

芜湖新兴铸管弋江老厂区 12#地块 修复技术方案

简本

二零二一年十二月

1.项目概况

地块名称：芜湖新兴铸管弋江老厂区 12#地块

地块生产历史简介：芜湖新兴铸管弋江老厂区 12#地块位于芜湖市弋江区原芜湖新兴铸管弋江老厂区内，其前身是 1958 年建厂的芜湖钢铁厂，2003 年 4 月由新兴铸管股份公司和新兴际华集团（原新兴铸管集团）共同出资重组成立芜湖新兴铸管厂，2014 年 5 月，芜湖新兴铸管厂整体搬迁。芜湖新兴铸管弋江老厂区 12#地块主要涉及烧结车间、综合料场和尾渣堆放区。

项目地点：芜湖市弋江区原芜湖新兴铸管弋江老厂区内

地块面积：170.65 亩（113764 m²）

地块现状：现场构筑物已拆除并清运

方案编制时间：2021 年 12 月

工程内容：污染土壤修复

利用规划：地块规划涉及第一类用地中的住宅混合用地（RB）、二类居住用地（R2）、中小学用地（A33）、公园绿地（G1）中的社区公园用地，第二类用地中的防护绿地（G2）、道路用地（S1）等；

目标污染物：铅、砷、铊、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒹、二苯并[a,h]蒽；

污染土修复方量： 21744.94 m³（重金属修复方量 17783.08m³，重金属有机复合修复方量 748.92 m³，有机修复方量 3212.95 m³）。

2 地块污染特征

2.1 土壤污染状况调查结论

(1) 初步调查和详细调查在地块内共布设了 139 个土壤调查点位，采集土壤样品 599 份，全部送检。其中 22 个调查点位（33 份土壤样品）超出筛选标准值，涉及的污染为铅、砷、铊、苯并[a]芘、二苯并[a,h]蒽和苯并[b]荧蒹，其中 22 个样品存在砷超标，最大超标深度为 8.0m；1 个样品存在铅超标，最大超标倍数为 2.08；8 个样品存在铊超标，最大超标倍数为 2.66；7 个样品存在苯并[a]芘超标，最大超标深度为 1.5m；1 个土壤样品二苯并[a,h]蒽超标，最大超标深度为 0.5m；1 个土壤样品苯并[b]荧蒹超标，最大超标深度为 0.5m。

(2) 初步调查和详细调查阶段分析地块内 18 个地下水监测井，其中 8 个监测水井超出相应的筛选值，烧结车间、矿渣堆放区域等地下水监测井超标，主要超标污染物有铊、氰化物、氟化物和石油烃，各污染物超标倍数范围分别为 1.04~2.12、2.92、1.56 和 1.07。

2.2 风险评估结论

本次地块风险评估可接受的风险水平定义为：单个污染物的致癌风险可接受水平规定为 10^{-6} ；单个污染物非致癌风险可接受水平规定为 1。

针对超出筛选值的关注污染物，采取逐点、逐层计算的方式计算每个点位的样品对人体健康所产生的风险和危害。使用污染场地风险评估电子表格计算，得到单一污染物的致癌风险超过 10^{-6} 或者危害商超过 1 的采样点位。根据 HJ25.3-2019 导则中建议的可接受风险水平，对单一污染物以 10^{-6} 为可接受致癌风险水平。对于非致癌危害指数，单一污染物和地块的总非致癌危害指数均以 1 为可接受风险水平。根据上述单一污染物的可接受风险水平及地块综合风险可接受水平，筛选规划用地方式下的高风险污染物及点位。

土壤（0-6.0m）中 H12（2.5-3.0）、G12（0-0.5）、G12（1-1.5）、G12（2.5-3）、C10（0-0.5）点位砷土壤致癌风险和危害指数不可接受；K16 超标点位区域（0-9.0m）中 K16（3.5-4）、K16B（6.5-7、7.5-8）、K16C（5.5-6、6.5-7、7.5-8）、K16D（7.5-8）、K16B-A（5.5-6）、K16C-A（5.5-6、6.5-7）、K16C-B（5.5-6、6.5-7、7.5-8）、K16D-A（6.5-7）、K16D-B（6.5-7、7.5-8）点位砷土壤致癌风险和危害指数

