

点位	分析指标	检出限	检测数值	筛选值	来源
	苯	1.0	14.4	10	A
	1,2-二氯乙烷	1.0	149	30	A
	三氯乙烯	1.0	230	70	A
	甲苯	1.0	5.32	2340	A
	1,1,2-三氯乙烷	1.0	3110	5	A
	四氯乙烯	1.0	29.5	40	B
	1,3-二氯丙烷	1.0	23.8	370	C
	氯苯	1.0	58.6	300	A
	乙苯	1.0	3.94	300	A
	总石油烃	5.0	102	300	B
A6	总石油烃	5.0	15.4	300	B
A9	总石油烃	5.0	44.1	300	B
A10	总石油烃	5.0	19.8	300	B
A13	氯仿	1.0	12.8	60	A
	总石油烃	5.0	118	300	B

备注：① A-筛选值来源于《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T1278-2015）；B-筛选值来源于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）；C-筛选值来源于《美国 EPA 区域筛选值》（2016）；
② 标红的数值为检测数据超过筛选值。

3.2.8 初步采样小结

初步采样调查共布设土壤采样点 15 个，地下水采样点 5 个。土壤和地下水检测指标均为重金属、VOCs、SVOCs、TPH 和 pH，选择部分点位检测多氯联苯。

（1）土壤

经实验室检测分析，50 个样品中重金属钡、铜、铬、镍、锌、铅、汞、锰、砷、锑和硒均有检出，部分土壤点位的重金属镉有检出；共 17 种有机物在部分土壤点位有检出，其检测值均未超出《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）或《美国 EPA 区域筛选值》（2016）的居住用地标准；调查地块土壤 pH 值在 7.11~9.39 之间，偏碱性。

（2）地下水

经实验室检测结果分析，5 组地下水样品中检出了镉、铜、锌、汞、硒、锑等 6 种重金属，其检测值均未超出《地下水质量标准》（GB/T14848）的 III 类标

准、《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）或《美国 EPA 区域筛选值》（2016）的饮用水标准，锰含量普遍劣于《地下水质量标准》（GB/T 14848-93）III 类水平，可能受天津市区域性水质影响。场区内地下水 pH 均处于 7.93~8.23 之间，优于《地下水质量标准》（GB/T14848）的 III 类标准。共检出 17 种有机物，其中氯乙烯、1,1-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷超出《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T1278-2015）和《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）筛选值，其他有机物均未超出《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T1278-2015）、《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）和《美国 EPA 区域筛选值》（2016）的饮用水标准。

根据初步采样的检测结果，该场地的地下水存在污染，污染物主要为氯代烃。氯代烃的分子量较大，在水中的溶解度高，容易向下迁移，而氯代烃污染最严重的点位 A3 仅调查到 6m，故需要进行详细采样，调查弱透水层中的地下水和第二（微承压水）含水层的地下水及土壤是否受到污染。

3.3 第一次详细采样

第一次详细采样调查是根据初步采样调查得出的分析结果，在场地内加密布设采样点采样，通过对样品检测分析，进一步对污染物污染的范围、深度、污染程度进行判断。

3.3.1 第一次详细采样点位布设

3.3.1.1 土壤

按照《场地环境检测技术导则》（HJ25.2-2014）要求，根据初步采样得到的检测结果，土壤中有机污染物有检出，但未超出《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）或《美国 EPA 区域筛选值》（2016）的居住用地标准。为了解土壤是否受到地下水的污染，围绕地下水存在污染的点位，对该场地进行土壤采样点布设（表 3-15），共布设土壤采样点 7 个（图 3-13），其中由于场地北部、西部、东部均已建成住宅小区，故选择在场地东南角 B6 点位处布设对照点。钻孔深度到第二层粉粘层（即第二层承压水底板）。各点位的编号、布设目的、XY 坐标、高程等信息详见表 3-15。



图 3-13 第一次详细采样土壤布点图

表 3-15 第一次详细采样土壤采样点信息

序号	采样点编号	X (m)	Y (m)	高程 (m)	布设目的
1	B1	306904.699	93066.427	2.06	了解 A1 点位深层土壤是否受到地下水的污染。
2	B2	306913.945	93001.548	2.63	了解 A3 点位深层土壤是否受到地下水的污染。
3	B3	306823.297	93004.55	1.86	在 A3 点位的下游布设，了解该区域的土壤是否受到地下水的污染。
4	B4	306739.376	93019.155	2.86	了解场地下游及 A13 点位深层土壤是否受到地下水的污染。
5	B5	306709.266	92976.777	2.74	了解场地下游的污染情况。
6	B7	306934.971	92993.764	2.46	围绕 A3 点位周边布设，在场地上游布设点位。
7	B6	306655.254	93075.481	4.62	了解场地外土壤的污染情况。

3.3.1.2 地下水

因在地表填土层及其下部的粉土层以下，分布有厚度约为 7.00-8.00m 的粉质粘土层，局部为粘土层，根据本工程的土工试验报告，其渗透系数很小，透水性差，可当做弱透水层。由于该弱透水层的存在，可将本场地地下水主要分为三部分进行调查。第一部分为弱透水层之上的地下水含水层，将之称为第一（潜水）含水层；第二部分为弱透水层中含有的水。弱透水层主要由粉质粘土组成，但含有粉土夹层，部分区域与粉土呈互层分布，导致部分区域相对隔水层的隔水能力减弱，透水能力增强。在上部第一含水层的地下水长期的渗流作用下，该相对隔水层会产生一定渗流作用，导致第一含水层和第二含水层产生微弱水力联系。同时，根据监测井实际观测结果，该层粉质粘土的孔隙中存在少量可以自由流动的水，第一含水层的地下水若含有污染物质，可能会渗入本层地下水中，因此从场地环境调查的角度分析，对弱透水层中含有的地下水进行调查；弱透水层之下的地下水含水层称为第二（微承压水）含水层。

初步采样调查表明场区地下水区域性污染严重，为了确定场区地下水污染范围和深度，结合场区地下水流向，第一次加密采样过程呈梯度性共布设 7 个地下水采样点，如图 3-14 所示。地下水布设点位说明见表 3-16。根据初步采样调查的结果，在污染最严重的点位 B2（A3）以及该点位的上游点位 B7 处布设三口井，分别为浅层井筛管位置在第一（潜水）含水层中，主要调查该层地下水；中层井的筛管位置在弱透水层，主要调查弱透水层中含有的地下水，深层井的筛管位置在第二（为承压水）含水层，主要调查该层的地下水；点位 B1、B3、B5、B6 布设两口井，分别为浅层井主要调查第一（潜水）含水层，深层井主要调查第二（微承压）含水层；B4 点位，在原 A13 点位上，布设一口深层井，主要调查第二（微承压）含水层。由于场地北部、西部、东部均已建成住宅小区，此次采样在场地的东南方向上布设了场外的对照点 B6。地下水采样点 XY 坐标和标高见下表 3-16。



图 3-14 第一次详细采样地下水布点图

表 3-16 第一次详细采样地下水采样点信息

序号	采样点编号	X (m)	Y (m)	高程 (m)	布设目的
1	B1	306904.699	93066.427	2.06	围绕 A3 点位周边布设, 检测 VOCs
2	B2	306913.945	93001.548	2.63	了解 A3 点位粉粘层孔隙中的水和深层水的污染情况, 检测 VOCs
3	B3	306823.297	93004.55	1.86	围绕 A3 点位周边布设, 检测 VOCs
4	B4	306739.376	93019.155	2.86	了解场地内下游方向上地下水的污染情况, 检测 VOCs
5	B5	306709.266	92976.777	2.74	
6	B6	306655.254	93075.481	4.62	了解场地外地下水的污染情况, 检测 VOCs

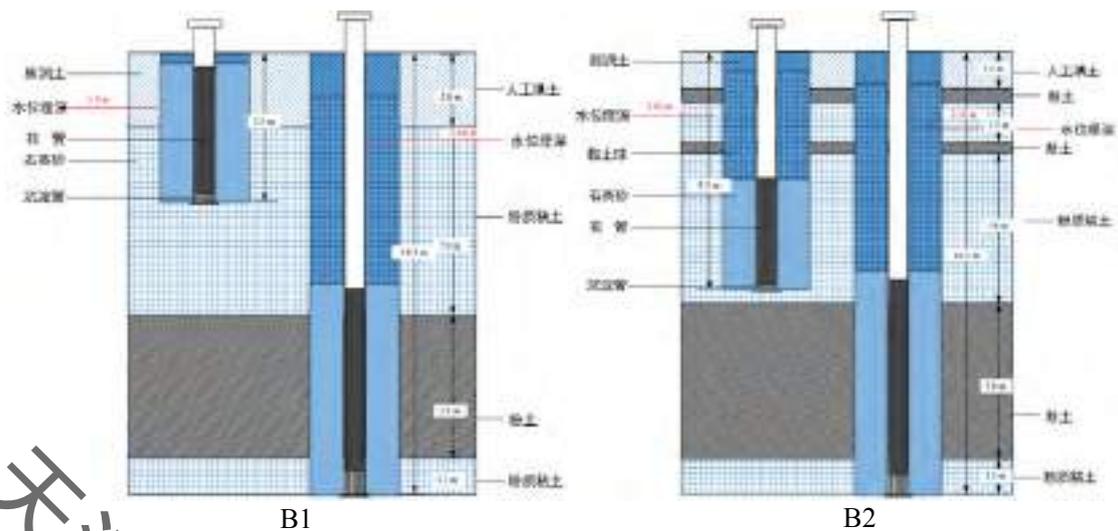
序号	采样点编号	X (m)	Y (m)	高程 (m)	布设目的
7	B7	306934.971	92993.764	2.46	围绕 A3 点位周边，在场地上游布设，检测 VOCs

3.3.2 样品采集

第一次详细采样过程与初步采样过程所遵循的标准相同，请参见本报告 3.2.2 节，此处不再赘述。需要说明的是，第一次详细采样过程监测井的建设为组井的形式，具体成井信息见表 3-17，建井模型图见 3-15。由于重点关注氯代烃污染物，所以在所有监测井底部取样。

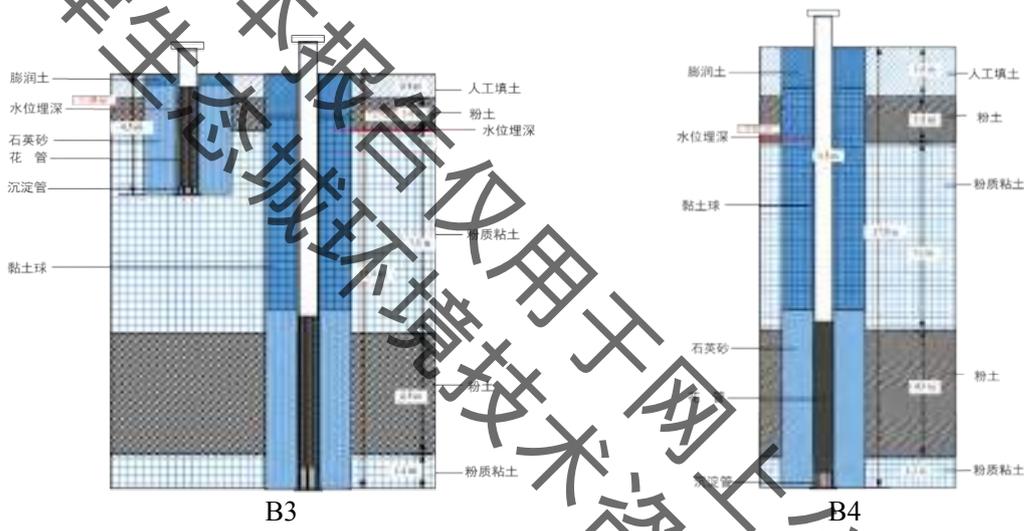
表 3-17 成井信息表

点位	成井编号	成井深度/m	筛管埋深/m	关注水层
B1	B1(1)	5.5 m	0.5~5.2 m	第一（潜水）含水层
	B1	16.0 m	8.6~15.3 m	第二（微承压水）含水层
B2	B2(1)	9.0 m	4.5~8.7 m	弱透土层
	B2	16.5 m	8.5~15.8 m	第二（微承压水）含水层
B3	B3(1)	4.5 m	0.5~4.2 m	第一（潜水）含水层
	B3	15.4 m	9.0~14.7 m	第二（微承压水）含水层
B4	B4	17.0 m	10.4~16.4 m	第二（微承压水）含水层
B5	B5(1)	6.0 m	0.5~5.7 m	第一（潜水）含水层
	B5	16.5 m	9.5~15.8 m	第二（微承压水）含水层
B6	B6(1)	6.0 m	0.5~5.5 m	第一（潜水）含水层
	B6	18.2 m	10.5~17.5 m	第二（微承压水）含水层
B7	B7(1)	4.5 m	0.5~4.0 m	第一（潜水）含水层
	B7(2)	9.5 m	4.5~9.0 m	弱透土层
	B7	15.5 m	10.5~15.0 m	第二（微承压水）含水层



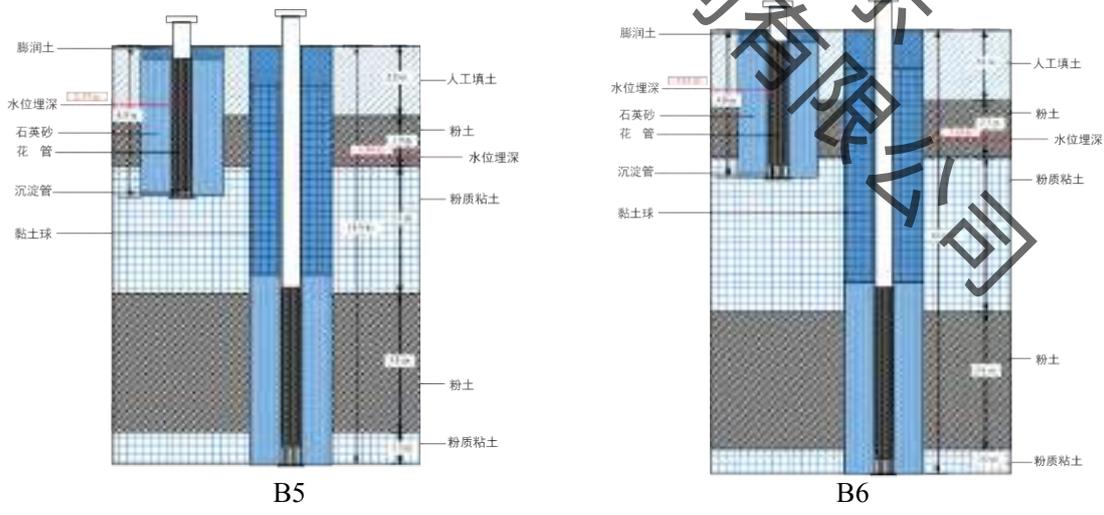
B1

B2



B3

B4



B5

B6

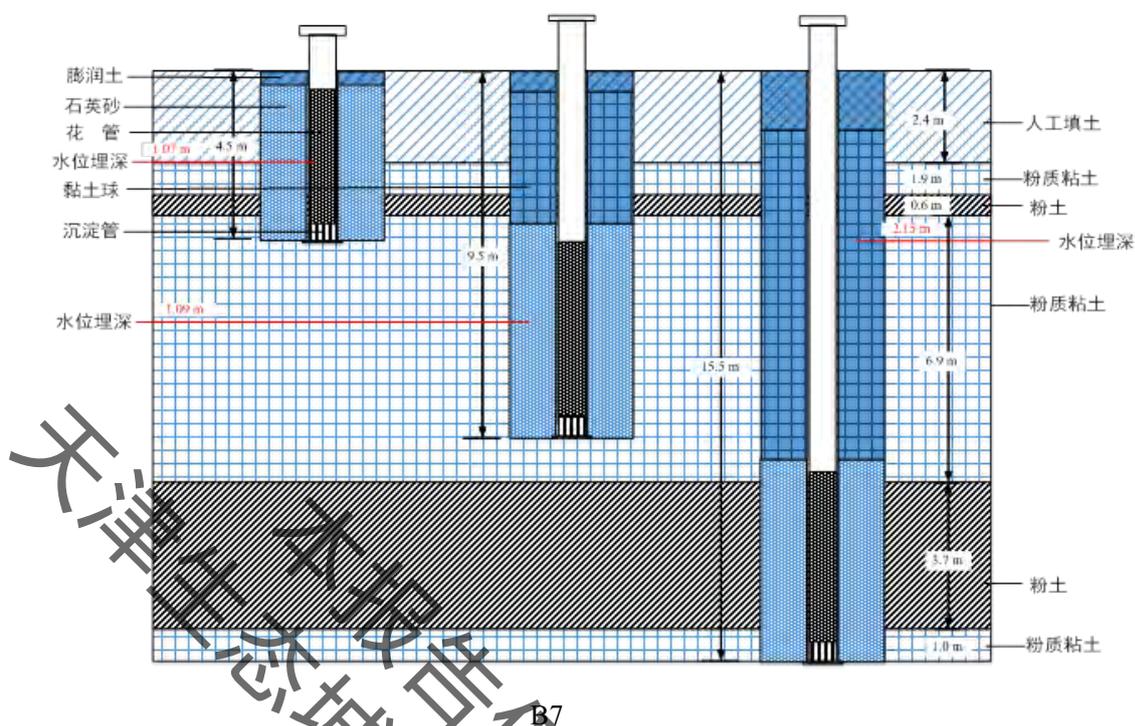


图 3-15 第一次详细采样建井模型图

3.3.3 现场快速检测结果分析

根据 XRF 的快速检测结果，检测点位重金属含量皆未超过筛选值居民用地标准。现场 PID 的快速检测结果显示，数值较高（大于 10 mg/kg）的有 1 个点位（B1 点位），其中 B1-7.5 为 21.25ppm，B1-8.5 为 10.51ppm。第一次加密采样现场检测记录单详见附件 6，XRF 和 PID 快速检测结果详见附件 7。

3.3.4 样品检测指标与分析方法

根据第二阶段初步采样的分析结果、第一次详细采样现场快速检测结果、污染物的迁移转化规律，并且结合不同点位的土层分布情况等方面综合考虑，详细采样在 133 个样品中选取 35 个样品土壤样品送检（其中场外对照点 B6 采集 19 个样品，送检 6 个样品），7 个地下水点位共 14 个样品送检。

根据初步采样结果分析，确定各点位土壤的检测指标为重金属、VOCs、SVOCs、pH 和总石油烃；在初步采样调查过程中，地下水污染主要涉及以氯代

烃为主的挥发性有机物，所以在第一次详细采样过程中确定地下水检测指标为 VOCs 和 pH。第一次加密采样送检样品在场区内分布见图 3-16，土壤和地下水采样点检测指标、XY 坐标见附件 4。

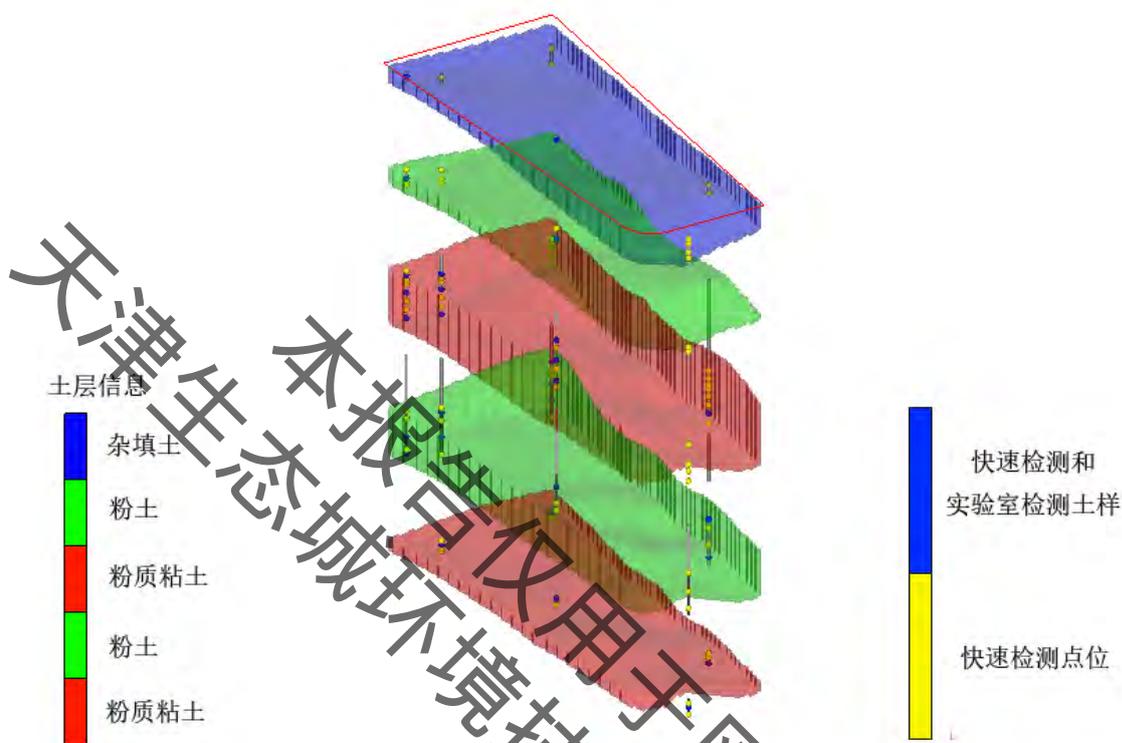


图 3-16 第一次详细采样送检土壤样品在场地土层中的分布

3.3.5 质量控制分析

3.3.5.1 现场质量控制数据分析

为评估从采样到样品运输、贮存和数据分析等不同阶段的质量控制效果，本项目质量控制样包括现场平行样和旅途空白样，共计 3 个现场平行样和 1 组旅途空白样，本项目采样过程的质量控制样品数量达总样品数量的 18.75%。现场质量控制样品检测相对差异见表 3-18，具体现场质量控制样品数据见附件 8。

