

图 7.2-11 本地块氯苯超标范围示意图

### 7.2.5.2 非有毒有害物质超标范围

地下水常规指标中非有毒有害物质超标涉及区域主要有原贮存池北侧、通氯车间、污水处理区、干燥车间、办公楼处、堆煤场等，覆盖厂区大部分生产、仓储以及废水处理区域，可能受生产活动影响。

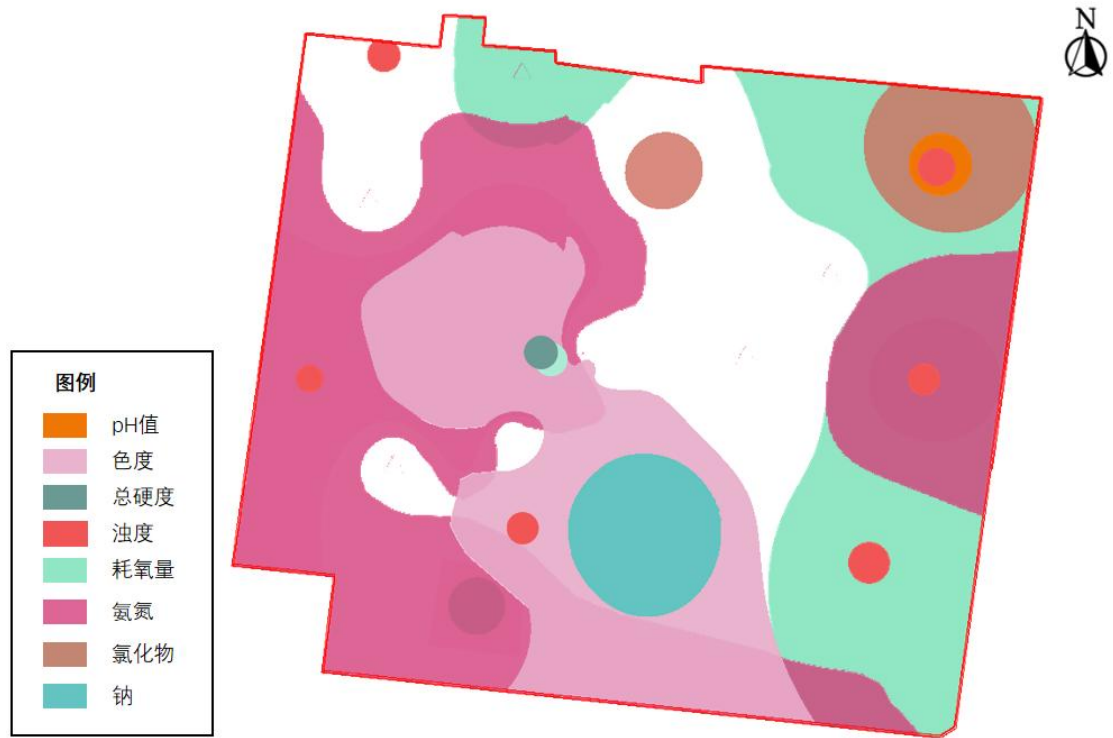


图 7.2-12 常规指标（非有毒有害物质）污染范围

7.2.5.3 有毒有害物质指标超标范围

根据《地下水污染健康风险评估工作指南》附录 H，氯苯、锰、硝酸盐氮属于有毒有害物质指标，超标范围主要涉及对硝基苯甲酸生产车间、成品仓库、污水处理区等原化工二厂生产区域。

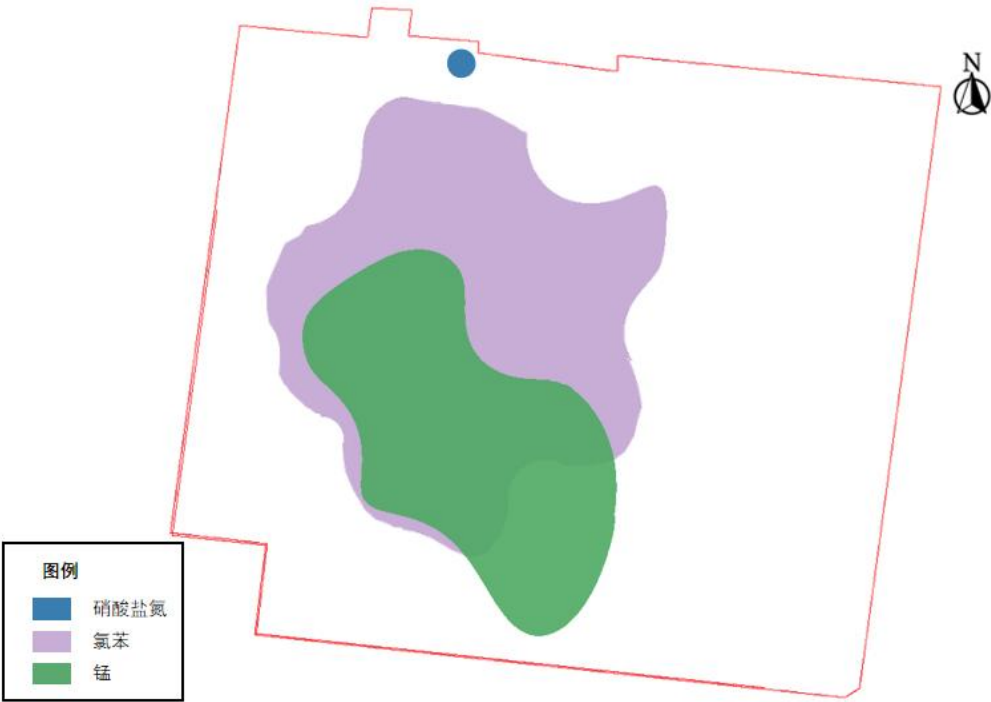


图 7.2- 13 有毒有害物质指标超标范围

7.2.6 地下水超标情况分析

(1) 一致性分析

2020 年重点行业企业用地调查期间对海宁市郭店化工二厂地块（本次调查范围部分区域）进行了调查，检测结果与本次补充调查结果对比见表 7.2-3。

表 7.2-3 详查数据与本次调查一致性分析数据表

超标因子	详查超标点位	GB/T 14848-2017 IV类标准	详查浓度	是否超标	对应新建井点位	本次调查浓度	是否超标
氯苯	2D01	0.6mg/L	12.6mg/L	是	XW13	4.87mg/L	是
镍	2E01	0.10mg/L	2.8mg/L	是	XW12	0.04mg/L	否
铅		0.1mg/L	0.2mg/L	是		未检出	否

根据检测结果，重点行业详查期间污水池南侧点位（2D01）地下水氯苯（12.5763mg/L）超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类标准，本次详调 XW12（原 2E01）、XW13（原 2D01）、XW14 底层样品也均超过《地

下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类标准。说明本次调查与历史调查具有一致性，本次调查氯苯浓度略低于详查时期氯苯浓度。

重点行业详查期间原酸吸收塔北侧点位（2E01）镍（2.768mg/L）、铅（0.193mg/L）均超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类限值，本次调查镍、铅均未超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类限值。

初步推测原有污染物超标来源于化工企业的生产活动，现停产后设备及建筑物已拆除，污染源消除使得地下水中的污染情况存在自然削减的趋势。

## （2）超标原因分析

### 1）氯苯超标原因分析

地块地下水氯苯主要污染区域为对硝基苯甲酸生产车间区域，可能来源于原料氯苯的装卸和暂存，泄漏、遗撒、倾倒等情况均可能造成地下水超标。

### 2）常规指标及重金属超标原因分析

地块内地下水还有常规指标 pH、耗氧量、氨氮、硝酸盐氮、氯化物，重金属锰、钠存在超标情况，涉及区域有原贮存池北侧、通氯车间、污水处理区、干燥车间、办公楼处、堆煤场等。对照点检出指标均不存在超标情况。

原贮存池北侧、通氯车间、办公楼、干燥车间、堆煤区：涉及超标因子包含 pH、耗氧量、氨氮、氯化物，该区域超标可能来源于生产废水地面渗漏、原料的装卸暂存等。

污水处理区：涉及超标因子包含耗氧量、氨氮、硝酸盐氮，该区域位于厂区北侧，为化工二厂废水收集、处理使用，设备使用年限较长，池体的破损、管线裂隙可能对地下水造成污染影响。

根据现场采样情况，初步调查阶段地下水色度明显高于详细调查阶段地下水样品色度，可能与厂房拆除时间有关，初步调查采样时厂房刚拆除，可能对地下水色度造成影响。

## 7.3 调查结论

根据检测结果，地块内所有土壤样品均未超过二类用地评价标准；地下水存在 pH、色度、总硬度、耗氧量、氨氮、硝酸盐氮、氯化物、锰、钠、氯苯超过《地下水质量标准》IV类标准。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[2021]21号）第十二条以及《地下水污染健康风险评估工作指南》，地块仅存在地下水超标，需根据工作指南要求开展地下水污染风险评估工作。

## 第 8 章地下水污染风险评估

### 8.1 概述

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[2021]21号，浙江省生态环境厅）第十二条：经调查，地块仅地下水超标的，调查应当依据《地下水污染健康风险评估工作指南》，明确地下水污染健康风险。经健康风险评估表明需要实施地下水污染风险管控或修复的，应当列入管控修复名录；经健康风险评估表明不需实施地下水污染风险管控或修复的，不列入污染地块名录。

根据前期调查结论，地块内所有土壤样品均未超过二类用地评价标准，仅地下水超标，根据前期调查结果以及《地下水污染健康风险评估工作指南》3.1.1（b）：地下水污染羽不涉及地下水饮用水源（在用、备用、应急、规划水源）补给径流区和保护区，地下水有毒有害物质指标超过《地下水质量标准》IV类标准、《生活饮用水卫生标准》（GB5749）等相关标准时，启动地下水污染健康风险评估工作。

### 8.2 危害识别

#### 8.2.1 前期调查超标结果汇总

地块内地下水存在 pH、色度、总硬度、耗氧量、氨氮、硝酸盐氮、氯化物、锰、钠、氯苯超过《地下水质量标准》IV类标准限值，汇总情况见下表：

表 8.2-1 地块前期调查地下水超标情况

污染物	评价标准	超标点位	最大超标值
	IV 类限值		
pH（无量纲）	5.5~9.0	XW11-1	9.6
色度（度）	25	MW1	200
		MW4	200
总硬度(mg/L)	650	MW4	703
耗氧量(mg/L)	10	XW 11-2	34.4
氨氮(mg/L)	1.5	MW4	27.8
硝酸盐氮(mg/L)	30	XW16	30.8
氯化物(mg/L)	350	XW11-1	487
锰(mg/L)	1.5	XW12	6.77
钠(mg/L)	400	XW8-2	611
氯苯(μg/L)	600	2D01（详查）	12600

污染物	评价标准	超标点位	最大超标值
	IV 类限值		
镍(mg/L)	0.1	2E01 (详查)	2.8
铅(mg/L)	0.1	2D01 (详查)	0.2

### 8.2.2 关注污染物确定

通过项目地下水各种污染物浓度统计结果与标准值对比, 根据对比结果, 地下水中共筛选出 8 种关注污染物, 关注污染物清单见表 8.2-2。

其中, 本次调查地下水超标污染物中关注污染物的筛选根据《地下水污染健康风险评估工作指南》附录 H, 本次调查选取氯苯、锰、硝酸盐氮作为本项目关注污染物, 其余指标虽超过《地下水质量标准》中 IV 类标准, 但不属于有毒有害物质 (参见附录 H), 因此无需进行地下水污染风险评估。

