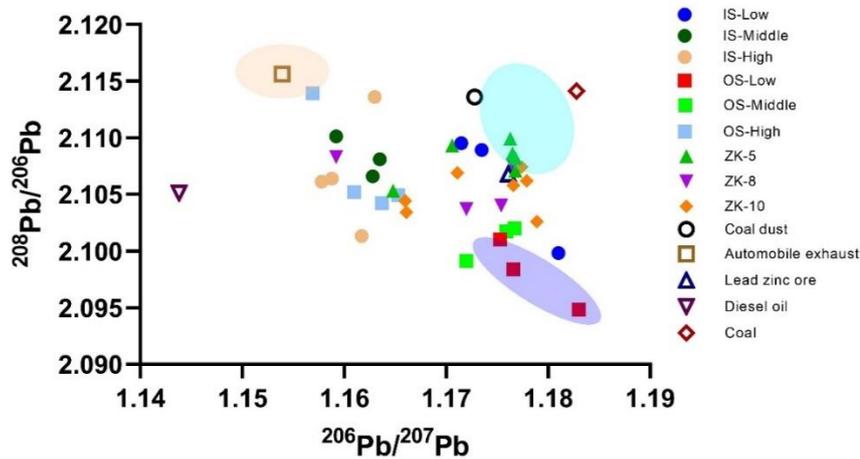


图 4 不同样品 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 关系图

进展三、区域场地土壤污染清单制定方法和技术规范编制取得重要进展，综合污染源排放特征分析及强度计算、污染源解析、污染物时空累积概念模型构建等关键技术和方法，初步形成《区域场地土壤跨介质多源污染清单制定方法和技术规范》大纲，并建立了污染物多源清单编制系统工具开发方法思路，实现了场地累积模拟结果的可视化表达。

通过开展国内外调研，在借鉴大气环境领域污染物排放清单构建方法体系的基础上，梳理土壤污染清单编制思路；针对课题 1-3 研究成果进行评估，优先筛选可操作性强、可靠性好、成本可接受的基础信息搜集与采样调查、污染源排放特征分析及强度计算、污染源解析、污染物跨介质环境行为分析、污染物时空累积概念模型构建等关键技术和方法，明确技术规范编制关键内容，初步形成《区域场地土壤跨介质多源污染清单制定方法和技术规范》大纲，并完成部分章节编

制。此外，调研国内外污染物多源清单编制系统工具开发方法，初步研究确定多源异构数据采集、数据清洗、数据审核入库等数据集成与规范化处理方法，形成系统设计思路。在充分借鉴全国污染地块信息系统、污染场地健康与环境风险评估软件（HERA）、调查质控 APP、污染场地智能管控平台、ArcGIS、Hydrus 等已有软件工具的研究基础上，设计多源清单编制系统逻辑架构。



图 5 区域场地土壤污染清单编制技术规范与系统工具开发

在总结项目重要进展的基础上，项目组也总结了项目实施过程中存在的问题以及下一步应对措施：

问题一、由于企业生产资料的保密性，具体企业工艺生产的详实数据，包括物料、能耗、产量等几乎是不可能获得的，只能根据通用的工艺流程和企业生产规模大致估算；同时，历史排污数据也是难以获取的，废水污染物排放量计算难度较大，固废、跑冒滴漏存在极大的随机性，计算方法通用性较弱。

下一步考虑：继续从化工类行业拓展其他行业，进行污染物识别，获得不同行业的特征污染物清单；锁定化工制造行业某类企业，以某一具体特征污染物作为主要对象，量化排放方程和参数，确定排污途径和比例；充分利用标准化的企业排污手册等资料，如《电镀行业系数手册》中，明确了部分污染物指标的排放量计算方法，废水指标涵盖了化学需氧量、石油类、总氰化物、总铬、六价铬、总镍、总铅、总镉等；下年度计划至少获取两个企业两类污染物的具体排放清单及其验证。

问题二、目前开发的 Hydrus-Site 1.0 模型使用的参数主要来源于现有文献，有部分参数通过模型反演得到；长三角和京津冀地区地下水位和含水层深度有较大差异，Hydrus-Site 1.0 模型可以较好模拟土壤浅层的污染，但对深层土

壤和隔水层的模拟效果不佳；土壤边界污染物的输入形式复杂，需要对相应的过程进行量化以提升模型的精度。

下一步考虑：针对场地污染物的跨介质迁移行为确定主要迁移过程，加快开展室内模拟实验获得本土化污染物迁移关键参数；拟耦合地下水模型（Groundwater Modeling System, GMS）以提升 Hydrus-Site 1.0 模型对深层土壤和隔水层的模拟精度；拟耦合空气质量模型（CALPUFF）模型对大气干湿沉降过程进行精确模拟预测，并利用逸度模型模拟地表水体、不透水面、植被等对场地土壤的输入通量，最终提升 Hydrus-Site 模型的精度。

问题三、场地土壤跨介质污染物多源清单在区域尺度上的示范研究开展速度缓慢。

下一步考虑：场地土壤跨介质污染物多源清单示范验证工作的开展依赖场地土壤污染物排放清单、场地污染物源流汇机理过程和场地土壤污染物累积模拟研究工作的进展。针对这一问题，为了在管理层面制定出既有普适性又有代表性的场地土壤跨介质污染物多源清单，项目各单位要多沟通交流，加强各个课题的协作，尽快开展场地土壤污染物多元清单的区域尺度示范工作。

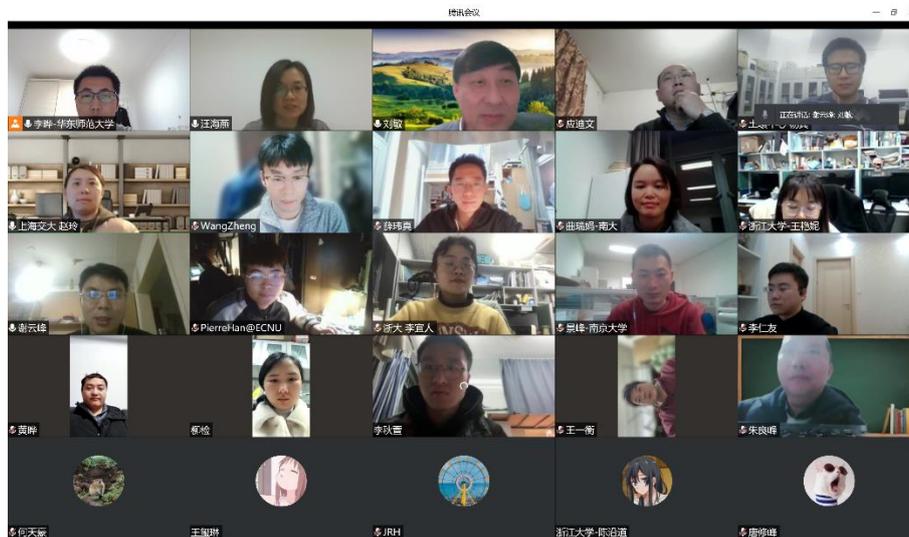


图 6 线上会议合影

主送：中国 21 世纪议程管理中心、华东师范大学科技处
朱永官院士、林玉锁研究员、胡清教授

抄送：项目组全体人员
