《污染土壤修复工厂应用技术规范》

(标准讨论稿)

编制说明

《XXXX》编制组

二〇XX年XX月

目 录

1 工作简况	3
1.1 任务来源.....	3
1.2 协作单位.....	3
1.3.1 成立标准制订编制组.....	3
1.3.2 查询国内外相关标准和文献资料、编制大纲及草案.....	3
1.3.3 编制开题论证报告及标准草案.....	3
1.3.4 召开专家指导审查会.....	4
1.3.5 召开立项评审会.....	4
1.3.6 召开专家组讨论会.....	4
1.3.7 召开征求意见稿技术审查会.....	4
2 标准制定必要性、编制依据、编制原则	4
2.1 制定必要性和重要意义.....	4
2.2 编制依据.....	6
2.2.1 政策法律依据.....	6
2.2.2 技术依据.....	6
3 国内外相关标准研究	7
4 同类工程现状调研	8
4.1 土壤修复工厂典型案例汇总.....	8
4.2 宝山南大土壤修复基地.....	8
4.3 桃浦智创城修复终端.....	8
4.4 南京小南化土壤异位修复工厂.....	9
5 主要技术内容及说明	9
5.1 基本规定.....	9
5.1.1 土壤来源.....	9
5.1.2 修复流程.....	9
5.1.3 修复技术路线.....	9
5.2 设计.....	10
5.2.1 一般规定.....	10
5.2.2 分区设计.....	11
5.2.3 预处理设计.....	11
5.3 运行维护.....	12
5.3.1 运行.....	12
5.3.2 负压密闭空间运行.....	13
5.3.3 常温解析区运行.....	13
5.3.4 化学修复区运行.....	13

5.3.5 异位热脱附修复区运行	13
5.3.6 淋洗修复区运行	13
5.3.7 废水处理区运行	13
5.3.8 废气处理区运行	14
5.4 监测	14
5.4.1 负压密闭空间监测	14
5.4.2 常温解吸区监测	14
5.4.3 化学修复区监测	14
5.4.4 异位热脱附修复区监测	14
5.4.5 淋洗修复区监测	14
5.4.6 废水处理区监测	15
5.4.7 废气处理区监测	15
5.4.8 建筑垃圾处理区监测	15
5.4.9 二次污染防治监测	15
5.5 施工与验收	15
5.5.1 施工	16
5.6 验收	16
6 标准实施的环境效益与经济技术分析	17
7 标准实施建议	17
8 征求意见处理情况说明（送审稿）	17
9 技术审查工作情况说明（报批稿）	17

《污染土壤修复工厂应用技术规范》编制说明

1 工作简况

1.1 任务来源

2021年，上海城投上境生态修复科技有限公司作为“上海市国资委”创新发展和能级提升项目《基于5G+AI的智慧固废环境物流和无害化处置关键技术研发与工程示范——数字孪生的固废智能物流体系建设》的中任务四《可移动土壤修复终端与5G+大数据的标准化设计及示范》的承担单位，负责集多功能区域为一体的修复终端设计任务，项目组通过整合修复流程、优化修复技术路线、分类设计土壤利用去向类型等，编制《土壤修复治理工厂设计与运行规范》。上海城投上境生态修复科技有限公司承担该标准的编制工作。参编单位有上海大学。

1.2 协作单位

本标准编写主要由本文件起草单位：上海大学。

1.3 主要工作过程

1.3.1 成立标准制订编制组

2023年9月任务下达后，项目承担单位上海城投上境生态修复科技有限公司即成立标准制订编制组(以下简称编制组)。编制组初步拟定了标准制订的原则、工作目标、工作内容和路线，讨论了在标准过程中可能遇到的问题、标准定位及侧重点，并根据标准编制任务，制定了详细的标准编制计划与任务分工。

1.3.2 查询国内外相关标准和文献资料、编制大纲及草案

2023年6月~12月，编制组根据《国家环境保护标准制修订工作管理办法》(国环规科技〔2017〕1号)、《污染场地修复技术目录(第一批)》等相关规定，检索、查询和收集国内外相关标准和文献资料，对现有关于土壤修复的方法、研究进展以及存在的问题进行了调研，在整理借鉴的基础上进行归纳和总结，对方法中涉及的采样点布设、样品采集、采样周期和频率以及分析方法等的确定和选择等主要内容进行了初步的探讨和总结，确定了土壤修复技术规程的技术路线和主要研究内容。

