

新宾满族自治县大伙房饮用水水源保护区
苏子河流域配套工程-新宾县 永陵镇污水
处理厂扩建工程
地下水专题报告

建设单位：新宾满族自治县城建投资有限公司

评价单位：辽宁省环保集团辐洁生态环境有限公司

二〇二一年十二月

目 录

1 总论	1
1.1 编制依据	1
1.2 评价目的及工作内容	2
1.3 地下水环境功能及评价标准	3
1.4 地下水评价工作等级	4
1.5 评价范围和保护目标	5
2 区域自然环境概况	7
2.1 地形与地貌	7
2.2 气象与水文	7
2.3 区域地质与构造	7
2.4 区域水文地质概况	10
2.5 区域地下水开采利用现状及规划	13
2.6 区域地下水污染源调查	13
3 项目区地质及水文地质概况	15
3.1 水文地质条件	15
3.2 隔水层	15
3.3 地下水补给、径流及排泄条件	15
3.4 厂区包气带特征	16
3.5 水文地质现场勘查	16
4 评价区地下水环境现状调查与评价	20
4.1 地下水开发利用现状	20
4.2 水文地质调查	20
4.3 地下水环境质量现状调查与评价	21
5 地下水污染模拟预测与评价	25
5.1 水文地质模型的概化	25
5.2 模型识别与验证	30
5.3 情景设定及源强选择	31
5.4 模型预测	33
5.5 地下水模拟预测结论	45
6 地下水环境保护措施与对策	47
6.1 源头控制措施	47
6.2 分区防控措施	48
6.3 地下水环境监测与管理	53
6.4 应急响应	54

1 总论

1.1 编制依据

1.1.1 法律、法规和条例

- (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015.01.01）；
- (2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修订）；
- (3) 《中华人民共和国水污染防治法》（2017 年修订，2018 年 1 月 1 日实施）；
- (4) 《饮用水水源保护区污染防治管理规定》（2010 年 12 月修订）；
- (5) 国务院第 253 号令《建设项目环境保护管理条例》（国令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）；
- (6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》（部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行）；
- (7) 环发[2001]199 号《关于发布<危险废物污染防治技术政策>的通知》（2001.11.17）；
- (8) 《关于进一步加强环境影响评价管理防范环境风险的通知》（2012.07.03）；
- (9) 《产业结构调整指导目录（2019 年本）》。

1.1.2 技术规范

- (1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；
- (2) 《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）；
- (3) 《环境影响评价技术导则 生态影响》（HJ19-2011）；
- (4) 《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）；
- (5) 《地表水环境质量标准》（GB3838-2002）；
- (6) 《生活饮用水卫生标准》（GB5479-2006）；
- (7) 《地下水环境监测技术规范》（HJ164-2020）；
- (8) 《供水水文地质勘察规范》（GB50027-2001）；

(9) 《给水排水构筑物工程施工及验收规范》(GB50141-2008)；

(10) 《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB50268-2008)。

1.1.3 项目有关文件

(1) 《新宾满族自治县大伙房饮用水水源保护区苏子河流域配套工程—永陵镇污水处理厂扩建工程初步设计文件》，辽宁省市政工程设计研究院有限责任公司；

(2) 《新宾满族自治县大伙房饮用水水源保护区苏子河流域配套工程—新宾县永陵镇污水处理厂扩建工程可行性研究报告的批复》(新发改字[2020]33号)，新宾满族自治县发展和改革局；

(3) 《新宾满族自治县产业园区总体规划(2020-2035)环境影响报告书》，辽宁中咨华宇环保技术有限公司；

(4) 《关于新宾满族自治县产业园区总体规划(2020-2035)环境影响报告书的审查意见》(新环审[2020]54号)；

(5) 相关图纸及技术文件。

1.2 评价目的及工作内容

1.2.1 评价目的和任务

地下水环境影响评价的基本目的和任务是进行地下水环境现状评价，预测和评价建设项目实施过程中对地下水环境可能造成的直接影响和间接危害，并针对这种影响和危害提出防治对策，预防与控制地下水环境恶化，保护地下水资源，为建设项目选址决策、工程设计和环境管理提供科学依据。

1.2.2 指导思想

以项目的污染特征和所在地的水文地质环境特征为基础，以有关环保法规为依据，以有关方针、政策及城市发展规划等为指导，以实现发展经济的同时保护环境为宗旨，最终指导建设项目的污染防治和环境管理。

(1) 遵守国家和辽宁省相关法律法规，符合相关部门规范性文件规定，满足环评技术导则要求；

(2) 评价方法力求先进、定量、可靠，评价结论中提出的对策措施具有可操作

性；

(3) 体现环境保护与经济发展协调一致的原则。

1.2.3 评价工作内容

(1) 通过资料搜集和现场的水文地质调查,了解项目区及附近气象—水文条件、地形地貌、地层岩性、地质构造、地下水含水岩组分布特征;

(2) 根据工程特点、取用水情况、包气带的垂向入渗性能、地下水的易污染特征、所处的地下水环境敏感程度等,进行地下水环境影响评价类别和级别划分;

(3) 根据判定的地下水环境影响评价级别,结合水文地质条件,确定地下水环境评价的范围;

(4) 根据确定的地下水环境评价的范围,对项目区周围主要敏感村庄进行水位监测,判定浅层地下水流场;并据此进行地下水水质监测点的布置;

(5) 通过收集资料,确定浅部含水层富水程度及代表地段含水岩层的渗透系数;

(6) 通过地下水水质的现状监测,进行地下水污染现状评价,结合地下水流向、水力梯度、渗透性能等流场特征,概略评价地下水污染趋势,并据此提出合理的地下水污染的防治措施。

1.3 地下水环境功能及评价标准

经勘查期间实测,场地地下水稳定水位埋深为 5.5~7.5m。含水层主要岩性为在细砂,夹在粉质粘土之中,细砂层与粉质粘土互层,含水层渗透系数约 3.5~15.5m/d。含水层上覆包气带渗透系数较小,渗透系数为 0.5m/d~2.5m/d。

拟建项目地下水环境质量评价执行《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类标准,石油类参考执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的 III 类标准。

表 1.3-1 《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) 单位: mg/L

序号	污染因子	标准限值	序号	污染因子	标准限值
1	pH(无量纲)	6.5~8.5	13	铁	≤0.3
2	总硬度	≤450	14	锰	≤0.1
3	溶解性总固体	≤1000	15	镉	≤0.005
4	耗氧量	≤3.0	16	汞	≤0.001

序号	污染因子	标准限值	序号	污染因子	标准限值
5	硫酸盐	≤250	17	铬(六价)	≤0.05
6	氯化物	≤250	18	砷	≤0.01
7	氰化物	≤0.05	19	铅	≤0.01
8	挥发酚	≤0.002	20	总大肠菌群(MPNb/100ml)	≤3.0
9	氨氮	≤0.50	21	菌落总数	≤100
10	硝酸盐	≤20.0	22	钠离子	≤200
11	亚硝酸盐	≤1.00	23	色度(铂钴色度单位)	≤15
12	氟化物	≤1.0	24	石油类	≤0.05

1.4 地下水评价工作等级

依据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)的地下水环境影响评价行业分类表,本项目地下水环境影响评价项目类别为III类项目。

项目位于抚顺市新宾满族自治县新宾镇,位于辽宁省大伙房水源地准保护区内。因此,地下水敏感程度为“敏感”。

表 1.4-1 建设项目的地下水环境敏感程度分级表

敏感程度	地下水环境敏感特征
敏感	集中式饮用水水源(包括已建成的在用、备用、应急水源,在建和规划的饮用水水源)准保护区;除集中式饮用水水源以外的国家或地方政府设定的与地下水环境相关的其它保护区,如热水、矿泉水、温泉等特殊地下水资源保护区。
较敏感	集中式饮用水水源(包括已建成的在用、备用、应急水源,在建和规划的饮用水水源)准保护区以外的补给径流区;未划定准保护区的集中水式饮用水水源,其保护区以外的补给径流区;分散式饮用水水源地;特殊地下水资源(如矿泉水、温泉等)保护区以外的分布区等其他未列入上述敏感分级的环境敏感区 a。
不敏感	上述地区之外的其它地区。

注: a“环境敏感区”是指《建设项目环境影响评价分类管理名录》中所界定的涉及地下水的环境敏感区。

表 1.4-2 建设项目评价工作等级分级表

项目类别 环境敏感程度	I类项目	II类项目	III类项目
敏感	一	一	二
较敏感	一	二	三
不敏感	二	三	三

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)中的建设项目评价工作等级分级表(上表),本项目地下水环境影响评价工作等级为二级。

1.5 评价范围和保护目标

1.5.1 调查与评价范围

为确定项目区域水文地质情况，我们对项目区附近 20km^2 区域进行了水文地质调查及资料收集工作，调查范围主要包括项目所在区域上游及下游区域。根据当地气象、水文、地质条件和本工程三废排放情况及厂址周围敏感目标情况，依据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ 610-2016）8.2.2.1 的“建设项目（除线性工程外）地下水环境影响现状调查评价范围可采用公式法、查表法及自定义法确定”，由于本项目位于低山丘陵及河流阶地地带地质地势较为复杂，不适用于公式法（公式法适用于水文地质条件较为单一的平原区域）；查表法二级评价，评价范围应在 $6-20\text{km}^2$ ，由于本项目位于低山丘陵及河流阶地地带，浅层地下水流向由山岭区域分水岭分割，山岭山脊为分水岭，地下水自山岭区域向河流区域流向，考虑同一水文地质单元内范围确定地下水评价范围，选取 $6-20\text{km}^2$ 评价范围较大，故不适用本项目；本项目所在区域地貌为山岭区域地势较高，山谷内区域地势较低，地形地势由山脊向中谷区域逐渐降低，以山脊分水岭作为地下水补给边界，中谷及河流区域为地下水下游排泄区域，以同一水文地质单元内自定义法确定本次地下水环境影响评价范围，故选取项目所在东、西及北侧山岭区域作为地下水补给区域，南侧河流作为地下水排泄边界，确定评价范围为 2.0km^2 。

建设项目地下水环境评价范围及保护目标图见附图 1。

1.5.2 保护目标

项目区域地下水流向为自东西两侧山脊向中谷区域流向，中谷区域沿地势向南侧河流流向。地下水评价范围内主要保护目标为该区域潜水含水层地下水、周边分散式水源井及大伙房饮用水水源准保护区。

项目位于大伙房饮用水水源准保护区内，南侧临近苏子河，苏子河为大伙房水库补给河流，位于本项目下游区域，项目所在地地下水与苏子河有相互补给关系，故项目产生污染可能对其造成影响，故本项目将下游苏子河作为地下水环境保护目标。

表 1.5-1 地下水保护目标

序号	保护目标	开采层位	相对位置	相对距离（m）
----	------	------	------	---------

1	小夏园村	第四系松散岩类孔隙水	上游	80
2	大伙房饮用水水源准保护区	第四系松散岩类孔隙水	项目所在地	/
3	苏子河	/	下游	40

注：以上相对距离沿地下水径流方向测量得出。

2 区域自然环境概况

2.1 地形与地貌

区域属于辽宁东北部低山丘陵区，属长白山支脉吉林哈达岭向西南之延续部分，一般海拔在 270~890m 之间，相对比高 720m。境内群山连绵，森林茂密，灌木丛生，植被极为发育，森林资源丰富，主要以针叶林、人工林为主，森林覆盖率达 70%。

2.2 气象与水文

主要气候特征是冬寒而长，夏热而短，春季少雨多风，秋季天高气爽，降水集中在夏季，年平均气温 7.6℃，年平均降水量 750mm~850mm 左右。区内主要水系为苏子河。由东向西北向流入大伙房水库。

2.3 区域地质与构造

区域大地构造位于华北地台，辽东台隆，铁岭-靖宇台拱三级构造单元范围之内，浑河深大断裂南侧。苏子河断裂的两侧。区域出露地层主要为太古界鞍山群变质岩系，岩性主要为角闪混合岩、黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩等残留体，区域内的变质岩系均遭到不同程度的混合岩化作用。

