

团 体 标 准

T/SHAEPI 0XX—202X

污染土壤修复工厂建设规范

Construction Standard for the Central Contaminated Soil Remediation Plant

(征求意见稿)

202X-XX-XX 发布

202X-XX-XX 实施

上海市环境保护产业协会 发布

目次

前 言	ii
引 言	iii
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总体要求	3
5 修复工艺与设施配置	5
6 工厂设计要求	8
7 工程施工与验收	14
附录 A（资料性附录） 污染土壤异位淋洗修复工艺与设施	15
附录 B（资料性附录） 污染土壤异位高级氧化修复工艺与装备要求	16
附录 C（资料性附录） 污染土壤异位热脱附修复工艺与装备要求	17
附录 D（资料性附录） 污染土壤异位化学热升温解吸修复工艺与装备要求	18

前 言

本规范按照 GB/T 1.1—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。

请注意本规范的某些内容可能涉及专利。本规范发布机构不承担识别专利责任。

本规范由上海市环境保护产业协会提出。

本规范由上海市环境保护产业协会归口。

本规范主编单位：上海市环境科学研究院、上海建工环境科技有限公司

本规范参编单位：同济大学、上海格林曼环境技术有限公司、上海申环环境工程有限公司、上海建科环境技术有限公司、上海亚新城市建设有限公司、上海贤晋质安环保科技有限公司、上海田苑环境科技有限公司、励拓安答(上海)环境工程技术有限公司、上海博沃辰环保科技有限公司、上海博优环境科技发展有限公司。

本规范主要起草人：

本规范参与起草人：

本规范首批承诺执行单位：

本规范为首次发布。

引 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》和《上海市土壤污染防治条例》，保护生态环境，保障人体健康，防治土壤污染，指导污染土壤修复工厂的建设，为管理部门提供技术支撑，特制定本规范。

污染土壤修复工厂建设规范

1 范围

本规范规定了污染土壤修复工厂的总体建设、平面布置、修复设施配置要求，以及建构筑物、设备基础、安全生产设施、二次污染监控设备设施的设计、建设、验收及试运行等的技术要求。

本规范适用于污染土壤修复工厂新建、改建及扩建项目的设计、施工建设与竣工验收全过程。本规范不适用于污染土壤修复工厂建设项目可行性研究、环境影响评价、立项审批等前期工作。其他集中式异位土壤修复基地可参照执行，污染地块土壤异位修复工作也可参照执行。

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规范必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本规范；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

GB 3095	环境空气质量标准
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 12348	工业企业厂界环境噪声排放标准
GB 15603	危险化学品仓库储存通则
GB 16297	大气污染物综合排放标准
GB 18597	危险废物贮存污染控制标准
GB 18599	一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准
GB 36600	土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）
GB 50007	建筑地基设计规范
GB 50009	建筑结构荷载规范
GB 50010	混凝土结构设计规范
GB 50011	建筑抗震设计规范
GB 50013	室外给水设计标准
GB 50014	室外排水设计标准
GB 50015	建筑给水排水设计标准
GB 50016	建筑设计防火规范
GB 50019	工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
GB 50029	压缩空气站设计规范
GB 50034	建筑照明设计标准

GB 50037	建筑地面设计规范
GB 50052	供配电系统设计规范
GB 50053	20kV 及以下变电所设计
GB 50054	低压配电设计规范
GB 50057	建筑物防雷设计规范
GB 50067	汽车库、修车库、停车场设计防火规范
GB 50140	建筑灭火器配置设计规范
GB 50187	工业企业总平面设计规范
GB 50191	构筑物抗震设计规范
GB 50352	民用建筑设计统一标准
GB/T 16157	固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法
GB/T 50050	工业循环冷却水处理设计规范
GB/T 50087	工业企业噪声控制设计规范
GBZ 1	工业企业设计卫生标准
GBJ 22	厂矿道路设计规范
HJ 1259	危险废物管理计划和管理台账制定技术导则
HJ 1164	污染土壤修复工程技术规范 异位热脱附
HJ 1276	危险废物识别标志设置技术规范
HJ 1282	污染土壤修复工程技术规范 固化/稳定化
HJ 1283	污染土壤修复工程技术规范 生物堆
HJ 682	建设用地土壤污染风险管控和修复术语
HJ 75	固定污染源烟气（SO ₂ 、NO _x 、颗粒物）排放连续监测技术规范
HJ/T 55	大气污染物无组织排放监测技术导则
HJ/T 397	固定源废气监测技术规范
DGJ 08	文明施工规范

《上海市建设用地土壤污染风险管控和修复施工过程环境管理技术要求》（沪环土〔2021〕166号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规范。

3.1 土壤污染 contaminated soil

人为因素导致某种物质进入陆地表层土壤，引起土壤化学、物理、生物等方面特性的改变，影响土壤功能和有效利用，危害公众健康或者破坏生态环境的现象。

3.2 污染土壤修复工厂 central contaminated soil remediation plant

指统筹规划建设并服务于一定区域，对污染土壤进行异地集中治理的场所。该场所配备有必要的污染土壤修复设施和二次污染防控设施。修复过程符合国家相关环境标准及技术规范，经修复后的土壤满足修复目标或根据修复技术方案需求外运进一步处置。

3.3 异位土壤淋洗 ex-situ soil washing

是指用清水或由化学药剂配置的淋洗液对挖掘出来的污染土壤进行洗涤，将土壤中的污染物转移至淋洗液中，达到清洁污染土壤目的的过程。

3.4 土壤异位化学氧化/还原 ex-situ chemical oxidation/reduction

将污染土壤挖掘出来，向土壤中添加化学氧化剂/还原剂，并使氧化剂/还原剂与污染土壤充分接触，利用氧化剂/还原剂与污染物之间的氧化/还原反应将污染物转化为无毒无害物质或毒性低、稳定性强、移动性弱的惰性化合物，达到清洁污染土壤目的的过程。

3.5 土壤异位热脱附 ex-situ thermal desorption

将污染土壤从地块中发生污染的位置挖掘出来，转移或搬运到其他场所或位置，采用加热处理的方式将污染物从污染土壤中挥发去除的过程。

3.6 异位土壤化学热升温解吸 ex-situ soil chemical thermal desorption

将污染土壤挖掘出来，搬运或转移到修复场所，向土壤中掺混发热剂，并充分混合接触，利用化学反应释放热量使土壤升温，使土壤中的挥发性有机污染物转移到气相收集处理系统，达到清洁污染土壤目的的过程。

