

中国石油和化学工业联合会团体标准

T/CPCIF

污染地块修复二次污染防范与控制
技术指南

Technical guide for secondary pollution prevention and control in
contaminated sites remediation

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中国石油和化学工业联合会 发布

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》等法律法规，保护生态环境，保障人体健康，促进污染地块的绿色可持续修复，制定本指南。

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。

本文件由中国石油和化工联合会提出。

本文件由中国石油和化工联合会标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：清华大学、生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心、生态环境部环境规划院、北京高能时代环境技术股份有限公司、森特士兴集团股份有限公司、上海康恒环境修复有限公司、中科鼎实环境工程有限公司、中节能大地环境修复有限公司、中石化第五建设有限公司。

本文件主要起草人：XXX

污染地块修复二次污染防范与控制技术指南

1 范围

本指南规定了污染地块修复二次污染防范与控制的原则、方法和技术要求。

本指南适用于污染地块修复实施过程，包括地块修复中试、修复工程实施以及修复效果评估环节的场内工程和场外工程的二次污染防范与控制。

本指南不适用于放射性污染或致病性生物污染地块的修复及其相关活动。

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。

GBZ 1 工业企业设计卫生标准
GBZ 2.1 工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素
GBZ 159 工作场所空气中有害物质监测的采样规范
GB 3096 声环境质量标准
GB 3838 地表水环境质量标准
GB 4915 水泥工业大气污染物排放标准
GB 8978 污水综合排放标准
GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准
GB 14554 恶臭污染物排放标准
GB/T 14848 地下水质量标准
GB 16297 大气污染综合排放标准
GB/T 17673 土工合成材料 聚乙烯土工膜
GB 18597 危险废物贮存污染控制标准
GB 18598 危险废物填埋污染控制标准
GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB 30485 水泥窑协同处置固体废物污染控制标准
GB/T 31962 污水排入城镇下水道水质标准
GB/T 50087 工业企业噪声控制设计规范
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和修复监测技术导则
HJ 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则
HJ 25.4 建设用地土壤修复技术导则
HJ 25.5 污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则（试行）
HJ 25.6 污染地块地下水修复和风险管控技术导则
HJ/T 55 大气污染物无组织排放监测技术导则

HJ 91.1 污水监测技术规范
HJ 164 地下水环境监测技术规范
HJ/T 193 环境空气质量自动监测技术规范
HJ 194 环境空气质量手工监测技术规范
HJ/T 397 固定源废气监测技术规范
HJ 664 环境空气质量监测点位布设技术规范（试行）
HJ 1164 污染土壤修复工程技术规范 异位热脱附
HJ 1165 污染土壤修复工程技术规范 原位热脱附
HJ 2025 危险废物收集 贮存 运输技术规范
HJ 2042 危险废物处置工程技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

