



申花单元 GS0404-A5-12 地块北区域 土壤污染风险评估报告

二〇二一年三月

1 项目概述

1.1 项目背景

申花单元 GS0404-A5-12 地块位于杭州市拱墅区，占地面积 41015m²，规划用地性质为 A5 医疗卫生用地。根据现场踏勘，场地内目前为空地 and 地铁施工临时用地，历史为杭州塑料化工一厂、杭州防腐设备有限公司、祥和北星大酒店、新慈酒店及农居，其中祥和北星大酒店曾先后作为杭州毛毡厂和杭州华立仪表厂进行生产。

2020 年 4 月，杭州市拱墅区城中村改造工程指挥部（以下简称“场地责任人”）委托杭州市环境保护科学研究设计有限公司（以下简称“我单位”）对该地块进行了场地环境调查。调查单位于 2020 年 11 月编制完成《申花单元 GS0404-A5-12 地块土壤污染状况调查报告》。根据土壤污染状况调查报告结论，调查地块土壤中的 1,2-二氯乙烷、邻苯二甲酸双（2-乙基己基）酯和石油烃 C₁₀-C₄₀ 超过《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）第一类用地筛选值，地下水中 1,2-二氯乙烷、氯乙烯、邻苯二甲酸双（2-乙基己基）酯超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）中规定的 IV 类要求，石油烃 C₁₀-C₄₀ 超过《上海市建设用地土壤污染状况调查、风险评估、风险管控与修复方案编制、风险管控与修复效果评估工作的补充规定（试行）》附件 5 中第一类用地筛选值，菲检出值超过《荷兰土壤与地下水环境质量标准》地下水干预值，需启动场地风险评估程序，针对场地污染特征结合未来利用规划，开展环境风险评价，明确场地关注污染物对人体健康的风险。2021 年 1 月杭州市生态环境局出具了《杭州市生态环境局关于申花单元 GS0404-A5-12 地块列入污染地块名录的通知》，具体见附件 2。

根据地块开发建设需要，场地责任人将申花单元 GS0404-A5-12 地块分割为申花单元 GS0404-A5-12 地块北区域（占地面积约 10400m²）、申花单元 GS0404-A5-12 地块南区域（占地面积约 30615m²）（详见下图）。场地责任人委托我单位对申花单元 GS0404-A5-12 地块南区域开展土壤污染风险评估工作。

申花单元 GS0404-A5-12 地块南区域场地位于拱墅区，东至规划公园/轨道交通兼容用地，北至申花单元 GS0404-A5-12 地块北区域和北站小商品市场，西至规划商业商务用地，南至祥符变电站，地块占地面积约 30615m²。根据现场踏勘，地块内目前为空地 and 地铁施工临时用地，历史为杭州塑料化工一厂、新慈酒店及农居。

我单位基于《申花单元 GS0404-A5-12 地块土壤污染状况调查报告》的分析结果，了解本次评估范围内土壤的污染类型与污染程度，综合评估范围内土壤中检出的污染物情况、未来土地利用方式、地块水文地质条件等进行人体健康风险评估，最终确定需修复的污染因子、修复范围、深度及方量。在此基础上，我单位人员按照相关法律法规和技术规范编制完成《申花单元 GS0404-A5-12 地块南区域土壤污染风险评估报告（评审稿）》，2021 年 2 月 7 日，浙江省生态环境厅会同杭州市规划和自然资源局等组织召开了该报告的专家评审会，我单位根据专家意见对报告进行修改完善，最终形成《申花单元 GS0404-A5-12 地块南区域土壤污染风险评估报告》（备案稿）。

根据详细调查及风评补充调查，申花单元 GS0404-A5-12 地块共进行了 4 次采样检测，共设 49 个土壤点位，共送检 329 个土壤样品；共设置 35 口地下水监测井，采集地下水样品 39 个。其中南区域共布置 38 土壤点位共 278 个土壤样品进行实验室分析，地块内共布置 33 个地下水井共 37 个地下水样品进入实验室分析。根据检测结果，申花单元 GS0404-A5-12 地块南区域土壤超标点位共有 11 个，超标因子主要为 1,2-二氯乙烷、石油烃 $C_{10}-C_{40}$ 及邻苯二甲酸双（2-乙基己基）酯；地下水井超标点位共 13 个，超标因子主要为石油烃 $C_{10}-C_{40}$ 、1,2-二氯乙烷、氯乙烯、邻苯二甲酸双（2-乙基己基）酯、菲。

根据风险评估，土壤中污染物 1,2-二氯乙烷、邻苯二甲酸双（2-乙基己基）酯的致癌风险均超过了可接受水平，石油烃 $C_{10}-C_{40}$ 的危害商超过了可接受水平；根据计算确定土壤污染物 1,2-二氯乙烷修复目标值为 0.52mg/kg，邻苯二甲酸双（2-乙基己基）酯修复目标值 42mg/kg，石油烃 $C_{10}-C_{40}$ 修复目标值为 826mg/kg。结合地块内污染范围及周边点位布设，估算本地块需修复的污染土壤方量共 20385m³；地下水中 1,2-二氯乙烷、氯乙烯的风险均超过了可接受水平，邻苯二甲酸二（2-乙基己基）酯风险可接受，石油烃 $C_{10}-C_{40}$ 、菲不能计算致癌风险或危害商，石油烃经分段计算风险可接受；根据计算确定地下水中 1,2-二氯乙烷修复目标值为 0.78mg/L，氯乙烯修复目标值 0.16mg/L。结合地块内污染范围及周边点位布设，地下水修复面积为 5130m²，修复深度为 16m。

