重庆市建设用地土壤修复效果评估报告技术要点

（征求意见稿）

土壤污染修复效果评估工作总体应满足《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2）《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ25.5）《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ25.6）相关要求。

一、效果评估时间

建设用地土壤和地下水的修复效果评估应在修复施工单位完成修复工程，且土壤和地下水修复监测结果满足相关目标值的条件下开展。分区域、分阶段实施修复的，应同步开展效果评估工作，修复活动完成后迅即汇总形成总体效果评估报告。

二、更新地块概念模型

通过资料回顾、现场踏勘、人员访谈等掌握地块风险管控与修复情况、关注污染物情况、地质与水文地质情况和潜在受体与周边环境情况，确定效果评估的污染物种类、目标值、对象、范围、采样节点和布点位置、深度等。

三、修复效果评估布点与采样

（一）土壤修复效果评估布点

1.基坑清理效果布点

应在基坑清理自检合格后，回填前采样。

基坑底部：采用系统布点法均分采样单元，每个采样单元中均匀分布采集9个土壤样品制成1个混合样（测定挥发性有机物项目除外）。采集土壤混合样时，应在各点采集重量相等的土壤样品（对应前面9个表层样，每个点位应采集相同重量的土壤样品，所有点位采集土壤样品总量需大于或等于检测所需的土壤样品量），采集的样品全部送检测试验室（下文中土壤混合样的采样同此要求）。最少样品个数需满足表1要求。

基坑侧壁：采用等距离布点法划分横向采样单元，每个采样单元最大长度不超过40米，在每段均匀采集9个土壤样品制成1个混合样（测定挥发性有机物项目除外），最少样品数量需满足表1要求。当基坑深度大于1米时，侧壁应进行垂向分层采样，在污染物易富集位置设置采样点，各层采样点之间垂向距离不大于3米。若侧壁呈阶梯状分层，应在各层进行采样；若各分层深度大于1米，侧壁应进行垂向分层采样。

基坑坑底和坑壁以采集去除杂质后的土壤表层样为主，存在六价铬、石油烃、氯代烃、苯系物污染的区域，需采集深层样。基坑底部或侧壁的深层样品数量不少于各自样品的10%，至少1个。深层样品采样深度为不低于1米，深层样品为单点样品。

若基坑内存在“坑中坑”的，“坑中坑”侧壁和底部的采样同上述要求（坑中坑深度之和小于1米的，可视为同一平面）。

表1 基坑底部和侧壁最少采样点数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 基坑面积/m2 | 坑底采样点数量/个 | 侧壁采样点数量/个 |
| X<100 | 2 | 4 |
| 100≤X<1000 | 3 | 5 |
| 1000≤X<1500 | 4 | 6 |
| 1500≤X<2500 | 5 | 7 |
| 2500≤X<5000 | 6 | 8 |
| 5000≤X<7500 | 7 | 9 |
| 7500≤X<12500 | 8 | 10 |
| X>12500 | 网格大小不超过40m×40 | 采样点间隔不超过40m |

注：1个采样点最少采集1个样品，1个混合样计为1个样品。

2.土壤异位修复效果评估布点

应在土壤修复完成自检合格后采样。

原则上每个采样单元不超过500立方米，堆体高度、形状应便于采样工作开展。对于按批次处理的修复技术，在满足前述要求的同时，每批次至少采集1个样品；对于按堆体模式处理的修复技术，若在堆体拆除前采样，在满足前述要求的同时，应结合堆体大小设置采样点，采样点数量按照HJ25.5中表3执行。

修复后土壤一般采用系统布点法设置采样点；考虑修复效果差异（如堆体内部设置管线），应在修复效果薄弱区域增设采样点。每个采样单元均匀分布采集9个土壤样品制成1个混合样（测定挥发性有机物项目除外）。开挖清洁土的监测参照此方法。