1.3.3 编制开题论证报告及标准草案

2023年6月~12月，编制组根据拟定的技术路线，开展了土壤修复等相关实验研究，并在此基础上编写了开题论证报告及标准草案。

1.3.4 召开专家指导审查会

年 月 日，邀请行业内相关院士、专家进行了标准方向、内容和规划等方面的审查，并提出了标准草案相关修改意见。年 月 日，邀请专家对团体标准制定流程及相关要求进行深度解析，标准主编人员汇报标准编制进度、修改情况及待解决的问题，专家对存在的问题提出可行性建议。

1.3.5 召开立项评审会

年 月 日，中华环保联合会组织召开了本项目立项评审会。专家委员会听取了编制汇报，经质询和讨论，通过了本项目的立项审查，并提出以下主要修改意见：

1.3.6 召开专家组讨论会

年 月 日，中华环保联合会组织召开了专家组讨论会。专家委员会听取了标准编制汇报，经讨论，提出了以下主要修改意见：

会后，编制组根据专家修改意见对标准草案进行了进一步修改和完善，并对格式进行了修改。

1.3.7 召开征求意见稿技术审查会

年 月 日，中华环保联合会组织召开了本项目的征求意见稿技术审查会。专家组听取了标准编制组的汇报，经过质询、讨论，专家组通过了该标准征求意见稿的技术审查，并提出以下修改意见和建议：

会后，编制组按照专家意见对标准文本征求意见稿和编制说明进行了修改，编制说明中完善了 适用方法，增加了最新的国内相关标准，标准文本中修改了 ，简化了采样装置说明，增加了 相关内容。

2 标准制定必要性、编制依据、编制原则

2.1 制定必要性和重要意义

政府层面：

(1) 生态环境局：解决污染土壤治理问题，降低投诉风险。

修复终端能接收土地流转过程中各种污染类型的土壤并进行修复治理，其配备的各种修复工艺能满足各种土壤的修复治理需求。集中修复也可减轻监管负担。

同时，污染地块一般位于市区，周边敏感源较多，而修复终端可设置于郊区，周边敏感源少，能大大降低土壤修复治理过程中的环境风险，避免引发群众投诉。

(2) 绿化和市容管理局：解决城市工程渣土处置问题。

当前城市工程渣土产生量急剧增长，市场反应滞后、处置能力不足，部分土方单位常因找不到卸点而耽误工期，更有甚者违法倾倒，造成环境问题。修复终端能作为城市工程渣土的接纳场所，解决渣土处置问题。

(3) 规划和自然资源局：解决地块流转周期长问题。

地块污染土壤清挖完全后，修复终端能为遗留的基坑提供清洁土进行回填。该地块无需等待污染土壤异位修复完成，即可进入开发周期，使得地块周转速度大大加快，可缩短 1-2 年的周期。

公司层面

基于国家法规要求以及土壤修复市场的切实需求，通过建立覆盖区域的土壤修复终端，集中处置建设用地流转过程中的污染土壤，改善目前异地处置方式存在的设施不规范、产能不足、技术不完善、临时修复设施重复投资、二次污染严重等一系列问题。另外，大批量污染土集中处理还能降低修复成本，获取一定的经济效益。行业内许多大型环保公司都致力于推进建立修复终端的商业模式，项目的建设对企业有如下意义：

(1) 提高当地市场份额：随着建立修复终端，能够运用于整个区域的污染土壤地块处理，在前期与政府或者业主单位对接时，借助终端能够更快的在特定区域里符合市场治理需求，撬动并占领市场。

(2) 降低成本：目前土壤修复项目相对比较分散且独立，每个土壤修复项目都涉及独立的修复设备的安装及使用，相对成本较高，若建立了修复终端，将临近污染土都运送至修复终端进行集中式处理，将会大幅度降低设备安装运营等成本，为开拓市场奠定了基础。

(3) 资源化利用：根据环境风险的高低，合理利用当地和附近区域产生的土壤，不但能够加速修复已有的污染场地，更极大地缓解了填埋压力。根据当地土壤资源化利用所节省的修复费用则为社会各方分享，实现多赢。同时，终端化修复模式服务于区域性土地整治与开发，可以持续开展修复工程服务，可有效兼顾整个开发区域的土壤和地下水污染风险、规划用地功能、区域环境条件及地块开发进程等因素。

