

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 南杂木镇污
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	15
2.5 区域地下水开采利用现状及规划	18
2.6 区域地下水污染源调查	18
3 项目区地质及水文地质概况	20
3.1 水文地质条件	20
3.2 隔水层	21
3.3 地下水补给、径流及排泄条件	21
3.4 厂区包气带特征	22
3.5 水文地质现场勘查	23
4 评价区地下水环境现状调查与评价	26
4.1 地下水开发利用现状	26
4.2 水文地质调查	26
4.3 地下水环境质量现状调查与评价	27
5 地下水污染模拟预测与评价	31
5.1 水文地质模型的概化	31
5.2 模型识别与验证	36
5.3 情景设定及源强选择	37
5.4 模型预测	39
5.5 地下水模拟预测结论	53
6 地下水环境保护措施与对策	55
6.1 源头控制措施	55
6.2 分区防控措施	56
6.3 地下水环境监测与管理	61
6.4 应急响应	62

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—新宾县南杂木镇污水处理厂扩建工程初步设计文件》，中铁城际规划建设有限公司；

(2) 《关于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—新宾县南杂木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]32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 7.5~9.5m。含水层主要岩性为在角砾夹杂粉质黏土之中,角砾层与粉质粘土互层,含水层渗透系数约 6.5~20m/d。含水层上覆包气带渗透系数较小,渗透系数为 2.0m/d~5.5m/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 5.5km^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》（HJ610-2016）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 $6\text{-}20\text{km}^2$ ，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 $6\text{-}20\text{km}^2$ 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，故选取项目所在西及南侧山岭区域作为地下水补给区域，北侧河流作为地下水排泄边界，确定评价范围为 5.5km^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西、南两侧山脊向东北区域流向，东北区域沿地势向北侧河流流向。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，北侧临近浑河，浑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浑河有相互补给关系，故项目产生污染可能对其造成影响，故本项目将下游浑河作为地下水环境保护目标。

表 1.5-1 地下水环境保护目标

序号	保护目标	开采层位	相对位置	相对距离（m）
1	南杂木镇分散水源	第四系松散岩类孔隙水	侧向	150

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	浑河	/	下游	1250

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

区域地处长白山山脉的西南延续部分，属长白山脉龙岗山系，所在地区地貌类型属丘陵区；地形起伏不平，东部、东南、东北地势高峻，而西部、西南、西北稍平缓。地面海拔标高最高 227m，地面海拔标高最低 136m，矿区内相对高差较大为 91m，地形坡度较缓，一般为 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ ，局部大于 30° ，植被发育，以天然灌木林为主。地形由于经过长期的风化作用，山顶呈馒头状、浑圆状，山脊呈龙型、马鞍型。山坡呈凸型。

2.2 气象与水文

工作区地处中温带，属半湿润季风气候区，四季温差较大。年平均气温 7°C ，最高气温 36.3°C ，最低气温 -37.3°C ，年平均降水量为 755.7mm，降水量年度变化较大，丰水年份高达 937.4mm，枯水年低至 477.9mm，年平均蒸发量 1023.8mm。无霜期 150 天，结冰期 140 天，最大冻结深度为 1.4m，标准冻结深度为 1.2m；全年日照时数 2541.9~2720.8 小时；常年主导风向为东北风，春季风力较大，夏季最小，年平均风速 2.2m/s。区内主要水系为浑河。由东向西向流入大伙房水库。

2.3 区域地质与构造

2.3.1 地质构造

区域太古宙结晶基底出露广泛，新太古代变质深成侵入体、表壳岩较发育，被后期构造运动强烈改造。褶皱与断裂构造主要发生在新太古代井家沟岩组、红透山岩组及变质深成侵入体内，主要受北东向及北西向两组构造应力影响，根据新太古代地质体内发育的各类构造要素相互间的交切关系以及综合分析，将区内划分为三期构造变形。

(1) 第一构造幕

这一构造幕构成本区太古代基底陆块构造，是由经受多期区域变质作用迭加的紫苏花岗岩、麻粒岩（井家沟组）组成的，推测其年龄值大于 30 亿年。井家沟以古老

穹隆构造为主要特征，分布在大候家窝棚—马家店以北地区，构成轴向南北，向南倾没的短轴背斜。这一构造控制了太古代花岗—绿岩的分布格局。

（2）第二构造幕

该构造幕包括原生绿岩（石棚子组）的形成、褶皱、断裂、岩浆活动及经过角闪岩相的变质作用和后期混合岩化作用等。根据钠质花岗岩同位素年龄值，该幕发生在 28 亿年左右。

该幕经历复杂，由于应力场改变，形成不同构造带，其发生受到基底陆块构造的控制，使一些原生绿岩围绕穹丘状基底陆块边缘近弧形展布。

（3）第三构造幕

该构造幕是在原生绿岩形成、形变的基础上开始的，它包括次生绿岩的形成、褶皱、断裂，与其发生的绿帘角闪岩相区域变质作用。构造形态以向形构造、小褶曲发育为特征。根据同位素年龄值，其生成年龄为 26 亿年左右。

区内断裂构造现有迹象表明，以二条断裂为主，即东部的长山卜—马家店北西向断裂和北东东向的浑河断裂，基本上把次生绿岩控制在其内。

长山卜—马家店断裂主要分布在浑河北次生绿岩与原生绿岩的接触带附近，由若干斜列式的断层组成，总体方向 $310^{\circ}\sim 320^{\circ}$ 。沿断裂为太古代晚期的红石砬子花岗岩体所充填，它的方向是与大荒沟绿岩盆的方向是一致的。

浑河断裂西起沈阳，经抚顺、清原、海龙与密山敦化断裂相接，全长大于 500km。是太古代晚期形成的，中生代以后又活动的陆内裂谷，它控制了区域太古代次生绿岩，元古代部分长城系，中生代侏罗系，白垩系，新生代第三系，并使这些地层遭到不同程度的破坏。

（4）岩浆岩

本区岩浆岩发育，分布面积大。由老至新分述如下：

1) 太古代花岗岩

太古代绿岩带周围的花岗岩类是构成太古代克拉通的主体部分。根据同位素年龄，不同岩类之间的接触关系，岩石结构、构造及岩石化学方面的差异性，初步分为同运动花岗岩和晚运动或运动后花岗岩。

同运动花岗岩

a.清原花岗岩 (voMy_1^{1-1} 、 mpy_1^{1-2})：分布在浑河断裂以南广大地区，为一多期次的混合花岗岩杂岩体。主要岩石类型有斜长混合花岗岩、二长混合花岗岩、变斑状二长混合花岗岩。同位素年龄值为 26.75 亿年。

b.孢子沟花岗岩 (gnyo_1^{1-1})：呈椭圆状，长轴近北西向，南东起斗虎屯，北西与莫日红花岗岩搭界，面积近 50km^2 。由片麻状变质斜长花岗岩为主体和少量片麻状变质石英闪长岩组成的杂岩体。同位素年龄值为 28.12 亿年。

晚运动或运动后花岗岩（红石砬子花岗岩 γ_1^3 ）：

位于小候家窝棚至高家街北一带，近东西向展布，面积约 20km^2 。侵入于次生绿岩之中，岩性为二长花岗岩，具有典型的花岗结构。岩体边部同化混染现象不明显，岩体两端呈树杈状侵入围岩之中。同位素年龄值为 26~27 亿年。

伟晶岩：

本区比较发育，以脉状产出，产状不一。它侵入到石棚子组和红透山组地层中，主要有斜长伟晶岩和正长伟晶岩两类。同位素年龄值为 18 亿年。

太古代晚期基性超基性岩：

规模较小，主要为变质的辉绿辉长岩和辉绿岩 ($\text{m}\beta\mu_1$)、变质闪长岩和闪长玢岩 ($\text{m}\delta\mu_1$)，它们呈脉状侵入于井家沟组、石棚子组和红透山组地层中。

2) 古生代岩浆岩

分布在东北部和西部，共分三类岩体。

苏长辉长岩 (v_4)：

分布在魏小堡一带，呈北东向展布，宽 1000m 左右，长 4000m，面积约 4km^2 ，侵入于井家沟组紫苏花岗岩、麻粒岩与混合花岗岩之接触部位。

闪长岩体 (δ_4)：

出露于曾顶子、杨大堡等地。侵入红透山组地层中或孢子沟花岗岩体中。

3) 中生代岩浆岩

燕山晚期岩浆活动不强烈，没有大规模的岩浆活动，主要以小岩体及脉岩侵入为

主。花岗闪长斑岩 ($\gamma\delta\pi 5$)、二长斑岩 ($\eta\pi 5$)、煌斑岩 ($\chi 5$)、安山岩 ($\alpha\mu 5$)、细晶岩 ($\iota\pi 5$) 等。这些脉岩多呈 NNE 和 NE 向展布。

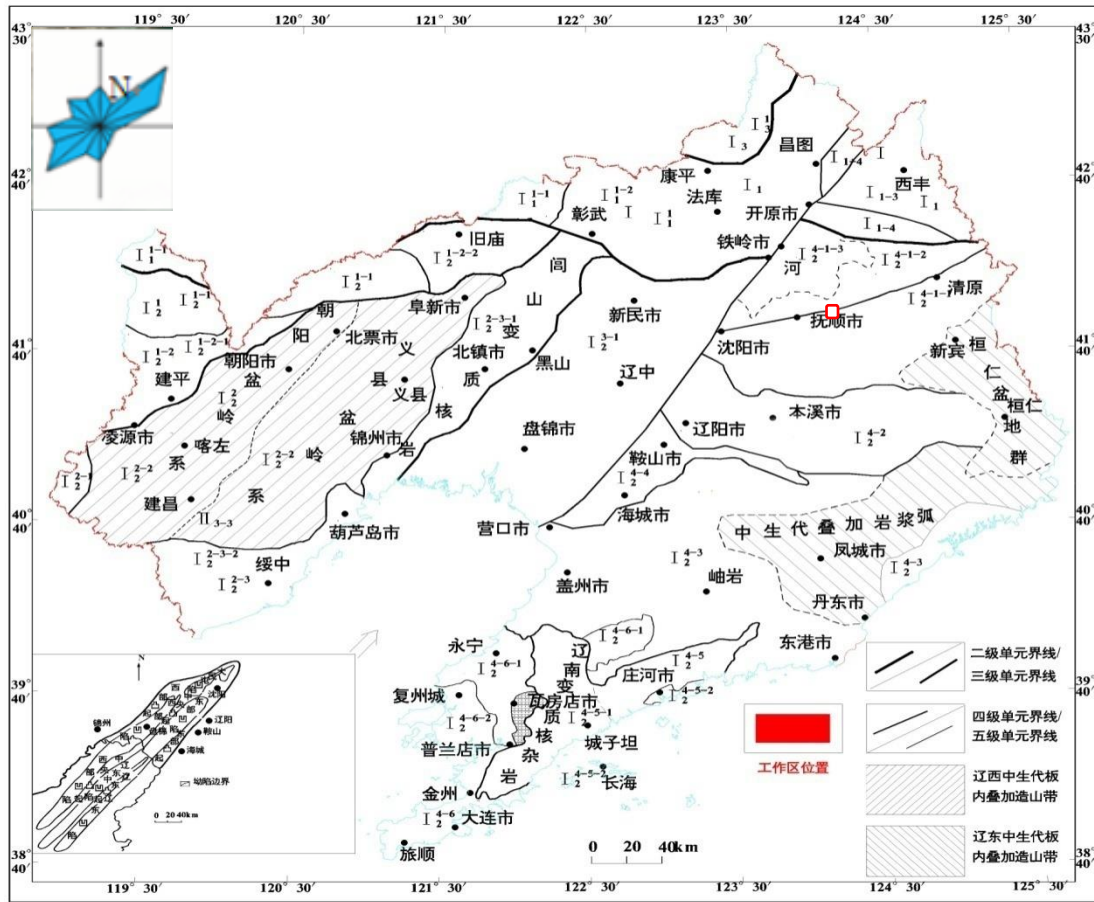


图 2.3-1 项目区域大地构造图

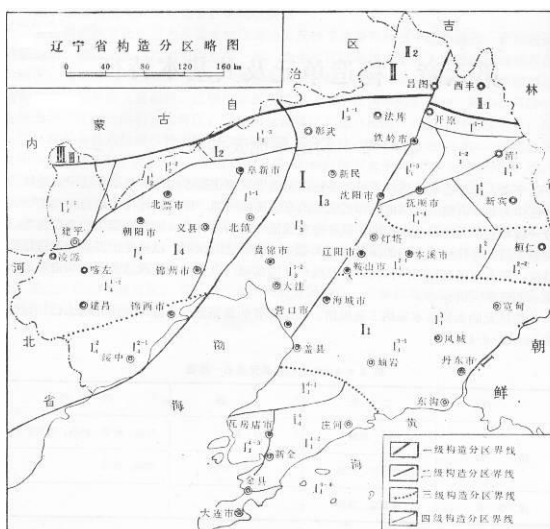


图 2.3-2 构造分区略图

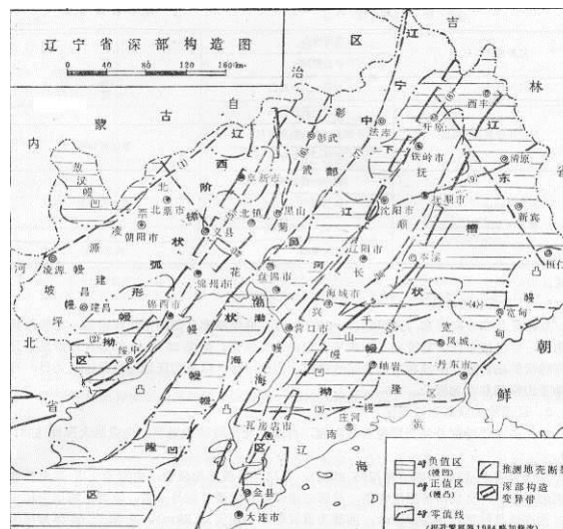


图 2.3-3 深部构造图

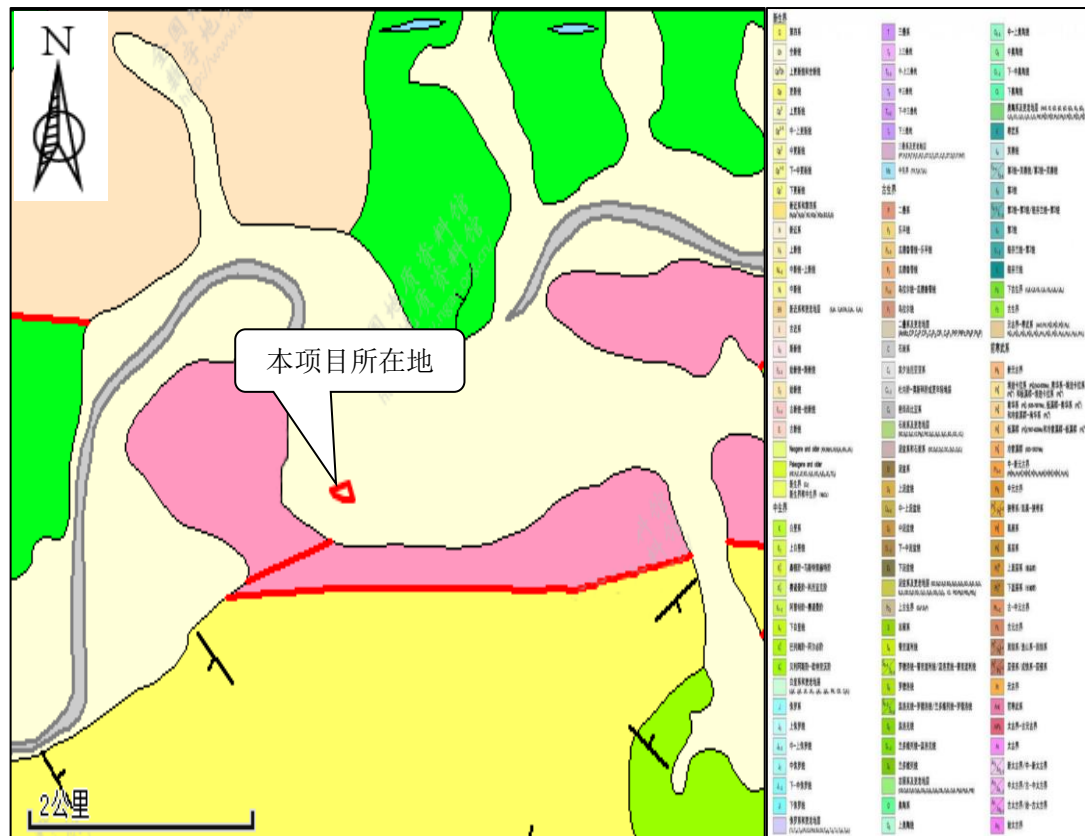


图 2.3-4 项目区域地质图

2.3.2 地层岩性与基底形态

工作区所处大地构造单元：为中朝准地台（I）、胶辽台隆（I₁），铁岭—靖宇台拱（I₁¹），抚顺凸起（I₁¹⁻⁴）。

区域出露地层由老至新有太古界井家沟组（Araj）、石棚子组（Aras）、红透山组（Arah），中元古界长城系大红峪组（Chd），侏罗系上统小东沟组（J₃xd）、白垩系下统小岭组（K₁xl），白垩系中统大峪组（K₂d），另外在区内的河流、沟谷中分布有第四系坡洪积物及现代河床冲积物。