重点行业详查过程除氯苯外, 镍、铅也超过《地下水质量标准》中 IV 类标准且属于有毒有害物质, 本次调查镍、铅虽未超过《地下水质量标准》中 IV 类标准, 但为保守起见, 本次地下水污染风险评估也将其列为关注污染物。

本次调查过程中石油烃 (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>)、3,4-二硝基甲苯、2,4,6-三硝基甲苯有检出, 石油烃 (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>) 所有样品检出浓度均低于上海市建设用地地下水污染风险管控筛选值补充指标第二类用地筛选值, 2,4,6-三硝基甲苯所有样品检出浓度均低于《美国环保署地区筛选值 (RSL)》(2022.5) 地下水筛选值, 3,4-二硝基甲苯《地下水质量标准》中 IV 类标准 (参考 2,4-二硝基甲苯), 但考虑到参考的标准不是国家及浙江省标准或无相关标准, 因此为保守起见, 本次地下水污染风险评估也将石油烃 (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>)、3,4-二硝基甲苯、2,4,6-三硝基甲苯列为关注污染物。

表 8.2-2 项目地块地下水关注污染物

环境介质	污染物类型	污染物
地下水	有机物	氯苯
		石油烃 (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ) *2
		3,4-二硝基甲苯*2
		2,4,6-三硝基甲苯*2
	重金属及无机物	硝酸盐氮
		锰
		镍*1
		铅*1

注: \*1 重点行业详查超标指标。

\*2 有检出但无国家及浙江省内标准的有毒有害物质指标。

### 8.3 暴露评估

暴露评估是指在危害识别的基础上，分析地块内关注污染物迁移和危害敏感受体的可能性，确定地块地下水污染物的主要暴露途径，建立本地块的暴露评估模型，确定评估模型参数取值，计算敏感人群对地下水中污染物的暴露量。

**1、暴露情景：**本地块用地性质为工业用地，属于第二类用地暴露情景。在该暴露情景下，成人的暴露期长、暴露频率高，一般根据成人期的暴露来评估污染物的致癌风险和非致癌效应：在最大风险暴露情形下，计算过程采用的暴露期和暴露频率的评估参数采用《地下水污染健康风险评估工作指南》中的相关参数，计算该暴露情境下的估算结果及风险控制值，判断是否进入下一阶段工作。

**2、暴露途径：**本地块关注污染物是地下水重金属锰、有机物氯苯。地块内不会种植可食用植物，暴露人群不会饮用场地内的地下水。本地块污染源、受体类型及暴露途径分析见表 8.3-1、表 8.3-2。

地块内地下水不作为饮用水源，因此地块内地下水不具备饮用地下水暴露途径。

因此对于受氯苯、石油烃（C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>）、2,4-二硝基甲苯、2,4,6-三硝基甲苯污染的地下水，人体可能通过吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、皮肤接触地下水这三种途径受到暴露。

污染物重金属锰、镍、铅以及硝酸盐氮无挥发性，因此不存在吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物这两种暴露途径，只考虑皮肤接触地下水暴露途径。

表 8.3-1 污染源、受体类型及暴露途径分析表（有机物）

污染源	关注污染物	暴露途径	受体类型
			成人
地下水	氯苯、石油烃（C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ）、2,4-二硝基甲苯、2,4,6-三硝基甲苯	吸入室内空气中来自地下水的气态污染物	+
		吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	+
		饮用地下水	-
		皮肤接触地下水	+



注：“+”表示受到该途径暴露，“-”表示未受到该途径暴露。

表 8.3-2 污染源、受体类型及暴露途径分析表（重金属及无机物）

污染源	关注污染物	暴露途径	受体类型
			成人
地下水	锰、硝酸盐 氮、镍、铅	吸入室内空气中来自地下水的气态污染物	-
		吸入室外空气中来自地下水的气态污染物	-
		饮用地下水	-
		皮肤接触地下水	+

注：“+”表示受到该途径暴露，“-”表示未受到该途径暴露。

3、风险评估概念模型：根据上述污染源、污染物迁移途径、敏感受体以及暴露途径分析，建立本地块的“污染源-途径-受体”概念模型，如图 8.3-2。

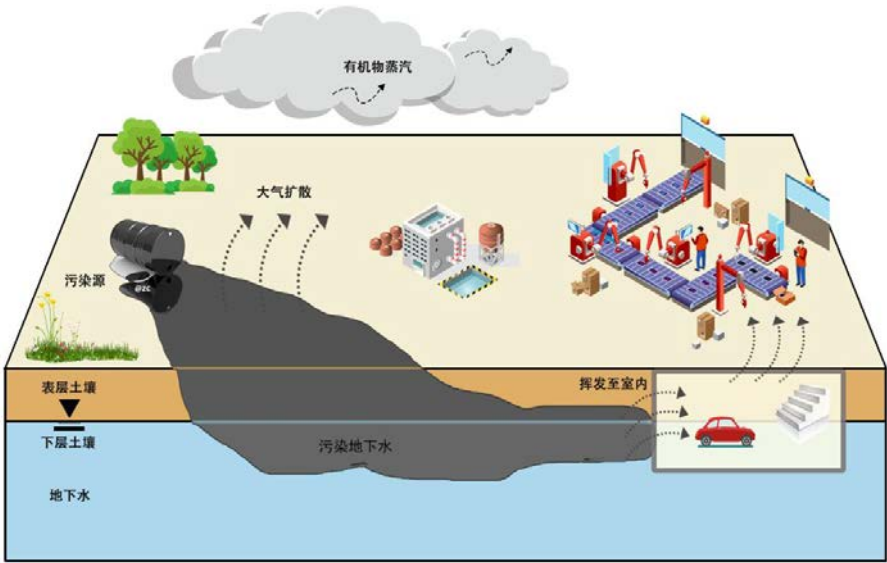


图 8.3-1 地块风险评估概念模型（有机物）

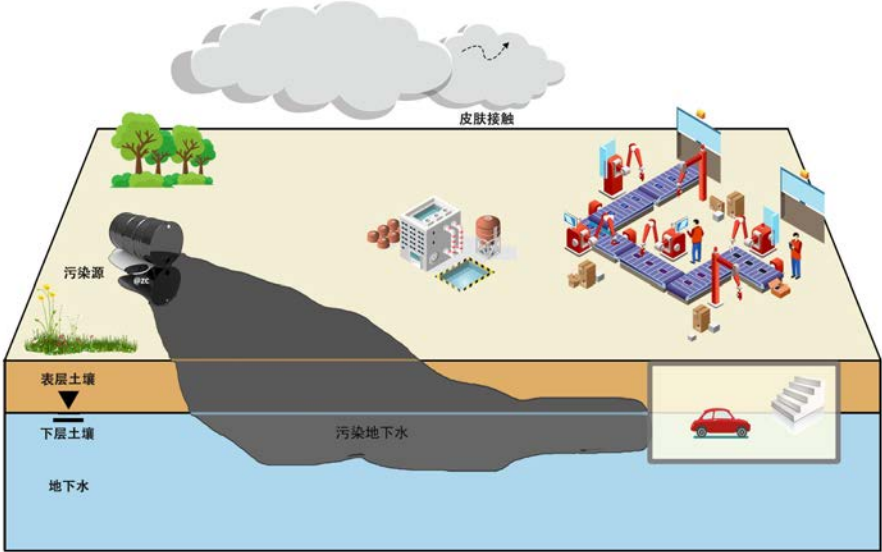


图 8.3-2 地块风险评估概念模型（重金属及无机物）

## 8.4 土壤理化性质参数

地块内 X6、X8 点位检测土壤理化性质参数，采样深度为 6.0m，理化性质参数见表 8.4-1。

表 8.4-1 地块内土壤理化性质

点位	X6			X8		
层位 (m)	0.5-1.0	1.5-2.0	5.0~6.0	0~0.5	3.0~4.0	5.0~6.0
土层	素填土	粉质粘土	淤泥质粉质粘土	杂填土	粉质粘土	淤泥质粉质粘土
有机质%	0.591	0.536	0.750	0.971	1.6	1.25
土壤容重 g/cm <sup>3</sup>	1.30	1.29	1.50	1.38	1.47	1.32
含水率%	25.2	26.7	18.1	24.9	20.9	27.1
渗透系数（饱和导水率）cm/s	1.07*10 <sup>-3</sup>	8.33*10 <sup>-6</sup>	5.00*10 <sup>-6</sup>	1.09*10 <sup>-3</sup>	6.67*10 <sup>-6</sup>	8.33*10 <sup>-6</sup>
*土壤颗粒密度 g/cm <sup>3</sup>	5.49	3.15	3.23	5.31	3.81	5.30

注：\*根据孔隙度及土壤容重进行计算。

本项目污染主要集中在地下水中，地块内地下水埋深为 1.1~1.5m，因此本次风险评估相关土壤理化参数参考地下水位下渗透性最好的土壤层位进行计算，即 X6（1.5~2.0m）层位。

### 4、暴露量计算

根据风险评估概念模型，分别计算受体在各暴露途径下的暴露量，参数取值、各中间参数计算结果如表 8.4-2~表 8.4-3 所示。

地下水污染物暴露量计算公式如下：

#### （1）吸入室外空气中来自地下水的气态污染物致癌和非致癌暴露剂量

致癌剂量：

$$IOVER_{ca3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWa \times ATca}$$

非致癌剂量：

$$IOVER_{nc3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIRa \times EFOa \times EDa}{BWa \times ATnc}$$

$IOVER_{ca3}$ ：吸入室外空气中来自地下水的气态污染物所对应的地下水暴露量（致癌效应），L 地下水·kg<sup>-1</sup> 体重·d<sup>-1</sup>；

$IOVER_{nc3}$ ：吸入室外空气中来自地下水的气态污染物所对应的地下水暴露量（非致癌效应），L 地下水·kg<sup>-1</sup> 体重·d<sup>-1</sup>；

$VF_{gwoa}$ ：地下水中污染物扩散进入室外空气的挥发因子，L·m<sup>-3</sup>；

$BW_a$ : 成人体重, kg;

$AT_{ca}$ : 致癌效应平均时间, d;

$AT_{nc}$ : 非致癌效应平均时间, d。

## (2) 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物致癌和非致癌剂量

致癌剂量:

$$IIVER_{ca2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIRa \times EF_{Ia} \times EDa}{BWa \times AT_{ca}}$$

非致癌剂量:

$$IIVER_{nc2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIRa \times EF_{Ia} \times EDa}{BWa \times AT_{nc}}$$

$IIVER_{ca2}$ : 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物所对应的地下水暴露量(致癌效应), L 地下水·kg<sup>-1</sup> 体重·d<sup>-1</sup>;

$IIVER_{nc2}$ : 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物所对应的地下水暴露量(非致癌效应), L 地下水·kg<sup>-1</sup> 体重·d<sup>-1</sup>;

$VF_{gwia}$ : 地下水中污染物扩散进入室内空气的挥发因子, L·m<sup>-3</sup>。

## (3) 皮肤接触地下水致癌和非致癌剂量

致癌剂量:

$$DGWER_{ca} = \frac{SAEa \times EFa \times EDa \times Ev \times DA_{ea}}{BWa \times AT_{ca}} \times 10^{-6}$$