4 总体要求

4.1 厂址选择

4.1.1 污染土壤修复工厂（后简称工厂）厂址选择应符合城市总体发展规划、环境保护专项规划和当地的大气污染防治、水资源保护、自然生态保护要求，最终选定的厂址还应通过环境影响评价确定。

4.1.2 工厂不应建设在《地表水环境质量标准》（GB 3838）中规定的地表水环境质量 I 类、II 类和 III 类功能区或《环境空气质量标准》（GB 3095）中规定的环境空气质量一类功能区，即自然保护区、风景名胜区和需要特殊保护的区域；不应建设在本市生态保护红线区域；也不应建设在人口密集的居住区、商业区、文化区。

4.1.3 工厂与主要居民区以及学校、医院等公共设施和周边地表水体的距离应该根据当地的自然、气象和水文地质条件通过环境影响评价确定。

4.1.4 工厂的厂址应具备满足工程建设要求的工程地质条件和水文地质条件，不应建设在受洪水、潮水或内涝威胁的地区。

4.1.5 工厂厂址选择需同时满足下列要求：

- (1) 所在地为永久建设用地且为 GB36600 规定的第二类建设用地；
- (2) 满足近期建设场地面积，并根据远期规划留有适当发展余地；
- (3) 周边交通设施配套齐全，便于渣土车的进出；
- (4) 周边有市政电力、自来水及市政污水管网接入口；
- (5) 周边电力供应充沛，周边有城市燃气管道接口的更佳。

4.2 工厂总体设计要求

4.2.1 工厂总体布置应包含污染治理区、生产设施区、配套功能区及环境防护带。红线边界需退让敏感目标（居民区、水源地等） ≥ 100 米，具体距离需根据环境影响评价报告确定。

4.2.2 主体厂房与用地红线保持防火间距 ≥ 30 米。

4.2.3 危险化学品储存区与用地红线的最小水平净间距红线 ≥ 50 米，并设置耐火极限 ≥ 3.0 h 的实体围墙隔离。

4.2.4 工厂设计产能应根据规划服务区域范围内的土地开发利用规划、污染土壤量、污染土壤类型确定。处理规模分级：

小型工厂：年处理量 ≤ 5 万立方米；

中型工厂：年处理量 5~20 万立方米，配套连续式修复设备；

大型工厂：年处理量 ≥ 20 万立方米，需设置模块化修复生产线。

4.3 工厂建设内容组成

4.3.1 工厂建设内容的主要组成包括主体工程、储运工程、公用工程、辅助工程、环境保护工程等。

4.3.2 主体工程包括预处理单元、异位修复单元等；储运工程包括污染土壤暂存单元、待检土壤暂存单元、修复后土壤暂存单元、药剂仓库、材料仓库等；公用工程包括空压站、冷却/冷冻水站、燃料供应单元、给排水与消防系统、供配电系统、通风、通信、管理信息系统、道路、绿化等；辅助工程包括实验室、维修站、工具与备品备件仓库、地磅、行政办公及生活服务设施及其他设施等；环境保护工程包括废气处理单元、废水处理单元、固废暂存单元、应急事故水池等。

4.4 平面布置

4.4.1 工厂的总图设计应根据厂址所在地区的自然条件，结合生产、运输、环境保护、消防、劳动安全与职业卫生、职工生活、能源、电力、给排水等综合确定。

4.4.2 工厂总平面布置应满足 GB50187 要求，应围绕各个异位修复单元主体设备布置，其它设施应按污染土壤处理流程合理安排，宜依据“污染土输入—预处理—修复处理—清洁土输出”单向流线布局。

4.4.3 分期建设的工厂，远近期工程应统一规划。近期工程应集中、紧凑、合理布置，并与远期工程合理衔接。

4.4.4 土壤暂存单元可集中布设，也可根据污染土壤类型、所用修复工艺，以及异位修复单元位置分区布设。

- 4.4.4.1 污染土暂存区应有防渗系统。周边设排水沟，实行雨污分流。
- 4.4.4.2 具有异味或挥发性有机物污染的土壤暂存单元宜设置在密闭负压大棚内，并配套相应的废气收集处理设施。密闭负压大棚内通风及事故通风应满足 GB 50019。
- 4.4.4.3 清洁土暂存区应做好防尘工作与雨水收集工作。
- 4.4.5 动力公用设施的布置宜位于其负荷中心或靠近主要用户。
- 4.4.6 变（配）电所应靠近负荷中心布置，便于进线和出线，避免设在有强烈震动的设施附近，避免设在多尘、有腐蚀性气体或有水雾的场所。
- 4.4.7 压缩空气站可集中设置，宜靠近用气负荷中心区域，供电、供水合理，避免靠近散发爆炸性、腐蚀性和有毒气体及粉尘等有害物质的场所。
- 4.4.8 冷却/冷冻水站应靠近主要用水装置或车间，远离场内露天热源、粉尘污染源、烟气排出口、化学品堆场、散装库及噪声敏感区等，有足够的布置场地和发展扩建的便利条件。
- 4.4.9 天然气储罐或柴油储罐应集中设置，选址应在满足消防要求的前提下尽量靠近用能单元，按要求配备消防设施。
- 4.4.10 废气处理装置宜靠近主导风向下风向设置，废水处理单元应靠近周边市政污水管网接口处设置，高噪声设备、废气特别是恶臭无组织排放源以及能源储罐等潜在危险源应远离敏感目标设置。
- 4.4.11 办公和生活服务设施可集中或分区布置，并应与其他生产设施隔离建设。为生产服务的生活设施应靠近人员较多的作业地点或主要通道。
- 4.4.12 厂区出入口设置应符合城市和场内交通的要求，实现人流和物流分离。
- 4.4.13 厂内道路应满足进厂最大规格的土壤运输车辆的荷载和通行要求，并要综合考虑消防及各种管线的相应要求；行车道路宜环形设置，路面宽度不宜小于 6 m；处理厂房外应设消防道路，道路的宽度不应小于 3.5 m。
- 4.4.14 地磅的选择应根据运输车辆的载重能力及长度确定，宜设置在物流出入口附近，位于称量车辆主要行驶方向右侧。
- 4.4.15 洗车台宜露天布置，可采用贯通式或尽头式。洗车台应设置排水沟与暂存池，洗车废水经污水处理站处理，检测合格后回用或外排。
- 4.4.16 厂区周围应设置围墙或其它防护栅栏，防止无关人员进入。
- 4.4.17 工厂应配备施工现场视频监控、关键工段监控与工地环境在线监测。视频监控至少应包含修复工厂内部全景、修复工厂出入口、药剂仓库、危废暂存仓库、土壤暂存区、土壤修复区、修复车间内与主要修复设备处。关键工段监控与工地环境在线监测要求具体参见《上海市建设用地土壤污染风险管控和修复施工过程环境管理技术要求》（沪环土〔2021〕166号）。