（1）太古界

工作区位于辽北太古代克拉通清原绿岩带的西北部。出露地层为太古界变质杂岩系。区域太古界地层由下而上划分为三个组七个岩性段，总厚度大于 5000m。分述如下：

① 井家沟组（Araj）

为酸性基底，分布在线金厂-西井家沟一带，呈穹丘状。是早太古代陆块经过强烈风化、搬运、沉积形成的地质体，遭受麻粒岩相变质作用而呈现麻粒岩、紫苏花岗岩系。属绿岩带下部的高级带。该组分两个段：

a.紫苏花岗岩段（Araj¹）

区域内分布较广，厚度>500m，呈穹丘状产出。主要岩石类型有：含黑云紫苏变斑状花岗岩、含黑云二辉变斑状花岗岩、含黑云角闪单斜辉石变斑状花岗岩、紫苏花岗岩、二辉花岗岩和黑云二长混合花岗岩等。

这套岩石以浅肉红色和由微斜长石组成的变斑晶为其岩貌外观。根据变余胶结结构和岩石化学成分，原岩为陆源碎屑沉积岩。

紫苏花岗岩具有标型变质矿物紫苏辉石，见有绿片岩相的绿泥石全部取代黑云母，表面生成网状金红石；见有辉石退变为浅色角闪石，而角闪石又退变为绿泥石。这表明紫苏花岗岩遭受了麻粒岩相变质作用后又迭加了角闪岩相变质作用和绿片岩相的变质作用。

b.麻粒岩段（Araj²）

呈断续岛弧状分布在紫苏花岗岩的周围，与紫苏花岗岩段同属麻粒岩相产物，共同组成了本区古老的酸性基底（古陆块），厚度大于 496.14m。主要由下列岩石类型组成：

下部为浅黄褐色中细粒角闪二辉斜长麻粒岩、灰白色混合质中粒紫苏角闪黑云斜长麻粒岩、暗灰绿色中粗粒含石榴黑云角闪二辉斜长麻粒岩。

中部为浅黄褐色中细粒含石榴黑云斜长麻粒岩、灰白色中粒混合质含石榴浅粒岩二辉斜长角闪岩。

上部为灰白色中粒混合质紫苏二长麻粒岩、灰白—灰绿色中粗粒紫苏角闪二长麻粒岩、灰白色中粗粒含石榴黑云二长麻粒岩、黑云斜长麻粒岩、灰色粗粒二辉麻粒岩组成。

麻粒岩具有标型变质矿物紫苏辉石，为第一期区域变质（麻粒岩相变质）作用的产物。与紫苏花岗岩同样迭加了角闪岩相和绿片岩相两期变质作用。

麻粒岩的原岩根据泥灰质和泥砂质变余胶结结构应属泥灰质、泥砂质沉积岩。

② 石棚子组 (Aras)

主要分布在浑河以北,为原生绿岩,不整合覆盖于酸性基底—井家沟组紫苏花岗岩、麻粒岩系之上。它遭受了部分重熔的钠质花岗岩侵位,普遍地做为捕虏体存在钠质花岗岩中,所以分布零乱。它是由基性和酸性火山岩双模式组合及少量碎屑岩组成。在下部层位见有超基性岩床、岩盆及角砾状、脉状的科马提岩。该组主要原岩类型为拉斑玄武岩、流纹岩,少量的英安岩和碎屑岩及磁铁石英岩组成。它经受了高级角闪岩相(矽线石—兰晶石亚相)变质作用。该组分两个岩段,厚度大于 2900m。

a.含辉石变粒岩、斜长角闪岩段 (Aras¹)

该段在马家店至榆树底发育较全,厚 1471.68m。下部主要岩性为混合质黑云斜长变粒岩、混合质浅粒岩、混合质含石榴角闪斜长变粒岩、夹含普通辉石斜长角闪岩、角闪斜长变粒岩、含石榴黑云角闪斜长变粒岩。

在底部的黑云斜长变粒岩及混合花岗岩中见有层状、角砾状科马提岩,岩性为角闪石岩、绿泥石化阳起石片岩、黑云母化角闪岩等。部分地段还见有条带状含石榴磁铁角闪岩。下部原岩为酸性火山岩、拉斑玄武岩。

上部主要岩性为黑云角闪辉石斜长变粒岩、暗色中粒含单斜辉石角闪岩、灰褐色中细粒黑云角闪斜长变粒岩、灰白色含石榴黑云角闪斜长变粒岩、暗色中细粒石榴斜长角闪岩夹混合质斜长角闪岩、黑云斜长变粒岩、浅粒岩、黄褐色中细粒混合质斜长变粒岩、含辉石黑云角闪斜长变粒岩、石榴单斜辉石斜长角闪岩、变石榴角闪辉绿岩。其原岩为基性火山岩夹酸性火山岩。

b.浅粒岩夹黑云斜长变粒岩段 (Aras²):

本段零星分布于构乃甸子、龙王庙以南一带和尚家堡子至燕小堡之间,厚 1490.63m。

主要岩性:

底部为浅灰白色细粒浅粒岩夹灰白色中粒黑云斜长变粒岩。下部为黑云斜长变粒岩夹浅粒岩。中部为浅灰白色中细粒浅粒岩夹黑云斜长变粒岩、混合质浅粒岩。上部为浅灰色中细粒黑云斜长变粒岩夹灰白色混合质浅粒岩。

石棚子组变质矿物主要为辉石、角闪石、石榴石等,其中以普遍含辉石为本组特

征标志。变质相属角闪岩相蓝晶石—矽线石亚相。

③ 红透山组 (Arah)

为次生绿岩。主要分布在南龙王庙—大荒沟、张胡子沟、稗子沟一带，呈线状或弧型展布，构成了两个火山—沉积盆地。它是由基性—酸性依次分异的钙碱性火山岩和夹在其中的少量火山碎屑岩—正常沉积岩构成，底部尚见有少量的科马提岩。它不整合覆盖于原生绿岩—石棚子组之上。

次生绿岩的各类岩石以韵律或旋回形式出现，旋回底部是拉斑玄武岩，向上则渐变为安山岩—英安岩—火山碎屑岩和正常沉积岩，旋回上部发育有条带状铁质岩。由于分异性强，间歇频繁，韵律明显，导致不同酸度岩层互层出现，形成薄层互层带。

钙碱性火山岩在优地槽回返时遭受以静压型为主的变质作用，变质程度达到绿片岩相—绿帘角闪岩相，该岩系变质较浅，保留了部分原始结构、构造。变质矿物有十字石、蓝晶石、蓝绿色角闪石、绿帘石、黑云母、绿泥石、绢云母，以普遍含石榴石为本组特征。该组分为三个段：

a.斜长角闪岩段 (Arah¹)：主要岩性为斜长角闪岩夹黑云斜长变粒岩、条带状磁铁石英岩、科马提岩。厚 265m。

b.薄互层岩段 (Arah²)：主要岩性为黑云斜长变粒岩、角闪斜长变粒岩、斜长角闪浅粒岩互层。厚 869.69m。

c.沉积岩段 (Arah³)：主要岩性为条带状磁铁石英岩、阳起石化黑云角闪斜长变粒岩方解石大理岩、含砾变质石英砂岩。厚 390.9m。

(2) 中元古界

区域内中元古界不发育，主要分布在斗虎屯南。出露地层为长城系大红峪组。在斗虎屯南受燕山期挤压应力作用逆冲推覆于早白垩世大红峪组之上。下部以碎屑岩为主，上部以碳酸盐岩为主的地层序列。主要岩性为含砾变质长石石英砂岩，含硅质细晶白云岩、含石英砂屑中细晶白云岩夹变质长石石英砂岩。

(3) 中生界

主要分布在斗虎屯-长山屯一带，沿浑河两侧呈北东向展布。

① 小东沟组 (J₃xd)

主要分布分在斗虎屯镇—清原县一带,呈北东向条带状分布。由紫色砾岩、砂岩、粉砂岩等组成,为一套以杂色为主的湖沼相碎屑岩建造。

② 小岭组 (K_1x1)

分布在曾顶子及斗虎屯镇—清原县一带。为一套中-基性火山岩、火山沉积岩,岩石类型有安山岩、安山质凝灰岩等。在区域上与下伏的小东沟组平行不整合接触,区内曾顶子地区则以不整合覆于新太古代 TTG 岩系之上。

③ 大峪组 (K_2d)

分布在斗虎屯镇—清原县一带。主要由紫色砾岩、砂岩、粉砂岩组成。该组以角度不整合覆盖在下伏的不同时代地质体之上。

(4) 新生界

主要分布于现代河床两侧及河道中间,呈断续带状或孤立小岛状分布。主要由土黄色含砾粉砂质粘土夹砂砾石层组成。

2.4 区域水文地质概况

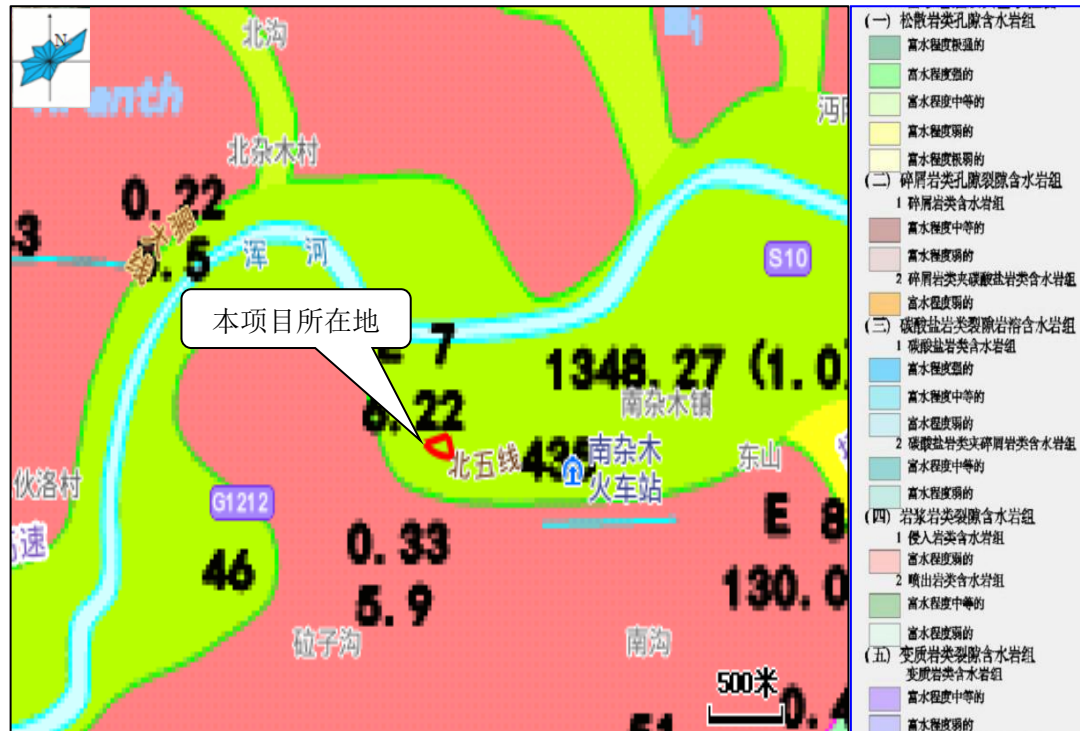
2.4.1 地下水类型及富水性

(1) 第四系孔隙水

主要分布于河流流域及山间沟谷等地。河流冲积扇地段水量极丰富,富水岩层为砂、砾、卵石层。河流西岸一带第四系地层厚 10~30m,其中含水的卵石、圆砾层 10~20m 层位稳定,透水性强,渗透系数 37~53m/d,最大 134m/d,单井涌水量 500~1000m³/d,地下水埋深 5~15m。分布于山间河谷等地的第四系含水层岩性主要为砂砾石,混粘性土,含水层厚 2~6m;地下水埋深 0.5~1.0m。谷地中由于河流切割多见溢出泉,流量在 6~58m³/d。

(2) 基岩裂隙水

仅分布于裸露丘陵区,为水量极贫区。含水不均,富水性差,单井出水量一般小于 50m³/d,水化学类型多为重碳酸钙、重碳酸钙镁型水,溶解性总固体一般小于 500mg/L。



2.4.2 地下水的补给、径流与排泄条件

区内山势起伏较大，地下水的补给、迳流、排泄总体是大面积丘陵山区以补给、迳流为主，而河谷平原区以迳流、排泄为辅。地下水流向均显示出由山前向沟谷流动的特征。

(1) 孔隙水的补给、迳流、排泄条件

第四系冲积河谷平原、山前坡洪积扇裙、山间凹地砂砾石孔隙水，主要接受大气降水和基岩裂隙水补给，在连通性较好的孔隙中迳流，一部分通过蒸发排泄。

(2) 基岩裂隙水的补给、迳流、排泄条件

基岩裂隙水的主要补给来源为大气降水。大气降水大部分形成地表迳流，汇集于树枝状的河溪中，仅有少部分渗入地下，赋存于岩石的节理及风化带网状裂隙中，呈流程不长的层流状态从分水岭向坡麓缓慢运动。一是以泉的形式直接排泄于河流中；二是排泄补给第四系潜水含水层中。

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 $M<1.5\text{g/L}$ ，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（ $\text{HCO}_3^- \text{--} \text{Ca}^{2+}$ ）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，现地表河流为浑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染。

3 项目区地质及水文地质概况

3.1 水文地质条件

根据地下水的赋存介质及水动力特征,调查区地下水类型包括第四系松散岩类孔隙水、裂隙水,最具有水文地质意义的、水文地质条件较好的是第四系松散岩类孔隙水和裂隙水。

(一) 松散岩类孔隙水

根据含水层分布的连续性、结构、岩性的稳定程度及其各地段岩层的富水程度,松散岩类孔隙水按富水性划分为两个不同富水地段,即:

(1) 水量丰富区(单井涌水量 $100\sim 500\text{m}^3/\text{d}$)地段

主要分布在何有流域下游的河谷盆地,沿河谷呈条带状分布,含水层为中粗砂、砾卵石,地下水埋深 $0.4\sim 1.6\text{m}$,含水层埋深 $1.6\sim 11.5\text{m}$,单井涌水量为 $5\sim 19\text{ L/s}$,按 5.0m 降深推算涌水量为 $1500\text{m}^3/\text{d}$,渗透系数 $12\sim 35\text{m/d}$,从其富水性有由上游向下游逐渐变大的规律,水化学类型为重碳酸氯化物钙钠型水。

(2) 水量中等区(单井涌水量 $100\sim 200\text{m}^3/\text{d}$)地段

主要分布于山间河谷等地。含水层岩性主要为砂砾石,混粘性土,含水层厚 $2\sim 6\text{m}$;地下水埋深 $0.5\sim 1.0\text{m}$,单井涌水量 $18\sim 365\text{m}^3/\text{d}$,渗透系数小于 20m/d 。谷地中由于河流切割多见溢出泉,流量在 $6\sim 58\text{m}^3/\text{d}$,单井涌水量 $100\sim 1000\text{m}^3/\text{d}$,地下水为重碳酸钙型,矿化度 $0.3\sim 0.5\text{g/l}$ 。

