



浙工大之江校区地块土壤污染 修复技术方案

委托单位： 杭州之江城市建设投资集团有限公司

编制单位： 杭州市环境保护科学研究设计有限公司

二零二五年八月

第1章 总论

1.1 项目背景

浙工大之江校区地块位于杭州市西湖区转塘街道，占地面积约 132649.11 平方米，中心经纬度为东经 120.075059406°，北纬 30.170002709°；地块东至常陇路绿化，南至规划绿化，西至五云梦湖社区服务中心，北至云栖玫瑰园、景月湾。地块建筑已拆除。地块原用地性质为教育用地，地块历史上主要用于杭州船舶工业学校、原杭州航海仪器厂、浙江工业大学之江学院。地块规划为住宅用地。

地块 1960 年创办了杭州船舶工业学校，至 1969 年学校改建为杭州航海仪器厂；1984 年船舶工业学校复校，杭州航海仪器厂作为船舶工业学校附属企业与学校并存；至 1999 年船舶工业学校并入浙江工业大学定名为浙江工业大学之江学院，杭州航海仪器厂作为浙江工业大学之江学院附属企业并存；至 2012 年杭州航海仪器厂停产开始搬迁；至 2018 年浙江工业大学之江学院完成搬迁；至 2022 年杭州航海仪器厂完成搬迁；至 2025 年地块东侧居民区完成搬迁。杭州之江城市建设投资集团有限公司（以下简称“地块责任人”）在企业搬迁后曾委托相关单位对地块西侧生产区域开展土壤环境摸底调查工作，调查发现在地块内操场、电镀车间和配电房区域有疑似超标情况。

为保障本地块用地的环境安全，根据《中华人民共和国土壤污染防治法》第五十九条中“用途变更为住宅、公共管理与公共服务用地的，变更前应当按照规定进行土壤污染状况调查”。第三十六条规定：土壤污染状况调查报告应当主要包括地块基本信息、污染物含量是否超过土壤污染风险管控标准等内容。污染物含量超过土壤污染风险管控标准的，土壤污染状况调查报告还应当包括污染类型、污染来源以及地下水是否受到污染等内容。根据《浙江省建设用地土壤污染风险管控和修复监督管理办法》（浙环发[2024]47 号）第七条“用途变更为敏感用地的责任人应按规定进行土壤污染状况调查”。

2025 年 6 月，杭州之江城市建设投资集团有限公司（以下简称“地块责任人”）通过公开招标方式确定由浙江工业大学工程设计集团有限公司对浙工大之江校区地块开展土壤污染状况详细调查工作。

调查单位根据《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ25.1-2019）、

《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ25.2-2019）、《建设用地土壤环境调查评估技术指南》（环保部公告 2017 年第 72 号）等文件，开展了土壤污染状况详细调查工作。调查结论表明，土壤中存在砷、锰、六价铬、苯并（a）芘、石油烃（C₁₀-C₄₀）超标情况，本地块需要启动风险评估程序。

地块责任人后续委托杭州和一境创环保科技有限公司（下称“风险评估单位”）按规定进行土壤污染风险评估工作，以确定是否需进行修复治理及相应的土方量。风险评估单位根据国家《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）和浙江省地方标准《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（DB33/T 892-2022）对地块污染进行危害识别，对土壤超标污染物的暴露量和污染物毒性/理化性质参数进行评估并计算其风险水平。根据其编制的风险评估报告结果，在居住用地方式下土壤中各污染物及修复目标值分别为六价铬 3mg/kg、砷 20mg/kg、锰 2000mg/kg、苯并（a）芘 0.55mg/kg、石油烃（C₁₀-C₄₀）826mg/kg。本地块土壤修复投影面积为 9786.99m²，深度为 0-5m，需修复的污染土方量共 17088.9m³，其中，重金属污染土方量约 6904.78 m³，有机污染、重金属和有机复合污染土方量约 10184.12m³。

根据《浙江省土壤污染防治条例》（2024 年 3 月 1 日起施行）及浙江省生态环境厅、浙江省自然资源厅关于印发《浙江省建设用地土壤污染风险管控和修复监督管理办法》（浙环发〔2024〕47 号），需要进行治理修复的污染地块应编制治理修复方案。

为此，杭州之江城市建设投资集团有限公司委托杭州市环境保护科学研究设计有限公司（以下简称“我公司”）开展浙工大之江校区地块土壤污染修复技术方案的编制工作，以指导后续的污染土壤修复工程实施。