非致癌剂量:

$$DGWER_{nc} = \frac{SAEa \times EFa \times EDa \times Ev \times DA_{ea}}{BWa \times AT_{nc}} \times 10^{-6}$$

其中

$$DA_{ea} = K_p \times C_{gw} \times t_a \times 10^{-3}$$

$DGWER_{ca}$ : 皮肤接触途径地下水暴露量(致癌效应), mg 污染物·kg<sup>-1</sup> 体重·d<sup>-1</sup>;

$DGWER_{nc}$ : 皮肤接触途径地下水暴露量(非致癌效应), mg 污染物·kg<sup>-1</sup> 体重·d<sup>-1</sup>;

$SAEa$ : 成人暴露皮肤表面积, cm<sup>2</sup>;

$DA_{ea}$ : 成人皮肤接触吸收剂量, mg·cm<sup>-2</sup>;

Kp: 皮肤渗透系数, cm/h;

Cgw: 地下水中污染物浓度, mg/L;

t<sub>a</sub>: 成人经次皮肤接触的时间, h;

E<sub>v</sub>: 每日皮肤接触时间频率, 次·d<sup>-1</sup>。

表 8.4-2 暴露评估计算部分受体参数取值

参数名称	符号	单位	第二类用地
成人暴露期	ED <sub>a</sub>	a	25
成人暴露频率	EF <sub>a</sub>	d·a <sup>-1</sup>	250
成人平均体重	BW <sub>a</sub>	kg	61.8
致癌效应平均时间	AT <sub>ca</sub>	d	27740
非致癌效应平均时间	AT <sub>nc</sub>	d	9125
成人平均身高	H <sub>a</sub>	cm	161.5
成人暴露皮肤所占面积比	SER <sub>a</sub>	无量纲	0.18
每日皮肤接触事件频率	E <sub>v</sub>	次·d <sup>-1</sup>	1
空气中可吸入颗粒物含量	PM <sub>10</sub>	mg·m <sup>3</sup>	0.119
成人每日空气呼吸量	DAIR <sub>a</sub>	m <sup>3</sup> ·d <sup>-1</sup>	14.5
成人室外暴露频率	EFO <sub>a</sub>	d·a <sup>-1</sup>	62.5
成人室内暴露频率	EFI <sub>a</sub>	d·a <sup>-1</sup>	187.5
成人经次皮肤接触时间	t <sub>a</sub>	h	0.5
皮肤渗透系数	Kp	cm/h	0.028 (氯苯); 0.001 (锰) 0.0001 (铅); 0.0002 (镍) 0.0031 (2,4-二硝基甲苯)

注: 相关参数取自《地下水污染健康风险评估工作指南》附录 G。

表 8.4-3 暴露评估计算部分过程参数取值

参数名称	符号	单位	第二类用地
地下水埋深*	L <sub>gw</sub>	cm	127
土壤容重*	ρ <sub>b</sub>	kg·dm <sup>-3</sup>	1.30
土壤颗粒密度*	ρ <sub>s</sub>	kg·dm <sup>-3</sup>	5.49
土壤含水率*	P <sub>ws</sub>	无量纲	0.252
土壤有机质含量*	f <sub>om</sub>	g·kg <sup>-1</sup>	5.91
水的密度	ρ <sub>w</sub>	kg·dm <sup>-3</sup>	1
混合区大气流速风速	U <sub>air</sub>	cm·s <sup>-1</sup>	200
污染源区宽度	W	cm	4000
混合区高度	δ <sub>air</sub>	cm	200
气态污染物入侵持续时间	τ	a	25
毛细管层土壤中孔隙空气体积比	θ <sub>acap</sub>	无量纲	0.038
毛细管层土壤中孔隙水体积比	θ <sub>wcap</sub>	无量纲	0.342
地下水土壤交界处毛细管层厚度	h <sub>cap</sub>	cm	5
非饱和土层厚度	h <sub>v</sub>	cm	117
室内空气交换速率	ER	次·d <sup>-1</sup>	20
室内空气体积与气态污染物入渗面积比	cm	L <sub>B</sub>	300
室内和室外大气压力差	dP	g·cm <sup>-1</sup> ·s <sup>-2</sup>	0
室内地板周长	X <sub>crack</sub>	cm	3400
土壤渗透性系数*	K <sub>v</sub>	cm <sup>2</sup>	8.33×10 <sup>-6</sup>

参数名称	符号	单位	第二类用地
室内地面到地板底部厚度	$Z_{crack}$	cm	35
室内地板面积	$A_b$	cm <sup>2</sup>	700000
地基和墙体裂隙表面积占室内地表面积比例	$\eta$	无量纲	0.0005
室内地基厚度	$L_{crack}$	cm	35
地基裂隙中空气体积比	$\theta_{acrack}$	无量纲	0.26
地基裂隙中水体积比	$\theta_{wcrack}$	无量纲	0.12
暴露于地下水的参考剂量分配比例	WAF	无量纲	0.33 (挥发性有机物) 0.5 (其它污染物)
皮肤吸收效率因子	ABS <sub>d</sub>	无量纲	/

注：\*项目取值为本地块实测值，其余相关参数取自《地下水污染健康风险评估工作指南》附录 G。

表 8.4-4 项目地块关注污染物在各种暴露途径的致癌暴露量计算结果

环境介质	关注污染物		致癌暴露量-第二类用地 (L 地下水·kg-1 体重·d-1)		
			吸入室外空气中来自地下水	吸入室内空气中来自地下水	皮肤接触地下水
地下水	氯苯		7.46E-07	5.72E-06	3.69E-10
	锰		-	-	1.32E-11
	硝酸盐氮		-	-	-
	铅		-	-	1.32E-12
	镍		-	-	2.63E-12
	3,4-二硝基甲苯* <sup>1</sup>		3.79E-09	4.36E-10	4.08E-11
	2,4,6-三硝基甲苯		3.73E-09	4.00E-10	-
	石油烃 (C <sub>10</sub> ~C <sub>40</sub> )	脂肪烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	3.99E-04	7.31E-03	-
		脂肪烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	1.73E-03	3.17E-02	-
		脂肪烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	1.63E-02	2.99E-01	-
		脂肪烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	1.63E-02	2.99E-01	-
		芳香烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	9.37E-07	8.72E-06	-
		芳香烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	6.27E-07	3.33E-06	-
		芳香烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	4.13E-07	8.24E-07	-
		芳香烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	7.40E-08	4.31E-08	-

表 8.4-5 项目地块关注污染物在各种暴露途径的非致癌暴露量计算结果

环境介质	关注污染物		致癌暴露量-第二类用地 (L 地下水·kg-1 体重·d-1)		
			吸入室外空气中来自地下水	吸入室内空气中来自地下水	皮肤接触地下水
地下水	氯苯		2.27E-06	1.74E-05	4.67E-09
	锰		-	-	1.67E-10
	硝酸盐氮		-	-	-
	铅		-	-	1.67E-11
	镍		-	-	3.34E-11
	3,4-二硝基甲苯* <sup>1</sup>		1.15E-08	1.32E-09	5.17E-10
	2,4,6-三硝基甲苯		1.13E-08	1.22E-09	-
	石油烃 (C <sub>10</sub> ~C <sub>40</sub> )	脂肪烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	1.21E-03	2.22E-02	-
		脂肪烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	5.25E-03	9.63E-02	-
		脂肪烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	4.95E-02	9.08E-01	-

		脂肪烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	4.95E-02	9.08E-01	-
		芳香烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	2.85E-06	2.65E-05	-
		芳香烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	1.91E-06	1.01E-05	-
		芳香烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	1.26E-06	2.51E-06	-
		芳香烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	2.25E-07	1.31E-07	-

注：“-”表示关注污染物不具备该暴露途径或由于缺少相关参数而无法计算。

\*1,3,4-二硝基甲苯无相关参数及标准，参考毒性更强的 2,4-二硝基甲苯进行计算。

## 8.5 毒性评估

毒性评估主要分析污染物经不同途径对人体健康的危害效应，包括致癌效应、非致癌效应、污染物对人体健康的危害机理和剂量-效应关系等。该阶段的主要工作是获取关注污染物相关的毒性参数，用于最终风险的计算。毒性评估包括污染物毒性效应分析和污染物相关参数的确定。

### 1、关注污染物对人体健康的危害效应

根据《地下水污染健康风险评估工作指南》附录 H 以及前期调查结果分析，项目地块关注污染物主要有氯苯、锰、硝酸盐氮、镍、铅、石油烃（C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>）、3,4-二硝基甲苯、2,4,6-三硝基甲苯，其对人体健康的危害效应分析见表 8.5-1，对人体健康的致癌效应分析见表 8.5-2。

表 8.5-1 项目地块地下水中关注污染物对人体健康的危害分析

污染物类型	关注污染物	CAS 编号	生物毒性危害汇总
有机污染物	氯苯	108-90-7	急性毒性：吸入-大鼠 LC <sub>50</sub> : 2965 mg/kg;
	石油烃（C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ）	/	/
	3,4-二硝基甲苯	610-39-9	对水体环境有害
	2,4,6-三硝基甲苯	118-96-7	LD <sub>50</sub> 795 mg/kg（大鼠经口）； 660 mg/kg（小鼠经口）
重金属及无机污染物	锰	7439-96-5	低毒，口服-大鼠 LD <sub>50</sub> :9000 mg/kg 皮肤接触-兔子 500mg/24h; 眼接触-兔子 500mg/24h
	硝酸盐氮	/	/
	镍	7440-02-0	大鼠经口最低中毒剂量（TDL <sub>0</sub> ）： 158mg/kg（多代用），胚胎中毒，胎鼠死亡
	铅	7439-92-1	主要由生活性所引起，多因误服或过多服用含铅化物的偏方治疗哮喘、癫痫、驱蛔虫、堕胎等，这种因口服中毒发病常有一个潜伏期，短者 4~6 h，一般 2~3d，最长者 1~2 周，其与摄入剂量和个体差异有密切关系。职业性亚急性中毒也可发生。

表 8.5-2 项目地块地下水中关注污染物对人体健康的致癌效应分析

污染物类型	序号	关注污染物	CAS 编号	致癌效应	非致癌效应
有机污染物	1	氯苯	108-90-7	×	√
	2	石油烃（C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ）	/	×	√
	3	3,4-二硝基甲苯	610-39-9	/	/
	4	2,4-二硝基甲苯	121-14-2	√（2B 类）	√
	5	2,4,6-三硝基甲苯	118-96-7	√（3 类）	√
重金属及无机污染物	6	锰	7439-96-5	×	√
	7	硝酸盐氮	/	×	√

污染物类型	序号	关注污染物	CAS 编号	致癌效应	非致癌效应
	8	镍	7440-02-0	√ (2B 类)	√
	9	铅	7439-92-1	√ (2B 类)	√
1 类致癌物：对人为确定致癌物。 2A 类致癌物：对人很可能致癌，此类致癌物对人致癌性证据有限，对实验动物致癌性证据充分。 2B 类致癌物：对人可能致癌，此类致癌物对人致癌性证据有限，对实验动物致癌性证据并不充分；或对人类致癌性证据不足，对实验动物致癌性证据充分。 3 类致癌物：对人类致癌性可疑，尚无充分的人体或动物数据。 4 类致癌物：对人类很可能不致癌。					
注：“√”表示存在致癌效应或非致癌效应，“×”表示不存在。					