不可接受；土壤（0-6.0m）中 H12（2.5-3.0）、G12（0-0.5）、C10（0-0.5）、H10（1.5-2）、B11（0-0.5）、J9（0-0.5）、N13（1.5-2）、M10（4.5-5）点位铊土壤危害指数不可接受；土壤（0-6.0m）中 H12（2.5-3.0）、G12（0-0.5）、C10（0-0.5）、H10（1.5-2）、B11（0-0.5）点位铊土壤危害指数不可接受，J9（0-0.5）、N13（1.5-2）、M10（4.5-5）点位铊土壤危害指数可接受；H12（2.5-3.0）、J10（1.5-2）、J10（2.5-3）、C12（0-0.5）、D14（2.5-3）、M12（0-0.5）、M12c（1-1.5）中苯并[a]芘土壤致癌风险不可接受；M12（0-0.5）中苯并[b]荧蒽和二苯并[a,h]蒽土壤致癌风险不可接受。本区域地块地下水风险可接受。

因此，土壤中铅、砷、铊、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽和二苯并[a,h]蒽需要进一步计算风险控制值。

针对土壤超筛选值的污染物铅、砷、铊、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽和二苯并[a,h]蒽，按照未来规划用地的地块概念模型进行风险评估。

通过计算本地块土壤污染的人体健康风险可知，表层土壤中铅、砷、铊、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽和二苯并[a,h]蒽这六种污染物风险不可接受，因此针对超标的点位 B11（0-0.5）、C10（0-0.5）、C12（0-0.5）、D14（2.5-3.0）G12（0-0.5）、G12（1-1.5）、G12（2.5-3.0）、H12（2.5-3.0）、H10（1.5-2.0）、J10（1.5-2.0）、J10（2.5-3.0）、M12（0-0.5）、M12c（1-1.5）、K16（3.5-4）、K16B（6.5-7、7.5-8）、K16C（5.5-6、6.5-7、7.5-8）、K16D（7.5-8）、K16B-A（5.5-6）、K16C-A（5.5-6、6.5-7）、K16C-B（5.5-6、6.5-7、7.5-8）、K16D-A（6.5-7）、K16D-B（6.5-7、7.5-8）、J9（0-0.5）、M10（4.5-5.0）和 N13（1.5-2.0）需要进行土壤修复。

3 地块修复模式

3.1 地块修复目标值的确定

针对超出可接受风险水平 1×10^{-6} 和危害指数 1 的污染物，以敏感用地方式，使用污染场地风险评估电子表格计算基于保护人体健康的土壤污染物风险控制值，作为制定或确定场地土壤污染物修复目标值的主要依据。

本地块土壤中目标污染物为铅、砷、铊、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽和二苯并[a,h]蒽，表 3.1-1 为使用污染场地风险评估电子表格计算的土壤风险控制值，以该值为基础，根据《建设用地土壤修复技术导则》和《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中的技术要求，同时考虑到地块规划及场地概念模型，设定本地块的最大开挖深度为 8.5 米，确定了本地块的修复目标值，见表 3.1-1。

表 3.1-1 本地块土壤推荐修复目标值 (mg/kg)

编号	污染物 (中文)	基于致 癌效应 的风险 控制值	基于非 致癌效 应的风 险控制 值	IEUBK 模型	筛选 值	对照 点背 景含 量	2021 年评 估修 复目 标值	本次 复核 评 估修 复目 标值	推荐 修复 目 标值
		RCV ^{shea}	HCV ^{shea}						
1	铅	-	-	265	400	42.2	400	400	400
2	砷 (无机)	0.45	11.60	-	20	10.9	20	20	20
3	铊	-	0.50	-	0.828*	0.34	0.828	0.828	0.828
4	三氧 化二 铊	-	1.00	-					
5	苯并 (a)芘	0.54	3.64	-	0.55	0.13	0.55	0.55	0.55
6	二苯 并 (a,h) 蒽	0.54	-	-	0.55	0.06	0.55	0.55	0.55
7	苯并 (b)荧 蒽	5.44	-	-	5.50	0.24	5.50	5.50	5.50

3.2 地块修复范围及方量

根据《芜湖新兴铸管弋江老厂区 12#地块土壤污染风险评估报告(备案稿)》，芜湖新兴铸管弋江老厂区 12#地块土壤中污染物的修复区域划分为 A、B、C、D、E、F、G、H、I、J、K、M、N 等 13 个区域，其中 A、B、E、G、J、K、M、N 等 8 个区域为重金属污染土壤修复区域，F 为重金属和有机复合污染修复区域；C、D、H 和 I 等 4 个区域为有机污染土壤修复区域。