1.2 工作范围

地块边界拐点坐标见表 1.2-1，地块红线图见图 1.2-1。



图 1.2-1 地块边界拐点图

表 1.2-1 边界拐点坐标一览表（采用 CGCS2000 坐标系）

拐点编号	X 坐标	Y 坐标	拐点编号	X 坐标	Y 坐标
J1	3338810.3978	507636.4482	J91	3338999.6887	507340.0991
J2	3338804.3469	507614.4123	J92	3338977.0200	507341.2195
J3	3338798.0629	507594.6748	J93	3338978.4385	507347.5276
J4	3338791.5970	507577.6106	J94	3338981.2666	507353.5839
J5	3338787.7093	507566.6029	J95	3338988.1846	507359.5347
J6	3338785.1420	507559.5978	J96	3338996.1789	507377.6242
J7	3338779.1580	507551.2469	J97	3339008.6709	507408.9278
J8	3338777.2768	507548.8922	J98	3339014.0457	507436.1258
J9	3338778.1756	507546.5028	J99	3339014.7068	507439.6117
J10	3338783.7125	507531.7854	J100	3339015.4563	507443.5636
J11	3338786.2237	507525.7582	J101	3338999.4346	507444.5350
J12	3338788.0943	507521.2697	J102	3338994.0468	507446.7678
J13	3338790.5396	507514.5518	J103	3338984.9019	507448.8288
J14	3338793.8061	507507.3721	J104	3338969.7383	507449.9179
J15	3338796.4002	507502.1835	J105	3338958.8945	507451.6994
J16	3338799.6428	507492.8411	J106	3338958.5224	507455.0647
J17	3338801.7426	507487.1951	J107	3338950.2255	507454.4868
J18	3338824.7407	507432.1380	J108	3338951.3860	507424.4431
J19	3338833.8783	507415.5305	J109	3338951.3723	507421.4786
J20	3338840.6346	507398.1205	J110	3338950.6079	507418.9983
J21	3338843.5756	507384.3652	J111	3338948.7119	507412.2771
J22	3338845.9697	507379.0435	J112	3338948.2530	507408.1608

拐点编号	X 坐标	Y 坐标	拐点编号	X 坐标	Y 坐标
J23	3338851.5210	507366.7038	J113	3338946.0854	507400.2426
J24	3338851.6094	507366.8635	J114	3338944.7494	507397.2030
J25	3338858.7142	507321.8420	J115	3338944.1187	507395.6417
J26	3338866.8009	507270.7454	J116	3338943.9285	507394.2817
J27	3338870.8058	507245.5144	J117	3338943.7920	507392.6042
J28	3338878.4755	507198.0882	J118	3338943.0030	507390.8609
J29	3338883.1156	507168.9940	J119	3338940.7221	507390.2222
J30	3338886.1621	507150.0643	J120	3338938.2227	507389.6465
J31	3338893.4486	507103.6750	J121	3338935.6605	507389.1982
J32	3338899.6216	507065.2508	J122	3338925.7351	507389.9618
J33	3338900.2118	507061.4947	J123	3338917.2924	507390.5190
J34	3338902.4621	507047.1729	J124	3338913.3847	507389.5380
J35	3338904.8105	507032.2265	J125	3338906.4661	507388.2126
J36	3338908.6964	507009.1144	J126	3338882.5177	507386.4190
J37	3338910.8551	506995.1717	J127	3338871.6472	507386.2410
J38	3338914.1803	506974.4957	J128	3338865.1921	507390.7661
J39	3338917.9760	506950.8985	J129	3338860.5588	507406.9824
J40	3338918.4349	506948.0369	J130	3338863.0873	507447.5214
J41	3338920.2358	506936.8844	J131	3338868.5830	507460.4380
J42	3338922.3465	506924.7624	J132	3338871.5850	507464.0597
J43	3338923.3519	506918.8849	J133	3338875.8927	507473.1837
J44	3338923.9341	506913.7729	J134	3338880.3028	507475.0285
J45	3338923.4520	506909.8345	J135	3338891.3688	507474.3258
J46	3339036.3028	506811.8729	J136	3338891.9227	507482.3885
J47	3339058.7806	506813.8893	J137	3338894.2680	507494.0243
J48	3339102.2656	506817.6654	J138	3338895.3339	507500.4145
J49	3339163.2625	506822.9622	J139	3338902.4566	507506.9094
J50	3339177.9718	506831.1609	J140	3338908.5377	507507.9199
J51	3339179.4977	506833.0865	J141	3338913.2566	507506.4100
J52	3339183.3531	506837.9520	J142	3338926.3701	507507.9814
J53	3339184.4501	506892.9209	J143	3338928.2436	507508.3581
J54	3339182.3568	506896.3866	J144	3338930.0639	507508.9863
J55	3339174.4954	506896.9189	J145	3338933.3983	507510.4059
J56	3339109.9107	506897.7292	J146	3338933.6081	507512.4202
J57	3339078.2681	506897.8594	J147	3338936.0727	507513.5910
J58	3339088.8621	507028.4295	J148	3338967.3609	507515.1349
J59	3339092.6646	507075.3742	J149	3338974.8020	507510.6368
J60	3339093.4596	507086.5413	J150	3338989.9209	507511.0281