## 2、关注污染物相关毒性参数

主要污染物的毒理参数取值引自《地下水污染健康风险评估工作指南》附录 B 表 B.1。

表 8.5-3 关注污染物的毒理参数取值（查表得到）

污染物		IUR (mg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	来源	RfD <sub>o</sub> (mg/kg-d)	来源	RfC (mg/m <sup>3</sup> )	来源	ABS <sub>gi</sub> (无量纲)	来源
氯苯		-	-	2.00E-02	I	5.00E-02	T	1	RSL
锰		-	-	1.40E-01	I	8.40E-04	T	1	I
硝酸盐氮		-	-	1.6	I	-	-	-	-
铅		-	-	3.50E-03	WHO	1.23E-02	WHO	1.00E+00	WHO
镍		2.60E-01	RSL	2.00E-02	I	9.00E-05	RSL	4.00E-02	RSL
2,4-二硝基甲苯*		8.90E-02	RSL	2.00E-03	I	-	-	1.00E+00	RSL
2,4,6-三硝基甲苯		-	-	5.00E-04	I	-	-	1.00E+00	-
石油 烃 (C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> )	脂肪烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	1.00E-01	-	5.00E-01	-	5.00E-01	-	1.00E-01	-
	脂肪烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	1.00E-01	-	5.00E-01	-	5.00E-01	-	1.00E-01	-
	脂肪烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	2.00E+00	-	-	-	5.00E-01	-	2.00E+00	-
	脂肪烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	2.00E+00	-	-	-	5.00E-01	-	2.00E+00	-
	芳香烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	4.00E-02	-	2.00E-01	-	5.00E-01	-	4.00E-02	-
	芳香烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	4.00E-02	-	2.00E-01	-	5.00E-01	-	4.00E-02	-
	芳香烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	3.00E-02	-	-	-	5.00E-01	-	3.00E-02	-
	芳香烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	3.00E-02	-	-	-	5.00E-01	-	3.00E-02	-

注：IUR，呼吸吸入吸收单位致癌因子；RfD<sub>o</sub>，经口摄入吸收参考剂量；RfC，呼吸吸入吸收参考浓度；ABS<sub>gi</sub>，消化道吸收效率因子。“/”表示无该参数。

“T”代表数据来自美国环保署综合风险信息系统（USEPA Integrated Risk Information System）；“T”代表数据来自德州风险削减项目（Texas Risk Reduction Program）；“RSL”代表数据来自美国环保署区域筛选值（Regional Screening Levels）总表“污染物毒性数据”。

\*用于类比 3,4-二硝基甲苯风险。



## (1) 呼吸吸入参考剂量 (RfDi), 计算公式:

$$RfD_i = \frac{RfC \times DAIR_a}{BW_a}$$

其中:

RfDi —呼吸吸入参考剂量, mg 污染物·kg<sup>-1</sup> 体重·d<sup>-1</sup>;

RfC —呼吸吸入参考浓度, mg·m<sup>-3</sup>。

DAIRa —成人每日空气呼吸量, m<sup>3</sup>/d

BWa —成人体重, kg

## (2) 皮肤接触参考剂量 RfDd 计算公式:

$$RfD_d = RfD_o \times ABS_{gi}$$

其中: RfDo —经口摄入参考剂量, mg 污染物·kg<sup>-1</sup> 体重·d<sup>-1</sup>;

RfDd —皮肤接触参考剂量, mg 污染物·kg<sup>-1</sup> 体重·d<sup>-1</sup>;

ABSgi —消化道吸收效率因子, 无量纲。

表 8.5-4 关注污染物的毒理参数取值 (计算得到)

污染物	SF <sub>d</sub> (mg/kg <sup>-d</sup> ) <sup>-1</sup>	SF <sub>i</sub> (mg/kg <sup>-d</sup> ) <sup>-1</sup>	RfD <sub>d</sub> (mg/kg <sup>-d</sup> )	RfD <sub>i</sub> (mg/kg <sup>-d</sup> )
氯苯	-	-	2.00E-02	1.17E-02
锰	-	-	1.40E-01	1.97E-04
硝酸盐氮	-	-	-	-
铅	-	-	3.50E-03	2.89E-03
镍	-	1.11E+00	8.00E-04	2.11E-05
2,4-二硝基甲苯*	3.10E-01	3.79E-01	2.00E-03	-
2,4,6-三硝基甲苯	3.00E-02	-	5.00E-04	-
石油 烃 (C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> )	脂肪烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	-	5.00E-02	1.17E-01
	脂肪烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	-	5.00E-02	1.17E-01
	脂肪烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	-	1.00E+00	-
	脂肪烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	-	1.00E+00	-
	芳香烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	-	2.00E-02	4.69E-02
	芳香烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	-	2.00E-02	4.69E-02
	芳香烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	-	1.50E-02	-
	芳香烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	-	1.50E-02	-

注: SF<sub>d</sub>, 皮肤接触致癌斜率因子; SF<sub>i</sub>, 呼吸吸入致癌斜率因子; RfD<sub>d</sub>, 皮肤接触参考剂量; RfD<sub>i</sub>, 呼吸吸入参考剂量。“-”表示无该参数。

\*用于类比 3,4-二硝基甲苯风险。

#### 4、关注污染物理化性质参数

主要污染物的理化性质参数取值引自《地下水污染健康风险评估工作指南》附录 B 表 B.2。

表 8.5-5 关注污染物的理化性质参数取值

污染物	H' (无量纲)	来源	Da (cm <sup>2</sup> /s)	来源	Dw (cm <sup>2</sup> /s)	来源	Koc (cm <sup>3</sup> /g)	来源	S (mg/L)	来源	Kp (cm/h)	来源
氯苯	1.27E-01	EPI	7.21E-02	WATER9	9.48E-06	WATER9	2.34E+02	EPI	4.98E+02	EPI	2.80E-02	-
锰	2.45E-02	I	-	-	-	-	1.32E+01	I	-	-	1.00E-03	I
硝酸盐氮	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
铅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.00E-04	-
镍	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.00E-04	-
2,4-二硝基甲苯*	2.21E-06	EPI	3.75E-02	WATER9	7.90E-06	WATER9	5.76E+02	EPI	2.00E+02	EPI	3.10E-03	2.21E-06
2,4,6-三硝基甲苯	8.50E-07	EPI	2.95E-02	WATER9	7.92E-06	WATER9	2.81E+03	EPI	1.15E+02	PHYSPROP	-	8.50E-07
石油烃 (C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> )	脂肪烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	1.20E+02	-	1.00E-01	-	1.00E-05	-	2.51E+05	-	3.40E-02	-	-
	脂肪烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	5.20E+02	-	1.00E-01	-	1.00E-05	-	5.01E+06	-	7.60E-04	-	-
	脂肪烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	4.90E+03	-	1.00E-01	-	1.00E-05	-	6.31E+08	-	2.50E-06	-	-
	脂肪烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	4.90E+03	-	1.00E-01	-	1.00E-05	-	6.31E+08	-	2.50E-06	-	-
	芳香烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	1.40E-01	-	1.00E-01	-	1.00E-05	-	2.51E+03	-	2.50E+01	-	-
	芳香烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	5.30E-02	-	1.00E-01	-	1.00E-05	-	5.01E+03	-	5.80E+00	-	-
	芳香烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	1.30E-02	-	1.00E-01	-	1.00E-05	-	1.58E+04	-	6.50E-01	-	-
	芳香烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	6.70E-04	-	1.00E-01	-	1.00E-05	-	1.26E+05	-	6.60E-03	-	-

注：H'：无量纲亨利常数；Da：空气中扩散系数；Dw：水中扩散系数；Koc：土壤-有机碳分配系数；S：水溶解度；Kp：皮肤渗透系数。

“T”代表数据来自美国环保署综合风险信息数据库（USEPA Integrated Risk Information System）；“PHYSPROP”代表数据来自美国环保署物理性质数据库（The Physical Properties Database）；“WATER9”代表数据来自美国环保署废水处理模型（The Water Treatment Model）；“EPI”代表数据来自美国环保署的化学品质参数估算工具包（Estimation Program Interface Suite）。

\*用于类比 3,4-二硝基甲苯风险。

## 8.6 风险表征

### 8.6.1 风险评估计算模型

本项目风险评估选用《地下水污染健康风险评估工作指南》种推荐模型。

### 8.6.2 致癌风险和非致癌风险

根据《地下水污染健康风险评估工作指南》，关注污染物的健康风险值可根据每个采样点关注污染物的浓度数据进行计算，。因此地下水不同暴露途径下非致癌风险计算公式如下：

（1）吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径的致癌风险和危害商

致癌风险：

$$CR_{iov3} = IOVER_{ca3} \times C_{gw} \times SFi$$

危害商：

$$HQ_{iov3} = \frac{IOVER_{nc3} \times C_{gw}}{RfDi \times SAF}$$

（2）吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径的致癌风险和危害商

致癌风险：

$$CR_{iiv2} = IIVER_{ca2} \times C_{gw} \times SFi$$

危害商：

$$HQ_{iiv2} = \frac{IIVER_{nc2} \times C_{gw}}{RfDi \times SAF}$$

（3）皮肤接触地下水途径的致癌风险和危害商

致癌风险：

$$CR_{dgcw} = DGWER_{ca} \times SFd$$

危害商：

$$HQ_{dgcw} = \frac{DGWER_{nc}}{RfDd}$$

（4）地下水中单一污染物经所有暴露途径的总致癌风险和总危害商

总致癌风险：

$$CR_n = CR_{iov3} + CR_{iiv2} + CR_{dgcw}$$

总危害商：

$$HIn = HQ_{iov3} + HQ_{iiv2} + HQ_{dgcw}$$

项目地块地下水中关注污染物浓度统计结果见表 8.6-1。在本项目中，根据采样点污染物浓度的最大值进行计算，项目地块关注污染物各种暴露途径的危害商计算结果见表 8.6-2~表 8.6-3。

表 8.6-1 项目地块地下水中关注污染物浓度统计

环境介质	污染物	单位	最高浓度
地下水	氯苯	mg/L	12.58（详查浓度）
	锰	mg/L	6.77
	硝酸盐氮	mg/L	30.8
	镍	mg/L	2.8（详查浓度）
	铅	mg/L	0.2（详查浓度）
	石油烃（C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ）	mg/L	0.56
	3,4-二硝基甲苯	mg/L	0.00063
	2,4,6-三硝基甲苯	mg/L	0.00074

地下水中 2,4-二硝基甲苯（用于类比 3,4-二硝基甲苯）所有暴露途径的致癌风险为  $1.02 \times 10^{-12}$ ，小于可接受风险水平  $1 \times 10^{-6}$ 。

表 8.6-2 项目地块关注污染物在浓度最大时各种暴露途径的致癌风险

环境介质	关注污染物	单一途径致癌风险（第二类用地）			所有途径的致癌风险
		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	皮肤接触地下水	CR <sub>n</sub>
		CR <sub>iov3</sub>	CR <sub>iiv2</sub>	CR <sub>dgw</sub>	
地下水	氯苯	-	-	-	-
	锰	-	-	-	-
	硝酸盐氮	-	-	-	-
	铅	-	-	-	-
	镍	-	-	-	-
	2,4-二硝基甲苯*	9.06E-13	1.04E-13	7.97E-15	1.02E-12
	2,4,6-三硝基甲苯	-	-	-	-
	石油烃（C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ）	脂肪烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	-	-	-
		脂肪烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	-	-	-
		脂肪烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	-	-	-
		脂肪烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	-	-	-
		芳香烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	-	-	-
		芳香烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	-	-	-
		芳香烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	-	-	-
		芳香烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	-	-	-