1.2 风险评估程序

地块环境污染的风险影响主要取决于地块的环境污染状况和地块的未来用途。
土壤污染风险评估的主要工作程序和内容如图 1.2-1。

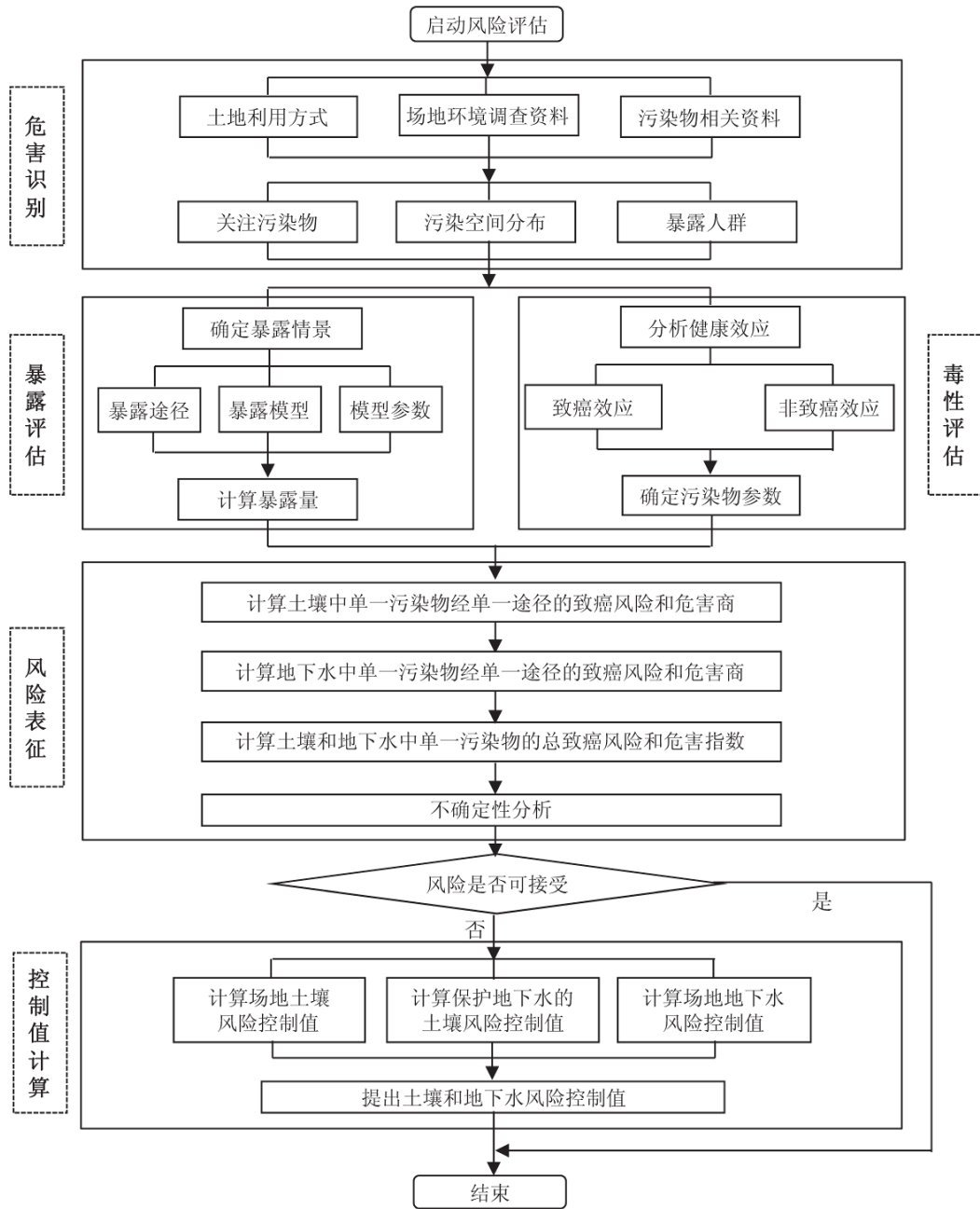


图 1.2-1 污染地块环境健康风险评估的工作程序

1.2.1 危害识别

是指根据地块环境调查获取的资料，结合地块土地的规划利用方式，确定污染地块的关注污染物、地块内关注污染物的空间分布和可能的敏感受体，如儿童、成

人等，包括三个方面的工作内容：收集地块环境调查资料、确定土地利用方式和关注污染物。

1.2.2 暴露评估

是指在危害识别的工作基础上，分析地块土壤中关注污染物进入并危害敏感受体的情景，确定地块土壤关注污染物对敏感人群的暴露途径，确定污染物在环境介质中的迁移模型和敏感人群的暴露模型，确定与地块污染状况、土壤性质、地下水特征、敏感人群和关注污染物性质等相关的模型参数值，根据暴露模型和相应的参数计算敏感人群在不同暴露情景下对应的暴露量。

1.2.3 毒性评估

是指在危害识别的工作基础上，分析关注污染物对人体健康的危害效应，包括致癌效应和非致癌效应，确定与关注污染物相关的毒性参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和单位致癌因子等。

1.2.4 风险表征

是指在暴露评估和毒性评估的工作基础上，采用风险评估模型计算单一污染物经单一暴露途径的风险值、单一污染物经所有暴露途径的风险值、所有污染物经所有暴露途径的风险值。风险表征计算的风险值包括单一污染物的致癌风险值、所有关注污染物的总致癌风险值、单一污染物的危害商（非致癌风险值）和多个关注污染物的危害指数（非致癌风险值）。

1.2.5 确定风险控制值

通过风险表征，当污染地块风险评估结果未超过可接受风险时，则结束进一步风险评估工作；当污染地块风险评估结果超过可接受风险水平，则计算关注污染物基于致癌风险的风险控制值和基于危害商的风险控制值。污染地块修复建议目标值，应根据上述基于致癌风险的风险控制值、基于危害商的风险控制值以及地块的实际情况和用途确定。

2 申花单元 GS0404-A5-12 地块污染分析

由于前期调查、前期采样监测均以整个申花单元 GS0404-A5-12 地块开展工作，为全面介绍场地内污染识别及污染物超标情况，本次污染分析及危害识别均基于申花单元 GS0404-A5-12 地块开展。

2.1 地块环境调查资料

2.1.1 地块地理位置及自然环境概况

申花单元 GS0404-A5-12 地块位于杭州市拱墅区申花单元，地块东侧为莫干山路，南侧为祥符变电站，西侧为规划商业商务用地，北侧为星月家居广场，地块周边环境概况见表 2.2-1，地块地理位置及周围环境示意图 2.1-1。

表 2.1-1 场地周边环境概况

方位	与红线距离	现状用地情况	规划情况
东侧	紧邻	空地	G1/S42 公园绿地兼容社会停车场用地
		汽车北站小商品市场	G3/S42 广场绿地兼容社会停车场用地
	约 30 m	莫干山路	莫干山路
	约 75m	化纤新村	R21 住宅用地
		和睦公寓	R21 住宅用地
	约 80m	汽车北站	S3 综合交通枢纽用地
南侧	紧邻	绿地	G2 绿化用地
	约 18m	祥符变电站	U12 供电用地
	约 110m	申花路	申花路
西侧	紧邻	空地	B1B2 商业商务用地
	约 90 m	小路	规划道路
北侧	紧邻	空地	规划道路
	约 16 m	星月家居广场	B1 商业用地
	约 170m	花园岗街	花园岗街



图 2.1-1 地块地理位置图

2.1.2 区域地质及水文条件

2.1.2.1 区域地质

本次场地调查地质及水文条件引用《杭州塑料化工一厂地块退役场地补充调查与风险评估报告》(2017.7) 中对杭州塑料化工一厂地块场地水文地质状况与土壤形状的勘察结果, 勘察点位见 图 2.1-2。

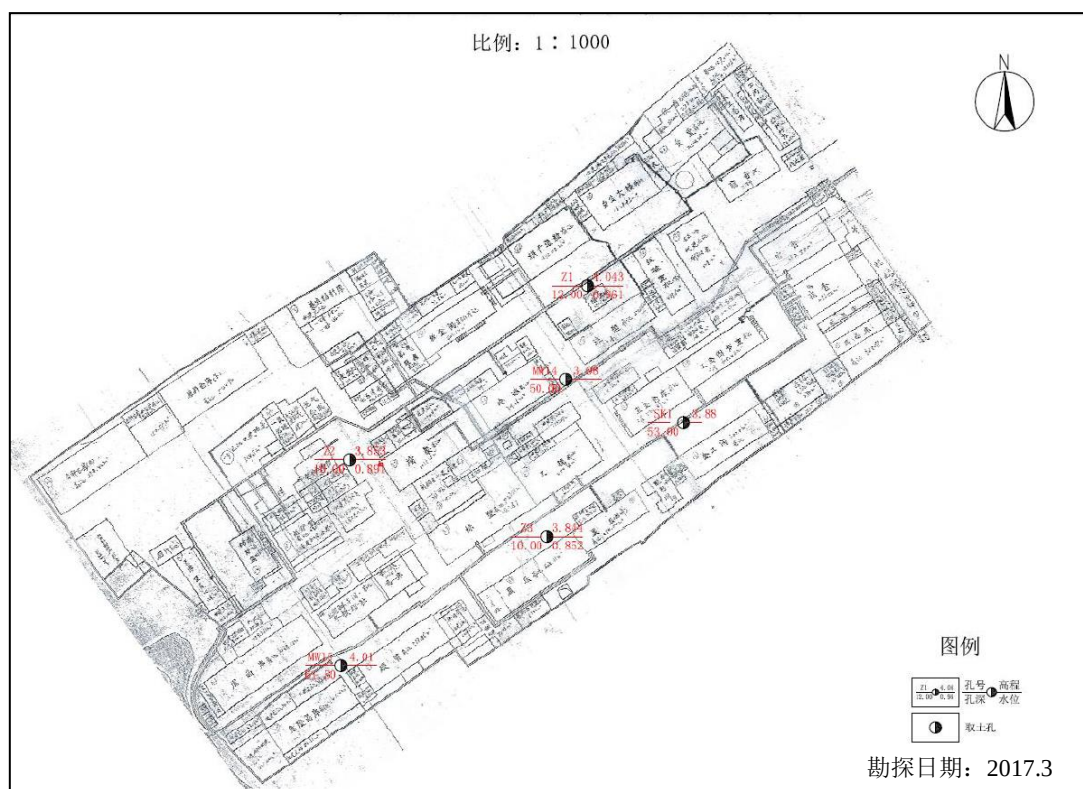


图 2.1-2 勘探点位平面布置图（2017.3）

2.1.2.2 地形地貌

拟建场地地貌单元属于湖沼相沉积地带，地形起伏不大，较平坦，现状为空地。场地周围环境条件较简单，有市政道路和河道。

2.1.2.3 地基土的构成与分布特征

本次勘察在调查范围内共布设 6 个勘探点，其中浅层地质勘探点 3 个，深层地质勘探点 3 个，地质勘察主要采用了机械取芯钻探方法，并结合取土样进行室内土工试验等方法进行。

根据本次勘察揭露的地层情况，结合区域地质环境条件，对场地上部地层进行工程地质分层。在勘察深度（61.5 m）范围内，按其成因、物理力学性质等将地基土分成 9 个工程地质层、15 个工程地质亚层。现自上而下分述如下：

