改变了地下水的天然流向，使地下水向漏斗中心汇流，主要为接受上覆浅层水的越流补给，其次是侧向径流补给，径流迟缓。西部含水层颗粒粗，径流条件较好，东部颗粒细、含水层在水平分布的延展性、连续性和稳定性均比较差，导致径流更加迟缓。深层承压水开采前基本处于封闭状态，边界径流排泄量甚微，七十年代以来，本区深层水的排泄途径主要为人工开采。

5.2.3.2 评价区水文地质特征

1、含水组特征

按地下水埋藏条件及地下水动力特征，将评价区第四系地下水分为浅层地下水（潜水）与深层地下水（承压水）两种类型。

（1）浅层地下水

浅层地下水为潜水。含水层相当于全新统（Q_4）地层，底界埋深 20m 左右。含水层岩性以粉砂为主，单位涌水量 2-3m^3/h·m。浅层地下水的补给、径流、排泄条件直接受自然、地理、水文、气象、植被、河道分布及人工开采等因素的影响。浅层地下水直接受大气降水和城市排水补给，排泄方式主要为径流和蒸发。据现场实际调查评价区水位埋深 4.88m 左右，浅层水年内变幅 1.0-1.5m，年际间水位变差 0.5-1.0m，其动态类型为降水入渗－蒸发型。

（2）深层地下水

评价区深层地下水含水层底界深度 500m 左右，淡水埋藏深度在 80-100m 以下，含水层岩性以粉砂、细砂为主。含水层厚度 10-60m，单位涌水量 40-125m^3/h·m，矿化度 1.0-2.0g/L，水化学类型 HCO_3·Cl-Na 型。

深层承压水主要接受上覆含水层的越流补给，其次是侧向径流补给，天然状态下，地下水流向由西向东，但因多年过量开采，本区出现了以沧州市为中心的区域地下水水位降落漏斗，从而改变天然状态下的地下水流向，使地下水向漏斗中心汇流。排泄方式主要是人工开采。评价区水位埋深为80m左右，其动态类型为开采-疏干型。