注“-”表示关注污染物不具备该暴露途径或由于缺少相关参数而无法计算。

\*用于类比 3,4-二硝基甲苯风险。

地下水中氯苯所有暴露途径的危害商为  $6.39 \times 10^{-2}$ ，锰所有暴露途径的危害商为  $8.06 \times 10^{-9}$ ，铅所有暴露途径的危害商为  $9.53 \times 10^{-10}$ ，镍所有暴露途径的危

害商为  $1.17 \times 10^{-7}$ ，2,4-二硝基甲苯（用于类比 3,4-二硝基甲苯）所有暴露途径的危害商为  $1.63 \times 10^{-10}$ ，石油烃的所有暴露途径的危害商为  $9.7 \times 10^{-1}$ （本次调查从严以石油烃（C<sub>13</sub>-C<sub>16</sub> 脂肪烃）作为地下水石油类的评价结果），小于可接受风险水平 1。

表 8.6-3 项目地块关注污染物在浓度最大时各种暴露途径的危害商

环境 介质	关注污染物		单一途径危害商（第二类用地）			所有途径 的危害商
			吸入室外空气 中来自地下水	吸入室内空气中 来自地下水	皮肤接触地 下水	
地下水	氯苯		7.37E-03	5.65E-02	2.94E-06	6.39E-02
	锰		-	-	8.06E-09	8.06E-09
	硝酸盐氮		-	-	-	-
	铅		-	-	9.53E-10	9.53E-10
	镍		-	-	1.17E-07	1.17E-07
	2,4-二硝基甲苯*		-	-	1.63E-10	1.63E-10
	2,4,6-三硝基甲苯		-	-	-	-
	石油 烃 ( C <sub>10</sub> - C <sub>40</sub> )	脂肪烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	1.16E-02	2.12E-01	-	2.24E-01
		脂肪烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	5.01E-02	9.20E-01	-	9.70E-01
		脂肪烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	-	-	-	-
		脂肪烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	-	-	-	-
		芳香烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	6.80E-05	6.33E-04	-	7.01E-04
		芳香烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	4.55E-05	2.42E-04	-	2.87E-04
		芳香烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	1.16E-02	2.12E-01	-	2.24E-01
		芳香烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	5.01E-02	9.20E-01	-	9.70E-01

注：“-”表示关注污染物不具备该暴露途径或由于缺少相关参数而无法计算。

\*用于类比 3,4-二硝基甲苯风险。

### 8.6.3 风险贡献率分析

本次暴露风险贡献率分析采用《地下水污染健康风险评估工作指南》中所推荐的分析方法和分析模型。污染物经不同暴露途径非致癌风险贡献率直接采用表 8.4-4 中各种暴露途径的非致癌风险计算结果，第二类用地情况下各种关注污染物在检测浓度最大值的贡献率详见表 8.6-4~表 8.6-5。

地下水 2,4-二硝基甲苯（用于类比 3,4-二硝基甲苯）致癌的风险贡献率较高的暴露途径为吸入室外空气中来自地下水的气态污染物。

地下水中氯苯、石油烃（C<sub>10</sub>~C<sub>40</sub>）危害商的风险贡献率较高的暴露途径为吸入室外空气中来自地下水的气态污染物。由于氯苯、石油烃（C<sub>10</sub>~C<sub>40</sub>）具有很强的挥发作用，通常在水和土壤中的氯苯会很快地挥发到空气中，室内空气流动性相对室外较小，因此人体最大可能吸入室内空气中来自地下水的氯苯气

态污染物从而危害人体健康。

锰、铅、镍、2,4-二硝基甲苯危害商的风险来源于单一暴露途径：皮肤接触地下水。

表 8.6-4 项目地块关注污染物在浓度最大时各种暴露途径的致癌风险贡献率

环境介质	关注污染物	不同暴露途径致癌风险贡献率（%）		
		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	皮肤接触地下水
地下水	2,4-二硝基甲苯*	88.99%	10.22%	0.78%

注：\*用于类比 3,4-二硝基甲苯风险。

表 8.6-5 项目地块关注污染物在浓度最大时各种暴露途径的危害商贡献率

环境介质	关注污染物	不同暴露途径危害商贡献率（%）		
		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	皮肤接触地下水
地下水	氯苯	11.53%	88.46%	0.00%
	锰	-	-	100.00%
	硝酸盐氮	-	-	-
	铅	-	-	100.00%
	镍	-	-	100.00%
	2,4-二硝基甲苯*	-	-	100.00%
	2,4,6-三硝基甲苯	-	-	-
	石油烃（C <sub>10</sub> -C <sub>40</sub> ）	脂肪烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	94.83%	-
		脂肪烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	94.83%	-
		脂肪烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	-	-
		脂肪烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	-	-
		芳香烃 C <sub>10</sub> -C <sub>12</sub>	90.29%	-
		芳香烃 C <sub>13</sub> -C <sub>16</sub>	84.16%	-
		芳香烃 C <sub>17</sub> -C <sub>21</sub>	-	-
		芳香烃 C <sub>22</sub> -C <sub>40</sub>	-	-

注：“-”表示关注污染物不具备该暴露途径或由于缺少相关参数而无法计算。

\*用于类比 3,4-二硝基甲苯风险。

## 8.7 地下水常规指标项和重金属污染风险

地块内地下水存在 pH、重金属锰、钠为非挥发性物质超标；色度、总硬度、耗氧量、氨氮、硝酸盐氮、氯化物等不属于《地下水污染健康风险评估工作指南》附录 H 中的有毒有害指标的污染物超标。地块使用运营中不存在“吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、饮用地下水”等地下水污染物暴露途径。但距离地块最近的主要河流为斜

郭塘支流（南侧 90m）且地块内近期存在改造施工的计划，因此对于地下水 pH、锰、钠、色度、总硬度、耗氧量、氨氮、硝酸盐氮、氯化物等污染，本次评价主要分析地块后续若发生地下水污染物暴露后可能对周边环境和施工人员产生的短期影响。

本地块今后拟继续作为工业用地使用，若存在企业后续设施改造等的需要，在施工过程中，开挖过程会造成地下水暴露途径和暴露率的增加。由于施工改造过程持续时间相对较短，且其有效暴露量具有不确定性，因此本次评价对施工改造过程地下水污染物对人体健康风险进行定性分析。

若施工人员在施工过程中接触到该地下水或误服了该地下水，均可能对施工人员健康造成危害，人体短期接触的影响主要为：

重金属①锰的急性中毒常见于口服浓于 1%高锰酸钾溶液，引起口腔黏膜糜烂、恶心、呕吐、胃部疼痛。慢性锰中毒的早期症状有头晕、头痛、肢体酸痛、下肢无力和沉重、多汗、心悸和情绪改变。

②钠盐中毒通常是因为短时间内吸入大量的氯化钠而引起的。除头眩晕、头痛、恶心、呕吐等症状外，短时间内血压急促升高、心跳速度加快，同时伴有胸闷、呼吸困难，严重者可导致死亡。

常规指标：①地块内部分区域地下水中 pH 大于 10，属于强碱性，急性强碱类中毒是指经皮肤或消化道进入人体，引起局部烧伤及全身中毒。中毒表现如下：皮肤烧伤可见皮肤充血、水肿、糜烂。开始为白色，后变为红或棕色，并形成溃疡，局部伴有剧痛。眼烧伤可引起严重的角膜损伤，以致失明。消化道烧伤可出现口唇、口腔、咽部、舌、食管、胃肠烧伤。烧伤部位剧痛，伴有恶心、呕吐，呕吐物为褐红色黏液状物，并有腹痛、腹泻、血样便、口渴、脱水等症状。重者可发生消化道穿孔，出现休克，还可发生急性肾功能衰竭及碱中毒等。

②色度与浑浊度、溶解性总固体、总硬度是反映水质的物理性状指标，分别用以表示水的颜色、清澈或浑浊程度、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 离子的含量以及总含盐量的多少，是衡量水质良好程度的重要指标之一。这 4 种指标主要影响的是可能受地下水影响的周边地表水体，对地表河流的感官影响较大。水的硬度主要对

农业及工业用水影响极大。过硬或过软的水作为灌溉水对农作物生长和灌溉设备有一定影响，若饮用则危害人体健康。硬水用于工业蒸汽锅炉,易生沉淀结成锅垢,不仅浪费燃料,又易引起爆炸。

③氨氮短期内对人体健康影响较小。主要对水生物存在危害，具体表现为摄食降低，生长减慢，组织损伤、在水中丧失平衡、抽搐等。当氨氮含量高时会导致鱼类死亡。若超标地下水未经有效收集处理，可能会对周边土壤、地下水以及地表水等造成二次污染，尤其需关注农田和地表水体等敏感受体。

④耗氧量（高锰酸盐指数）是衡量水体中有机物及无机可氧化物还污染的常用指标，高锰酸盐指数越高，说明地下水受到有机物污染的程度越严重。

⑤氯化物有多种，部分氯化物可能会对人體造成危害，如三氯化磷及氯化氢，其中三氯化磷对人体的危害有刺激或腐蚀皮肤、黏膜，氯化氢急性中毒可能会引起一系列不适症状。

⑥水中硝酸盐氮含量相差悬殊,从数十微克/升至数十毫克/升，摄入硝酸盐后，经肠道中微生物作用转变成亚硝酸盐而出现毒性作用。文献报道,水中硝酸盐氮含量达数十毫克/升，可致婴儿中毒。

因此，地块施工改造过程中应对超标地下水进行有效收集处理，施工人员在施工过程应做好安全防护措施。收集的废水需经污水处理系统处理后达到《污水综合排放标准》（GB8978-1996）中的三级标准纳入市政污水管网，再经污水处理厂处理达标后排放。此外，还应对施工人员进行安全培训，同时告知地块内的企业员工，尽可能避免使用或接触超标地下水。

## 8.8 地下水污染风险评估结论

（1）通过项目地下水各种污染物浓度统计结果与标准值对比，根据《地下水污染健康风险评估工作指南》附录 H 以及前期调查结果分析，项目地块关注污染物主要有氯苯、锰、硝酸盐氮、镍、铅、石油烃（C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>）、3,4-二硝基甲苯、2,4,6-三硝基甲苯。其中氯苯最大超标值为 12.58mg/L（详查浓度），锰最大超标值为 6.77mg/L，硝酸盐氮最大值为 30.8mg/L，镍最大值为 2.8mg/L（详查浓度），铅最大值为 0.2mg/L（详查浓度），石油烃（C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>）最大值为 0.56mg/L，3,4-二硝基甲苯最大值为 0.00063mg/L，2,4,6-三硝基甲苯最大值为



0.00074mg/L。

(2) 本地块用地性质为工业用地，属于第二类用地暴露情景，在该暴露情景下，成人的暴露期长、暴露频率高，一般根据成人期的暴露来评估污染物的致癌风险和非致癌效应。

(3) 地块内地下水不作为饮用水源，因此地块内地下水不具备饮用地下水暴露途径。

本次风险评估中受氯苯、石油烃（C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>）、2,4-二硝基甲苯、2,4,6-三硝基甲苯污染的地下水考虑了吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、皮肤接触地下水这三种暴露途径。