3.土壤原位修复效果评估布点

水平方向上采用系统布点法，采样数量参照表1执行。垂直方向上采样深度应不小于调查评估确定的污染深度以及修复方案中确定修复可能造成污染物迁移的深度。根据土层性质设置采样点，原则上垂向采样点之间距离不大于3米。在高浓度污染物聚集区、修复效果薄弱区、修复范围边界处等位置增设采样点。

4.大粒径石块清洗效果布点

大粒径石块原则上每个采样单元不超过500立方米，堆体高度应便于采样工作开展。一般采用系统布点法设置采样点，每个采样单元均匀采集9个土壤样品制成1个混合样（测定挥发性有机物项目除外）。

5.土壤污染二次污染区域布点

应在修复主体工程结束、废水废气处置完成后采样。

土壤污染二次污染区域包括：污染土壤暂存区、修复设施所在区、固体废物或危险废物堆存区、运输车辆临时道路、土壤或地下水待检区、废水暂存处理区、修复过程中污染物迁移涉及的区域、其他可能的二次污染区域。

二次污染区采用系统布点法，采样点数量参照表1执行。地块内中转运输道路等线性影响区，若硬化完好，应将道路表面堆积的土壤按污染土壤处置后，在污染物可能迁移的道路两侧进行采样。样品采集以去除杂质后的土壤表层样为主，存在六价铬、石油烃、氯代烃、苯系物污染的区域，需采集深层样。深层样品数量不少于样品总数的10%，至少1个。深层样品采样深度为不低于1米，深层样品为单点样品。

（二）地下水修复效果评估布点

1.初步判断地下水中污染物浓度稳定达标且地下水流场达到稳定状态，进入地下水修复效果评估阶段。原则上采用修复工程运行阶段监测数据进行修复达标初判，至少需要连续4个批次的季度监测数据，采样周期应涵盖地下水丰、平、枯水期。

2.修复效果评估阶段应至少采集8个批次的样品，每个季度采2个批次，两个批次采样间隔时间不得少于1个月。对于地下水流场变化较大的地块可适当增加采样频次。

3.原则上修复效果评估范围内每个水文地质单元上游至少设置1个监测点，内部应至少设置3个监测点，下游至少设置2个监测点。

4.可利用地块环境调查、风险评估和修复过程建设的监测井，但其数量不应超过效果评估时监测井总数的60%，新增监测井位置应布设在地下水污染最严重的区域。不可利用原位修复的注入井/抽提井进行地下水效果评估采样。

（三）风险管控效果评估布点

封顶、阻隔填埋、地下水阻隔墙、可渗透反应墙等风险管控效果评估布点的目的是评估工程措施是否有效，一般在工程设施完工一年内开展。工程性能指标按照工程实施要求进行评估。涉及监测污染物指标的，应采集4个批次数据，每个季度采样一次，两个批次采样间隔时间不少于1个月。在风险管控范围上游、两侧、下游以及可能涉及的二次污染区域设置地下水监测井。

1. 现场采样

修复效果评估现场采样按照HJ25.1和HJ25.2的规定执行。

（五）保存、流转与运输

土壤样品保存、流转与运输参照《土壤环境监测技术规范》（HJ/T 166）等技术文件的要求进行，其中六价铬土壤样品保存按照《土壤和沉积物六价铬的测定碱溶液提取-火焰原子吸收分光光度法》（HJ1082-2019）要求进行；地下水样品保存、流转与运输参照《地下水环境监测技术规范》（HJ/T 164）等技术文件的要求进行。

样品采集后应立即存放至保温箱内并低温保存。样品当天不能寄送至实验室的，应进行4°C温度下避光保存。

一个样品运送批次应设置了1个运输空白样\*。

（六）采样与流转过程资料

1.土壤样品采样记录

（1）土孔钻探阶段

采样点拍照要求：按照采样点东、南、西、北四个方向进行拍照记录，照片应能反映采样人员、周边建构筑物、设施等情况，以点位编号+E、S、W、N分别作为东、南、西、北四个方向照片名称。