5 修复工艺与设施配置

5.1 一般规定

- 5.1.1 工厂的修复工艺与设施配置宜积极采用最佳可行技术和最佳环境管理实践。

5.1.2 工厂修复工艺与设施的配置应根据服务区域典型土壤污染类型、不同异位土壤修复工艺的技术特点和应用要求等综合确定，应确保进场污染土壤得到安全有效修复。

5.1.3 工厂修复设施的配置规模应根据项目服务区域范围内的土地开发利用规划、污染土壤量、污染土壤类型及分布情况等因素综合考虑确定。

5.1.4 工厂的工艺设施可分为土壤预处理工艺设施和土壤主体修复工艺设施。常见污染土壤类型及对应修复工艺技术与设施配置要求如下表所示。异味、挥发性有机物污染土壤预处理设施和修复设施、重金属污染土壤的预处理设施应设置在密闭负压大棚内，并配套相应的废气收集处理设施。半挥发性有机污染土壤的预处理设施可以根据需要在密闭负压大棚进行。复合污染土壤可以根据需要选择相应修复工艺技术与设施装备的合理组合进行配置。

表 1 常用异位修复工艺技术与主体修复设施配置

序号	污染土壤类型	常用异位修复工艺技术与主体修复设施配置
1	VOCs 污染土壤	化学热升温解吸-加药搅拌翻抛设施 化学氧化-加药搅拌混合设施 生物处理-生物堆设施 热脱附-异位热脱附修复装备
2	SVOCs 及其他有机污染土壤	化学氧化-加药搅拌混合设施 热脱附-异位热脱附修复装备
3	六价铬污染土壤	土壤淋洗-淋洗修复装备 化学还原-加药搅拌混合设施
4	其他重金属污染土壤	土壤淋洗-淋洗修复装备 固化稳定化-加药搅拌混合设施

5.1.5 工厂修复工艺与设施的配置除符合本规范规定外，还应遵守国家现行的有关法律、法令、法规、标准和行业规范的规定，符合有关工程质量、安全、消防等方面的强制性标准的规定。

5.2 土壤预处理工艺与设施

5.2.1 土壤预处理工艺包括初筛—土壤调理（pH 值调节、水分调节、养分调节、孔隙度调节等）—破碎—筛分，土壤预处理工艺与设施的配置应满足主体修复工艺的要求。

5.2.2 土壤预处理设施优先考虑在修复场地集中设置，也可根据场地情况为各个主体修复设施独立设置预处理单元。

5.2.3 初筛可采用高速筛分机或者 ALLU 斗筛去除大块建筑垃圾与大粒径杂物。

5.2.4 可采用破碎设备对大粒径土块进行破碎，常用设备包括锤式破碎机、颚式破碎机、圆锥破碎机、复合破碎机等，破碎后的土块颗粒直径不宜大于 5 cm。

5.2.5 可使用筛分设备去除土壤中的砖瓦、石块、木块、铁块等非土壤物质，应把土壤中直径大于 5cm 的上述物质进行筛分，分离出的非土壤物质应进行清洗处理。常用的筛分设备包括圆筒筛、振动筛、筛分斗和固定格栅等，也可采用筛分斗分批筛分或直接采用搅拌混合设备自带的筛分装置进行筛分预处理。

5.2.6 液体调理剂宜以溶液形式通过喷洒方式添加至破碎筛分后的土壤，固体调理剂可通过拌合方式添加。添加调理剂后可采用机械设备对土壤进行混合以提高均匀性，常用设备包括卧式搅拌器、立式搅拌机、行星式搅拌器、拌合站等。

5.2.7 预处理过程产生的废水及废气优先考虑送至修复场地集中设置的废气及废水处理系统进行处理。

5.3 污染土壤异位淋洗修复工艺与设施

5.3.1 土壤异位淋洗主体修复单元产生的废水应单独设置废水处理系统进行处理，处理出水宜回用于淋洗修复施工。

5.3.2 土壤淋洗修复筛分预处理应该在具备强制送排风系统和尾气净化系统的密闭大棚内进行。

5.3.3 土壤淋洗修复预处理要求及工艺与装备配置具体要求可参见附录 A。

5.4 污染土壤异位化学氧化/还原修复工艺与设施

5.4.1 土壤异位化学氧化修复预处理要求及工艺与装备配置具体要求可参见附录 B。

5.4.2 土壤异位化学还原修复设施规模配置要求同异位化学氧化，预处理要求及工艺与装备配置要求可参见附录 B。

5.5 污染土壤异位热脱附修复工艺与设施

5.5.1 根据热源与污染土壤接触方式的不同，异位热脱附工艺可分为直接热脱附工艺和间接热脱附工艺。直接热脱附是指热源通过直接接触对污染土壤进行加热将污染物从土壤中挥发去除的处理过程。间接热脱附是指热源通过热传导或加热介质间接对污染土壤进行加热将污染物从土壤中挥发去除的处理过程。

5.5.2 具体热脱附工艺的选择应根据污染土壤修复目标、修复方量、修复周期、污染物类型及污染物浓度等确定。有机污染土壤浓度低且修复方量较大时，宜采用直接热脱附工艺；有机污染土壤修复方量较小时，宜采用间接热脱附工艺；汞污染土壤宜采用间接热脱附工艺。