(4) 环境效益：稳定运行的修复终端可以对二次污染防治措施进行更大的投入，配备成熟完善的二次污染防治设施，对整个修复环节环境污染物排放采取有效的控制，极大的减少了二次污染物的产生与排放，实现全过程的二次污染有效防控，降低修复全过程的环境风

险。

(5) 可复制性:修复终端模式可复制性强,便于推广,且随着处理规模要求的提高,修复终端可随时进行复制再建设,减少前期决策和设计周期。

通过建立固废处置终端,公司可借助环境集团国内固废行业起步最早的企业优势,有助于公司在土壤修复的业务领域中获取更多资源,尤其是在有许多大型片区性治理的市场需求,修复终端作为项目短期融资途径,可以有效地将片区性开发建设与污染土壤处置终端及资源化利用途径相结合,以全新的视角占领市场。

制定土壤修复治理工厂设计与运行规范是弥补我国现阶段土壤集中处理终端领域技术空白的迫切需求。该技术标准的制定还可以进一步提高土壤修复工厂设计和运行的规范性,为土壤修复工厂工程的设计、调试和运行提供标准化指引,强化修复质量管控以及方便工程的监督和管理工作的,具有重要的经济效益和社会效益。

2.2 编制依据

2.2.1 政策法律依据

《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》

2.2.2 技术依据

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 8978	污水综合排放标准
GB/T 10067	电热和电磁处理装置基本技术条件
GB 12348	工业企业厂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 17643	土工合成材料 聚乙烯土工膜
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 36600	土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)

GB 50013	室外给水设计规范
GB 50015	室内给水设计规范
GB 50019	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50028	城镇燃气设计规范
GB 50037	建筑地面设计规范
GB 50058	爆炸危险环境电力装置设计规范
GB/T 50087	工业企业噪声控制设计规范
GB/T 51403	生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术标准
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/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 1231	土壤环境 词汇

2.3 编制原则

1) 规范性原则

本标准按照 GB/T 1.1-2020 有关规定，确定标准的结构和内在关系，标准条文层次的划分符合 GB/T 1.1 的规定。

2) 统一性原则

本标准的编写和表达方式在三个方面实现统一：一是标准结构的统一，即标准中的章、条、段、表、图和附录的排列顺序与 GB/T1.1 的要求统一；二是文体的统一，即类似的条款由类似的措辞来表达，相同的条款由相同的措辞来表达；三是术语的统一，即同一个概念使用同一个术语，每一个术语尽可能只有唯一的含义。

3 国内外相关标准研究

由于土壤修复治理工厂设计与运行具有高度复杂性，且尚未发现有公开的相关技术规范，亟需制订一套完整的土壤修复治理工厂设计与运行规范加以指导。

4 同类工程现状调研

4.1 土壤修复工厂典型案例汇总

编制组对国内土壤修复工厂工程进行了广泛调研，并对典型项目的工艺路线、系统配置等进行了重点梳理。结果如表 1 所示。

表 1 土壤修复工厂项目工艺对比

序号	项目名称	系统规模	设计工艺
1	宝山南大土壤修复基地	20 万 m ³ /年	建有封闭式处置车间、防渗堆场、检测实验用房以及配套的废水、废气处理构筑物，配备了污染土壤淋洗、固化稳定化、高级氧化、强化气相抽提、热脱附以及污染土破碎、筛分、混合搅拌等系列专业技术装备
2	桃浦智创城修复终端	50 万 m ³	土壤分类暂存区、化学氧化施工区、常温解吸施工区、热脱附施工区、淋洗施工区、尾气处理区、土壤和待检区等功能区，并配套有地磅、洗车池、办公区
3	南京小南化土壤异位修复工厂	20 万 m ³ /年	异位高级氧化、常温热解吸、直接热脱附和间接热脱附

4.2 宝山南大土壤修复基地

宝山南大土壤修复基地是 2012 年以来宝山探索城市转型区域土壤集中修复的成果展示，也是土壤污染修复国家试点示范项目的成绩体现。该基地由上海市环科院于 2017 年 12 月建成并投入运行，占地约 6 万 m²，建有封闭式处置车间、防渗堆场、检测实验用房以及配套的废水、废气处理构筑物，配备了污染土壤淋洗、固化稳定化、高级氧化、强化气相抽提、热脱附以及污染土破碎、筛分、混合搅拌等系列专业技术装备，可用于重金属污染土、有机污染土及复合型污染土异位集中修复处置，设计年处理量污染土可达 20 万方。