表 3-18 第一次详细采样现场采样质控数据

分析指标	相对差异%		
	B1-12.0	B3-9.0	B4-10.0
重金属			
铍	-	3	15
镉	6	-	-
铬	5	7	28

分析指标	相对差异%		
	B1-12.0	B3-9.0	B4-10.0
铜	25	19	24
铅	7	4	2
镍	11	36	3
银	10	2	0.4
铊	-	16	12
锌	14	15	27
汞	14	5	6
砷	26	-	-
硒	24	3	1
锑	2	8	14
锰	3	33	4
有机物		-	

注：“-”为未检出

3.3.5.2 实验室质控分析

在实验室检测过程中，本次实验检测共计 8 组土壤质控样和 1 组地下水水质控样具体质控数据如下表 3-19 所示：每种物质空白样品浓度均低于检出限，加标回收率及平行样相对控制差异范围均符合相关标准。

表 3-19 实验室质控数据

质控样品		土壤		地下水	
		重金属	有机物	重金属	有机物
空白样品浓度		<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
实验室控制样	加标回收率%	-	87%~93.4%	-	79.5%
	控制范围%	-	70%~130%	-	70%~130%
平行样	相对差异%	0~18%	-	-	-
	相对差异控制范围%	0~30%	-	-	-

3.3.6 样品检测结果分析

第一次详细采样点位样品的实验室检测报告见附件 9，检测结果的详细分析如下：

3.3.6.1 土壤

(1) 重金属及 pH

根据实验室检测结果（见附件 9）分析，土壤中重金属的含量与筛选值对比

情况如下表 3-20 所示：铬、铜、铅、镍、锌、汞、砷、锑、锰等重金属检出率较高；重金属铍、镉、银、铊、硒在个别点位有检出；调查地块土壤 pH 值在 8.23~9.67 之间，偏碱性。对照点 B6 分别检出铍、镉、铬、铜、铅、镍、银、锌、汞、砷、硒、锑和锰等 13 种重金属，重金属的含量与筛选值对比表见下表 3-21。

经过对比分析，所有采样点位检出的重金属均未超出《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）或《美国 EPA 区域筛选值》（2016）的居住用地标准。

（2）有机物

根据实验室检测结果（见附件 9）分析，土壤中有机物的含量与筛选值对比情况如下表 3-22 所示：土壤中检出了 16 种有机物，检出率很低，且大部分位于人工填土层和上层的粉质粘土层。对照点 B6 处的样品未检出有机物。

通过筛选，所有检出的有机污染物检测值均未超出《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）或《美国 EPA 区域筛选值》（2016）的居住用地标准。

表 3-20 第一次详细采样土壤中检出重金属风险筛选

土层		人工填土层①	粉土②	粉质粘土③	粉土④	粉质粘土⑤	总计	检出率	筛选值 (mg/kg)	超标率	筛选值 来源
送检样品个数		2	2	12	7	6	29				
pH (无量纲)	检出个数	2	2	12	7	6	29	100%	-	-	-
	平均值	8.45	8.64	8.80	8.52	9.02	8.70				
	最大值	8.97	9.03	9.12	9.24	9.67	9.67				
	最小值	8.23	8.44	8.39	8.28	9.18	8.23				
铍(mg/kg)	检出个数	2	-	11	1	5	19	65.52%	4	0	A
	平均值	0.534	-	0.597	0.561	0.2592	0.50				
	最大值	0.761	-	1.64	0.561	0.911	1.64				
	最小值	0.307	-	0.0244	0.561	0.0595	0.02				
镉(mg/kg)	检出个数	1	2	8	6	5	22	75.86%	8	0	A
	平均值	0.656	0.5365	0.804	0.491	0.6202	0.65				
	最大值	0.656	0.699	1.15	0.534	0.695	1.15				
	最小值	0.656	0.374	0.568	0.4	0.454	0.37				
铬(mg/kg)	检出个数	2	2	12	7	6	29	100%	250	0	A
	平均值	36.3	32.85	49.3	28.9	38.05	40.03				
	最大值	40.5	39.4	69.3	35.4	41.2	69.30				
	最小值	32.1	26.3	35.6	24.8	35.4	24.80				
铜(mg/kg)	检出个数	2	2	12	7	6	29	100%	600	0	A
	平均值	42.7	24.5	28.5	17.34	23.63	25.50				
	最大值	57.6	31.5	40.1	22.2	25.4	57.60				
	最小值	27.8	17.5	18.7	10.6	21.7	10.60				

土层		人工填土层①	粉土②	粉质粘土③	粉土④	粉质粘土⑤	总计	检出率	筛选值 (mg/kg)	超标率	筛选值 来源
送检样品个数		2	2	12	7	6	29				
铅(mg/kg)	检出个数	2	2	12	7	6	29	100%	400	0	A
	平均值	48.75	7.65	2.09	7.35	8.78	12.49				
	最大值	63.6	10.1	18.2	10.1	9.64	63.60				
	最小值	33.9	5.2	8.34	5.61	8.2	5.20				
镍(mg/kg)	检出个数	2	2	12	7	6	29	100%	50	0	A
	平均值	20.35	21.5	29.86	19.81	22.72	24.72				
	最大值	22.3	28.1	44.3	30.6	23.9	44.30				
	最小值	16.4	14.9	21.8	12.7	21	12.70				
银(mg/kg)	检出个数	1	2	8	6	5	22	75.86%	390	0	B
	平均值	45.8	39.75	76.575	47.03	51.44	58.06				
	最大值	45.8	50.7	222	57.9	57.8	222				
	最小值	45.8	28.8	37.9	34.4	39.8	28.80				
铊(mg/kg)	检出个数	-	-	1	-	-	1	3.45%	0.78	0	B
	平均值	-	-	0.26	-	-	0.26				
	最大值	-	-	0.26	-	-	0.26				
	最小值	-	-	0.26	-	-	0.26				
锌(mg/kg)	检出个数	2	2	12	7	6	29	100%	3500	0	A
	平均值	120	43.4	69.31	43.1	51.08	60.92				
	最大值	132	56.4	95.1	50.4	57.5	132				
	最小值	108	30.4	47.8	33.4	47.6	30.40				
汞(mg/kg)	检出个数	2	2	12	7	6	29	100%	10	0	A

土层		人工填土层①	粉土②	粉质粘土③	粉土④	粉质粘土⑤	总计	检出率	筛选值 (mg/kg)	超标率	筛选值 来源
送检样品个数		2	2	12	7	6	29				
	平均值	0.392	0.0434	0.06019	0.03597	0.03205	0.07	100%	20	0	A
	最大值	0.393	0.0702	0.193	0.0692	0.0644	0.39				
	最小值	0.391	0.0165	0.0273	0.0233	0.0207	0.02				
砷(mg/kg)	检出个数	2	2	12	7	6	29	93.10%	390	0	B
	平均值	5.275	6.95	7.193	12.27	5.703	7.96				
	最大值	5.68	9.49	16.2	63.6	9.11	63.60				
	最小值	4.87	4.41	2.33	3.1	4.04	2.33				
硒(mg/kg)	检出个数	2	1	12	6	6	27	100%	31	0	B
	平均值	0.2925	0.0306	0.0709	0.0218	0.0249	0.06				
	最大值	0.387	0.0306	0.199	0.0332	0.0495	0.39				
	最小值	0.198	0.0306	0.0199	0.0106	0.0166	0.01				
锑(mg/kg)	检出个数	2	2	12	7	6	29	100%	1800	0	B
	平均值	1.196	0.8285	0.687	0.473	0.839	0.71				
	最大值	2.07	0.989	1.38	0.677	1.24	2.07				
	最小值	0.322	0.668	0.433	0.256	0.46	0.26				
锰(mg/kg)	检出个数	2	2	12	7	6	29	100%	未检出	0	B
	平均值	528	415.5	493.4	460.7	460.7	475.76				
	最大值	663	499	865	565	518	865				
	最小值	393	332	272	368	408	272				

注：A—《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T851-2011)；B—《美国 EPA 区域筛选值》(2016)；“—”未检出

表 3-21 B6 对照点土壤中检出重金属风险筛选

土层		人工填土层①	粉土②	粉质粘土③	粉土④	粉质粘土⑤	总计	检出率	筛选值 (mg/kg)	超标率	筛选值 来源
送检样品个数		1	1	2	1	1	6				
铍(mg/kg)	检出个数	1	0	2	1	0	4	66.7%	4	0	A
	平均值	0.139	-	0.177	0.043	0.764	0.134				
	最大值	0.139	-	0.254	0.043	0.896	0.254				
	最小值	0.139	-	0.1	0.043	0.632	0.043				
镉(mg/kg)	检出个数	1	1	2	1	1	6	100%	8	0	A
	平均值	0.733	0.635	0.864	0.608	0.462	0.694				
	最大值	0.733	0.635	0.909	0.608	0.462	0.909				
	最小值	0.733	0.635	0.819	0.608	0.462	0.462				
铬(mg/kg)	检出个数	1	1	2	1	1	6	100%	250	0	A
	平均值	25.8	32.3	47.55	35.4	28.4	36.17				
	最大值	25.8	32.3	50.3	35.4	28.4	50.3				
	最小值	25.8	32.3	44.8	35.4	28.4	25.8				
铜(mg/kg)	检出个数	1	1	2	1	1	6	100%	600	0	A
	平均值	33.8	18.7	26.1	19.9	13.4	23.0				
	最大值	33.8	18.7	28.7	19.9	13.4	33.8				
	最小值	33.8	18.7	23.5	19.9	13.4	13.4				
铅(mg/kg)	检出个数	1	1	2	1	1	6	100%	400	0	A
	平均值	21.1	18.3	14.75	8.77	6.06	13.96				
	最大值	21.1	18.3	16.4	8.77	6.06	21.1				
	最小值	21.1	18.3	13.1	8.77	6.06	6.06				

土层		人工填土层①	粉土②	粉质粘土③	粉土④	粉质粘土⑤	总计	检出率	筛选值 (mg/kg)	超标率	筛选值 来源
送检样品个数		1	1	2	1	1	6				
镍(mg/kg)	检出个数	1	1	2	1	2	6	100%	50	0	A
	平均值	16.4	28.1	30.25	21.5	17.1	23.93				
	最大值	16.4	28.1	33.5	21.5	17.1	33.5				
	最小值	16.4	28.1	27.0	21.5	17.1	16.4				
锌(mg/kg)	检出个数	1	1	2	1	1	6	100%	3500	0	A
	平均值	206	57	65.54	49.4	37.6	80.18				
	最大值	206	57	70.1	49.4	37.6	206				
	最小值	206	57	61.0	49.4	37.6	37.6				
汞(mg/kg)	检出个数	1	1	2	1	1	6	100%	10	0	A
	平均值	0.258	0.0663	0.0418	0.0244	0.0288	0.7685				
	最大值	0.258	0.0663	0.0512	0.0244	0.0288	0.258				
	最小值	0.258	0.0663	0.0324	0.0244	0.0288	0.0244				
砷(mg/kg)	检出个数	1	1	2	1	1	6	100%	20	0	A
	平均值	5.67	11.4	12.8	3.53	3.04	8.21				
	最大值	5.67	11.4	13.2	3.53	3.04	13.2				
	最小值	5.67	11.4	12.4	3.53	3.04	3.04				
硒(mg/kg)	检出个数	1	1	2	1	1	6	100%	390	0	B
	平均值	0.0616	0.0361	0.04625	0.0199	0.024	0.0390				
	最大值	0.0616	0.0361	0.0629	0.0199	0.024	0.0629				
	最小值	0.0616	0.0361	0.0296	0.0199	0.024	0.0199				
铈(mg/kg)	检出个数	1	1	2	1	1	6	100%	31	0	B

土层		人工填土层①	粉土②	粉质粘土③	粉土④	粉质粘土⑤	总计	检出率	筛选值 (mg/kg)	超标率	筛选值 来源
送检样品个数		1	1	2	1	1	6				
	平均值	1.45	1.83	1.22	0.465	0.468	1.11				
	最大值	1.45	1.83	1.43	0.465	0.468	1.83				
	最小值	1.45	1.83	1.01	0.465	0.468	0.465				
锰(mg/kg)	检出个数	1		2	1	1	6	100%	1800	0	B
	平均值	938	513	1085	564	342	754.5				
	最大值	938	513	1160	564	342	1160				
	最小值	938	513	1010	564	342	342				

注：A—《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T851-2011)；B—《美国EPA区域筛选值》(2016)；“-”——未检出

表 3-22 土壤中检出有机物风险筛选 (单位: mg/kg)

土层		人工填土层①	粉土②	粉质粘土③	粉土④	粉质粘土⑤	总计	检出率	筛选值	超标率	筛选值 来源	
送检样品数		2	2	12	7	6	29					
VOCs	苯	检出个数	0	0	2	1	1	4	13.8%	0.64	0	A
		平均值	-	-	0.1139	0.111	0.251	0.147				
		最大值	-	-	0.131	0.111	0.251	0.251				
		最小值	-	-	0.0969	0.111	0.251	0.0969				
	甲苯	检出个数	1	0	3	1	1	6	20.7%	850	0	A
		平均值	0.101	-	0.113	0.0955	0.137	0.112				
		最大值	0.101	-	0.147	0.0955	0.137	0.147				
		最小值	0.101	-	0.074	0.0955	0.137	0.074				

土层		人工填土层 ①	粉土②	粉质粘土 ③	粉土④	粉质粘土 ⑤	总计	检出率	筛选值	超标率	筛选值 来源
送检样品数		2	2	12	7	6	29				
1,1,2-三 氯乙烷	检出个数	0	0	1	0	0	1	3.4%	0.5	0	A
	平均值	-	-	0.279	-	-	0.279				
	最大值	-	-	0.279	-	-	0.279				
	最小值	-	-	0.279	-	-	0.279				
四氯乙烯	检出个数	0	0	1	0	0	1	3.4%	4.6	0	A
	平均值	-	-	0.0355	-	-	0.0355				
	最大值	-	-	0.0355	-	-	0.0355				
	最小值	-	-	0.0355	-	-	0.0355				
氯苯	检出个数	0	0	1	0	0	1	3.4%	41	0	A
	平均值	-	-	0.0524	-	-	0.0524				
	最大值	-	-	0.0524	-	-	0.0524				
	最小值	-	-	0.0524	-	-	0.0524				
乙苯	检出个数	1	0	4	1	1	7	24.1%	450	0	A
	平均值	0.0919	-	0.09525	0.0802	0.1	0.092				
	最大值	0.0919	-	0.122	0.0802	0.1	0.122				
	最小值	0.0919	-	0.0678	0.0802	0.1	0.0678				
间/对二 甲苯	检出个数	1	0	4	1	1	7	24.1%	550	0	B
	平均值	0.0763	-	0.08725	0.0854	0.166	0.097				
	最大值	0.0763	-	0.107	0.0854	0.166	0.166				
	最小值	0.0763	-	0.0647	0.0854	0.166	0.065				
邻二甲苯	检出个数	1	0	4	1	1	7	24.1%	650	0	B

土层		人工填土层 ①	粉土②	粉质粘土 ③	粉土④	粉质粘土 ⑤	总计	检出率	筛选值	超标率	筛选值 来源	
送检样品数		2	2	12	7	6	29					
SVOCs		平均值	0.0864	-	0.08665	0.0738	0.126	0.090	6.9%	1900	0	B
		最大值	0.0864	-	0.115	0.0738	0.126	0.126				
		最小值	0.0864	-	0.0605	0.0738	0.126	0.061				
	苯乙烯	检出个数	0	0	1	0	1	2				
		平均值	-	-	0.0983	-	0.0692	0.084				
		最大值	-	-	0.0983	-	0.0692	0.0983				
	1,4-二氯 苯	检出个数	0	0	1	0	0	1				
		平均值	-	-	0.161	-	-	0.161				
		最大值	-	-	0.161	-	-	0.161				
	萘	检出个数	0	1	1	0	0	2				
		平均值	-	0.01	0.161	-	-	0.086				
		最大值	-	0.01	0.161	-	-	0.161				
邻苯二甲 酸二丁酯	检出个数	1	0	0	0	0	1					
	平均值	0.119	-	-	-	-	0.119					
	最大值	0.119	-	-	-	-	0.119					
	最小值	0.119	-	-	-	-	0.119					
	平均值	0.125	-	-	-	-	0.125					

土层		人工填土层 ①	粉土②	粉质粘土 ③	粉土④	粉质粘土 ⑤	总计	检出率	筛选值	超标率	筛选值 来源					
送检样品数		2	2	12	7	6	29									
	最大/最小值	最大值	0.125	-	-	-	-	0.125	3.4%	50	0	A				
		最小值	0.125	-	-	-	-	-					0.125			
	荧蒽	检出个数	1	0	0	0	0	1								
		平均值	0.0727	-	-	-	-	0.0727								
		最大值	0.0727	-	-	-	-	0.0727								
		最小值	0.0727	-	-	-	-	0.0727								
	苯并(a)蒽	检出个数	1	0	0	0	0	1					3.4%	0.5	0	A
		平均值	0.183	-	-	-	-	0.183								
		最大值	0.183	-	-	-	-	0.183								
		最小值	0.183	-	-	-	-	0.183								
石油烃 >C ₁₆	检出个数	0	0	0	1	0	1	3.4%	10000	0	A					
	平均值	-	-	-	12.5	-	12.5									
	最大值	-	-	-	12.5	-	12.5									
	最小值	-	-	-	12.5	-	12.5									

注：A—《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T851-2011）；B—《美国 EPA 区域筛选值》（2016）；“-”——未检出

3.3.6.2 地下水

(1) pH 值

根据实验室检测结果（附件 9），调查地块 6 个点位 12 个样品，pH 值在 6.96~7.83 之间，处于《地下水质量标准》（GB/T14848）的 III 类标准。

(2) 有机物

实验室检测结果（附件 9）显示调查地块地下水有机物检出了单环芳烃类（苯、甲苯、乙苯、邻二甲苯）、卤代脂肪烃类（氯乙烯、1,1-二氯乙烯、二氯甲烷、反式-1,2-二氯乙烯、1,1-二氯乙烷、顺-1,2-二氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷、四氯乙烯、1,3-二氯丙烷、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷）、三卤甲烷类（氯仿、一氯二溴甲烷）、卤代芳烃类（氯苯、溴苯、2-氯甲苯、1,4-二氯苯、邻二氯苯）、甲基叔丁基醚、萘和石油烃等 27 种有机污染物。

从表 3-23 中可以看出，弱透水层所检出的氯乙烯、1,1-二氯乙烯、顺-1,2-二氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷、四氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、氯苯、苯共 11 种有机物超出《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T1278-2015）、《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）、《地下水水质标准》（DZ/T 0290-2015）三类标准和《美国 EPA 区域筛选值》（2016）的筛选值。第二（微承压水）含水层中检出的氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷含量超出《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T1278-2015）的筛选值。

场外清洁对照点 B6 点位的挥发性有机物未检出。

表 3-23 地下水检出有机物统计

单位：μg/L

点位	编号	分析指标	检出限	检测数值	筛选值	来源
B1-深	B1	1,1-二氯甲烷	1.0	11.5	50	A
		甲苯	1.0	6.18	2340	A
		1,3-二氯丙烷	1.0	6.58	370	D
		氯苯	1.0	1.63	300	A
		萘	1.0	2.51	100	C
B1-浅	B1(1)	氯仿	1.0	2.41	60	A
		1,2-二氯乙烷	1.0	2.03	30	A
		1,1,2-三氯乙烷	1.0	4.73	5	A
		氯苯	1.0	3.36	300	A
		萘	1.0	1.85	100	C

点位	编号	分析指标	检出限	检测数值	筛选值	来源
B2-深	B2	氯乙烯	1.0	38.7	20	A
		1,1-二氯乙烯	1.0	1.24	30	B
		氯仿	1.0	3.34	60	A
		1,2-二氯乙烷	1.0	7.00	30	A
		三氯乙烯	1.0	3.34	70	A
		1,1,2-三氯乙烷	1.0	188	5	A
		1,3-二氯丙烷	1.0	1.71	370	D
		氯苯	1.0	2.02	300	A
		1,2,3-三氯丙烷	1.0	1.10	4	A
B2-中	B2(1)	氯乙烯	1.0	10000	20	A
		1,1-二氯乙烯	1.0	671	30	B
		反式-1,2-二氯乙烯	1.0	31.7	148.5	A
		1,1-二氯乙烷	1.0	31.6	50	A
		顺-1,2-二氯乙烯	1.0	98.0	70	A
		氯仿	1.0	25.7	60	A
		苯	1.0	95.4	10	A
		1,2-二氯乙烷	1.0	1430	30	A
		三氯乙烯	1.0	1640	70	A
		甲苯	1.0	68.4	2340	A
		1,1,2-三氯乙烷	1.0	20000	5	A
		四氯乙烯	1.0	1060	40	B
		1,3-二氯丙烷	1.0	179	370	D
		一氯二溴甲烷	1.0	35.9	100	A
		氯苯	1.0	1500	300	A
		乙苯	1.0	45.8	300	A
		邻二甲苯	1.0	36.1	500	A
		1,1,2,2-四氯乙烷	1.0	1210	2.0	A
		溴苯	1.0	26.8	62	D
		1,2,3-三氯丙烷	1.0	30.0	4	A
		2-氯甲苯	1.0	31.3	240	D
		1,4-二氯苯	1.0	44.3	300	B
		邻二氯苯	1.0	39.9	1000	B
B3-深	B3	氯乙烯	1.0	7.09	20	A
		二氯甲烷	1.0	25.5	583	A
		甲基叔丁基醚	1.0	11.8	14	D
		氯仿	1.0	2.02	60	A
B3-浅	B3(1)	甲基叔丁基醚	1.0	1.27	14	D
		氯仿	1.0	1.62	60	A