1 杂填土：杂色，稍湿，松散。主要由碎石、角砾、碎砼块（砖块）及少量粘性土组成，地表多为 10~20 cm 砼地坪。

2 粉质粘土：灰黄色，饱和，软塑-软可塑。切面较光滑，韧性及干强度中等，局部夹粉土薄层，摇震反应不明显。

3 淤泥：灰色，饱和，流塑。切面稍光滑，无摇震反应，韧性及干强度中低，含有机质斑，局部以淤泥质粘土为主，见腐殖质。

4-1 粉质粘土：灰黄色、青灰色，饱和，软可塑-硬可塑。切面较光滑，无摇震反应，韧性及干强度中等，含少量铁锰质斑。

4-2 粉质粘土：灰色，浅灰色，饱和，软塑。切面较粗糙，无摇震反应，韧性较低，局部稍具层理，夹粉土薄层。

5 淤泥质粘土：灰色，饱和，流塑。切面光滑稍有光泽，无摇震反应，含有机质及少量植物残骸，局部相变为淤泥质粉质粘土。

6-1 粉质粘土：灰黄色、青灰色，饱和，软可塑-硬可塑。切面光滑局部稍有光泽，无摇震反应，韧性及干强度中等，含铁锰质斑，下部局部粉粒含量较高。

6-2 粉砂：灰色，湿，稍密-中密。切面粗糙，粘粒含量一般小于 10%，局部相变为砂质粉土，见少量云母碎屑。

8-1 粘土：灰色，饱和，软可塑-硬可塑。切面光滑且有油脂光泽，无摇震反应，韧性高，干强度高，局部含少量有机质。

8-2 粉质粘土：灰色，饱和，软可塑-硬可塑。切面粗糙，无摇震反应，韧性中等-较低，干强度中等，含铁锰质斑点。

9-1 粉砂：灰色，湿，中密。切面粗糙，分选较好，粘粒含量一般 10%，局部夹少量细砂、中砂。

9-2 砾砂：灰色，湿，稍密-中密。粒径 $>2\text{ mm}$ 的颗粒约占总量的 25%~35%，呈次棱角状、棱角状，粘性土含量约 15~25%，其余为中细砂。局部见个别粒径 $>20\text{ mm}$ 的碎石颗粒，呈次棱角状、亚圆形，分选性较差。

10-1 全风化含砾砂岩：灰色、灰紫色，岩芯已风化呈砂土状，岩石结构已破坏，有微弱的残余结构强度，结构构造不清晰，仅可辨认，手可折断、捏碎。

10-2 强风化含砾砂岩：灰色、紫灰色，中密-密实。岩芯风化较强烈、呈碎块状，原岩结构尚可辨认、岩体较破碎，局部夹个别中等风化岩块。

10-3 中风化含砾砂岩：灰绿色、紫灰色、灰色。组织结构较完整，构造较清晰，砂质胶结，块状构造。岩芯呈短柱状、块状，局部节理裂隙较发育，局部相变为砂砾岩。岩体较完整，锤击声较沉闷，较易击碎。场地典型地勘土层分布见下图。

工程地质剖面图 A1—A1'

比例尺：水平：1：500

垂直：1：500

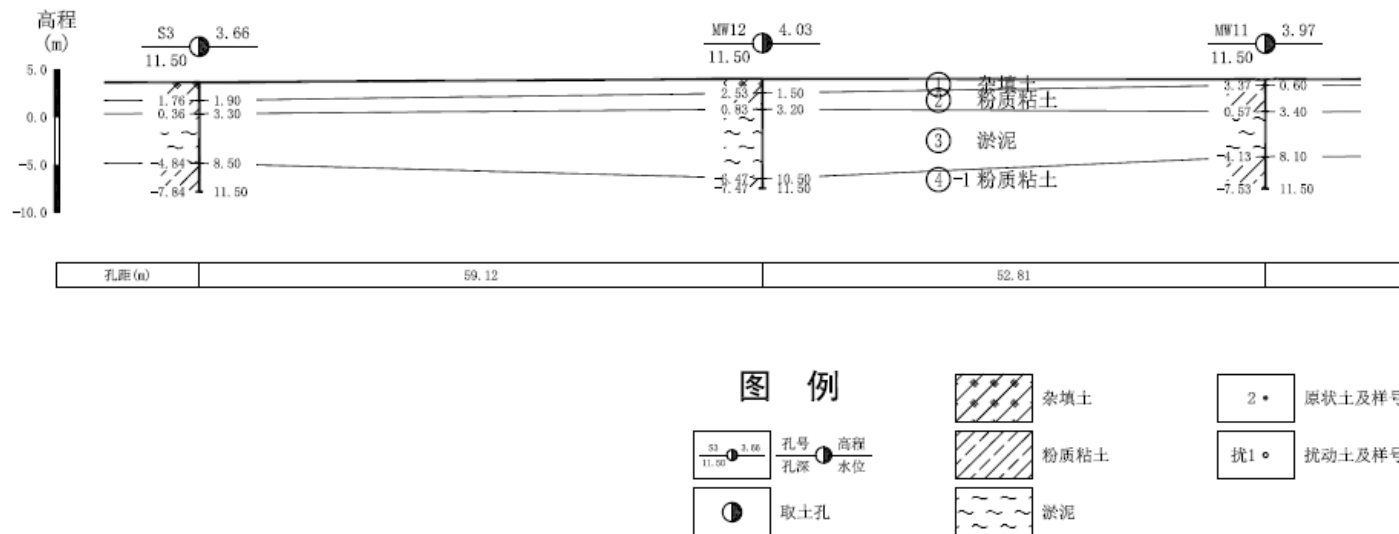


图 2.1-3 工程地质剖面图

工程地质剖面图 A2--A2'

比例尺：水平：1：500

垂直：1：500

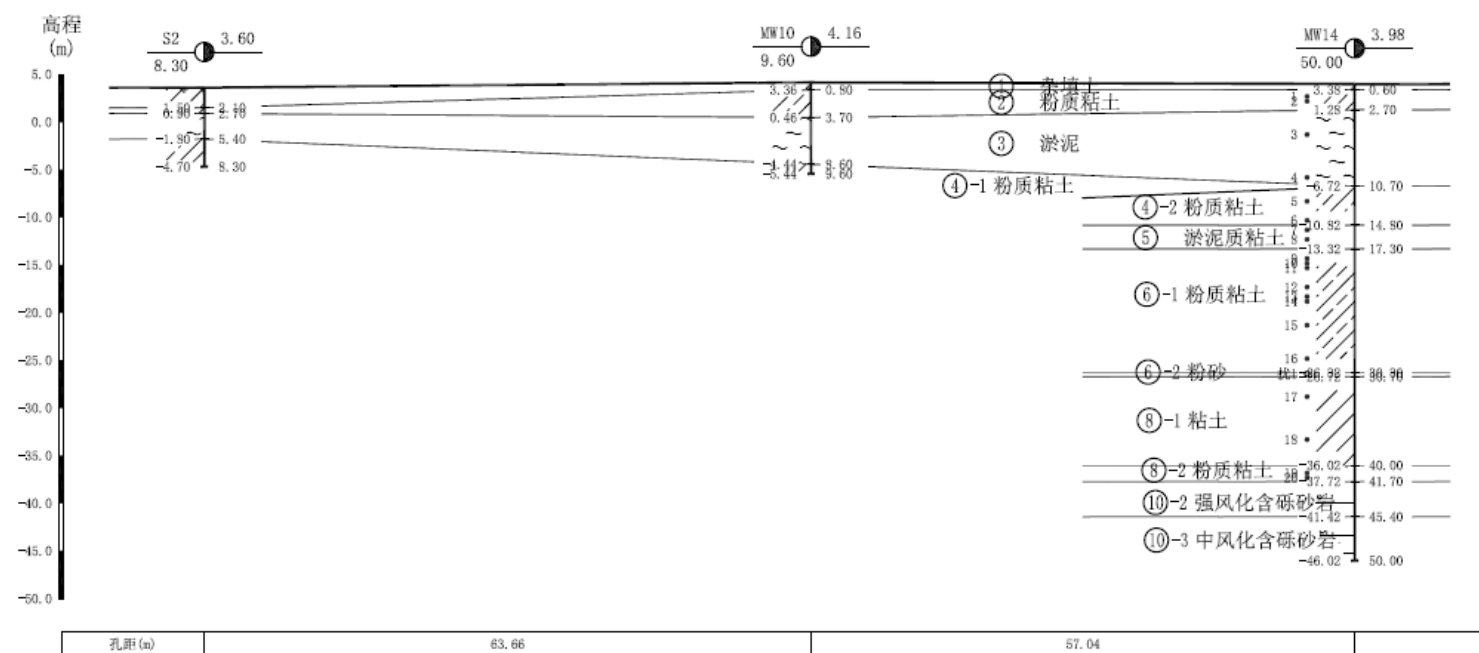


图 2.1-4 工程地质剖面图

工程地质剖面图 A3--A3'