拐点编号	X 坐标	Y 坐标	拐点编号	X 坐标	Y 坐标
J61	3339093.9717	507090.6413	J151	3338989.8250	507515.6927
J62	3339095.9968	507115.5019	J152	3338990.3359	507519.3061
J63	3339105.3652	507133.8021	J153	3338990.4925	507520.4134
J64	3339102.5247	507147.9701	J154	3338995.8089	507521.6837
J65	3339086.2706	507162.5388	J155	3338995.3844	507523.8067
J66	3339061.8937	507196.3608	J156	3339000.8061	507525.0494
J67	3339022.4476	507254.5157	J157	3338996.1876	507548.6858
J68	3339008.4971	507274.0892	J158	3338997.9340	507548.9282
J69	3339000.4122	507280.7642	J159	3339002.8402	507549.6091
J70	3338992.8442	507291.8448	J160	3339003.6045	507554.6419
J71	3339033.6124	507295.5193	J161	3338993.0380	507556.6118
J72	3339046.4534	507297.6570	J162	3338982.6276	507559.2867
J73	3339053.4323	507308.0140	J163	3338972.4203	507562.6545
J74	3339067.2429	507322.5186	J164	3338961.6568	507566.6114
J75	3339084.7753	507353.4085	J165	3338944.1105	507573.5109
J76	3339074.9030	507359.9658	J166	3338934.0942	507577.6523
J77	3339069.5406	507362.6850	J167	3338920.6850	507584.0057
J78	3339061.9819	507355.8657	J168	3338918.0038	507585.5912
J79	3339055.4598	507366.0472	J169	3338909.2405	507590.7734
J80	3339055.2837	507365.9470	J170	3338907.2842	507591.9302
J81	3339048.6206	507375.8013	J171	3338884.5874	507606.5314
J82	3339046.1432	507376.3162	J172	3338872.9083	507614.0448
J83	3339044.8147	507376.1378	J173	3338865.9352	507618.3437
J84	3339043.2393	507375.2990	J174	3338857.9085	507622.8922
J85	3339041.0954	507373.2991	J175	3338849.5682	507626.8364
J86	3339040.7389	507373.6368	J176	3338845.7793	507628.2969
J87	3339015.9719	507354.6490	J177	3338840.9596	507630.1546
J88	3339012.7406	507351.8118	J178	3338832.1297	507632.8289
J89	3339010.4105	507350.3853	J179	3338823.1267	507634.8446
J90	3338999.3812	507341.9296	J180	3338813.9995	507636.1908

第2章 地块详细调查、风评结论工作回顾

2.1 土壤修复目标值

项目修复目标值的确定方式根据《浙江省地方标准建设用地土壤污染风险评估技术导则》(DB33/T892-2022)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)的要求,依据《建设用地土壤污染修复目标值制定指南(试行)》、《建设用地土壤修复技术导则》(HJ25.4-2019)、《建设用地土壤污染风险评估技术导则》(HJ25.3-2019)等技术导则和指南的相关规定。

根据《建设用地土壤修复技术导则》(HJ25.4-2019):分析比较按照 HJ25.3 计算的土壤风险控制值、GB36600 规定的筛选值和管制值、地块所在区域土壤中目标污染物的背景含量以及国家和地方有关标准中规定的限值,结合目标污染物形态与迁移转化规律等,合理提出土壤目标污染物的修复目标值。

表 2.1-1 一类用地土壤修复目标值比较及确定(单位: mg/kg)