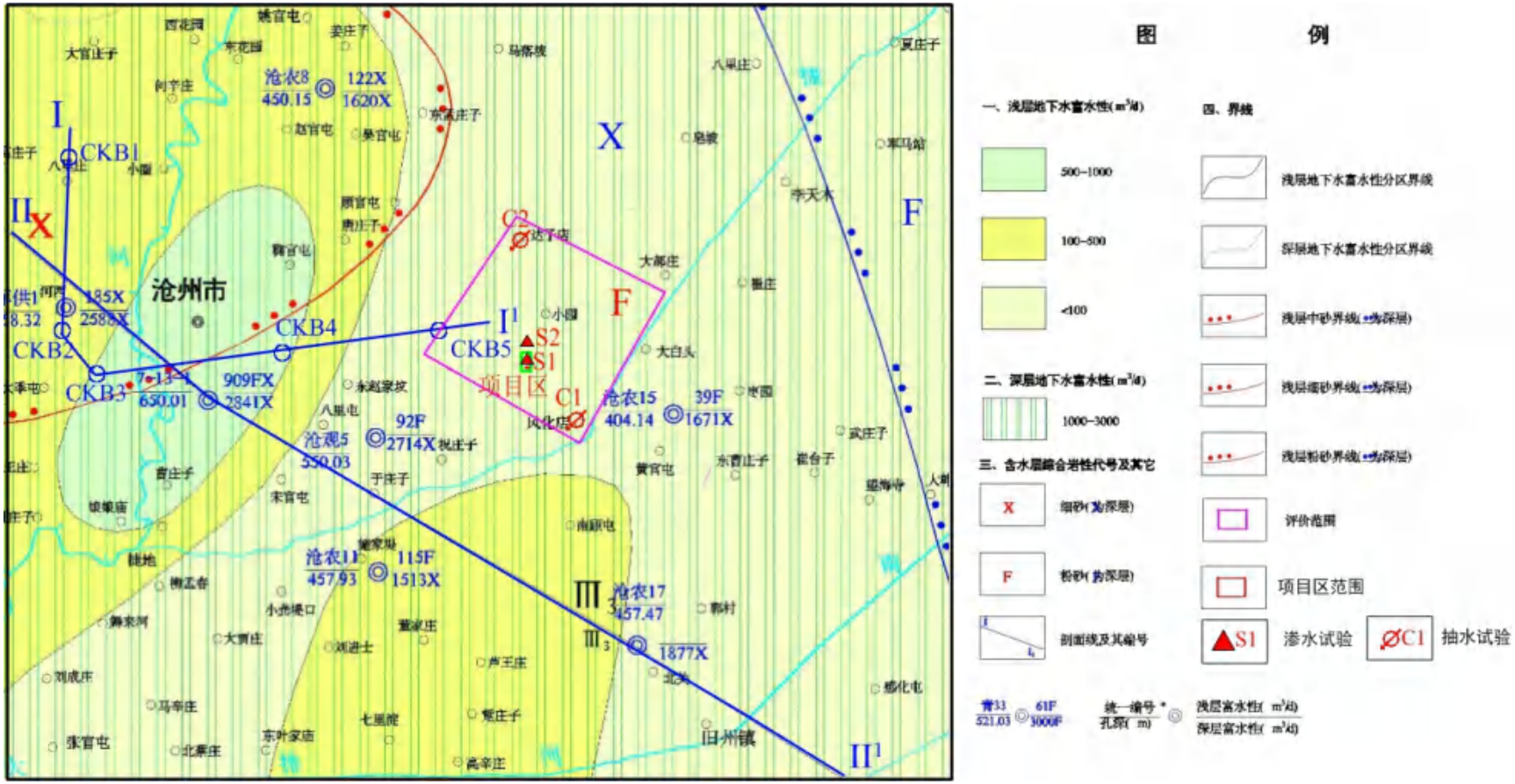


图5.2.3-8　评价区水文地质图

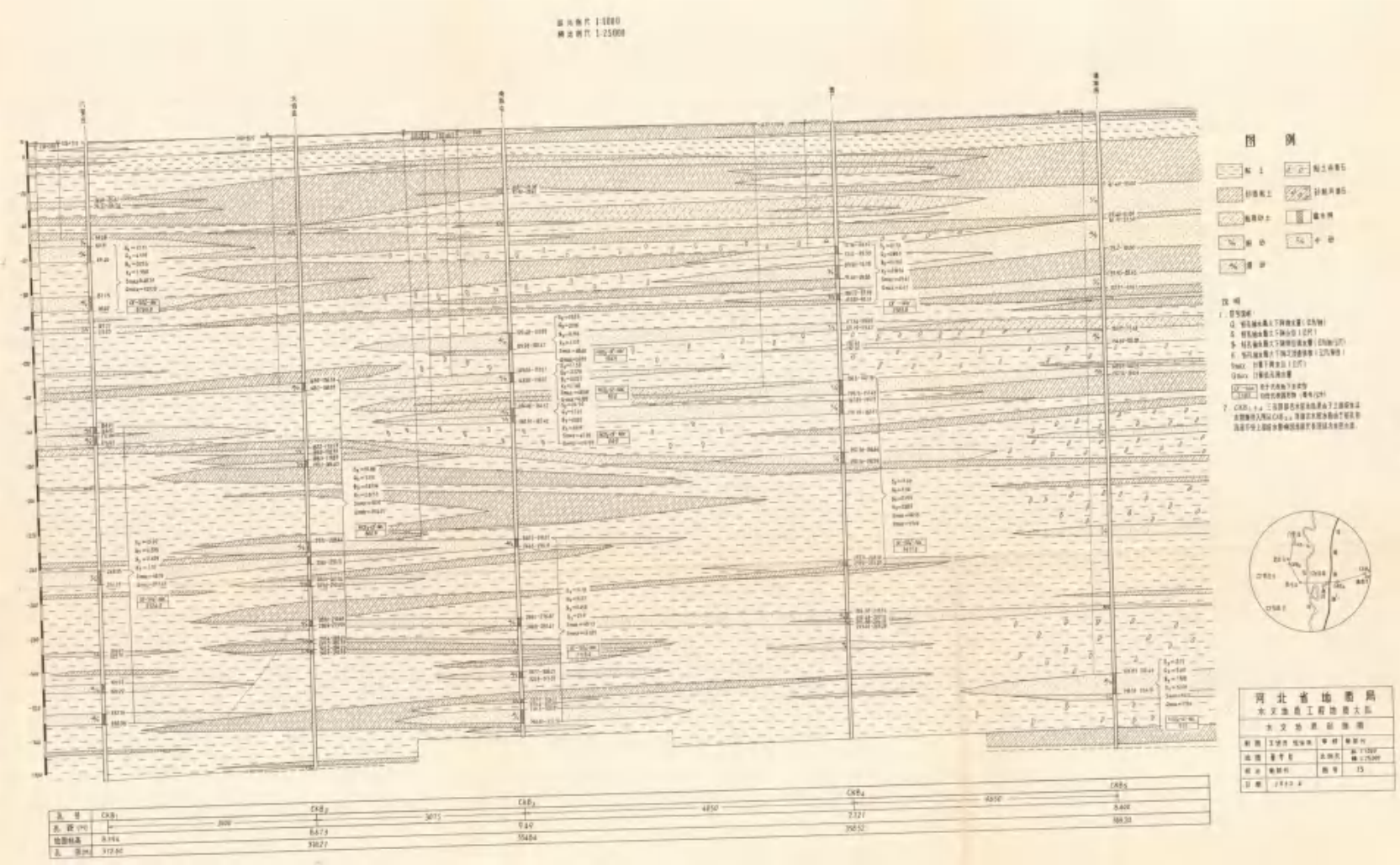


图5.2.3-9　评价区I-I¹水文地质剖面图

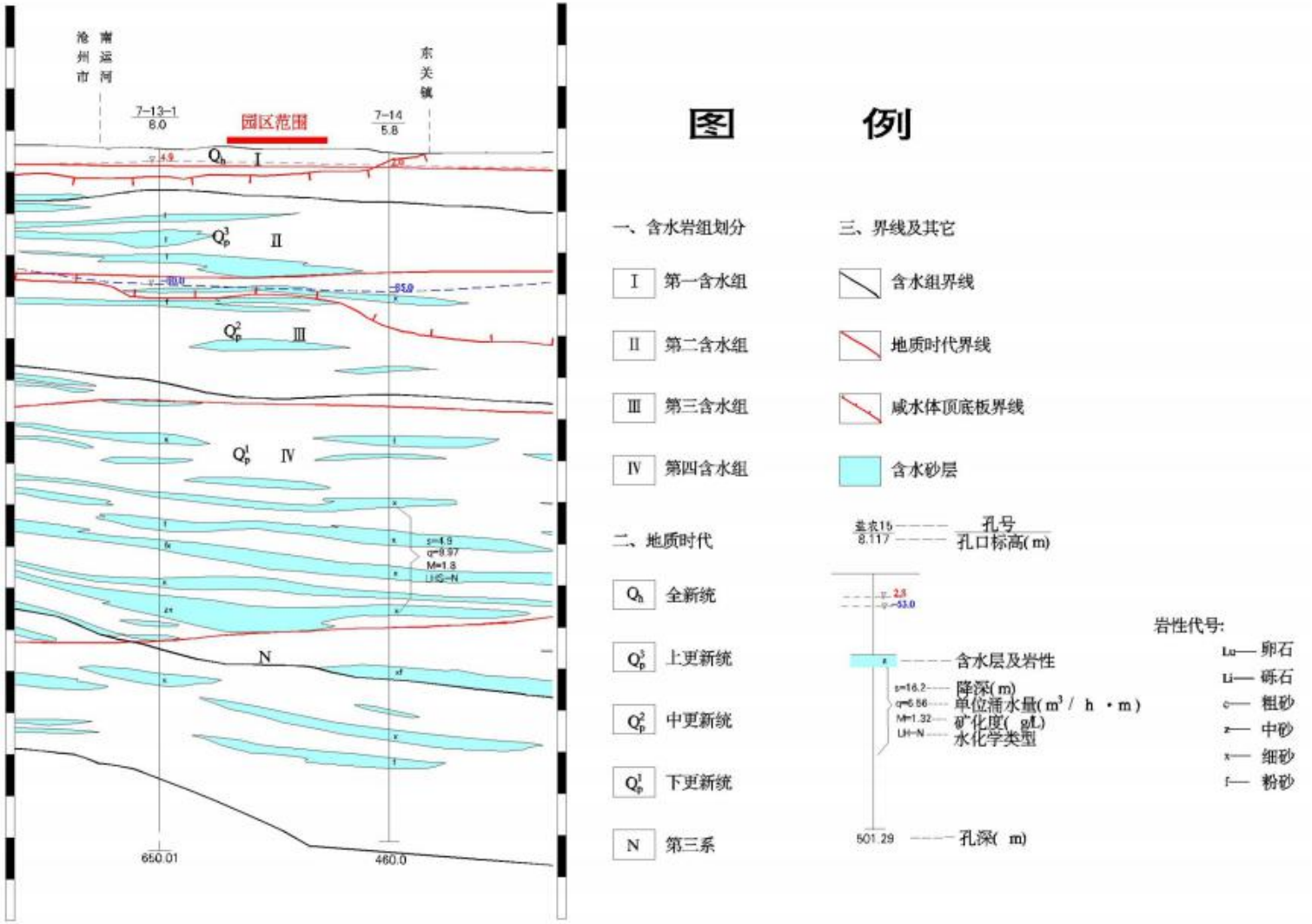


图5.2.3-10　评价区II-II¹水文地质剖面图

2、地下水动态特征

评价区地下水位年内变化具有一定的周期性，可以分为三个阶段。一是水位下降期，从1月到6月水位逐渐下降，6月水位最低。二是水位上升期，从6月到9月水位逐渐升高，9月水位最高。三是水位下降期，从9月到12月水位再次下降。水位上升的幅度大于水位下降的幅度，水位逐步恢复。浅层地下水位的变化与降水有关，降水量越大，水位变化幅度也越大，但具有一定的滞后性。

3、地下水补给、径流、排泄

评价区内地下水补、径、排和区域地下水补、径、排条件基本一致，浅层地下水主要为大气降水补给，补给量的大小主要受年降水量的影响，每年的降水季节为主要补给期。其次补给为侧向径流补给，再次为农业灌溉回归补给。浅层地下水以侧向径流和蒸发排泄为主。深层地下水主要为侧向径流补给，消耗于人工开采。

4、评价区水化学特征

项目评价区各潜水监测点的水化学类型主要为HCO_3—Na·Ca型和HCO_3—Na型，有少量地下水类型为HCO_3·Cl—Na型。承压水监测点的水化学类型均为HCO_3·Cl·SO_4—Na·Ca型。

5、评价区地下水环境现状调查与评价

（1）水位统测