钻孔拍照要求：应体现钻孔作业中开孔、套管跟进、钻杆更换等环节操作要求，每个环节至少1张照片。

岩芯箱拍照要求：体现整个钻孔土层的结构特征，重点突出土层的地质变化和污染特征，每个岩芯箱至少1张照片。

其他照片还包括钻孔照片（含钻孔编号和钻孔深度）。

（2）样品采集阶段

土壤样品采集过程应针对采样工具、采集位置、VOCs 和 SVOCs采样瓶土壤装样过程、样品瓶编号、现场检测仪器使用等关键信息拍照记录，每个关键信息至少1张照片。

采样时应现场填写采样记录表，详细记录土壤样品采集过程，特别要关注异常颜色、气味，是否发现疑似固体废物等信息。

2.地下水样品采样记录

（1）成井过程

成井过程中对井管处理（滤水管钻孔或割缝、包网处理、井管连接等）、滤料填充和止水材料、洗井作业和洗井合格出水、井台构筑（含井牌）等关键环节或信息应拍照记录，每个环节不少于1张照片。

（2）样品采集

地下水样品采集过程应对洗井、装样（用于VOCs、SVOCs、重金属和地下水水质监测的样品瓶）以及采样过程中现场快速监测等环节进行拍照记录，每个环节至少1张照片。

成井后测量记录点位坐标及管口高程，填写成井记录单。采样时现场填写地下水井洗井记录单和采样记录单。

四、检测指标

（一）土壤检测指标

1.基坑土壤：一般为对应修复范围内土壤中的所有目标污染物。

2.异位修复后土壤：污染物类别不同的土壤单独修复、堆放的，检测指标为修复方案中对应修复范围内的目标污染物种类；修复或堆放过程中可能混合的，检测指标为涉及区域的所有目标污染物种类。若外运到其他地块，检测指标应为外运土壤的污染物种类和根据接受场所的环境管理要求，除目标污染物外的其他指标。

3.原位修复后土壤：修复方案中对应区域的目标污染物。

4.清洗后大粒径石块：污染物类别不同的区域筛分后的大粒径石块单独堆放、清洗的，检测指标为修复方案中对应修复范围内的目标污染物（含量测试和浸出测试）和pH（浸出测试）；堆放、清洗过程可能混合的，检测指标为涉及修复区域的所有目标污染物。

5.二次污染区的土壤：修复方案中所有的目标污染物和二次污染物。

6.采用化学氧化/还原、微生物修复技术的，修复后土壤的检测指标还应包括修复方案中确定的二次污染物。

7.土壤理化指标、修复设施运行参数（必要时）。

（二）地下水检测指标

1.原则上为修复方案中目标污染物。

2.化学氧化/还原修复、微生物修复后地下水检测指标还应包括修复方案中确定的二次污染物和地下水修复工程运行监测结果确定的二次污染物。

3.地下水常规指标、修复设施运行参数（必要时）。

（三）风险管控检测指标

1.工程性能指标：抗压强度、渗透性能、阻隔性能、工程设施连续性与完整性。

2.污染物指标：目标污染物浓度（地下水）、浸出浓度（固化/稳定化的土壤）、土壤气、室内空气。

五、检测方法

修复效果评估实验室检测按照HJ 25.2的规定执行。

GB36600和GB/T14848中没包含的污染物，采用效果评估中评价标准要求的测试方法。

检测方法检出限应满足评价标准的要求。

六、修复效果评估

（一）土壤修复效果评估

1.评估标准值

（1）基坑土壤评估标准值一般为风险评估报告或修复方案确定的修复目标值。

（2）异位修复后的土壤，评估标准值一般为风险评估报告或修复方案中确定的修复目标值。若外运到其他地块，评估标准值为接收地的接纳标准；污染物无入场要求的，根据接收地土壤暴露情景进行风险评估（参照HJ25.3执行，下同）确定评估标准值，或采用接受地土壤背景浓度与GB 36600中接收地用地类型对应的筛选值的较高者作为评估标准值。二次污染物的评估标准值可参照GB36600中一类用地筛选值执行，或根据暴露情景进行风险评估确定其评估标准值。