点位	编号	分析指标	检出限	检测数值	筛选值	来源
B4-深	B4	氯仿	1.0	2.56	60	A
B5-深	B5	氯仿	1.0	4.16	60	A
B5-浅	B5(1)	甲基叔丁基醚	1.0	4.14	14	D
		氯苯	1.0	1.48	300	A
		1,4-二氯苯	1.0	1.38	300	B
		邻二氯苯	1.0	1.20	1000	B
B7-深	B7	氯乙烯	1.0	120	20	A
		1,1,2-三氯乙烷	1.0	36.1	5	A
		氯苯	1.0	43.5	300	A
B7-中	B7(2)	氯乙烯	1.0	65.4	5	A

备注：①A-筛选值来源于《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T1278-2015）；B-筛选值来源于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）；C-筛选值来源于《地下水水质标准》（DZ/T 0290-2015）三类水平；D-筛选值来源于《美国 EPA 区域筛选值》（2016）；

②标红的数值为检测数据超过筛选值。

3.4 第二次详细采样

3.4.1 第二次详细采样点位布设

3.4.1.1 土壤

按照《场地环境检测技术导则》（HJ25.2-2014）要求，根据初步采样和第一次详细采样得到的检测结果，土壤部分存在有机污染物的检出，但未超出《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）或《美国 EPA 区域筛选值》（2016）的居住用地标准。围绕初步采样和第一次详细采样中地下水存在污染的点位，确定土壤是否受到地下水的污染，对该场地进行土壤采样点布设（表 3-22），共布设土壤采样点 9 个（图 3-17）。钻孔深度到第二层粉粘层（即第二含水层底板）。各点位的编号、布设目的、XY 坐标、高程等信息详见表 3-24。

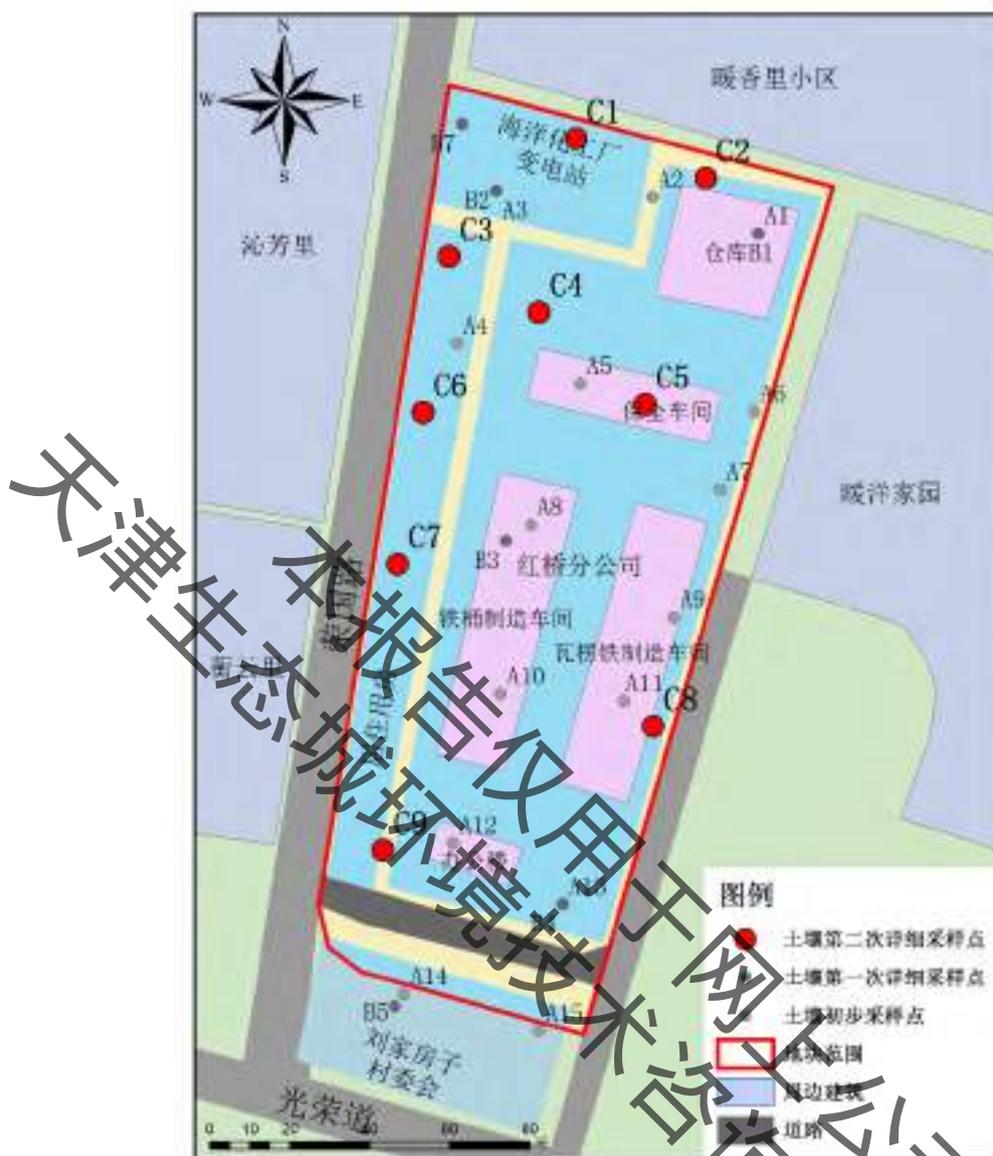


图 3-17 第二次详细采样土壤布点图

表 3-24 第二次详细采样土壤采样点信息

序号	采样点编号	X (m)	Y (m)	高程 (m)	布设目的
1	C1	306924.994	93021.076	2.87	围绕污染点位 B2 布设，了解周边点位的土壤是否受到地下水的污染。
2	C2	306916.953	93053.057	2.81	
3	C3	306895.240	92989.397	3.07	
4	C4	306881.225	93014.727	2.43	
5	C5	306857.060	93038.443	2.29	
6	C6	306856.221	92982.673	3.11	
7	C7	306819.393	92976.196	3.12	
8	C8	306777.659	93039.729	3.21	了解该地块南侧部分土壤是否受到污染。
9	C9	306748.576	92975.072	3.12	

3.4.1.2 地下水

初步采样和第一次详细采样调查表明场区地下水区域性污染严重,为了进一步确定场区地下水污染范围和深度,结合场区地下水流向,第二次加密采样过程呈梯度性共布设9个地下水采样点,地下水井均设置为组井,对第一(潜水)含水层、弱透水层和第二(微承压水)含水层分别进行调查。采样点位置如图3-18所示。浅层井主要调查第一(潜水)含水层中的地下水,中层井主要调查弱透水层中含有的地下水,深层井主要调查第二(微承压水)含水层中的地下水。地下水布设点位说明见表3-25,地下水采样点XY坐标和标高见下表。



图 3-18 第二次详细采样地下水布点图

表 3-25 第二次详细采样地下水采样点信息

序号	采样点编号	X	Y	高程(m)	布设目的
1	C1	306924.994	93021.076	2.87	根据地下水流向，了解污染是否是从场地北部的天津海滨化工厂迁移至本场地，并调查 B2 点位污染的扩散范围。
2	C2	306916.953	93053.057	2.81	
3	C3	306895.240	92989.397	3.07	根据地下水流向，了解污染是否是从场地的西部迁移至本场地，并调查 B2 点位污染的扩散范围。
4	C4	306881.225	93014.727	2.43	围绕污染点位 B2，沿地下水下游布设，调查污染迁移扩散的范围。
5	C5	306857.060	93038.443	2.29	
6	C6	306856.221	92982.673	3.11	根据地下水流向，了解污染是否是从场地西部迁移至本场地，并调查污染的迁移扩散的范围。
7	C7	306819.393	92976.196	3.12	
8	C8	306777.659	93039.729	3.21	调查场地南侧部分是否存在污染。
9	C9	306748.576	92975.072	3.12	

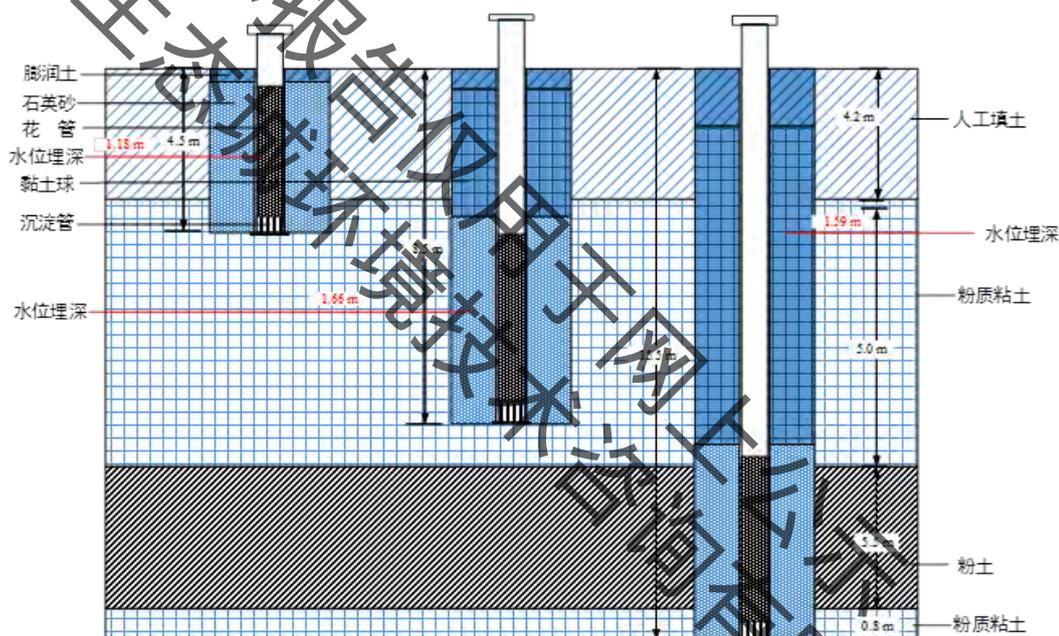
3.4.2 样品采集

第二次详细采样过程与初步采样、第一次详细采样过程所遵循的标准相同，请参见本报告 3.2.2 节，此处不再赘述。需要说明的是，第二次详细采样所有点位监测井的建设均为组井的形式，具体成井信息见表 3-26，建井模型图见图 3-19。由于重点关注氯代烃污染物，所以在所有监测井底部取样。

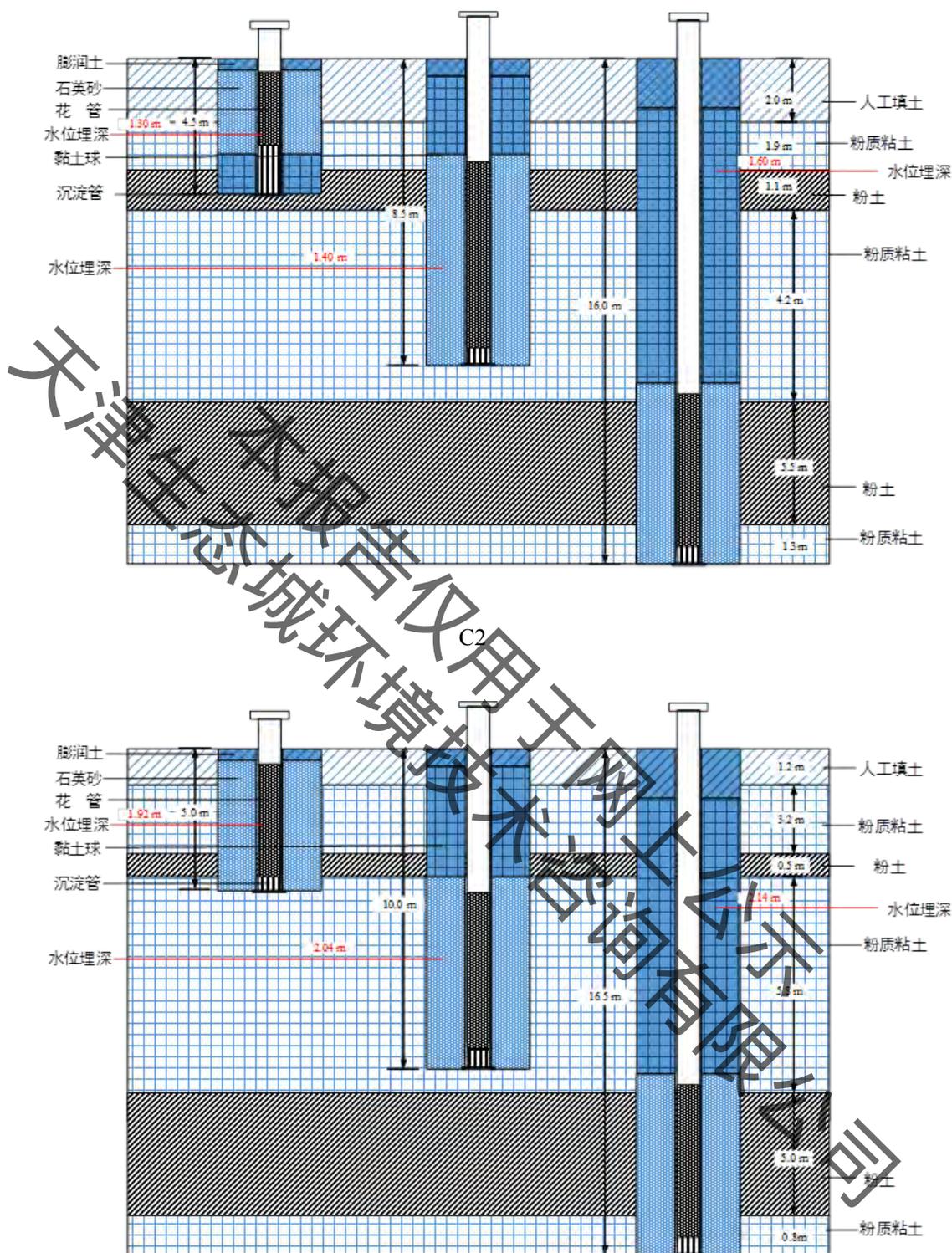
表 3-26 成井信息表

点位	成井编号	成井深度/m	筛管埋深/m	关注水层
C1	C1(1)	4.5	0.5-4.2	第一（潜水）含水层
	C1(2)	8.5	4.5-8.0	弱透层
	C1	15.5	9.0-14.7	第二（微承压水）含水层
C2	C2(1)	4.5	0.5-3.8	第一（潜水）含水层
	C2(2)	8.5	4.0-8.0	弱透层
	C2	16.0	9.0-15.3	第二（微承压水）含水层
C3	C3(1)	5.0	0.5-5.0	第一（潜水）含水层
	C3(2)	10.0	5.3-9.5	弱透层
	C3	16.5	10.4-15.7	第二（微承压水）含水层
C4	C4(1)	4.5	0.5-4.2	第一（潜水）含水层
	C4(2)	8.7	4.5-8.2	弱透层
	C4	15.0	9.0-14.3	第二（微承压水）含水层
C5	C5(1)	4.5	0.5-4.2	第一（潜水）含水层
	C5(2)	8.0	4.5-7.5	弱透层
	C5	15.0	8.5-14.3	第二（微承压水）含水层

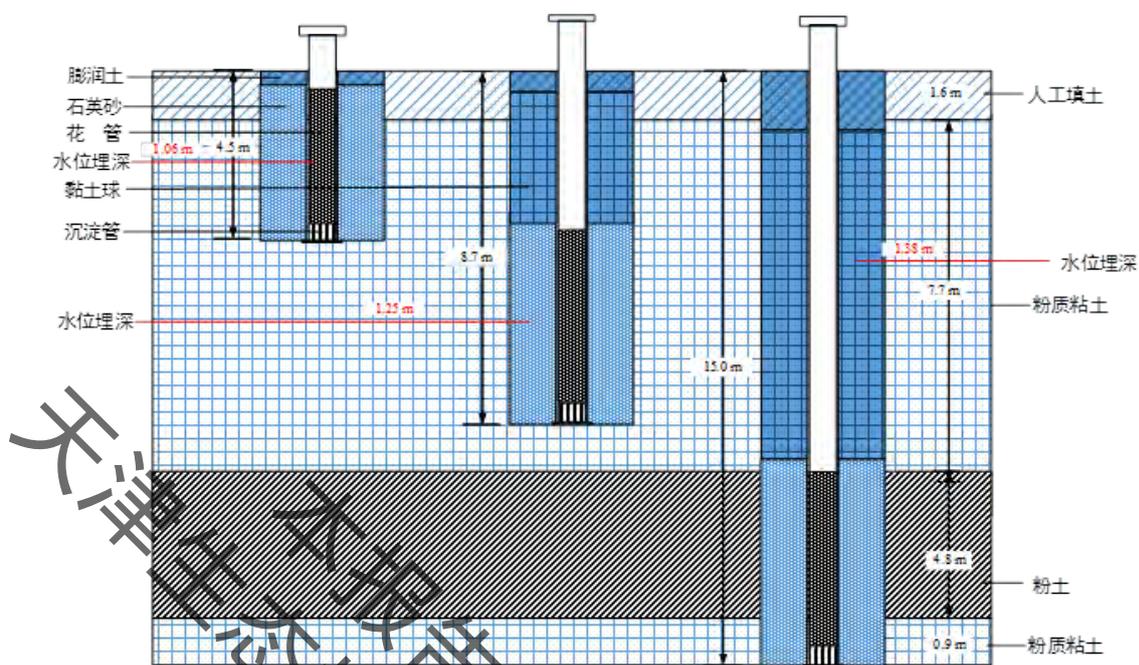
点位	成井编号	成井深度/m	筛管埋深/m	关注水层
C6	C6(1)	4.5	0.5-4.2	第一（潜水）含水层
	C6(2)	10.0	4.5-9.5	弱透土层
	C6	17.0	10.5-16.3	第二（微承压水）含水层
C7	C7(1)	4.5	0.5-4.2	第一（潜水）含水层
	C7(2)	9.5	4.5-9.0	弱透土层
	C7	16.0	10.4-15.3	第二（微承压水）含水层
C8	C8(1)	4.5	0.5-4.2	第一（潜水）含水层
	C8(2)	9.5	4.5-9.0	弱透土层
	C8	16.5	10.2-15.8	第二（微承压水）含水层
C9	C9(1)	5.3	0.5-5.0	第一（潜水）含水层
	C9(2)	10.5	5.4-10.0	弱透土层
	C9	16.5	11.4-15.8	第二（微承压水）含水层