经计算得到地块 13 个修复区域的修复面积总和为 4441.33m²（重金属修复区域面积 3122.73 m²，重金属有机复合修复区域面积 187.23 m²，有机修复区域面积 1131.37 m²），修复土方量总和为 21744.94 m³（重金属修复方量 17783.08m³，重金属有机复合修复方量 748.92 m³，有机修复方量 3212.95 m³）。

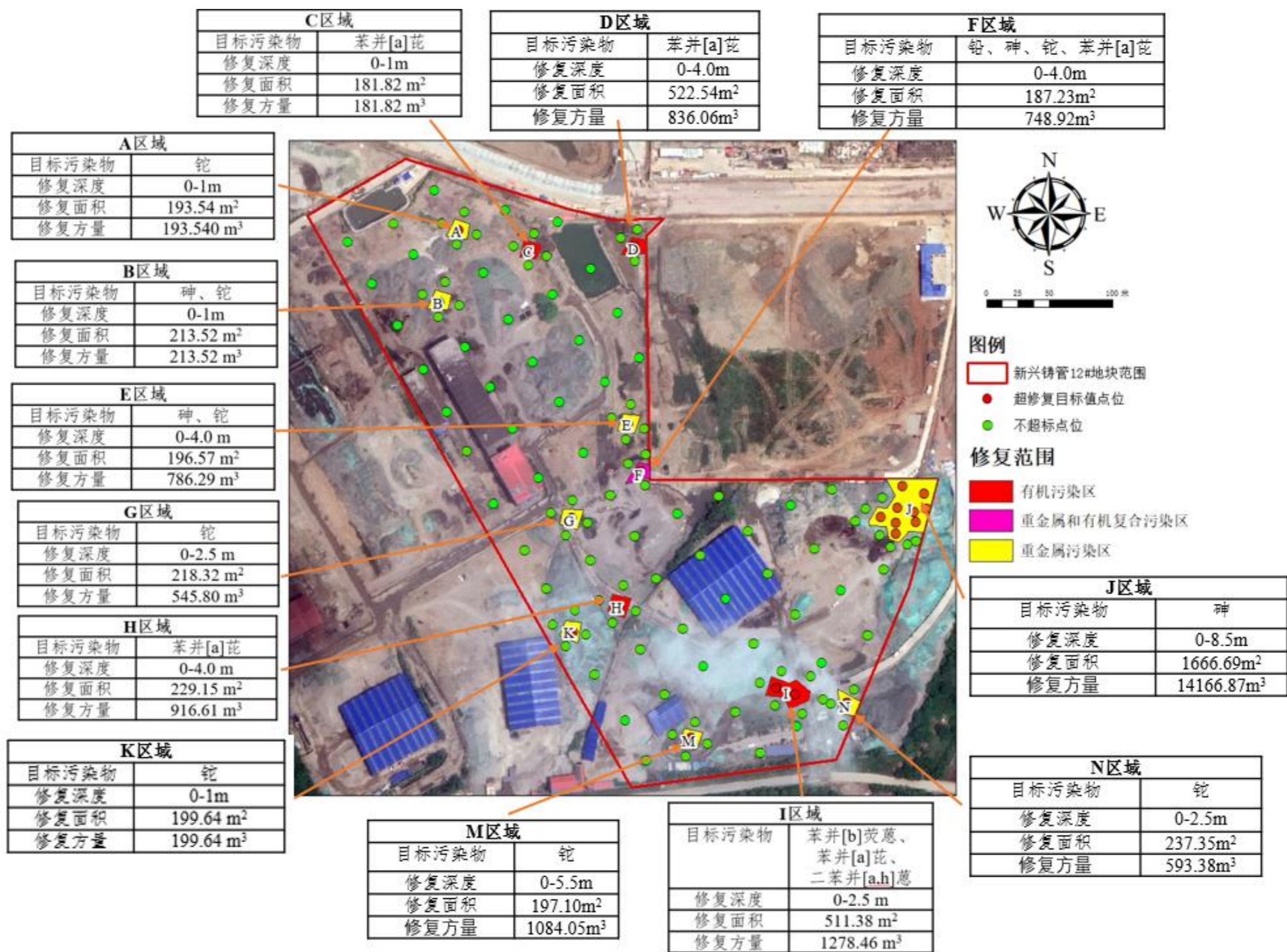


图 3.2-1 地块土壤污染修复范围平面图

4 地块修复技术筛选

4.1 土壤重金属污染物修复技术

根据地块土壤污染状况调查与风险评估结果，本地块内待修复的重金属主要为铅、砷和铊。根据修复与风险管控技术的筛选原则，结合该地块土壤污染物种类、地质水文条件及目前场地设施状况，并根据场地总体修复目标及修复时间要求，本方案对地块污染土壤修复与风险管控技术进行评估筛选，以初步确定具有可行性的技术，为进一步进行修复与风险管控方案的形成及比选提供依据。