比例尺：水平：1：600

垂直：1：500

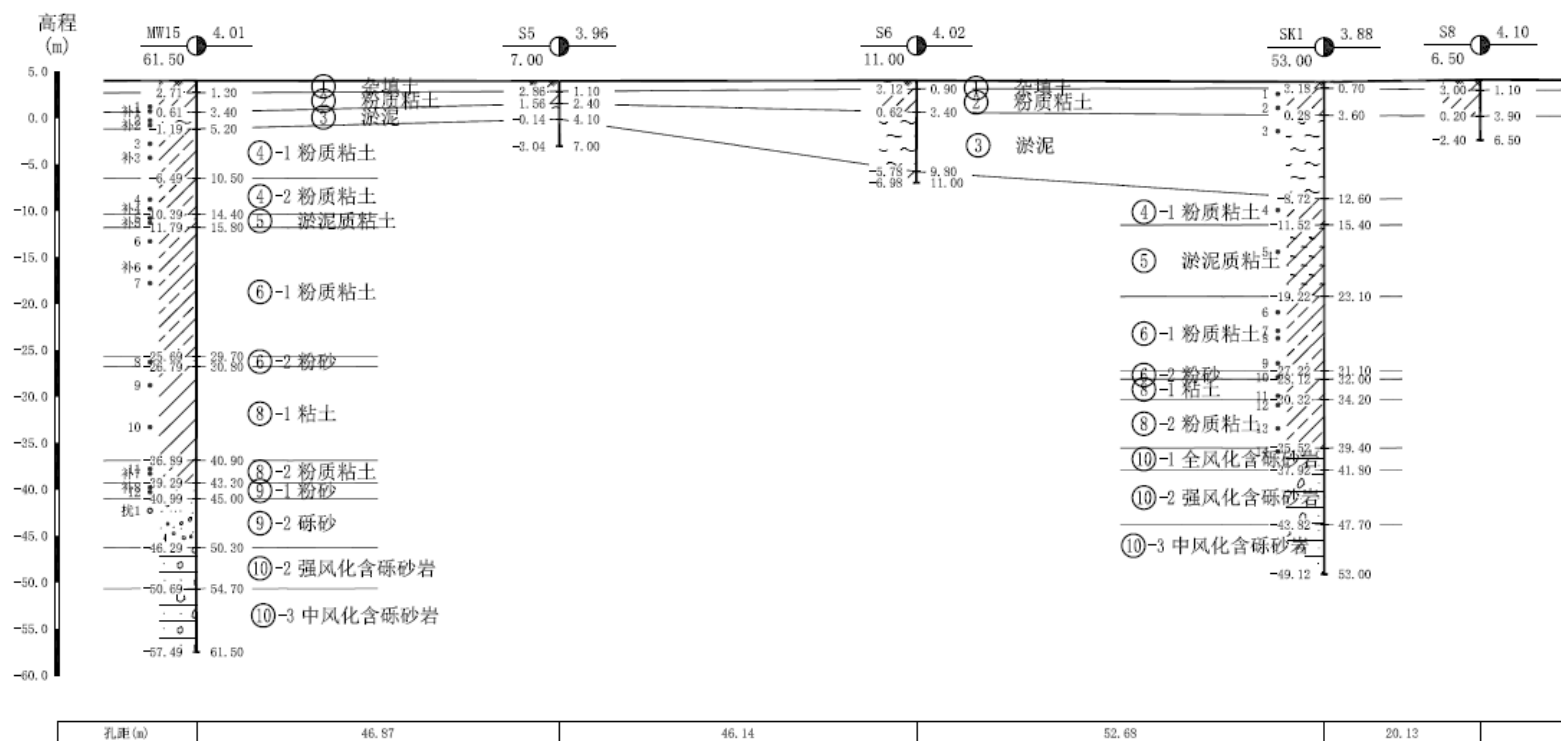


图 2.1-5 工程地质剖面图

表 2.1-2 场地土壤理化性质参数一览表

钻孔号 码	土壤类型	土样底部 深度 (m)	含水率	孔隙比	比重	天然密度	液限	塑限	塑性指数	液性指数	压缩系数	渗透系数 (室内)	
			ω	e	G _s	ρ	ω_L	ω_p	IP	IL	a ₁₋₂	垂直	水平
			%		/	g/cm ³	%	%				cm/s	cm/s
MW15-1	粘土	2.90	40.9	1.142	2.73	1.80	44.1	25.1	19.0	0.83	0.62	5.1	6.2
补 1	淤泥	3.40	66.8	1.863	2.75	1.60	58.4	30.4	28.0	1.30	1.64		
2	淤泥	4.40	59.5	1.653	2.75	1.65	53.8	27.8	26.0	1.22	1.56	0.21	0.23
补 2	粉质粘土	4.90	34.2	0.998	2.72	1.83	38.2	21.7	16.5	0.76	0.37		
3	粉质粘土	6.90	24.4	0.730	2.71	1.95	33.1	19.7	13.4	0.35	0.25	6.3	7.0
补 3	粉质粘土	8.40	27.0	0.820	2.72	1.90	35.1	20.5	14.6	0.44	0.27		
4	粉质粘土	12.90	33.6	1.012	2.72	1.81	34.1	20.1	14.0	0.96	0.45	4.2	8.1
补 4	粉质粘土	13.90	31.2	0.880	2.72	1.90	35.6	20.7	14.9	0.70	0.33		
5	淤泥质粉粘	14.9	36.8	1.014	2.72	1.85	35.1	20.5	14.6	1.12	0.65	0.3	0.34
补 5	粉质粘土	15.4	37.0	1.006	2.72	1.86	38.1	22.6	15.5	0.92	0.45		
6	粉质粘土	17.4	26.9	0.752	2.72	1.97	35.6	20.7	14.9	0.42	0.26	4.1	5.5
7	粉质粘土	21.9	22.4	0.667	2.71	1.99	30.4	18.6	11.7	0.32	0.24		
8	粉砂	30.4	23.6	0.724	2.69	1.93					0.15	610	650
补 6	粘质粉土	20.2	23.4	0.728	2.70	1.93					0.17		
9	粉质粘土	32.9	25.4	0.759	2.72	1.94	34.9	20.4	14.5	0.34	0.26	6.8	7.4
10	粘土	37.4	30.0	0.880	2.73	1.89	40.1	22.4	17.7	0.42	0.34		
11	粉质粘土	41.9	23.5	0.708	2.71	1.96	27.2	17.1	10.1	0.63	0.32	33	41
补 7	粉质粘土	42.4	20.5	0.616	2.71	2.02	28.9	18.1	10.8	0.22	0.18		
12	粉砂	44.0	23.4	0.730	2.69	1.92					0.15	410	550
补 8	粉砂	43.9	23.6	0.680	2.69	1.98					0.15		
MW14-1	粉质粘土	1.40	28.4	0.776	2.71	1.96	31.9	19.2	12.7	0.72	0.38	4.0	4.5