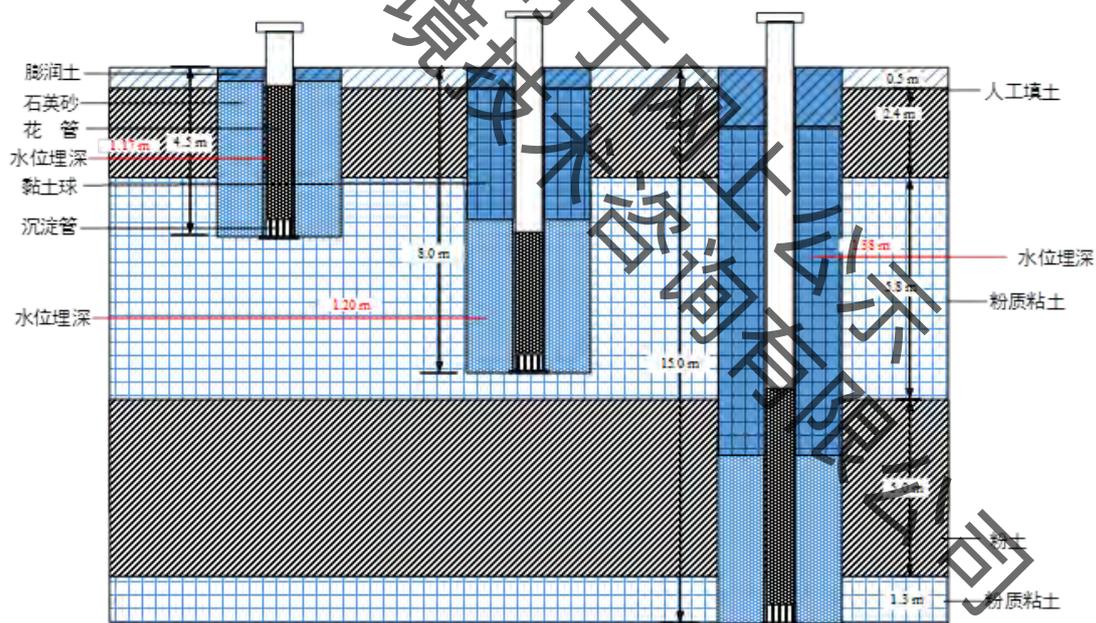
C1



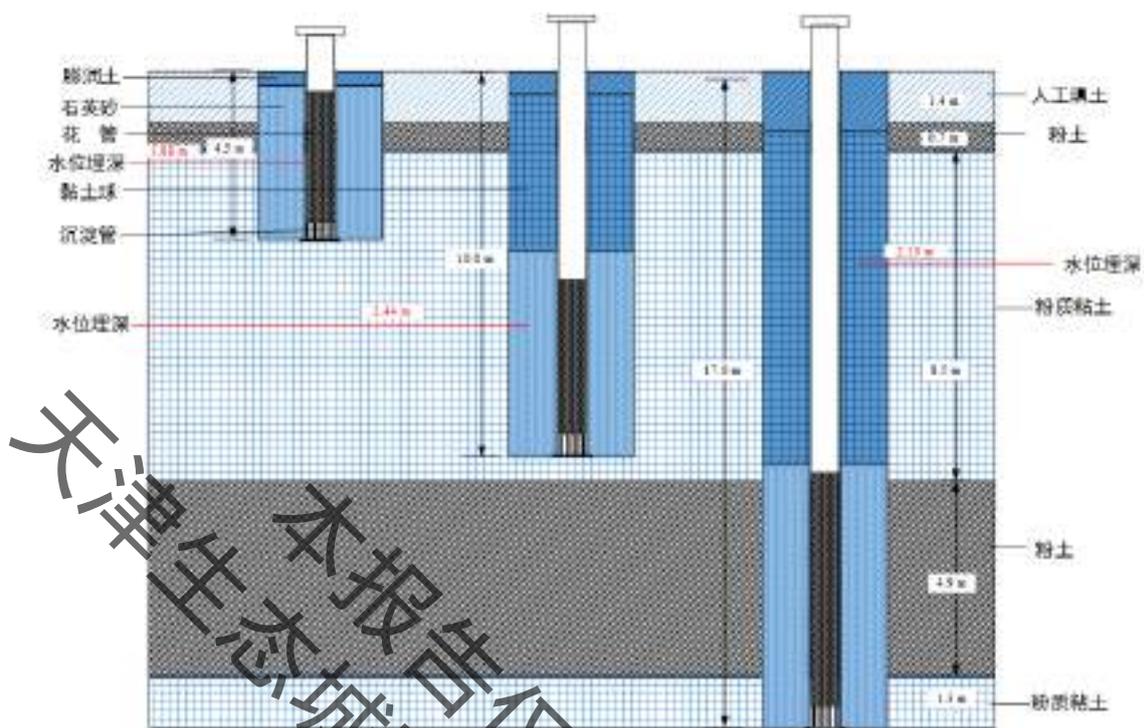
C3



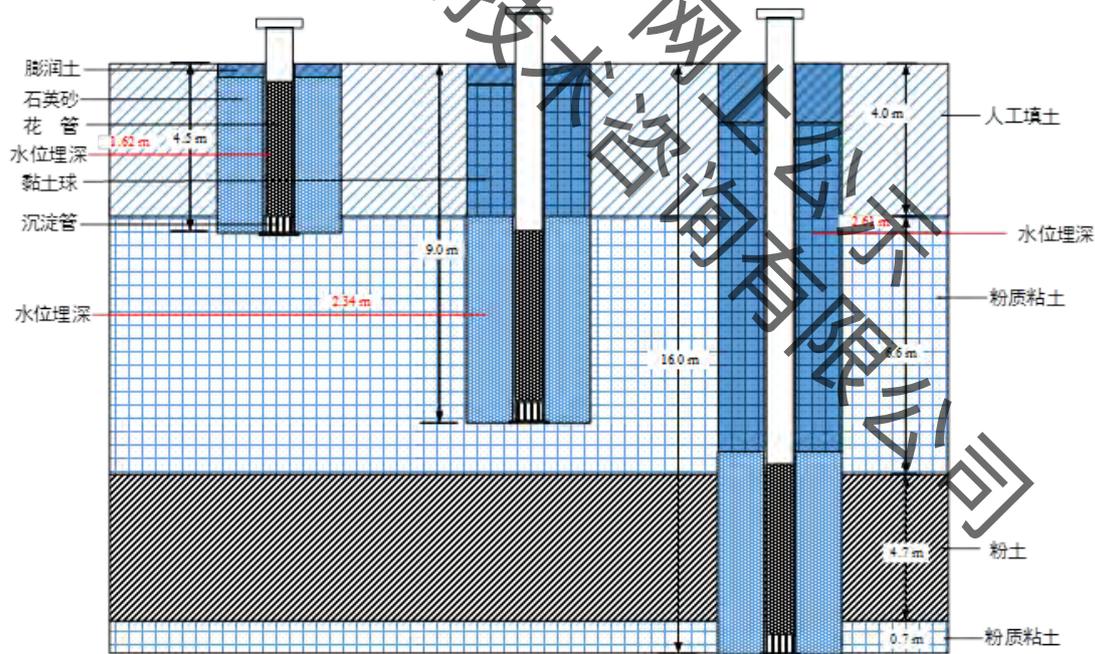
C4



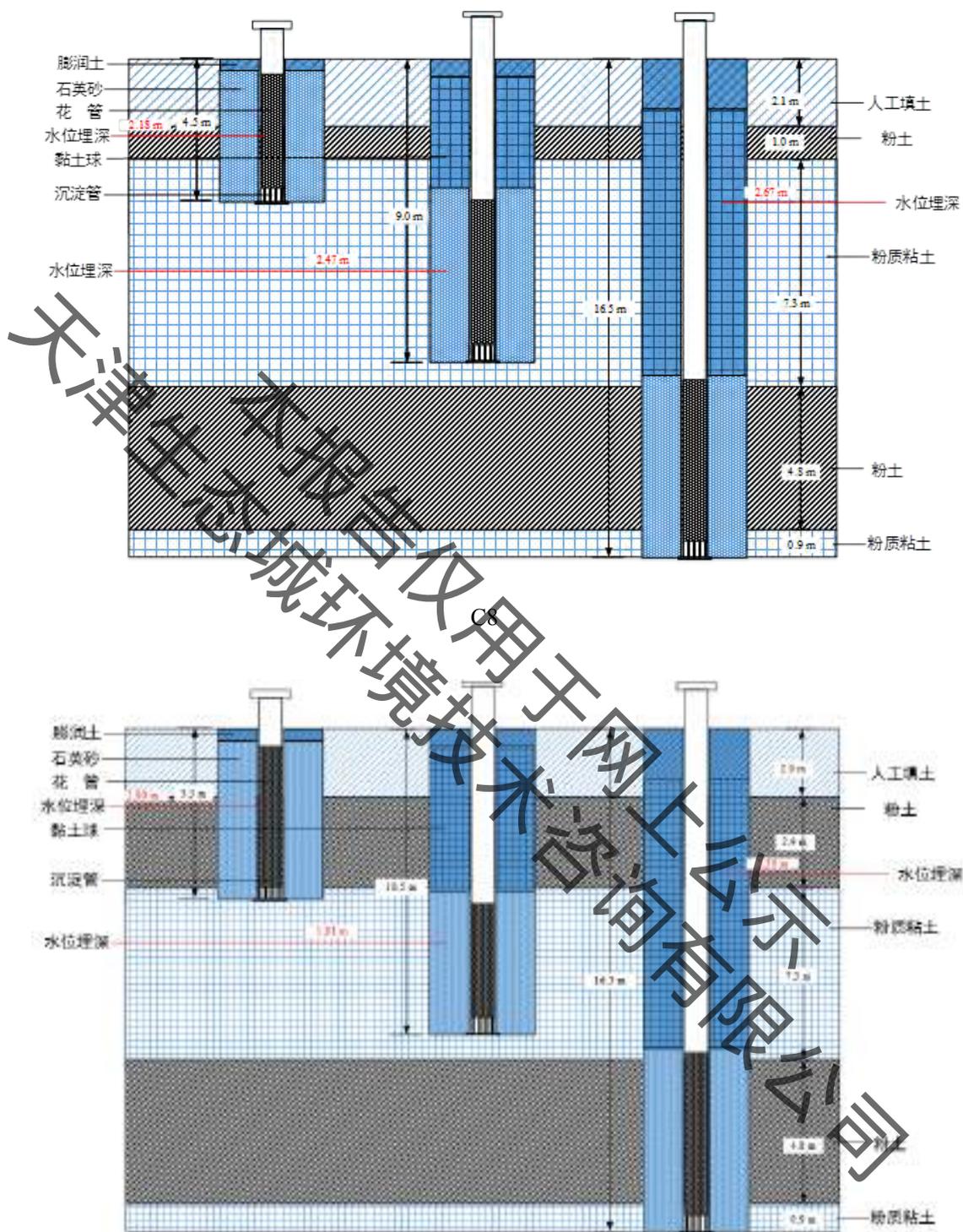
C5



C6



C7



C9

图 3-19 第二次详细采样建井模型图

3.4.3 现场快速检测结果分析

根据 XRF 的快速检测结果，检测点位重金属含量皆未超过筛选值居民用地标准。现场 PID 的快速检测结果显示，数值较高（大于 10 ppm）的有 1 个点位（C1 点位），其中 C1-4.3 为 61.83ppm，C1-5.3 为 50.31ppm，C1-6.1 为 11.87ppm。第二次加密采样现场检测记录单详见附件 6，XRF 和 PID 快速检测结果详见附件 7。

3.4.4 样品检测指标与分析方法

根据第二阶段初步采样的分析结果、第一次详细采样现场快速检测结果以及污染物的迁移转化规律，并且结合不同点位的土层分布情况等方面综合考虑，第二次详细采样在 134 个土壤样品中选取 49 个送检，9 个地下水点位，共 27 个地下水监测井，每个地下水监测井采集一个地下水样品送检。

根据初步采样和第一次详细采样的结果，该地块地下水存在以氯代烃为主的挥发性有机物污染，但土壤仅有部分样品的有机污染物有检出，并不超过《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011)或《美国 EPA 区域筛选值》(2016)的居住用地标准。为进一步证实该地块土壤和地下水的污染物质、污染范围和污染程度等情况，本次送检的土壤样品检测指标为 VOCs 和 pH。地下水样品检测指标也为 VOCs 和 pH。第二次加密采样送检样品在场区内分布见图 3-20，土壤和地下水采样点检测指标、XY 坐标见附件 4。

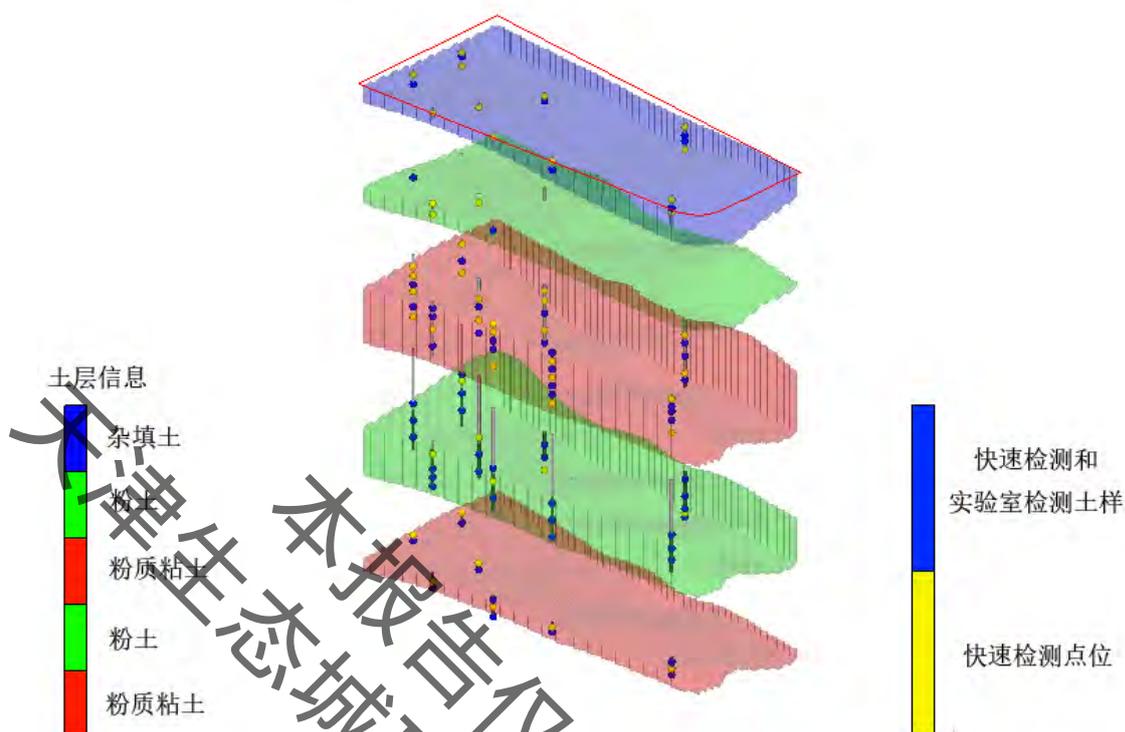


图 3-20 第二次详细采样送检土壤样品在场地土层中的分布

3.4.5 质量控制分析

3.4.5.1 现场质量控制数据分析

为评估从采样到样品运输、贮存和数据分析等不同阶段的质量控制效果，本项目质量控制样包括现场平行样和旅途空白样，共计 6 个现场平行样和 1 组旅途空白样，本项目采样过程的质量控制样品数量达总样品数量的 12.24%。现场质量控制样品检测相对差异见表 3-27，具体现场质量控制样品数据见附件 8。

表 3-27 第二次详细采样现场采样质控数据

分析指标	相对差异%					
	C1-3.2	C2-6.5	C3-1.2	C5-8.0	C6-15.8	C8-9.5
有机类分析						
1,1,2-三氯乙烷	12.8%	-	-	-	-	-
四氯乙烯	28.7%	-	-	-	-	-
其他有机物						

注：“-”为未检出

3.4.5.2 实验室质控分析

在实验室检测过程中，本次实验检测共计 3 组土壤质控样和 4 组地下水水质控样具体质控数据如下表 3-28 所示：每种物质空白样品浓度均低于检出限，加标回收率及平行样相对控制差异范围均符合相关标准。

表 3-28 实验室质控数据

质控样品		土壤		地下水	
		pH	有机物	pH	有机物
空白样品浓度		<LOD	<LOD	<LOD	<LOD
实验室控制样	加标回收率%	-	77.4%~99.7%	-	75.2%~95.6%
	控制范围%	-	70~130%	-	70~130%
平行样	相对差异%	0.1%~0.3%	-	0.1%~0.9%	0.5%~2.5%
	相对差异控制范围%	0~30%	-	0~30%	0~30%

3.4.6 样品检测结果分析

第二次详细采样点位样品的实验室检测报告见附件 9，检测结果的详细分析如下：

3.4.6.1 土壤

根据实验室检测结果（见附件 9）分析，土壤 pH 的范围在 8.34-10.24 之间，土壤中 VOCs 类有机物与筛选值对比情况如下表 3-29 所示：土壤中检出了 9 种 VOCs 类有机物，检出率很低，且大部分位于人工填土层和上层的粉质粘土层中。通过筛选，所有检出的有机污染物检测值均未超出《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）或《美国 EPA 区域筛选值》（2016）的居住用地标准。

表 3-29 第二次详细采样土壤中检出 VOCs 有机物风险筛选（单位：mg/kg）

土层		人工填土层 ①	粉土②	粉质粘土 ③	粉土④	粉质粘土 ⑤	总计	检出率	筛选值	超标率	筛选值 来源
送检样品数		11	3	25	3	8	50				
氯乙烯	检出个数	1	0	0	0	0	1	2%	0.25	0	A
	平均值	0.0398	-	-	-	-	0.0398				
	最大值	0.0398	-	-	-	-	0.0398				
	最小值	0.0398	-	-	-	-	0.0398				
顺-1,2-二 氯乙烯	检出个数	0	0	1	0	0	1	2%	43	0	A
	平均值	-	-	1.37	-	-	1.37				
	最大值	-	-	1.37	-	-	1.37				
	最小值	-	-	1.37	-	-	1.37				
氯仿	检出个数	0	0	1	0	0	1	2%	0.22	0	A
	平均值	-	-	0.0236	-	-	0.0236				
	最大值	-	-	0.0236	-	-	0.0236				
	最小值	-	-	0.0236	-	-	0.0236				
四氯化碳	检出个数	0	0	1	0	0	1	2%	2	0	A
	平均值	-	-	0.0156	-	-	0.0156				
	最大值	-	-	0.0156	-	-	0.0156				
	最小值	-	-	0.0156	-	-	0.0156				
甲苯	检出个数	0	0	1	0	0	1	2%	850	0	A
	平均值	-	-	0.0378	-	-	0.0378				
	最大值	-	-	0.0378	-	-	0.0378				
	最小值	-	-	0.0378	-	-	0.0378				

土层		人工填土层 ①	粉土②	粉质粘土 ③	粉土④	粉质粘土 ⑤	总计	检出率	筛选值	超标率	筛选值 来源
送检样品数		11	3	25	3	8	50				
1,1,2-三氯 乙烷	检出个数	1	0	1	0	1	3	6%	0.5	0	A
	平均值	0.0702	-	0.0449	-	0.136	0.0837				
	最大值	0.0702	-	0.0449	-	0.136	0.136				
	最小值	0.0702	-	0.0449	-	0.136	0.0449				
四氯乙烯	检出个数	1	0	2	0	1	4	8%	4.6	0	A
	平均值	0.0741	-	0.132	-	0.299	0.159				
	最大值	0.0741	-	0.227	-	0.299	0.299				
	最小值	0.0741	-	0.0368	-	0.299	0.0368				
氯苯	检出个数	1	0	1	0	1	3	6%	41	0	A
	平均值	0.0472	-	3.44	-	0.108	1.198				
	最大值	0.0472	-	3.44	-	0.108	3.44				
	最小值	0.0472	-	3.44	-	0.108	0.0472				
1,2,4-三氯 苯	检出个数	0	0	1	0	0	1	2%	24	0	B
	平均值	-	-	0.0387	-	-	0.0387				
	最大值	-	-	0.0387	-	-	0.0387				
	最小值	-	-	0.0387	-	-	0.0387				

注：A—《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T851-2011）；B—《美国 EPA 区域筛选值》（2016）；“-”——未检出

3.4.6.2 地下水

该调查地块检出了 25 种 VOCs 类的有机物，各点位的检出结果如表 3-30 所示。

第一（潜水）含水层中检出了氯乙烯、1,1-二氯乙烯、反式-1,2-二氯乙烯、顺-1,2-二氯乙烯等 4 种有机物，C2 点位第一潜水含水层检出的氯乙烯超出《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T1278-2015）的筛选值。

弱透水层中检出了氯乙烯、1,1-二氯乙烯、反式-1,2-二氯乙烯、甲基叔丁基醚、顺-1,2-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、甲苯、1,1,2-三氯乙烷、四氯乙烯、1,3-二氯丙烷、氯苯、乙苯、邻二甲苯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、2-氯甲苯、4-氯甲苯、1,3-二氯苯、1,4-二氯苯、邻二氯苯、1,2,4-三氯苯、萘、1,2,3-三氯苯等 25 种有机物，超标污染物主要集中在 C1 点位，具体指标见表 3-31。

第二（微承压水）含水层检出了氯乙烯、1,1-二氯乙烯、反式-1,2-二氯乙烯、甲基叔丁基醚、顺-1,2-二氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯和氯苯等 9 种有机物，氯乙烯在 C1 和 C2 点位超出《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T1278-2015）的筛选值。

表 3-30 第二次详细采样地下水检出有机物统计（单位：μg/L）

点位	编号	分析指标	检出限	检测数值	筛选值	来源
C1-深	C1	氯乙烯	1.0	1080	20	A
		1,1-二氯乙烯	1.0	10.4	30	B
		反式-1,2-二氯乙烯	1.0	2.43	148.5	A
		甲基叔丁基醚	1.0	1.48	14	D
		顺-1,2-二氯乙烯	1.0	68.9	70	A
		1,2-二氯乙烷	1.0	2.89	30	A
		三氯乙烯	1.0	2.46	70	A
		四氯乙烯	1.0	2.55	40	B
		氯苯	1.0	14.9	300	A
C1-浅	C1(1)	氯乙烯	1.0	16.3	20	A
		1,1-二氯乙烯	1.0	4.57	30	B
C1-中	C1(2)	氯乙烯	1.0	1680	20	A
		1,1-二氯乙烯	1.0	94.2	30	B
		反式-1,2-二氯乙烯	1.0	7.26	148.5	A
		顺-1,2-二氯乙烯	1.0	264	70	A