2.3.1 地质构造

区域构造主要表现为断裂构造，可分为两组：

- ① 北东向断裂以浑河深大断裂为代表。
- ② 北西断裂主要为北东向断裂之次级构造苏子河断裂，区域内以北西构造为主要构造形迹。

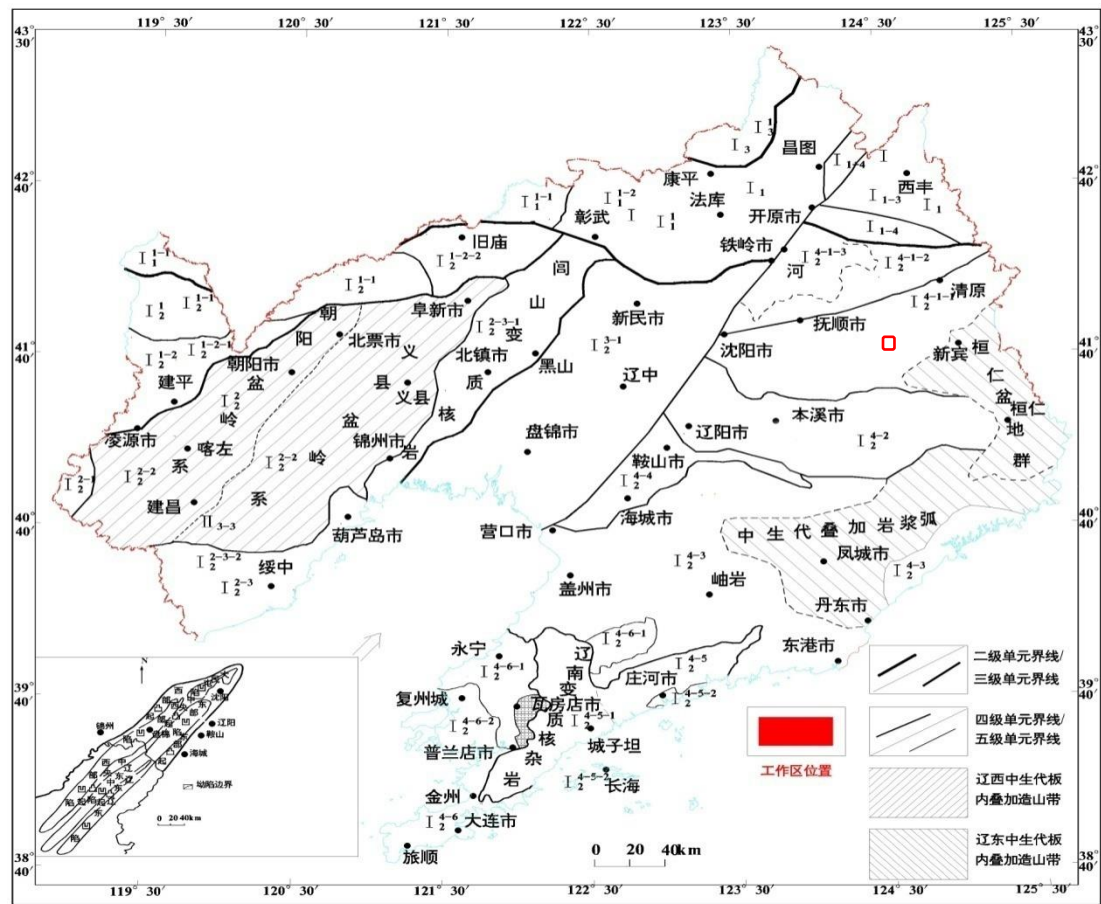


图 2.3-1 项目区域大地构造图

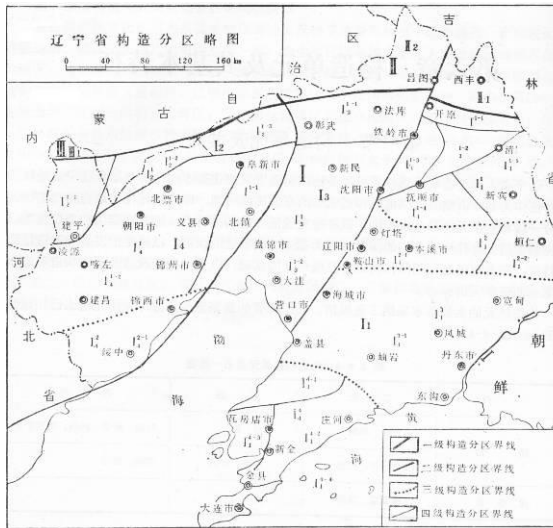


图 2.3-2 构造分区略图

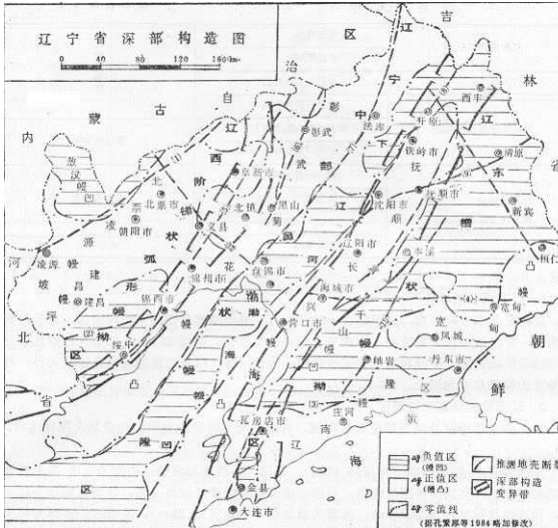


图 2.3-3 深部构造图

2.3.2 地层岩性与基底形态

区域内出露主要地层有太古界鞍山群景家沟组（Arj）和石棚子组（Ars）；元古界震旦系（Z）；中生界侏罗-白垩系（J-K）及新生界第四系（Q4）。

景家沟组（Arj）：主要有斜长辉石麻粒岩、辉石斜长角闪岩。仅零星分布区域南部。

石棚子组（Arans）：主要有石榴黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩。集中分布于区域北部。

元古界震旦系（Z）：主要为石英砂岩。零星分布区域西南部。

中生界侏罗-白垩系（J-K）：主要有凝灰质粉砂岩、砂岩、砾岩。呈带状弧形出露于上夹河、木奇、榆树底一带

第四系（Q4）：主要有冲积物、砂土、砾石。主要分布于苏子河畔及沟谷中。

区域地层走向以北西—南东向为主，北东或南西倾，倾角一般 40° - 60° 。

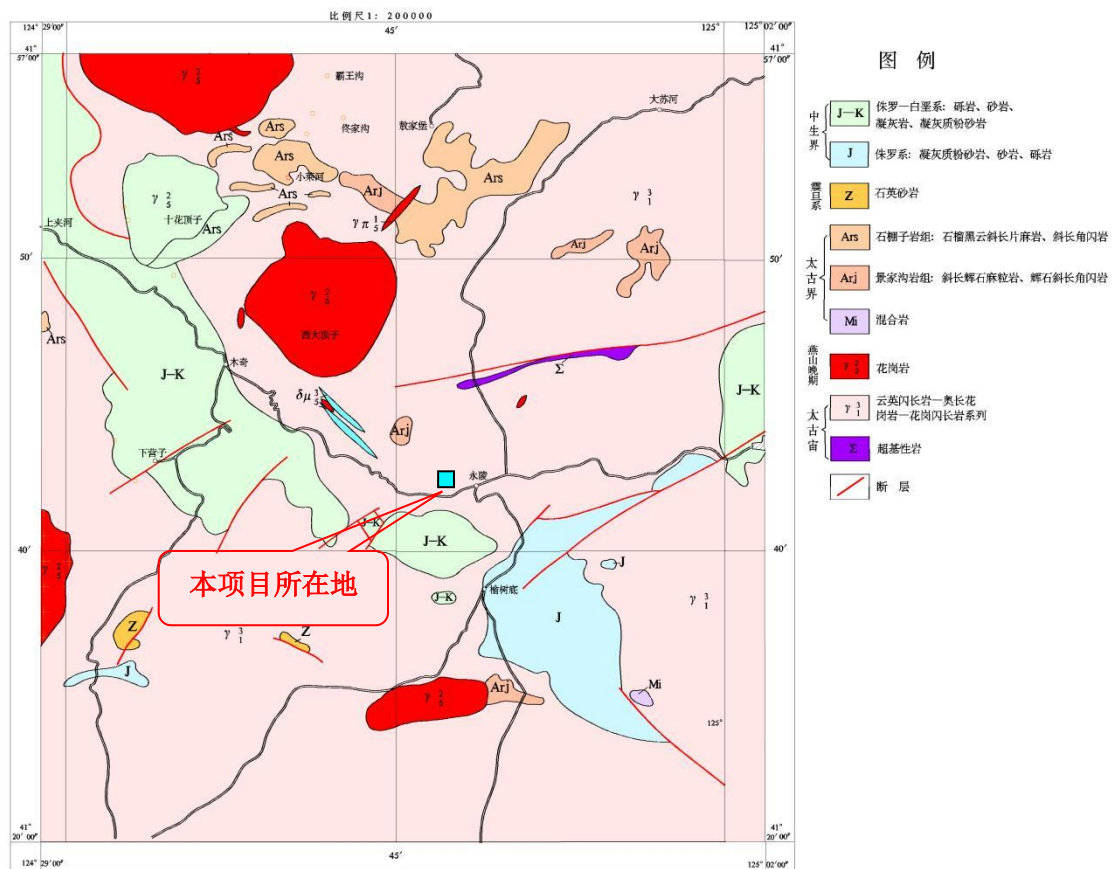


图 2.3-4 项目区域地质图

2.4 区域水文地质概况

2.4.1 地下水类型及富水性

新宾全境地下水分为基岩裂隙水、区域潜水和松散岩类孔隙水 3 个类型。县内地下水丰富，水质优良，均无色、无味，矿化度小于 1g/L，酸碱度为中性水，为较理想的工业用水和生活用水。

评价区内浅层地下水类型为第四系松散岩类孔隙水、基岩风化裂隙水及构造裂隙水。空间分布特征为水平均一、垂直分布的特征。总体上呈现近水平层状分布的特征。地下水呈夏、秋丰，冬、春枯的总趋势，地下水的滞后期短，一般为数天至一个月左右。

（1）第四系松散岩类孔隙水

主要来源于大气降水。区域为低山丘陵地貌，第四系主要分布在丘间谷地，主要由表土、碎石土、砂土和砂砾石组成，含水量较丰富，其富水性差，降水大部分随地形自然坡度而排泄，单井水量小于 0.04L/s。水质良好，以 $\text{HCO}_3\text{-Ca} \cdot \text{Na}$ 型水为主，水质基本上未受污染。

（2）基岩风化裂隙水

主要赋存于基岩风化带中，因区内植被发育程度较好，基岩裸露较差，岩石抗风化能力不均匀。因地表排泄条件较好，其含水微弱，仅含少量风化节理裂隙水。大部分属中性淡水，以 $\text{HCO}_3\text{-Ca} \cdot \text{Mg}$ 型水为主。

（3）构造裂隙水

区内断裂构造发育，现有断裂构造力学性质均为压扭性，但含水层赋存在构造破碎带中，局部受构造的影响，破碎较严重，因此含水性中等。其补给条件为大气降水。

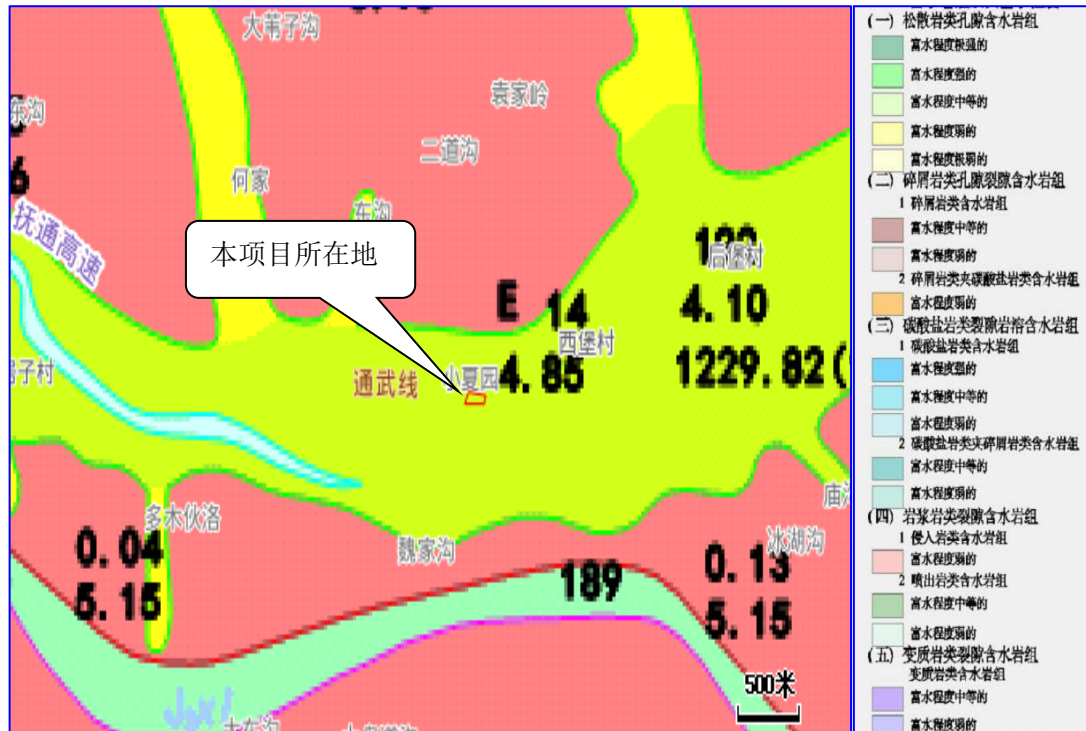


图 2.4-1 区域水文地质图

2.4.2 地下水的补给、径流与排泄条件

评价区内地下水补径排条件较为复杂，含水层结构层次较多，各个层次的地下水相互依存，受区域水文地质单元内补径排条件控制。

(1) 补给条件

评价区内地下水总的补给来源为大气降水。补给途径主要为降水后形成的地表径流汇入评价区、降水渗入地下以地下径流的方式补给地下水，也是侧向补给的主要来源。

评价区边缘垂向上存在较少人工灌溉农田的渗入补给。评价区内尚存在农田，是区内较重要的垂向补给区。深层孔隙水主要靠地下径流补给和层间水顶托补给。

(2) 径流条件

评价区浅层地下水为浅层潜水—微承压水，浅层地下水径流条件主要受地形、地貌和第四纪地质条件的控制，其影响因素包括含水层的导水性和地下水的水力坡度。评价区位于平原下游区，含水层为中粗砂到中细砂，厚度增大，水力坡度约在 1-2%，水平径流变的滞缓，径流条件差，地下水以垂直上升运动为主。

(3) 排泄条件

评价区内地势较陡，水位埋深浅，地下水的垂直蒸发是评价区内地下水主要的自然排泄方式之一。包括地面蒸发、水面蒸发和植物蒸腾作用三种形式。另外，评价区内的地下水还以微弱的地下径流方式排泄到区外。

2.4.3 地下水动态特征

(1) 地下水水位统测

评价区内地下水水位变化小，水力梯度较小，水流缓慢，在丰水期受河水补给影响，在河流附近水位略有上升，水流总体呈现平缓流动趋势。

(2) 地下水水位动态特征

评价区浅层地下水水位动态主要受气象、水文、灌溉等因素控制，其中大气降水是主要因素，它控制着地下水动态的季节变化和年变化。据丰、枯水期动态监测，评价区浅层地下水水位丰水期和枯水期有一定的变化，但都显示为由北向南径流。丰水期和枯水期，地下水的流场形态略有不同，近河地段丰水期河水补给地下水，枯水期灌渠上游停止输水，接受地下水补给。从不同时期的等水位线图上可以看出，丰、枯水期北部变幅在 0.5m 左右。该地区地下水径流滞缓，水位埋藏浅，毛细作用强，潜水蒸发及降水入渗是控制水位动态的主要因素。12 月份至次年 3 月份地表封冻，水位最低且较平稳，4~5 月上旬，地表解冻，受春汛影响，水位有所上升。6 月进入雨季，受降水入渗补给控制，水位开始上升，至 9 月下旬达到峰值。9 月以后降雨入渗基本停止，潜水蒸发排泄成为主导因素，水位缓慢下降，到次年 2 月底达到最低水位。属降雨入渗~蒸发型。

(3) 地下水化学类型特征

根据舒卡列夫分类法，地下水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Na^+ ($\text{Na}+\text{K}$)、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 将 Meq（毫克当量）百分数大于 25% 的阴、阳离子进行组合，每种类型以阿拉伯数字为代号，共 49 类。舒卡列夫分类表见下表。

表 2.4-1 舒卡列夫分类表

含量 > 25% Meq 的离子	HCO_3^-	$\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-}$	$\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$	$\text{HCO}_3^- + \text{Cl}^-$	SO_4^{2-}	$\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$	Cl^-
Ca^{2+}	1	8	15	22	29	36	43

$\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$	2	9	16	23	30	37	44
Mg^{2+}	3	10	17	24	31	38	45
$\text{Na}^{+}+\text{Ca}^{2+}$	4	11	18	25	32	39	46
$\text{Na}^{+}+\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$	5	12	19	26	33	40	47
$\text{Na}^{+}+\text{Mg}^{2+}$	6	13	20	27	34	41	48
Na^{+}	7	14	21	28	35	42	49

按矿化度又分为 4 组：A 组矿化度 $<1.5\text{g/L}$ ，B 组 $1.5\text{-}10\text{g/L}$ ，C 组 $10\text{-}40\text{g/L}$ ，D 组 $>40\text{g/L}$ 。命名时在数字与字母间加连接号，如 1-A 型：指的是 $\text{M}<1.5\text{g/L}$ ，阴离子只有 $\text{HCO}_3^->25\%\text{Meq}$ ，阳离子只有 Ca 大于 $25\%\text{Meq}$ 。49-D 型，表示矿化度大于 40g/L 的 Cl-Na 型水，该型水可能是于海水及海相沉积有关的地下水，或是大陆盐化潜水。

通过区域内潜水八大离子监测结果可知，本项目所在区域地下水化学类型为 1-A 型（ HCO_3^- - Ca^{2+} ）淡水，地下水总矿化度小于 1g/L ，属于淡水，地下水矿化度较低，水质情况较好。