水位统测采用人工测量方法，分别于 2020 年 6 月 14 日和 2020 年 10 月 13 日对评价区地下水进行了水位测量并绘制了等水位线图，详见图 5.2.3-11 和 5.2.3-12。

表 5.2.3-1　2020 年 6 月 14 日评价区浅层水井调查成果一览表

井编号	直角坐标（km）		井口高程（m）	水位埋深（m）	地下水位（m）	井深（m）
	Y(E)	X(N)				
Q1	495538	4241589	5.85	3.43	2.42	18
Q2	496335	4242450	5.21	3.14	2.07	16
Q3	497547	4242275	6.07	4.14	1.93	15
Q4	500257	4241414	6.52	4.74	1.78	10
Q5	500257	4240808	7.59	5.65	1.94	13
Q6	499412	4239278	6.63	4.15	2.48	11
Q7	498137	4239038	6.75	4.03	2.72	14
Q8	498775	4238720	7.93	5.2	2.73	18
Q9	500162	4238162	6.94	4.22	2.72	17
Q10	501915	4238018	5.63	3.12	2.51	11
Q11	501915	4242099	7.48	6.05	1.43	14
Q12	501023	4243152	7.65	6.34	1.31	16

井编号	直角坐标（km）		井口高程（m）	水位埋深（m）	地下水位（m）	井深（m）
	Y(E)	X(N)				
Q13	497499	4243821	6.79	5.21	1.58	11