点位	编号	分析指标	检出限	检测数值	筛选值	来源
		苯	1.0	11.8	10	A
		1,2-二氯乙烷	1.0	202	30	A
		三氯乙烯	1.0	560	70	A
		甲苯	1.0	26	2340	A
		1,1,2-三氯乙烷	1.0	1630	5	A
		四氯乙烯	1.0	2000	40	B
		1,3-二氯丙烷	1.0	5.95	370	D
		氯苯	1.0	1260	300	A
		乙苯	1.0	4.24	300	A
		邻二甲苯	1.0	1.98	500	A
		1,1,2,2-四氯乙烷	1.0	27.4	2.0	A
		1,2,3-三氯丙烷	1.0	2.94	4	A
		2-氯甲苯	1.0	25.6	240	D
		4-氯甲苯	1.0	4.42	250	D
		1,3-二氯苯	1.0	43.3	210	E
		1,4-二氯苯	1.0	233	300	B
		邻二氯苯	1.0	193	1000	B
		1,2,3-三氯苯	1.0	4.3	总量 20	B
		1,2,4-三氯苯	1.0	15.2		
		C2-深	C2	苯	1.0	146
氯乙烯	1.0			505	20	A
1,1-二氯乙烯	1.0			11.4	30	B
顺-1,2-二氯乙烯	1.0			24.1	70	A
C2-浅	C2(1)	氯苯	1.0	16.8	300	A
		氯乙烯	1.0	305	20	A
		1,1-二氯乙烯	1.0	10.5	30	B
		反式-1,2-二氯乙烯	1.0	2.36	148.5	A
C2-中	C2(2)	顺-1,2-二氯乙烯	1.0	3.79	70	A
		氯乙烯	1.0	227	20	A
		1,1-二氯乙烯	1.0	9.04	30	B
		顺-1,2-二氯乙烯	1.0	7.69	70	A
C3-深	C3	氯苯	1.0	3.07	300	A
		1,1-二氯乙烯	1.0	25.6	30	B
		反式-1,2-二氯乙烯	1.0	5.98	148.5	A
		甲基叔丁基醚	1.0	1.53	14	D
		顺-1,2-二氯乙烯	1.0	32.2	70	A
		三氯乙烯	1.0	6.24	70	A
		氯苯	1.0	37.1	300	A

点位	编号	分析指标	检出限	检测数值	筛选值	来源
C5-中	C5(2)	甲基叔丁基醚	1.0	4.36	14	D
C6-中	C6(2)	甲基叔丁基醚	1.0	4.06	14	D

备注：① A-筛选值来源于《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T1278-2015）；B-筛选值来源于《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）；C-筛选值来源于《地下水水质标准》（DZ/T 0290-2015）三类标准；D-筛选值来源于《美国 EPA 区域筛选值》（2016）；E-美国加利福尼亚州标准《Screening For Environmental Concerns at Sites with Contaminated Soil and Groundwater 》

② 标红的数值为检测数据超过筛选值。

3.5 补充采样调查

根据之前实验室土壤的检测结果，选取 C1 点位附近再次布点 C10（90 坐标：X=306921.0056m，Y=93017.1173m）进行钻孔取样，点位布设位置见图 3-21。此次我们选取弱透水层 4 个土壤样品送上海实朴检测技术服务有限公司检测。土壤中 VOCs 类有机物与筛选值对比情况如下表 3-31。实验室检测的详细结果见附件十三。从表 3-31 可以看出，在地下水有机物超标的范围内，土壤有机物仅检出 7 种 VOCs 类有机物，检出值均未超出筛选值的居住用地标准。

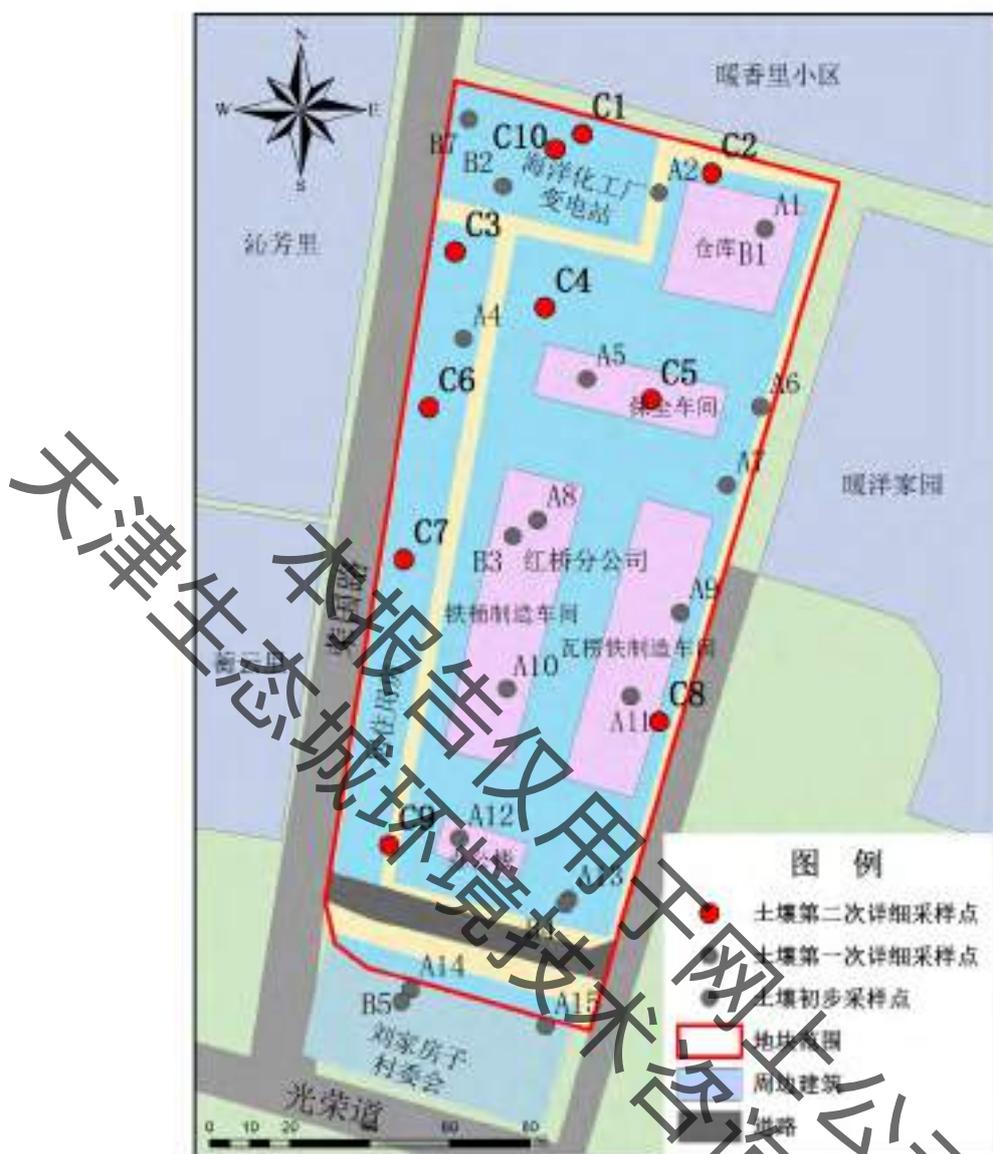


图 3-21 C10 点位布点图

表 3-31 C10 点位土壤中检出 VOCs 有机物风险筛选（单位：mg/kg）

有机物	C10-3.5	C10-4.0	C10-5.0	C10-5.5	筛选值（居住）	筛选值来源
顺-1,2-二氯乙烯	-	0.11	-	-	43	A
1,1,2-三氯乙烷	-	0.11	-	-	0.5	A
四氯乙烯	-	0.27	-	-	4.6	A
氯苯	-	0.29	0.07	-	41	A
1,4-二氯苯	-	0.2	-	-	2.6	B
1,2-二氯苯	-	0.2	-	-	1800	B
萘	0.3	0.3	-	-	50	A

注：A—《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T851-2011）；B—《美国 EPA 区域筛选值》（2016）；“-”为有机物未检出。

3.6 综合检测结果分析

3.6.1 地下水检测结果分析

(1) 地下水中有有机物检出结果分层汇总及分析

综合三次进场采集样品的实验室检测结果，各水层 VOCs 检出物质及含量见下表 3-32~3-34。

表 3-32 第一（潜水）含水层 VOCs 检出值（单位：μg/L）

检测指标	A3 (B2)	A13 (B4)	B1-浅	B3-浅	B5-浅	C1-浅	C2-浅
氯乙烯	9950	-	-	-	-	16.3	305
1,1-二氯乙烯	189	-	-	-	-	4.57	10.5
二氯甲烷	2.72	-	-	-	-	-	-
反式-1,2-二氯乙烯	4.24	-	-	-	-	-	2.36
1,1-二氯乙烷	4.34	-	-	-	-	-	-
顺-1,2-二氯乙烯	16.8	-	-	-	-	-	3.79
三氯乙烯	230	-	-	-	-	-	-
1,1,2-三氯乙烷	3110	-	4.73	-	-	-	-
四氯乙烯	29.5	-	-	-	-	-	-
1,3-二氯丙烷	23.8	-	-	-	-	-	-
1,2-二氯乙烷	149	-	2.03	-	-	-	-
氯仿	1.99	12.8	2.41	1.62	-	-	-
苯	14.4	-	-	-	-	-	-
甲苯	5.32	-	-	-	-	-	-
乙苯	3.94	-	-	-	-	-	-
氯苯	58.6	-	3.36	-	1.48	-	-
1,4-二氯苯	-	-	-	-	1.38	-	-
邻二氯苯	-	-	-	-	1.2	-	-
甲基叔丁基醚	-	-	-	1.27	4.14	-	-
萘	-	-	1.85	-	-	-	-

注：“-”为未检出；标红的数据超出筛选值。

表 3-33 弱透水层 VOCs 检出值（单位：μg/L）

检测指标	B2-中	B7-中	C1-中	C2-中	C5-中	C6-中
氯乙烯	10000	65.4	1680	227	-	-
1,1-二氯乙烯	671	-	94.2	9.04	-	-
反式-1,2-二氯乙烯	31.7	-	7.26	-	-	-
1,1-二氯乙烷	31.6	-	202	-	-	-
顺-1,2-二氯乙烯	98	-	264	7.69	-	-
三氯乙烯	1640	-	560	-	-	-
1,1,2-三氯乙烷	20000	-	1630	-	-	-

检测指标	B2-中	B7-中	C1-中	C2-中	C5-中	C6-中
四氯乙烯	1060	-	2000	-	-	-
1,3-二氯丙烷	179	-	5.95	-	-	-
1,2-二氯乙烷	1430	-	-	-	-	-
1,2,3-三氯丙烷	30	-	2.94	-	-	-
一氯二溴甲烷	35.9	-	-	-	-	-
1,1,2,2-四氯乙烷	1210	-	27.4	-	-	-
氯仿	25.7	-	-	-	-	-
苯	95.4	-	11.8	-	-	-
甲苯	68.4	-	26	-	-	-
乙苯	45.8	-	4.24	-	-	-
邻二甲苯	36.1	-	1.98	-	-	-
氯苯	1500	-	1260	3.07	-	-
溴苯	26.8	-	-	-	-	-
2-氯甲苯	31.3	-	25.6	-	-	-
4-氯甲苯	-	-	4.42	-	-	-
1,3-二氯苯	-	-	43.3	-	-	-
1,4-二氯苯	44.3	-	233	-	-	-
邻二氯苯	39.9	-	193	-	-	-
1,2,3-三氯苯	-	-	4.3	-	-	-
1,2,4-三氯苯	-	-	15.2	-	-	-
甲基叔丁基醚	-	-	-	-	4.36	4.06
萘	-	-	146	-	-	-

注：“-”为未检出；标红的数据超出筛选值。

表 3-34 第二（微承压水）含水层 VOCs 检出值（单位：μg/L）

检测指标	B1-深	B2-深	B3-深	B4-深	B5-深	B7-深	C1-深	C2-深	C3-深
氯乙烯		38.7	7.09	-	-	120	1080	505	-
1,1-二氯乙烯		1.24	-	-	-	-	10.4	11.4	25.6
二氯甲烷		-	25.5	-	-	-	-	-	-
1,1-二氯甲烷	11.5	-	-	-	-	-	-	-	-
反式-1,2-二氯乙烯	-	-	-	-	-	-	2.43	-	5.98
顺-1,2-二氯乙烯	-	-	-	-	-	-	68.9	24.1	32.2
三氯乙烯	-	3.34	-	-	-	-	2.46	-	6.24
1,1,2-三氯乙烷	-	188	-	-	-	36.1	-	-	-
四氯乙烯	-	-	-	-	-	-	2.55	-	-
1,3-二氯丙烷	6.58	1.71	-	-	-	-	-	-	-
1,2-二氯乙烷	-	7	-	-	-	-	2.89	-	-
1,2,3-三氯丙烷	-	1.1	-	-	-	-	-	-	-
氯仿	-	3.34	2.02	2.56	4.16	-	-	-	-
甲苯	6.18	-	-	-	-	-	-	-	-
氯苯	1.63	2.02	-	-	-	43.5	14.9	16.8	37.1
甲基叔丁基醚	-	-	11.8	-	-	-	1.48	-	1.53
萘	2.51	-	-	-	-	-	-	-	-

注：“-”为未检出；标红的数据超出筛选值。

本调查地块地下水中共有 12 种有机污染物的检出值超出《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》（DB11/T1278-2015）限值、《生活饮用水卫生标准》（GB 5749-2006）饮用水标准和《地下水水质标准》（DZ/T 0290-2015）III 类标准。主要是以氯代烃为主的挥发性有机物，包括氯乙烯、1,1-二氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、顺-1,2-二氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,1,2-三氯乙烷、苯、氯苯和萘。

第一（潜水）含水层中超标污染物主要位于 A3（B2）点位处，超标污染物为氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷、1,1-二氯乙烯、苯，分别超出筛选值 497.5 倍、4.97 倍、3.29 倍、622 倍、6.3 倍、1.44 倍。

弱透水层中的超标污染物位于 B2、B7 和 C1 点位处，超标污染物为氯乙烯、1,1-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、氯苯、顺-1,2-二氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,1,2-三氯乙烷和萘，分别超出筛选值 500 倍、22.37 倍、1.4 倍、9.54 倍、47.67 倍、23.43 倍、4000 倍、50 倍、5 倍、604 倍、7.5 倍和 1.46 倍。

第二（微承压水）含水层中的超标污染物位于 B2、B7、C1 和 C2 点位处，有机物氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷分别超出筛选值的 34.75 倍、37.6 倍。

（2）地下水 NAPL 现象分析

采样钻探过程中，未发现地下水含有与水不混溶的液体。使用油水界面仪对监测井进行监测，在监测过程中未发现存在 NAPL 现象。综合三次采样结果，地下水中的 12 种超过筛选值的有机物检出的最大值均小于其各自溶解度的 1%（见表 3-35），因此判断该场地地下水中存在 NAPL 现象的可能性比较小。

表 3-35 地下水超标有机物与溶解度 1%对照表

污染物名称	水中溶解度 (mg/L)	溶解度的 1% (mg/L)	最大检出值 (mg/L)
氯乙烯	8800	88	10
1,1-二氯乙烯	2420	24.2	0.671
苯	1790	17.9	0.0954
1,2-二氯乙烷	8600	86	1.43
三氯乙烯	1280	12.8	1.64
四氯乙烯	206	2.06	2
氯苯	498	4.98	1.5
顺-1,2-二氯乙烯	6410	64.1	0.264
1,1,2,2-四氯乙烷	2830	28.3	1.21

污染物名称	水中溶解度 (mg/L)	溶解度的 1% (mg/L)	最大检出值 (mg/L)
1,2,3-三氯丙烷	1750	17.5	0.03
1,1,2-三氯乙烷	4590	45.9	20
萘	31	0.31	0.146

(3) 氯代烃生物降解分析

图 3-22 (P112) 阐明了在加氢裂化和脱双卤作用下，氯代烷烃和氯代烯烃之间的氧化还原反应。图中标出了半反应的相对还原电位，是根据 Nernst 方程从反应自由能计算得到。从图中了解到，1,1,2,2-四氯乙烷经过加氢裂化作用降解成 1,1,2-三氯乙烷，再继续降解生成 1,2-二氯乙烷和 1,1-二氯乙烷，四氯乙烯经过加氢裂化作用降解生成三氯乙烯，继续降解生成顺-1,2-二氯乙烯、反-1,2-二氯乙烯和 1,1-二氯乙烯，三氯乙烯经过加氢裂化反应生成最终产物氯乙烯。1,1,2,2-四氯乙烷经过脱双卤反应生成二氯乙烯，1,1,2-三氯乙烷也可以降解成氯乙烯。从表 3-36 看出，氯代乙烷类和氯代乙烯类有机物可以经过非生物和生物的反应裂断成相对分子质量较小的化合物^[1]。氯乙烯作为有机物降解的末端产物，地下水含量较高。氯乙烯在水中的溶解度高，导致氯乙烯的扩散速度快，检出分布范围广。

表 3-36 地下水超过筛选值有机物（一）（单位 $\mu\text{g/L}$ ）

分析指标	B1-深 (B1)	B1-浅 (B1(1))	B2-浅 (A3)	B2-深 (B2)	B2-中 (B2(1))	B3-深 (B3)	B3-浅 (B3(1))	B5-深 (B5)	B5-浅 (B5(1))	B7-深 (B7)	B7-浅 (B7(1))	B7-中 (B7(2))	污染场地挥发性有机物 调查与风险评估技术导 则
氯乙烯	-	-	9950	38.7	10000	7.09	-	-	-	120	-	65.4	20
顺-1,2-二氯乙烯	-	-	16.8	-	98	-	-	-	-	-	-	-	70
苯	-	-	14.4	-	95.4	-	-	-	-	-	-	-	10
1,2-二氯乙烷	-	2.03	149	7	1430	-	-	-	-	-	-	-	30
三氯乙烯	-	-	230	3.34	1640	-	-	-	-	-	-	-	70
1,1,2-三氯乙烷	-	4.73	3110	188	20000	-	-	-	-	36.1	-	-	5
氯苯	1.63	3.36	58.6	2.02	1500	-	-	-	1.48	43.5	-	-	300
1,2,3-三氯丙烷	-	-	-	1.1	30	-	-	-	-	-	-	-	4
1,1,2,2-四氯乙烷	-	-	-	-	1210	-	-	-	-	-	-	-	2
													生活饮用水卫生标准
1,1-二氯乙烯	-	-	189	1.24	671	-	-	-	-	-	-	-	30
四氯乙烯	-	-	29.5	-	1060	-	-	-	-	-	-	-	40
													地下水水质标准-III类
萘	2.51	1.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100

注：标红的数值为检测数据超过筛选值；“-”为有机物未检出。

表 3-36 地下水超过筛选值有机物（二）（单位 $\mu\text{g/L}$ ）

分析指标	C1-深 (C1)	C1-浅 (C1(1))	C1-中 (C1(2))	C2-深 (C2)	C2-浅 (C2(1))	C2-中 (C2(2))	C3-深 (C3)	C3-浅 (C3(1))	C3-中 (C3(2))	污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则
氯乙烯	1080	16.3	1680	505	305	227	-	-	-	20
顺-1,2-二氯乙烯	68.9	-	264	24.1	3.79	7.69	32.2	-	-	70
苯	-	-	11.8	-	-	-	-	-	-	10
1,2-二氯乙烷	2.89	-	202	-	-	-	-	-	-	30
三氯乙烯	2.46	-	560	-	-	-	6.24	-	-	70
1,1,2-三氯乙烷	-	-	1630	-	-	-	-	-	-	5
氯苯	14.9	-	1260	16.8	-	3.07	37.1	-	-	300
1,2,3-三氯丙烷	-	-	2.94	-	-	-	-	-	-	4
1,1,2,2-四氯乙烷	-	-	27.4	-	-	-	-	-	-	2
生活饮用水卫生标准										
1,1-二氯乙烯	10.4	4.57	94.2	11.4	10.5	9.04	25.6	-	-	30
四氯乙烯	2.55	-	2000	-	-	-	-	-	-	40
地下水水质标准-III类										
萘	-	-	146	-	-	-	-	-	-	100

注：标红的数值为检测数据超过筛选值；“-”为有机物未检出。

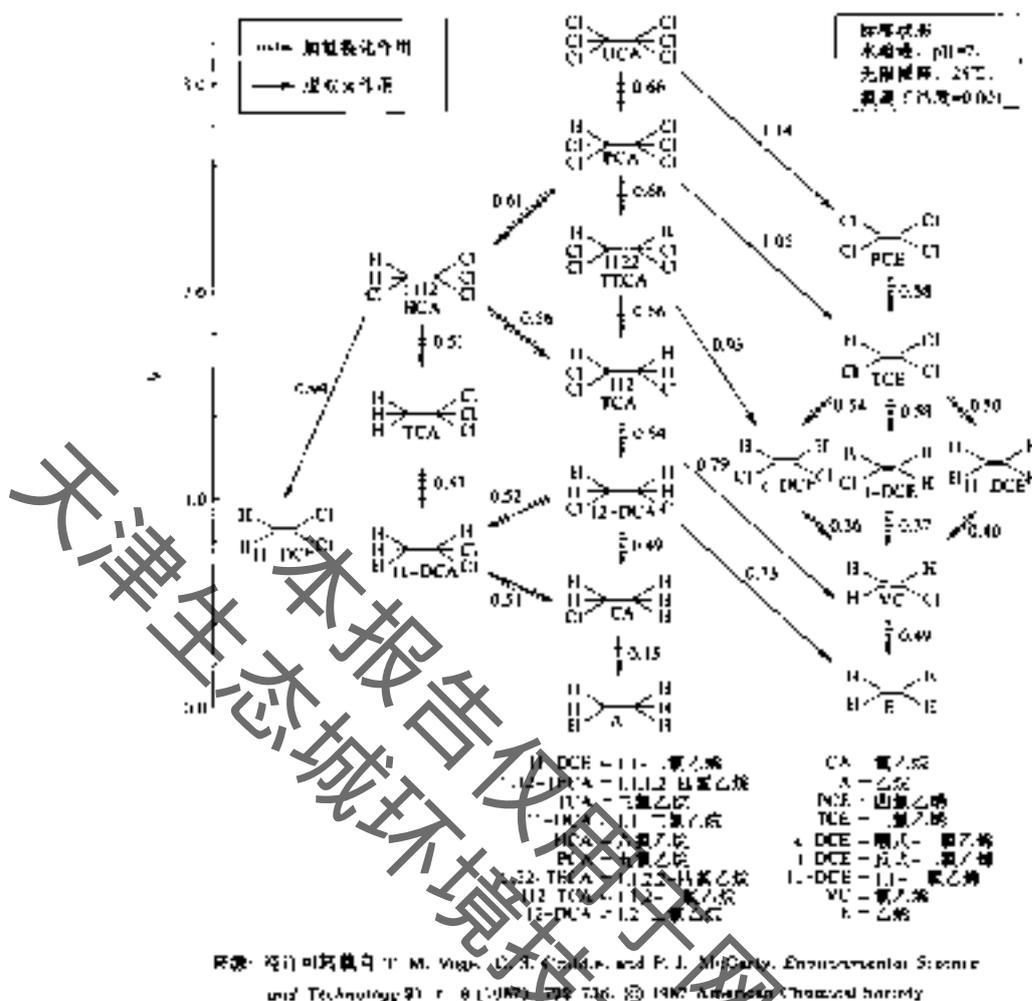


图 3-22 氯代烷烃和氯代烯烃还原的路径，以及估计的半反应的相对还原电位（V）

(4) 地下水中有有机物污染源分析

调查结果（表 3-36 和图 3-23（P114））表明，在 A3（B2）点位处检出的污染物种类和含量要高于场地内的其他点位，并且在该点位浅井中地下水超标有机物的种类和含量普遍要高于深井中地下水有机物的种类和含量，中间粉粘层水的污染物含量较另两口井中有机物含量最高，可以推断出大部分检出的有机物是自地表向下迁移，首先污染第一潜水含水层，向下迁移至弱透水层（即粉粘层）后，被阻隔，大量聚集在弱透水层，仅有少量有机物迁移至第二（微承压水）含水层。说明污染源可能在 A3（B2）点位的地表附近。