2	粉质粘土	1.90	30.2	0.869	2.71	1.89	30.6	18.7	11.9	0.96	0.36		
3	淤泥	5.40	60.8	1.658	2.75	1.66	58.7	29.7	29.0	1.07	1.45	0.16	0.21
4	淤泥质粉粘土	9.90	41.2	1.201	2.72	1.74	37.9	21.6	16.3	1.20	0.69		
5	粉质粘土	12.40	34.4	1.012	2.72	1.82	36.0	20.8	15.2	0.89	0.38	3.4	5.2
6	粉质粘土	14.40	37.4	1.023	2.72	1.85	37.9	21.6	16.3	0.97	0.42		
7	淤泥质粘土	15.40	43.4	1.230	2.73	1.76	42.9	23.5	19.4	1.02	0.91	0.27	0.32
8	淤泥质粘土	16.40	42.4	1.214	2.73	1.76	42.1	23.2	18.9	1.01	0.83		
9	粘土	18.40	38.7	1.178	2.74	1.74	44.1	24.0	20.1	0.73	0.52	2.1	3.7
10	粘土	18.90	38.9	1.076	2.73	1.83	39.9	22.4	17.5	0.94	0.64		
11	粉质粘土	19.40	24.7	0.690	2.71	2.00	31.3	19.0	12.3	0.46	0.25	3.5	4.9
12	粉质粘土	21.40	26.4	0.758	2.71	1.95	31.7	19.1	12.6	0.58	0.31		
13	粉质粘土	22.40	29.6	0.891	2.71	1.86	31.2	19.0	12.2	0.87	0.39	4.5	7.6
14	粉质粘土	22.90	30.4	0.822	2.71	1.94	33.7	19.9	13.8	0.76	0.31		
15	粉质粘土	25.40	20.9	0.630	2.71	2.01	27.7	17.6	10.1	0.32	0.23	6.7	7.3
16	粉质粘土	28.90	25.0	0.702	2.71	1.99	32.4	19.4	13.0	0.42	0.25		
17	粘土	32.90	34.8	0.967	2.74	1.88	46.7	25.0	21.7	0.45	0.36	3.1	3.5
18	粘土	37.40	29.6	0.854	2.73	1.91	40.1	22.4	17.7	0.40	0.32		
19	粉质粘土	40.90	26.0	0.780	2.71	1.92	31.3	19.0	12.3	0.56	0.31	31	39
20	含砂粉质粘土	41.40	24.1	0.726	2.71	1.95	28.0	17.7	10.3	0.62	0.30		
SKI-1	粉质粘土	1.40	26.2	0.746	2.71	1.96	29.6	18.3	11.3	0.70	0.36	6.0	7.3
2	粉质粘土	2.90	35.4	1.005	2.72	1.84	36.7	21.1	15.6	0.92	0.42	1.8	2.4
3	淤泥	5.40	60.6	1.739	2.75	1.61	60.2	30.3	29.9	1.01	1.74	0.20	0.25
4	粉质粘土	13.90	26.8	0.751	2.72	1.97	35.8	20.8	15.0	0.40	0.26	3.0	3.7
5	淤泥质粘土	18.4	43.8	1.224	2.73	1.77	42.3	23.3	19.0	1.08	0.92	0.33	0.36
6	粉质粘土	24.9	24.4	0.668	2.71	2.02	31.4	19.0	12.4	0.43	0.25	6.5	8.3
7	粉质粘土	26.9	27.3	0.824	2.72	1.90	35.3	20.6	14.7	0.46	0.26	4.3	5.6
8	粉砂	27.7	25.5	0.750	2.69	1.93					0.18	530	590
9	粉质粘土	30.4	23.1	0.685	2.71	1.98	30.7	18.8	11.9	0.36	0.25	5.0	6.5

10	中砂	31.9	26.5	0.755	2.69	1.94					0.15	840	970
11	粉质粘土	33.9	25.8	0.722	2.71	1.98	33.6	19.9	13.7	0.43	0.24	6.8	7.1
12	含砂粉质粘土	34.9	28.2	0.840	2.71	1.89	29.7	18.4	11.3	0.87	0.38	/	/
13	粉质粘土	37.4	27.8	0.802	2.72	1.93	37.2	21.3	15.9	0.40	0.25	3.1	4.2
14	粉质粘土	39.9	18.8	0.562	2.71	2.06	27.9	17.8	10.1	0.10	/	7.0	7.6

2.1.2.4 水文地质条件

根据 2017.3 水文地质勘察成果，项目场地内为第四纪地层覆盖，南侧约 0.1 km 处有无名小河，宽约 4~8 m；东南侧约 0.8 km 分布有较大河流（运河支流），宽约 30~40 m。根据地下水含水介质、赋存条件、水力特征及水理性质，结合区域水文地质资料，项目场地附近地下水主要为松散岩类孔隙潜水、松散岩类孔隙承压水、基岩裂隙水。

1、全新统孔隙潜水

主要由全新统冲海积粘性土等组成，分布于平原区表部，水位埋深 0.1~2.0 m，水位年变化幅度约 1.0~2.0 m，民井出水量一般小于 10 m³/d，水质淡。孔隙潜水接受大气降水及地表水补给，径流迟缓，地面蒸发及向河网侧向渗透是其主要排泄方式。

2、上更新统承压水

由上更新统冲积相粉砂、圆砾组成，中密-密实状，单井涌水量一般为 100~1000 m³/d，运河水系水质淡、钱塘江水系水质咸。由于上覆较厚的粘性土层，封闭性好，难以获得大气降水及地表水的垂向补给。多年动态监测资料证实，区内深部承压水缺乏现代水补给，地下水资源以储存资源为主。

3、基岩裂隙水

赋存于基岩风化裂隙及节理中，富水性不均一，连通性差，多呈线状或脉状分布，无统一地下水位。受构造、地貌、气候及岩性等因素控制，属弱含水岩组。主要接受大气降水、地表水和上部孔隙水的补给，迳流十分缓慢，地下水在侵蚀沟谷，陡坎处以泉的形式或线状渗水方式排泄。

根据钻孔揭露，本场地在基岩以上约 25 m 深度范围主要存在 1 个含水层组，描述如下：

（1）孔隙潜水含水岩组

场地内浅部孔隙潜水含水岩组可分为以下两个亚层：

I₁ 层：杂填土（碎石、角砾）潜水含水岩组（*meQ*）主要由 1 杂填土组成，场地地表广泛分布。由于人工回填的碎石、角砾空隙大、密实程度较低、结构较松散，致使其渗透性较强。本含水层的特点是水量较丰富、渗透性较强，地下水水位受大气降水，人工抽、排水影响变化大。

I₂层：粘性土及粉土潜水含水岩组（*al-mQ₄₃*）

主要为全新统冲海积形成的粘性土、粉土，分布于场地上部。赋存于虫孔、植物根茎孔及垂直裂隙中，含水层富水性及透水性较差。其渗透系数较小，该地下水与地表水联系密切，水位形态变化大，主要受气候因素控制。接受大气降水入渗补给，并与河塘呈互补给关系。以侧向迳流、居民生活用水及蒸发为主要排泄途径。

（2）孔隙潜水动态特征

场地内第四纪松散岩类孔隙潜水一般埋藏较浅，勘察期间测得稳定水位埋深为 0.852~0.961 m，相当于国家高程 2.962~3.082 m。其水位动态变化受季节、大气降水及地表水位控制，年变化幅度在 1.0~2.0 m。孔隙潜水地下水动态变化具有季节性周期特征，在 5~6 月梅雨期份和 7~9 月份的台风暴雨期，随着雨量的增多，潜水水位也随之回升。由于地表迳流及入渗作用，水位最高值比降水量最高值滞后。枯水季节下降明显，并导致局部上层滞水消失。

（3）孔隙潜水流向

场地上部土层以素填土、粘性土、淤泥为主，在钻探完成 24 h 后待地下水位稳定，于钻孔内同时直接量测稳定地下水位，水位观测采用水位仪万用表电测深法。根据调查期间测量的水位资料（2017 年 6 月 10 日测量数据），本场地地下水水位在 3.21-3.52m（1985 国家高程），绘制原塑化一厂的水位标高等值线图见图 2.1-6，由图可见，原塑化一厂地下水总体自东北向西南方向流动。