二次污染 Secondary pollution

污染地块修复工程实施对环境造成的污染,包括但不限于由于修复工程导致污染地块中原有的污染物转化、扩散,以及新的污染物产生、扩散。

3.2

场内工程 On-site activities

修复工程在地块场界内的工作内容,主要包括污染土壤清挖、污染土壤场内运输、污染地下水抽出、场地内暂存、修复设施建设、场内修复系统运行和修复效果评估环节。

3.3

场外工程 Off-site activities

修复工程在地块场界外的工作内容,主要包括污染土壤场外运输、场外暂存和场外修复与处置环节。

4 总体原则与流程

4.1 总体原则

4.1.1 综合防治原则

地块修复二次污染防治与控制应当全面、综合地考虑工程对土壤、环境空气、地下水、地表水、固体废物、噪声等各种环境介质可能造成的二次污染。

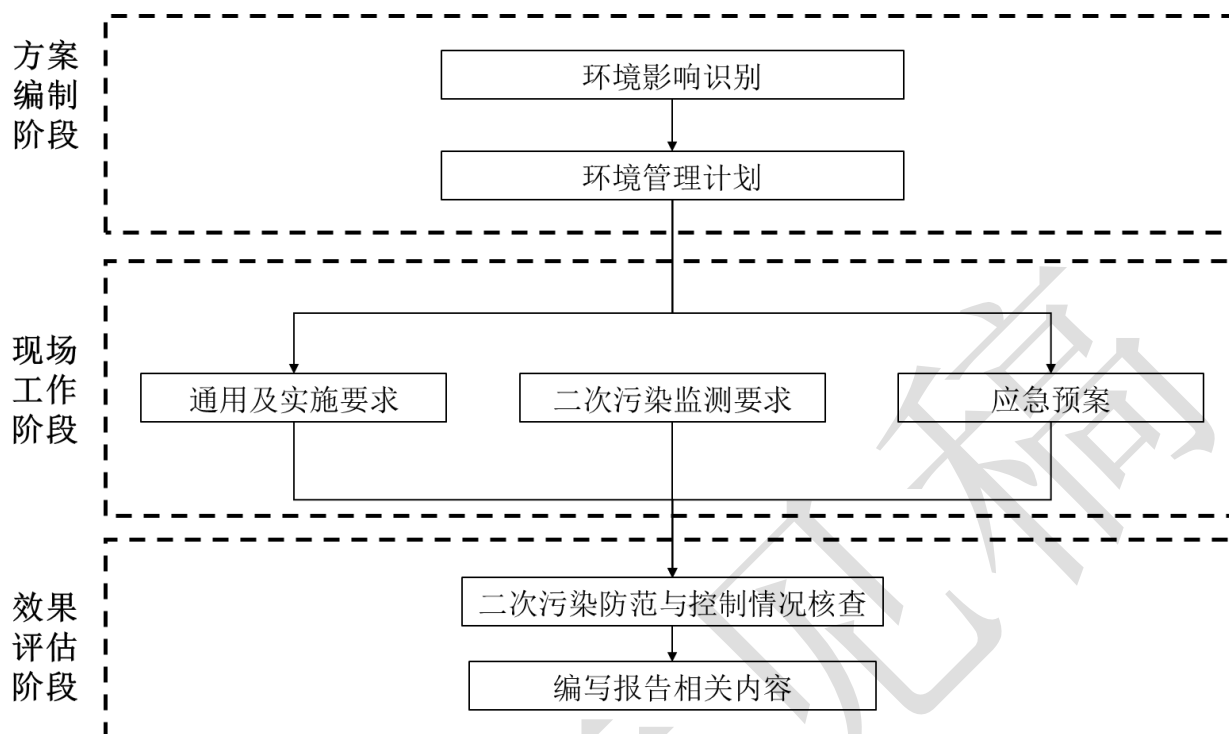
4.1.2 全过程管理原则

地块修复二次污染防治与控制应覆盖修复工程从入场到效果评估完成后退场的全过程。若实施方案发生变更,应适时调整二次污染防治与控制措施。

4.1.3 针对性原则

地块修复二次污染防治与控制措施须因地制宜,综合考虑地块水文地质条件、污染特征、用地规划及修复技术种类等特征,保障防治与控制措施切实可行。

4.2 工作流程



4.2.1 环境管理计划编制

修复实施方案中应包含环境管理计划的内容，识别修复过程潜在环境二次污染源，针对不同环节、不同环境介质制定二次污染防治与控制要求，提出二次污染监测要求和环境安全应急预案。

4.2.2 二次污染防治与控制要求落实

修复工程施工过程应根据环境管理计划落实二次污染防治与控制措施，具体包括修复工程二次污染防治与控制通用要求、实施要求，并采用现场速测和实验室分析相结合的方式，开展二次污染监测工作，若发现监测指标超过浓度限值时，应及时调整二次污染防治与控制措施，必要时启动应急预案。

4.2.3 二次污染防治与控制效果评估

修复效果评估阶段，需收集和梳理修复过程污染物排放记录及二次污染环境监测报告等信息，并进行必要的二次污染布点采样，评估二次污染防治效果。二次污染防治与控制效果评估要求参照 HJ25.5 执行。