就现有资料分析，大部分地段的矿化动态并不大，但由于含水层深浅部位不同，外界影响因素的影响程度不等，矿化度的动态变化亦有差异。总的规律是：浅层水矿化度高于深层水。雨季到来后，降雨量增加，蒸发量减小，浅层水矿化度下降。春秋季节降雨量减少，蒸发量加大，矿化度逐渐升高。但总体年变化幅度不大。

2.5 区域地下水开采利用现状及规划

区域地下水资源开发包括第四系地下水和上第三系地下水。评价范围内第四系地下水为孔隙水，项目周围农村饮用水源主要为分散式饮用水水井。

评价范围内第四系地下水暂无集中式地下水开采规划，现均为民用水井，现地表河流为苏子河为大伙房水库补给流域。

2.6 区域地下水污染源调查

地下水污染源主要包括工业污染源、生活污染源和农业污染源。对调查区内的工业污染源，按原国家环保总局《工业污染源调查技术要求及其建档技术规定》的要求进行调查，最终调查结果如下：

（1）工业污染源调查

本项目周边有工业厂区，在非正常状况及事故状况下可能会对周边地下水环境造

成影响。

（2） 农业污染源调查

根据调查结果可知，调查区范围内的农业污染源主要为化肥的使用，如铵肥、磷肥和尿素等。调查区范围外有耕地，化肥和农药的施用可能会对地下水造成污染。

（3） 生活污染源

根据调查结果可知，评价区内零散地分布着一些村落，村落居民生活垃圾的堆放、生活污水的排放以及厕所粪便淋滤渗漏皆对地下水造成污染。

3 项目区地质及水文地质概况

3.1 水文地质条件

根据赋水条件和水力特征,分为松散岩类孔隙潜水含水层和基岩风化裂隙潜水含水层。

松散岩类孔隙潜水含水层:

该层分布于沟谷及山坡低洼处,以坡洪积为主,岩性为中粗砂。含水层厚度 0.2-1.5 米,地下水埋深 1-1.5 米,主要受大气降水补给。

基岩风化裂隙潜水含水层:

混合岩、片麻岩、斜长角闪岩、磁铁石英岩,虽然岩性不同,但地下水都赋存于这些岩石的风化裂隙中,并形成具有统一水力联系的风化裂隙潜水含水层。由于风化裂隙发育程度不同,所处标高位置不同,富水性也有差异,强风化带深度一般不大于 10 米。向下的弱风化带是由上向下逐渐变弱,难以找到一个明确的界面。一般在 10m—25m。根据抽水试验资料,单位涌水量 0.0395L/s.m。渗透系数为 0.004—0.008m/d,水温 13℃,水化学类型为重碳酸钙钠型低矿化度水,总矿化度 5.00mg/L。

构造破碎带:

没有发现明显的构造破碎带,从钻孔中提取的断裂带上的岩心观察,岩石虽有碎裂结构,但被泥质胶结,无裂隙孔隙等容水空间,故其不透水也不含水。

3.2 隔水层

除第四系松散岩类孔隙潜水含水层之外的诸如混合岩、片麻岩、斜长角闪岩、磁铁石英岩,均具有大致相同的地质环境条件,有相同的水文地质性质,即节理裂隙不发育,且越向深部发育越弱,渗透性极差,有隔水能力。

3.3 地下水补给、径流及排泄条件

大气降水绝大部分沿山坡流入河谷,由河流排泄至区外,只有少量渗入地下,补给地下水。地下水的补给来源主要靠大气降水。

松散岩类孔隙潜水含水层具中等富水性,是区内透水性最强的含水层,它的补给

来源第一是大气降水，第二是河水及较高处的基岩裂隙水，该层水由高处向低处径流。有的以泉的形式溢出地表，有的补向底部的基岩裂隙水，又成为基岩裂隙水的补给来源。

基岩风化裂隙潜水含水层，具弱富水性，是本区的弱含水层，补给来源一是大气降水的渗入补给，二是上覆的松散岩类孔隙潜水的渗入补给。基岩裂隙水由高向低径流，在山坡和山脚会以泉的形式溢出地表，或渗入到较低处的松散岩类孔隙水含水层。又成为松散岩类孔隙含水层的补给来源。

3.4 厂区包气带特征

包气带土壤对与石油类污染物的吸附能力较差，很快即达到吸附饱和，这是因为包气带土壤中所含的粘土矿物中存在着大量可交换的亲水性无机阳离子，使其表面形成一层薄的水膜，阻碍了疏水性有机污染物的表面吸附，包气带土壤有机污染物的吸附主要是通过其层间结构来实现的。包气带土壤对于重金属离子较大的吸附量则是由于其含有的粘土矿物具有较大的比表面积及离子交换容量。胶泥土、粘土、粉砂质粘土对污染物的防护能力依次减小，即粒径越小，胶结程度越高，土壤对污染物的截留能力越强。本项目场地中包气带土壤对各种污染物的吸附能力均较低，这是由于所取用的包气带土壤以素填土及粉质黏土为主，相应的土壤颗粒的粒径较小，所含粘土矿物较多，故对各种污染物的截留吸附能力较强。

包气带即地表与潜水面之间的地带，是地下含水层的天然保护层，是地表污染物进入含水层的垂直过渡带。污染物质进入包气带便与周围介质发生物理化学、生物化学等作用，其作用时间越长越充分，包气带净化能力越强。包气带岩土对污染物质吸附能力大小与岩石颗粒大小及比表面积有关，通常粘性土大于砂性土。本项目场址区土层为粉质粘土层、淤泥质土层分布较为连续，粉质粘土层、淤泥质土以中-稍密为主，中等压缩性土。粉质粘土渗透系数 $6.7 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ ，因此包气带防污性能分级属弱。

3.5 水文地质现场勘查

为查明场地环境水文地质问题和获取预测评价相关参数，在进行地下水环境影响评价工作时，可进行必要的水文地质勘查试验。本次根据评价内容需要，在调查区域内进行抽水试验和渗水试验，查明含水层的渗透系数和包气带土层渗透系数。

（1）抽水试验

抽水试验是通过从钻孔或水井中抽水，定量评价含水层富水性，测定含水层水文地质参数和判断某些水文地质条件的一种野外试验工作方法。抽水试验包括稳定流抽水试验和非稳定流抽水试验。

为获取含水层组的水文地质参数，本次对调查区域内 1 个水井进行单孔稳定流非完整井抽水试验，抽水试验前期按非稳定流试验观测。

1) 抽水试验要求

根据项目场区水文地质条件，本次抽水试验进行 1 次水位降深，水位降深最大降深值根据水文地质条件，并考虑抽水设备能力确定。

抽水试验水位稳定标准是在稳定时间内，抽水孔水位波动值不超过水位降低值的 1%，当降深小于 10cm 时，水位波动不超过 5cm，水量波动值不能超过正常流量的 5%。

2) 抽水试验成果

本次抽水试验采用单孔稳定流潜水非完整井计算公式计算渗透系数，计算成果：

$$K=0.534\text{m/d}$$

（2）渗水试验

渗水试验是测定非饱和带松散岩层饱和渗透系数的一种方法。目前，野外现场进行渗水试验的方法是试坑渗水试验，包括试坑法、单环法、双环法及开口试验和密封试验几种，本次试验选择单环法。

1) 渗水试验点布设

根据项目水文地质勘查补充试验方案，结合拟建项目现场情况，在厂区内选取 1 个渗水试验点位，获取场区包气带渗透性能参数。

2) 渗水试验方法

本次渗水试验主要参照《水利水电工程注水试验规程》（SL345-2007）中渗水试验要求，采用单环注水。试坑单环注水试验适用于地下水位以上的砂土砂卵砾石等土层。

试验步骤如下：

- ① 在选定的试验位置挖一个圆形或方形试坑至试验层；
- ② 在试坑底部再挖一个深注水试坑，坑底应修平并确保试验土层的结构不被扰动在，注水试坑内放入铁环环外用黏土填实确保四周不漏水；
- ③ 在环底铺 2-3cm 厚的粒径 5-10mm 的砾石或碎石作为缓冲层；
- ④ 向环内注水，当环内水深达到 10cm 时开始记录量测时间和注入水量。在试验过程中，应保持水深 10cm，波动幅度不应大于 0.5cm。
- ⑤ 水量量测精度应达到 0.1L，开始每隔 5min 量测一次，连续量测 5 次，以后每隔 20min 量测一次并至少连续量测 6 次，当连续 2 次量测的注入流量之差不大于最后一次流量的 10%时，试验即可结束，取最后一次注入流量作为计算值。

3) 渗水试验成果

① 渗水速率历时曲线

根据渗水试验过程中流量变化与时间关系，作出 $Q-t$ 关系曲线图。

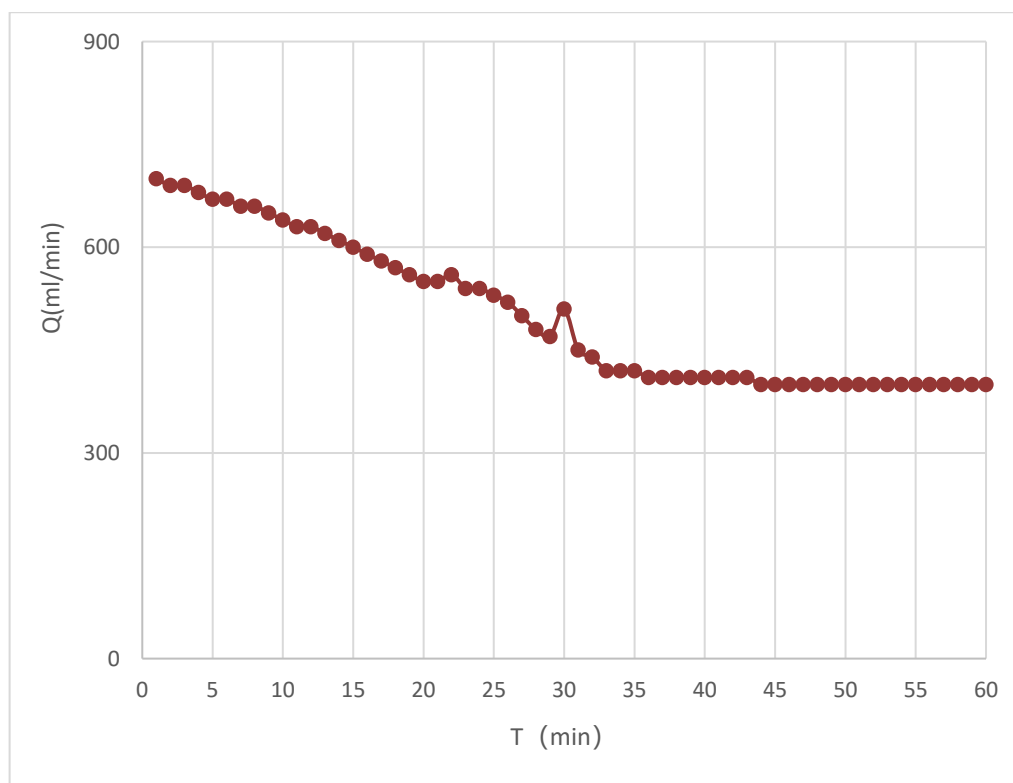


图 3.5-1 渗水试验 $Q-t$ 曲线图

② 渗水试验计算结果

试验土层的渗透系数按下式计算：

$$K=16.67Q/F$$

式中：K-试验土层渗透系数，cm/s；

Q-注入流量，L/min；

F-试环面积，cm²。

由公式可计算出场区包气带渗透系数值，见下表：

表 3.5-1 厂区内岩性的渗透试验系数统计表

序号	含水岩层	试坑直径 (cm)	延续时间 t (min)	渗透系数 (cm/s)	孔隙度	给水度
1	粉质黏土	35.75	60	6.7×10^{-3}	0.18	0.19

4 评价区地下水环境现状调查与评价

4.1 地下水开发利用现状

评价范围区内开发地下水类型为基岩裂隙潜水和第四系孔隙潜水，开采量较小，开采深度为 5~20m，开采量一般小于 $1\text{m}^3/\text{d}$ ，主要为生活用水。抚顺市集中式饮用水源地为大伙房水库，位于评价区的下游，距离项目区约为 39km。

4.2 水文地质调查

为了查明评价区的水文地质以及地下水位情况，对研究区进行了区域水文地质调查，统测评价区的地下水位，调查该区域的地层岩性、含水层厚度以及分布规律；调查该区域内地貌单元的形态和分布规律；调查该区域内已有民井的位置、井深，井的口径和井管结构，了解其开采形式与开采量。

调查观测线路的布置一般沿地质、地貌、水文地质条件变化最大的方向，以垂直地貌单元为主，观测点均匀布置在地质、地貌、地下水具有代表性地段。

由于研究区深层水的埋深相对较深，并且浅层水和深层水之间存在粘性土相对弱透水层，污染物对深层水的影响相对较弱，因此本次调查仅关注浅层水的特征。水位统测采用人工测量方法，于 2021 年 07 月 14 日在评价区范围内选择了 10 口浅井，分别对浅层地下水水位进行了水位测量，详见下表。由于项目所在地临近苏子河，距离仅为 40m，范围内无地下水监测井，因此监测井主要集中在上游及侧上游。

表 4.2-1 地下水水位调查结果一览表

序号	点位	水位 (m)	水温 (°C)	井深 (m)
1	项目所在地 S1#	29	2	35
2	小夏园 S2#	67	2	70
3	夏园村 1S3#	13	3	30
4	西堡村 S4#	20	2	30
5	后堡村 2S5#	24	3	27
6	夏园村 2S6#	20	3	25
7	后堡村 S7#	28	2	30
8	何家 S8#	35	2	40
9	张家欣 S9#	18	3	25
10	腰堡 S10#	35	2	40

4.3 地下水环境质量现状调查与评价

(1) 调查点布设

根据区域内地下水流向,依据地下水流场和项目的位置关系,确定了地下水水质监测方案,监测点详情见附图 4。本次地下水环境调查与评价在统一的地下水潜水含水层共布设水质采样点 5 个。

(2) 监测项目

pH、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、挥发性酚类、氰化物、砷、汞、铬(六价)、总硬度、铅、镉、铁、锰、溶解性总固体、耗氧量、硫酸盐、氯化物、氟化物、 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 Cl^- 、 SO_4^{2-} 、石油类、色度、总大肠菌群、菌落总数。

(3) 监测时间

采样时间为 2021 年 7 月 14 日,监测频次每日 1 次,连续 1 日。

(4) 监测分析方法

监测分析方法按《地下水环境质量标准》(GB/T14848-2017)选配方法及国家环保部《水和废水监测分析方法》中有关规定执行。

(5) 现状评价结果

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)的要求,地下水水质现状评价以本次对评价区采集的水质样品分析结果为依据,以单项指标测定值作为水质评价参数,对照《地下水质量标准》(GB/T14848-2017)(III类标准),采用标准指数法进行评价,其中石油类指标对照《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)中石油类限值。

① 对于评价标准为定值的水质因子,其标准指数计算公式:

$$Pi=Ci/Co_i$$

式中, P_i —第 i 个水质因子的标准指数,无量纲;

C_i —第 i 个水质因子的监测浓度值, mg/L;