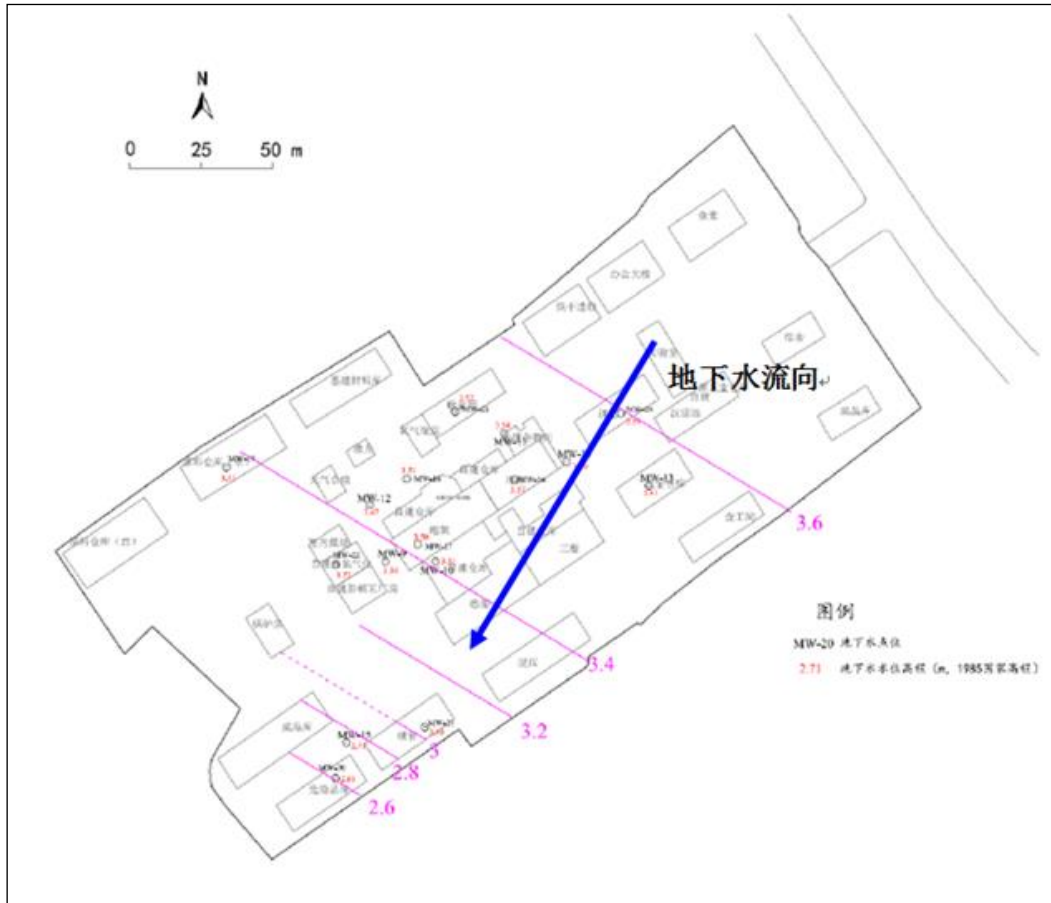


图 2.1-6 地下水流向（2017.6.10 测量数据）

2.1.2.5 土工参数

根据《杭州塑料化工一厂场地水文地质勘察》（2017），场地内土壤土工参数平均值如下：

表 2.1-3 杭州塑料化工一厂场地土工参数

参数名称	符号	单位	实际调查	导则推荐值
土壤容重	ρ_b	kg/dm^3	1.42	1.5
土壤含水率	P_{ws}	kg/kg	0.33	0.1
土壤颗粒密度	ρ_s	kg/dm^3	2.73	2.65
土壤有机质含量	f_{om}	g/kg	27.8	10
地下水埋深	L_{gw}	cm	100	150

2.1.2.6 申花单元 GS0404-A5-12 地块土壤及地下水情况

一、土层分布

根据现场采样情况，因 B 区域为原修复基坑，0-8m 土壤清挖后由外来土壤回填，因此 B 区域 0-8m 土壤为填土；其余区域土层自上到下分布为杂填土、粉质粘土、淤泥质粘土和粉质粘土。

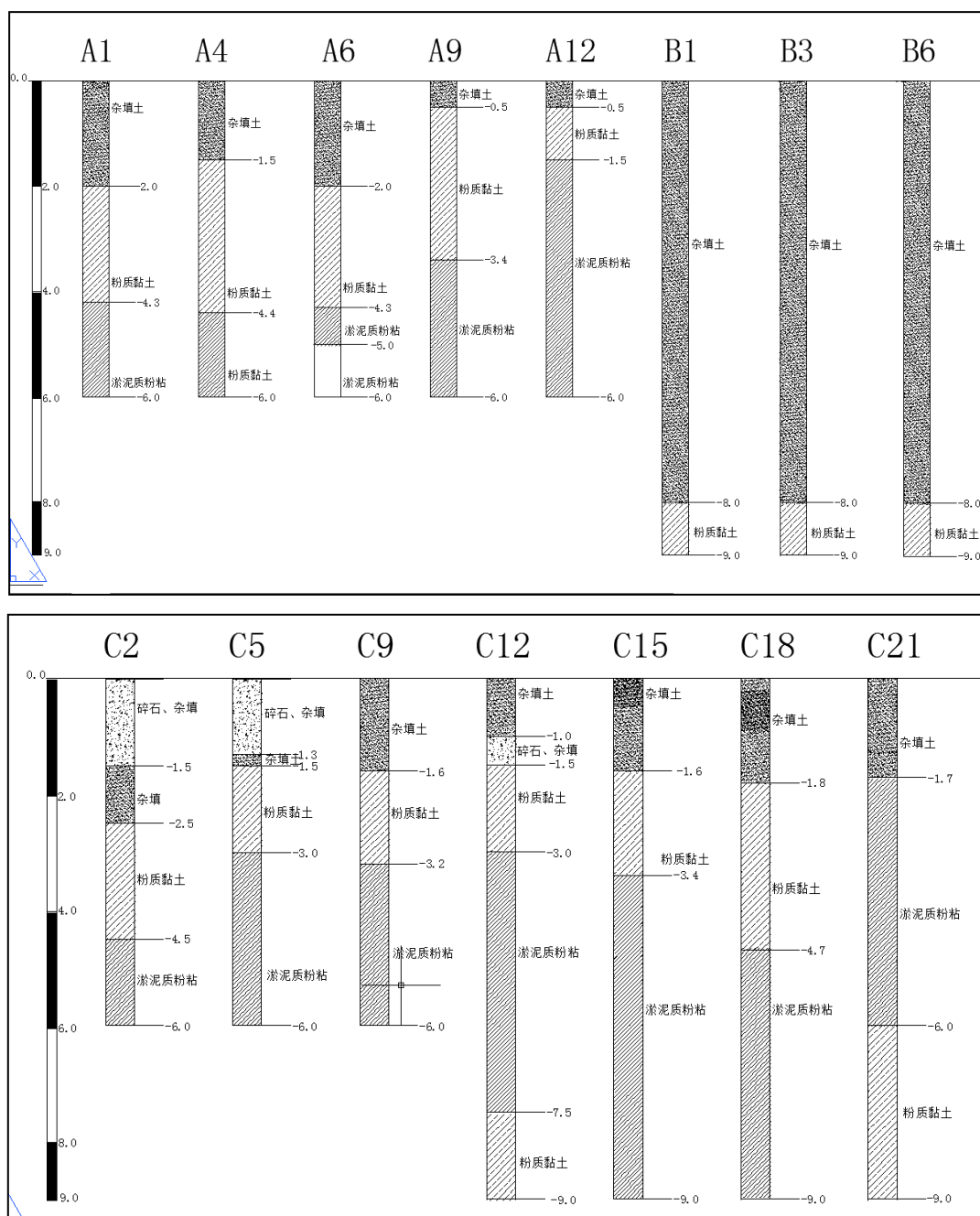


图 2.1-7 调查地块土层分布示意图

二、申花单元 GS0404-A5-12 地块地下水流向

本场地地下水流向采用苏伊士环境检测技术（上海）有限公司和上海欧卢环保技术有限公司提供的场地水井的孔口高程以及地下水面至孔口距离数据，绘制出场地的地下水流向图。根据水位高程判断出本场地地下水流向大致往西南侧方向流，汇集到原修复工程清挖基坑 MW-3 内，具体见下图。



图 2.1-8 调查地块地下水流向图（2020.9）

2.2 地块及周边土地利用状况

2.2.1 地块及周边土地现状

场地内主要为拆迁空地，部分区域堆放杭州地铁 10 号线施工设备和施工材料。地块内部及周边情况具体如下：

表 2.2-1 场地及周边土地现状现场踏勘情况

序号	现状	历史企业
1	空地及地铁施工材料堆放场地	杭州防腐设备有限公司
2	空地及地铁施工材料堆放场地	杭州毛毡厂、杭州华立仪表厂
3	空地、杂草地	杭州塑化一厂
4	空地、杂草地	杭州塑化一厂 9#修复基坑 (基坑尺寸 70m*30m*8m)
5	空地、杂草地	杭州塑化一厂 MW-3 修复基坑 (基坑尺寸 23m*25m*0.7m)
6	地铁施工材料堆放场地	杭州塑化一厂

2.2.2历史使用情况

根据相关人员访谈及历史资料查询，申花单元 GS0404-A5-12 地块历史为杭州塑料化工一厂、杭州防腐设备有限公司、祥和北星大酒店、新慈酒店及农居、农田，其中祥和北星大酒店曾先后作为杭州毛毡厂和杭州华立仪表厂进行生产。地块主要为历史情况如下：