污染物	修复目标值
六价铬	3
锰	2000
砷	20
苯并(a)芘	0.55
石油烃(C ₁₀ -C ₄₀)	826

2.2 地块内修复范围及方量

各区域修复面积及修复土壤量如下表所示,可知,本地块总体污染投影面积为 9786.99m²,最大污染深度为 5m。地块土壤总污染方量约 17088.9m³,其中,地块土壤六价铬污染方量约 3947.59m³,锰污染方量约 5900.38m³,砷污染方量约 10726.16m³,苯并(a)芘污染方量约 5122.75m³,石油烃(C₁₀-C₄₀)污染方量约 9417.69m³。地块各层修复范围拐点坐标见下表。

表 2.2-1 地块修复区域修复量汇总

污染点位编号	修复深度/m	修复面积/m ²	修复方量/m ³	修复因子	拐点		
					拐点编号	X	Y
S10	1~4	552.75	1658.25		JS10-1	506852.8554	3339153.2535

污染 点位 编号	修复 深度 /m	修复面积 /m²	修复方 量/m³	修复因 子	拐点				
					拐点编号	X	Y		
				砷、 锰	S9	506830.5318	3339147.4621		
					S14	506847.9983	3339124.7204		
					S11	506868.2783	3339141.6009		
S20	0~1	623.44	623.44	锰	S16	506888.9100	3339119.5625		
					S19	506864.7615	3339101.1581		
					S25	506880.2353	3339080.1748		
					S21	506895.5918	3339097.4069		
S91	4~5	535.05	535.05	砷、 锰	S330	507076.5724	3339038.9608		
					S75	507056.7854	3339032.4290		
					S90	507069.9146	3339011.4222		
					S154	507094.0921	3339026.0116		
S125	0~2	1000.33	2000.66	砷、石 油烃 （C ₁₀ - C ₄₀ ）、 苯并 （a） 芘	S122	507104.8543	3339085.6914		
S126					S123	507125.8611	3339097.5077		
S127					S124	507148.1808	3339094.3192		
					S128	507146.2008	3339075.4389		
					S131	507121.8285	3339060.4646		
S140					0~2	1177.83	2355.66	六价 铬、石 油烃 （C ₁₀ - C ₄₀ ）、 苯并 （a） 芘、 锰	S139
S149	0~2	S134	507178.6828	3339052.9621					
		S141	507191.1087	3339034.0654					
		S150	507209.6772	3339013.6213					
		S151	507188.2090	3339006.0868					
		S148	507172.9153	3339012.4960					
S149	2~4	512.64	1025.28	石油烃 （C ₁₀ - C ₄₀ ）	S141			507191.1087	3339034.0654
					S150			507209.6772	3339013.6213
					S151			507188.2090	3339006.0868
					S148			507172.9153	3339012.4960
S141	4~5	727.98	727.98	锰、 砷	S135	507199.4317	3339047.6870		
					S142	507216.8044	3339024.8750		
					S149	507192.0465	3339014.7467		
					S140	507174.7909	3339034.6281		
S150	0~1	1591.93	1591.93	石油烃 （C ₁₀ - C ₄₀ ）、 六价铬	S142	507216.8044	3339024.8750		
S152					S143	507235.9356	3339022.9993		
S153					S163	507254.4235	3338999.5046		
					S162	507227.1897	3338983.9746		

污染 点位 编号	修复 深度 /m	修复面积 /m²	修复方 量/m³	修复因 子	拐点		
					拐点编号	X	Y
					S161	507211.9973	3338987.1631
					S151	507188.2090	3339006.0868
					S150	507209.6772	3339013.6213
					G1	507204.1557	3339019.7005
					S152	507212.3574	3339004.5628
					S162	507227.1897	3338983.9746
					S173	507205.2826	3338968.3696
					S160	507191.0374	3338991.0784
S161	3~4	679.36	679.36	砷	S161	507211.9973	3338987.1631
					S174	507226.6645	3338963.4930
					S184	507204.1572	3338947.5503
					S172	507187.0892	3338971.3705
S173	0~3	814.72	2444.16	砷、石 油烃 （C ₁₀ - C ₄₀ ）	S161	507211.9973	3338987.1631
					S174	507226.6645	3338963.4930
					S184	507204.1572	3338947.5503
					S172	507187.0892	3338971.3705
S204	0~1	766.43	766.43	苯并 （a） 芘	S201	507060.2909	3338932.2979
					S203	507083.3608	3338947.6779
					S207	507098.7408	3338924.2328
					S205	507076.6086	3338909.2280
S212	0~1	744.52	744.52	砷	S181	507146.2011	3338956.5532
					S215	507159.1727	3338930.7599
					S213	507139.2913	3338917.2556
					S209	507123.1611	3338941.4509
S223	0~1、 4~5	606.58	1213.16	砷	S222	507197.9978	3338908.0651
					S277	507215.5360	3338884.7974
					JS223-1	507192.0425	3338881.3714
					S220	507171.7269	3338892.1400
S61	0~1	723.02	723.02	砷	S54	507042.5308	3339075.1927
					S55	507065.7883	3339086.6339
					S62	507082.8563	3339068.6281
					S64	507058.6610	3339051.9352
合计		9786.99(投 影面积)	17088.9				