A3（B2）点位原为海洋化工厂变电站所在区域，不存在地面硬化现象，经调查，场地内原天津市再生资源回收利用红桥分公司涉及油漆和清洗剂的存放和使用，场地外北侧原天津海滨化工厂涉及涂料的生产，在企业搬迁和拆除的过程中，可能存在废弃的原辅料乱排的现象，造成氯代烃的污染。

调查地块北侧 C1、C2 点位的检测结果表明，两个点位地下水中氯代烃类挥发性有机物均存在污染的现象。场地北侧建设小区基坑降水的过程中，降水井在含水层中抽水时，井周围的地下水位就开始下降，形成与抽水强度相当的下降区，下降区的形状似漏斗，称为降落漏斗。由抽水井中心到水位下降漏斗边缘的水平距离，即影响半径。根据不同的单位出水量、单位水位降深，影响半径范围从 10~500m 不等^[2]，具体数值关系见表 3-37 和表 3-38。根据污染源 A3（B2）点位到暖香里小区距离约为 40m，可以推断本场地地下水流向可能受基坑降水的影响，导致地下水不按照区域水文流向迁移，北侧 C1 和 C2 点位污染物超标。但由于场地外北侧原为海滨化工厂，其生产涂料的过程中也可能产生氯代烃，故不排除北侧场外污染的可能。C1 点位处第一（潜水）含水层的污染与弱透水层和第二（微承压水）含水层相比较轻，可能是由于所在区域表层土壤曾受扰动而导致氯代烃类污染物的挥发。

参考文献：

[1] 费特. 污染水文地质学[M]. 高等教育出版社, 2011.

[2] 刘国彬, 王卫东. 基坑工程手册(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2009.

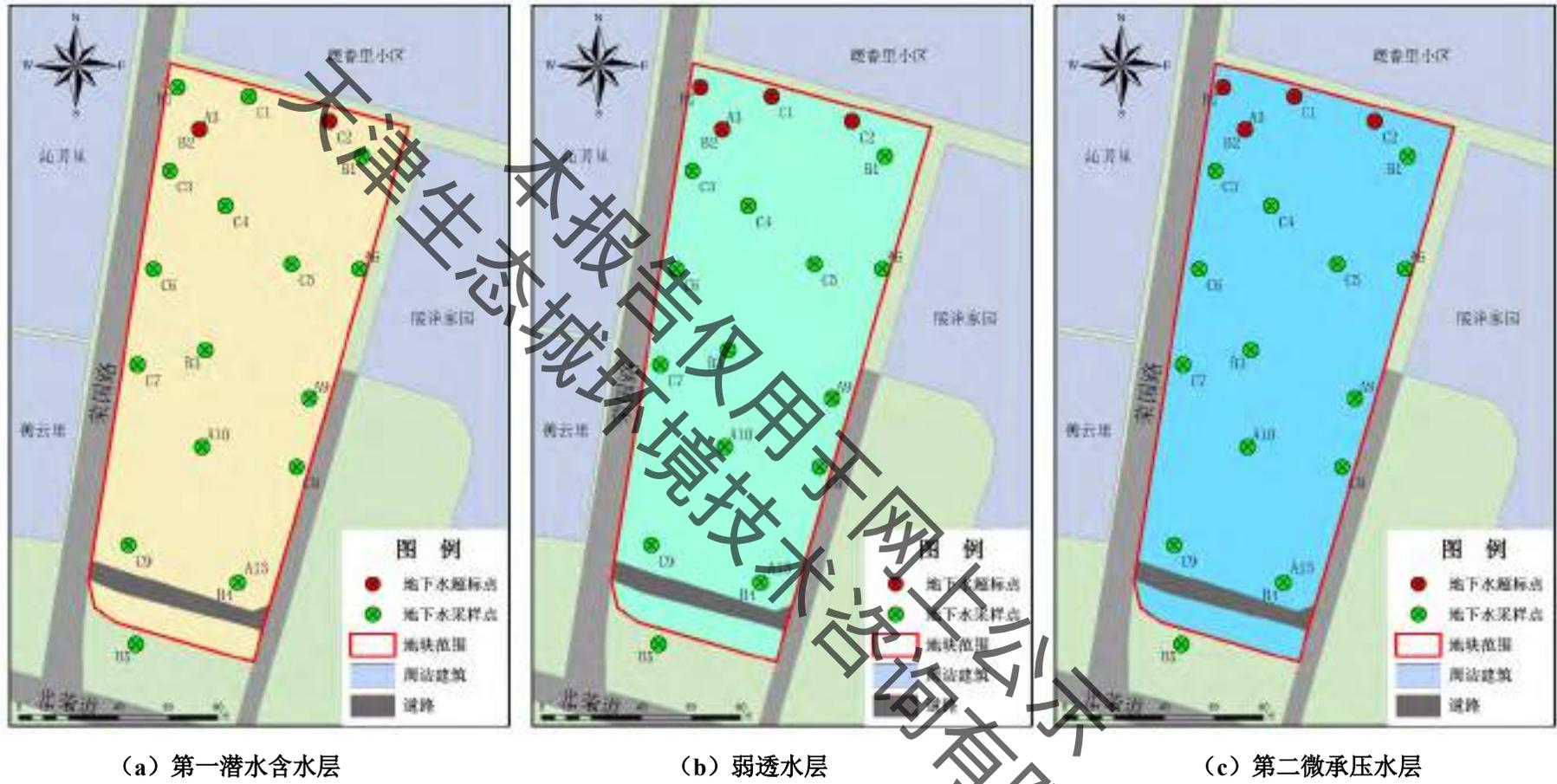


图 3-23 各层地下水超标点位示意图

表 3-37 根据单位出水量确定影响半径经验值

单位出水量 $q=Q/s_w(m^3/h)/m$	影响半径 $R(m)$
<0.7	<10
0.7~1.2	10~25
1.2~1.8	25~50
1.8~3.6	50~100
3.6~7.2	100~300
>7.2	300~500

表 3-38 根据单位水位下降确定影响半径经验值

单位出水量 $s_w/Q(m/l/s)$	影响半径 $R(m)$
≤ 0.5	300~500
0.5~1.0	100~300
1.0~2.0	50~100
2.0~3.0	25~50
3.0~5.0	10~25
≥ 5.0	<10

3.6.2 土壤检测结果分析

综合三次进场土壤样品实验室检测结果，各土层中 VOCs 检出物质见表 3-39~表 3-43。从土层分类角度分析，人工填土层、第一层粉粘层的 VOCs 类有机物检出的指标较多，说明污染物大多数被第一层粉粘层截留。从布设的点位看，场地北侧（地下水污染区域）点位检出的有机物种类较多。本调查地块所有采样点位检出的重金属均未超出《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）或《美国 EPA 区域筛选值》（2016）的居住用地标准。共检出 31 种有机物。所有检出的有机污染物检测值均未超出《场地土壤环境风险评价筛选值》（DB11/T811-2011）或《美国 EPA 区域筛选值》（2016）的居住用地标准。

表 3-39 人工填土层 VOCs 检出值（单位：mg/kg）

分析指标	检测结果				《场地土壤环境风险评价 筛选值》 (DB11/T851-2011)
	检出个数	最小值	最大值	平均值	
氯乙烯	1	0.0398	0.0398	0.0398	0.25
二氯甲烷	1	0.101	0.101	0.101	12
1,1,2-三氯乙烷	1	0.0702	0.0702	0.0702	0.5
四氯乙烯	1	0.0741	0.0741	0.0741	4.6
甲苯	4	0.0716	0.129	0.104	850
乙苯	1	0.0919	0.0919	0.0919	450
间/对二甲苯	1	0.0763	0.0763	0.0763	550
邻二甲苯	1	0.0864	0.0864	0.0864	650
氯苯	2	0.0472	0.85	0.4486	41
萘	1	0.078	0.078	0.078	50
苊	1	3.28	3.28	3.28	50
蒽	1	4.6	4.6	4.6	50
邻苯二甲酸二丁酯	2	0.125	2.19	1.158	750
荧蒽	3	0.0727	17.8	6.017	50
芘	1	11.1	11.1	11.1	50
苯并(a)蒽	2	0.183	0.459	0.321	0.5
蒾	1	6.07	6.07	6.07	50
苯并(k)荧蒽	1	3.6	3.6	3.6	5
					《美国 EPA 区域筛选值》 (2016)
危	1	1.19	1.19	1.19	3600
二苯并呋喃	1	0.69	0.69	0.69	73
2-甲基萘	1	0.119	0.119	0.119	240

表 3-40 第一层粉土层 VOCs 检出值（单位：mg/kg）

分析指标	检测结果				《场地土壤环境风险评价筛选 值》(DB11/T851-2011)
	检出个数	最小值	最大值	平均值	
萘	1	0.01	0.01	0.01	50

表 3-41 第一层粉质粘土层 VOCs 检出值（单位：mg/kg）

分析指标	检测结果				《场地土壤环境风险评价筛 选值》(DB11/T851-2011)
	检出个数	最小值	最大值	平均值	
二氯甲烷	2	0.124	0.138	0.131	12
氯仿	2	0.0236	0.052	0.0378	0.22
甲苯	5	0.0378	0.147	0.1034	850
氯苯	3	0.0524	3.44	1.447	41
苯	2	0.0969	0.131	0.1139	0.64
1,1,2-三氯乙烷	2	0.0449	0.279	0.1620	0.5

四氯乙烯	3	0.0355	0.227	0.0998	4.6
乙苯	4	0.0678	0.122	0.0925	450
萘	1	0.161	0.161	0.161	50
顺-1,2-二氯乙烯	1	1.37	1.37	1.37	43
四氯化碳	1	0.0156	0.0156	0.0156	2
1,2,4-三氯苯	1	0.0387	0.0387	0.0387	24
					《美国 EPA 区域筛选值》 (2016)
间/对二甲苯	4	0.0647	0.107	0.0873	550
邻二甲苯	4	0.0605	0.115	0.0867	650
苯乙烯	1	0.0983	0.0983	0.0983	1900
1,4-二氯苯	1	0.161	0.161	0.161	2.6

表 3-42 第二层粉土层 VOCs 检出值 (单位: mg/kg)

分析指标	检测结果				《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T851-2011)
	检出个数	最小值	最大值	平均值	
苯	1	0.111	0.111	0.111	0.64
甲苯	1	0.0955	0.0955	0.0955	850
乙苯	1	0.0802	0.0802	0.0802	450
1,1,2-三氯乙烷	1	0.136	0.136	0.136	0.5
四氯乙烯	1	0.299	0.299	0.299	4.6
氯苯	1	0.108	0.108	0.108	41
					《美国 EPA 区域筛选值》 (2016)
间/对二甲苯	1	0.0854	0.0854	0.0854	550
邻二甲苯	1	0.0738	0.0738	0.0738	650

表 3-43 第二层粉质粘土层 VOCs 检出值 (单位: mg/kg)

分析指标	检测结果				《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T851-2011)
	检出个数	最小值	最大值	平均值	
苯	1	0.251	0.251	0.251	0.64
甲苯	1	0.137	0.137	0.137	850
乙苯	1	0.1	0.1	0.1	450
					《美国 EPA 区域筛选值》 (2016)
间/对二甲苯	1	0.166	0.166	0.166	550
邻二甲苯	1	0.126	0.126	0.126	650
苯乙烯	1	0.0692	0.0692	0.0692	1900

调查结果显示,氯代烃在土壤中有检出,但并未超出筛选值的居住用地标准。

分析可能是由于氯代烃在水中的溶解度较高，易溶于水而不易溶于土壤中；并且有研究结果^{[3][4]}表明，氯代烃在土壤中的半衰期约为六个月至一年半，而在地下水中，视其浓度不同，半衰期长达十一个月至四年半。也就是说氯代烃在土壤中的半衰期与地下水中的相比时间要短，并且氯代烃亲水性高，这就导致氯代烃类挥发性有机物在土壤中的含量较低。

参考文献：

[3] 崔英杰. Fenton 技术降解非水相有机污染物的实验研究[D]. 青岛：中国海洋大学，2008.

[4] 张凤君, 王斯佳, 马慧等. 三氯乙烯和四氯乙烯在土壤和地下水的污染及修复技术[J]. 科技导报, 2012, 30(18): 65-72

3.7 第二阶段场地环境调查小结

第二阶段场地环境调查共布设土壤采样点 31 个，地下水采样点 21 个，土壤和地下水分别检测重金属、VOCs、SVOCs、多氯联苯、pH 和总石油烃。

土壤中 14 种重金属在所有采样点均有检出，检出值均未超过相应筛选值的住宅用地标准。有机物共检出 31 种，检出值同样未超过相应筛选值的住宅用地标准。检出的有机物大多位于人工填土层和第一层粉质粘土层，并且位于场地北侧超标点位附近。

调查地块所有地下水采样点共检出 7 种重金属，其中锰含量普遍处于《地下水质量标准》(GB/T 14848-93) III 类水平及以下，可能受天津市区域性水质影响。共检出 32 种有机物，其中 12 种有机物超过相应筛选值，污染物主要是以氯代烃为主的挥发性有机物，包括第一（潜水）含水层中氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷、1,1-二氯乙烯和苯，弱透水层地下水中的氯乙烯、1,1-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、氯苯、顺-1,2-二氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,1,2-三氯乙烷和萘，第二（微承压水）含水层中氯乙烯和 1,1,2-三氯乙烷。污染物集中在 A3 (B2)、B1、B3、B7、C1 和 C2 点位，且主要为氯代烃，故需对其进行风险评估。

4 场地风险评估

前两个阶段的场地环境调查结论显示，该场地土壤中重金属、VOCs、SVOCs 和 TPH 的含量均未超出筛选值的住宅用地标准，但地下水中单环芳烃类有机物（苯）、卤代脂肪烃类有机物（氯乙烯、1,1-二氯乙烯、顺-1,2-二氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷、四氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷）、卤代芳烃类（氯苯）和萘的含量超出筛选值的住宅用地标准，故需对场地地下水中这 12 种有机物进行风险评估。

根据地质勘查的结果，对本场地的三层水，即第一（潜水）含水层、弱透水层中的地下水和第二（微承压水）含水层分别进行风险评估。本次风险评估是根据《场地环境调查技术导则》（HJ25.1-2014）的要求，利用 RBCA 软件评估场区污染物对场地内未来进驻居民的健康风险。

4.1 危害识别

4.1.1 暴露情景

根据不同用地条件下人群活动的模式通常分为两种类型，即敏感用地类型和非敏感用地类型。根据《污染场地风险评估技术导则》的说明，敏感用地是以住宅用地为代表，非敏感用地是以工业用地为代表。第一阶段场地环境调查取得的资料显示，本地块未来将被用于居民住宅，属于《城市用地分类与规划建设用地标准》（GB50137-2011）规定的建设用地中的居住用地（R），即敏感用地。在进行风险评估时，对于致癌效应，考虑儿童期和成人期的暴露来评估污染物的终生致癌风险。对于非致癌效应，考虑儿童期暴露来评估污染物的非致癌危害效应。

4.1.2 评估范围

由于地下水的流动性，因此第一（潜水）含水层地下水中的氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷、1,1-二氯乙烯和苯，弱透水层地下水中的氯乙烯、1,1-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、氯苯、顺-1,2-二氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,1,2-三氯乙烷和萘，第二（微承压水）含水层中氯乙烯和 1,1,2-三氯乙烷评价范围定为整个场区。各个地下水层

风险评估所涉及的污染物浓度采用本场地检测最大值，具体污染物种类和浓度见表 4-1~4-3。

表 4-1 第一（潜水）含水层污染物种类与浓度

污染物名称	单位	最大值	筛选值
氯乙烯	μg/L	9950	20
1,1-二氯乙烯	μg/L	189	30
苯	μg/L	14.4	10
1,2-二氯乙烷	μg/L	149	30
三氯乙烯	μg/L	230	70
1,1,2-三氯乙烷	μg/L	3110	5

表 4-2 弱透水层污染物种类与浓度

污染物名称	单位	最大值	筛选值
氯乙烯	μg/L	10000	20
1,1-二氯乙烯	μg/L	671	30
苯	μg/L	95.4	10
1,2-二氯乙烷	μg/L	1430	30
三氯乙烯	μg/L	1640	70
四氯乙烯	μg/L	2000	40
氯苯	μg/L	1500	300
顺-1,2-二氯乙烯	μg/L	98	70
1,1,2,2-四氯乙烷	μg/L	1210	2
1,2,3-三氯丙烷	μg/L	30	4
1,1,2-三氯乙烷	μg/L	20000	5
萘	μg/L	146	100

表 4-3 第二（微承压水）含水层污染物种类与浓度

污染物名称	单位	最大值	筛选值
氯乙烯	μg/L	1080	20
1,1,2-三氯乙烷	μg/L	188	5

4.2 暴露途径

根据《场地环境调查技术导则》（HJ25.1-2014），地下水的暴露途径有吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物和饮用地下水共 3 种暴露途径。

通过查阅天津市环保局编制的《天津市环保百问》第 57 条得知，天津市饮

用水水源地保护区主要包括引滦水源地保护区、南水北调水源保护区和区县集中式饮用水源地水源保护区。其中，引滦水源地保护区主要为于桥水库、尔王庄水库及引滦明渠周边范围；南水北调水源保护区主要为南水北调中线天津干线天津段输水管线两侧；区县集中式饮用水源地水源保护区主要包括武清区下伍旗、蓟县城关镇及宁河北等地下水饮用水源地保护区。区县水源地位位置详见图 4-1。



图 4-1 天津市饮用水源地分布图

由于本场地内地下水不作为饮用水，并且位置距离以上水源地均较远，故本场地地下水对以上水源地水质造成危害的可能性较小，故判断本场地地下水没有饮用地下水这一暴露途径。

由于氯乙烯、1,1-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、氯苯、顺-1,2-二氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,1,2-三氯乙烷和萘等有机物具有挥发性，因此其在地下水中有吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物共 2 种暴露途径。

表 4-4 地下水中污染物的暴露途径

污染物名称	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	吸入室内空气中来自地下水的气态污染物	是否进一步风险表征
氯乙烯	√	√	是
1,1-二氯乙烯	√	√	是
苯	√	√	是
1,2-二氯乙烷	√	√	是
三氯乙烯	√	√	是

污染物名称	吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	吸入室内空气中来自地下水的气态污染物	是否进一步风险表征
四氯乙烯	√	√	是
氯苯	√	√	是
顺-1,2-二氯乙烯	√	√	是
1,1,2,2-四氯乙烷	√	√	是
1,2,3-三氯丙烷	√	√	是
1,1,2-三氯乙烷	√	√	是
萘	√	√	是

本报告仅用于网上公示
天津生态城环境技术咨询有限公司

4.3 毒性评估

表 4-5 为风险评估中涉及的污染物的毒性参数。表 4-6 为各污染物的理化性质参数。

表 4-5 污染物毒性参数

污染物名称	是否 致癌	SF _o (1/(mg/kg/day))	SF _d (1/(mg/kg/day))	IUR (1/(mg/m ³))	RfD _o (mg/kg/d)	RfD _d (mg/kg/day)	RfC (mg/m ³)
氯乙烯	是	7.20E-01	7.20E-01	4.40E-03	3.00E-03	3.00E-03	1.00E-01
1,1-二氯乙烯	否	-	-	-	5.00E-02	5.00E-02	2.00E-01
苯	是	5.50E-02	5.50E-02	7.80E-03	4.00E-03	4.00E-03	3.00E-02
1,2-二氯乙烷	是	9.10E-02	9.10E-02	2.60E-02	6.00E-03	6.00E-03	7.00E-03
三氯乙烯	是	4.60E-02	4.60E-02	4.10E-03	5.00E-04	5.00E-04	2.00E-03
四氯乙烯	是	2.10E-03	2.10E-03	2.60E-04	6.00E-03	6.00E-03	4.00E-02
氯苯	否	-	-	-	2.00E-02	2.00E-02	5.00E-02
顺-1,2-二氯乙烯	否	-	-	-	2.00E-03	2.00E-03	6.00E-02
1,1,2,2-四氯乙烷	是	2.00E-01	2.00E-01	5.80E-02	2.00E-02	2.00E-02	-
1,2,3-三氯丙烷	否	3.00E+01	3.00E+01	-	4.00E-03	4.00E-03	3.00E-04
1,1,2-三氯乙烷	是	5.70E-02	5.70E-02	1.60E-02	4.00E-03	4.00E-03	2.00E-04
萘	是	-	-	3.40E-05	2.00E-02	2.00E-02	3.00E-03