5.5.3 土壤异位热脱附修复预处理要求及工艺与装备配置具体要求可参见 HJ 1164 及附录 C。

5.5.4 土壤异位热脱附修复过程产生的废气应设置独立废气处理单元进行处理，产生的废水可设置独立废水处理单元进行处理，也可依托修复场地集中设置的废水处理系统进行处理。

5.6 污染土壤化学热升温解吸修复工艺与设施

5.6.1 化学热升温解吸应该在具备强制送排风系统和尾气净化系统的密闭大棚内进行，密闭大棚排风系统符合 GB 50019 的规定。

5.6.2 化学热升温解吸技术使用条件及工艺与装备要求见附录 D。

5.7 其他污染土壤修复工艺与设施

5.7.1 其他土壤异位修复工艺与设施的配置应针对污染土壤的污染性质、程度、体量以及对人体健康或生态环境造成的危害，合理选择土壤修复技术，因地制宜设计建设修复设施，使修复目标切实

可达。

5.7.2 所选修复工艺及设施应防止对施工人员、周边人群健康以及生态环境产生危害和二次污染，优先采用技术成熟、经济有效、绿色的、可持续的和资源化修复手段，并应具有一定的规模效应。对应的废气及废水处理优先考虑修复场地集中设置的废气及废水处理系统。

6 工厂设计要求

6.1 一般规定

6.1.1 修复工厂总平面布置应满足 GB 50187 要求。修复工厂的建（构）筑物、主体工程、储运工程、公用工程、辅助工程、环境保护工程等应符合国家相关标准的规定。

6.1.2 修复工厂的建筑工程应符合 GB 50037、GB 50352、GBZ1 的规定，结构工程设计应符合 GB 50007、GB 50009、GB 50010、GB 50011、GB 50191 及地方相关标准的规定。堆土区地基承载力设计满足堆土静荷载及运输车辆动荷载需求。

6.1.3 供配电系统包括用电设备配电及控制、电缆配置及敷设、设备及构筑物的防雷与接地系统、场地辅助工程道路照明等，应符合 GB 50034、GB 50052、GB 50053、GB 50054、GB 50057 及地方相关标准的规定。

6.1.4 电气接地系统包括工作接地、保护接地、防雷接地、电子设备接地和防静电接地，电气接地系统的设计、接地导体的选择及其对接地电阻的要求等，应符合 GB/T 50065 的有关规定。

6.1.5 给排水及消防工程应符合 GB 50013、GB 50014、GB 50015、GB 50016、GB 50067、GB 50140 及地方相关标准的规定。

6.1.6 通风工程应符合 GB 50019 的规定，根据总图布置、工艺和控制要求及环境保护要求，通过技术经济比较后确定。

6.1.7 压缩空气站应满足工艺用气要求，并应符合 GB 50029 的有关规定。

6.1.8 冷却/冷冻水站应满足工艺用冷却/冷冻水要求，并应符合 GB/T 50050 的有关规定。

6.1.9 产生高噪声的破碎、筛分车间，与相邻建（构）筑物的防噪声间距应符合 GB/T 50087 的有关规定。

6.1.10 工厂内道路应依据“污染土输入—预处理—修复处理—清洁土输出”单向流线布局，减少交叉污染风险与运输能耗。土方运输车辆出入口与人员通行出入口应分设独立通道。

6.1.11 工厂内道路设计及其安全设施设计应满足 GBJ 22 要求。

6.2 主体工程

6.2.1 主体工程主要包括预处理设施、异位修复设施。

6.2.2 预处理设施包括筛分、破碎与混合调理等土壤预处理装备，主要作为土壤异位修复设施的配套设施。预处理实施宜集中设置，根据需要也可以针对各个异位修复设施分别单独设置。

6.2.3 预处理设施应根据工厂整体规模、异位修复设施规模及预处理要求，以及现有地块条件进行设计和建设。

6.2.4 异位修复设施包括异位淋洗、异位高级氧化、化学热升温解吸、异位热脱附等主流修复工艺与设施，以及异位化学还原、异位固化稳定化、生物堆等其他修复工艺与设施。

6.2.5 异位修复设施中各类修复工艺装备宜采用优化空间布局、提升生产能力、降低运行能耗的固定式集成定制形式，并与可以快速部署灵活组合的移动式修复工艺装备形成互补，形成工厂化绿色可持续修复的技术装备体系。

6.2.6 预处理作业区及异位修复作业区地面应作硬化或防渗处理，并做好渗滤液和初期雨水的收集措施及配备防扬尘、防风、防雨等设施。除密闭设备外，异味、有机物污染土壤或重金属污染土壤的预处理设施及修复设施应设置在密闭负压大棚内，并配套相应的废气收集处理设施。

6.3 储运工程

6.3.1 土壤暂存单元

6.3.1.1 土壤暂存单元按暂存土壤类型分为污染土壤暂存单元、待检土壤暂存单元、修复后土壤暂存单元，土壤暂存单元大小需要满足生产与检验需求。

6.3.1.2 土壤暂存单元可集中布设，也可根据污染土壤类型、所用修复工艺，以及异位修复单元位置分区布设。土壤暂存单元应按暂存土壤类型分类使用，并设明显标牌，不得交叉使用。

6.3.1.3 土壤暂存单元地面应平坦坚实干燥，无特殊要求时，应采用混凝土面层，做好防渗措施，并设置防扬尘与防雨等设施。

6.3.1.4 土壤暂存单元中不同类型的土壤应分类储存，堆底间距不宜小于 2 m，当有作业机械通过时，不宜小于 3 m。堆体高度和宽度应根据土壤性质、堆场设备和场地条件确定，单个堆体宽度不宜超过 10 m，堆体高度不宜超过 3 m，堆体坡面坡度宜控制在 1:1~1:1.5 范围。

6.3.1.5 具有异味或挥发性有机物污染的土壤暂存单元宜设置在密闭负压大棚内，并配套相应的废气收集处理设施。

6.3.2 药剂仓库

6.3.2.1 药剂仓库按照储存药剂的类型可以分为危险化学品仓库和一般化学品仓库。危险化学品药剂和一般化学品药剂可根据生产规模单独设仓库，也可合并设仓库。储存有危险化学品的仓库应符合 GB 15603 的有关规定。