5 环境管理计划编制

5.1 环境影响识别

5.1.1 根据地块现有资料，分析修复工程关键环节中可能产生的土壤、环境空气、地下水、地表水、固体废物、噪声等二次污染及污染产排特征等，识别污染产生重点环节。

5.2 二次污染环境管理计划

5.2.1 在地块修复开展前，应根据水文地质条件、风险管控或修复目标、技术路线、工艺参数、工程量和周期等，制定环境管理计划，包括二次污染防治与控制要求、二次污染监测要求和二次污染应急预

案，形成二次污染防范与控制规章制度、岗位操作规程等文件。

5.2.2 根据法律法规、政策、标准等相关规定，结合 5.1 中二次污染环境影响识别结果，提出修复工程实施过程中的废水、废气、噪声排放限值和固体废物管理要求，确定二次污染防范与控制目标，制定修复工程全过程土壤、环境空气、地下水、地表水、固废和噪声中产生的二次污染防范与控制措施。

5.2.3 根据环境影响识别结果，制定二次污染监测要求，判定土壤、环境空气、地下水、地表水、固体废物、噪声等能否达到国家或地方相关标准的要求。

5.2.4 污染地块修复工程实施方案中，应设置应急预案章节，依据 HJ 25.4、HJ 589 和 GB/T 39792.1 有关要求编制。

6 修复工程二次污染防范与控制通用要求

6.1 工程建设通用要求

6.1.1 修复工程建设区域，应对道路、生活区地面等进行硬化处理。

6.1.2 修复工程地块周边应搭建围挡，合理设计绿化。

6.1.3 对于涉及污染区域的修复设施搭建，应采取措施减少土壤扰动，如减少对土地占用、及时恢复施工临时用地原有土地功能等。

6.1.4 修复工程设施设备应定期进行维护保养，保证设备在正常工况下工作，避免漏油、运行异常等情况出现。

6.1.5 修复工程建设过程中，如有必要可采用设备进行降尘，可用的设备包括：雾化喷射装置、移动式喷淋除尘设备、洒水车等。

6.1.6 暂存土壤应分类存放，土壤暂存区应划分明确，不得混用，避免交叉污染。

6.1.7 土壤暂存区域地面应进行防渗或硬化处理，防渗材料可采用 GB/T17673 推荐的 HDPE 土工膜，或其它具有同等效果的人工合成材料。

6.1.8 土壤暂存过程中，暂存区域污染土壤上方应苫盖防雨布，清洁土壤上方应苫盖防尘网。

7 修复工程二次污染防范与控制实施要求

7.1 土壤二次污染防范与控制

7.1.1 土方清挖过程中，应限制清挖机械的活动范围，场地大门应建设洗车池。设备、车辆等出场前需进行清洗，防止将污染土壤带离污染区域。

7.1.2 对于挥发性、半挥发性有机物污染地块，应采取相关措施减少污染物的暴露，尽量减少污染土壤裸露面积，如对基坑和未开挖的污染区域铺设土工膜，对清挖区和暂存区进行洒水防尘等。

7.1.3 土壤运输应采用全封闭运输车，平稳行驶，防止土壤遗撒。

7.1.4 土壤运输应制定土壤转运计划（如运输联单制），对运输时间、方式、线路和污染土壤数量、去向、运输过程防护措施、最终处置措施等进行规定，实现土壤运输全过程管理。