（3）原位修复后的土壤评估标准值为风险评估报告或修复方案中确定的修复目标值。

（4）清洗后大粒径石块目标污染物含量测试的评价标准值为修复方案确定的修复目标值；浸出测试的评价标准为按照HJ557规定方法获得的浸出液中有一种或一种以上的目标污染物浓度是否超过《污水综合排放标准》（GB8978）最高允许排放浓度（第二类污染物最高允许排放浓度按一级标准执行），或者是pH值是否在6~9范围之外的。

（5）二次污染区的土壤的评估标准为风险评估报告或修复方案中确定的修复目标值。

（6）采用化学氧化/还原、微生物修复技术的，修复后土壤的二次污染物的评估标准值可参照GB36600中一类用地筛选值执行，或根据暴露情景进行风险评估确定其评估标准值。

（7）采用固化/稳定化处置技术的，土壤目标污染物的浸出浓度应达到接收地的接纳标准；未明确接纳标准的，应达到接收地地下水用途对应GB/T 14848 标准限值或经风险评估确定的风险控制值。

2.评估方法

原则上统计分析法应在单个基坑或单个修复范围（原位处置）内分别进行。对于低于报告限的数据，可用报告限进行统计分析。

（1）当样本数量＜8个时，将样品检测值与修复效果评估标准逐个对比，样品检测值低于或等于评估标准值时，则判定该样品点位为合格点位。

（2）当效果评估单元样本数量≥8个时，可采用统计分析法或逐个比对法进行评估：样品均值的95%置信上限小于等于评估标准值，且样品浓度最大值不超过修复效果评估标准值的2倍时，认为评估单元达到修复效果。

（3）逐个比对法，同一污染物平行样数量≥4组时，结合t检验（参照HJ 25.5 附录C）分析采样和检测过程中的误差，确定检测值与修复效果评估值的差异。

若各检测值显著低于评估标准或与评估标准差异不显著，则认为评估单元达到修复效果。若某样品的检测结果显著高于评估标准，则认为未达到修复效果。

3.数据分析

经评估，若地块未达到修复效果，根据监测结果确定需进行补充清挖或修复的区域，补充清挖或修复后再次进行监测，直至满足修复目标的要求。

（二）地下水修复效果评估

1、评估标准值

（1）修复后地下水的评估标准值一般为风险评估报告或修复方案确定的修复目标值。

（2）化学氧化/还原、微生物修复产生的二次污染的评估标准，按照GB/T 14848中地下水使用功能对应标准值执行，或根据暴露情景进行风险评估确定，风险评估方法按照HJ 25.3执行。

2、评估方法

（1）每口监测井中的检测指标均持续稳定达标，可认为地下水达到修复效果。

（2）地下水中污染物浓度呈现稳态或下降趋势，可判断地下水达到修复效果。

（3）采用地下水中污染物浓度趋势分析确定污染物浓度呈现稳态进行判断。在95%置信水平下，若趋势线斜率显著小于0，地下水浓度呈现下降趋势；若趋势线斜率与 0 没有显著差异，说明浓度呈现稳态。

（4）土壤污染状况调查或风险评估阶段，经调查地下水为滞水的，在效果评估期间，无法采集到地下水样的，可暂时认为地下水达到修复效果。

六、结论与建议

明确地块是否达到修复效果评估标准、是否可以移出建设用地土壤污染风险管控和修复名录。对于修复后土壤中污染物浓度未达到GB 36600第一类用地筛选值的地块提出后期环境管理建议。

七、后期环境管理

直至地块土壤中污染物浓度达到GB 36600第一类用地筛选值、地下水中污染物达到GB/T 14848中地下水使用功能对应标准值为止。

在效果评估期间，因无法采集到地下水样的，可提前移出土壤污染风险管控和修复名录，但需进入后期管理，后期管理时间应满足地下水采样的批次和频次。