综合考虑该地块土壤性状、土壤性质，污染土壤中的重金属建议选用的修复技术有水泥窑协同处置或固化稳定化技术；针对复合污染土壤，若采用固化稳定化技术，需在固化稳定化前对土壤中有机污染物进行修复或去除处置。

两项技术均能满足本地块重金属要求，但考虑固化/稳定化技术后期长期跟踪监测时间长，对未来的开发建设存在影响。综合上述，优先建议考虑采用水泥窑协同处置技术修复地块内的重金属或重金属有机复合污染土壤。

4.2 土壤有机污染物修复技术可行性评估

根据地块土壤污染状况调查与风险评估结果，本地块内待修复的有机污染物主要为多环芳烃。根据修复与风险管控技术的筛选原则，结合该地块土壤污染物种类、地质水文条件及目前场地设施状况，并根据场地总体修复目标及修复时间要求，本方案对地块污染土壤修复与风险管控技术进行评估筛选，以初步确定具有可行性的技术，为进一步进行修复与风险管控方案的形成及比选提供依据。

综合考虑该地块土壤性状、土壤性质，污染土壤中的重金属建议选用的修复技术有原地异位化学氧化、热脱附和水泥窑协同处置。

脱附修复虽然能有效去除土壤中的有机污染物，但成本相对价高，而化学氧化技术成本低。综合上述，优先建议考虑采用化学氧化技术修复地块内的有机污染土壤。

4.3 复合污染土壤修复技术可行性评估

本地块复合污染土主要为重金属有机复合污染，结合 4.1 和 4.2 章节可知，脱附修复虽然能有效去除土壤中的有机污染物，但成本相对价高，且处理后的土

壤仍需利用其他技术去除其中的重金属污染物，而水泥窑协同处置技术可以有效处理土壤中的重金属和有机污染物。化学氧化技术成本低，可与固化/稳定化技术组合使用处理重金属有机复合污染土壤。综合上述，优先建议考虑采用水泥窑协同处置技术修复地块内的重金属或复合污染土壤。

5 地块修复技术方案

5.1 修复技术路线一

(1) 对污染土壤进行清挖，由于地下水埋深较浅，在开挖前必须采取必要的降排水措施，建议采用明排水方式降水。①基坑坡顶排水：为防止地表水流入基坑，冲刷边坡，基坑上口线均向外做坡比 2% 散水，基坑周边沿支护结构顶部砌筑 30cm 挡水墙；②集水明排：在地块的四周设置 300mm×500mm 的排水明沟，同时建设一个废水收集池，排水明沟与废水收集池相连，定期排向地块内污水处理设施；③支护结构排水：在坡面进行支护前，要清除坡面虚土，确保边坡的立面和壁面的平整度。本工程由于地下水位较浅，基坑边坡也容易出现渗水现象，这部分水若处理不好将带出地层中大量细颗粒物，使开挖面受扰动并可能发生坍塌。出现这种情况时，须放慢挖土速度，及时在坑壁做导流盲管，再将支护结构后残存的水排走。导流盲管一般采用长 1 m 的 $\Phi 25$ mm 塑料管，做成花管并缠 40 目尼龙纱网，在坡面上每隔 1 m 设置一个。

(2) 对挖出土壤进行预处理，包括筛分、研磨、脱水等。

(3) 对重金属污染的土壤，建议根据土壤埋深分别堆放（如 0-1.0m 埋深和 1.0m 埋深以下），综合考虑经济性及处置能力可行性，本方案建议先对 0-1.0m 重金属污染土壤通过淋洗技术进行减量化处理（土壤淋洗修复技术适用于粘粒含量低于 25%，本地块 0-1.0m 埋深土壤为杂填土，可通过淋洗技术进行修复），1.0m 以下土壤直接采用水泥窑协同处置技术。经多次淋洗修复仍无法达标的土壤送至水泥窑协同处置，建议在正式实施修复前，对淋洗技术的效果开展小试和中试实验，确定土壤可达到有效修复效果的土壤粒径及具体工艺参数。