7.1.5 土壤运输过程中，场内工程应合理规划场内运输路线，尽量避开办公区、生活区等人员密集区

域；场外工程应按当地环保等部门要求的行驶路线和准运时间运输，尽量避开居民稠密区 and 环境敏感区域。

7.2 环境空气二次污染防范与控制

7.2.1 对于存在异味物质的污染地块，推荐采取原位修复；工程实施过程中应喷洒气味抑制剂，或修建负压密闭大棚，减少异味扩散。

7.2.2 对于挥发性有机物污染地块修复过程，或其他存在污染扩散风险的异位修复过程，所有施工环节均应在密闭大棚内进行，并设置尾气收集处理系统。

7.2.3 密闭大棚宜使用钢结构膜棚，棚内设置隔离舱（隔离舱内设置送风系统）和抽风系统，定期换气。

7.2.4 有机物污染土壤的场外暂存地应位于工业区和居民集中区主导风向下风侧。受条件所限只能位于上风向的，场界应距居民集中区 1000 m 以外。

7.2.5 修复工程尾气处理设施，应满足最高污染物负荷和尾气排放限制的要求，参照 GB 16297 执行。

7.3 地下水二次污染防范与控制

7.3.1 地下水监测井的布置应涵盖可能涉及二次污染的区域；其构造应根据水文地质条件和污染物空间分布特征确定。

7.3.2 地下水监测井及土孔，地表部分应做好止水；地下部分若涉及多个含水层的，做好分层止水，防止污染物转移到其他地层或含水层。

7.3.3 地下水修复井建设不应串层，防止污染物进一步扩散。

7.3.4 地下水修复工程建设过程中，若存在对地层结构压裂或其他可能形成优先通道的情形，应避免污染物通过优先通道迅速迁移。

7.3.5 地下水修复工程实施过程中，若对地下水流场造成扰动（如抽出处理），应做好监测，防止污染物从污染区向未污染区扩散。

7.3.6 地下水修复实施工程过程中，应对可能生成的有毒副产物进行监测，并防止其扩散。

7.3.7 修复工程实施工程过程中，若涉及向土壤中投加液体药剂的情形（如原位化学氧化还原修复），应避免污染物随水力梯度向下游迁移，影响周边地下水环境。

7.4 地表水二次污染防范与控制

7.4.1 对于原位修复工程地块，场地内部及周边应依地形建设雨污收集系统和排水系统，依据现场情况可设置雨水、废水等暂存设施。

7.4.2 修复工程废水排放，应符合 GB8978、GB3838、GB/T14848、GB/T31962 及相关行业和地方标准。对于现场无法处理达标的废水，应委托有资质的单位进一步处理。

7.5 固体废弃物二次污染防范与控制

7.5.1 修复工程的一般固体废物管理，应设立专门的一般固体废物临时贮存地，设置必要的防渗、防雨等安全防范措施和明显的标志标识，由专人管理和清运。贮存和处置参照 GB 18599 的要求执行。运输途中应防止遗撒、散落，如有遗撒等情况要及时回收。

7.5.2 修复工程的危险废物管理，应设立专门的危险废物临时贮存地，设置必要的防渗、防雨等安全防范措施和明显的标志标识，由专人管理和清运。贮存参照 GB 18597 的要求执行。

7.5.3 对于危险废物的运输转移，应参照 HJ 2025、《危险废物转移联单管理办法》执行。运输途中应防止遗撒，如有遗撒等情况要及时回收。

7.6 噪声二次污染防范与控制

7.6.1 修复工程实施应尽量使用噪音低的机械设备，对强噪音设备应安装遮挡等隔音、消音装置；对于可固定的机械设备，如发电机、空压机等，可安置在施工场地临时房间内。

7.6.2 修复工程实施应注意合理安排施工时间，避免夜间施工扰民。

8 修复工程二次污染防范与控制监测要求

8.1 环境空气监测

污染地块修复工程中的环境空气监测主要包括固定源监测以及其他环境空气质量监测。

8.1.1 固定源监测

固定源废气监测的频次不应低于每周一次，点位布设、采样方式、采样时间和监测方法等参照HJ/T 397执行。固定源监测项目应包括VOCs等地块特征污染物、恶臭污染物以及其他当地环保部门关注的常规污染物。

8.1.2 其它环境空气质量监测

环境空气的监测点位应覆盖所有修复工程可能造成影响的区域，主要包括场地内修复作业区、敏感目标方向场界处。点位布设参照HJ 664执行。环境空气质量监测项目应包括VOCs等地块特征污染物和恶臭污染物。监测方式可参照HJ/T 193或HJ 194执行。