4.3 桃浦智创城修复终端

上海桃浦智创城规划开发区位于普陀区，东至真北路，西至外环线，南至金昌路，北至沪嘉高速，土地面积约为 7.92 平方公里。1950 年-2008 年，该区域为桃浦工业区，曾聚集有大量的工业生产企业，由于生产工业和环保设施相对落后，区域内的土壤和地下水普遍受到污染，为上海“十大重污染地区”之一。2012 年，上海市政府将该区域规划为宜业，宜居、生态一体化的现代化城区。随之而来的桃浦智创城核心区污染治理是上海市首个，也是目前最大的区域性棕地治理。

2016 年，上海桃浦智创城开发建设有限公司组织开工 613 地块（原三维制药厂）修复工程，该地块总面积约 9 万 m²，地块内建设有 2 个修复大棚，每个大棚占地面积约 8000 m²，大棚配有地面防渗系统、排风送风系统、尾气处理系统等，用于处置 613 地块内的污染土壤。

随着整个规划区域整治开发的推进，613 地块逐渐演变为桃浦地区土壤“修复工厂”，地块内先后建成了土壤分类暂存区、化学氧化施工区、常温解吸施工区、热脱附施工区、淋洗施工区、尾气处理区、土壤和待检区等功能区，并配套有地磅、洗车池、办公区等辅助设施，成为服务于整个规划区域整治开发的修复终端，用于接收桃浦工业区内多个污染地块的

污染土壤，进行集中修复。截止 2021 年，该修复终端先后处置了桃浦 613 地块、654 地块、607 地块、621A 地块、603 等地块污染土壤和地下水，累计处理污染土壤 50 万 m³，极大的节省了修复成本，提升了修复效率，降低了二次污染风险，促进了生态修复的持续发展。

4.4 南京小南化土壤异位修复工厂

南京市燕子矶地区占地约 14 平方千米，是南京市传统老工业集中地，曾经密集分布了 66 家化工企业，其中最大的为“小南化”，占地 700 亩。2005 年“小南化”与南化公司合并后从燕子矶地区迁至南京市江北。2011 年 4 月，燕子矶地区 51 家小化工企业全部关停。2013 年年底，15 家大化工企业全面停产、退城入园。在污染企业搬迁之后，释放土壤修复项目需求。

南京小南化土壤异位修复工厂位于南京市主城东北部燕子矶地区，2019 年建设运行，服务于该地区污染治理，总面积约 10 万 m²，建有封闭式处置车间、防渗堆场、废气处理构筑物，配备了异位高级氧化、常温热解吸、直接热脱附和间接热脱附等系列专业技术装备，可用于有机污染土异位集中修复处置，设计年处理量污染土可达 20 万 m³，目前已经修复了超过 30 万 m³ 污染土壤。

5 主要技术内容及说明

5.1 基本规定

5.1.1 土壤来源

土壤来源包括不符合 GB 36600 规定的建设用地土壤、河道淤泥/底泥、垃圾填埋场垃圾土等。污染类型可包括半挥发性有机污染（SVOCs）、挥发性有机污染（VOCs）、重金属污染及复合污染。

5.1.2 修复流程

- （1）污染土壤进入土壤修复工厂后，先进行检测分析，确定污染物种类和污染特征。
- （2）选择合适的修复技术、工艺参数和现场试验，并制定修复方案。
- （3）根据修复方案，进行现场施工。
- （4）修复后的土壤暂存并自检，合格后由第三方效果评估单位验收，验收合格的土壤按设计要求处理处置。

5.1.3 修复技术路线

针对不同污染因子修复工厂拟定的修复技术路线如下：

（1）对于不同类型的有机污染土壤，修复技术的选择依据浓度水平确定。超标 10 倍以上的高浓度挥发性有机污染或半挥发性有机污染土壤采用热脱附修复技术；超标 2-10 倍的中浓度挥发性有机污染或超标 10 倍以内中浓度半挥发性有机污染土壤采用化学修复技术；超标 2 倍以内的低浓度挥发性有机污染土壤采用常温解吸修复技术；

（2）重金属污染土壤采用淋洗修复技术，分离末端的粘粒采用增溶洗脱或固化稳定化

技术；

(3) 有机物和重金属复合污染土壤修复，当修复工期紧张，氧化与淋洗能协同去除有机污染与重金属污染时，采用增效淋洗技术同步去除有机污染物和重金属污染物；当修复工期充足，氧化与淋洗反应存在互相干扰时，采用分步先去有机污染物，后淋洗去除重金属污染物，或去除有机污染物，后淋洗去除重金属污染物，协同或拮抗情况根据小试结果判断。