污染物重金属锰、镍、铅以及硝酸盐氮无挥发性，因此不存在吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物这两种暴露途径，只考虑皮肤接触地下水暴露途径。

(4) 本项目地下水风险评估选用《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）和《地下水污染健康风险评估工作指南》（2019年9月）的推荐模型进行计算。项目地块地下水中污染物氯苯不具备致癌风险，根据计算结果，地下水中2,4-二硝基甲苯（用于类比3,4-二硝基甲苯）所有暴露途径的致癌风险为 $1.02 \times 10^{-12}$ ，小于可接受风险水平 $1 \times 10^{-6}$ 。氯苯经所有暴露途径的危害商为 $6.39 \times 10^{-2}$ ，锰所有暴露途径的危害商为 $8.06 \times 10^{-9}$ ，铅所有暴露途径的危害商为 $9.53 \times 10^{-10}$ ，镍所有暴露途径的危害商为 $1.17 \times 10^{-7}$ ，2,4-二硝基甲苯（用于类比3,4-二硝基甲苯）所有暴露途径的危害商为 $1.63 \times 10^{-10}$ ，石油烃的所有暴露途径的危害商为 $9.7 \times 10^{-1}$ （本次调查从严以石油烃（C<sub>13</sub>-C<sub>16</sub>脂肪烃）作为地下水石油类的评价结果），均小于可接受风险水平1。本地块地下水污染物的人体健康风险总体可接受。

本次调查评估结果表明，本地块土壤未超标，仅地下水超标，地下水污染物的人体健康风险总体可接受，无需进行修复或管控，地块可作为工业用地开发利用，建议移出疑似污染地块名录。由于地块内地下水存在多个污染物超标，为防止对周边环境产生影响，在后期开发利用过程中需做好环境保护和环境监管措施。

## 第9章 后期环境保护及监管措施

根据前期调查结果，地块土壤未超标，仅地下水超标，地下水人体健康风险可接受，地块内地下水氯苯超标浓度较高，若无相应污染防治措施，可能会造成周边地表水环境污染；地下水中还有 pH、锰、钠、色度、总硬度、耗氧量、氨氮、硝酸盐氮、氯化物等指标超标。因此建议地块后续开发利用期间加强环境保护及环境监管措施。

### 9.1 施工期环境保护措施建议

根据人员访谈与规划，地块西南侧将建设新厂房，在施工过程中地块内的污染物可能对环境造成影响，因此需增加以下措施，减少施工期间对周边环境的影响。

1、污水处置及管理：施工期间产生的基坑降排水，禁止设立明沟明渠，应集中收集进入污水处理设施处理后纳管排放，在基坑周围设置一些围挡措施，防止地下水外溢造成周边地表水环境污染。

2、施工期间防护管理：施工期间树立地下水超标警示标注，提醒施工及相关部门防止误食地下水，施工期间做好必要的个人防护以及污染物防护措施，制订现场人员安全防护计划，并对相关人员进行必要的培训。现场人员须按有关规定，使用个人防护装备。

## 9.2 后期环境监管措施建议

### 9.2.1 监管范围

经地下水风险评估结论得出，本次调查评估地块内人体健康风险总体可接受，无需进入地下水修复工作。但由于地块内存在多种污染物超标，而后续地块继续作为工业用地使用生产，因此为防止污染物扩散或对地块内人员造成不良影响，对地块后续管理提出若干环境监管建议。

本企业厂区东侧超标指标主要为常规指标，不属于有毒有害物质。地块内重点关注超标的有毒有害物质包含有氯苯、锰，超标点位为 XW12、XW13、XW14，超标范围集中于厂区西南侧原对硝基苯甲酸生产车间处，根据地下水流向结合分析，污染物有从南向北扩散的趋势，厂区北侧污水处理区将继续使用。因此本地块以西侧区域包含污水处理区、永力新材料生产车间、新建车间（规划）作为监管范围；该区域面积约 10500m<sup>2</sup>，周长约 424m。

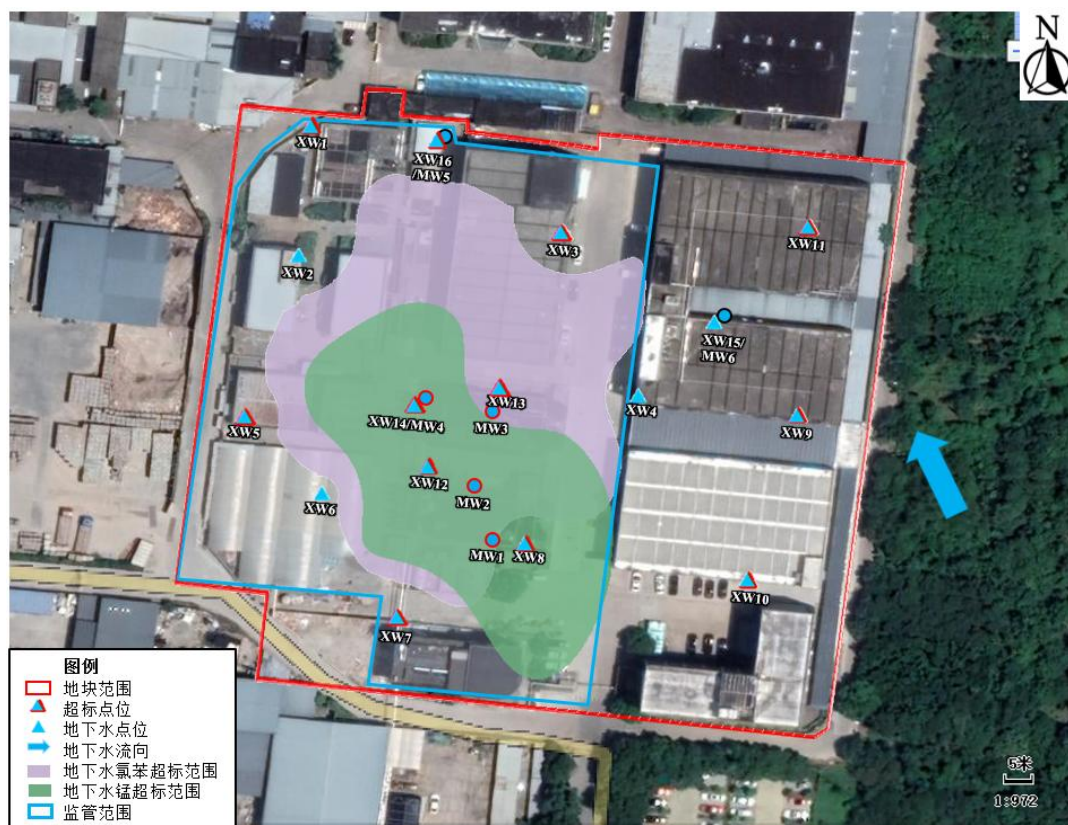


图 9.2-1 监管范围示意图

## 9.2.2 环境监管措施方案

### 9.2.2.1 制度性措施

#### (1) 告示地下水风险

在厂区设置标识，包括环境监管范围名称、监管范围、超标程度、污染物类别、通过监管区注意事项及监管区内行为规范等信息进行现场张贴公示，并对企业员工进行告知及宣传教育，及时改正不规范操作行为，并严禁该区域地下水的使用。在 XW12、XW13、XW14 超标点位处设立标识标牌，避免在改扩建阶段开挖过程中施工人员或企业员工接触监管区域的地下水，做好个人防护措施。

#### (2) 地下水长期监测

为了解地块内地下水污染物浓度变化及扩散情况，本方案建议在监管范围设置长期监测井，制定监测计划如下：

表 9.2-1 地下水监测计划

序号	点位编号	点位位置	东经° E	北纬° N	点位合理性
1	XW1	污水处理站西侧	120.554738	30.458730	扩散监测井，监测污染物是否有向下游扩散的趋势
2	XW8	对硝基苯甲酸生产车间 1 东侧	120.555198	30.457822	上游井，现状锰超标，监测污染物浓度是否有增加趋势
3	XW12	原 2E01 点位	120.554988	30.457989	氯苯、锰超标，监测污染物是否有增加趋势
4	XW13	原 2D01 点位	120.555144	30.458161	氯苯超标，监测污染物是否有增加趋势
5	XW14	原 MW4 点位	120.554960	30.458122	氯苯超标，监测污染物是否有增加趋势
6	XW16	原 MW5 点位	120.555008	30.458699	扩散监测井，监测污染物是否有向下游扩散的趋势
监测 频次	依据《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6-2019）。前期监测频次为每季度一次，两个批次之间间隔不得少于一个月。当出现污染物浓度升高、超标范围扩大等不利情况时，应适当提高监测频次。若污染物浓度存在明显下降趋势，可适当减少监测频次，但不应少于一年一次。				
监测 指标	超标指标：pH、色度、总硬度、耗氧量、氨氮、硝酸盐氮、氯化物、锰、钠、氯苯				