8.1.3 环境空气质量监测浓度限值

环境空气污染物的监测限值可根据实际情况参照GB 3095二级标准或HJ2.2附录D设置。监测环境空气质量超过所规定限值时，应采取应急措施，相关应急要求参照第9章执行。

8.2 水环境监测

水环境的监测内容包括污水监测、地下水监测和地表水监测。

8.2.1 污水监测

污水监测应包括修复工程中所有可能受到污染的水体，对污水处理设施各单元的污水监测，应包含常规污水监测指标及地块特征污染物。监测限值参照GB 8978执行；监测频率宜每周监测1次。采样点位布设、采样方式、监测方法等参照HJ 91.1执行。

8.2.2 地表水监测

地表水监测应包括流经污染地块内的地表水，还应在污染区外围地表水上游方向设置对照点，在污染区外围地表水下游方向设置监控点。

地表水监测项目应包含地块特征污染物。监测限值可依据实际情况参照GB 3838中IV类水质标准或地方政府规定当地水体适用的水质标准。地表水对照点位宜每2个月采样1次；监控点位及监测点位宜每个月采样1次。采样点位布设、采样方式、监测方法等参照HJ 164执行。

8.2.3 地下水监测

地下水监测范围包括地块内的地下水，还应在污染区外围地下水上游方向设置对照点，在污染区外围地下水下游方向500 m内设置监控点。

地下水监测应包含地块特征污染物和地下水水位。监测限值可依据实际情况参照GB/T 14848中IV类水质标准或地方政府规定当地水体适用的水质标准。地下水对照点位宜每2个月采样1次；监控点位及监测点位宜每个月采样1次。采样点位布设、采样方式、监测方法等参照HJ 164执行。

8.2.4 水环境监测浓度限值

污染地块修复工程中，当监测水环境质量超过所规定限值时，应采取应急措施，相关应急要求参照第9章执行。

8.3 声环境监测

8.3.1 修复工程确定各噪声敏感目标建筑或区域的方位后，应在污染地块修复工程的对应场界处均设置噪声监测点位。

8.3.2 场界噪声的监测频率宜为每月2次；监测项目为每小时声环境等效声级，昼夜、夜间声环境等效声级，以及夜间突发噪声的最大声级。

8.3.3 其它噪声监测要求参照GB 3096、GB 12523、GB 12348执行。

8.3.4 声环境的监测限值可根据实际情况参照GB 3096中2类功能区或GB 12523相关要求设置。

8.3.5 污染地块修复工程中，当监测声环境质量超过所规定限值时，应采取应急措施，相关应急要求参照第9章执行。

8.4 工作环境有害因素监测

8.4.1 在修复工程实施过程中，应参考GBZ 2.1中工作环境有害因素列表对于施工人员可能暴露的有害因素进行监测，监测采样相关要求参照GBZ 159执行。

8.4.2 对于修复工程工作场所中已确认存在的有害因素，应按照GBZ 1的要求采取综合控制措施。

8.4.3 对于施工人员工作场所中的有害因素，应根据GBZ 2.1中职业接触控制要求设置监测限值。

8.4.4 污染地块修复工程中，当监测工作环境有害因素超过所规定限值时，应采取应急措施，相关应急要求参照第9章执行。

9 二次污染防治与控制应急管理

9.1 应急预案

9.1.1 应急预案中应明确二次污染防治与控制应急管理专章、应急小组设置二次污染防治与控制专员以及针对二次污染防治与控制的应急措施。

9.1.2 强化二次污染事前预防、事中响应、事后监测的全过程应急管理，总体应遵循“先控制后处理”