根据生态环境部相关要求，进行水泥窑协同处置、填埋、生产砖、瓦等建筑材料的土壤需首先进行危险废物鉴别。鉴别出的危险废物需委托具有专业处置资质的单位进行处置，一般固体废物遵守《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》的相关要求进行处置。若转运至水泥厂进行水泥窑协同处置，水泥窑协同处置的土壤鉴别与检测、设施选择、处置工艺技术和要求、污染控制等方面应满足《水泥窑协同处置固体废物技术规范》（GB 30760-2014）和《水泥窑协同处置固体废物环境保护技术规范》（HJ 662-2013）的相关要求。

(4) 对重金属有机复合污染土壤，直接采用水泥窑协同处置。

(5) 对有机污染土壤，直接采用化学氧化。

(6) 重金属污染土壤和重金属有机复合污染土壤清挖后的基坑验收合格后选取清洁土进行回填，有机污染土壤经修复验收合格后进行原位回填。

(7) 基坑排水及淋洗废水，场地内进行集中处理，达《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 三级标准后纳管排放。

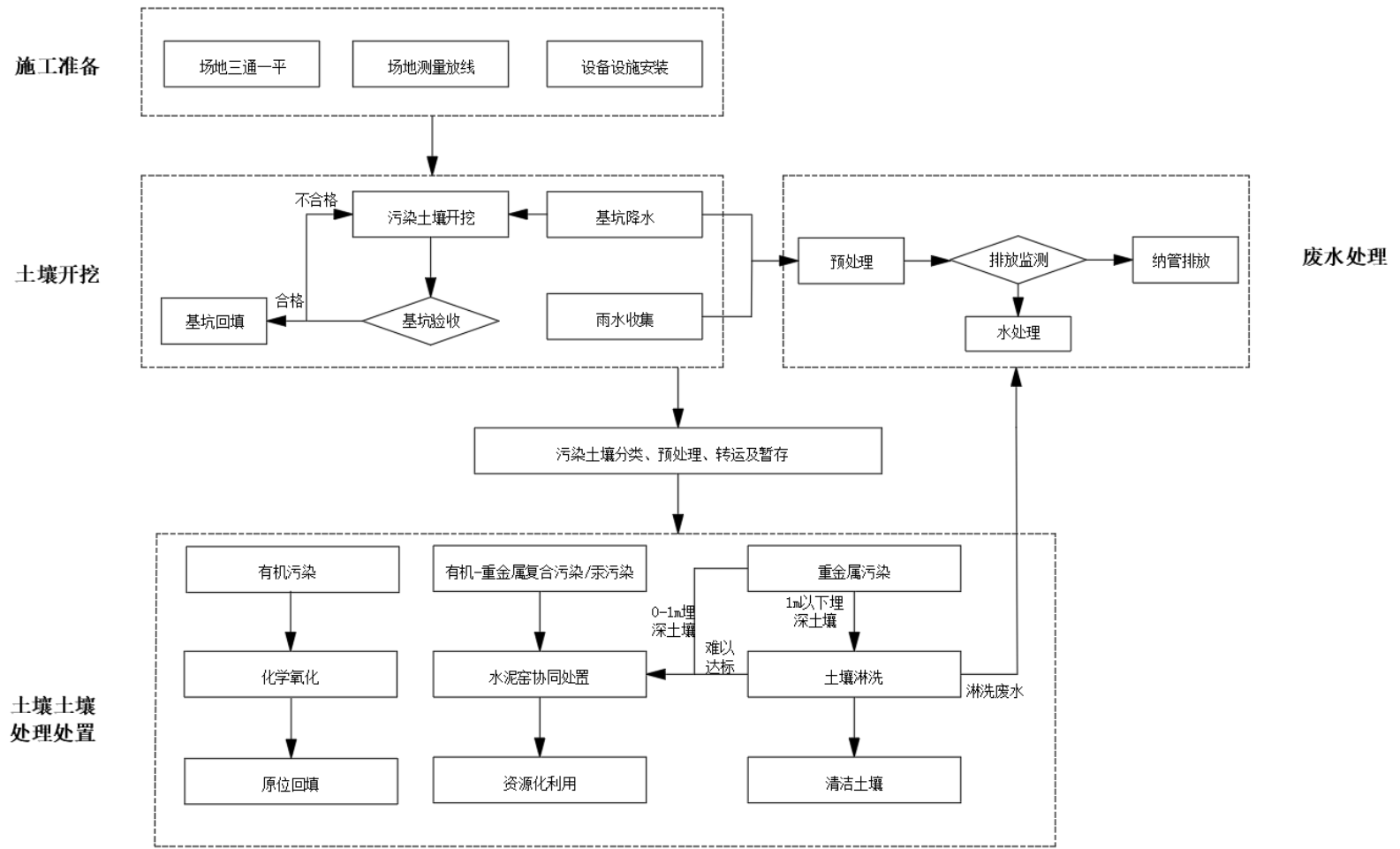


图 5.1-1 修复技术路线图一

5.2 修复技术路线二

(1) 对污染土壤进行清挖，由于地下水埋深较浅，在开挖前必须采取必要的降排水措施，建议采用明排水方式降水。