CS_i —第 i 个水质因子的标准浓度值, mg/L。

② 对于评价标准为区间值的水质因子(如 pH 值),其标准指数计算公式:

$$P_{pH}=(7.0-pH_i)/(7.0-pH_{sd})(pH_i \leq 7.0)$$

$$P_{pH}=(pH_i-7.0)/(pH_{su}-7.0)(pH_i > 7.0)$$

式中， P_{pH} —pH 的标准指数，无量纲；

pH—pH 监测值；

pH_{su}—标准中 pH 的上限值；

pH_{sd}—标准中 pH 的下限值。

标准指数 $P > 1$ 时，即表明该水质因子已经超过了规定的水质标准，指数越大，超标越严重。根据上述方法，计算出浅层地下水水质监测点各单项水质参数标准指数见下表。

表 4.3-1

地下水监测情况一览表

单位: mg/L

序号	检测项目	1#二道边村		小夏园 S2#		夏园村 S3#		西堡村 S4#		后堡村 2S5#		标准值	超标率	最大超标倍数
		浓度	标准指数	浓度	标准指数	浓度	标准指数	浓度	标准指数	浓度	标准指数			
1	pH (无量纲)	7.11	0.07	7.16	0.11	7.22	0.15	7.09	0.06	7.14	0.09	6.5-8.5	0	/
2	氨氮	0.426	0.85	0.186	0.37	0.417	0.83	0.323	0.65	0.392	0.78	0.5	0	/
3	总硬度	211	0.47	185	0.41	187	0.42	174	0.39	172	0.38	450	0	/
4	溶解性总固体	379	0.38	368	0.37	398	0.40	365	0.37	362	0.36	1000	0	/
5	耗氧量	1.26	0.42	1.22	0.41	1.34	0.45	1.24	0.41	1.19	0.40	3	0	/
6	挥发性酚类	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	0.002	0	/
7	氰化物	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	0.05	0	/
8	铬(六价)	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	0.05	0	/
9	铅	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	0.01	0	/
10	镉	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	0.005	0	/
11	铁	0.06	0.20	0.06	0.20	0.07	0.23	ND	/	0.03	0.10	0.3	0	/
12	锰	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	0.1	0	/
13	砷	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	0.01	0	/
14	汞	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	0.001	0	/
15	硝酸盐	12.8	0.64	0.154	0.01	0.154	0.01	14.1	0.71	0.154	0.01	20	0	/
16	亚硝酸盐	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	1	0	/
17	硫酸盐	19.6	0.08	7.18	0.03	8	0.03	24.4	0.10	7.46	0.03	250	0	/
18	氯化物	8.29	0.03	1.68	0.01	1.76	0.01	9.5	0.04	2.89	0.01	250	0	/
19	氟化物	0.013	0.01	0.016	0.02	ND	/	0.046	0.05	ND	/	1	0	/
20	Cl ⁻	8.29	/	1.68	/	1.76	/	9.5	/	2.89	/	/	0	/

21	SO ₄ ²⁻	19.6	/	7.18	/	8	/	24.4	/	7.46	/	/	0	/
22	CO ₃ ²⁻	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	/	0	/
23	HCO ₃ ³⁻	69	/	75	/	82	/	84	/	79	/	/	0	/
24	K ⁺	0.92	/	0.13	/	0.16	/	1.02	/	0.3	/	/	0	/
25	Na ⁺	11.18	0.06	8.75	0.04	8.61	0.04	8.31	0.04	11.13	0.06	200	0	/
26	Ca ²⁺	12.59	/	13.8	/	12.66	/	24.61	/	39.7	/	/	0	/
27	Mg ²⁺	3.181	/	3.394	/	2.877	/	1.179	/	3.744	/	/	0	/
28	石油类	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	0.05	0	/
29	色度 (度)	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	15	0	/
30	细菌总数 (CFU/mL)	60	0.60	40	0.40	30	0.30	30	0.30	40	0.40	100	0	/
31	总大肠菌群 (MPN/100mL)	ND	/	<2	/	<2	/	<2	/	<2	/	3	0	/

ND 代表未检出。

根据监测数据，评价区内各监测点位各水质指标均满足《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中Ⅲ类限值的要求。

5 地下水污染模拟预测与评价

5.1 水文地质模型的概化

建设项目所在区域属于平原型水文地质单元,本次评价以项目所在地山岭区域为地下水补给边界,南侧河流为地下水排泄边界。区域内地下水主要接受降雨补给及径流补给。区内含水层地下水流动较小,属于层流运动,符合达西定律,流速矢量在 x , y 方向有分量,可以概化为二维流,地下水系统的输入和输出随时间、空间变化,水流为非稳定流,基本上符合达西定律。

由前述地下水系统的概念模型,可抽象地建立本研究区地下水运动的数学模型,其数学表达式:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left[k (h-z) \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[k (h-z) \frac{\partial h}{\partial y} \right] + W (x, y, t) - \sum_{j=1}^m Q_j \sigma (x-x_j, y-y_j) = u \frac{\partial h}{\partial t}$$

$$h (x, y, t)_{t=0} = h_0(x, y, t)$$

$$h (x, y, t)_{\Gamma_1} = h_1(x, y, t)$$

$$k (h-z) \frac{\partial h}{\partial n} \Gamma_3 = -q (x, y, t)$$

式中: x, y ——空间坐标 (m);

$K (x, y)$ ——渗透系数 (m/d);

u ——潜水含水层的给水度;

t ——时间变量 (d);

$W (x, y, t)$ ——垂向补排强度 (m/d);

$Q (x_j, y_j, t)$ —— t 时第 j 号井抽水量 (m^3/d);

Z ——含水层底板标高 (m);

$h (x, y, t)$ ——地下水待求水位 (m);

$h_0 (x, y, t)$ ——渗流场内初始水位值 (m);

$h_1 (x, y, t)$ ——第一类边界水位值 (m);

$q(x, y, t)$ ——第三类边界的单宽流量 (m^3/d) ;

n ——第三类边界内法线方向单位向量;

Γ_1 和 Γ_3 ——第一类和第三类边界;

本次模拟预测中地下水溶质迁移转化数学模型为:

$$D_{xx} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + D_{yy} \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + V_{xx} \frac{\partial C}{\partial x} + V_{yy} \frac{\partial C}{\partial y} = n_e \frac{\partial C}{\partial t}$$

$$C(x, y, z)|_{t=0} = C_0(x, y, z)$$

$$C(x, y, z, t)|_{\Gamma_1} = C_1(x, y, z, t)$$

式中: C ——研究区污染物浓度, (mg/L);

x, y, z ——坐标 (m);

D_{xx} —— x 方向上污染物的弥散系数 (m^2/d);

D_{yy} —— y 方向上污染物的弥散系数 (m^2/d);

V_{xx} —— x 方向上的渗透流速 (m/d);

V_{yy} —— y 方向上的渗透流速 (m/d);

n_e ——有效孔隙度;

C_0 ——研究区污染物初始浓度 (mg/L);

C_1 ——为研究区一类边界点的浓度值 (mg/L);

t ——时间 (d);

Ω ——研究区空间范围;

Γ_1 ——研究区一类边界。

溶质在地下水中的运移模型通过给出的运动方程与水流模型耦合起来。

$$\begin{cases} V = -K \cdot \text{grad}H \\ V = u \cdot n_e \end{cases}$$

式中: V ——溶质在地下水运移中的渗透速度 (m/d);

K ——含水层渗透系数 (m/d);

gradH ——地下水水力坡度；

u ——溶质在地下水运移中的实际速度（m/d）；

n_e ——有效孔隙度。

（1）含水层概化

地层岩性以冲洪积为主，以第四系松散堆积物为主。地下水类型为第四系松散堆积物中的孔隙潜水。第四系孔隙潜水分布在河流阶地区域，岩性上部以粉质粘土为主，厚度 2.5-4.5m。本此模拟将第四系含水层概化为一层，同时含水层的岩性和厚度在区内均有不同程度的变化，但变化范围较小。

用于地下水流数值模拟的水文地质参数主要有两类，一类是用于计算地下水补排量的参数，如前述大气降水入渗系数、蒸发系数等；另一类是表征含水层特征的水文地质参数，包括含水层的渗透系数、给水度等参数。评价区项目所在地区含水层主要岩性为在细砂，夹在粉质粘土之中，细砂层与粉质粘土互层，含水层渗透系数约 3.5~15.5m/d，含水层上覆包气带渗透系数较小，渗透系数为 0.5m/d~2.5m/d。根据评价区的水文地质条件，以河流和阶地的天然界限为分区，对模型水文地质参数进行初步分区赋值，并在数值模型的参数识别阶段进行调参，具体参数赋值情况下表。

表 5.1-1 水文地质参数的确定

区域	岩性	θ_s	θ_r	α	n	K_s	θ
中部及南侧 部阶地区域	粉质黏土	0.35	0.06	0.5	1.09	0.5-2.5	0.36
	黏土	0.41	0.032	1.6	1.37	1.8-7.5	0.46
山岭山区	砂土	0.46	0.042	14.2	2.68	15-30	0.43

（2）含水层水力特征概化

根据研究区域沉积条件以及含水层结构特点，假设上部与研究区域含水层之间不发生垂向的水力联系，下部不考虑与基岩裂隙水、溶隙水之间发生水力联系，含水层的天然水力梯度 1.2×10^{-4} - 2.1×10^{-4} 。地下水流场相对平缓，近似符合达西定律。

（3）溶质运移特征概化

本次计算主要关注三种离子的运移规律，假设这些离子不参与整个地下水流动过程中的地球化学作用。因此，离子的溶质运移过程符合对流—弥散原理，且弥散作用符合 Fick 定律，不发生离子交换吸附作用及其它地球化学作用。

（4）模型边界条件确定

根据研究区水文地质条件及周边水文地质条件确定本次模拟边界条件为：计算范围内地下含水层上部边界为水量交换边界，主要为降水入渗补给；下部为相对隔水边界。侧向边界均概化为浓度边界。

（5）水文地质参数

根据前述地质、水文地质条件的分析，结合地形地貌、地下水流场特征及野外抽水、渗水实验的计算结果，对模拟区含水层渗透系数进行分区，本次模拟假定 $K_X=K_Y$ 。

根据掌握的区域水文地质资料，利用 Visual MODFLOW 地下水模拟软件建立地下水模型，将预测区域划分为 60×80 个单元格，项目所在区域网格进行加密处理，模拟范围约为 2.0km^2 。

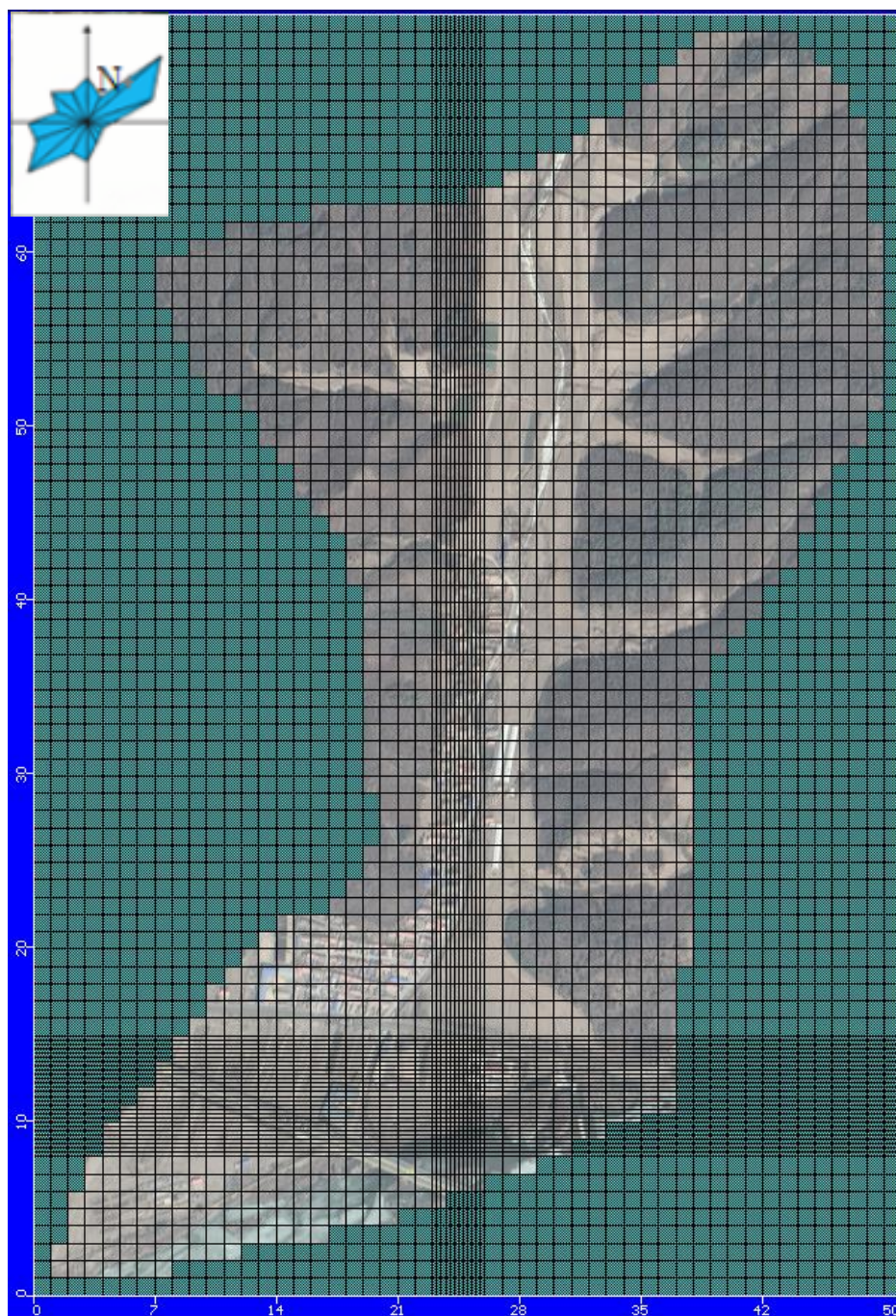


图 5.1-1 模拟预测区域网格剖分

进行污染物溶质运移前需要建立区域初始渗流场。以 2021 年 6 月测量水位值以及相关水文地质资料确定地下水初始水位。模拟未来 10 年内项目可能对地下水水质造成的影响。