原则，防止污染和损害进一步扩散。

9.2 应急响应

9.2.1 当监测环境指标超过监测限值时，应紧急启动应急预案，如停止施工、启动相应污染防扩散措施等，保障施工人员安全和环境风险可控。

9.2.2 当监测工作环境有害因素超过监测限值时，应迅速将处于危险作业环境中的施工人员撤离至安全区域，紧急启动应急预案，保障施工人员安全，防止污染扩散。

9.2.3 当接到突发环境事件预警或气象环境预警通知后，应迅速依据应急预案启动相应二次污染防范与控制措施，应急响应期间严格落实应急措施。

9.2.4 响应结束后应开展二次污染监测工作，有效防范由于突发环境事件造成的二次污染扩散，最大程度降低对周边居民健康安全和生态环境安全风险。

9.2.5 为杜绝突发环境事件污染现象重复发生，应针对事件地点开展相关监测，根据实际情况加密监测布点和监测频次，并开展事故处理后的后续监测。

9.3 应急物资

9.3.1 应确保配备雾炮机、气味抑制剂、防汛沙袋、抽水泵、防尘网等二次污染防范与控制应急物资，建立台账，定期检查，做好清单管理，按照应急预案建立高效的应急物资调配程序。

10 二次污染防范与控制效果评估

10.1 运行维护记录核查

10.1.1 污染地块修复完成后，对二次污染防范与控制设施、措施的运行记录进行核查，确保其在修复过程未随意中止，合规有序运行。

10.2 评估验收

10.2.1 污染地块修复二次污染防范与控制措施作为污染地块修复工程内容，一并纳入地块修复工程监理和工程验收。

10.2.2 污染地块修复二次污染防范与控制措施验收执行 HJ 25.5 相关规定。

附 录 A
(资料性)

常见污染地块修复技术的二次污染防范与控制特定要求

除执行正文所述要求外,当使用特定技术时,应结合技术特点制定针对性二次污染防范与控制措施。本指南分析我国常用污染地块修复技术潜在二次污染环节,提出针对性二次污染防范与控制措施。

表 A.1 常见污染地块修复技术的二次污染防范与控制特定要求

修复技术	适用范围	防范与控制措施
原位热脱附技术	污染土壤和地下水中的苯系物、石油烃、卤代烃、多氯联苯、二噁英等挥发性和半挥发性有机物。特别适用于处理高浓度及含有非水相液体的地下介质及低渗透地层。	1) 应参考HJ 1165有关要求开展原位热脱附技术修复。 2) 降水井、监测井等应设置有密闭井盖。加热区应铺设表面阻隔层,表面阻隔范围应大于抽提处理区域,阻隔材料应具有良好的隔热及防渗性能。对于高温热脱附应增加隔热保温层。采用电加热时,应在防渗层和混凝土层之前设置等电位层。在覆盖层内部需加设表面抽提井,防止地表气体集聚。 3) 针对高浓度VOCs污染地块及恶臭污染物地块,可使用无毒、可降解的泡沫抑制剂减少挥发性气体和恶臭污染物的散逸。 4) 应高频次进行有组织排放废气的取样检测,宜为每周1次。对于VOCs应进行场界内的PID日常监测。
异位热脱附技术	污染土壤中的挥发及半挥发性有机污染物(如石油烃、农药、多环芳烃、多氯联苯)和汞等物质,不适用于无机物污染土壤(汞除外),也不适用于腐蚀性有机物、活性氧化剂和还原剂含量较高的土壤。	1) 应参考HJ 1164有关要求开展异位热脱附技术修复。 2) 热脱附设备处理污染土生成的尾气需要经过高温处理,直接热脱附宜设有二燃室,温度保持在850℃-1100℃,高温尾气停留时间≥2s,保证达标后排放。 3) 土壤加水降温过程中,应设置引风机抽出混合有扬尘的气体,经过淋洗后排放。
基于抽出-处理的修复技术	抽出处理技术适用于污染地下水,可处理多种污染物。不宜用于吸附能力较强的污染物,以及渗透性较差或存在 NAPL (非水相液体)的含水层。	1) 抽提系统施工完成后,应对场地表面采用土工膜覆盖或硬化处理,防止抽提管道的“跑、冒、滴、漏”现象造成污染物从地表挥发至大气。同时应建立抽提管道定期检维修制度,每天对抽提管道进行检查。 2) 若采取多相抽提或地下水抽出-处理技术,对于设施周边区域及紧邻污染区域下游清洁区域,应布设地下水监测井,施工过程中监测频率不低于每个月1次。若出现超