Q14	496989	4244252	5.96	4.4	1.56	17
Q15	493673	4244762	6.81	4.84	1.97	15

表 5.2.3-2　2020 年 10 月 13 日评价区浅层水井调查成果一览表

井编号	直角坐标（km）		井口高程（m）	水位埋深（m）	地下水位（m）	井深（m）
	Y(E)	X(N)				
Q1	495538	4241589	5.85	2.23	3.62	18
Q2	496335	4242450	5.21	1.93	3.28	16
Q3	497547	4242275	6.07	2.93	3.14	15
Q4	500257	4241414	6.52	3.53	2.99	10
Q5	500257	4240808	7.59	4.43	3.16	13
Q6	499412	4239278	6.63	2.94	3.69	11
Q7	498137	4239038	6.75	2.8	3.95	14
Q8	498775	4238720	7.93	3.99	3.94	18
Q9	500162	4238162	6.94	3.01	3.93	17
Q10	501915	4238018	5.63	1.92	3.71	11
Q11	501915	4242099	7.48	4.85	2.63	14
Q12	501023	4243152	7.65	5.13	2.52	16
Q13	497499	4243821	6.79	3.99	2.8	11
Q14	496989	4244252	5.96	3.19	2.77	17
Q15	493673	4244762	6.81	3.62	3.19	15