区域内地下水主要接受降雨补给，地下水自山岭区域向南测河流径流，项目区地下水水位线拟合见图 5.1-2。

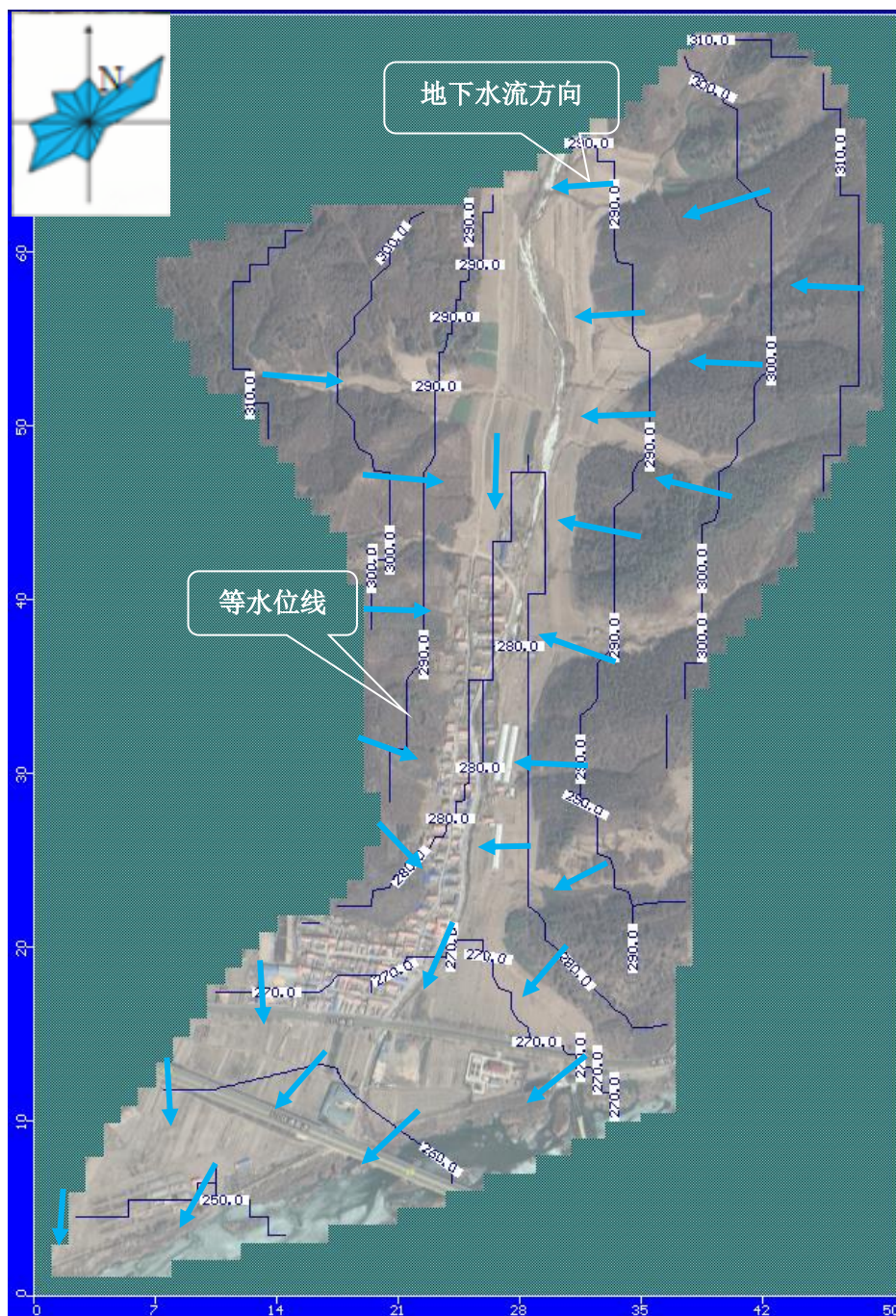


图 5.1-2 评价区地下水水位拟合

5.2 模型识别与验证

模型的识别和验证是整个模拟中极为重要的一步工作，通常要进行反复地调整参数才能达到较为理想的拟合结果，使模型最大程度接近实际。

模拟值与实际观测值的比较结果如图 5.2-1 所示。

结果显示，模拟流场与实测流场拟合较好，反映出模拟模型与实际地下水系统在

空间上基本吻合。因此，本次模拟建立的模型基本符合研究区水文地质条件，并能反映地下水系统的流场特征，利用该模型对建设项目的地下水环境影响进行预测和污染情景预报是可行的。

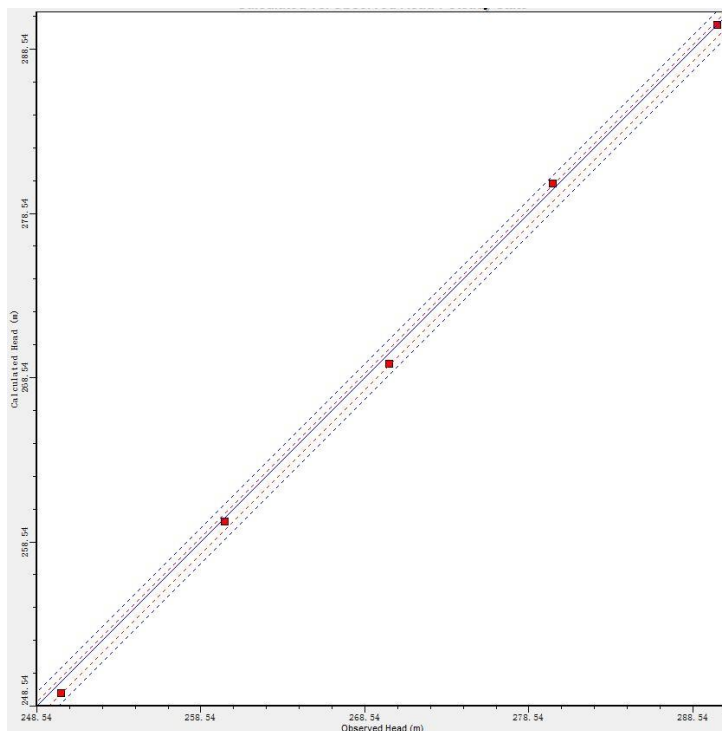


图 5.2-1 区域实测水位与模拟水位拟合

根据对模拟水位与模拟区域内五个点位的实际水位进行拟合的结果可知，模型准确性较好，置信区间达到 95%，判定模型基本可用。

5.3 情景设定及源强选择

(1) 正常状况

本项目地面防渗工程参照《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)相关要求对各池体及厂区地面拟做底部防渗，并且企业对其进行严格监管，池体正常状况下跑冒滴漏的液体停留时间和下渗污染地下水的可能性较小。

正常情况下，项目厂区防渗完好，漏液受到有效阻隔。渗滤液的纵向迁移可用达西公式计算：

$$Q = -KA \frac{dh}{dl}$$

式中：Q——单位时间渗出的渗滤液量， m^3/d ；

K——渗滤系数， m/d ；

$\frac{dh}{dl}$ ——水力梯度， $\frac{dh}{dl} = \frac{H+L}{L}$ ；

H——衬里之上漏液高度， m ；

L——衬里的厚度， m 。

工程在池体底部拟做渗透率小于 10^{-13}cm/s 的防渗后的纵向渗透量为：

$$Q=1.35\times 10^{-8}\text{m}^3/\text{d}$$

结果表明，在正常状况条件下，漏液的下渗量极小，对地下水的影响较小。

此外，项目区域并无不良地质现象，在采取人工防渗后，只要严格按照相关建设标准和技术规范来进行施工和建设，能满足厂区防渗要求，可以取得预期的防渗效果，消除漏液对地下水的污染。因此本项目在正常状况下不会对地下水造成污染。

（2）非正常状况

非正常状况下，预测源强可根据工艺设备检修或地下水环境保护措施因系统老化或腐蚀程度等设定。根据建设项目场地地质条件、建设项目工程类型、规模、建筑物构造、材料、工艺过程等，项目运行阶段可能出现渗漏并不能及时处理的部分主要为以下二种情况：

① 粗格栅间底部发生破损

② 废水输送管道发生破损

漏液能否进入含水层取决于地质、水文地质条件。由于潜水含水层的埋藏特点导致其在任何部位都可接受补给，污染的危险性较大。因此本次评价主要对非正常状况地下水环境影响进行预测分析。

废水于输送管道间停留时间较短，且导流管线防渗设置较完善，出现腐蚀破裂的情况较少，出现破损情况能够第一时间发现并进行控制，因此本次评价对其不作分析。

在已经建立的天然渗流场基础上进行设定情景的地下水环境影响预测，预测时间最长为 10 年。对建设项目的粗格栅间在非正常状况下发生渗漏时，可能对地下水造

成的影响进行模拟预测。并对下游厂界处地下水污染物浓度随时间的变化进行预测。

根据《给水排水构筑物工程施工及验收规范》（GB50141-2008）中规定钢筋混凝土水池不得超过 $2\text{L}/\text{m}^2\cdot\text{d}$ 。泄漏面积为池底面积和常水位池壁板面积之和。非正常状况下的泄漏取 10 倍进行预测。结合粗格栅间尺寸计算渗漏量为 $0.9\text{m}^3/\text{d}$ 。假设渗漏发生 30 天后下游监测井发现异常，采取有效措施停止渗漏。因此，模型中设置渗漏时间为 30 天，不考虑包气带吸附等作用，模拟污水全部进入地下水水体。

依据地下水导则，按重金属、持久性有机物和其他污染物选取预测因子。结合粗格栅间污染物浓度，根据标准指数法排序，选取 COD 及氨氮作为预测因子进行模拟预测。预测因子浓度详见污染源分析章节。模拟预测选择污染浓度最大浓度作为预测浓度，COD 选取为 $380\text{mg}/\text{L}$ 、氨氮选取为 $35\text{mg}/\text{L}$ 。

项目位于大伙房饮用水水源准保护区内，南侧临近苏子河，苏子河为大伙房水库补给河流，位于本项目下游区域，项目所在地地下水与苏子河有相互补给关系，故项目产生污染可能对其造成影响，故本项目预测影响保护目标选取为下游苏子河。

5.4 模型预测

（1）粗格栅间 COD 预测

COD 以《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类中耗氧量标准（ $3\text{mg}/\text{L}$ ）作为污染羽的最小值。将上述源强信息代入模型，得出模拟结论。



图 5.4-1 渗漏 10 天污染影响范围（COD）



图 5.4-2 渗漏 30 天污染影响范围 (COD)



图 5.4-3 渗漏 40 天污染影响范围 (COD)



图 5.4-4 渗漏 50 天污染影响范围 (COD)



图 5.4-5 渗漏 60 天污染影响范围 (COD)



图 5.4-6 渗漏 65 天污染影响范围 (COD)



图 5.4-7 渗漏 100 天污染影响范围 (COD)



图 5.4-8 渗漏 1000 天污染影响范围 (COD)



图 5.4-9 渗漏 2000 天污染影响范围 (COD)

模拟结果中, 3mg/L 作为污染羽最小值。根据模拟结果可知, 非正常状况下发生泄漏时, 污水进入地下水, 在水流作用下向地下水径流的下游方向运移, 并不断向周边扩散, 形成污染羽。

泄漏发生 10 天时, 污染物浓度最大值主要位于粗格栅间处, 由于污染物持续泄露, 浓度最大值为 12mg/L, 污染羽范围扩大, 有向下游运移的趋势, 污染羽影响范围 2118m², 污染羽距离下游河流 71m。

泄漏发生 30 天时, 污染物浓度最大值主要位于粗格栅间处, 此时中心浓度为最

大，浓度为 14mg/L。污染羽影响范围 3352m²，污染羽距离下游河流 56m。此时切断污染源。

泄漏发生 40 天时，由于污染物已停止泄漏，在地下水流稀释径流作用，污染物浓度也降低，浓度最大值为 6mg/L。污染羽影响范围 3221m²，污染羽中心向下游运移距离为 19m。

泄漏发生 50 天及 60 天时，污染物逐渐向下游移动，浓度最大值分别为 4.5mg/L 及 3.5mg/L。由于地下水径流稀释作用，污染羽逐渐减小，污染羽影响范围分别为 2176m² 及 617m²，污染羽中心向下游运移距离为 29m 及 38m。

至 65 天时，污染羽彻底消失，100 天、1000 天及 2000 天无污染羽出现。

由于污水中 COD 超标倍数较高，污水进入地下水体后形成污染羽较明显，并沿地下水径流向下游方向运移。因地区降雨及补给径流原因，地下水补给量较大，因此污染物运移过程中稀释较快，对厂区附近区域影响时间较短。超标污染羽（COD 标准参照《地下水质量标准》中的 III 类水体要求，标准浓度为 3mg/L）始终未达到下游保护目标处，并未对保护目标造成影响。

表 5.4-1 污染物运移情况

运移时间	污染羽中心浓度	污染中心位置	是否到达保护目标	污染羽与下游河流的距离	污染羽中心运移距离
10 天	12mg/L	粗格栅间	否	71m	0m
30 天	14mg/L	粗格栅间	否	56m	0m
40 天	6mg/L	厂区内	否	51m	19m
50 天	4.5mg/L	厂区内	否	53m	29m
60 天	3.5mg/L	厂区内	否	62m	38m
65 天	—	—	—	—	—
100 天	—	—	—	—	—
365 天	—	—	—	—	—
1000 天	—	—	—	—	—
2000 天	—	—	—	—	—
3650 天	—	—	—	—	—
.....	—	—	—	—	—

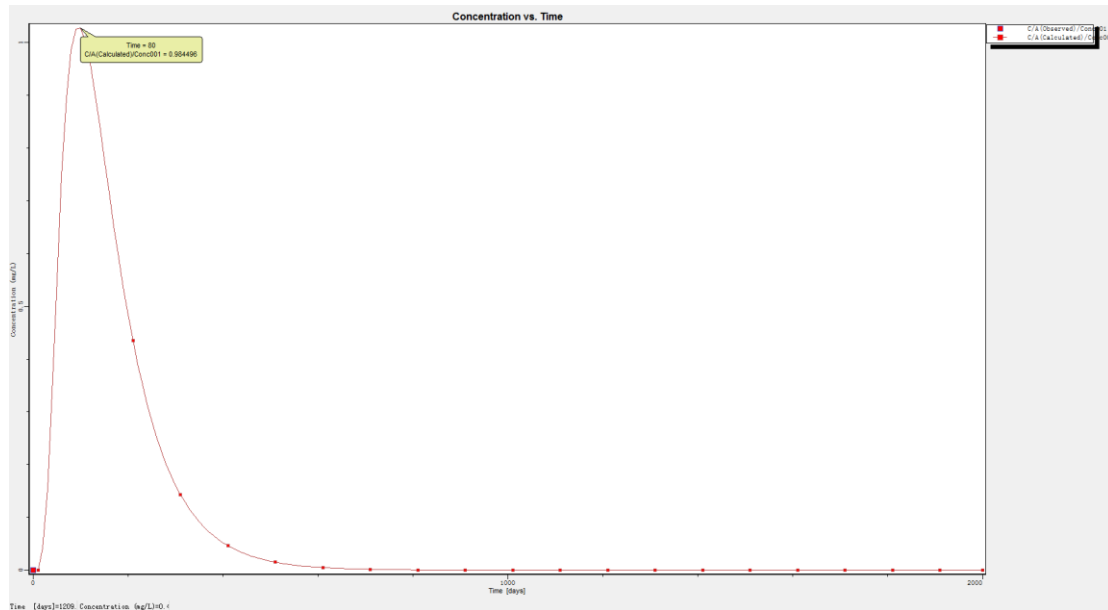


图 5.4-10 下游河流预测点浓度变化

通过各个预测点浓度变化看出,由于地下水径流稀释作用,污染物质很快被稀释,浓度很快降低到标准值以下,污染羽随时间逐渐减小,始终未对保护目标造成影响,超标污染羽在 65 天时消失,不再对周边地下水环境造成影响。

(2) 粗格栅间氨氮预测

氨氮以《地下水质量标准》(GB/T14848-2017) III 类中氨氮标准(0.5mg/L)作为污染羽的最小值。将上述源强信息代入模型,得出模拟结论。



图 5.4-11 渗漏 10 天污染影响范围(氨氮)