		标情况，应立即采取水力控制等措施进行风险控制。
水泥窑/砖窑协同处置技术	有机污染土壤：由于水泥生产对进料中重金属及氯、硫等元素的含量有限值要求，在使用该技术时需控制污染土的添加量。	1) 污染土壤运送至厂区后应按照污染类别及污染土来源地将其分区堆放，防止与不同来源污染土壤、固体废物，以及原料产生交叉污染， 2) 重金属污染土壤原则上不宜使用该方法进行处置，如必须使用，应通过限制重金属的最大投加量和投加速率等方法控制重金属在排放烟气和水泥熟料中的浓度。排放烟气中的重金属浓度应满足GB 30485规定的浓度限值。 3) 协同处置污染土壤的水泥生产企业，除水泥窑及窑尾余热利用系统、旁路放风、污染土壤暂存及预处理等设施排气筒外的其他原料、产品的加工、贮存、生产设施的排气筒大气污染物排放和无组织排放限值及周边环境质量监控按照GB 4915的要求执行。 4) 从水泥窑循环系统排出的窑灰和旁路放风收集的粉尘如直接掺加入水泥熟料，应严格控制其掺加比例。当烟尘、窑灰、粉尘等送至厂外进行处理处置时，应按照危险废物进行管理。 5) 应配备完善的除尘系统和尾气处理系统。可用的系统类型包括：双碱法脱硫脱氟系统、布袋除尘系统等。
化学氧化/还原修复技术	化学氧化主要处理污染土壤和地下水中的大部分有机污染物，如石油烃、酚类、苯系物（苯、甲苯、乙苯、二甲苯）、含氯有机溶剂、多环芳烃、甲基叔丁基醚、部分农药等，亦可用于部分无机污染物（如氰化物）； 化学还原主要针对氯代有机物、六价铬、硝基化合物、高氯酸盐等，适用于中低浓度污染土壤或地下水的修复。此法在处理氯代有机溶剂的过程中若可能产生高毒中间污染物（如氯乙	1) 修复工程实施前应通过小试、中试试验等确定合理的化学氧化/还原剂和活化剂的使用量，避免药剂过量使用影响土壤功能。 2) 需分析化学氧化/还原可能产生的副产物及其环境影响，修复过程中应采取措施，如添加缓冲溶液、监测控制反应过程pH值变化等，以减少有毒有害副产物的生成。具体有毒有害副产物可参考附录B。 3) 修复工程实施前应调查、分析化学氧化/还原药剂是否可能使土壤中的重金属活化与迁移，评估重金属二次污染的可能性。 4) 采用反应格栅进行化学还原去除重金属后，如需拆除，需采用低扰动的方式移除反应介质，防止已沉淀的重金属重新释放进入环境中。 5) 在原位化学氧化/还原修复的区域附近下游应设置地下水监测井，若发现特征污染物浓度有变高趋势，需查明原因并采取控制措施。