表 2.2-2 场地内原有企业历史情况

调查区域	时间	历史使用情况
杭州塑料化工一厂	-1966 年	农田
	1966 年-2003 年	杭州塑料化工一厂
	2003-2017 年	出租给城北小商品市场作临时仓库（食品、家居）
	2018 年 10 月-2019 年 3 月	场地土壤及地下水修复
	2019 年 3 月-至今	空地、地铁施工营地
杭州防腐设备有限公司	-1997 年	农田
	1997 年-2009 年	杭州防腐设备有限公司
	2009-2011 年	闲置
	2011-2013 年	城北商品市场仓库（食品、家居）
	2013-2018 年	旅馆
	2018 年-至今	拆迁空地
祥和北星大酒店	-90 年代初	农田
	90 年代初-95 年	杭州毛毡厂
	1995-2008 年	杭州华立仪表厂
	2008 年-2018 年	祥和北星大酒店
	2018-至今	拆迁空地
新慈宾馆	-90 年代初	农田
	90 年代初-90 年代末	盆景苑（苗木市场）
	90 年代末—2019 年	新慈宾馆
	2019-至今	地铁施工营地

2.3 相邻地块的使用现状和历史分析

2.3.1相邻场地企业用地现状及历史情况

本次调查场地的相邻场地用地现状和历史情况见下表。

表 2.3-1 场地周边现状及历史概况

方位	与红线距离	现状用地情况	历史情况
东北侧	紧邻	汽车北站小商品市场	小商品市场
	约 80m	汽车北站	汽车北站
东南侧	约 18m	祥符变电站	祥符变电站
西南侧	紧邻	空地	杭州塑化一厂
		空地	杭州华立仪表厂、杭州毛毡厂
西北侧	紧邻	空地	农居
	约 16 m	星月家居广场	

2.4 申花单元 GS0404-A5-12 地块相关污染调查情况

根据场地历史使用情况调查，申花单元 GS0404-A5-12 地块内历史企业主要为杭州塑料化工一厂、杭州防腐设备有限公司、杭州毛毡厂及杭州华立仪表厂。其中杭州华立仪表厂与杭州毛毡厂为同一厂区，杭州毛毡厂于 1995 年改为杭州华立仪表厂，后于 2008 年改为祥和北星大酒店。具体疑似污染识别因子见下表。

表 2.4-1 疑似污染物识别小结

类型	企业名称		污染识别因子
场地内	杭州塑化一厂	原料仓库、电缆料车间、炼塑车间	DOP、DOTP、TOTM、CPE、ACR 树脂（酞酸酯类）、二盐基硬脂酸铅、三盐基硫酸铅、双酚 A、石油烃
		光气合成、液光、缩聚、冷冻、实验室	双酚 A、氢氧化钠、氯气、二氯乙烷、甲酸、二苯基亚胺、甲苯、酒精、DMF、正丁酸、石油烃
		污水处理设施	pH
		贮罐区	二氯乙烷、甲苯、石油烃
	杭州毛毡厂		苯并[a]芘、多环芳烃、石油烃
	杭州华立仪表厂		石油烃
	杭州防腐设备有限公司		石油烃
场地外	祥符镇 110KV 变电站		石油烃、多环芳烃

2.5 申花单元 GS0404-A5-12 地块北区域污染物分布

申花单元 GS0404-A5-12 地块北区域共布置 11 土壤点位共 51 个土壤样品进行实验室分析，地块内共布置 2 个地下水井共 2 个地下水样品进入实验室分析。

根据详细调查报告及风评补充调查结果，申花单元 GS0404-A5-12 地块北区域共有 2 个点位土壤石油烃 $C_{10}-C_{40}$ 指标超过了筛选值；地下水样品均能够满足 IV 类水质标准限值要求。土壤石油烃 $C_{10}-C_{40}$ 指标超标点位具体为：A2（0-0.5m）、A2-3（1-1.5m）。

3 修复目标的确定

3.1 修复目标

根据《建设用地土壤环境调查评估技术指南》：通过风险评估计算得出的风险控制值，是确定污染地块修复目标值的重要依据，但两者并不完全等同。污染地块的修复目标可根据《污染场地土壤修复技术导则》（HJ25.4-2019）技术要求，分析比较按照 HJ25.3 计算的土壤风险控制值和国家有关规定中的限值，合理提出土壤目标污染物的修复目标值。

根据风险评估计算，医疗卫生用地情景下土壤石油烃 $C_{10}-C_{40}$ 污染物风险控制值为 826.02mg/kg；与 GB36600-2018 中第一类用地筛选值为 826 mg/kg 一致，因此建议本地块石油烃 $C_{10}-C_{40}$ 的修复目标值为 826mg/kg。

污染地块最终修复目标的确定，还应综合考虑修复后土壤的最终去向和使用方式、修复技术的选择、修复时间、修复成本以及法律法规、社会经济等因素，在修复方案论证过程中予以进一步明确。

3.2 修复范围及方量估算

地块土壤石油烃 $C_{10}-C_{40}$ 修复范围确定的原则如下：

（1）根据确定的土壤修复建议目标值比对土壤污染物检出结果，超出土壤修复建议目标值的土方应纳入修复范围；

（2）根据污染物等值线确定的地块污染物分布范围的基础上，结合采样点位置、生产设施分布以及现场的污染判断，确定地块土壤污染修复范围。

（3）修复土方的深度或厚度依照每个点位分层取样的监测结果确定。

根据详细调查及风评补充调查结果，石油烃超标土层主要为杂填土，深度为 0-1.5m，因此修复土壤面积 $710m^2$ ，深度为 0-1.5m，最终修复土壤量为 $1065m^3$ 。

4 地块推荐技术路线

4.1 原位/异位修复模式选择

按照修复处置地点的不同，土壤修复处理模式可分为原位修复及异位修复两类。原位修复是指在污染土壤存在的现场就地对污染物进行处理从而实现修复的目的。异位修复是将污染土壤从现场移出，再对污染物进行处理，最后再将修复后土壤放回原处或外运的土壤修复方式。异位修复根据对污染土壤处理地点是否在原场地内又可以细分为原地异位和异地异位。

(1) 本场地污染土壤的超风险的深度最大为地面以下 1.5m，挖机的开挖工作在施工上具有可行性；

(2) 场地内未受污染区域有大片的空地可以利用，部分空地有混凝土地坪，有利于开展异位修复施工；

(3) 此外，业主对于场地后续开发时间要求急迫，需要在尽可能短的时间内完成场地内的土壤污染的修复，异位修复在时间上可以满足客户的要求。

综上场地条件、修复工作量、修复要求以及处置方式等情况，本场地污染土壤采用开挖后原地异位方法对其进行处理。

4.2 石油烃污染土壤修复控制技术筛选

土壤修复技术按照处理原理划分，主要可分为生物修复技术、化学修复技术以及物理修复技术三大类。本项目的关注污染物为石油烃 $C_{10}-C_{40}$ 。地块污染土壤的主要危害表现土壤污染物通过飘尘、皮肤接触、误食等进入人体，造成人体健康风险。本方案的目标是切断污染源向环境和人体的扩散。总石油烃特别是长碳链的总石油烃总体来讲可生物降解性一般，通过生物技术修复周期较长，并且处理效果不确定，故生物修复技术不适用于本场地，因此主要从物理和化学修复技术中比选。对于有机物（总石油烃）污染土壤，纳入比选范围的土壤异位修复技术包括：异位热脱附、异位土壤淋洗、异位化学氧化和水泥窑协同处置技术。

4.2.1 异位热脱附

异位热脱附技术是通过异位加热污染土壤的方式，大幅度提高污染土壤的温度，从而加速土壤内有机污染物或挥发性重金属与土壤的分离，或者增加污染物在土壤中流动性；挥发或分离后的污染物再通过抽提工艺进行捕集、收集以及后续的地面

处理，从而达到修复目的。美国已有多处修复项目采用热脱附技术，实践证明具有良好修复效果。

（1）适用污染物

挥发性有机物和半挥发性有机物（包括氯代烃和多环芳烃等）、总石油烃、挥发性重金属（如汞）。

（2）技术特点和限制条件

- 1) 可应用于均质性差或孔隙率较低的土壤；
- 2) 可应用于粘性土壤，该类土壤由于吸附污染物能力较强，不宜使用氧化等处理技术；
- 3) 可应用于挥发性重金属与有机污染物复合污染土壤；
- 4) 适宜于高污染土壤一次性污染物去除；
- 5) 异位加热效果受控，但对场地环境存在异位修复模式难免的施工扰动。

4.2.2 异位土壤淋洗

土壤淋洗就是利用流体去除土壤污染的过程。与其他处理方法相比，淋洗法不仅具有可以去除土壤中大量的污染物，限制有害污染物的扩散范围，还具有投资及消耗相对较少，操作人员可不直接接触污染物等优点。