图 5.4-12 渗漏 30 天污染影响范围（氨氮）



图 5.4-13 渗漏 34 天污染影响范围（氨氮）



图 5.4-14 渗漏 38 天污染影响范围（氨氮）



图 5.4-15 渗漏 40 天污染影响范围（氨氮）



图 5.4-16 渗漏 42 天污染影响范围（氨氮）



图 5.4-17 渗漏 100 天污染影响范围（氨氮）



图 5.4-18 渗漏 1000 天污染影响范围（氨氮）



图 5.4-19 渗漏 2000 天污染影响范围（氨氮）

模拟结果中，0.5mg/L 作为污染羽最小值。根据模拟结果可知，非正常状况下发生泄漏时，污水进入地下水，在水流作用下向地下水径流的下游方向运移，并不断向周边扩散，形成污染羽。

泄漏发生 10 天时，污染物浓度最大值主要位于粗格栅间处，由于污染物持续泄露，浓度最大值为 1mg/L，污染羽范围扩大，有向下游运移的趋势，污染羽影响范围 427m²，污染羽距离下游河流 96m。

泄漏发生 30 天时，污染物浓度最大值主要位于粗格栅间处，此时中心浓度为最

大，浓度为 1.4mg/L。污染羽影响范围 1768m²，污染羽距离下游河流 74m。此时切断污染源。

泄漏发生 34 天时，由于污染物已停止泄漏，在地下水流稀释径流作用，污染物浓度也降低，浓度最大值为 0.8mg/L。污染羽影响范围 1488m²，污染羽中心向下游运移距离为 14m。

泄漏发生 38 天及 40 天时，污染物逐渐向下游移动，浓度最大值分别为 0.6mg/L 及 0.6mg/L。由于地下水径流稀释作用，污染羽逐渐减小，污染羽影响范围分别为 774m² 及 360m²，污染羽中心向下游运移距离为 20m 及 23m。

至 42 天时，污染羽彻底消失，100 天、1000 天及 2000 天无污染羽出现。

由于污水中氨氮超标倍数较高，污水进入地下水体后形成污染羽较明显，并沿地下水径流向下游方向运移。因地区降雨及补给径流原因，地下水补给量较大，因此污染物运移过程中稀释较快，对厂区附近区域影响时间较短。超标污染羽（氨氮标准参照《地下水质量标准》中的 III 类水体要求，标准浓度为 0.5mg/L）始终未达到下游保护目标处，并未对保护目标造成影响。

表 5.4-2 污染物运移情况

运移时间	污染羽中心浓度	污染中心位置	是否到达保护目标	污染羽与下游河流的距离	污染羽中心运移距离
10 天	1mg/L	粗格栅间	否	96m	0m
30 天	1.4mg/L	粗格栅间	否	74m	0m
34 天	0.8mg/L	厂区内	否	71m	14m
38 天	0.6mg/L	厂区内	否	73m	20m
40 天	0.6mg/L	厂区内	否	79m	23m
42 天	—	—	—	—	—
100 天	—	—	—	—	—
365 天	—	—	—	—	—
1000 天	—	—	—	—	—
2000 天	—	—	—	—	—
3650 天	—	—	—	—	—
.....	—	—	—	—	—

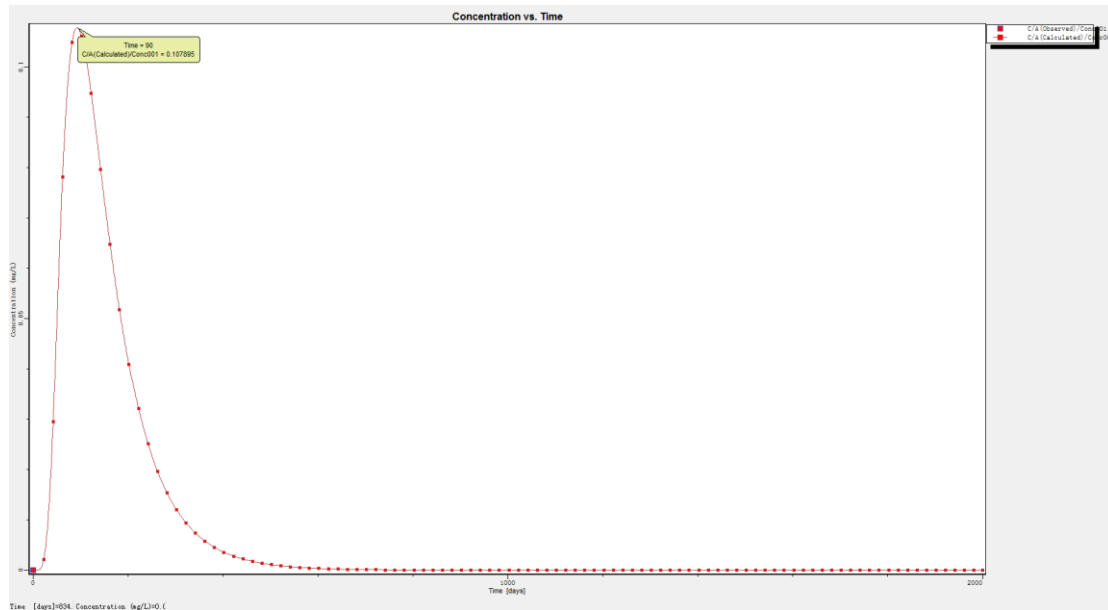


图 5.4-20 下游河流预测点浓度变化

通过各个预测点浓度变化看出,由于地下水径流稀释作用,污染物质很快被稀释,浓度很快降低到标准值以下,污染羽随时间逐渐减小,始终未对保护目标造成影响,超标污染羽在 42 天时消失,不再对周边地下水环境造成影响。

5.5 地下水模拟预测结论

(1) 对大伙房饮用水水源准保护区的影响分析

模拟预测结果可知,形成污染羽影响范围仅在厂区及周边区域产生,且在长期地下水径流稀释及补给的作用下,在一段时间内污染羽消失,不再对地下水环境造成影响,预测污染羽始终未达到下游苏子河处,故对大伙房饮用水水源准保护区影响较小。

(2) 地下水环境影响评价结论

废水泄露可能会对下游地下水环境产生不良的影响,截止预测期间,泄露污染始终未对保护目标产生影响,污染羽始终未达到保护目标处,且随着时间所产生的污染物浓度逐渐减少,在包气带介质的吸附、降解等作用的影响,污染物质会得到不同程度的净化因此本项目做好防渗及日常监管,减少非正常状况及事故的发生,对下游地下水的影响较小,下游无水源及居民,因此对水源地及居民造成威胁的可能性也较小。

需要特别说明的是,上述所有溶质运移的预测工作均是在假设污染物持续入渗的前提下,且计算模型中并未考虑包气带介质的吸附、降解等作用的影响,实际上,包

气带介质中含有各种离子、有机物和微生物，污染物质在通过包气带向地下水迁移的过程中将发生吸附、过滤、离子交换、生物降解等作用而得到不同程度的净化，因此污染羽的实际迁移情况将小于上述预测结果。

6 地下水环境保护措施与对策

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）的要求，地下水环境保护措施与对策应符合《中华人民共和国水污染防治法》和《中华人民共和国环境影响评价法》的相关规定，按照“源头控制、分区防控、污染监控、应急响应”，重点突出饮用水水质安全的原则确定。

6.1 源头控制措施

源头控制措施主要指建设项目污废水的输送管道、污废水储存设备及处理构筑物应采取相应措施，防止和降低污染物跑、冒、滴、漏，将污染物泄漏的环境风险事故降到最低程度。因此要求建设项目对产生的废水进行合理的治理和综合利用，以先进工艺、管道、设备、污水储存，尽可能从源头上减少可能污染物产生；严格按照国家相关规范要求，对工艺、管道、设备、污水储存及处理构筑物采取相应的措施，以防止和降低可能污染物的跑、冒、滴、漏，将废水泄漏的环境风险事故降低到最低程度；优化排水系统设计；管线铺设尽量采用“可视化”原则，即管道尽可能地上铺设，做到污染物“早发现、早处理”，以减少由于埋地管道泄漏而可能造成的地下水污染。进行质量体系认证，实现“质量、安全、环境”三位一体的全面质量管理目标。设立地下水跟踪监测小组，负责对地下水环境的跟踪监测和管理，或者委托专业的机构完成。建立有关规章制度和岗位责任制。制定地下水风险预警方案，设立应急设施减少环境污染影响。

地下水污染的防治措施主要是将被动和主动控制两种方法相互结合起来考虑。

（1）主动控制，即控制污染的源头，主要是在生产、传输、储存的过程中尽量少的较少入渗问题，被动控制，即管好末端的方法，主要做好选厂污染区的防渗工作和应急措施。

（2）主要对特殊装置区要有严格的防渗措施，在一般的污染不大的地方也要做好防渗工作，主要重点在特殊装置区。

（3）进行污染物的监测，主要是对水池进行，要有完善的监测制度、先进的设备和装置，这种监测必须采用全面的覆盖的形式，这样才能更好的进行监测，使得监

测结果更加的全面。

(4) 应急响应措施,一旦发现有疑似污染的情况,需立即启动应急方案,对污染的下水进行收集处理。

(5) 污染区防渗措施的设计原则一般是建立地上和地下两种污染防治措施,尽可能做到地上的污染地上防,地下的污染地下防,这样能够更好的防止地下水的污染。

6.2 分区防控措施

分区防控措施是指结合地下水环境影响评价结果,对工程设计或可行性研究报告提出的地下水污染防控方案提出优化调整的建议,给出不同分区的具体防渗技术要求。一般情况下,防控措施应以水平防渗为主,已颁布污染控制国家标准或防渗技术规范的行业,水平防渗技术要求按照相应标准或规范执行。

表 6.2-1 污染控制难易程度分级参照表

污染控制难易程度	主要特征	本项目
难	对地下水环境有污染的物料或污染物泄漏后,不能及时发现处理。	埋地池体等
易	对地下水环境有污染的物料或污染泄漏后,可以及时发现和处理。	其他

表 6.2-2 天然包气带防污性能分级参照表

分级	包气带岩土渗透性能	本项目
强	岩(土)层单层厚度 $Mb \geq 1.0m$, 渗透系数 $K \leq 1 \times 10^{-6}cm/s$, 且分布连续、稳定。	无
中	岩(土)层单层厚度 $0.5m \leq Mb < 1.0m$, 渗透系数 $K \leq 1 \times 10^{-6}cm/s$, 且分布连续、稳定。 岩(土)层单层厚度 $Mb \geq 1.0m$, 渗透系数 $1 \times 10^{-6} < K \leq 1 \times 10^{-4}cm/s$, 且分布连续、稳定。	无
弱	岩(土)层不满足上述“强”和“中”条件。	本项目

表 6.2-3 地下水污染防渗分区参照表

防渗分区	天然包气带防污性能	污染控制难易程度	污染物类型	防渗技术要求
重点防渗区	弱	难	重金属、持久性有机物污染物	等效粘土防渗层 $Mb \geq 6.0m$, $K \leq 1 \times 10^{-7}cm/s$; 或参照 GB18598 执行。
	中-强	难		
	弱	易		
一般防渗区	弱	易-难	其他类别	等效粘土防渗层 $Mb \geq 1.5m$, $K \leq 1 \times 10^{-7}cm/s$
	中-强	难		

	中	易	重金属、持久性 有机物污染物	或参照 GB18598 执行。
	强	易		
简单防渗区	中-强	易	其他类型	一般地面硬化

根据各生产装置、辅助设施及公用工程设施的布置,按照《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)和《给水排水构筑物工程施工及验收规范》(GB50141-2008)的要求,将厂区划分为简单防渗区、一般防渗区和重点防渗区,分别采取不同等级的防渗方案。污染分区划分详见下表。

表 6.2-4 地下水污染防控分区一览表

序号	污染 防控 分区	生产装置、单元名 称	污染防 控区域 及部位	防渗要求	
1	一般 防渗 区	脱水机房	地面	防渗性能不 应低于 1.5m 厚渗 透系数为 1.0×10^{-7} cm/s 的粘 土层的防渗 性能。	地面防渗层可采用粘土、抗渗混 凝土、高密度聚乙烯 (HDPE) 膜、钠基膨润土防水毯或其他防 渗性能等效的材料。
2		泵房等	地面及 防火堤		宜采用抗渗钢筋混凝土,抗渗等 级不宜低于 P6
3		消防水池等	底板及 壁板		混凝土强度等级不宜低于 C30, 混凝土的抗渗等级不应低于 P8
4	重点 防渗 区	沉砂池、生化池、 粗格栅间、深度处 理车间、二沉池、 污泥储池等	地面及 防火堤	防渗性能不 应低于 6.0m 厚渗 透系数为 1.0×10^{-7} cm/s 的粘 土层的防渗 性能。	内表面应涂刷水泥基渗透结晶型 防水涂料,或在混凝土内掺加水 泥基渗透结晶型防水剂。
5		埋地池体等	底板及 壁板		
6		污水(初期雨水) 等的地下管道	地下管 道		三级地管应采用钢制管道;一 级、二级地管宜采用钢制管道。
7	简单 防渗 区	厂区道路、办公 区、绿化带、变配 电站等	-	为防止污染区的污染物漫流到简单防渗区,需 要采取有效的措施,如设置在地势较高处,或 设置一定高度的围堰、边沟等	

6.2.1 简单防渗区

厂区绿化带、变配电站等一般不会产生地下水污染的区域为简单防渗区。简单防渗区一般不需要采取防渗措施,为防止污染区的污染物漫流到简单防渗区,需要采取有效的措施,如简单防渗区设置在地势较高处,或设置一定高度的围堰、边沟等。

6.2.2 一般防渗区

一般防渗区是对地下水环境有污染的物料或污染物泄漏后,可及时发现和处理的

区域。一般防渗区包括各泵房的地面等。

一般防渗区的防渗要求：

参照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），防渗性能不应低于 1.5m 厚渗透系数为 $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 的粘土层的防渗性能。

地面防渗层可采用粘土、抗渗混凝土、高密度聚乙烯(HDPE)膜、钠基膨润土防水毯或其他防渗性能等效的材料：

（1）采用粘土防渗层时防渗层顶面宜采用混凝土地面或设置厚度不小于 200mm 的砂石层；

（2）采用混凝土防渗层时混凝土的强度等级不应低于 C25，抗渗等级不应低于 P6，厚度不应小于 100mm；

（3）采用高密度聚乙烯(HDPE)膜防渗层，厚度不宜小于 1.50mm，埋深不宜小于 300mm。膜上、膜下应设置保护层，保护层可采用长丝无纺土工布，膜下保护层也可采用不含尖锐颗粒的砂层，厚度不宜小于 100mm。膜上保护层以上应设置砂石层，厚度不宜小于 200mm。