5.1.4 土壤去向

修复后土壤的再利用包括下列利用：

修复后土壤的再利用包括下列利用：

- (1) 原址利用：建筑用地回填、道路路基材料等道路设施用土、绿地用土等。
- (2) 异址利用：土地整理复垦、绿化工程、垃圾填埋场覆土等。
- (3) 资源化利用：建筑材料、土壤改良剂等。

5.2 设计

5.2.1 一般规定

5.2.1.1 土壤修复工厂设计包括主体工程、辅助工程和配套设施，分区布置，主体工程和辅助工程应衔接便利。

5.2.1.2 污染防治设施应与主体工程同步设计。

5.2.1.3 公用设计符合下列规定：

(1) 电气系统用电负荷为 AC 380/220V，高压配电装置、继电保护、安全自动装置、过电压保护和接地、照明设计等符合 GB 50052、GB/T 14285、GB 50065、DL/T 620、GB 50034、GB 50054 的规定。电加热设备符合 GB/T 10067 的规定；

(2) 燃气贮存及供给符合 GB 50028 的规定；有防尘防爆要求的空间符合 GB 50058 的规定。

(3) 给排水及消防设计符合 GB 50013 和 GB 50015 的规定。

(4) 采暖通风与空气调节设计符合 GB 50019 的规定。

5.2.1.4 修复区域地面采用防渗结构，采用硬化防渗地坪时，采用结构设计：

(1) 地坪结构从下到上为垫层、土工布、高密度聚乙烯膜（HDPE）、土工布、混凝土层；

【说明】底部采用 HDPE 膜，上面铺设一层土工布，保护下层防渗结构，土工布上浇筑混凝土，进一步提高防渗效果，并硬化地坪，便于施工。

(2) 垫层厚度不小于 60mm，垫层坚实、平整；

【说明】《建筑地面设计规范》（GB50037-2013）和经验值。

(3) 土工布 采用非织造土工布且规格不小于 600g/m²；

【说明】《生活垃圾卫生填埋场防渗系统工程技术标准》（GB/T51403-2021）和经验值。

(4) HDPE 膜厚度不应小于 1.5mm；

【说明】《生活垃圾处理处置工程项目规范》（GB 55012-2021）和经验值。 (5) 混凝土层厚度不应小于 300 mm，采用石子粗骨料，最大颗粒粒径不大于混凝土层厚度的 2/3，

删除[文虎 唐]:

强度等级不小于 C20。

【说明】《混凝土结构设计规范》（GB50010-2010）和经验值

5.2.2 分区设计

土壤修复工厂包括主体工程、辅助工程和配套设施等。包括下列内容：

（1）主体工程包括预处理区、修复治理区、暂存区。预处理区包括筛分、摊铺晾晒等；修复治理区包括化学修复、常温解吸修复、异位热脱附修复、淋洗修复、废水处理、废气处理、建筑垃圾处理等；暂存区包括污染土、修复后土壤、一般固废存放。

（2）修复工厂设置负压密闭空间，涉及挥发性及半挥发性污染土壤在负压密闭空间中预处理、修复及存储。

（3）辅助工程包括能源供应、给排水及消防、供配电、通风与空气调节、实验室、库房等。

（4）配套设施包括办公室、值班室、厂区围挡、道路等。

5.2.3 预处理设计

预处理区设计符合下列规定：

- （1）预处理区面积根据设计处理能力确定，并在区域内根据污染类型分区；
- （2）配置脱水、分选、破碎、筛分、混合、搅拌、输送等设备；
- （3）污染土壤采用梯形堆放。

5.2.3.1 负压密闭空间设计

负压密闭空间设计符合下列规定：

- （1）采用稳定密闭的结构和抗腐蚀性材料；
- （2）出入门系统至少设置两个车辆入口、一个人员出入门、两个紧急情况安全门。车辆出入门宜设置两道门；
- （3）设置送风系统、尾气收集系统、安全监测系统、监控和照明系统、智能管理控制系统；
- （4）热脱附修复技术预处理和进料阶段，常温解吸修复技术，挥发性污染物的化学修复技术置于负压密闭空间。

5.2.3.2 化学修复区

化学修复区设计应符合下列规定：

- （1）功能区宜分为污染土壤暂存区、预处理区、处理区、养护区等，当涉及挥发性污染物时，需设置在负压密闭空间内，当不涉及挥发性污染物时，可在其他区域单独设置；
- （2）修复设备宜采用耐腐蚀性、耐磨损性和较高机械强度的材料，满足于修复工程量、工期等要求。