第3章 修复技术方案设计

本项目推荐的修复方案为：基于对调查数据的污染分析和风险评估报告中队伍污染层次的划分，污染主要集中在 0-5m，结合本地块用地未来规划采用住宅用地要求，方案设计如下：该地块内所有污染土壤采用工业炉窑处置。

本项目修复技术路线见图 2.2-1，主要包括：

- （1）进场后进行现场三通一平以及临时设施的建设。
- （2）设备等进场安装调试等施工准备工作。进行污染区测量定位放线，同时开展待工业炉窑处置污染土壤的危险废物特性鉴别工作。
- （3）土方开挖深度 0~5m，需编制深基坑支护方案，基坑开挖前，建议对地块进行基坑支护和降水。土壤清挖采取放坡开挖的方式，并按照“先支护再开挖，边开挖边支护”原则确保开挖安全。
- （4）开挖后的放坡土、清洁土等经检测后按建设单位要求回填。
- （5）开挖后的土壤按照后续的处置技术路线进行分区堆放，全部污染土壤进行工业炉窑处置。污染土壤处置前均需要进行筛分和预处理工作，将土壤中的石块、建渣挑筛出并短驳。
- （6）本项目基坑降水、机械车辆清洗产生的废水、大石块和建渣的冲洗水、生活污水以及雨水等进行收集处理。废水处理达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）及相关要求。废水处置达标后，优先用于建筑垃圾清洗第一道清洗工艺用水、地块控尘用水、车辆与机械设备清洗，提高水的循环利用率，其余废水纳管排放。
- （7）现场分拣和筛选产生的大石块、建渣等经检测合格后按建设单位要求回填或送至有资质的处置单位进行处置。