一般防渗区的典型防渗结构见下图。

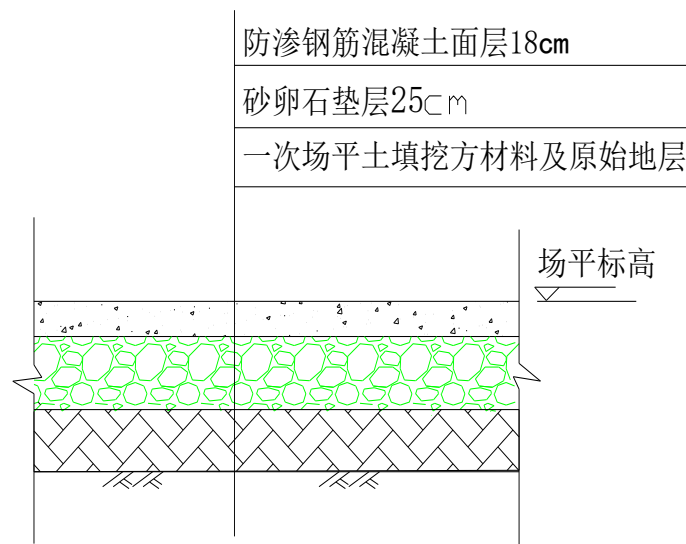


图 6.2-1 一般防渗区典型防渗结构示意图

6.2.3 重点防渗区

重点防渗区指位于地下或半地下的功能单元，污染地下水环境的物料泄漏不容易

及时发现和处理的区域，主要为深度处理间、污泥储池、埋地池体及与其相连的排污管道等设施。

重点防渗区防渗层的防渗参照《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016），防渗性能不应低于 6.0m 厚渗透系数为 $1.0 \times 10^{-7} \text{cm/s}$ 的粘土层的防渗性能。

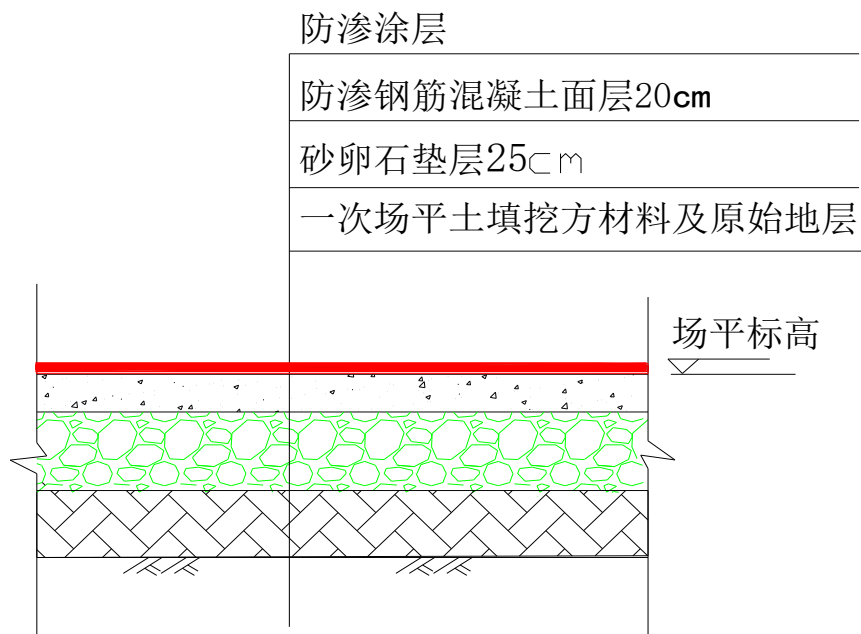


图 6.2-2 重点防渗区典型防渗结构示意图

重点防渗区水池除应符合一般水池的要求外，还应符合下列要求：

- （1）水池的内表面应涂刷水泥基渗透结晶型或喷涂聚脲等防水涂料，或在混凝土内掺加水泥基渗透结晶型防水剂。
- （2）水泥基渗透结晶型防水涂料厚度不应小于 1.0mm，喷涂聚脲防水涂料厚度不应小于 1.5mm。
- （3）当混凝土内掺加水泥基渗透结晶型防水剂时，掺量宜为胶凝材料总量的 1%~2%。

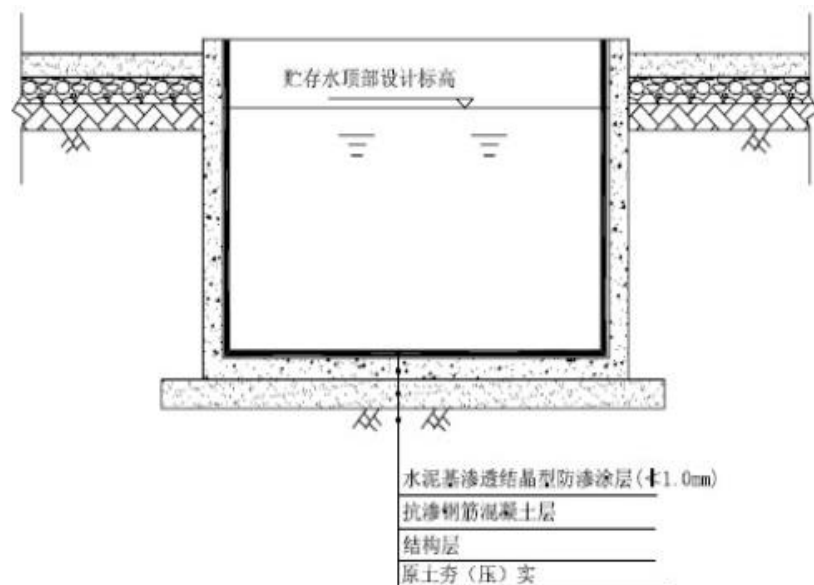


图 6.2-3 污水储池防渗示意图

地下管道

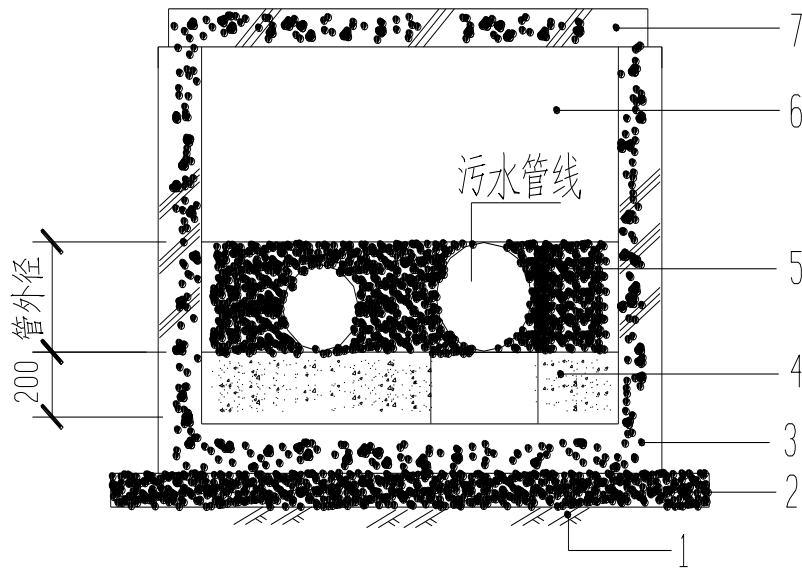
(1) 各装置单元内部的地下污水或污染物料管道(三级地管)应采用钢制管道；各装置单元与单元污水池相边的地下管道(二级地管)以及收集各装置单元污水并送往污水处理场所的地下管道(一级地管)宜采用钢制管道。

(2) 当管道公称直径不大于 500 mm 时，应采用无缝钢管；当管道公称直径大于 500mm 时，宜采用直缝埋弧焊焊接钢管，焊缝应进行 100%射线探伤。管道设计壁厚的腐蚀余量不应小于 2mm 或采用管道内防腐。管道的外防腐等级应采用特加强级。管道的连接方式应采用焊接。

(3) 当一级地管、二级地管采用非钢制金属管道时，宜采用高密度聚乙烯(HDPE)膜防渗层，也可采用抗渗钢筋混凝土管沟或套管。

(4) 地下管道的高密度聚乙烯(HDPE)膜防渗层(图 6.4-3)应符合下列规定：

高密度聚乙烯(HDPE)膜厚度不宜小于 1.50mm，膜两侧应设置保护层，保护层宜采用长丝无纺土工布。



1-地基土；2-混凝土垫层；3-钢筋混凝土底板；4-砂石垫层；
5-中粗砂层；6-中粗砂回填层；7-管沟顶板

图 6.2-3 地下污水管道管沟防渗层示意图

6.3 地下水环境监测与管理

6.3.1 建立地下水环境监测管理体系

根据《环境影响评价技术导则 地下水环境》（HJ610-2016）要求，参照地下水《地下水环境监测技术规范》（HJ164-2020），在厂区及周边地区设置一定数量地下水水质污染监控井，建立地下水水质污染监控、预警体系。

（1）跟踪监测点布设

拟布设 4 个跟踪监测点，厂区上游、下游各 1 个，厂区内 2 个。

（2）监测层位及井深：第四系潜水含水层，井深 5-10m 左右。

（3）监测项目

根据工程分析，污染源产生的污水特征，确定地下水监测项目为：pH、耗氧量、总硬度、溶解性总固体、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、硫酸盐、六价铬、氯化物、石油类、铁、锌、铜、铅、镍、镉、氰化物、氟化物、总磷及挥发酚。同时记录水温、气温及可能导致水质变化的某些因素。水质标准执行《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）III 类标准。

（4）监测频率

根据地下水《地下水环境监测技术规范》（HJ164-2020）设置。

地下水监测计划、监测井结构、监测层位、监测项目、监测频率等详见下表。

表 6.3-1 地下水跟踪监测计划表

功能	点位	孔号	监测项目	监测层位	监测频率	监测单位
背景值监控点	背景值监测点位	1#	pH、耗氧量、总硬度、溶解性总固体、氨氮、硝酸盐、亚硝酸盐、硫酸盐、六价铬、氯化物、石油类、铁、锌、铜、铅、镍、镉、氰化物、氟化物、总磷及挥发酚共 21 项	潜水	枯、丰水期各 1 次	设立地下水跟踪监测小组，专人负责监测。
污染扩散监测点	厂区下游	2#			每年 2 次	
污染源监控点	厂区内	3#、4#				

6.3.2 地下水环境跟踪监测与信息公开

建设项目单位应委托具有相关资质的检测机构按照监测方案定期进行水质检测，明确地下水环境跟踪监测报告的内容，具体应包括：

- （1）建设项目所在场地及其影响区地下水环境跟踪监测数据，排放污染物的种类、数量、浓度。
- （2）设备、管廊或管线、贮存与运输装置、污染物贮存与处理装置、事故应急装置等设施的运行状况，跑冒滴漏记录、维护记录。