5.2.3.3 异位热脱附修复区

异位热脱附修复区设计应符合下列规定：

- （1）功能区宜分为污染土壤暂存区、预处理区、进料区、处理区、废气处理区等，暂存区、预处理区、进料区均设置在负压密闭空间内，其他功能区紧挨负压密闭空间设置；

(2) 热脱附设备及管件宜采用耐酸性气体、耐高温腐蚀的耐火材料，满足于修复工程量、工期等要求。

5.2.3.4 淋洗修复区

淋洗修复区设计应符合下列规定：

- (1) 功能区宜分为污染土壤暂存区、预处理区、处理区、废水处理区等；
- (2) 淋洗设备及管件宜采用结构稳定、耐久耐腐蚀的材料，满足于修复工程量、工期等要求。

5.2.3.5 废水处理区

废水处理区设计应符合下列规定：

- (1) 水处理设备及管件宜采用结构稳定、耐久耐腐蚀的材料；
- (2) 涉及挥发性污染物时，应对水处理区采取密封加盖措施。

5.2.3.6 废气处理区

废气处理区设计应符合下列规定：

- (1) 尾气设备及管件宜采用结构稳定、耐腐蚀、耐高温的材料。

5.2.3.7 建筑垃圾处理区

建筑垃圾处理区设计应符合下列规定：

- (1) 根据污染类别分类堆放建筑垃圾；
- (2) 应在高压水流冲洗区的四周设置围堰收集废水。

5.2.3.8 暂存区

暂存区设计应符合下列规定：

- (1) 占地面积应根据处理能力、修复自检周期及效果评估验收周期综合设计；
- (2) 暂存区内应根据不同类型的堆土设置信息标识牌。

5.3 运行维护

5.3.1 运行

5.3.1.1 一般规定

5.3.1.1.1 污染土壤修复工厂运行在满足设计工况条件下进行，并根据工艺要求，定期检查设备、电气、自控仪表及建（构）筑物，确保系统稳定运行。

5.3.1.1.2 运行建立健全与污染土壤修复工程相关的各项规章制度、运行维护和操作规程，建立主要设备运行状况及药剂购买使用的台账制度。

5.3.1.2 运行管理

5.3.1.2.1 人员上岗前完成下列专业培训：

- (1) 启动前检查；
- (2) 设备正常运行操作，包括启动和关闭；
- (3) 控制、报警和指示系统运行、检查及纠正操作；
- (4) 最佳运行条件、污染物去除效率控制和调节，以及设备良好运行条件的维持；
- (5) 设备运行故障的发现、检查和排除；
- (6) 事故或紧急状态下的操作和处理；
- (7) 设备定期维护；
- (8) 设备运行及维护记录，以及其他事件的记录和报告。

5.3.1.2.2 运行管理定期对污染土壤修复工程的管理和运行人员培训，掌握正常运行操作和应急情况处理措施。

5.3.1.2.3 建立污染土壤修复工程运行状况、设施维护和生产活动的记录制度，主要记录内容包括：

- (1) 系统启动、停止时间；
- (2) 系统运行工艺控制参数；
- (3) 主要设备的运行和维修情况；
- (4) 药剂添加情况；
- (5) 生产事故及处置情况；
- (6) 定期检测、评价及评估情况。

5.3.1.2.3 运行人员按规定落实交接班制度和巡检制度。

5.3.2 负压密闭空间运行

保持负压密闭空间微负压状态，通过机械通风持续进行换气，排出的废气收集至废气处理设备进行处理。

5.3.3 常温解析区运行

(1) 污染土壤破碎筛分工段：土壤粒径筛至 60 mm 以下；

【说明】《污染土壤修复工程技术规范固化/稳定化》（HJ 1282-2023），土壤预处理时应把土壤筛分至<50 mm。《土壤污染防治先进技术装备目录》中，异位间接热脱附技术装备对土壤进料粒径<30 mm；异位直接热脱附技术装备进料粒径<50 mm；污染土壤异位淋洗修复技术预处理去除粒径>50 mm 渣块；土壤与修复药剂自动混合一体化设备进料粒径<30 mm。此处的 60 mm 为工程上常用的经验值。