(二) 碳酸盐岩类裂隙水

因受岩性、岩石结构、构造断裂及地貌的控制,由于裂隙的不均匀,各地富水性有明显的差异。地势高或构造单一的地段地下水露头甚少,富水性差;而临河谷及构造断裂通过处泉多而流量甚大,多为线状溢出的上升或下降泉群。泉的天然流量在 10L/s ($846\text{m}^3/\text{d}$),大者达 33.4L/s ($2826\text{m}^3/\text{d}$),小者在 0.5L/s ($42.3\sim 423\text{m}^3/\text{d}$)。

由于岩层富水性不均一,一般在浅部补给源充沛的地区富水性较强,单位涌水量 11.6L/s.m ,渗透系数 14.82m/d ,向深部富水性减弱,单位涌水量仅在 0.0082L/s.m ,渗透系数在 0.0795m/d 。

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

（一）地下水的补给

本区地下水是在复杂的地质条件下形成的，由于调查区地下水类型较多，含水层结构层次多，各类各层地下水相互依存、相互补给。区内地下水含水层包括上下两层，二者基本是统一的补给来源，上层孔隙水接受大气降水渗入补给，通过弱透水层越流向下补给裂隙岩溶水，而裂隙岩溶水除接受上层孔隙越流补给外，还直接接受少量的侧向径流补给。

调查区地下水的补给包括垂向补给和侧向补给，以垂向补给为主。其中垂向补给包括：降雨入渗，农灌水田水回渗，地表水体的渗入。

（二）地下水的径流

区内地下水的径流受地形坡度、岩性特征及裂隙、溶隙展布方向的控制，径流条件好坏，则取决于松散岩层的孔隙、基岩表层风化裂隙及深部构造裂隙的发育程度、破碎程度及充填物性质等。通常以沟谷为中心，由坡上向坡下径流，沟谷则由上游向下游方向径流。

由于该调查区的地貌以低山丘陵为主，基岩地区约占 90%。在基岩山区地形起伏大，切割深；大气降水至地表后，地表产流快，大多汇集于沟谷成地表河流，仍有一部分渗入地下，得以储存于基岩山区的各种不同类型的含水介质中成为地下水。这部分地下水沿含水层（带）经一定距离径流后，或在地形切割含水层（带）部位成泉溢出汇入地表河流，部分仍汇于局部（或深部）含水层（带）之中；或成为地下潜流径流出区外。

该区内地下水的总体流向是从西向东，地下水在径流中显示出潜水性，由丘坡向沟谷运动。

（三）地下水的排泄

调查区内地下水排泄均具有就近排泄之特点，排泄方式主要有：天然排泄和人工排泄，其中天然排泄包括水平径流排泄、垂向蒸发排泄。不同的水文地质单元地下水的排泄方式各异。丘陵区水文地质单元地下水排泄主要为水平径流和人工开采排泄。

（1）天然排泄

① 水平径流

调查区内地下水水平径流排泄方式主要有直接向地表水排泄及以泉的形式向地表水排泄，还有一种为以地下径流方式排出区外。

② 垂向排泄

在天然垂向排泄中只有蒸发排泄。在蒸发排泄中，主要有陆面蒸发、植物蒸腾、水面蒸发等，在本区中只考虑对地下水有明显影响的陆面蒸发。由于该区第四系的地表岩性主要以亚粘土、耕植土组成，据该地区的经验值，极限蒸发深度一般为 3~5m，本次选择 4m 为该区域的极限蒸发深度。

（2）人工开采

调查区内的人工开采排泄方式有工业开采、农业开采。其工业开采主要以工业自备机井形式。工业自备井取水量占比例较大，全部都以开采浅层地下水为主。

因此本区地下水的排泄主要为蒸发、人工开采及径流排泄。

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。

建设项目场址包气带层厚 $Mb30m > 1.0m$ ，分布连续、稳定，渗透系数通过现场勘查，场区包气带渗透系数为 $8.6 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 。根据天然包气带防污性能分级参照表划分，包气带岩土渗透性能分级为弱。

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：

$$K=0.687\text{m/d}$$

(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。

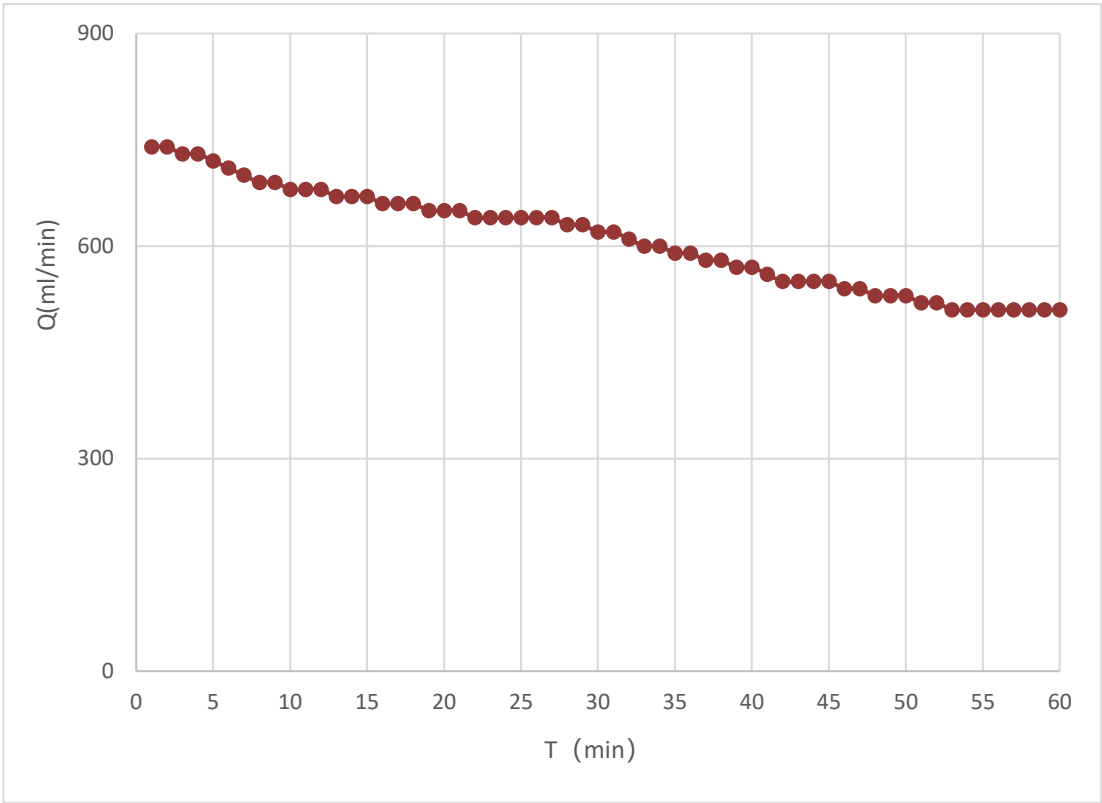


图 3.5-1 渗水试验 Q-t 曲线图

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	8.6*10 ⁻³	0.17	0.20

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 800m。

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。由于项目所在地临近浑河，距离仅为 1250m，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。

详见下表。

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	浑河北岸 S1#	56	2	60
2	项目所在地 S2#	60	2	65
3	南杂木 S3#	62	2	68
4	榔头沟村 S4#	40	3	70
5	房身村 S5#	82	2	87
6	南沟 S6#	67	2	72
7	北山村 S7#	80	2	85
8	朝阳村 S8#	66	2	74

9	金木沟村 S9#	57	2	65
10	梨沟村 S10#	68	2	75

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, Pi —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	项目厂址 S1#		浑河北岸 S2#		南杂木 S3#		榔头沟村 S4#		房身村 S5#		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)	6.78	0.44	7.23	0.15	7.34	0.23	7.12	0.08	7.02	0.01	6.5-8.5	0	/
2	氨氮	0.375	0.75	0.274	0.55	0.392	0.78	0.103	0.21	0.331	0.66	0.5	0	/
3	总硬度	228	0.51	106	0.24	121	0.27	189	0.42	216	0.48	450	0	/
4	溶解性总固体	388	0.39	172	0.17	168	0.17	346	0.35	374	0.37	1000	0	/
5	耗氧量	1.18	0.39	1.08	0.36	1.24	0.41	1.32	0.44	1.45	0.48	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	0.03	0.10	0.04	0.13	0.03	0.10	0.06	0.20	0.05	0.17	0.3	0	/
12	锰	0.04	0.40	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	11.8	0.59	0.154	0.01	0.154	0.01	0.154	0.01	0.154	0.01	20	0	/
16	亚硝酸盐	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	1	0	/
17	硫酸盐	40.1	0.16	3.17	0.01	3.22	0.01	21.8	0.09	8.64	0.03	250	0	/
18	氯化物	40.2	0.16	0.209	0.00	0.209	0.00	9.14	0.04	0.964	0.00	250	0	/
19	氟化物	0.053	0.05	0.008	0.01	ND	/	0.048	0.05	0.017	0.02	1	0	/

20	Cl ⁻	40.2	/	0.209	/	0.209	/	9.14	/	0.964	/	/	0	/
21	SO ₄ ²⁻	40.1	/	3.17	/	3.22	/	21.8	/	8.64	/	/	0	/
22	CO ₃ ²⁻	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	/	0	/
23	HCO ₃ ⁻	106	/	94	/	106	/	118	/	112	/	/	0	/
24	K ⁺	1.31	/	0.08	/	0.76	/	2.88	/	0.09	/	/	0	/
25	Na ⁺	35.44	0.18	0.84	0.00	18.85	0.09	18.66	0.09	15.87	0.08	200	0	/
26	Ca ²⁺	76.58	/	40.71	/	32.22	/	41.99	/	15.81	/	/	0	/
27	Mg ²⁺	11.264	/	2.943	/	1.415	/	16.942	/	3.181	/	/	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)	50	0.50	30	0.30	30	0.30	40	0.40	30	0.30	100	0	/
31	总大肠菌群 (MPN/100mL)	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	ND	/	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,北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。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角砾夹杂粉质黏土之中，角砾层与粉质粘土互层，含水层渗透系数约 6.5~20m/d。含水层上覆包气带渗透系数较小，渗透系数为 2.0m/d~5.5m/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，具体参数赋值情况表下表。

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
东别部及北侧 部阶地区域	角砾	0.31	0.02	0.5	1.07	6.5-20	0.35
	粉质黏土	0.25	0.032	1.5	1.30	2.0-5.5	0.42
山岭山区	砂土	0.43	0.042	13.8	2.57	20-35	0.42

（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 1.4×10^{-4} - 3.2×10^{-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：计算区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 60×70 个单元格，项目所在区域网格进行加密处理，模拟范围约为 5.5km^2 。

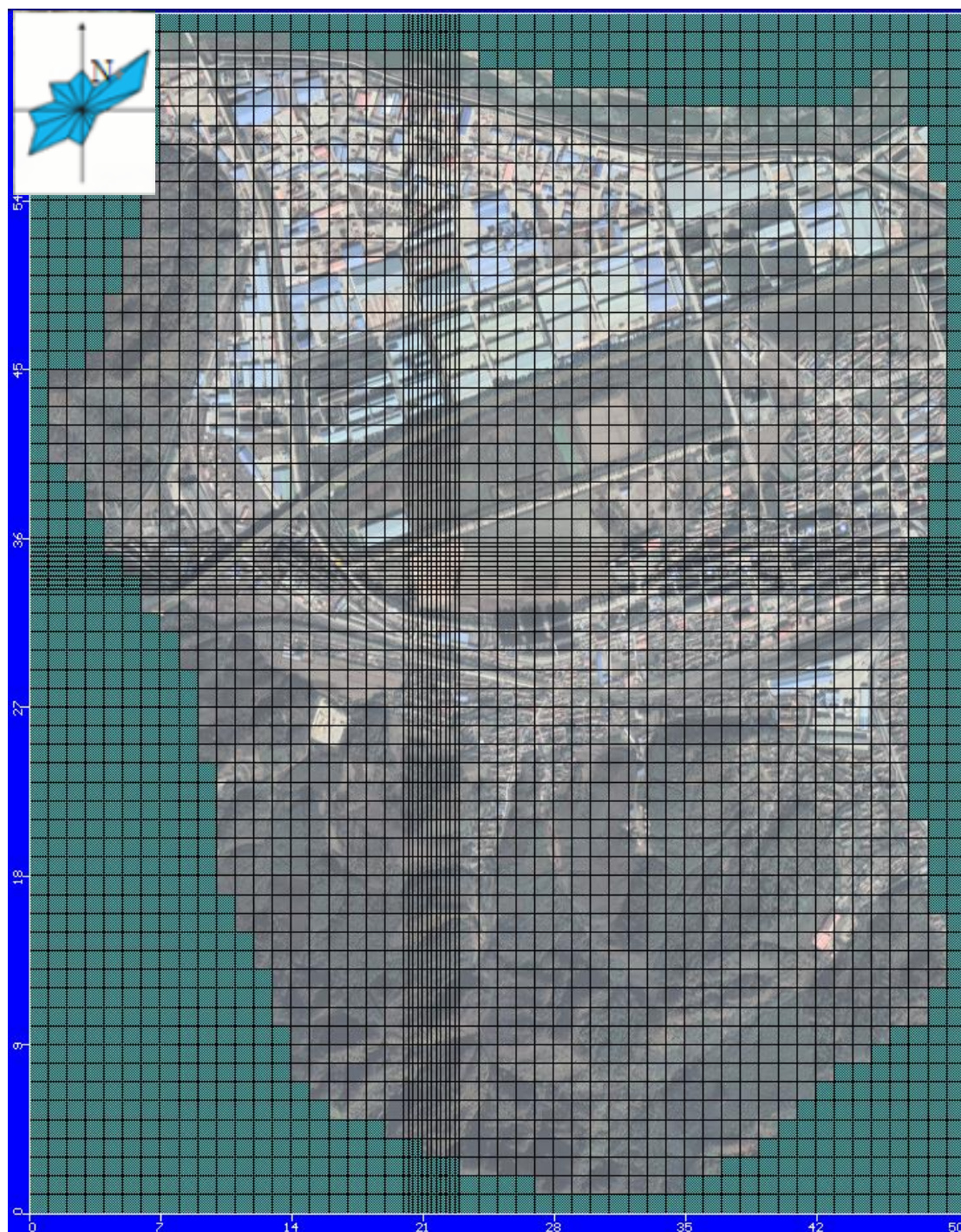


图 5.1-1 模拟预测区域网格剖分

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北测河流径流，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。

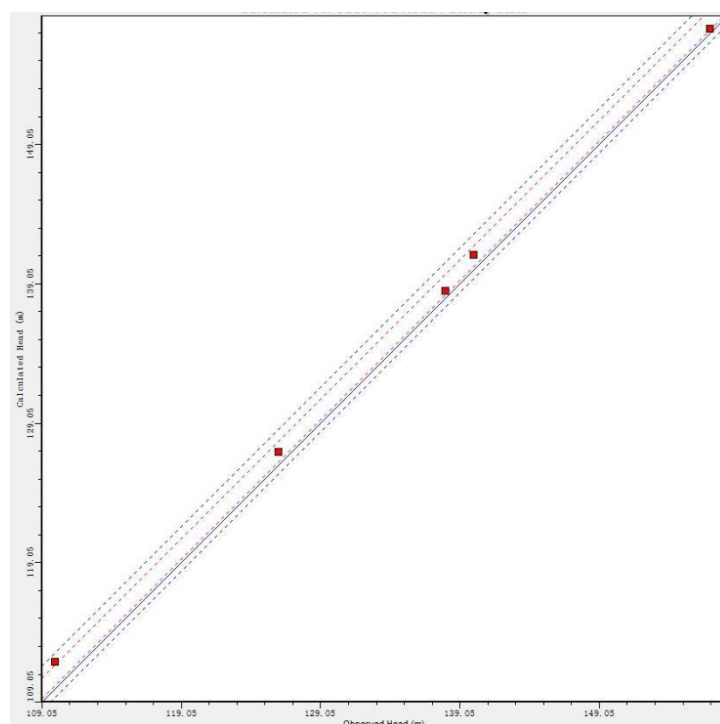


图 5.2-1 区域实测水位与模拟水位拟合

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

由于技改部分仅对现有池体进行改造，不新增处理能力，进水及出水指标均不变，因此本次情景设定仅针对扩建项目的池体进行设定。

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：

$$Q=1.43 \times 10^{-8} \text{m}^3/\text{d}。$$

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 调节池底部发生破损

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。对建设项目的调节池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。结合调节池尺寸计算渗漏量为 $1.0\text{m}^3/\text{d}$ 。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。结合调节池污染物浓度，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，北侧临近浑河，浑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浑河有相互补给关系，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浑河。