①基坑坡顶排水：为防止地表水流入基坑，冲刷边坡，基坑上口线均向外做坡比 2% 散水，基坑周边沿支护结构顶部砌筑 30cm 挡水墙；②集水明排：在地块的四周设置 300 mm×500 mm 的排水明沟，同时建设一个废水收集池，排水明沟与废水收集池相连，定期排向地块内污水处理设施；③支护结构排水：在坡面进行支护前，要清除坡面虚土，确保边坡的立面和壁面的平整度。本工程由于地下水位较浅，基坑边坡也容易出现渗水现象，这部分水若处理不好将带出地层中大量细颗粒物，使开挖面受扰动并可能发生坍塌。出现这种情况时，须放慢挖土速度，及时在坑壁做导流盲管，再将支护结构后残存的水排走。导流盲管一般采用长 1 m 的 $\Phi 25$ mm 塑料管，做成花管并缠 40 目尼龙纱网，在坡面上每隔 1 m 设置一个。

(2) 对挖出土壤进行预处理，包括筛分、研磨、脱水等。

(3) 对重金属污染的土壤，采用固化/稳定化技术。

(4) 对重金属有机复合污染的土壤，先采用化学氧化技术处理土壤中的有机污染物，后采用固化/稳定化技术。

(5) 对有机污染的土壤，先采用化学氧化技术处理土壤中的有机污染物。

(6) 此路线采用固化/稳定化修复的土壤约 18532.0 m³，可选择规划为道路、防护绿地的区域填埋并进行长期管控，填埋深度约在设计标高地表土±0 以下 2-6m 范围内，避开道路管线，需在风险管控范围上游、内部、下游及可能涉及的潜在二次污染区域设置地下水监测井，并开展长期环境监测。

(7) 基坑验收合格后选取清洁土进行回填。

(8) 基坑排水及淋洗废水，场地内进行集中处理，达《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 三级标准后纳管排放。