(2) 药剂投加工段：药剂均匀地添加至破碎筛分后的污染土壤，投加配比为 1~2%；

【说明】中国石油和化学工业联合会团体标准《石油化工类有机污染地块 化学氧化修复技术指南》（征求意见稿），药剂添加量差值常为药土质量比 0.5%-2%，应根据实验小试和现场中试试验的结果确定，常用值为 1~2%

(3) 土壤养护工段：经氧化处理的土壤宜养护 5 天以上，使用防雨布覆盖土壤堆体，土壤含水率控制在 35~45%。

【说明】中国石油和化学工业联合会团体标准《石油化工类有机污染地块 化学氧化修复技术指南》（征求意见稿），有机污染土壤添加药剂完成后，运输至养护区养护 3-7 天。

5.3.4 化学修复区运行

化学修复区的运行操作参考 5.3.3。

5.3.5 异位热脱附修复区运行

异位热脱附修复区的运行操作应按 HJ 1164 的规定执行。

5.3.6 淋洗修复区运行

运行符合下列规定：

- (1) 对于含水率低、黏性土含量低、不易结块的污染土，直接进料；
- (2) 对于含水率高、易结块黏性土，先摊铺晾干，再破碎筛分成小颗粒后进料；

5.3.7 废水处理区运行

参照 HJ 2006、HJ2015 执行。

5.3.8 废气处理区运行

参照 HJ 2000 执行。

5.4 监测

5.4.1 负压密闭空间监测

监测应符合下列规定：

(1) 监测数据包括下列内容：

- a) 密闭空间的负压值；
- b) 密闭空间内的空气污染监测参数；
- c) 残余药剂含量、中间产物、pH 值及含水率等运行参数；
- d) 气温、湿度等环境参数。

(2) 按修复目标要求对修复后的土壤采样检测，采样检测符合 HJ 25.5 的规定。根据土壤再利用途径，绿化用土监测参照 GJ/T 340 执行，道路设施用土监测参照 JTG D30 执行。

(3) 除对土壤检测外，修复工厂运行期间对修复工厂环境监测，包括大气、排放水体及噪音环境等。

5.4.2 常温解吸区监测

监测应符合下列规定：

(1) 监测数据包括下列内容：

- a) 中间产物、pH 值及含水率等运行参数；
- b) 气温、湿度等环境参数。

(2) 负压密闭空间监测参照本文件 7.2.1 执行。

5.4.3 化学修复区监测

监测应符合下列规定：

(1) 监测数据包括下列内容：

- a) 中间产物、pH 值及含水率等运行参数；
- b) 气温、湿度等环境参数。

(2) 负压密闭空间监测参照本文件 7.2.1 执行。

5.4.4 异位热脱附修复区监测

监测应符合下列规定：

(1) 监测数据应包括下列内容：

- a) 工艺系统在各种工况下安全、经济运行的参数；
- b) 电动、气动和液动阀门启闭状态及调节阀开度；
- c) 仪表和控制用电源、气源、液动源及其他必要条件供给状态和运行参数；
- d) 气温、湿度、风力、风向等环境参数。

(2) 负压密闭空间监测参照本文件 7.2.1 执行。

5.4.5 淋洗修复区监测

监测应符合下列规定：

(1) 监测数据应包括下列内容：

- a 工艺系统在各种工况下安全、经济运行的参数；
 - b 传感器、压力计、流量计等运行状态和运行参数。
- (2) 负压密闭空间监测参照本文件 7.2.1 执行。

5.4.6 废水处理区监测

监测应符合下列规定：

- 1) 工艺系统在各种工况下安全、经济运行的参数；
- 2) 传感器、压力计、流量计等运行状态和运行参数；
- 3) 污泥处理系统中污泥产量、含水率等参数。

5.4.7 废气处理区监测

监测应符合下列规定：

- 1) 工艺系统在各种工况下安全、经济运行的参数；
- 2) 压力计、流量计和其他必要条件的供给运行状态和运行参数；
- 3) 废气排放口排放浓度、排放速率等运行参数；
- 4) 气温、湿度、风力、风向等环境参数。

5.4.8 建筑垃圾处理区监测

监测应符合下列规定：

- 1) 工艺系统在各种工况下安全、经济运行的参数；
- 2) 运转速率、功率等运行状态和运行参数。

5.4.9 二次污染防治监测

5.4.9.1 大气环境监测符合下列规定：

- (1) 环境空气污染物的监测限值根据实际情况参照 GB 3095 或 HJ2.2 设置。
- (2) 固定源废气监测按 HJ 916 的要求开展监测，并涵盖当地环保部门关注的常规污染物。
- (3) 环境空气的监测点位布设按 HJ 664 执行；监测方式参照 HJ/T 193 或 HJ 194 执行。