	烯），则必须进行相应的监测。	
土壤淋洗技术	适用于无机及有机污染物；不适用于土壤细粒（粘/粉粒）含量高于30%~50%的土壤。	1) 经过预处理筛选出的大块物料，应去除水分并通过机械振动再次去除污染土壤，随后采用物理/化学的方法去除污染物，经过检测达到修复目标值后，方可根据技术方案进行下一步处理。 2) 淋洗设备须配套淋洗液的处理设施，场地中须设置污水收集措施和污水处理设施，确保淋洗液和污水经过处理达标后方可排放或回用。 3) 对于重金属污染土壤，淋洗主设备须在设有顶棚的设施内进行。 4) 对于有机物污染土壤，淋洗主设备须在带有有机类污染气体收集和处理设施的密闭大棚内进行，生产区域须设置排水及污水收集和处理装置。 5) 污染土壤浆液须用带有搅拌装置的容器盛放，防止浆液分层沉淀后，因维修设备导致污水外排；污染土壤浆液盛放容器须设置反冲洗或定期清堵措施。 6) 整套淋洗工艺须设置相应保障措施以确保某一设备发生故障后，污水或污染土泥浆可通过其它设备继续作业，保证污染物不出设备。
固化/稳定化技术	适用于重金属类、石棉、放射性物质、腐蚀性无机物、氰化物、氟化物、含砷化合物等无机物以及农药/除草剂、多环芳烃类、多氯联苯类以及二噁英等有机化合物。不适用于挥发性有机化合物和以污染物总量削减为效果评估目标土壤污染风险管控与修复技术手册的修复项目。当需要添加较多的药剂时，对土壤的增容效应较大，会显著增加后续土壤处置费用。	1) 对于原位固化/稳定化修复，应在区域边界应设置围堰，防止原位混合/注药/搅拌过程中泥浆外溢到污染区域外。 2) 应设置泥浆收集池，及时对外溢的泥浆进行收集，防止污染物随泥浆汇集下渗。 3) 对于异位固化/稳定化修复，预处理、混合搅拌施工应在密闭大棚内进行，防止雨水冲刷污染土壤。密闭大棚内应采取雾炮洒水等降尘措施，防止扬尘扩散。 4) 异位修复后土壤养护期间，养护区域地面应做防渗处理，外围应设置挡土墙，养护土壤应密闭覆盖，防止污染物迁移。
生物修复技术	适用于石油烃等易生	1) 实施过程中及修复后应监测污染物及有毒副产物的浓

术	物降解的有机污染物。不适用于重金属、难降解有机污染物污染土壤的修复，黏土类污染土壤。	度，对于挥发性及半挥发性污染物预处理过程及修复过程中产生的废气，应根据目标污染物种类及浓度，采取适宜技术进行达标处置。 2) 运行过程中产生的废水，集中收集后宜优先通过营养水分调配系统进行回灌利用。如确需设置废水处理系统对其进行处理，应根据废水中目标污染物种类和浓度选择适宜处理工艺。 3) 开展生物修复前，应开展小试评估降解副产物的种类和毒性，优化方案设计避免高毒性副产物累积。 4) 开展生物修复后，应评估修复效果的稳定性及长效性，避免后期因基质减少或环境变化（pH或EH改变）而造成微生物大量死亡、污染反弹的现象。
---	---	--

附录 B

(资料性)

常见污染物化学氧化/还原修复可能产生的(副)产物

表 B.1 常见污染物化学氧化/还原修复可能产生的(副)产物

	地下水典型污染物	有毒副产物	修复技术
重金属	Cr(III)	Cr(VI)	ISCO
	As (III) , As(V)	改变 pH 与 ORP, As 的可迁移性增强	生物修复, ISCO
有机物	四氯乙烯 (PCE)	三氯乙烯 (TCE)	生物修复
		顺式-1,2-二氯乙烯、	
		反式-1,2-二氯乙烯	
		氯乙烯 (VC)	
	1,1,1- 三氯乙烷	1,1 二氯乙烯	生物修复
		氯乙烯 (VC)	
		1,1-二氯甲烷	
		氯乙烷 (CA)	
	1,1,2- 三氯乙烷	1,2- 二氯甲烷	生物修复
		氯乙烷 (CA)	
	四氯化碳	三氯甲烷	生物修复
		二氯甲烷	
		氯甲烷	
	甲基叔丁基醚 (MTBE)	叔丁醇 (TBA)	ISCO
		甲酸叔丁酯	
		丙酮	
	石油烃	酮类	ISCO
		醇类	
	苯酚、亚硝酸盐	各类硝基苯酚	ISCO
其他副产物	硫酸盐	硫化氢气体	生物修复
	硝酸盐	亚硝酸盐	生物修复
		一氧化氮	
		一氧化二氮	