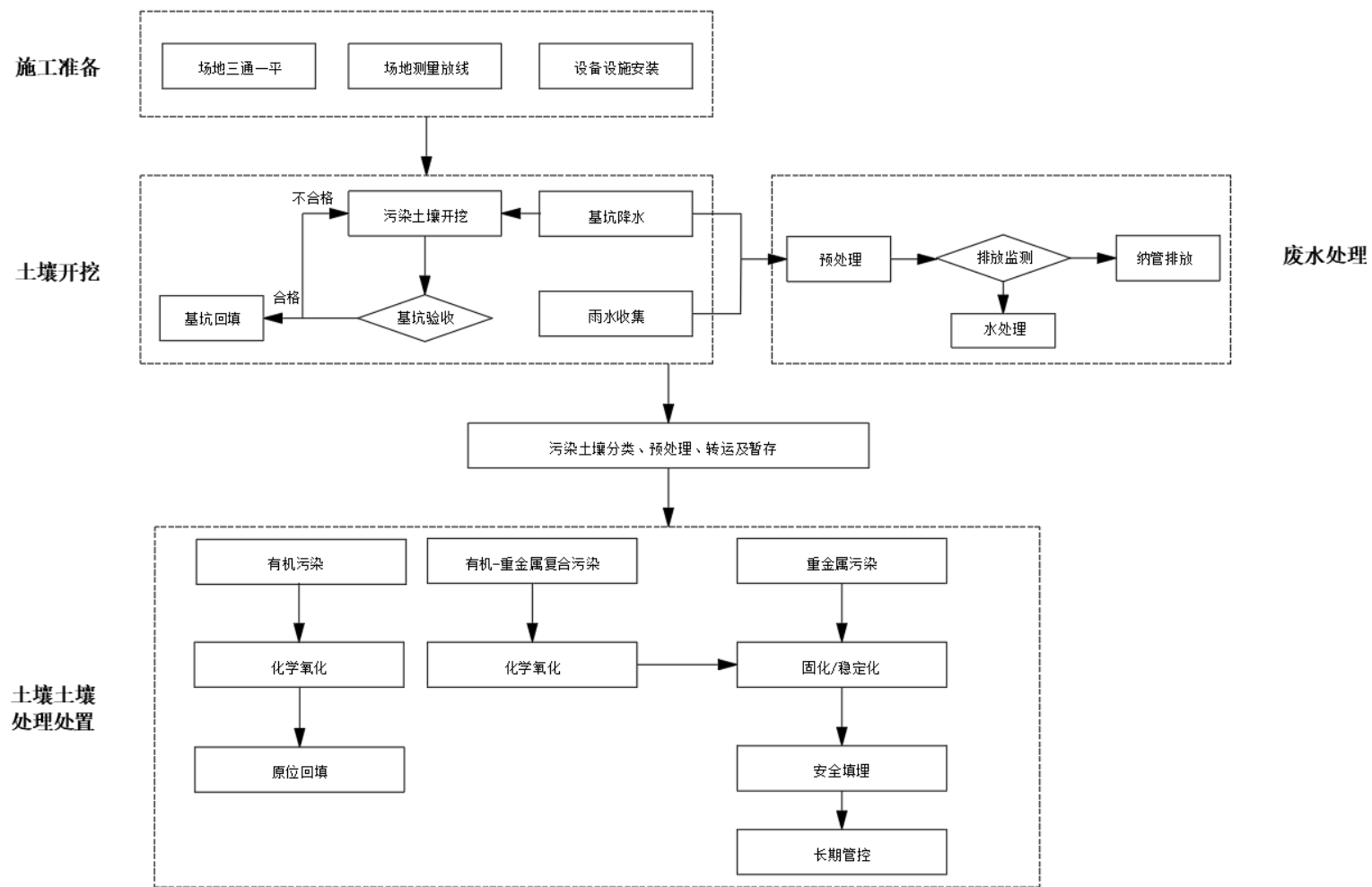


图 5.2-2 修复技术路线图二

5.3 工程量估算

根据风险评估报告,需修复的土壤面积为 4441.33m²,修复土方量为 21744.94 m³。若采用技术路线一,采用土壤淋洗的土方量为 3122.73m³,采用水泥窑协同处置的土方量为 15409.23 m³ (淋洗和水泥窑协同处置土方量根据现场实际土层分布情况可进行调整),采用化学氧化的土方量为 3212.95 m³。若采用技术路线二,固化/稳定化的土方量为 18532.0 m³,化学氧化的土方量为 3961.87 m³。

5.4 修复工期估算

(1) 修复技术路线一

技术路线一修复周期主要取决于现场污染土壤开挖、污染土壤异位淋洗以及水泥窑协同处置处理周期。根据本项目的实际情况,本项目分三个阶段安排,第一阶段为准备阶段,第二阶段为建设阶段,第三阶段为项目效果评估阶段。周期估算以淋洗 200m³/天(1 台设备处理量 15t/h,连续运行,一天处理方量约为 200m³),化学氧化平均 200m³/天,水泥窑协同处置 350m³/天(30t/车,一天约 20 车,一天处理方量约为 350m³)为假设条件,以上日处理量根据相关项目调研结果确定。实际处理周期随设备处理能力、处理机组数等变化。本项目地块与东侧相邻的芜湖新兴铸管弋江老厂区 12#地块同时开展修复工作,工期一起进行估算。

(1) 前期准备阶段,时间 15 天:主要完成设计施工准备工作。

(2) 修复工程实施阶段,时间约 105 天:其中施工准备 15 天,施工工期 80 天,包括污染土壤异位淋洗、异位化学氧化、水泥窑协同处置等。考虑特殊天气及其他不可抗因素,适当延长修复工期估算,计 105 天。

(3) 效果评估阶段,本阶段时间安排 60 天:本阶段包含对基坑清挖、污染土壤原地异位处置等工作内容的效果评估。

总结:本项目总工期 180 天,准备阶段 15 天,工程实施 105 天,工程修复效果评估 60 天。此周期为估算,实际工程可通过增加设备工组、改进设备、优化条件等方式进一步缩短修复周期。