6.3.2.2 药剂仓库地面应防潮、防渗、平整、坚实、易于清扫，不发生火花。出入口应设置视频监控设备。

6.3.2.3 药剂堆码应整齐、牢固、无倒置；不应遮挡消防设备、安全设施、安全标志和通道。各类药剂不应与其相禁忌药剂混合储存，药剂包装容器要求完整，两种物品不应发生接触。

6.3.2.4 剧毒化学品以及构成重大危险源的危险化学品，应在专用仓库内单独存放，并实行双人收发、双人保管制度。

6.3.3 材料仓库

6.3.3.1 材料仓库应设围栏或区域范围标识。材料仓库实施分区、分类储存。材料堆高码放时，应采取防倾倒措施。

6.3.3.2 材料仓库露天堆场应设有排水系统，避免积水，并采取防风、防雨、防渗、防尘、防潮、防火、保护措施。

6.3.4 危险废物仓库

6.3.4.1 危险废物的分类详见《国家危险废物名录》（2025年版）。

6.3.4.2 危险废物仓库的设置要求详见 GB 18597。

6.3.4.3 危险废物仓库的设置的危险废物识别标志的分类、内容要求、设置要求和制作方法详见 HJ 1276。

6.4 公用工程

6.4.1 压缩空气站

6.4.1.1 压缩空气站应配置空气压缩机、过滤器、干燥机及储气罐。压缩空气使用前，应根据用气点的质量要求，采用净化处理措施，进行充分冷却和除油干燥。

6.4.1.2 压缩空气站可集中设置，宜靠近用气负荷中心区域，供电、供水合理，避免靠近散发爆炸性、腐蚀性和有毒气体及粉尘等有害物质的场所。

6.4.1.3 压缩空气机的选型和台数应根据压缩空气质量、用量和压力要求，以及气路系统损耗和必要的储备量确定，并应设置备用机组。空气压缩机宜选用效率高、节能和低噪声的设备。

6.4.2 冷却/冷冻水站

6.4.2.1 冷却/冷冻水站应根据生产工艺对冷却/冷冻水的水质、水量、水温、水压的要求等因素确定集中或分区设置。

6.4.2.2 冷却/冷冻水站应靠近主要用水装置或车间，远离场内露天热源、粉尘污染源、烟气排出口、化学品堆场、散装库及噪声敏感区等，有足够的布置场地和发展扩建的便利条件。

6.4.3 燃料供应单元

6.4.3.1 燃料供应必须满足生产工艺要求，并应合理利用、节能高效、利于环境保护。

6.4.3.2 工厂生产应采用天然气、轻柴油等液体、气体清洁燃料能源。天然气储罐或柴油储罐应集中设置，选址应在满足消防要求的前提下尽量靠近用能单元，按要求配备消防设施。

6.4.4 给排水与消防系统

6.4.4.1 给水排水设计应满足生产、生活、消防和环境保护的要求，应采取循环用水、一水多用、中水回用等措施。给水排水管道应采取防冻措施。用水设备管道最高部位宜设置排气阀，管道最底部宜设置放水阀。

6.4.4.2 场地内排水系统宜采用“雨污分流”制，设置初期雨水及事故废水收集设施，应急事故水池容积应根据事故物料泄漏量、消防废水量、进入事故水池的降雨量等因素确定，并采取防渗、防腐、防洪、抗震等措施。

6.4.5 供配电系统

6.4.5.1 供配电系统应对负荷性质分级分类，结合用电容量及地区供电条件确定方案，选择安全可靠、经济使用、技术先进的成套设备和定型产品，并结合行业特点考量产品的防护及绝缘。

6.4.5.2 工厂供电电压宜根据当地供电电网的实际情况制定，车间用电设备的交流低压配电电压宜采用 380V/220V。

6.4.5.3 厂区照明可采用一般照明、分区一般照明、混合照明、局部照明等方式；光源应首选高效的节能产品。

6.4.5.4 宜设两回线路供电，区供电条件困难时，二级负荷可由一回 6kV 及以上专用的架空线路供电。

6.4.5.5 应设应急电源，严禁将其他负荷接入应急供电系统。

6.4.5.6 厂区内的消防用电设备应采用专用供电回路。

6.4.6 通风

6.4.6.1 通风设计宜采用自然通风，当自然通风不能满足要求时，应采用自然与机械的联合通风或机械通风。

6.4.6.2 建筑物内散发余热、余湿的生产过程和设备宜采用局部通风，当局部通风不能满足要求时，应辅以全面排风或采用全面排风。

6.4.6.3 室内气流组织不应使含有大量热、湿的空气流入人员活动区域，且不应破坏局部排风系统的正常工作。

6.4.6.4 以自然通风为主的厂房，其方位宜根据主要进风面、建筑物形式，按夏季有利的风向布置，宜利用底层门洞、侧窗作进风口，上部侧窗作排风口；凡产生余热、余湿、粉尘及有害气体的建筑应以消除有害物质计算通风量，自然通风达不到卫生条件和生产要求时，应采用机械通风。

6.4.6.5 事故通风量应根据计算确定，且换气次数不应小于 12 次/h；事故通风应根据放散物的种类，设置相应的检测报警及控制系统；事故通风设备的手动控制装置应在室内外便于操作的地点分别设置。

6.4.6.6 中央控制室、实验室等生产设施应根据生产要求设置空气调节系统；办公和生活服务设施可根据气象条件或建设单位要求，设置空气调节系统。

6.4.7 通信与信息系统

6.4.7.1 修复工厂通信系统应能满足厂区安全、可靠运行，满足人员生产管理、生产调度通信的要求。场地内宜设置厂区无线对讲系统，并同时设置计算机网络。

6.4.7.2 管理信息系统应包括综合布线系统、系统配置与编程功能。系统对生产过程的监视和管理应通过作业计划处理、生产数据收集等综合处理，并应保证生产管理者合理调度。管理信息系统宜设置专用服务器并设置专门房间。