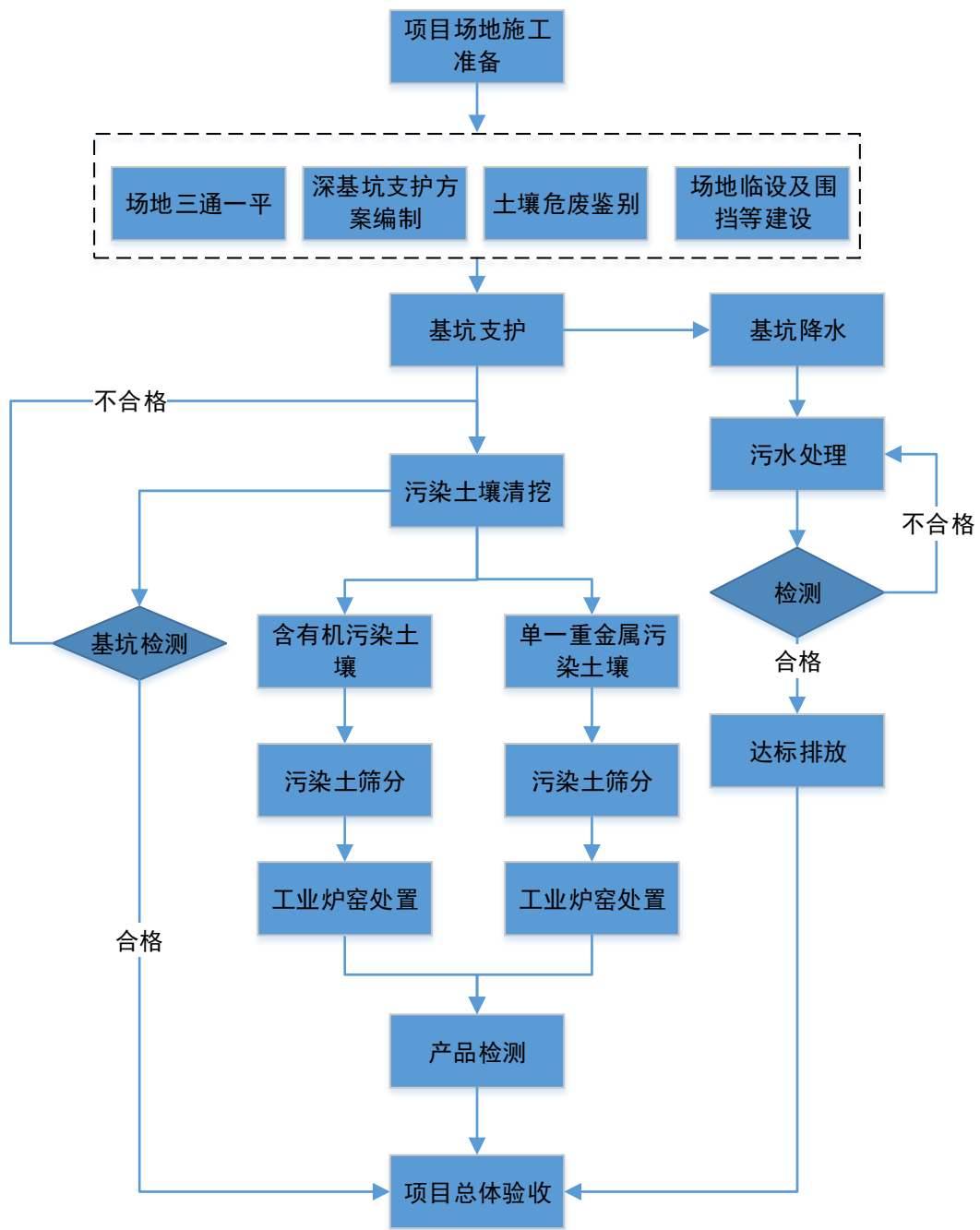


图 2.2-1 修复技术路线图

第4章 结论与建议

4.1 结论

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，制定修复方案，在土壤污染状况初步调查和详细调查的基础上，对地块内超风险污染土壤进行治理。

由于本项目周边敏感点较多，污染因子为砷、锰、六价铬、石油烃（C₁₀-C₄₀）和苯并（a）芘，地块内土壤修复深度为 0-5m，各层修复面积为 9786.99m²（投影面积），需修复的污染土壤方量共 17088.9m³。根据本场地的污染特征、场地水文地质条件、土地利用规划和场地未来的开发建设计划，经修复模式的筛选和综合评估，推荐本场地土壤采用异地修复模式。

经对地块污染土壤修复适用技术的合理组合，形成了场地污染土壤修复的两套方案。经方案比选，推荐使用“工业炉窑协同处置修复方案”作为本项目的污染土壤修复方案，“淋洗处置+异位化学氧化”作为备选方案。

4.2 建议

（1）修复施工阶段，应控制实际修复深度大于理论设定深度，确保污染土壤彻底清除。

（2）修复工程施工需要建设单位、施工单位、监理单位、验收单位、政府部门等多方的参与，涉及的人员及资料众多。各方均需在施工准备期、施工过程中、施工结束后等阶段做好人员培训、技术交底、任务接洽、档案管理工作，建立健全必要的管理制度，保障修复工程的顺利开展。

（3）建议及早实施场地污染土壤的修复，避免污染扩散。在自然作用下，土壤中的污染物会发生迁移。如降雨入渗或地面径流会使污染物产生水平和垂向迁移等。如不及时进行修复，长此以往，势必会造成场地污染范围的不断扩大。因此，应尽快开展场地的修复工作。

（4）场地修复过程应采取有效的安全和环保措施，防止二次污染和健康风险。因地下水非饮用，经风险评估判断本项目地下水无健康风险。但基坑降水过程可能将地下水带出，因此建议在基坑降水初期尤其注意二次污染防范，

减少地下水中污染物扩散。

（5）由于施工场地周围有居民区等环境敏感点，因此容易出现因施工造成的扰民和民扰问题。在场地修复过程中需要更加注重环境的影响监测和二次污染防治，严格执行方案中给出的扰民和民扰对策，加强同周围居民的沟通交流，妥善处理可能出现的扰民、民扰问题。