5.4 模型预测

（1）调节池 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。

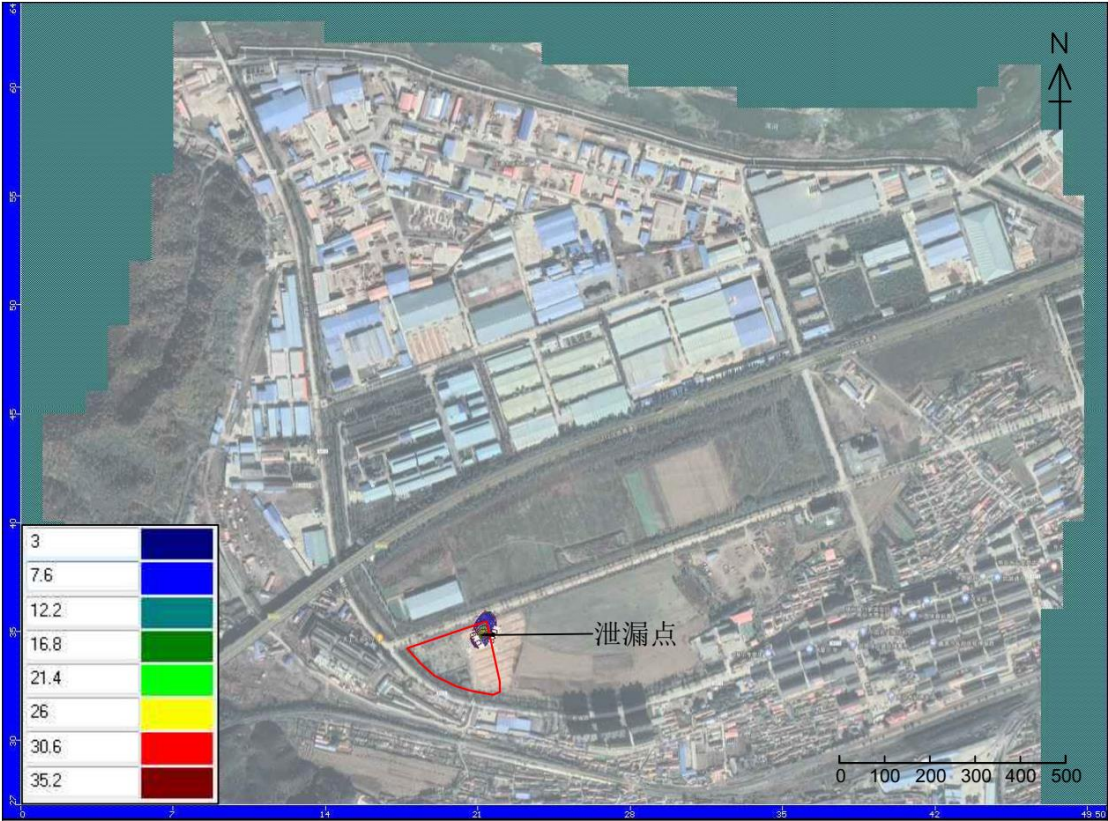


图 5.4-1 渗漏 10 天污染影响范围 (COD)

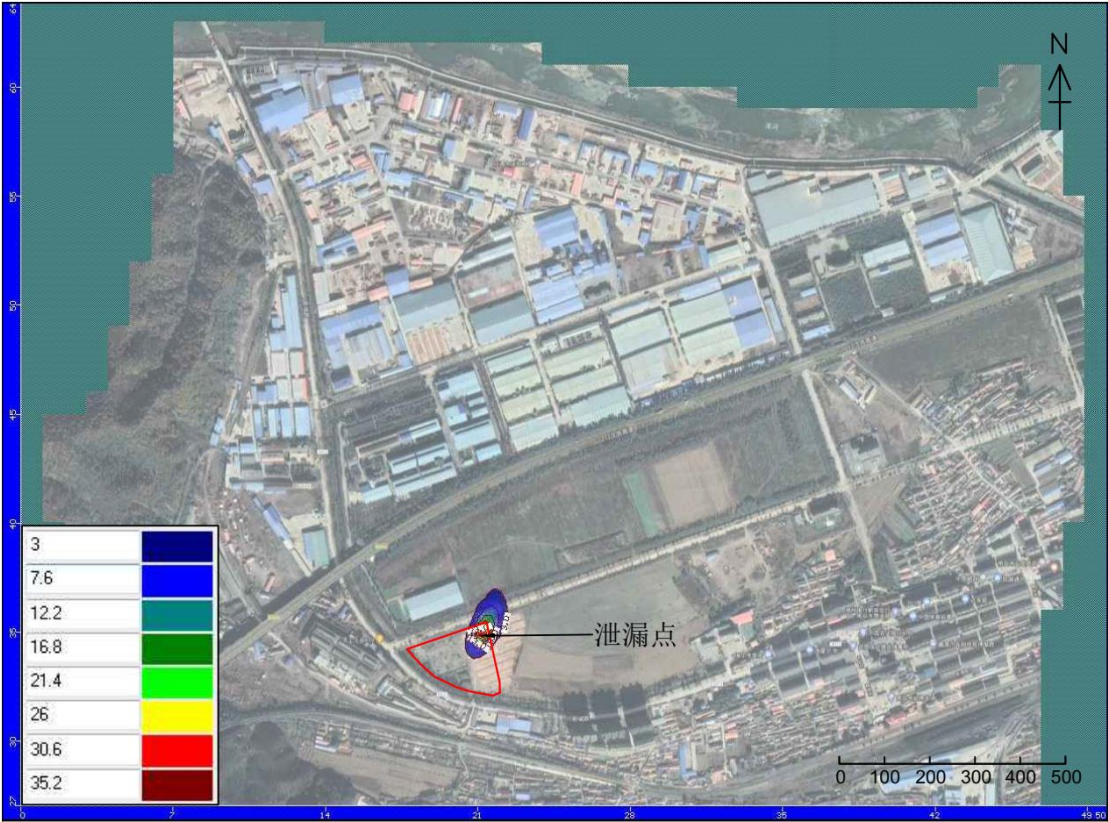


图 5.4-2 渗漏 30 天污染影响范围 (COD)

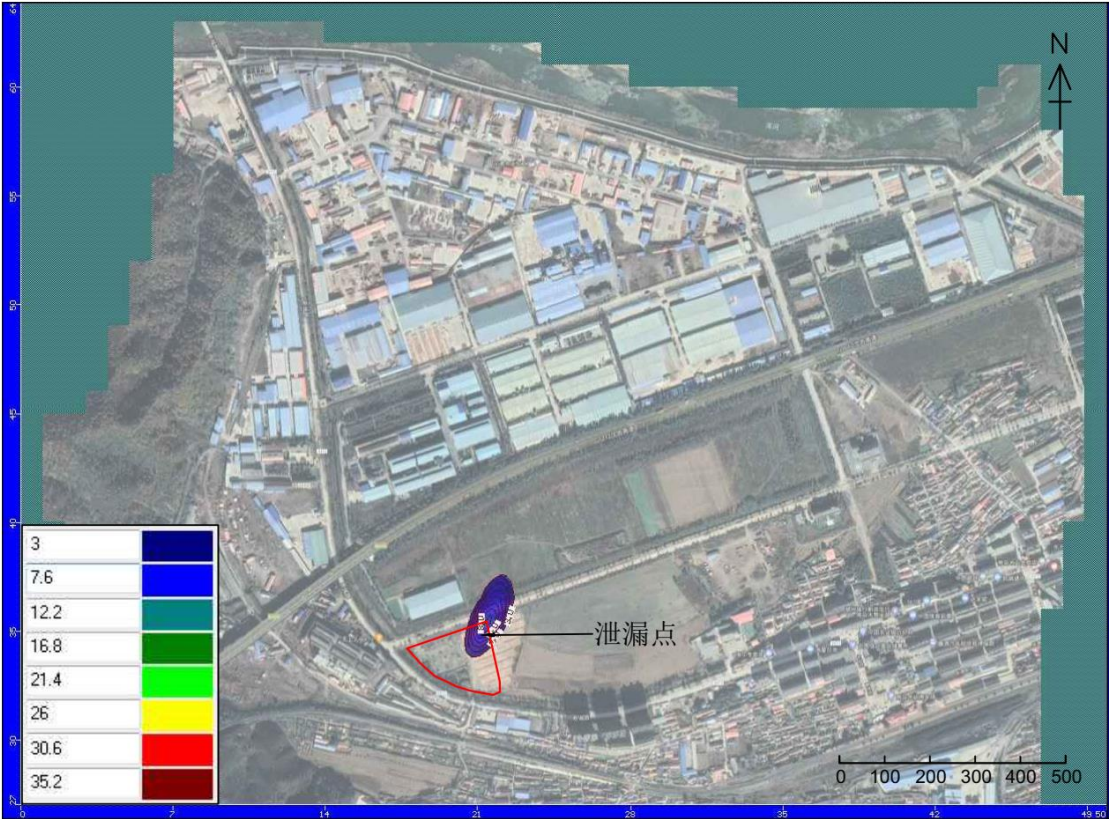


图 5.4-3 渗漏 50 天污染影响范围 (COD)

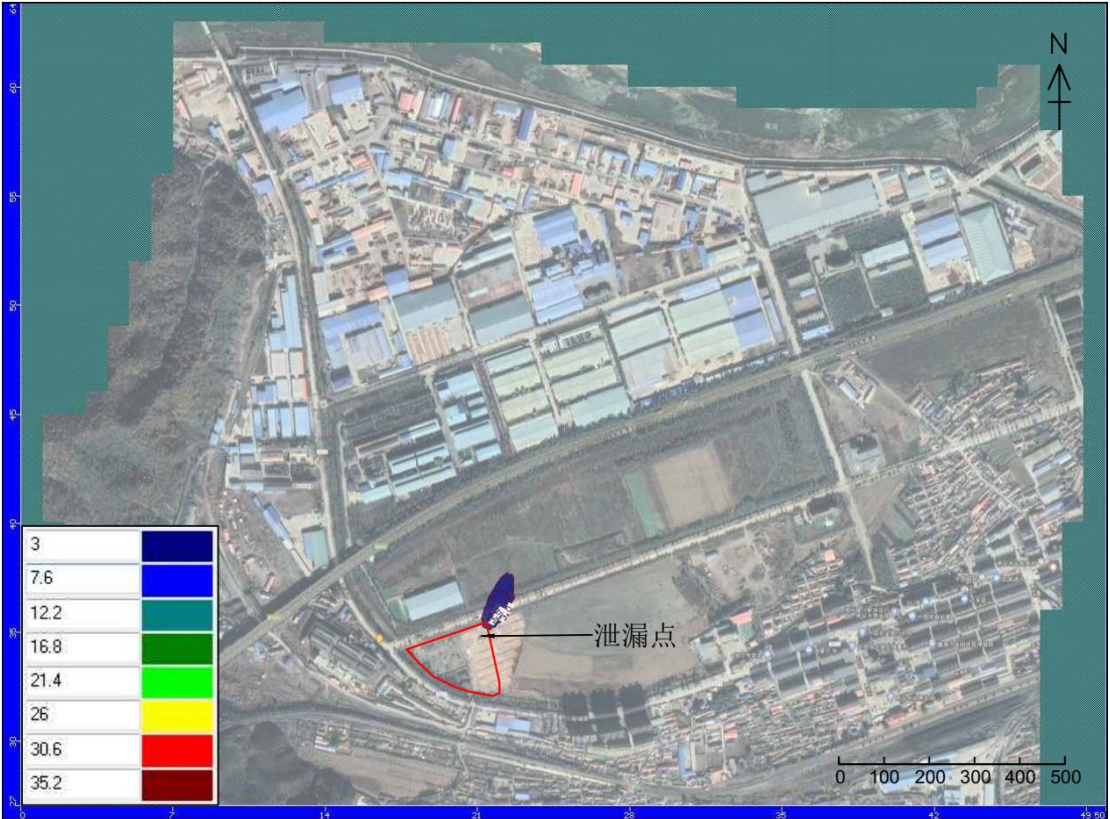


图 5.4-4 渗漏 90 天污染影响范围 (COD)

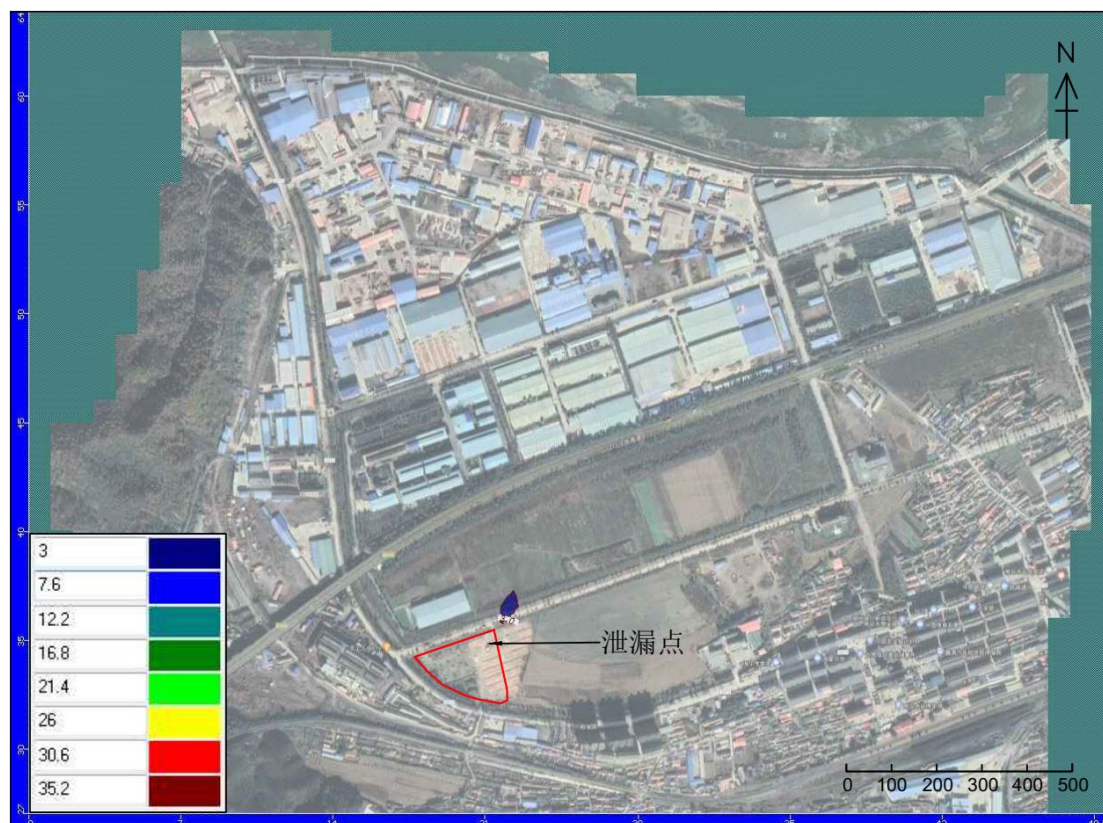


图 5.4-5 渗漏 100 天污染影响范围 (COD)



图 5.4-6 渗漏 105 天污染影响范围 (COD)