6.4.7.3 场内无线对讲系统需满足防爆要求。

6.5 辅助工程

6.5.1 实验室

工厂应设置实验室，实验室应配备满足修复质量控制、二次污染防控、修复技术小试等要求的仪器、器皿及装置。

6.5.2 维修站

工厂宜设置维修站，维修站的配置应根据工厂的生产规模、装备水平和当地协作条件确定。

6.5.3 工具与备品备件仓库

6.5.3.1 工具与备品备件仓库宜设置在维修站附近，或与维修站合并设置。

6.5.3.2 仓库内各种工具、备品备件应当按照品种、规格堆放整齐，并设明显标牌。

6.5.3.3 仓库内严禁烟火、严禁可燃杂物，严禁与化学品同库储存。仓库内按规范配备足够的消防器材。

6.5.4 地磅

6.5.4.1 地磅的选择应根据运输车辆的载重能力及长度确定，宜设置在物流出入口处。

6.5.4.2 地磅进车端的道路应为平坡直线段，进车端道路的长度不宜小于 2 辆车长，条件有限时不应小于 1 辆车长；出车端的道路应有不小于 1 辆车长的平坡直线段。

6.5.4.3 秤体宜采用无基坑安装。

6.5.5 行政办公及生活服务设施

6.5.5.1 行政办公及生活服务设施包括办公室、值班室、门卫室、休息室、更衣室、浴室、厕所等。

6.5.5.2 行政办公及生活服务设施可集中或分区布置。为生产服务的生活设施应靠近人员较多的作业地点或主要通道。

6.6 环境保护工程

6.6.1 工厂应根据修复工艺的需要配备如下环境保护设施：密闭负压大棚与配套废气收集处理设施；预处理/修复作业区的喷雾、洒水、封闭等防尘防雨设施；异位修复单元配套废气、废水处理设施；场地综合废水处理设施，包括实验室废水、修复产生废水、场地分区冲洗废水、初期雨水等各类综合废水的收集处理系统与应急事故水池；固体废物暂存场所、危险废物暂存仓库；噪声、振动的消除、隔离与防护装备与设施等。

6.6.2 工厂的环境污染防治设施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。

6.6.3 工厂的环境保护工程应结合地区环境现状以及大气、水、声、固废等污染特点，进行环境保护设施与污染防控措施的设计。

6.6.4 密闭负压大棚地坪应采用强度满足荷载要求的抗渗混凝土，厚度不得低于 20 cm。大棚内防尘、防毒、防噪声与振动标准应符合 GBZ 1。

6.6.5 地面排水坡度应满足排水要求，避免积水对地面造成损坏。施工过程应严格控制材料质量与配比。

6.6.6 环境保护工程设计应符合清洁生产、循环经济、节能减排的要求，污染治理应结合修复工艺的革新，采用可靠、经济的工艺和技术装备。

6.6.7 环境保护工程设计应与资源综合利用、节能、节水相结合，积极推广替代药剂、燃料的使用，推广余热等资源的利用技术。

6.6.8 生产废水处理优先在水质满足生产要求的情况下循环利用，或经检测达到纳管排放标准后排

入公共污水处理系统，废水排放执行国家《污水综合排放标准》GB 8978 或地方现行排放标准。

6.6.9 针对修复过程中可能产生的尾气进行集中收集，对收集的尾气进行处理达标后排放，废气排放执行国家《大气污染物综合排放标准》GB 16297 或地方现行排放标准。

6.6.10 固体废物经鉴别属于一般工业固体废物的，应按照国家及地方固体废物法律法规相关要求妥善收集并处理处置；经鉴别属于危险废物的，应按照危险废物相关管理要求进行贮存、外运和处置。

6.6.11 厂区内各类地点及厂界处的噪声限制值和总平面布置中的噪声控制，应符合现行国家标准《工业企业噪声控制设计规范》GB/T 50087 和《工业企业厂界环境噪声排放标准》GB 12348 的有关规定。

6.6.12 废水治理

6.6.12.1 废水处理设施宜集中设置，也可根据需要与异位修复设施配套单独设置。异位修复设施及配套设施生产过程产生的废水应清污分流、污污分流、分质处理，宜以废治废、综合治理，宜深度处理后回用。

6.6.12.2 宜根据修复装置生产特点和污染特征进行场地区域划分，设置初期雨水收集池。间歇排放的废水应设置废水贮存调节设施，其容积应根据排水量、排水周期、水质、废水处理设施能力等因素确定。高浓度废水不宜冲击排放，在生产废水的水质、水量可能出现周期性急剧变化时，生产装置内应设置专用的调节设施。

6.6.12.3 排出装置或车间的废水含有特征污染物或第一类污染物时，应设置计量及采样设施。

6.6.12.4 废水管道不宜直接埋地敷设。

6.6.12.5 回用水的输配水系统应独立设置，严禁与生产、生活给水系统并网。

6.6.13 废气治理

6.6.13.1 废气治理方案应优先选择避免产生二次污染的工艺和技术，有二次污染产生时应应对二次污染物进行治理。废气治理工程的安全设计应符合现行国家及行业有关标准的规定。

6.6.13.2 废气治理设施宜集中设置，也可根据需要与异位修复设施配套单独设置。

6.6.13.3 废气排气筒应设监测采样孔，采样孔位置应符合国家现行标准《固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法》GB/T 16157、《固定源废气监测技术规范》HJ/T 397 的规定。安装烟气排放连续监测系统时，其设置应符合现行行业标准《固定污染源烟气（SO₂、NO_x、颗粒物）排放连续监测技术规范》HJ 75 的规定。

6.6.13.4 可根据修复治理项目现场情况，在施工区的上风向、下风向设置监测点，采用在线监测或采样送测等方式，开展空气中 VOCs 含量监测、大气颗粒物监测，具体参照《大气污染物无组织排放监测技术导则》HJ/T 55 进行点位布置和测量。

6.6.14 固废治理

6.6.14.1 污染土壤修复过程中产生的固体废物应按其性质和特点分类，分别收集暂存，一般工业固体废物及危险废物的暂存设施应集中设置，并分别满足 GB 18599 及 GB 18597 要求。

6.6.14.2 修复治理工程实施期间产生的生活垃圾等现场废物，应按照所在地管理要求分类收集处置，禁止随意倾倒。

6.6.14.3 建筑垃圾应遵循减量化、资源化、无害化的原则，按照所在地管理要求分类处理。

6.6.15 噪声治理

6.6.15.1 设备选型时应选用低噪声设备，并应采用有利于控制噪声传播的布置形式。

6.6.15.2 产生较强振动及冲击的设备应进行隔振设计。对隔振要求较高的车间或设备，应远离振动较强的设备或其他振动源。强烈振动设备之间应采用柔性连接，有强烈振动的管道与建筑物、构筑物、支架的连接不应采用刚性连接。