5.4.9.2 水环境监测

- (1) 污水监测频率根据排放或回用需求确定。采样点位布设、采样方式、监测方法等参照 HJ 91.1 执行。
- (2) 地表水监测采样点位布设、采样方式、监测方法等参照 HJ 164 执行。
- (3) 地下水监测限值参照 GB/T 14848 或地方政府规定的适用水质标准。对照点位每 2 个月采样 1 次，监控点位及监测点位每月采样 1 次。采样点位布设、采样方式、监测方法等参照 HJ 164 执行。

5.4.9.10 声环境监测

监测项目包括每小时等效声级、昼夜等效声级以及夜间突发噪声的最大声级。监测要求参照 GB 12523 执行。

5.5 施工与验收

5.5.1 施工

5.5.1.1 负压密闭空间施工

热脱附修复技术预处理和进料阶段，常温解吸修复技术，挥发性污染物的化学修复技术置于负压密闭空间。

5.5.1.2 常温解吸区施工

工艺实施符合下列规定：

(1) 污染土壤与药剂充分混合后堆置养护，调节养护温湿度，并在土堆周围建设围堰或导流渠；

(2) 实施设备可选用挖掘机、翻抛机等设备用；

(3) 根据修复目标值、修复工程量和工期等调整翻抛频率。

5.5.1.3 化学修复区施工

工艺实施应符合下列规定：

(1) 污染土壤与药剂充分混合后堆置养护，采用苫盖、喷水等措施，调节养护的温湿度。并在土堆周围建设围堰或导流渠；

(2) 药剂混合可选用挖掘机、翻抛机、土壤改良机等设备；

(3) 一定时间后污染物未持续减少，通过翻土、补充活化药剂、调节土壤水分和 pH 值等，促进药剂与污染物的进一步反应，提高污染物的去除率。

5.5.1.4 异位热脱附修复区施工

热脱附施工参照 HJ 1164 执行。

5.5.1.5 淋洗修复区施工

工艺实施应符合下列规定：

(1) 主体工程包括预处理、进料、混合制浆、筛分洗涤、增效洗脱、泥浆浓缩、泥水分离、废水处理和固体废物处理处置工段以及检测和过程控制系统等，涉及汞和挥发性有机物污染修复时还应包括废气处理工段。

(2) 辅助工程宜包括能源供应、给排水和消防、供配电、库房基础和构筑物等。

5.5.1.6 废水处理区施工

废水处理工艺包括混凝、氧化、化学沉淀等，根据污染物进行选择 and 组合。处理工艺参照 HJ2006、HJ2015 执行。

5.5.1.7 废气处理区施工

废气处理工艺包括包括除尘、吸附等预处理，化学洗涤、光催化、低温等离子体、脱硫脱硝等深度处理，根据废气成分选择工艺设备组合。处理工艺参照 HJ2000 执行；

删除[文虎 唐]: e

5.5.1.8 建筑垃圾处理区施工

(1) 按照污染类别分类堆放建筑垃圾，设置标识牌，防止混合污染；

(2) 及时收集冲洗废水，并运输至废水处理区进行处理。

5.6 验收

5.6.1 修复后土壤验收符合 HJ25.5 的规定。

6 标准实施的环境效益与经济技术分析

稳定运行的修复终端可以对二次污染防治措施进行更大的投入，配备成熟完善的二次污染防治设施，对整个修复环节环境污染物排放采取有效的控制，极大的减少了二次污染物的产生与排放，实现全过程的二次污染有效防控，降低修复全过程的环境风险。

本标准的实施，将为土壤修复工厂的推广应用提供引领，对污染土壤处理行业将产生深远影响，带动传统污染土壤处理模式发生革命性变化，提高我国环保产业的核心竞争力；助力打造优质土壤生态系统，提高公众对环境的满意度，形成良好的社会效应和环境效益。

7 标准实施建议

本标准发布后，可为土壤修复治理工厂的设计、调试和运营提供技术依据。建议标准发布后，作为行业的一种推荐标准实施，在污染土壤处理厂（场）、设计院、研究院、工程公司等相关单位进行广泛宣贯。

8 征求意见处理情况说明（送审稿）

9 技术审查工作情况说明（报批稿）