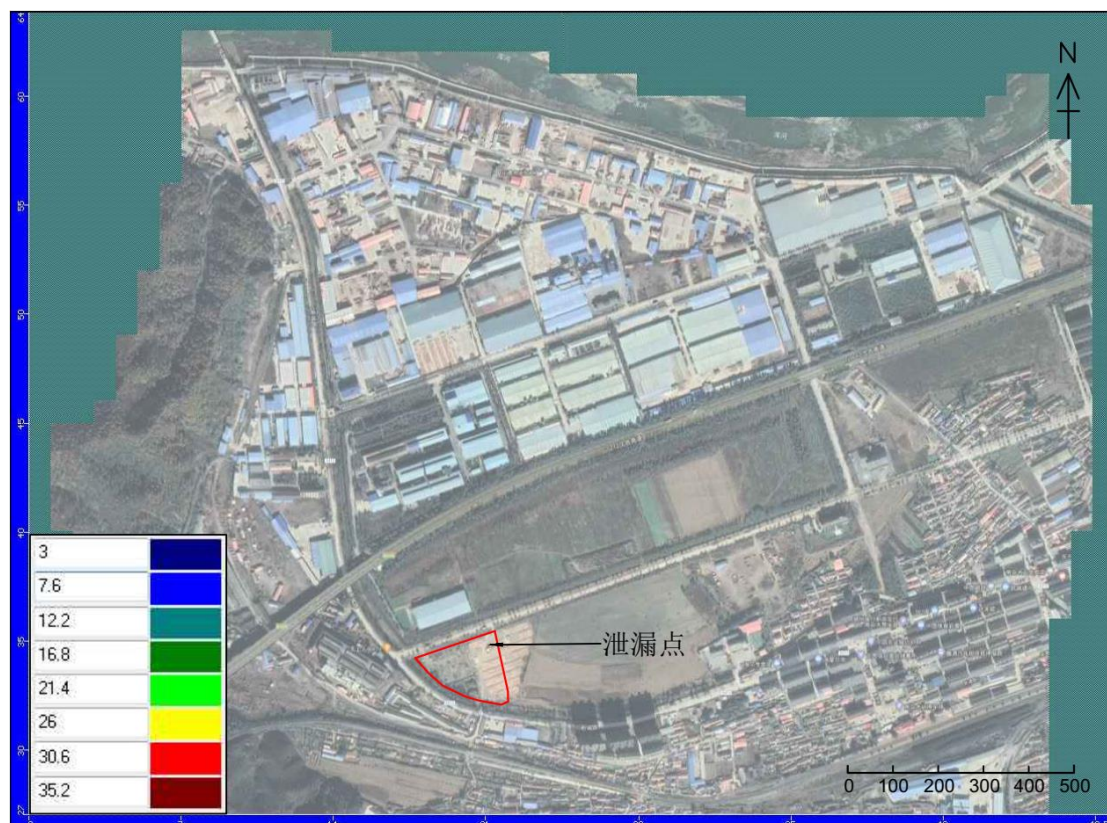


图 5.4-7 渗漏 365 天污染影响范围 (COD)

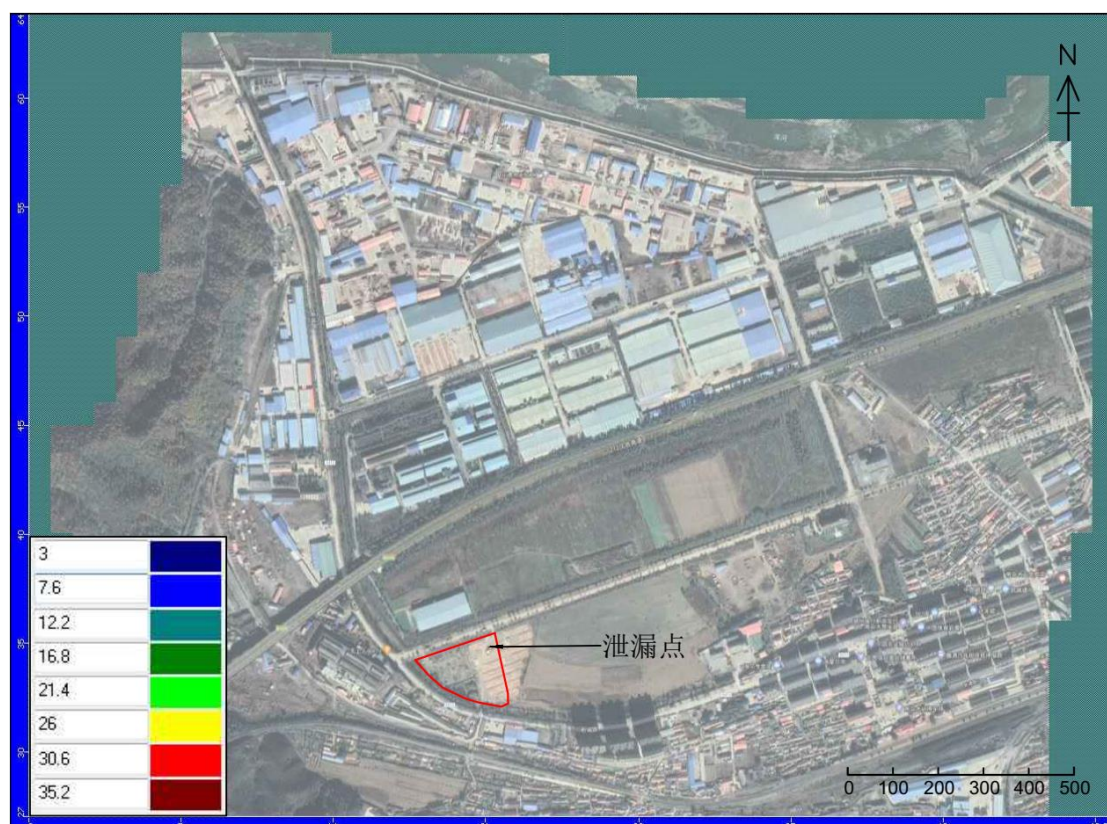


图 5.4-8 渗漏 1000 天污染影响范围 (COD)

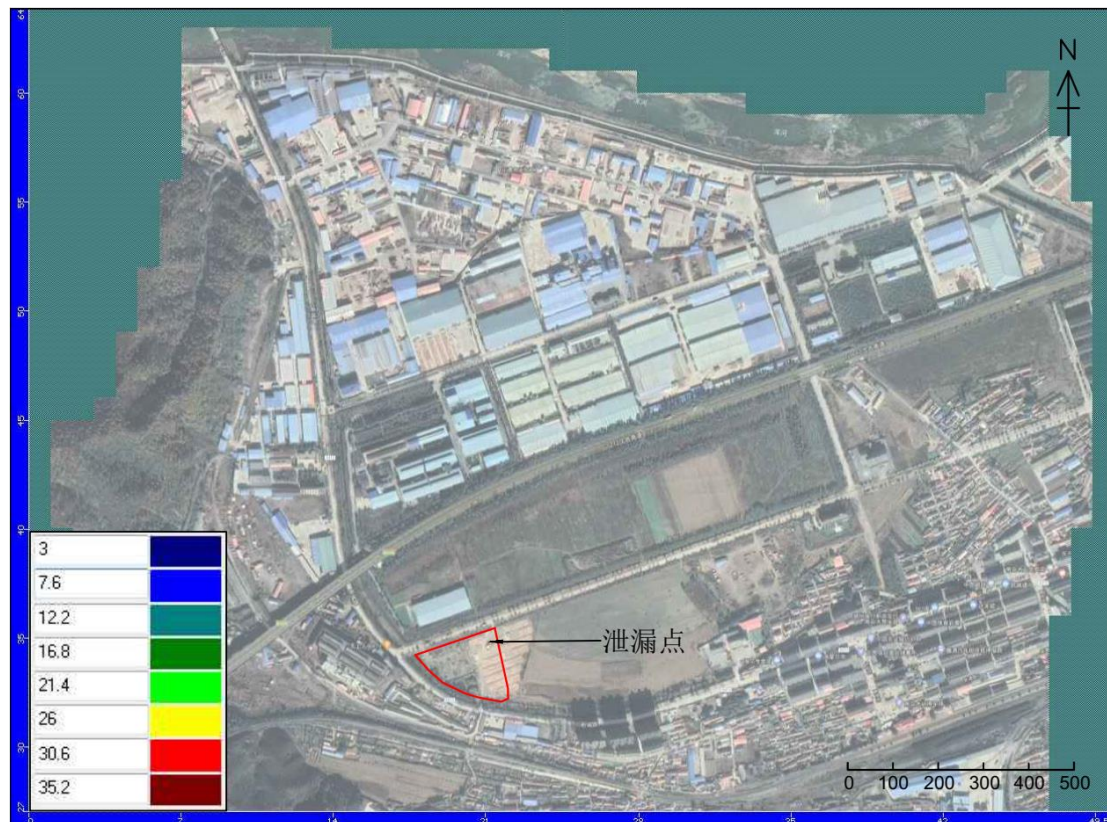


图 5.4-9 渗漏 2000 天污染影响范围 (COD)

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调节池处, 由于污染物持续泄露, 浓度最大值为 25mg/L, 污染羽范围扩大, 有向下游运移的趋势, 污染羽影响范围 3281m², 污染羽距离下游河流 1127m。

泄漏发生 30 天时, 污染物浓度最大值主要位于调节池处, 此时中心浓度为最大, 浓度为 35mg/L。污染羽影响范围 9697m², 污染羽距离下游河流 1071m。此时切断污染源。

泄漏发生 50 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 10mg/L。污染羽影响范围 12477m², 污染羽中心向下游运移距离为 34m。

泄漏发生 90 天及 100 天时, 污染物逐渐向下游移动, 浓度最大值分别为 4mg/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 5668m² 及 1855m²，污染羽中心向下游运移距离为 76m 及 87m。

至 105 天时，污染羽彻底消失，365 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）距离下游保护目标较远，并未对周边保护目标造成影响。

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	25mg/L	调节池	否	1127m	0m
30 天	35mg/L	调节池	否	1071m	0m
50 天	10mg/L	厂区边界	否	1038m	34m
90 天	4mg/L	厂界下游	否	1032m	76m
100 天	3.5mg/L	厂界下游	否	1052m	87m
105 天	—	—	—	—	—
365 天	—	—	—	—	—
1000 天	—	—	—	—	—
2000 天	—	—	—	—	—
3650 天	—	—	—	—	—
.....	—	—	—	—	—

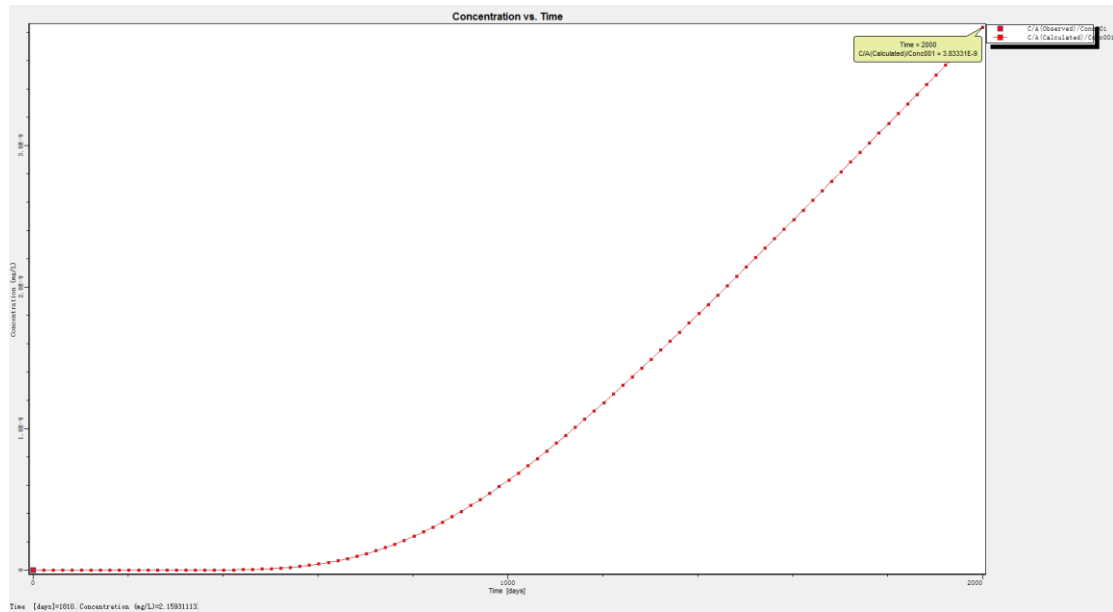


图 5.4-10 下游河流预测点浓度变化

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,污染羽距离保护目标处较远,始终未对保护目标造成影响,超标污染羽在 105 天时消失,不再对周边地下水环境造成影响。