6.6.15.3 风机、空气压缩机等设备应采取噪声防治措施，宜采取壳体噪声隔离和建筑隔离等措施。产生空气动力噪声的设备，在排气口处应设置消声器。

6.6.15.4 隔振装置及支承结构形式应根据设备类型、振动强弱、扰动频率等特点以及建筑、环境和操作者对振动噪声的要求等因素确定。

7 工程施工与验收

7.1 工程施工

7.1.1 应按工程设计技术文件等组织施工。

7.1.2 建筑施工和设备安装应符合相应的国家或行业标准。

7.1.3 施工单位应根据施工要求制定完善的施工组织设计。

7.1.4 施工使用的材料、半成品、部件应符合国家相关标准和设计要求，并取得供货商的合格证书。

7.1.5 设备安装之前应对土建工程按安装要求进行验收，验收记录和结果应作为工程竣工验收资料之一。

7.1.6 对国外引进专用设备应按供货商提供的设备技术规范、合同规定及商检文件执行，并应符合国家或行业工程施工及验收标准。

7.2 工程验收

7.2.1 土建工程验收和安装工程验收应按有关标准、规范或文件的有关规定执行。

7.2.2 施工单位应向建设单位提交工程竣工验收申请，验收程序和内容参照建设项目竣工验收程序执行。

7.2.3 特种设备验收应符合相关规定。

7.2.4 工厂完成试生产后应按照环境影响评价的要求完成环境保护设施竣工验收（三同时验收），并取得排污许可证。

7.3 工艺调试

7.3.1 预处理设施及异位修复设施建设完成后应进行工艺调试。

7.3.2 应遵循“单机空载→分系统联动→全流程带料”的递进式调试流程，确保工艺链逐级耦合。

7.3.3 工艺调试阶段应实时采集污染去除率、能耗、设备稳定性等关键参数。

7.3.4 二次污染防控系统（如废气处理、废水处理）调试与主工艺调试同步进行。

附录 A

(资料性附录)

污染土壤异位淋洗修复工艺与设施

A.1 技术适用条件

(1) 适用条件

适用于重金属类和多氯联苯类、多环芳烃类、农药类等半挥发、难挥发性有机物污染土壤的异位修复。

宜根据土壤细粒含量（土壤细粒一般指粒径小于 0.063 mm~0.075 mm 的粉/粘粒土壤）及土壤最终处置方式选择物理分离或（和）增效洗脱修复工艺。粘性土壤污染修复采用土壤异位淋洗修复技术应包含增效洗脱工艺。

(2) 淋洗药剂选择

重金属污染土壤异位淋洗采用的化学淋洗剂类型和配置浓度应根据污染物特征、土壤质地、设备结构和组成等因素选择，并通过实验室小试或中试确定。

常用的淋洗剂类型包括：无机酸、有机酸、络合剂和中性盐等。常用淋洗剂如乙酸、草酸、苹果酸、柠檬酸、酒石酸、乙二胺四乙酸二钠盐（EDTA-2Na）、乙二胺二琥珀酸（EDDS）、氯化铁、氯化钙、磷酸二氢钾、皂素等。

A.2 工艺与装备要求

土壤异位修复场所配备的异位淋洗修复工艺需包括筛分破碎预处理工段、制浆工段、粒径分级工段、增效洗脱工段、泥浆脱水工段和废水处理工段。除筛分破碎预处理工段可依托土壤异位修复场所集中设置外，其余工段均应单独设置，独立服务于淋洗修复工艺。

淋洗工艺正常运行过程中的洗脱系统废水应处理去除污染物后全部回用于淋洗工艺本身；修复结束阶段最后一批淋洗废水应处理达标后纳管排放。淋洗工艺废水应单独收集处理，不可与土壤异位修复场所其他废水混合收集处理。

异位淋洗各环节的工艺控制要求满足中试试验、过程监测等调整需求，关键工艺参数应可实时显示并实现自动化控制。

附录 B

(资料性附录)

污染土壤异位高级氧化修复工艺与装备要求

B.1 技术适用条件

(1) 适用条件

异位高级氧化技术主要适用于有机物污染土壤的修复和处理。可处理的污染物包括石油烃类、苯系物（苯、甲苯、乙苯、二甲苯等）、酚类、含氯有机溶剂、多环芳烃（PAHs）、农药等大部分有机物。

异位高级氧化一般不适用于重金属污染土壤的修复。

(2) 化学氧化药剂选择

常见的氧化剂包括高锰酸盐、过氧化氢、芬顿试剂、过硫酸盐和臭氧。

对照《危险化学品目录》（2015 版），高锰酸钾、高锰酸钠、过氧化氢（含量≥8%）、过硫酸钠等氧化剂均为危险化学品。

芬顿试剂（Fenton 试剂）是指由过氧化氢和亚铁离子组成的具有强氧化性的体系，其氧化性在 pH 值为 3~5 之间为最佳，一般由硫酸、硫酸亚铁、过氧化氢三种化学品组成。

过硫酸钠在光、热、过渡金属离子、强氧化剂和强碱性环境等活化条件下，能产生强氧化性的硫酸根自由基，适用于氧化降解各种有机污染物。在工程实践中，常采用过渡金属离子、碱性物质进行活化。

B.2 工艺与装备要求

异位高级氧化技术的使用和施工过程一般涉及 4 大关键工段环节，分别为杂质筛分及土壤破碎、氧化剂-激活剂添加、土壤与氧化剂-激活剂混匀、土壤养护，其中氧化剂-激活剂添加、土壤与氧化剂-激活剂混匀两个工段也可以在一个工段内实现。异位高级氧化阶段各处理工段均可依托土壤异位修复场所集中设置外。

主要实施过程：（1）土壤中建筑垃圾及其他杂物的筛分，并对土壤进行一次或多次破碎；（2）药剂添加或喷洒；（3）通过一次或多次搅拌将修复药剂与污染土壤充分混合，使修复药剂与目标污染物充分接触；（4）土壤养护，使修复药剂与目标污染物充分反应，直至自检结果显示目标污染物浓度满足修复目标要求；（5）修复达标的土壤按修复方案设计合理处置。