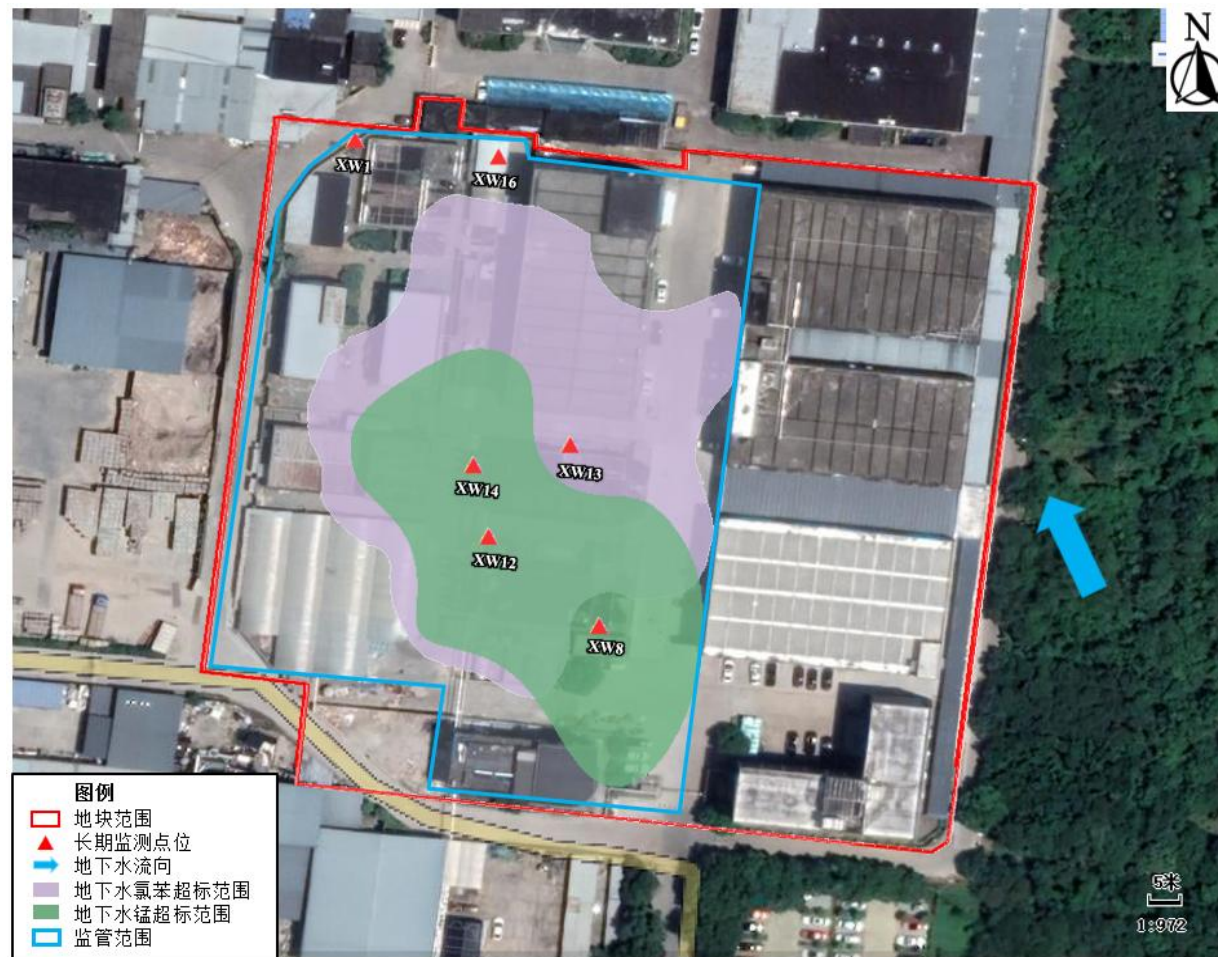


图 9.2-2 地下水长期监测点位布设图

### (3) 其他监管措施

1) 地下水的限制利用：禁止地下水开发利用，尤其是不能作为饮用水源或生活用水。

2) 建议后期在氯苯超标区域设置防渗层并定期开展防渗效果检查，加强日常维护与巡查，减弱呼吸吸入的暴露途径。

3) 对每个监测井建立环境监测井基本情况表，监测井的撤销、变更情况应记入原监测井的基本情况表内，新换监测井应重新建立环境监测井基本情况表；每年应指派专人对监测井的设施进行维护，设施一经损坏，必须及时修复；每年测量监测井井深一次，当监测井内淤积物淤没滤水管，应及时清淤；每2年对监测井进行一次透水灵敏度试验。当向井内注入灌水段1m井管容积的水量，水位复原时间超过15min时，应进行洗井；井口固定点标志和孔口保护帽等发生移位或损坏时，必须及时修复。

4) 本次监管短期目标为防范人群受污染物暴露、超标污染物浓度不增加、超标范围不扩大；远期目标为保证地下水中氯苯的浓度小于或等于《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类限值0.6mg/L，锰的浓度小于或等于《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类限值1.5mg/L，地块整体地下水水质满足《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类限值要求。

#### 9.2.2.2 工程措施（水力控制技术）（应急备选）

企业在生产过程中建议进行地下水长期监测，在监测过程中，如发现污染物氯苯、锰浓度值持续升高，除了制度性措施外还需增设工程措施（水力控制技术）应对污染的扩散。

水力控制技术是利用井群系统，通过抽水人为地改变地下水的水力梯度，从而将受污染水体与清洁水体分隔开来。根据井群系统布置方式的不同，水力控制法又可分为上游分水岭法和下游分水岭法。本方案中超标范围较小，因此推荐在超标区域布置3个抽水井，抽出超标地下水并送到污水处理设施中处理后纳管排放。

#### 工作路线

(1) 现场放线划定监管区域；



(2) 布置场地、安装、调试设备、安装抽提井，可利用原有监测井进行抽提；抽提井布置在污染羽内下游边缘区域和污染最严重区域，达到污染的去除和污染羽的控制；

(3) 从抽提井抽出超标地下水，将超标的地下水抽提入厂区污水处理设备中进行处理；

(4) 处理后的地下水，收集的废水需经污水处理系统处理后达到相关标准后纳入市政污水管网，再经污水处理池处理达标后排放；

(5) 利用厂区原有和新建监测井对地块水力控制技术进行效果跟踪评估。

技术路线如下图所示：

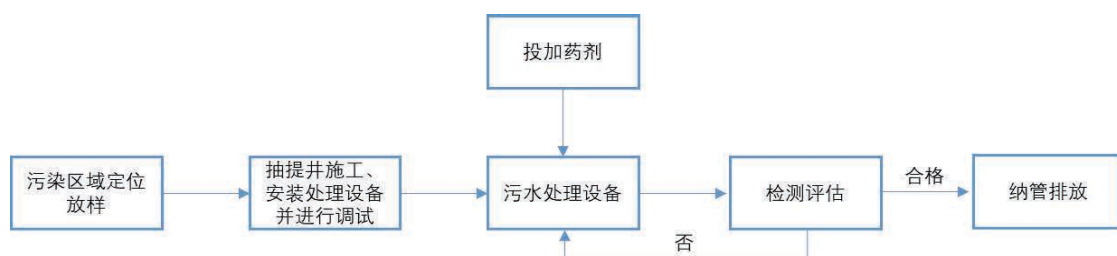


图 9.2-3 水力控制技术路线图

### 井位布置

考虑到企业后续仍继续生产使用，超标范围较小，本次水力控制法主要针对减少污染源输入，避免污染物浓度的进一步升高，此次抽提井布设依据为针对超标严重点位区域四周布设，故在地块内共布设 3 口抽提井。利用厂区原有废水处理设施，对进水的 COD、氨氮浓度进行监控，不能超过企业原有废水处理设施设计的进水水质。



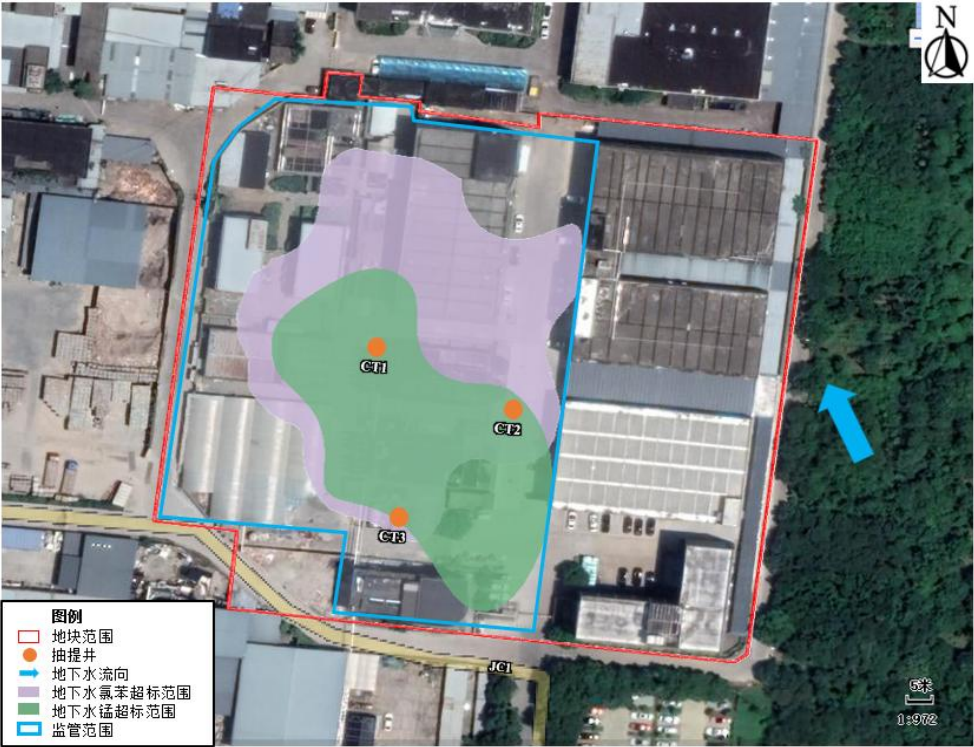


表 9.2-2 抽提井位置坐标表

序号	点位编号	位置	经度	纬度
1	CT1	紧邻超标点位 XW14 西侧	120.554937°E	30.458175°N
2	CT2	对硝基苯甲酸生产车间东侧	120.555280°E	30.458033°N
3	CT3	超标点位 XW8 南侧	120.555006°E	30.457741°N

### 9.2.3 工期及费用估算

根据企业地块地下水污染物超标情况，确定需采取制度性措施，可有效达到对地块内现有地下水超标情况进行环境监管管理的目标，将工程措施作为应急备选措施。以下对实施完成制度性监管措施所需要的工作时间和费用进行估算。

表 9.2-3 监管工作量

编号	项目	工期/天	备注
1	监测井设置、建井洗井	1	/
2	标识牌制作及树立	3	工作验收等
3	退场	1	机械设备退场
4	合计	5	/

表 9.2-4 监管工作量及费用测算（1 年）

监管措施	费用名称	单价	数量	费用（元）
长期监测建设	进场建井费用	2000 元/点	已建 6 个	0
长期监测	监测费用	2000 元/点	6 个/季度	1,2000
树立标识牌	措施费用	1500 元/个	2 个	3000
合计				15,000

## 第 10 章 结论和建议

### 10.1 污染状况调查结论

根据原海宁永力化工有限公司疑似污染地块土壤污染状况调查结果，得出如下结论：

#### （1）地块位置

原海宁永力化工有限公司疑似污染地块位于海宁市盐官镇永力路 2 号，总占地面积约为 18829.00m<sup>2</sup>。地块东侧为道路；南侧为海宁振嘉电子有限公司；西侧是海宁耀华鞋材有限公司、海宁嘉益建材有限公司；北侧为海宁伟业电子有限公司。地块中心地理坐标为东经 120.555161°，北纬 30.458100°。

#### （2）第一阶段调查结果

根据第一阶段调查结果，地块曾作为海宁市郭店化工一厂、海宁市郭店化工二厂、海宁永力化工有限公司、海宁永力电子陶瓷有限公司、海宁永力新材料有限公司等多家工业企业生产使用。其中地块内海宁市郭店化工一厂和二厂成立于 1983 年 10 月，均从事化工产品的生产，属于化工行业；1997 年，海宁市郭店化工一厂和二厂合并为海宁永力化工有限公司，生产布局工艺不变，海宁市郭店化工一厂于 2013 年停产，海宁市郭店化工二厂于 2021 年停产。现地块内化工二厂区域原维修车间、原备用发电机房、污水处理区域及原宿舍楼仍保留，原维修车间及原备用发电机房租赁给海宁市呈洋五金厂，原一厂区域新建建筑作为海宁永力新材料有限公司及海宁永力电热科技有限公司生产仓储使用。目前该地块土地使用权人为海宁永力新材料有限公司，后续仍由海宁永力新材料有限公司继续使用。

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[2021]21 号，浙江省生态环境厅）中的地块分类定义，本地块属于丙类用地中化工行业关停并转，后续作为海宁永力新材料有限公司生产用地（非八大行业），且经浙江省重点行业企业用地调查结果（2020 年）表明地块地下水存在超标情况，地块需进一步开展土壤污染状况调查，查明地块土壤污染状况。