(2) 修复技术路线二

技术路线二修复周期主要取决于现场污染土壤开挖、污染土壤氧化还原、固化/稳定化及效果评估周期。根据本项目的实际情况,本项目分三个阶段安排,第一

阶段为准备阶段，第二阶段为建设阶段，第三阶段为项目效果评估阶段。周期估算，化学氧化平均 200m³/天，固化/稳定化 300m³/天为假设条件，以上日处理量根据相关项目调研结果确定。技术路线二涉及固化/稳定化处理技术，根据《污染地块修复技术指南—固化/稳定化技术（征求意见稿）》，固化/稳定化修复效果评估可分为施工完成后的短期效果评估（1-2 年）、中期效果评估（10-30 年）和长期效果评估（实际时段一般不超过 100 年）。实际处理周期随设备处理能力、处理机组数等变化。本项目地块与东侧相邻的芜湖新兴铸管弋江老厂区 12#地块同时开展修复工作，工期一起进行估算。

（1）前期准备阶段，时间 15 天：主要完成设计施工准备工作。

（2）修复工程实施阶段，时间约 105 天：其中施工准备 15 天，施工工期 80 天，包括污染土壤异位化学氧化、固化/稳定化、安全填埋等。考虑特殊天气及其他不可抗因素，适当延长修复工期估算，计 105 天。

（3）效果评估阶段，本阶段时间安排 1 年：本阶段包含对基坑清挖、污染土壤原地异位处置安全填埋等工作内容的效果评估。

总结：本项目总工期 485 天，准备阶段 15 天，工程实施 105 天，工程修复效果评估 365 天。此周期为估算，实际工程可通过增加设备工组、改进设备、优化条件等方式进一步缩短修复周期。

5.5 修复路线比选

本方案根据污染地块修复与风险管控技术方案比选原则及各项比选指标，分别对以上两种备选方案进行技术、经济、环境和社会效益的比选，通过对技术指标、经济指标、环境指标和社会指标的对比，结合该地块土壤与地下水污染物种类、地质水文条件及目前地块设施状况，根据地块总体修复目标、修复时间及未来地块开发规划的要求，充分考虑各种修复及风险管控工艺的技术特点及适用范围，以确定最优修复与风险管控技术方案。本方案中涉及的两种修复技术路线主要工艺相同，区别主要为部分重金属污染土壤的修复技术选择，即淋洗+水泥窑协同处置技术与固化稳定化修复技术的比选。

通过从技术指标、经济指标、环境指标和社会指标方面对两种修复方案的综合对比，结合现场实际情况，虽然方案二修复费用整体稍低，但从现场可操作性、

后期工作上考虑比较，认为方案一更好。

经过比较，选择方案一作为本地块的推荐修复技术方案。当方案一的修复方案或者设备要求不能满足该项目土壤修复工程时，条件允许的情况下采用方案二作为备选修复方案。

6 结论与建议

根据《芜湖新兴铸管弋江老厂区 12#地块土壤污染风险评估报告(备案稿)》的结论,本项目地块土壤中铅、砷、铊、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、二苯并[a,h]蒽,超出人体可接受风险,需要修复,污染土壤土方量为 21744.94m³。

结合该地块土壤污染物种类、地质水文条件及目前地块设施状况,并根据地块总体修复目标及修复时间要求,提出两种技术方案。

方案一:对重金属污染的土壤,建议土壤细粒含量低于 25%的污染土壤采用土壤淋洗进行处理,不能淋洗达标的污染土壤采用水泥窑协同处置。土壤细粒含量高于 25%的污染土壤采用水泥窑协同处置。对重金属有机复合污染土壤,直接采用水泥窑协同处置。水泥窑协同处置的土壤运送前需先进行危险废物鉴别。对单独有机污染土壤,直接采用化学氧化技术。

方案二:对重金属土壤采用固化/稳定化处置技术;对重金属有机复合污染土壤采取先化学氧化后固化/稳定化处置技术;对有机污染土壤采用化学氧化。经固化/稳定化处置的土壤进行安全填埋,并进行长期监管;经化学氧化处置的土壤经验收合格后进行原位回填。

综合考虑污染地块修复效果、修复成本、修复工程的环境影响等因素,**选取方案一作为本地块的修复方案**,当方案一的修复方案或者设备要求不能满足该项目土壤修复工程时,条件允许的情况下采用方案二作为备选修复方案。

针对修复过程中可能出现的二次污染问题,如废气、废水和固废等,本方案制定了污染防治措施和监测计划,避免施工过程中的二次污染,防止对周边环境产生不良影响。

本方案对修复工程修复模式、监理工作内容、效果评估工作等进行了说明与设计;制定安全防护措施和工期保证措施、环境安全应急预案,达到安全、高效施工的总体目标。同时提出公众参与,舆情引导,确保周边居民全面、正确地认识本场地修复工作,并得到他们的支持与配合,使地块修复作业能安全、顺利的进行。