(2) 调节池氨氮预测

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。

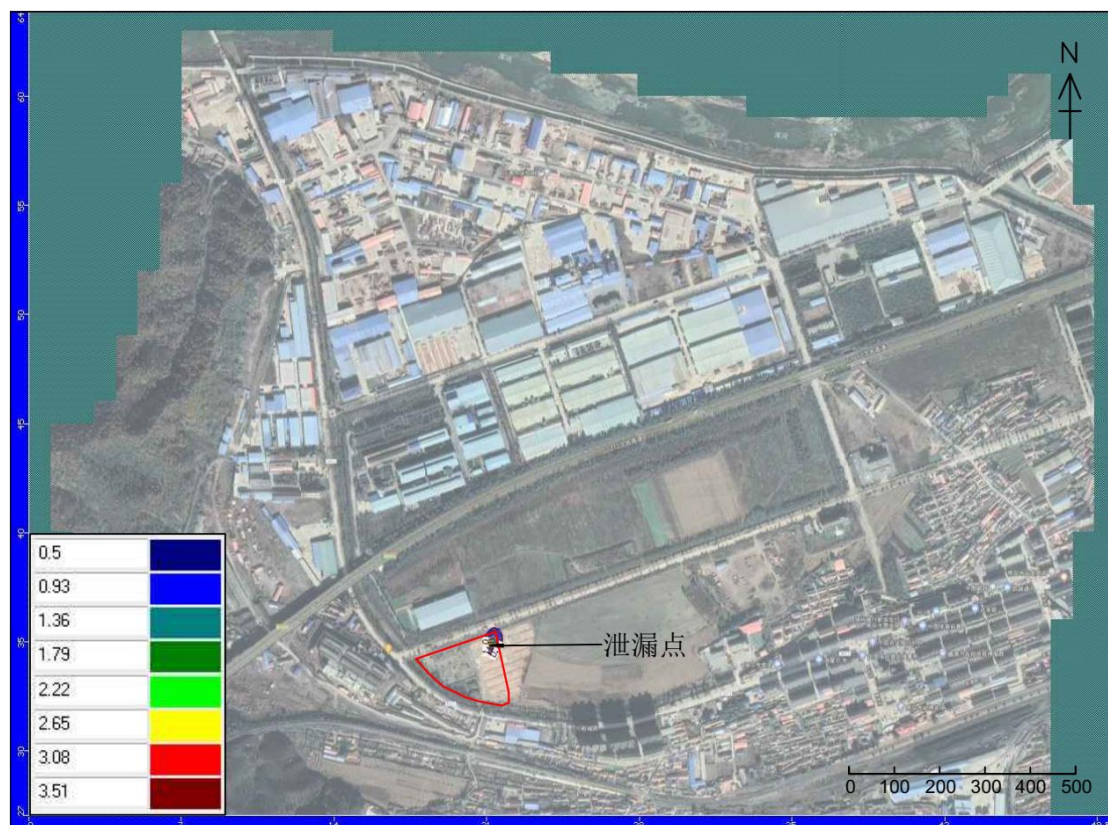


图 5.4-11 渗漏 10 天污染影响范围（氨氮）

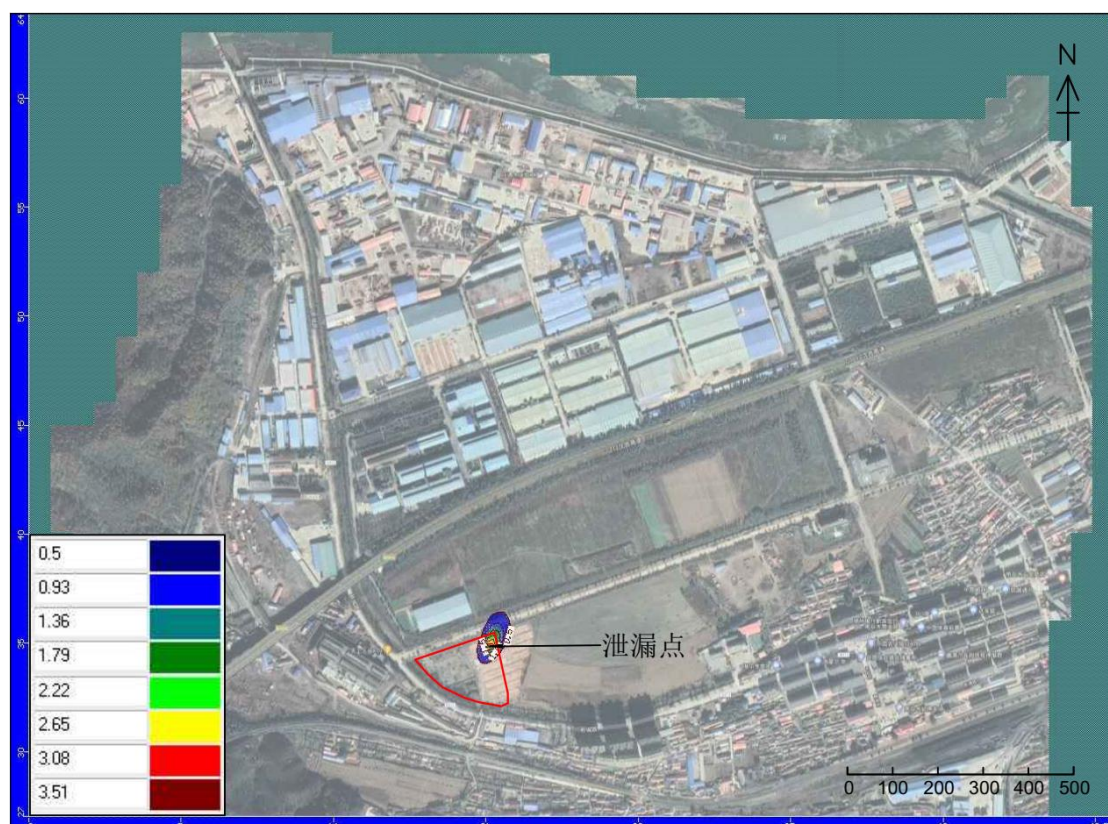


图 5.4-12 渗漏 30 天污染影响范围（氨氮）

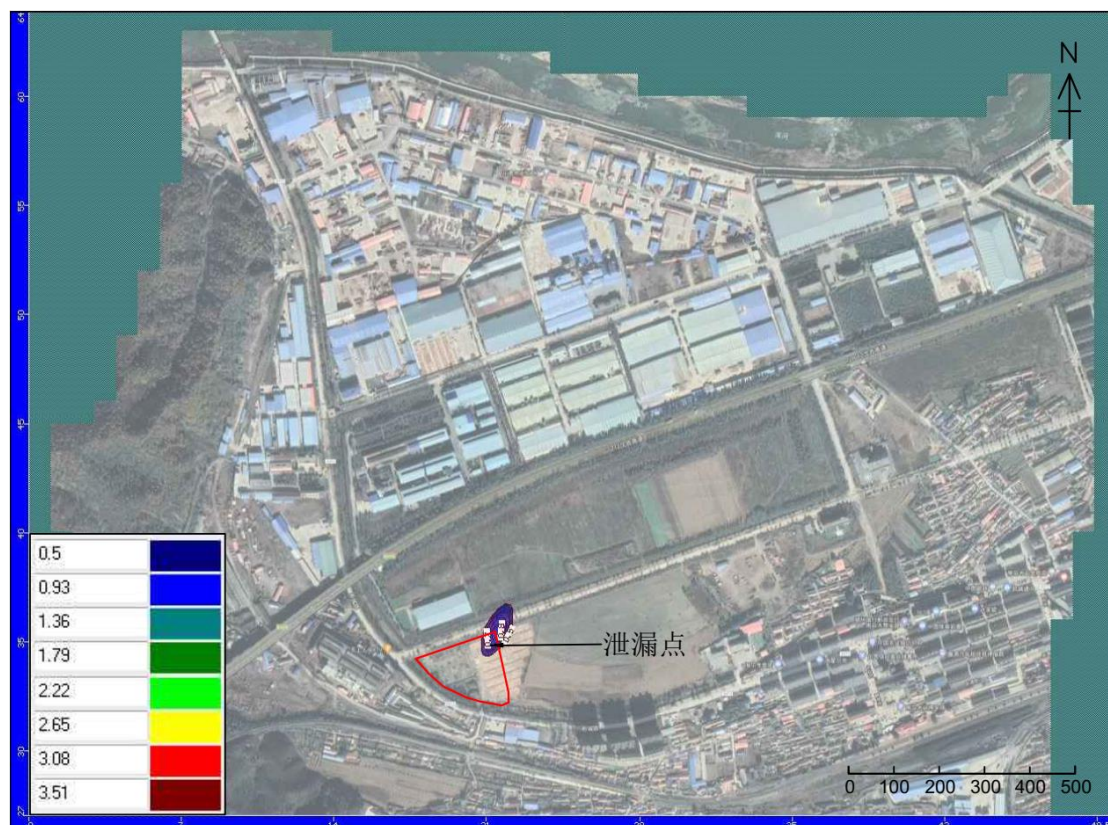


图 5.4-13 渗漏 50 天污染影响范围（氨氮）

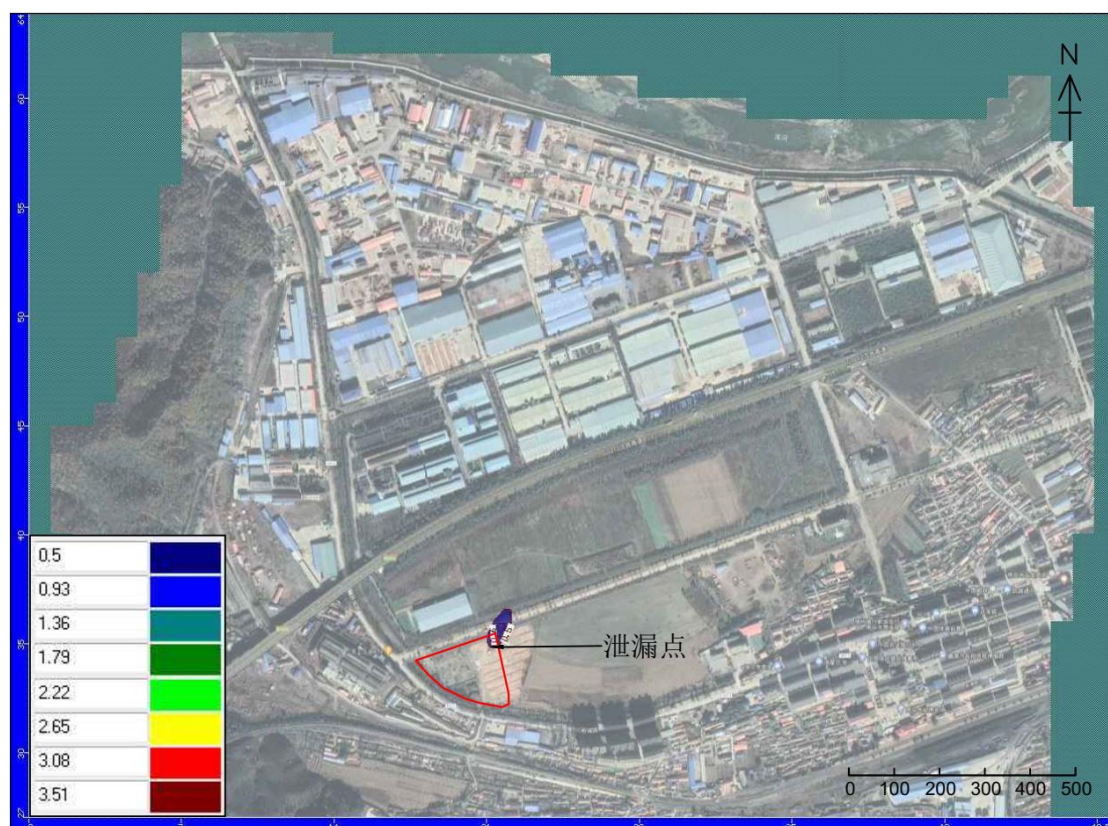


图 5.4-14 渗漏 60 天污染影响范围（氨氮）

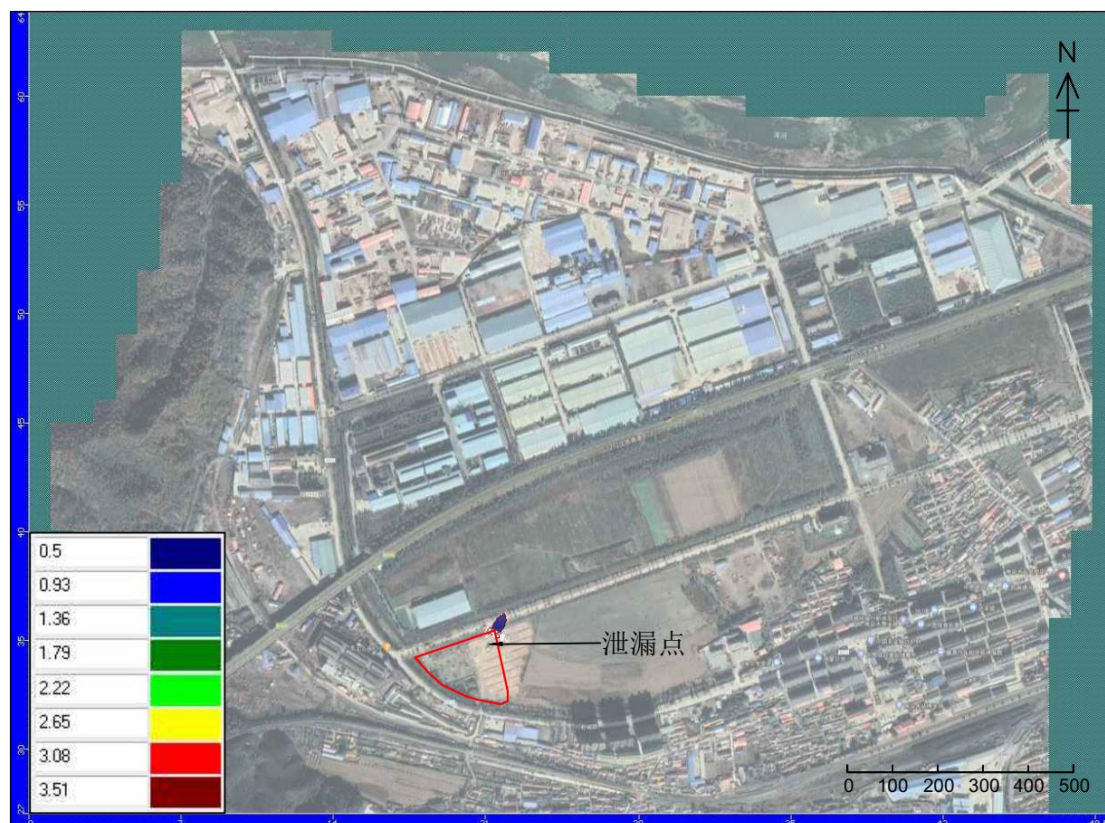


图 5.4-15 渗漏 66 天污染影响范围（氨氮）

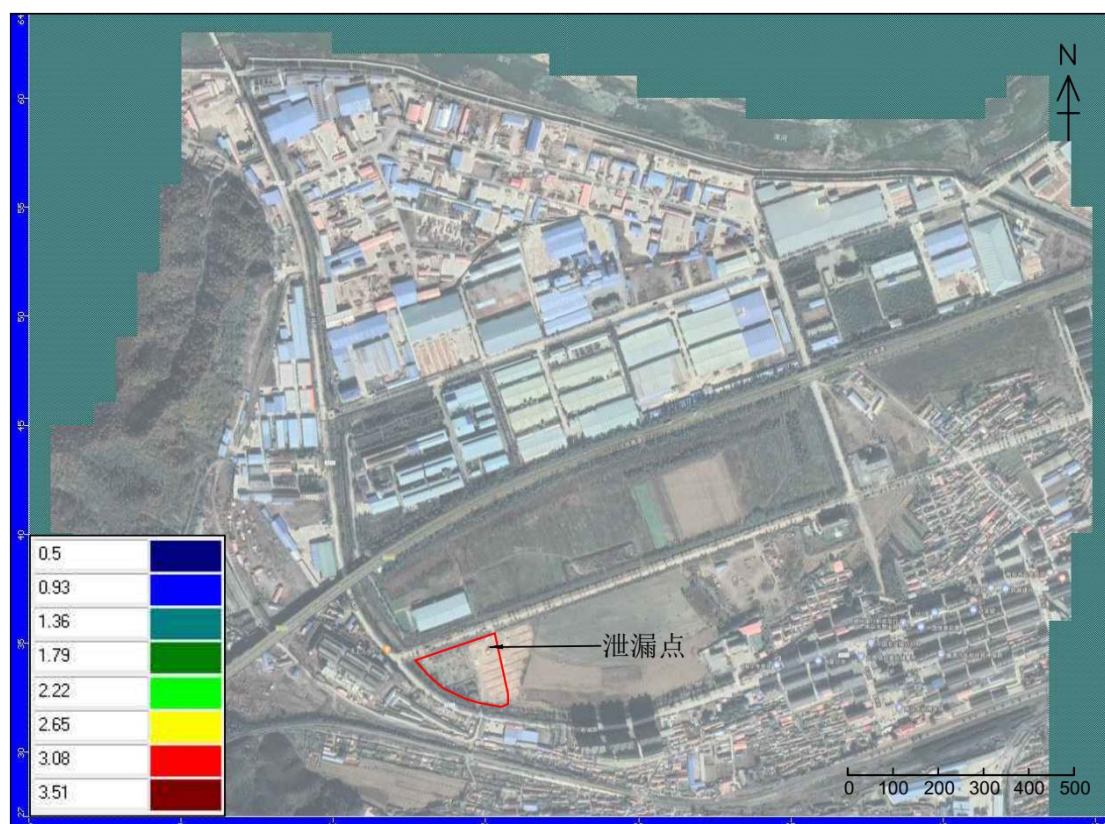


图 5.4-16 渗漏 68 天污染影响范围（氨氮）



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）

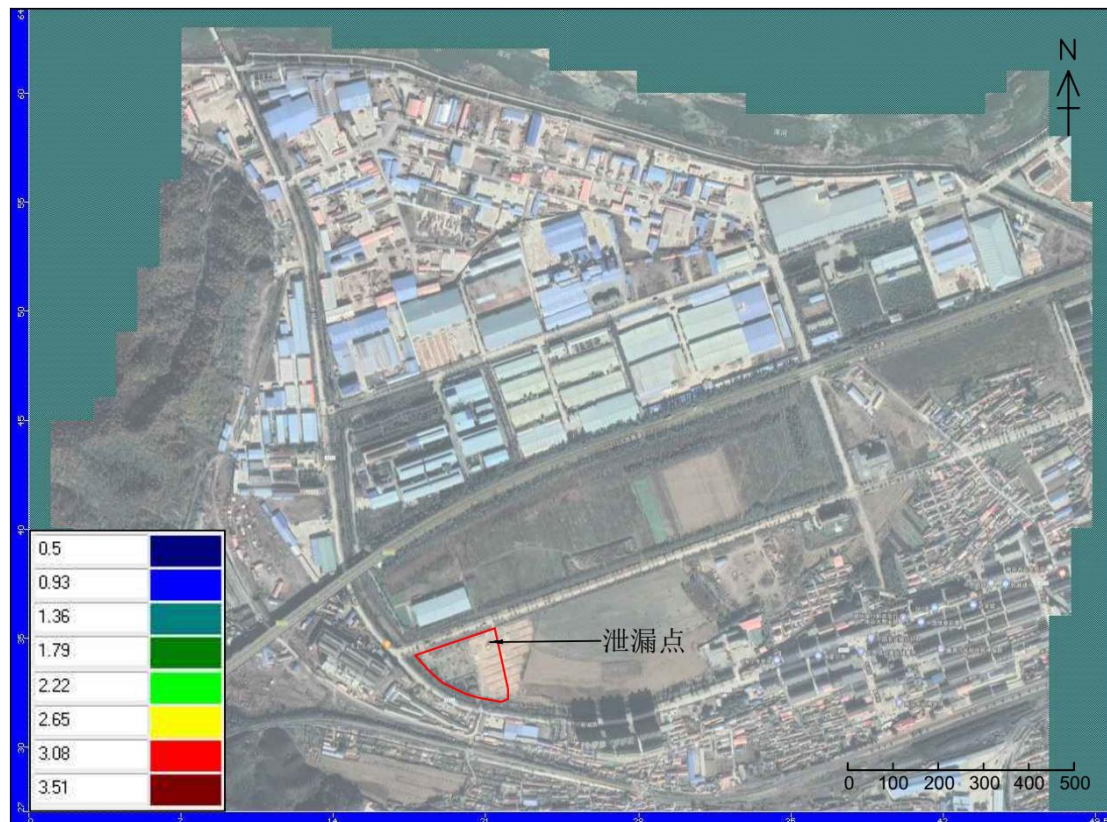


图 5.4-19 渗漏 2000 天污染影响范围（氨氮）

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调节池处，由于污染物持续泄露，浓度最大值为 2.5mg/L，污染羽范围扩大，有向下游运移的趋势，污染羽影响范围 1939m²，污染羽距离下游河流 1140m。