### **(3) 第二阶段调查结果**

#### **1) 水文地质调查结果**

根据地勘报告，地块内主要土层有素填土、粉质粘土、淤泥质粉质粘土、粘土，淤泥质粉质粘土层渗透系数低，可视为相对隔水层，底层高程-3.65~-5.85m，层厚 3.6~6.1m。本次土壤钻孔深度为 6m，根据现场土孔钻探记录结果，土层往下主要为填土、粉质粘土、淤泥质粉质粘土；填土（含素填土、杂填土）主要分布于 0-0.5m，粉质粘土主要分布于 1.5-5.0m，2.5m 以下土层主要为淤泥质粉质粘土，基本可判定淤泥质粉质粘土为该地块的原始土层，与地勘土层分布情况基本一致。

根据地勘报告，地块稳定水位埋深约 1.2~1.4m；调查期间，本地块内地下水埋深为 1.1~1.5m，整体地下水流向趋势主要为东南向西北。

#### **2) 土壤检测结果**

本次调查共布设 36 个土壤采样点位（含 1 个对照点），采样深度为 6m，共计送检 181 个土壤样品（含室内平行样 17 个，室间平行样 8 个）。地块内所有检测因子（重金属、挥发性有机污染物、半挥发性有机污染物、石油烃（C<sub>10</sub>~C<sub>40</sub>））合计 60 项均低于《土壤环境质量建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB36600-2018）中第二类用地的筛选值，其中锌、锡低于《污染场地风险评估技术导则》（DB33/T 892-2013）中第二类用地筛选值（商服及工业用地筛选值），锰、2,6-二硝基甲苯、2-硝基苯胺、3-硝基苯胺（参考 2-硝基苯胺）、4-硝基苯胺、4-氯苯胺低于《深圳市建设用地土壤污染风险筛选值和管制值》（DB4403/T 67-2020）中第二类用地筛选值，钡低于《河北省建设用地土壤污染风险筛选值》（DB13/T 5216-2020）中第二类用地筛选值，铝、铁低于《美国环保署地区筛选值（RSL）》（2022.5）工业用地筛选值。

#### **3) 地下水检测结果**

本次调查项目在采样调查阶段共布设了 23 个地下水采样点位（含 1 个对照点），XW12~XW14、XW16 点位建井深度为 9m，其余点位建井深度 6m，XW1~XW11 点位分别采集表层、底层样品送检，XW12~XW16 点位采集底层样品，其余采集表层样品，共计送检 42 个地下水样品（含室内平行样 4 个，室

间平行样 3 个)。超标情况见下表:

表 10.1-1 地块内地下水超标情况

采样位置	污染物	评价标准	超标点位	超标值	超标倍数
		IV 类限值			
表层样品	pH (无量纲)	5.5~9.0	XW 9-1	9.1	0.01
			XW 11-1	9.6	0.07
底层样品			XW 9-2	9.1	0.01
			XW 11-2	9.5	0.06
表层样品	色度 (度)	25	MW1	200	7.00
			MW2	40	0.60
			MW3	40	0.60
			MW4	200	7.00
表层样品	总硬度(mg/L)	650	MW4	703	0.08
表层样品	耗氧量(mg/L)	10	MW4	10.4	0.04
			XW 7-1	11.2	0.12
			XW 9-1	20.9	1.09
			XW 10-1	18.4	0.84
			XW 11-1	33.6	2.36
底层样品			XW 7-2	11.2	0.12
			XW 9-2	22.8	1.28
			XW 10-2	16.8	0.68
			XW 11-2	34.4	2.44
			XW 16	18.2	0.82
表层样品	氨氮(mg/L)	1.5	MW3	2.62	0.75
			MW4	27.8	17.53
			XW5-1	6.62	3.41
			XW7-1	1.93	0.29
			XW9-1	4.78	2.19
底层样品			XW5-2	6.34	3.23
			XW7-2	1.88	0.25
			XW9-2	4.59	2.06
底层样品	硝酸盐氮(mg/L)	30	XW16	1.870.0	0.25
表层样品	氯化物(mg/L)	350	XW3-1	30.8	0.03
			XW11-1	398	0.14
底层样品			XW3-2	487	0.39
			XW11-2	405	0.16
表层样品	锰(mg/L)	1.5	XW8-1	466	0.33
			XW8-2	1.83	0.22
底层样品			XW12	1.98	0.32
			XW14	6.77	3.51
表层样品	钠(mg/L)	400	XW12	2.96	0.97
底层样品			XW8-1	540	0.35
			XW8-2	611	0.53
底层样品	氯苯(μg/L)	600	XW12	4930	7.22
			XW13	4870	7.12
			XW14	5290	7.82

综上,本地块所有地下水样品中,发现 24 个地下水样品(16 个地下水点位)存在超标情况,超标指标包含 pH 值、色度、总硬度、耗氧量、氨氮、硝酸盐氮、氯化物、锰、钠、氯苯,其余指标均符合 IV 类水质标准,本地块内地

下水属于 V 类水质。

#### 4) 调查一致性分析

2020 年重点行业企业用地调查期间对海宁市郭店化工二厂地块（本次调查范围部分区域）进行了调查，结果发现地块内土壤未超标，地下水中氯苯、镍、铅三项超过《地下水质量标准》（GB/T 14848-2017）IV类限值。本次调查的地下水结果中氯苯超标浓度降低且超标范围缩小，镍、铅未超标。初步推测原有污染物超标来源于化工企业的生产活动，现停产后设备及建筑物已拆除，污染源消除使得地下水中的污染情况存在自然削减的趋势。

#### 5) 超标原因分析

##### ①氯苯超标原因分析

地块地下水氯苯主要污染区域为对硝基苯甲酸生产车间区域，可能来源于原料氯苯的装卸和暂存，泄漏、遗撒、倾倒等情况均可能造成地下水超标。

##### ②常规指标及重金属超标原因分析

地块内地下水还有常规指标 pH、耗氧量、氨氮、硝酸盐氮、氯化物，重金属锰、钠存在超标情况，涉及区域有原贮存池北侧、通氯车间、污水处理区、干燥车间、办公楼处、堆煤场等。对照点检出指标均不存在超标情况。

原贮存池北侧、通氯车间、办公楼、干燥车间、堆煤区：涉及超标因子包含 pH、耗氧量、氨氮、氯化物，该区域超标可能来源于生产废水地面渗漏、原料的装卸暂存等。

污水处理区：涉及超标因子包含耗氧量、氨氮、硝酸盐氮，该区域位于厂区北侧，为化工二厂废水收集、处理使用，设备使用年限较长，池体的破损、管线裂隙可能对地下水造成污染影响。

#### （3）调查结论

根据检测结果，地块内所有土壤样品均未超过二类用地评价标准；地下水存在 pH、色度、总硬度、耗氧量、氨氮、硝酸盐氮、氯化物、锰、钠、氯苯超过《地下水质量标准》IV类标准。根据《浙江省建设用土壤污染风险管控和修复监督管理办法》（浙环发[2021]21 号）第十二条以及《地下水污染健康风险评估工作指南》，地块仅存在地下水超标，需根据工作指南要求开展地下水

污染风险评估工作。

## 10.2 地下水风险评估结论

本地块地下水关注污染物为氯苯、锰、硝酸盐氮、镍、铅、石油烃（C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>）、3,4-二硝基甲苯、2,4,6-三硝基甲苯；本次风险评估中受氯苯、石油烃（C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>）、2,4-二硝基甲苯、2,4,6-三硝基甲苯污染的地下水考虑了吸入室内空气来自地下水的气态污染物、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、皮肤接触地下水这三种暴露途径。

污染物重金属锰、镍、铅以及硝酸盐氮只考虑皮肤接触地下水暴露途径。计算模型来自《建设用地土壤污染风险评估技术导则》（HJ 25.3-2019）和《地下水污染健康风险评估工作指南》（2019年9月）的推荐模型；根据计算结果，2,4-二硝基甲苯（用于类比3,4-二硝基甲苯）所有暴露途径的致癌风险为 $1.02 \times 10^{-12}$ ，小于可接受风险水平 $1 \times 10^{-6}$ 。氯苯经所有暴露途径的危害商为 $6.39 \times 10^{-2}$ ，锰所有暴露途径的危害商为 $8.06 \times 10^{-9}$ ，铅所有暴露途径的危害商为 $9.53 \times 10^{-10}$ ，镍所有暴露途径的危害商为 $1.17 \times 10^{-7}$ ，2,4-二硝基甲苯（用于类比3,4-二硝基甲苯）所有暴露途径的危害商为 $1.63 \times 10^{-10}$ ，石油烃的所有暴露途径的危害商为 $9.7 \times 10^{-1}$ ，小于可接受风险水平1。本地块地下水污染物的人体健康风险总体可接受。

## 10.3 总体结论

本次调查评估结果表明，本地块土壤未超标，仅地下水超标，地下水污染物的人体健康风险总体可接受，无需进行修复或管控，地块可作为工业用地开发利用，建议移出疑似污染地块名录。由于地块内地下水存在多个污染物超标，为防止对周边环境产生影响，在后期开发利用过程中需做好环境保护和环境监管措施。

## 10.4 施工期及后期环境监管与保护措施

根据人员访谈与规划，地块西南侧将建设新厂房，在施工过程中地块内地下水中的超标污染物可能对环境造成影响，因此提出以下环境监管与保护措施：1、基坑降排水需进行污水处理设施处理后纳管排放，基坑围挡措施防止地下水外溢。2、施工期间树立地下水超标警示标注，提醒施工及相关人员防止误食地下水，施工期间做好必要的防护措施。

需防止后期生产过程中存在污染浓度升高或污染羽扩散，建议以西侧区域包含污水处理区、永力新材料生产车间、新建车间（规划）作为监管范围落实环境监管措施。建议采取制度性措施作为主要环境监管措施：在监管范围立标识牌，进行地下水长期监测，限制地下水的开发利用，加强管理等。在监测过程中，如发现超标污染物浓度值持续升高，建议采用备选方案二增加水力控制技术，对地块内超标污染物区域地下水进行抽提处理。

## 10.5 建议

根据本次调查工作和检测结果的分析，地块土壤、地下水整体符合二类用地要求，结合地块未来作为工业用地（M）的土地用途，对地块后续工作提出如下建议：

（1）建议企业进行地下水长期监测，预防地下水污染程度加深或污染羽扩散，企业派遣专人负责地下水监测井的日常维护为佳，以降低后期需要重新建井的工作成本。企业在监测过程中，如发现超标污染物浓度值持续升高，建议增加水力控制技术，对地块内超标污染物区域地下水进行抽提处理。

（2）在地块开挖施工、开发过程中建议企业做好安全防护措施及人员防护管理，应避免皮肤接触和吸入超标的地下水。

（3）禁止地下水开发利用，尤其不能作为饮用水源或生活用水。

（4）建议后期在氯苯超标区域设置防渗层并定期开展防渗效果检查，加强日常维护与巡查，减弱呼吸吸入的暴露风险。



## 10.6 不确定性分析

调查过程中可能受到多种因素的影响，从而给调查结果带来一定的不确定性。影响本次调查结果的不确定性因素主要包括：（1）由于地层结构复杂性、地下水分布季节性、土壤异质性、污染羽不匀性等原因不一定能反映地块可能存在的极端情况；（2）土壤为非均相体系，污染物质在土壤介质中分布不均匀，导致每个采样点位的监测结果所代表的平面或纵向范围可能小于根据相关导则所选择的设计值；（3）地块西南侧将建设新厂房，在建设过程中可能会由于防护不当造成周边环境污染；（4）地块北侧污水处理区、东侧厂房未拆除，之后将继续使用，可能会对环境有影响。