施工中应进行过程监测，并根据监测结果调整施工工艺和参数。

附录 C

(资料性附录)

污染土壤异位热脱附修复工艺与装备要求

C.1 技术适用条件

(1) 适用条件

土壤异位热脱附适用于挥发性有机物、半挥发性有机物、有机农药类、多氯联苯、多溴联苯和二噁英类、石油烃类以及重金属汞的污染土壤修复。

(2) 技术准备

开展异位热脱附修复施工前应通过中试，确定修复工艺参数，包括出料温度或炉膛加热温度、停留时间等。

修复施工前期应进行设备调试，确保各工段稳定运转，处理效果和处理能力满足设计要求。

试运行期应对工程进行不少于连续 72 h 的性能试验。土壤修复工程性能试验应至少包括以下内容：土壤最大处理量试验、最大处理效率试验、烟气达标排放试验、能源和药剂消耗试验、运行稳定性试验。

C.2 工艺与装备要求

常规的异位热脱附修复涉及五大关键工段环节，分别为进料工段、热处理工段、尾气处理工段、废水处理工段、出料工段。异位热脱附阶段各处理工段独立服务于热脱附修复工艺。

施工中应进行过程监测，并根据监测结果调整施工工艺和参数。

表 C.1 污染土壤异位热脱附关键参数信息

序号	关键工段	关键参数	推荐参数值
1	进料工段	土壤粒径	不宜大于 5 cm
		含水率	不宜大于 30 %
		pH 值	不宜小于 4
2	热处理工段	土壤出料温度	100~600℃
		土壤停留时间	10~60 min
3	尾气处理工段	二次燃烧室温度	大于 850℃ 大于 1100℃ (含二噁英)
		烟气停留时间	大于 2 s
		二次燃烧烟气排放温度	急冷 1 s 降到小于 200℃ (易产生二噁英)
4	废水处理工段	废水处理工艺及药剂投加量	根据修复技术方案
		全封闭式结构的密闭性	密闭性检查
5	出料工段	扬尘	当日统计时段内，2 次及以上 15 分钟均值超过 2.0 mg/m ³ ，或 7 次及以上 15 分钟均值超过 1.0 mg/m ³ 的，视为当日扬尘在线监测数据超标

附录 D

(资料性附录)

污染土壤异位化学热升温解吸修复工艺与装备要求

D.1 技术适用条件

(1) 适用条件

适用于低浓度挥发性有机物污染土壤的修复工程。

(2) 技术准备

开展异位化学热升温解吸修复施工前应通过中试,确定修复工艺参数,包括药剂浓度及出土 pH。修复施工前期应进行设备调试,确保各工段稳定运转,处理效果和処理能力满足设计要求。

(3) 常用药剂

异位化学热升温解吸工艺常用药剂为生石灰,根据进场筛查土壤污染程度,可适度调整修复药剂的投加量。要求每袋生石灰的氧化钙含量 $\geq 85\%$ 。

D.2 工艺与装备要求

异位化学热升温解吸技术应在密闭负压大棚内进行。工艺过程一般涉及 4 大关键工段环节,分别为污染土筛查、修复药剂添加、翻搅、养护。异位化学热升温解吸技术各处理工段均可依托土壤异位修复场所集中设置。

主要实施过程:

(1) 工作人员使用 PID 对污染土进行检测,根据 PID 读数和技术人员确定的分级方案,将污染土在修复区域分开堆置;

(2) 污染土先均匀铺设在处理区,铺设高度 1~2 m,利用人工摊铺或挖机均匀撒上生石灰;

(3) 使用搅拌筛分斗对拌灰后的土壤进行翻抛 1~2 次;

(4) 土壤养护,使修复药剂与目标污染物充分反应,直至自检结果显示目标污染物浓度满足修复目标要求;

(5) 修复达标的土壤按修复方案设计合理处置。

施工中应进行过程监测,并根据监测结果调整施工工艺和参数。

参考文献

- [1] 《中华人民共和国安全生产法》（中华人民共和国主席令第 88 号）[S]. 北京：全国人民代表大会常务委员会, 2021.
- [2] 《中华人民共和国特种设备安全法》（中华人民共和国主席令第 4 号）[S]. 北京：全国人民代表大会常务委员会, 2013.
- [3] 《危险化学品安全管理条例》（中华人民共和国国务院令第 645 号）[S]. 北京：中华人民共和国国务院, 2011.
- [4] 《上海市建筑施工机械安全监督管理规定》（沪住建规范〔2020〕4 号）[S]. 上海：上海市住房和城乡建设管理委员会, 2020.
- [5] 《上海市建设用地土壤污染风险管控和修复施工过程环境管理技术要求(试行)》(沪环土〔2021〕166 号) [S]. 上海：上海市生态环境局, 2021.
- [6] 《上海市生态环境局关于加强建设用地土壤污染 调查报告评审及修复方案备案管理工作的通知》（沪环土〔2020〕232 号）[S]. 上海：上海市生态环境局, 2020.
- [7] 《上海市重金属污染土壤异位淋洗修复技术指南（试行）》（沪环土〔2023〕144 号）[S]. 上海：上海市生态环境局, 2023.
- [8] 《上海市建设工程施工扬尘控制若干规定》（沪建建〔2003〕504 号）[S]. 上海：上海市建设和管理委员会, 2003.
- [9] 《上海市建设工程材料管理条例》[S]. 上海：上海市第十四届人民代表大会常务委员会, 2015.
- [10] 《上海市建设工程文明施工管理规定》（上海市人民政府令第 23 号）[S]. 上海:上海市人民政府, 2019.
- [11] 《上海市城乡建设和管理委员会关于推进建筑工地安装噪声扬尘在线监测系统的通知》（沪建管理〔2015〕23 号）[S]. 上海：上海市城乡建设和管理委员会, 2015.
- [12] 《上海市建筑施工颗粒物与噪声在线监测技术规范(试行)》（沪环保防〔2015〕520 号）[S]. 上海：上海市环境保护局, 2015.
- [13] 《上海市生活垃圾管理条例》（2019 年修订版）[S]. 上海：上海市第十五届人民代表大会, 2019.