泄漏发生 30 天时，污染物浓度最大值主要位于调节池处，此时中心浓度为最大，浓度为 3.5mg/L。污染羽影响范围 5945m²，污染羽距离下游河流 1098m。此时切断污染源。

泄漏发生 50 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 0.9mg/L。污染羽影响范围 5235m²，污染羽中心向下游运移距离为 32m。

泄漏发生 60 天及 66 天时，污染物逐渐向下游移动，浓度最大值分别为 0.7mg/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 2811m² 及 959m²，污染羽中心向下游运移距离为 40m 及 46m。

至 68 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）距离下游保护目标较远，并未对周边保护目标造成影响。

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	2.5mg/L	调节池	否	1140m	0m
30 天	3.5mg/L	调节池	否	1098m	0m
50 天	0.9mg/L	厂区边界	否	1079m	32m
60 天	0.7mg/L	厂区边界	否	1082m	40m
66 天	0.6mg/L	厂界下游	否	1107m	46m
68 天	—	—	—	—	—
100 天	—	—	—	—	—
365 天	—	—	—	—	—
1000 天	—	—	—	—	—
2000 天	—	—	—	—	—
3650 天	—	—	—	—	—
……	—	—	—	—	—

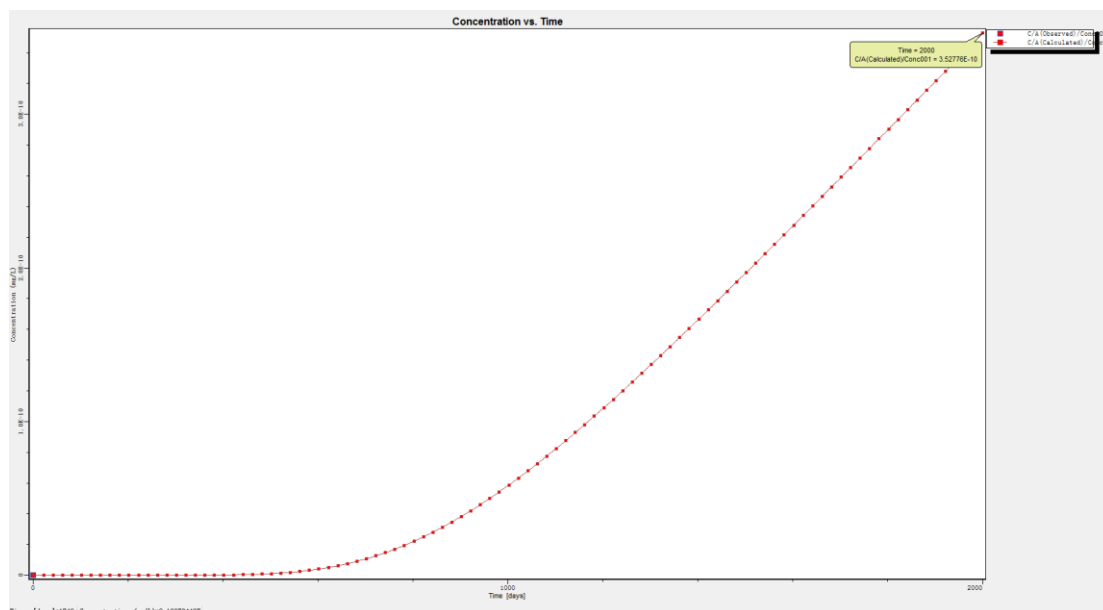


图 5.4-20 下游河流预测点浓度变化

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,污染羽距离保护目标处较远,始终未对保护目标造成影响,超标污染羽在 68 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浑河处,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。

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、 调节池、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。

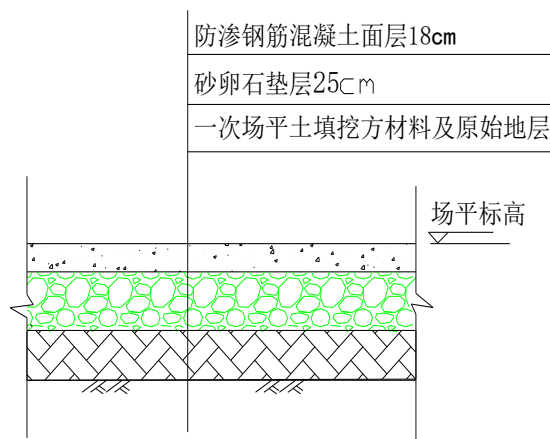


图 6.2-1 一般防渗区典型防渗结构示意图

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。

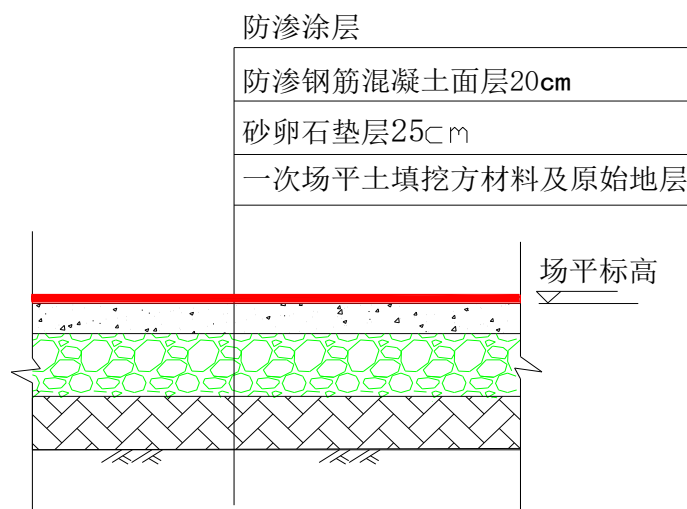


图 6.2-2 重点防渗区典型防渗结构示意图

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%。

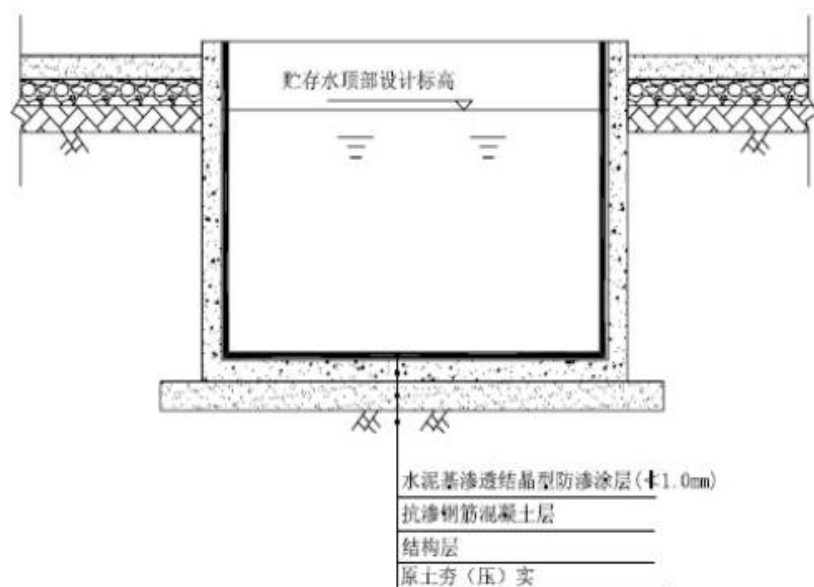


图 6.2-3 污水储池防渗示意图

地下管道

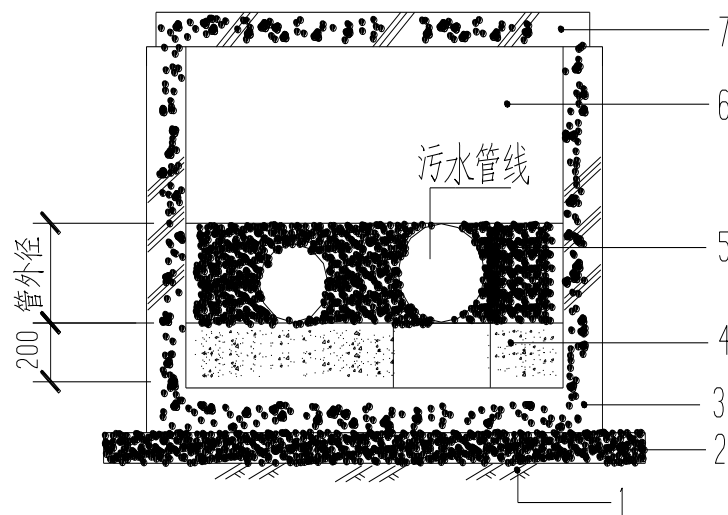
(1) 各装置单元内部的地下污水或污染物料管道(三级地管)应采用钢制管道；各装置单元与单元污水池相边的地下管道(二级地管)以及收集各装置单元污水并送往污水处理场所的地下管道(一级地管)宜采用钢制管道。

(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、监测孔位置、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。

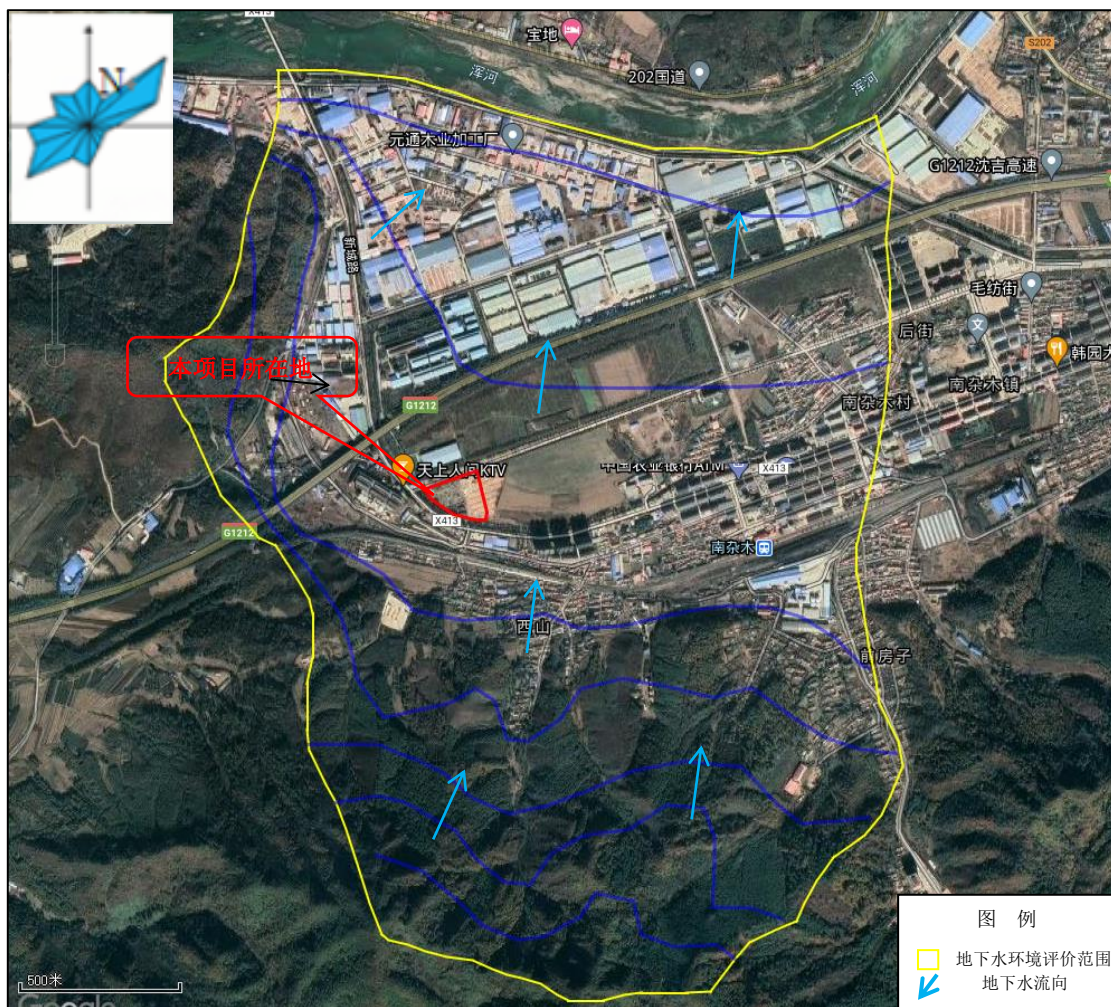
6.4 应急响应

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。

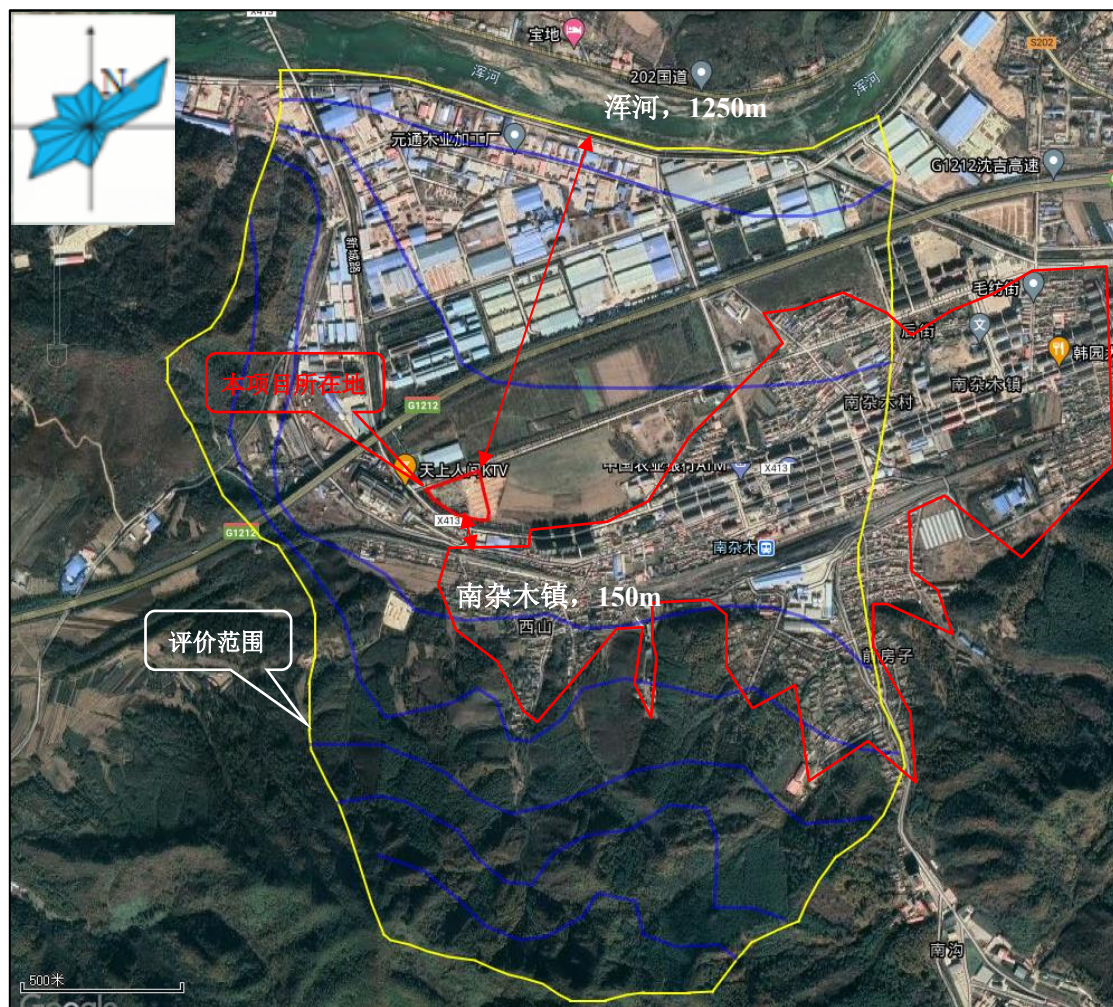
- (1) 在制定应急预案的基础上，对相关人员进行培训，使其掌握必要的应急处置机能。
- (2) 设置事故报警装置和快速监测设备。
- (3) 设置全身防护、呼吸道防护等安全防护装备，并配备常见的救护急用物品和中毒救药品。
- (4) 当发生地下水异常情况时，按照指定的地下水应急预案采取应急措施。