备注：RfD_o 经口摄入参考剂量；RfD_d 皮肤接触参考剂量；RfC 呼吸吸入参考浓度；SF_o 经口摄入致癌斜率因子；SF_d 皮肤接触致癌斜率因子；IUR 呼吸吸入单位致癌因子。

表 4-6 污染物理化性质参数

污染物名称	CAS 编号	分子量 (g/mole)	水中溶解 度(mg/L)	土壤饱和度 (mg/kg)	蒸气压 (mmHg)	亨利常数	log(Koc) (log(L/kg))	空气扩散系 数(cm ² /s)	水扩散系 数(cm ² /s)
氯乙烯	75-01-4	62.499	8800	4.13E+03	2.80E+03	1.14E+00	1.34E+00	1.07E-01	1.20E-05
1,1-二氯乙烯	75-35-4	96.944	2420	1.27E+03	5.91E+02	1.07E+00	1.50E+00	8.63E-02	1.10E-05
苯	71-43-2	78.114	1790	2.11E+03	9.50E+01	2.27E-01	2.16E+00	8.95E-02	1.03E-05
1,2-二氯乙烷	107-06-2	98.960	8600	4.73E+03	8.13E+01	4.82E-02	1.60E+00	8.57E-02	1.10E-05
三氯乙烯	79-01-6	131.389	1280	8.74E+02	7.20E+01	4.03E-01	1.78E+00	6.87E-02	1.02E-05
四氯乙烯	127-18-4	165.834	206	1.84E+02	1.84E+01	7.24E-01	1.98E+00	5.05E-02	9.46E-06
氯苯	108-90-7	112.559	498	8.44E+02	1.21E+01	1.27E-01	2.37E+00	7.21E-02	9.48E-06
顺-1,2-二氯乙烯	156-59-2	96.944	6410	3.55E+03	1.75E+02	1.67E-01	1.60E+00	8.84E-02	1.13E-05
1,1,2,2-四氯乙烷	79-34-5	167.850	2830	2.49E+03	5.17E+00	1.55E-02	1.98E+00	4.89E-02	9.29E-06
1,2,3-三氯丙烷	96-18-4	147.432	1750	1.75E+03	3.70E+00	1.40E-02	2.06E+00	5.75E-02	9.24E-06
1,1,2-三氯乙烷	79-00-5	133.405	4590	3.09E+03	2.52E+01	3.37E-02	1.78E+00	6.69E-02	1.00E-05
萘	91-20-3	128.174	31	2.91E+02	8.89E-02	1.80E-02	3.19E+00	6.05E-02	8.38E-06

4.4 风险评估中涉及的相关特征

本项目在风险评估中需要用到多种参数，包括土壤、空气、建筑物的特征参数。参数取值优先选用实测或天津区域参数值，其次选用《污染场地风险评估技术导则》的推荐值，若无推荐值，则使用 RBCA 软件默认值。考虑后期开发可能导致弱透水层和第二（微承压水）含水层中地下水暴露的风险，故三层地下水均选择本场地内实测结果中最为严格的参数进行评估。详细参数见表 4-7~表 4-12。

表 4-7 暴露途径模型

暴露途径	模型
吸入室内空气来自地下水的气态污染物	Johnson-Ettinger model
吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	Johnson-Ettinger model

表 4-8 暴露参数表

符号	暴露参数	敏感用地		来源
		儿童	成人	
ATca	致癌效应平均时间 (yr)	72	72	导则
Atnc	非致癌效应平均时间 (yr)	6	6	导则
BW	体重 (kg)	15.9	56.8	导则
ED	暴露期 (yr)	6	24	导则
EF	暴露频率 (d/yr)	350	350	导则
τ	气态污染物入侵持续时间 (yr)	24	24	导则

表 4-9 土壤特征参数表

参数符号	土壤参数	数值		来源
hcap	毛细管层厚度 (m)	0.05		导则
ρ_s	土壤干密度 (g/cm ³)	1.46		实测
θ_T	土壤总孔隙率	0.481		实测
		毛细管层	渗流层	
θ_w	含水量	0.342	0.4494	实测
θ_a	含空气量	0.139	0.0316	实测
Kvs	垂直渗透系数 (cm/d)	0.0678		实测
kv	蒸汽渗透性 (m ²)	1.00E-12		导则
pH	土壤/地下水 pH 值	7.33		实测
foc	土壤有机碳质量分数	6.26E-03		实测

表 4-10 地下水性质参数

参数符号	地下水参数	数值	来源
Lgw	地下水位埋深 (m)	0.94	实测
W	平行于风向的地下水污染源宽度 (m)	50	实测

表 4-11 建筑物特征参数

参数符号	建筑物参数	数值	来源
θ_{wcrack}	裂隙中水体积比	0.12	导则
θ_{acrack}	裂隙中空气体积比	0.26	导则
θ_{Tcrack}	裂隙总空隙体积比	0.38	导则
n	裂隙表面积所占比例	0.01	导则
LB	室内空间体积与蒸气入渗面积比 (m)	2	导则
ER	空气交换率 (1/s)	0.000139	导则
Zcrack	地基底部埋深 (m)	0.15	导则
Ab	地基面积 (m ²)	70	导则
Xcrack	地基周长 (m)	34	导则
Lcrack	地基厚度 (m)	0.15	导则

表 4-12 室外空气特征参数表

参数符号	室外空气参数	数值	数值来源
Uair	周围环境中空气流动速度 (混合区中) (m/s)	2	导则
δ_{air}	混合区高度 (m)	2	导则

4.5 RBCA 软件模型及设置

使用 RBCA 软件对该场地污染物的风险进行评估,软件的设置如下图所示:

(1) 软件主页:

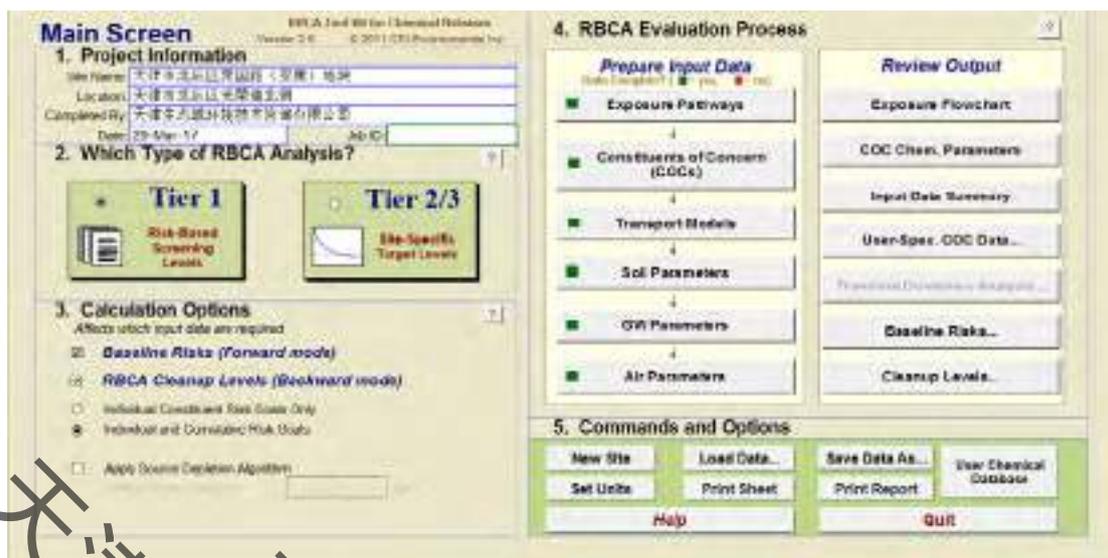


图 4-2 RBCA 软件主页的设置

(2) 暴露途径



图 4-3 RBCA 软件暴露途径的设置

(3) 暴露影响因素和目标风险控制



图 4-4 RBCA 软件暴露影响因素和目标风险控制 的设置

(4) 污染物的选择

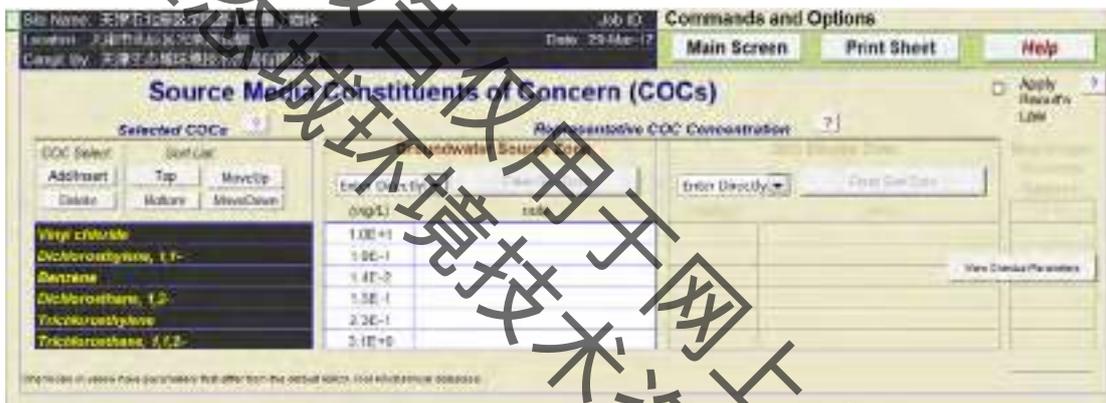


图 4-5 RBCA 软件第一（潜水）含水层地下水污染物的选择

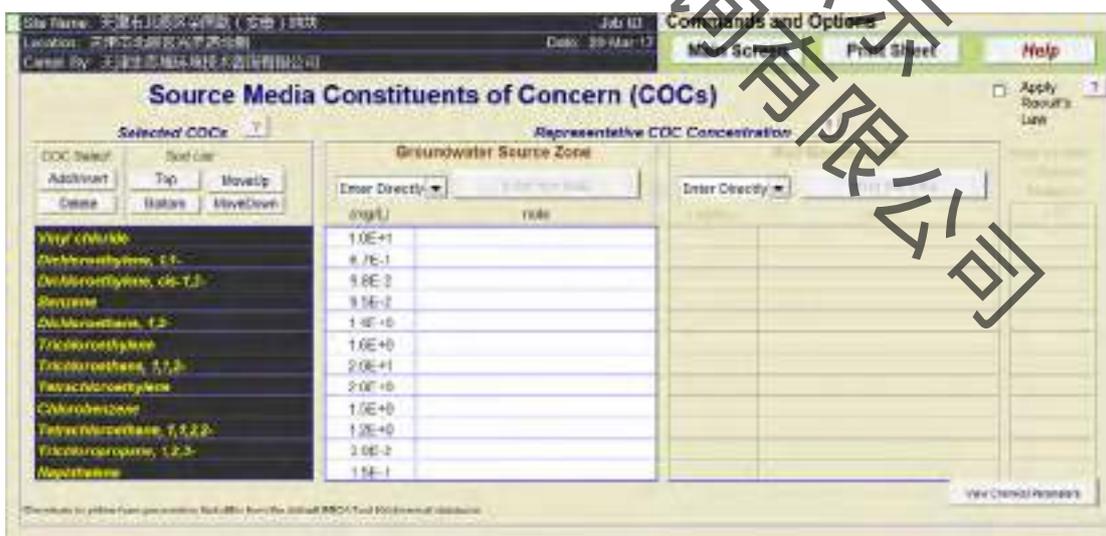


图 4-6 RBCA 软件弱透水层地下水污染物的选择

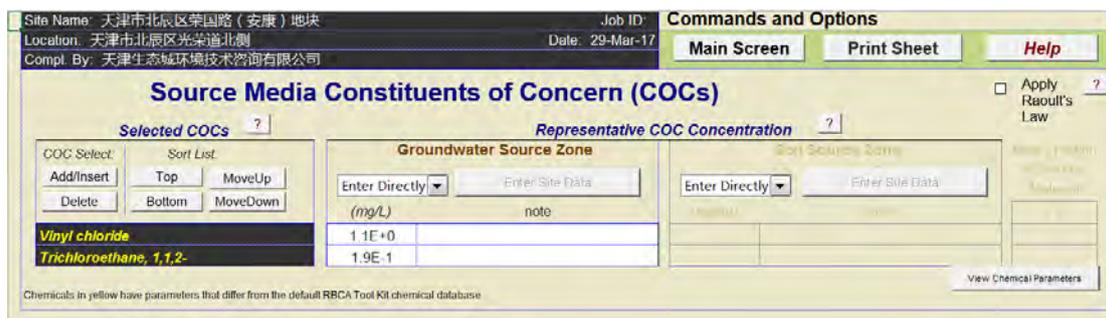


图 4-7 RBCA 软件第二（微承压水）含水层地下水污染物的选择

(5) 迁移模型的选择



图 4-8 RBCA 软件迁移模型的选择设置

(6) 场地的土壤参数

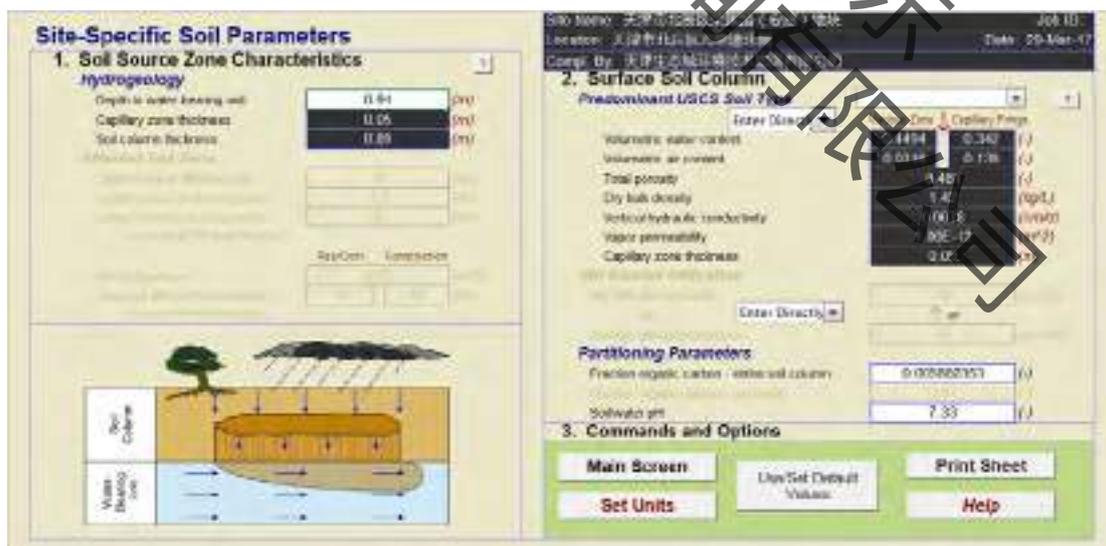


图 4-9 RBCA 软件场地土壤参数的设置

(7) 场地地下水的参数

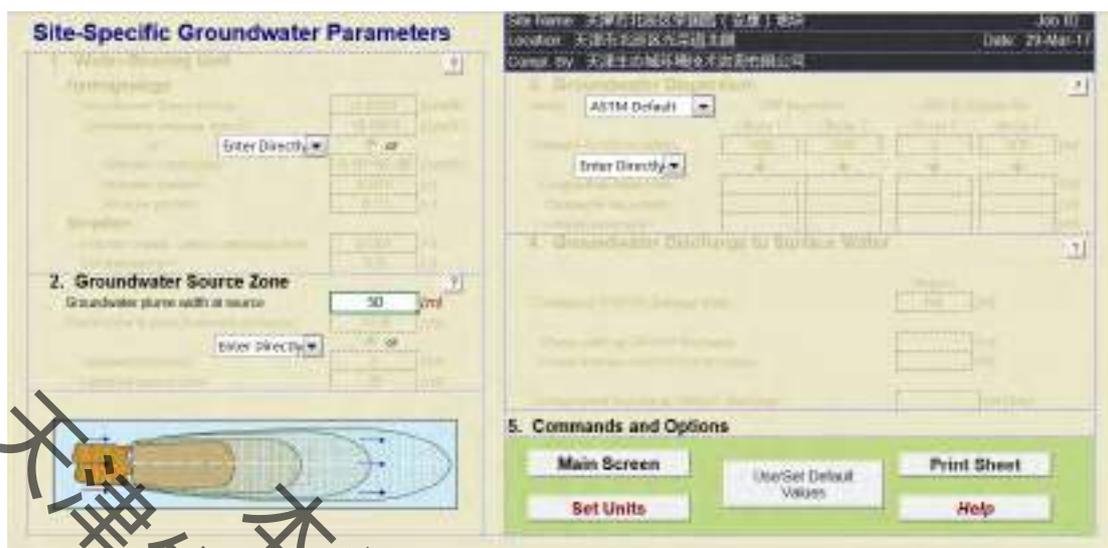


图 4-10 RBCA 软件场地地下水参数的设置

(8) 场地空气的参数



图 4-11 RBCA 软件场地空气参数的设置

(9) 暴露途径关系图

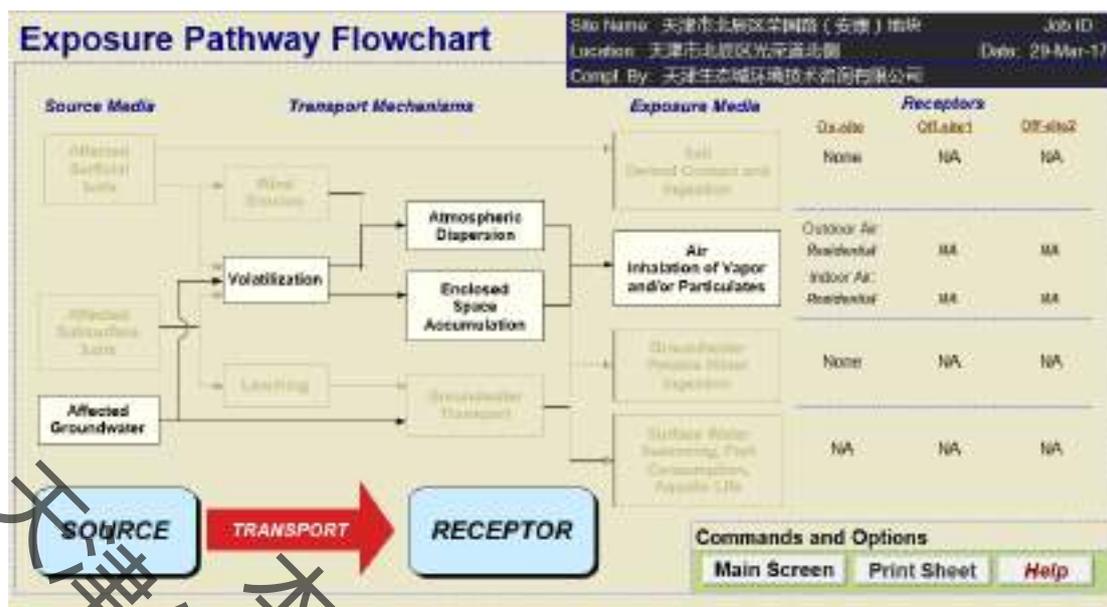


图 4-12 RBCA 软件暴露途径图

RBCA 软件使用的数学模型的具体内容见附件十二。

4.6 风险评估结果与讨论

第一（潜水）含水层中氯乙烯、1,1-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯和 1,1,2-三氯乙烷需要进行风险评估。由 RBCA 软件计算结果(表 4-13)显示，氯乙烯的致癌风险值为 5.0×10^{-5} ，1,2-二氯乙烷的致癌风险值为 1.5×10^{-6} ，1,1,2-三氯乙烷的致癌风险值为 1.5×10^{-5} ，致癌风险值均大于 1×10^{-6} ；氯乙烯非致癌危害商为 1.4，1,1,2-三氯乙烷的非致癌危害商为 58，均大于 1，超过可接受水平，因此本场地第一（潜水）含水层中的氯乙烯、1,2-二氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷需要进行修复。

表 4-13 第一（潜水）含水层污染物风险评估结果（一）

分析指标	可接受致癌风险水平	致癌风险暴露途径		总致癌风险
		室外空气	室内空气	
氯乙烯	1.00E-06	1.8E-07	5.0E-05	5.0E-05
1,1-二氯乙烯	1.00E-06	-	-	-
苯	1.00E-06	2.0E-10	5.5E-08	5.6E-08
1,2-二氯乙烷	1.00E-06	6.0E-09	1.5E-06	1.5E-06
三氯乙烯	1.00E-06	1.8E-09	5.0E-07	5.1E-07
1,1,2-三氯乙烷	1.00E-06	6.9E-08	1.5E-05	1.5E-05