信息公开内容中应至少包括建设项目特征因子的地下水环境监测值。

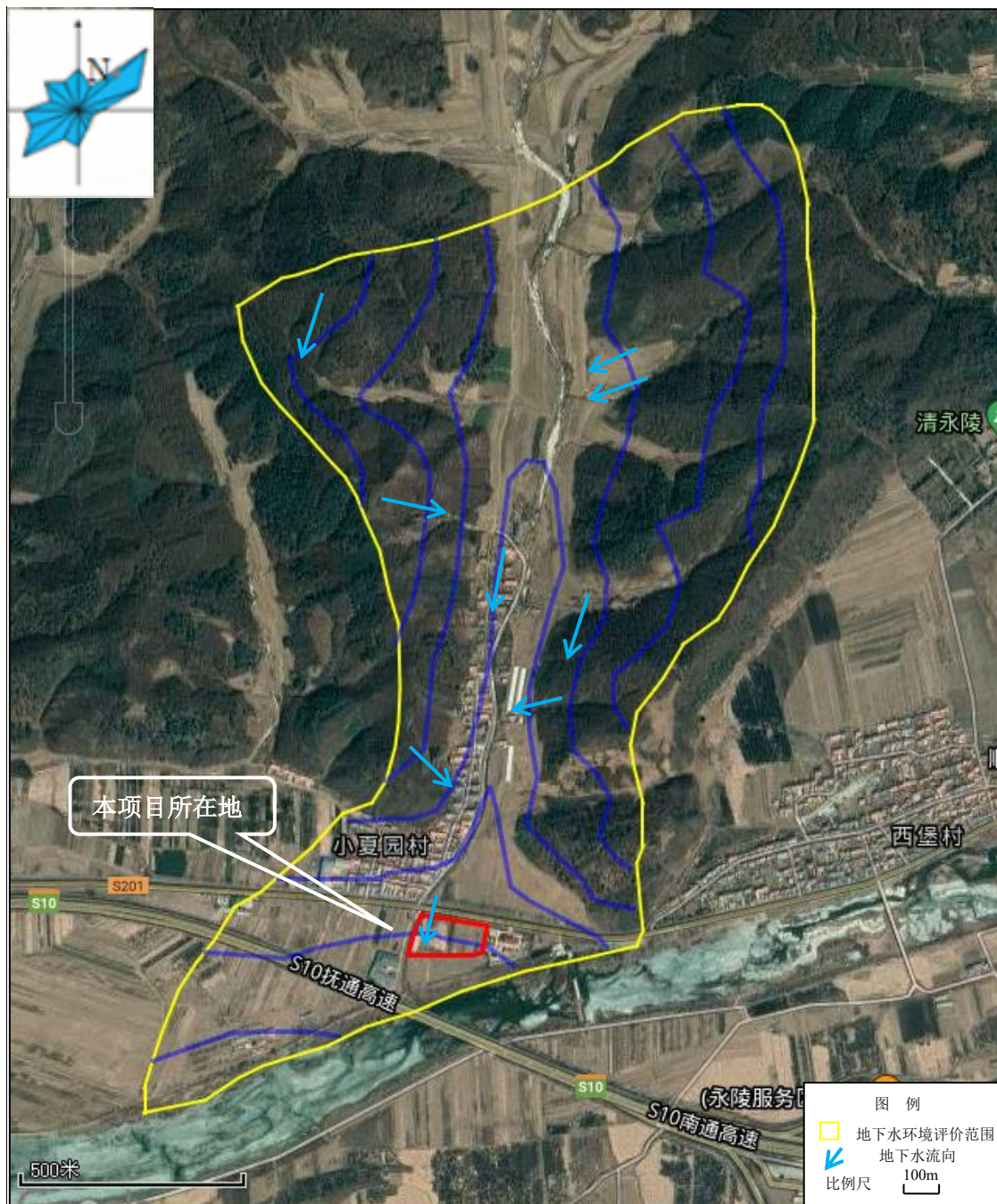
6.4 应急响应

制定风险事故应急预案，以在发生风险事故时，能以最快的速度发挥最大的效能，有序地实施救援，尽快控制事态的发展，降低事故对地下水的污染。

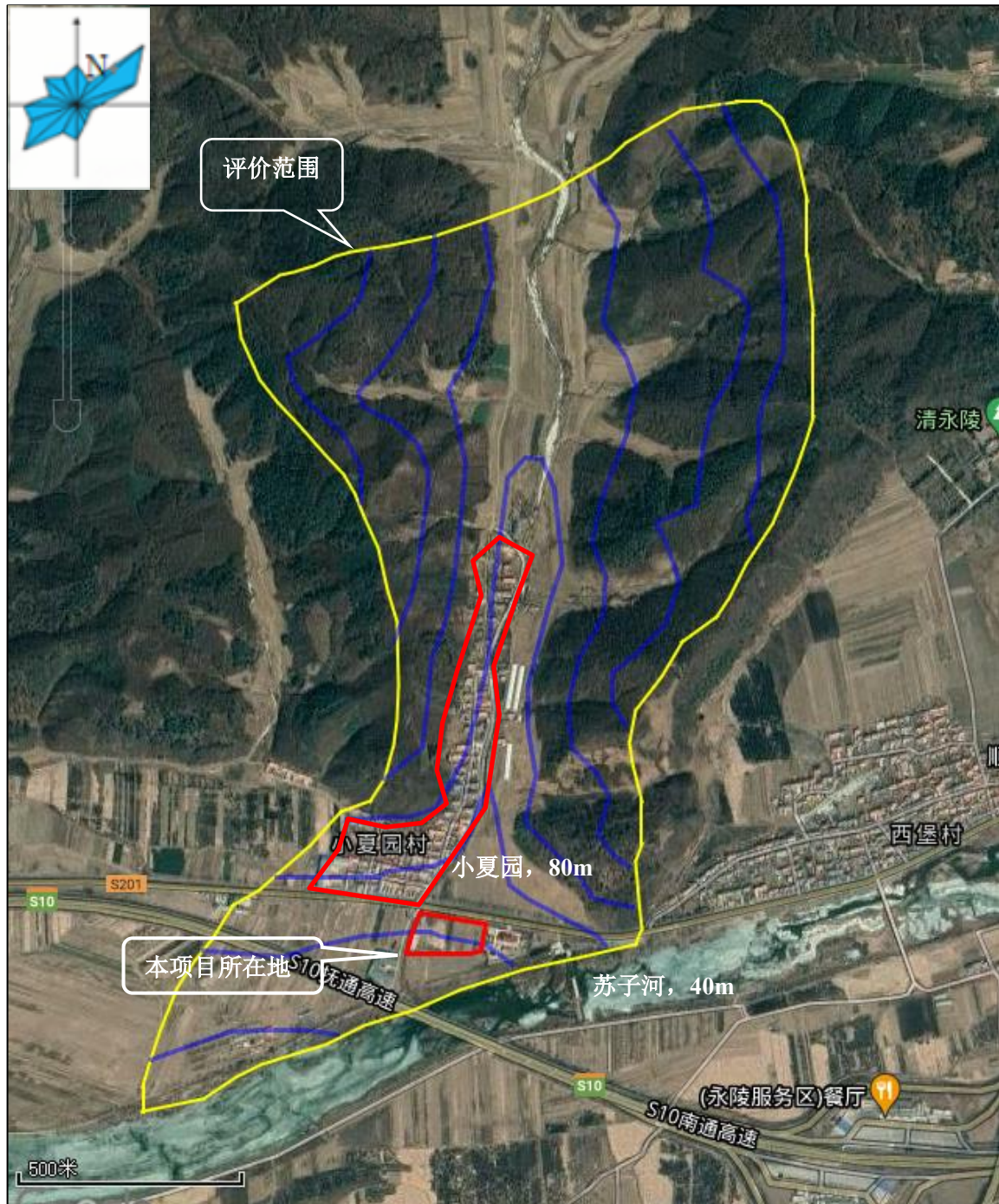
- （1）在制定应急预案的基础上，对相关人员进行培训，使其掌握必要的应急处置机能。
- （2）设置事故报警装置和快速监测设备。
- （3）设置全身防护、呼吸道防护等安全防护装备，并配备常见的救护急用物品和中毒救药品。
- （4）当发生地下水异常情况时，按照指定的地下水应急预案采取应急措施。

(5) 组织专业队伍对事故现场进行调查、监测，查找环境发生地点，分析事故原因，将紧急事件局部化，如可能予以消除，采取包括切断装置或设施、设置围堤等拦堵设施、疏散等，防止事故的扩散、蔓延及连锁反应，缩小地下水污染事故对人、环境和财产的影响。

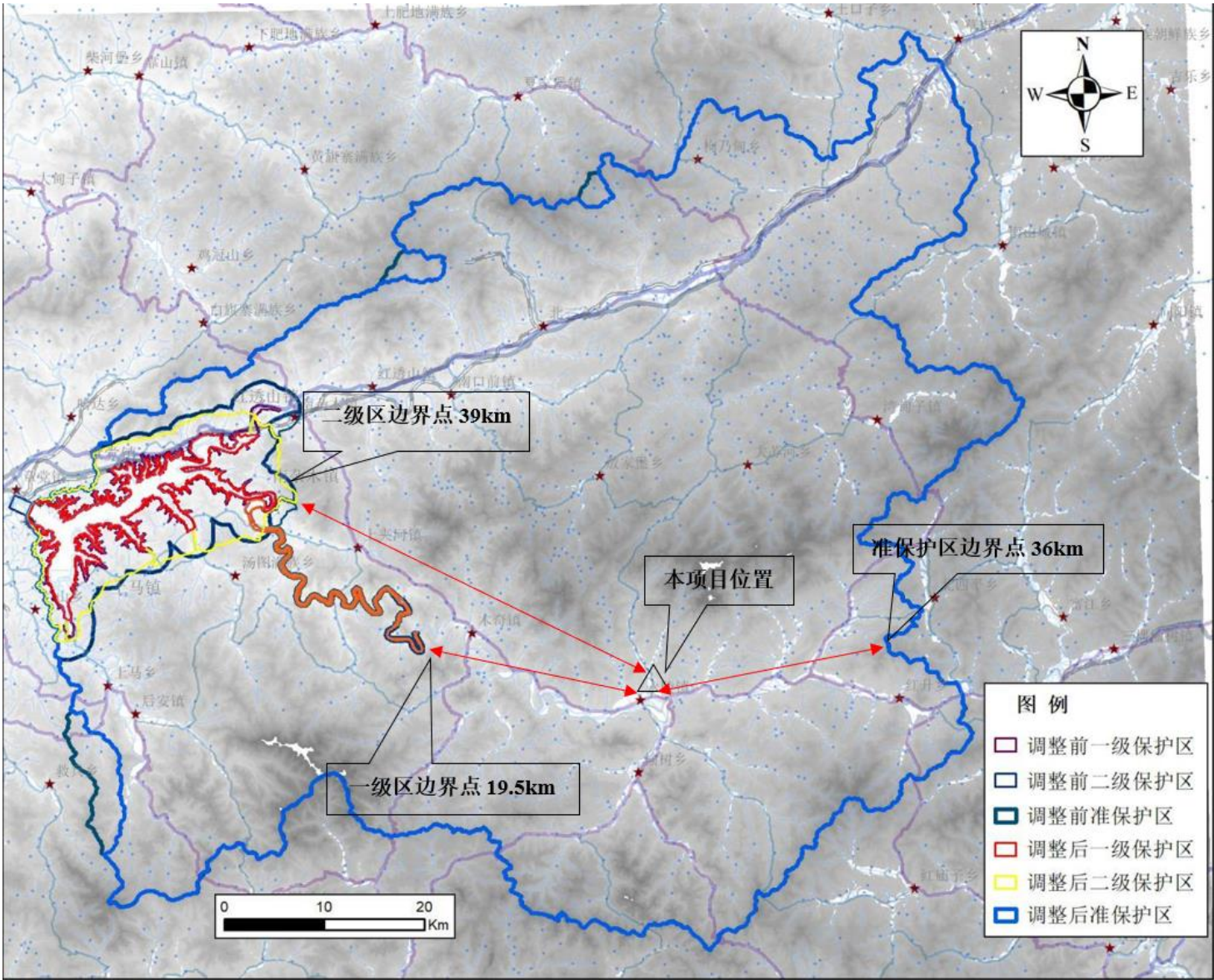
(6) 当通过监测发现对周围地下水造成污染时，采取控制地下水流场等措施，防止污染物扩散，如采取隔离措施、人工开采形成地下水漏斗、抽水等应急措施。



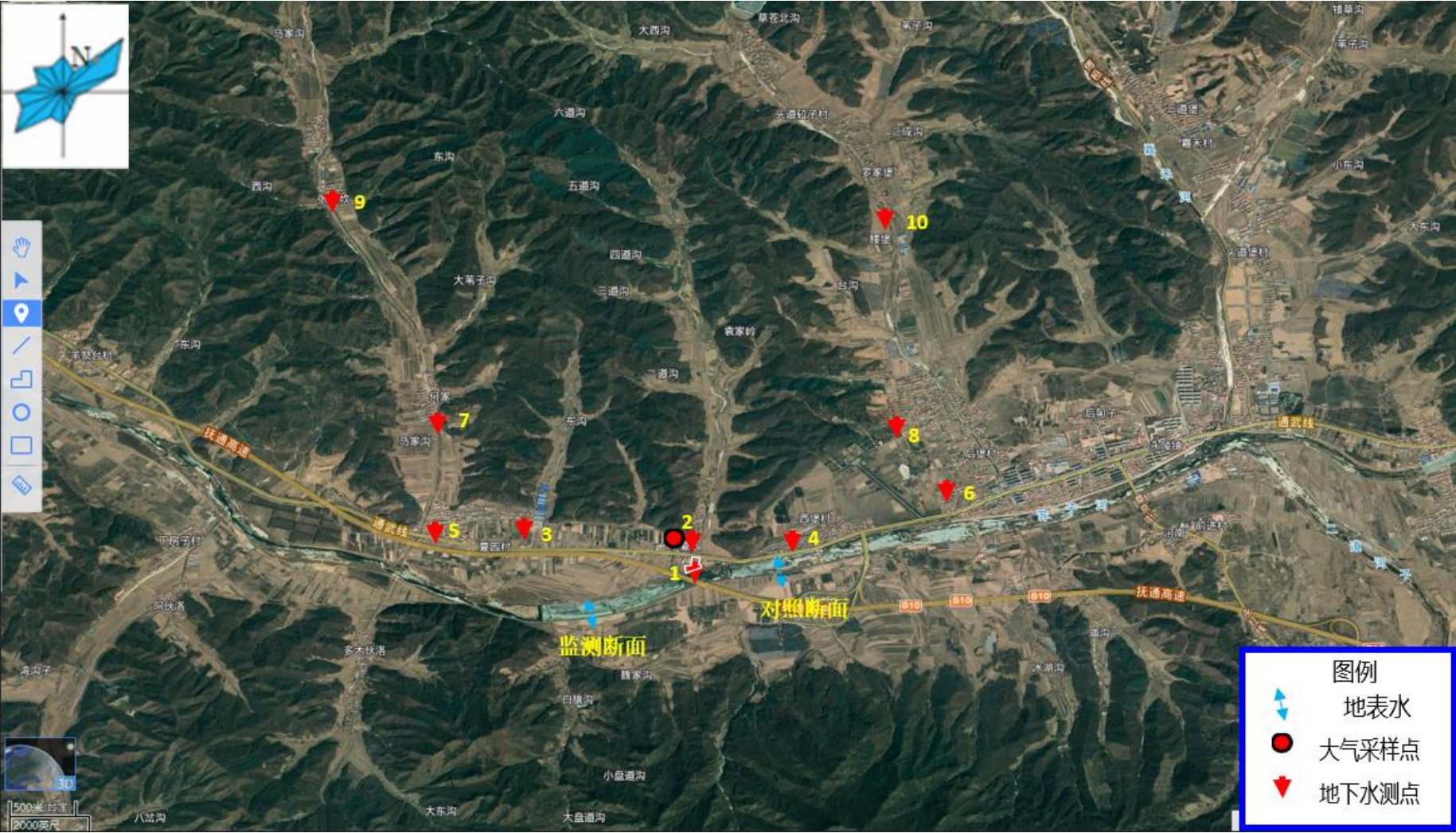
附图 1 地下水环境评价范围图



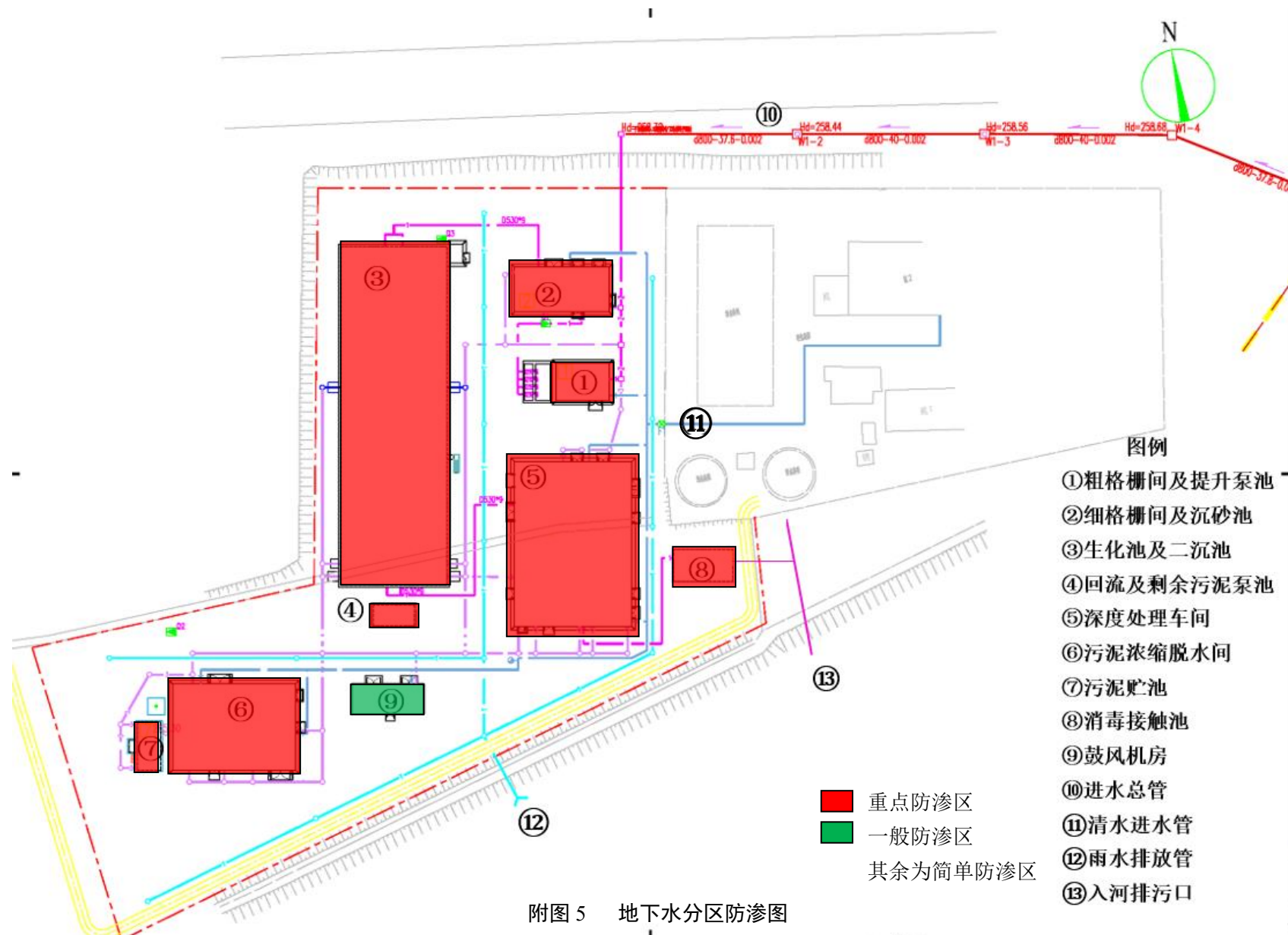
附图 2 地下水保护目标图



附图 3 本项目与伙房水库饮用水水源地保护区位置关系图



附图 4 地下水监测点位图





附图 6 地下水污染监控井位置