(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。

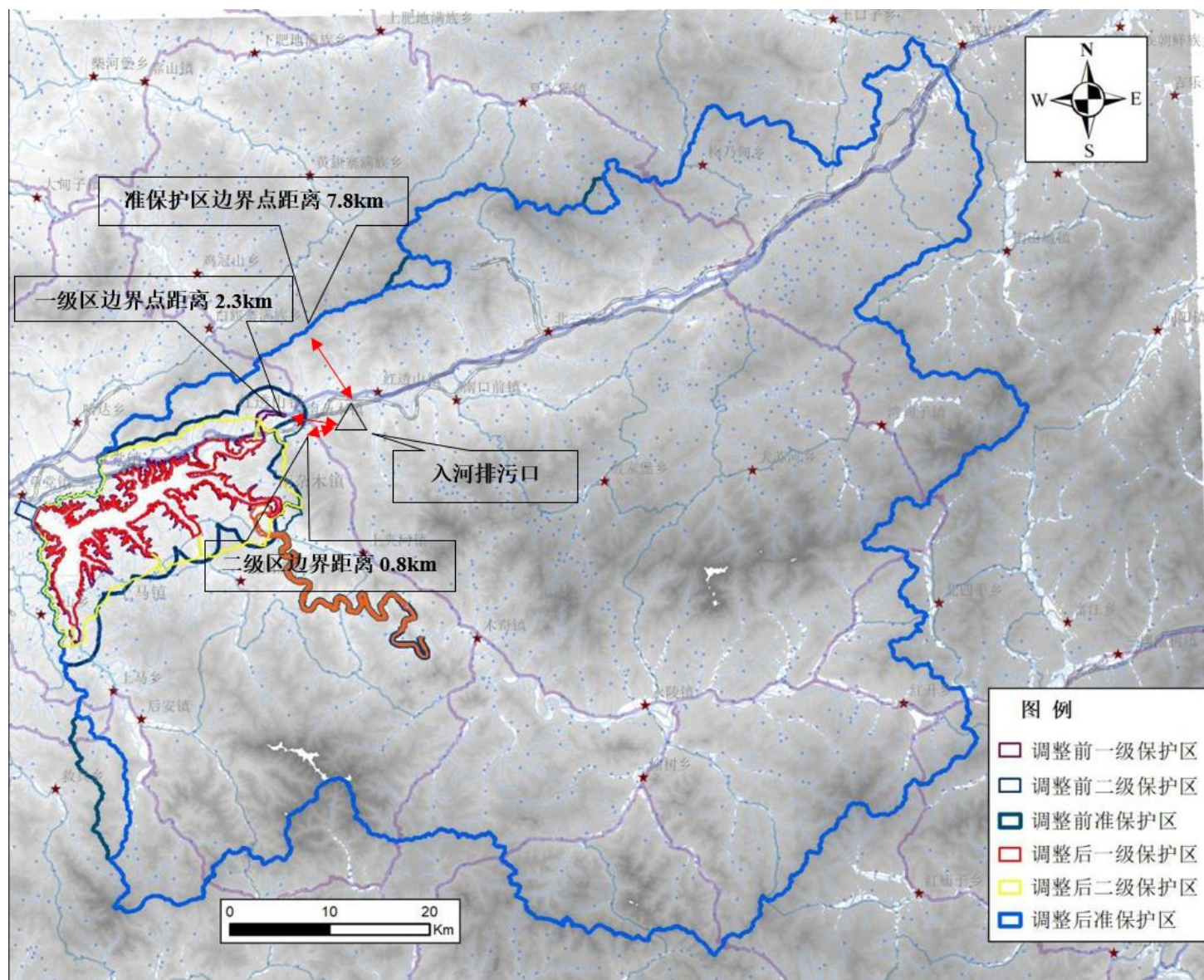
(6) 当通过监测发现对周围地下水造成污染时，采取控制地下水流场等措施，防止污染物扩散，如采取隔离措施、人工开采形成地下水漏斗、抽水等应急措施。



附图1 地下水环境评价范围图



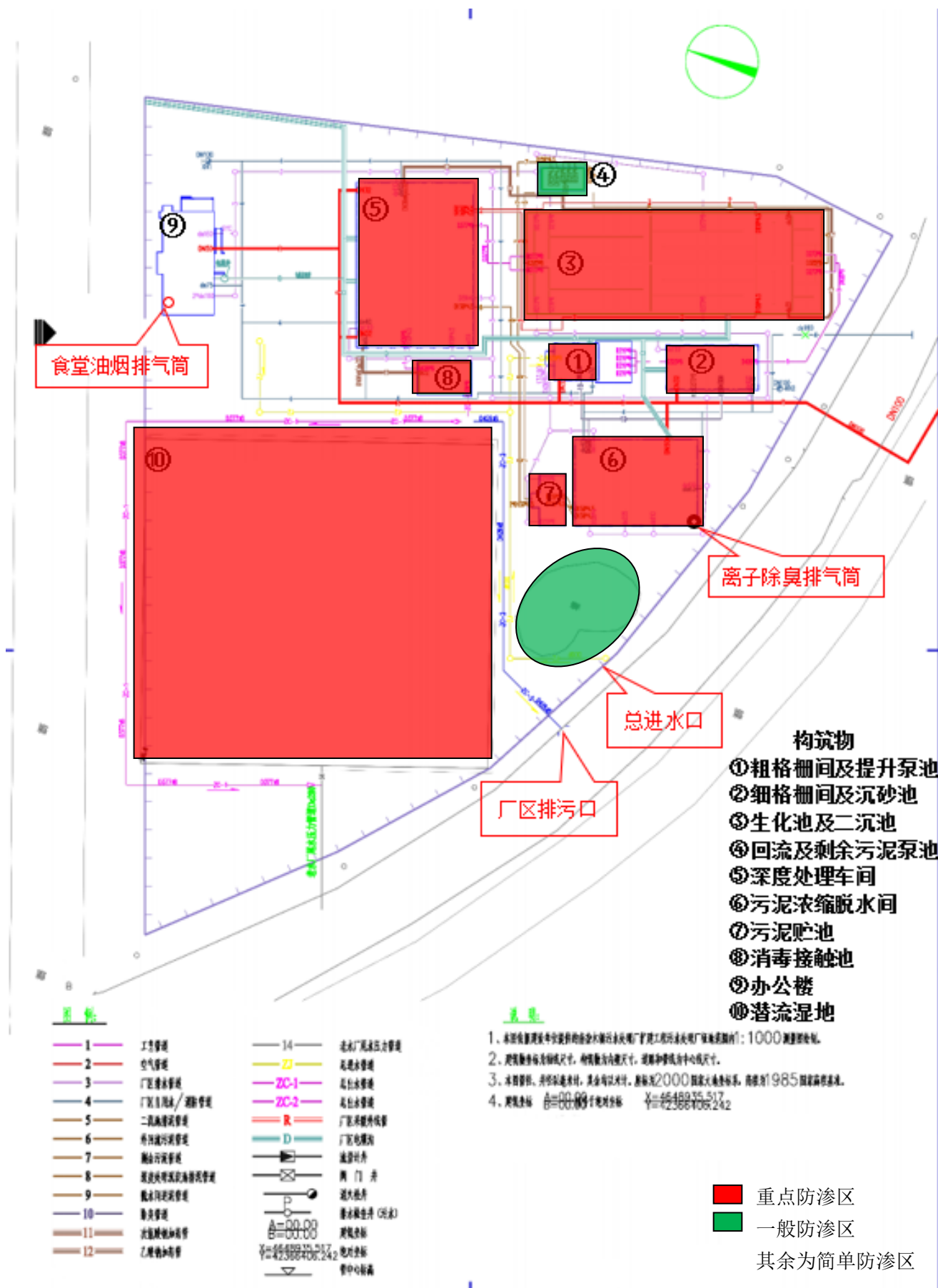
附图 2 地下水保护目标图



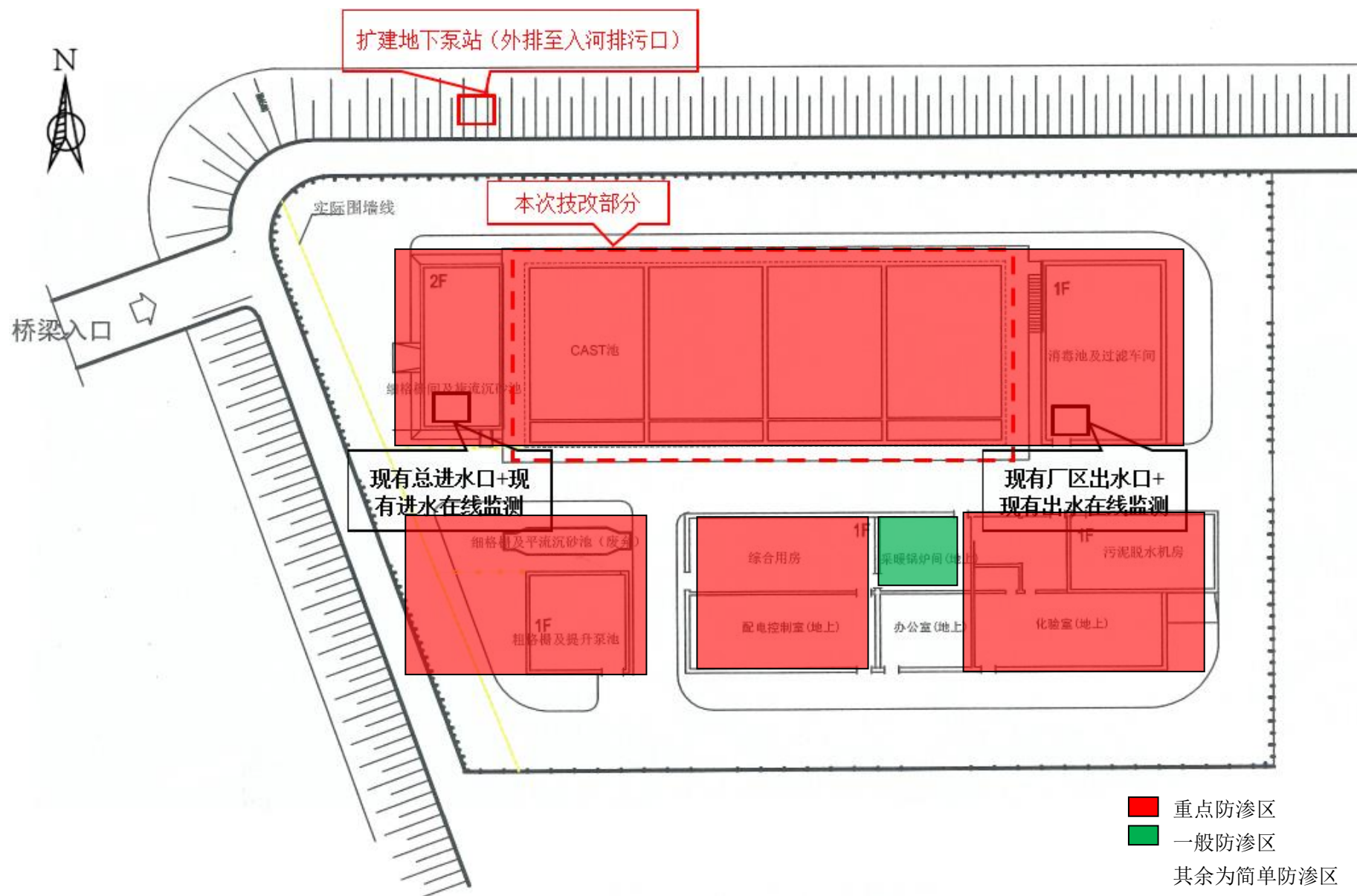
附图3 本项目与伙房水库饮用水水源地保护区位置关系图



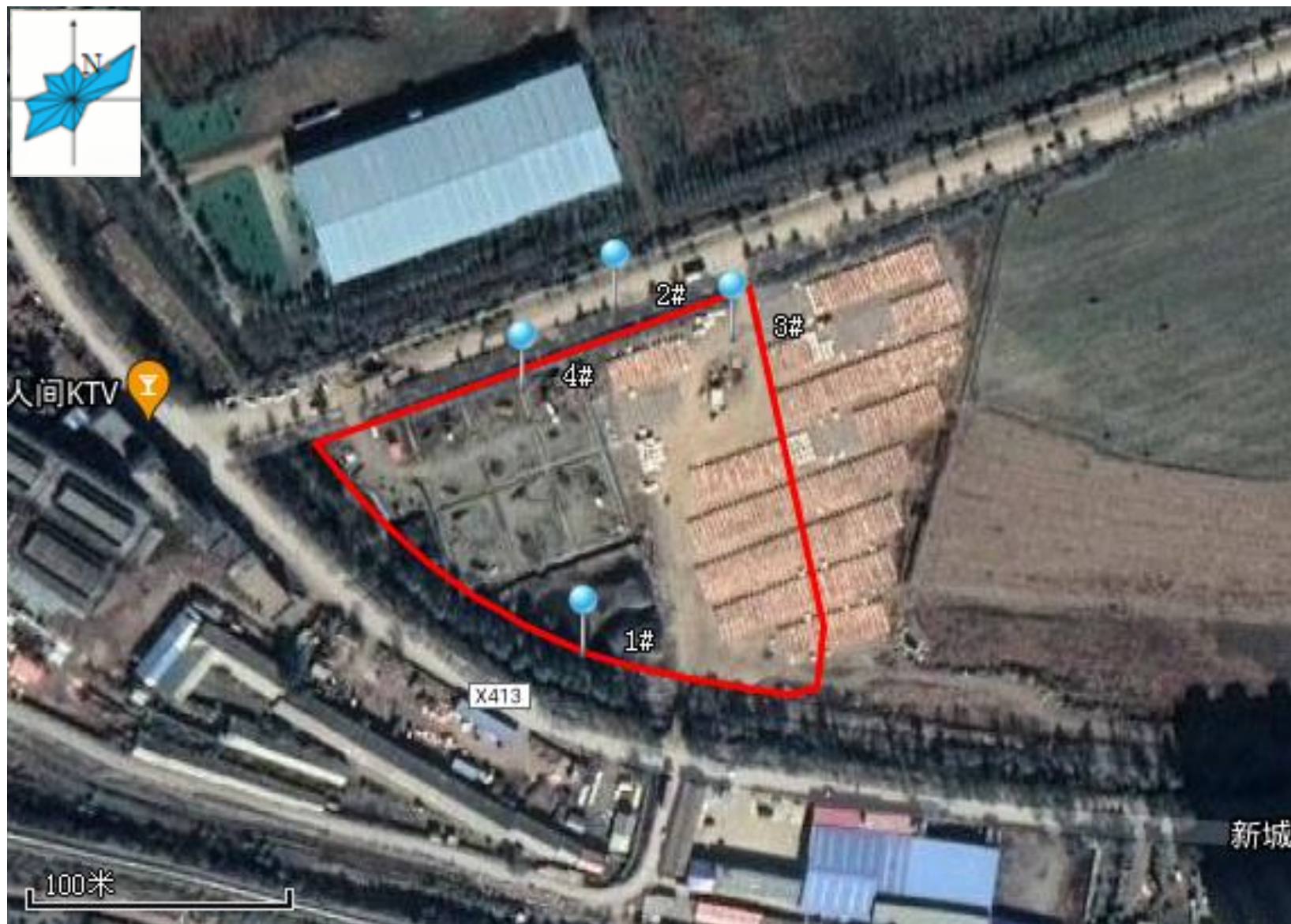
附图4 地下水监测点位图



附图5 地下水防渗分区图（扩建）



附图6 地下水分区防渗图(技改)



附图 7 地下水污染监控井位置