表 4-13 第一（潜水）含水层污染物风险评估结果（二）

分析指标	可接受非致癌危害商水平	非致癌危害商暴露途径		总非致癌危害商
		室外空气	室内空气	
氯乙烯	1.00E+00	4.8E-03	1.4E+0	1.4E+0
1,1-二氯乙烯	1.00E+00	3.7E-05	1.1E-02	1.1E-02
苯	1.00E+00	1.0E-05	2.8E-03	2.9E-03
1,2-二氯乙烷	1.00E+00	4.0E-04	9.7E-02	9.7E-02
三氯乙烯	1.00E+00	2.6E-03	7.4E-01	7.4E-01
1,1,2-三氯乙烷	1.00E+00	2.6E-01	5.7E+1	5.8E+1

注：标红数据为风险值超过可接受风险水平。

弱透水层氯乙烯、1,1-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、氯苯、顺-1,2-二氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,1,2-三氯乙烷和萘需要进行风险评估。由 RBCA 软件计算结果（表 4-14）显示，氯乙烯的致癌风险值为 5.0×10^{-5} ，1,2-二氯乙烷的致癌风险值为 1.4×10^{-5} ，三氯乙烯的致癌风险值为 3.6×10^{-6} ，1,1,2-三氯乙烷的致癌风险值为 9.9×10^{-5} ，1,1,2,2-四氯乙烷的致癌风险值为 1.4×10^{-5} ，氯苯的致癌风险值为 1.1×10^{-6} ，均大于 1×10^{-6} ；氯乙烯的非致癌危害商为 1.4，三氯乙烯非致癌危害商为 5.3，1,1,2-三氯乙烷非致癌危害商为 370，大于 1，均超过可接受水平，因此本场地弱透水层地下水中的氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷、1,1,2,2-四氯乙烷和萘需要进行修复。

表 4-14 弱透水层地下水污染物风险评估结果（一）

分析指标	可接受致癌风险水平	致癌风险暴露途径		总致癌风险
		室外空气	室内空气	
氯乙烯	1.00E-06	1.8E-07	5.0E-05	5.0E-05
1,1-二氯乙烯	1.00E-06	-	-	-
顺-1,2-二氯乙烯	1.00E-06	-	-	-
苯	1.00E-06	1.3E-09	3.7E-07	3.7E-07
1,2-二氯乙烷	1.00E-06	5.8E-08	1.4E-05	1.4E-05
三氯乙烯	1.00E-06	1.3E-08	3.6E-06	3.6E-06
1,1,2-三氯乙烷	1.00E-06	4.4E-07	9.8E-05	9.9E-05
四氯乙烯	1.00E-06	1.0E-09	2.9E-07	2.9E-07
氯苯	1.00E-06	-	-	-
1,1,2,2-四氯乙烷	1.00E-06	8.7E-08	1.4E-05	1.4E-05
1,2,3-三氯丙烷	1.00E-06	-	-	-
萘	1.00E-06	5.6E-09	1.1E-06	1.1E-06

表 4-14 弱透水层地下水污染物风险评估结果（二）

分析指标	可接受非致癌危害商水平	非致癌危害商暴露途径		总非致癌危害商
		室外空气	室内空气	
氯乙烯	1.00E+00	4.8E-03	1.4E+00	1.4E+00
1,1-二氯乙烯	1.00E+00	1.3E-04	3.8E-02	3.8E-02
顺-1,2-二氯乙烯	1.00E+00	3.6E-05	9.7E-03	9.7E-03
苯	1.00E+00	6.8E-05	1.9E-02	1.9E-02
1,2-二氯乙烷	1.00E+00	3.8E-03	9.3E-01	9.3E-01
三氯乙烯	1.00E+00	1.9E-02	5.3E+00	5.3E+00
1,1,2-三氯乙烷	1.00E+00	1.7E+00	3.7E+02	3.7E+02
四氯乙烯	1.00E+00	1.2E-03	3.4E-01	3.4E-01
氯苯	1.00E+00	5.2E-04	1.4E-01	1.4E-01
1,1,2,2-四氯乙烷	1.00E+00	-	-	-
1,2,3-三氯丙烷	1.00E+00	1.5E-03	2.5E-01	2.5E-01
萘	1.00E+00	6.6E-04	1.3E-01	1.3E-01

注：标红数据为风险值超过可接受风险水平。

第二（微承压水）含水层的氯乙烯和 1,1,2-三氯乙烷需要进行风险评估。由 RBCA 软件计算结果（表 4-15）显示，氯乙烯的致癌风险值为 5.4×10^{-6} ，大于 1×10^{-6} ；1,1,2-三氯乙烷的非致癌危害商为 3.5，大于 1，均超过可接受水平，因此本场地第二（微承压水）含水层中的氯乙烯和 1,1,2-三氯乙烷需要进行修复。

表 4-15 第二（微承压水）含水层污染物风险评估结果（一）

分析指标	可接受致癌风险水平	致癌风险暴露途径		总致癌风险
		室外空气	室内空气	
氯乙烯	1.00E-06	1.9E-08	5.4E-06	5.4E-06
1,1,2-三氯乙烷	1.00E-06	4.2E-09	9.2E-07	9.3E-07

表 4-15 第二（微承压水）含水层污染物风险评估结果（二）

分析指标	可接受非致癌危害商水平	非致癌危害商暴露途径		总非致癌危害商
		室外空气	室内空气	
氯乙烯	1.00E+00	5.2E-04	1.5E-01	1.5E-01
1,1,2-三氯乙烷	1.00E+00	1.6E-02	3.5E+00	3.5E+00

注：标红数据为风险值超过可接受风险水平。

5 修复范围

5.1 风险控制值

风险控制值是基于可接受致癌风险 $1.0E-06$ 及危害商 1.0 的基础上，提出的场地土壤和地下水修复目标。达到修复目标的场地要能够满足土地使用要求，不会对范围内的人体健康和动植物造成危害。

风险控制值的计算使用 RBCA 的 cleanup 模式进行，通过调整土壤中和地下水中污染物的浓度来保证致癌风险和非致癌危害商都不超过限制值。经过调试得到地下水各种污染物的风险控制值见表 5-1~表 5-3。

表 5-1 第一（潜水）含水层地下水风险控制值

分析指标	风险控制值 ($\mu\text{g/L}$)	风险控制值下的风险	
		致癌风险	非致癌危害商
氯乙烯	200	$1.0E-06$	$2.7E-02$
1,2-二氯乙烷	100	$1.0E-06$	$6.7E-02$
1,1,2-三氯乙烷	54	$2.7E-07$	$1.0E+00$

表 5-2 弱透水层地下水风险控制值

分析指标	风险控制值 ($\mu\text{g/L}$)	风险控制值下的风险	
		致癌风险	非致癌危害商
氯乙烯	200	$1.0E-06$	$2.7E-02$
1,2-二氯乙烷	100	$1.0E-06$	$6.7E-02$
三氯乙烯	310	$6.8E-07$	$1.0E+00$
1,1,2,2-四氯乙烷	86	$1.0E-06$	-
1,1,2-三氯乙烷	54	$2.7E-07$	$1.0E+00$
萘	130	$1.0E-06$	$1.2E-01$

表 5-3 第二（微承压水）含水层地下水风险控制值

分析指标	风险控制值 ($\mu\text{g/L}$)	风险控制值下的风险	
		致癌风险	非致癌危害商
氯乙烯	200	$1.0E-06$	$2.7E-02$
1,1,2-三氯乙烷	54	$2.7E-07$	$1.0E+00$

5.2 有机物修复指标

将风险控制值与地下水中的超标污染物比对，将检出值高于风险控制值的有机物确定为需要修复的有机物。

第一（潜水）含水层地下水中浓度超过风险控制值的有机物有氯乙烯、1,2-二氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷。

弱透水层地下水中浓度超过风险控制值的有机物有氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、萘。

第二（微承压水）含水层地下水中浓度超过风险控制值的有机物有氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷。

5.3 地下水修复范围

根据地下水风险评估结果，第一（潜水）含水层地下水中氯乙烯、1,2-二氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷，弱透水层地下水中的氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、萘，第二（微承压水）含水层地下水中的氯乙烯和 1,1,2-三氯乙烷的致癌风险或非致癌危害商超过了限制值，需要进行修复。

使用修复指标未超过最终风险控制值的点位，确定三个水层的地下水修复范围（见图 5-1）。三个水层的修复面积一致，约为 4600m²，修复水层顶板标高约为 1.10m，底板标高约为-13.10m，厚度约 14.2m。具体修复拐点坐标见表 5-4。



图 5-1 地下水修复范围俯视图

表 5-4 地下水修复拐点坐标

点位名称	X (m)	Y (m)
A	306938.4734	92992.3672
B	306916.4642	93073.9031
C	306916.953	93053.057
D	306864.2429	93056.7342
E	306857.060	93038.443
F	306869.0849	93016.2796
G	306897.0547	92985.8494

注：表中所用坐标系为天津 90 坐标系。

6 修复技术

6.1 污染场地特点

根据以上章节研究分析结果可知，本项目场地污染特点为：

- (1) 污染类型为 VOCs 类有机物污染；
- (2) 主要环境风险介质主要为地下水；
- (3) 地下水污染指标有 6 种，分别为氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷、萘；
- (4) 地下水有机物污染物分布较集中。

6.2 地下水修复技术方案选择

适合本项目地下水污染特点的修复技术主要包括多相抽提技术、化学氧化/还原技术、地下水抽出处理技术、地下水修复可渗透反应墙技术等。建议相关单位根据场区污染情况，综合考虑项目开发进度、修复成本、修复周期等因素，选择合理可行的修复方案。

(1) 多相抽提技术

通过真空提取手段，抽取地下污染区域的土壤气体、地下水和浮油层到地面进行相分离及处理，以控制和修复土壤与地下水中的有机污染物。适用于易挥发、易流动的 NAPL（非水相液体）（如汽油、柴油、有机溶剂等）。不宜用于渗透性差或者地下水水位变动较大的场地。

(2) 化学氧化/还原技术

通过向地下水的污染区域注入氧化剂或还原剂，通过氧化或还原作用，使地下水中的污染物转化为无毒或相对毒性较小的物质，该技术适用于处理石油烃、BTEX（苯、甲苯、乙苯、二甲苯）、酚类、MTBE（甲基叔丁基醚）、含氯有机溶剂、多环芳烃、农药等大部分有机物，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。

(4) 地下水抽出处理技术

根据地下水污染范围，在污染场地布设一定数量的抽水井，通过水泵和水井

将污染地下水抽取至地面进行处理，将地下水处理变为一般废水处理。该技术适用于可处理多种污染物。不宜用于吸附能力较强的污染物，以及渗透性较差或存在 NAPL（非水相液体）的含水层。

（4）地下水修复可渗透反应墙技术

在地下安装透水的活性材料墙体拦截污染物羽状体，当污染羽状体通过反应墙时，污染物在可渗透反应墙内发生沉淀、吸附、氧化还原、生物降解等作用得以去除或转化，从而实现地下水净化的目的。该技术适用于处理 BTEX（苯、甲苯、乙苯、二甲苯）、石油烃、氯代烃、金属、非金属和放射性物质等。这种技术的主要优点是不需要用泵抽和地面处理系统，且反应介质消耗很慢，有几年至几十年的处理潜力。除一次性投资较大和需长期监测外，几乎不需要运行费用，具有时效长、运行和维护费用低等特点。

以上地下水修复技术实施修复工程前，应根据项目地块的实际情况，对各修复技术应用限制性、修复成本、修复周期、可操作性以及本地修复行业状况等方面进行详细比选论证，形成适合本地块特点的最佳修复技术方案。

由于自然或人为影响，报告模拟出的污染范围和深度可能发生变化，本报告确定的污染状况仅能反映现阶段情况。

6.3 修复过程注意事项

（1）尽快进行场地修复并在修复前保护场地不被扰动

在自然过程作用下，地下水中的污染物会发生迁移和转化。人为的扰动也会使地下水污染发生迁移和转化。此外，尽快实施修复有利于控制污染物的扩散，减少和控制被污染地下水的分布范围，降低修复成本。因此，为保护场地不被扰动，禁止人员进入被污染的场地是必须和必要的。

（2）场地修复过程中要进行跟踪观测

在修复过程中，需要观察是否有在调查阶段中没有发现的污染，例如地下埋藏物、地下罐体、地下管线和有明显特殊气味的地方，如果发现需要相关专业人员及时处理，并扩大修复范围。

（3）场地修复中要有安全环保措施

在进行场地修复施工前，要进行安全环保培训，特别是防止化学品和污染土壤毒害的培训，确保施工安全进行。施工之前要制定包括运输在内的安全环保方案，为施工提供指导并要求施工人员遵照执行。

修复后应设置若干个污染物监测点，对地下污染物进行跟踪监测，防止突发性事件发生，对周边人群进行周期性健康普查，针对人群普发性疾病，建立相关的预警措施。

本报告仅用于网上公示
天津生态城环境技术咨询有限公司

7 调查评估结论与建议

7.1 结论

天津生态城环境技术咨询有限公司受天津市北辰区土地整理中心的委托，遵照相关法律法规的要求对北辰区荣国路（安康）地块开展场地环境调查及风险评估工作。通过三个阶段的调查，分析了场地所在区域的潜在污染物种类和来源，并在土壤和地下水监测数据的基础上，分析了该场地内的污染情况并作出如下结论：

（1）调查地块为北辰区荣国路（安康）地块，面积约为 19182.31m²。调查地块四至范围为：东至暖洋家园；南至光荣道；西至荣国路；北至暖香里小区。通过第一阶段场地环境调查了解到，场地历史上曾经涉及企业包括天津市再生资源回收利用红桥分公司、变电站、住宅以及超市。场地内未发现有污染痕迹及管道等构筑物。

（2）场地历史上主要涉及瓦楞铁的生产、铁桶的制造以及废弃变电站的拆除。根据资料分析，场地内潜在污染源有天津市再生资源回收利用红桥分公司铁桶制造车间、瓦楞铁制造车间以及保全车间，天津海洋化工厂的变电站。周边疑似污染源有天津市海洋化工厂的高锰酸钾制造车间和天津市海滨化工厂的生产车间，场地涉及的污染物包括重金属、多环芳烃、氯代烃、苯系物、总石油烃等，并且会对场地的 pH 造成影响，故需要开展第二阶段场地环境调查。

（3）第二阶段场地环境调查过程中，分初步采样和详细采样对该地块进行调查，共布设土壤采样点 31 个，采集 374 个土壤样品，结合现场快速检测和送检原则，选取 134 个样品送实验室检测，地下水采样点 21 个，采集 46 个地下水样品，全部送实验室检测。土壤和地下水分别检测重金属、VOCs、SVOCs、多氯联苯、pH 和总石油烃。

（4）根据场地水文地质的勘查结果，将本场地的地下水分成三部分进行调查，分别为第一（潜水）含水层、弱透水层和第二（微承压水）含水层。

（5）检测结果表明，场区内重金属锰含量普遍超过《地下水质量标准》

(GB/T14848-93) III类水平，可能是受到天津市区域性水质的影响。地下水中共有 12 种有机污染物的检出值高于《污染场地挥发性有机物调查与风险评估技术导则》(DB11/T1278-2015)、《生活饮用水卫生标准》(GB 5749-2006) 筛选值和《地下水水质标准》(DZ/T 0290-2015) 的三类标准。主要是以氯代烃为主的 VOCs 类有机物，包括第一（潜水）含水层中氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷、1,1-二氯乙烯和苯，弱透水层中的氯乙烯、1,1-二氯乙烯、苯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、四氯乙烯、氯苯、顺-1,2-二氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,2,3-三氯丙烷、1,1,2-三氯乙烷和萘，第二（微承压水）含水层中氯乙烯和 1,1,2-三氯乙烷。

土壤场区内 14 种重金属均有检出，但均未有超过《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011) 或《美国 EPA 区域筛选值》(2016) 居住用地标准。共检出 31 种有机物，所有检出的有机污染物检测值均未超出《场地土壤环境风险评价筛选值》(DB11/T811-2011) 或《美国 EPA 区域筛选值》(2016) 的居住用地标准。检出的有机物大多位于人工填土层和第一层粉质粘土层，并且位于场地北侧、地下水污染点位附近。

(6) 经风险评估，第一（潜水）含水层地下水中氯乙烯、1,2-二氯乙烷和 1,1,2-三氯乙烷致癌风险或非致癌危害商超出风险可接受水平，弱透水层中氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷和萘致癌风险或非致癌危害商超出风险可接受水平，第二（微承压水）含水层地下水中氯乙烯、1,1,2-三氯乙烷需进行修复。污染物修复范围使用未超过最终风险控制值的点位进行划定，三个水层的修复面积一致，约为 4600m²，修复水层顶板标高约为 1.10m，底板标高约为-13.10m，厚度约 14.2m。

7.2 建议

前期场地环境调查结果表明，本项目场地地下水中的氯乙烯、1,2-二氯乙烷、三氯乙烯、1,1,2,2-四氯乙烷、1,1,2-三氯乙烷和萘的污染程度超过风险可接受水平，需进行修复工作，故对场地相关事宜作出以下建议。

(1) 通过对场地内及周边的调查，不排除场地外北侧存在污染的可能，由

于地下水具有较强的迁移性，故建议修复前在场地北侧、西侧、东侧边界设置止水帷幕，以防止修复过程或修复后，本地块被相邻地块的地下水二次污染。

（2）企业在修复过程中，土壤的扰动会影响到地下水污染物的迁移扩散，进而影响到污染物的准确范围，故建议在修复过程中，增加地下水监测井，对地下水水质进行长期监测。

（3）企业在进行修复过程中，应做好施工工程的环境和工程监理，做好安全和环保措施，制定相关的施工方案和应急预案。施工应避免雨季，防止污染物随降雨污染到周边区域环境。

（4）考虑场地调查及风险评估过程中存在限制性因素和不确定性，施工过程中如发现超过筛选值或其他异常情况应及时采取妥善措施并向环保部门汇报。

天津生态城环境技术咨询有限公司
本报告仅用于网上公示

8 限制性因素及声明

本报告基于实际调查，以科学理论为依据，结合专业的判断进行逻辑推论与结果分析。报告是基于目前所掌握的调查资料、调查范围、工作时间以及场地当下情况等多种因素做出的专业判断。场地调查工作的开展存在一定的限制性因素，现总结并声明如下：

(1) 天津市北辰区荣国路（安康）地块内的建筑物已于我司展开调查之前拆除。该厂区相关资料、文件均已不全或遗失。场区建筑物功能、生产工艺和所用的原辅料均凭借知情人员所得。因此本报告中描述的建筑物位置、布局及污染物的识别可能与实际情况有所差异。

(2) 运用 Google Earth 和 ArcGIS 软件进行采样点的布设以及坐标的导入导出，运用亚米级 GPS 进行样点的现场定位，因软件和设备的精度范围，可能会导致采样点与厂房的相对位置与实际有所偏差。

(3) 本报告是根据有限的资料，通过分析有限的样品检测数据获得的结论，因此，所得的污染分布与实际情况可能会有所偏差。

(4) 场地周边居住小区已经建成 15 年以上，设置取样点位较困难。因此对场地外，尤其是场地北侧土壤和地下水情况的了解存在一定的限制性因素。

(5) 本次调查的数据和结论仅针对本场地调查范围。根据资料收集、人员访谈和现场踏勘得到的信息，发现场地北侧、东侧地块历史上均为工业企业，有一定存在污染物质的可能性，不排除场地外海滨化工厂等的生产活动对场地周边已建成的居住小区用地造成土壤和地下水的污染可能性。根据场地地下水分析结果，该地块受周边地块地下水影响较大，尤其可能受北侧场地地下水影响。因此，在本项目修复过程中，应务必预先设置防止地块外地下水流入本地块的设施或构筑物，以防止修复过程或修复后，本地块被相邻地块的地下水二次污染。由于预防不当造成的本地块的二次污染情况，不在本报告的评估范围。场地界线范围外，若因土壤和地下水污染造成人体健康风险事故，应另行开展场地调查与风险评估工作。

(6) 由于本地块及周边地块地下水流动较为频繁复杂，且在调查过程中，

发现场地南侧有施工作业正在开展，在本次环境调查工作结束后到修复工程开始前，场地及周边土壤及地下水中的污染物在自然过程的作用下会发生迁移和转化，本地块的地下水情况可能受气候、降水及周边其他施工作业等人为活动影响会有一些的变化。建议本调查结束后尽快开展修复治理工作，降低相关影响对本地块地下水造成的不确定性变化，同时加强修复治理工作过程中的环境监理工作。

（7）本次场地环境调查及风险评估是依据现有采集到的样品检测分析得出。综上所述，由于人为及自然等因素的影响，本报告是基于现阶段的实际情况进行的分析。如果之后场地状况有改变，可能会改变污染物的种类、浓度和分布等，进而对本报告的准确性和有效性造成影响。

本单生态城环境技术咨询有限公司
本报告仅用于网上公示

附件

附件 1 场地资料

附件 2 水文地质调查报告

附件 3 土工试验报告

附件 4 土壤和地下水采样点的坐标（天津 90）和高程

附件 5 现场踏勘、现场采样、各孔位土壤柱状图照片

附件 6 采样点位记录单

附件 7 现场 PID 和 XRF 快速检测结果

附件 8 现场质量控制数据分析

附件 9 实验室检测报告及质量控制报告

附件 10 各点位建井信息示意图

附件 11 样品流转单

附件 12 RBCA 的数学模型

附件 13 C10 点位实验室检测报告