土壤淋洗法也存在局限性：

- ①对粘粒含量较高，渗透性比较差的土壤修复效果比较差；
- ②目前使用效果比较好的淋洗剂价格都比较昂贵，无法用于大面积的实际修复中；
- ③淋洗出的含有机物的废液的回收处理问题，及由于淋洗剂的残留而可能造成的土壤和地下水的二次污染问题，一些强化淋洗后土壤结构遭到破坏，很难恢复其原有功能。

4.2.3 异位化学氧化

化学氧化是将污染土壤与氧化剂混合反应，通过氧化剂与污染物之间的化学反应将土壤中的有机物转化为无害化学物质的方法。目前常用的氧化剂有高锰酸钾、Fenton 试剂和过硫酸盐等。并且市场上有许多技术较成熟、应用广泛的商业化修复药剂（氧化剂）可供选择。异位化学氧化存在局限性如下：

- 1) 根据污染物特性和选用氧化剂种类的不同，可能会发生不完全氧化反应并生

成中间污染物；

- 2) 运用此技术修复含有高浓度污染物的污染土壤并不经济；
- 3) 为了让修复处理达到高的效率，应尽量减少土壤中的含油、脂的量；
- 4) 可能会发生一些副反应使得土壤产生新的污染。

4.2.4水泥窑协同处置技术

水泥窑协同处置技术是指在水泥生产过程中，将废弃物、污染土壤等作为替代燃料或原料，通过高温焚烧及水泥熟料矿物化高温烧结过程实现废弃物的分解、消除、惰性化、稳定化等目的的废物处置技术手段。水泥窑具有窑温高（气体最高温度达 1500~2200℃，物料最高温度达 1500℃左右）、烟气停留时间长（约 6~10s），气体湍流强烈（雷诺氏指数大于 100000）等特点，能将有毒有机物质彻底分解；无机重金属类物质则与水泥熟料充分混合，通过物理包容、化学吸附、晶格固化等方式都被固定在熟料或水化物中，起到有机物固化稳定的作用。

水泥窑与焚烧炉燃烧情况比较见错误!未找到引用源。。水泥窑燃烧温度高、停留时间长以及良好的湍流非常适宜用于有机物污染物的完全去除，同时碱性的环境氛围有效抑制酸性物质的排放，便于尾气的净化。

表 4.2-1 水泥窑与焚烧炉燃烧情况比较

参数名称	水泥回转窑	焚烧炉
气体最高温度	2200	1450
物料最高温度	1500	1350
气体在≥1 100 ℃停留时间/s	6~10	1~3
物料在≥1 100 ℃停留时间/min	2~30	2~20
气体的湍流度（雷诺氏指数）	>100 000	>100 000

4.3 本地块污染土壤修复措施建议

修复技术的选择需要考虑场地现状、开发计划、处置成本等客观因素，在修复达标的首要前提下，本方案从技术、经济、环境和安全三个方面对以上修复技术进行比选，污染土壤常用修复技术的比选结果汇总见下表。

表 4.3-1 有机物污染土壤修复技术比选

修复技术	优缺点分析	适用性	处理单价*
异位热脱附	适用于挥发性和半挥发性有机污染土壤，挥发性重金属污染土壤，或以上混合污染土壤，成本较高	不选用	2000~3000 元/t
异位土壤淋洗	对于污染组分复杂，渗透系数较低的细颗粒土壤处理效率较低；需要配套废水处理设施处理淋洗废水，处理不当可能发生二次污染。	不选用	1500~2000 元/t
异位化学氧化	对各类有机污染，特别是易被氧化的有机物效果较好	可选用	1000~1500 元/t
水泥窑协同处置技术	处置效果好，运输距离远，水泥窑需进行改造，符合要求的水泥窑企业较少	可选用	800~1000 元/t

本地块修复土方量不大，污染因子仅为石油烃指标，通过比选水泥窑协同处置技术均适用于本项目的修复。具体修复过程中，修复单位可根据施工工期、场地条件等情况多方位必选，确定合适的修复方案。

同时考虑到申花单元 GS0404-A5-12 地块南区域涉及地下水污染，南侧污染场地有可能通过地下水迁移而对本场地造成影响。建议在两个场地之间做好阻隔措施，防止外部污染地下水进入场地内部影响修复施工，确保场地修复达标。

5 结论和建议

5.1 地块污染调查结论

申花单元 GS0404-A5-12 地块位于杭州市拱墅区，占地面积 41015m²，规划用地性质为 A5 医疗卫生用地。该地块于 2020 年 11 月由我单位编制完成了《申花单元 GS0404-A5-12 地块土壤污染状况调查报告》，于 2020 年 11 月 18 日通过专家评审。2021 年 1 月杭州市生态环境局出具了《杭州市生态环境局关于申花单元 GS0404-A5-12 地块列入污染地块名录的通知》。

根据地块开发建设需要及场地责任人要求，申花单元 GS0404-A5-12 地块分割为申花单元 GS0404-A5-12 地块北区域、申花单元 GS0404-A5-12 地块南区域。场地责任人委托我单位对申花单元 GS0404-A5-12 地块北区域进行环境风险评估工作。

2020 年 12 月，我单位根据前期调查结果，进行了风评补充检测。根据详细调查及风评补充调查，申花单元 GS0404-A5-12 地块共进行了 4 次采样检测，共设 49 个土壤点位，共送检 329 个土壤样品；共设置 35 口地下水监测井，采集地下水样品 39 个。其中北区域共布置 11 土壤点位共 51 个土壤样品进行实验室分析，地块内共布置 2 个地下水井共 2 个地下水样品进入实验室分析。根据检测结果，申花单元 GS0404-A5-12 地块北区域共有 2 个点位土壤石油烃 C₁₀-C₄₀ 指标超过了筛选值；地下水样品均能够满足 IV 类水质标准限值要求。

5.2 地块风险评估结论

本地块关注污染物为土壤中的石油烃 C₁₀-C₄₀，根据《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）中的模型、污染物参数以及前期调查过程中获得的地块特征参数对关注污染物进行风险评估。

根据风险评估土壤中污染物石油烃 C₁₀-C₄₀ 不可计算致癌风险，危害商超过了可接受水平 1.0；根据计算确定土壤污染物石油烃 C₁₀-C₄₀ 的修复目标值为 826mg/kg。结合地块内污染范围及周边点位布设，估算本地块需修复的污染土壤方量为 1065m³。

5.3 不确定分析

在上述评价过程中产生的不确定性因素主要包括：

1、地块内采样点位网格密度有限，同时土壤存在异质情况，污染物在地块内的空间分布通常也缺乏连续性，且钻探、取样过程中也存在一定的误差，这对调查结果能反映出地块污染情况的准确性造成一定的影响。

2、本次污染物评估采用的模型为导则推荐的风险评估计算模型，由于模型是对实际地块情景的简化，评估过程中未考虑污染物的生物降解过程，并不能完全反应地块风险的实际情况，故其存在一定的不确定性。

3、地块土壤特征参数依据现场实测取得，后期本地块及相邻地块在开发过程中地下室的开挖将对地块土层结构、土壤性质参数等产生较大的影响，依据现有地块特征参数进行风险评估精确度也将受到一定的影响。

4、地块风险评估所使用的部分建筑物参数为经验值，与特定地块的实际建筑物参数有一定的出入，这可能会对评估结果的精确性造成一定的影响。

5、根据前期土壤污染状况调查及风险评估结果，靠近东侧边界 A2、A2-3 土壤点位存在超风险现象，不排除地块东侧边界外侧存在土壤和地下水污染的可能。本次评估过程基于项目地块红线范围内，因相邻地块开发进度不同，相关责任单位应密切关注相邻地块土壤和地下水状况，适时开展土壤污染状况调查工作，根据调查结果判断是否需要开展土壤和地下水污染风险评估工作。

5.4 建议

1、地块内企业无相关环评手续，前期企业调查情况均在人员访谈基础上进行，因此对后续采样工作带来了不确定性因素，建议在地块修复与后期施工过程中，还需要时刻关注和防范前期资料未能揭示的现场情况。

2、前期详细调查采样点位网格密度有限，给地块土壤污染边界划分带来不确定性，建议在修复工程实施过程中，根据现场情况实时调整污染边界，以保证地块修复能够达到预期目标。

3、通过资料分析与现场踏勘可知，本场地南侧紧邻的申花单元 GS0404-A5-12 地块南区域场地存在土壤和地下水污染，根据实际开发进度，本地块将先于南侧场地开发利用，南侧污染场地有可能通过地下水迁移而对本场地造成影响。建议在两个场地之间做好阻隔措施，切断本场地与南侧污染场地的水力联系。同时对该区域土壤和地下水开展二次污染监测措施，防止外部污染地下水进入场地内部影响修复施工，确保场地修复达标。