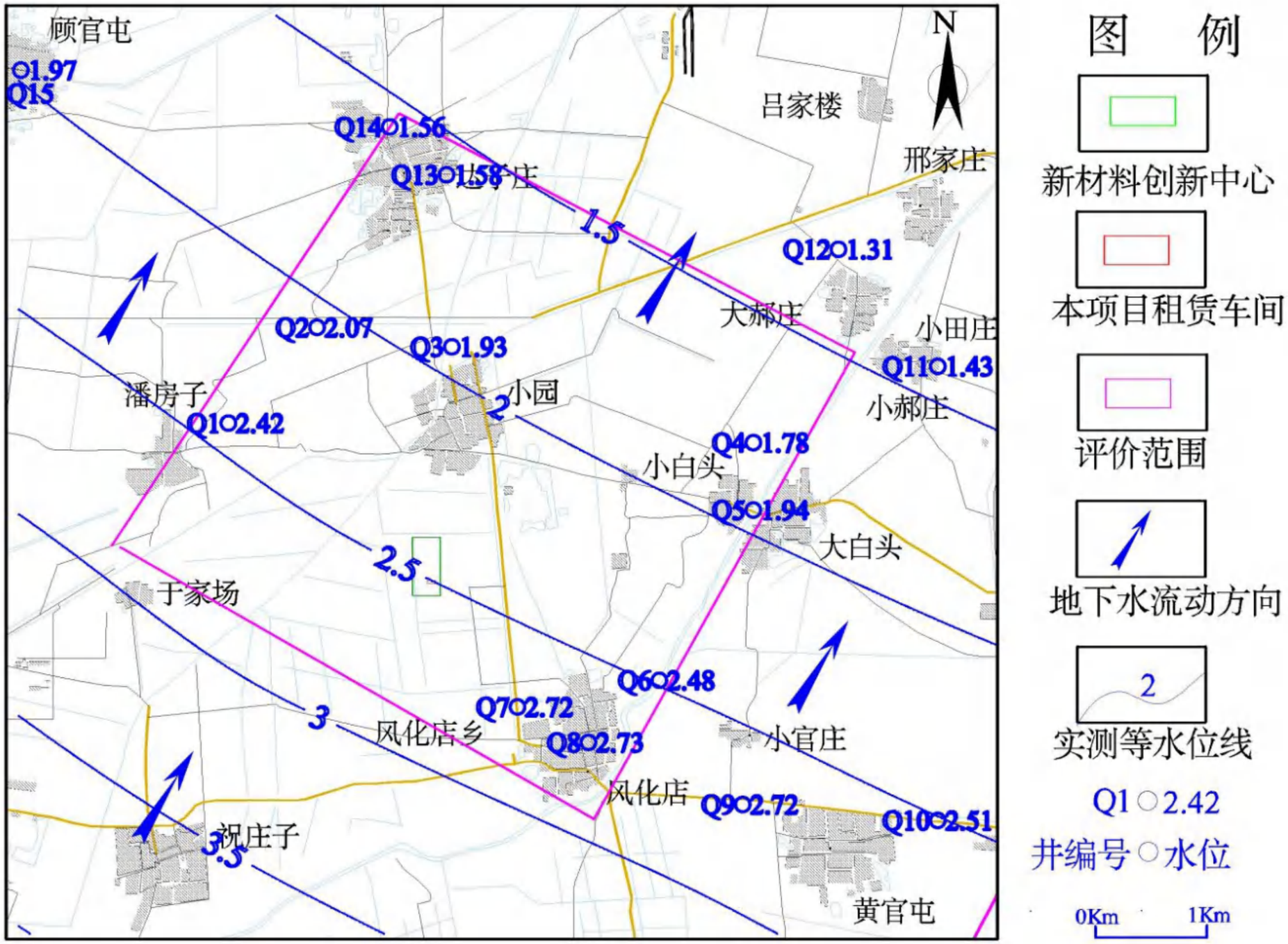


图 5.2.3-11　评价区 2020 年 6 月 14 日浅层地下水等水位线

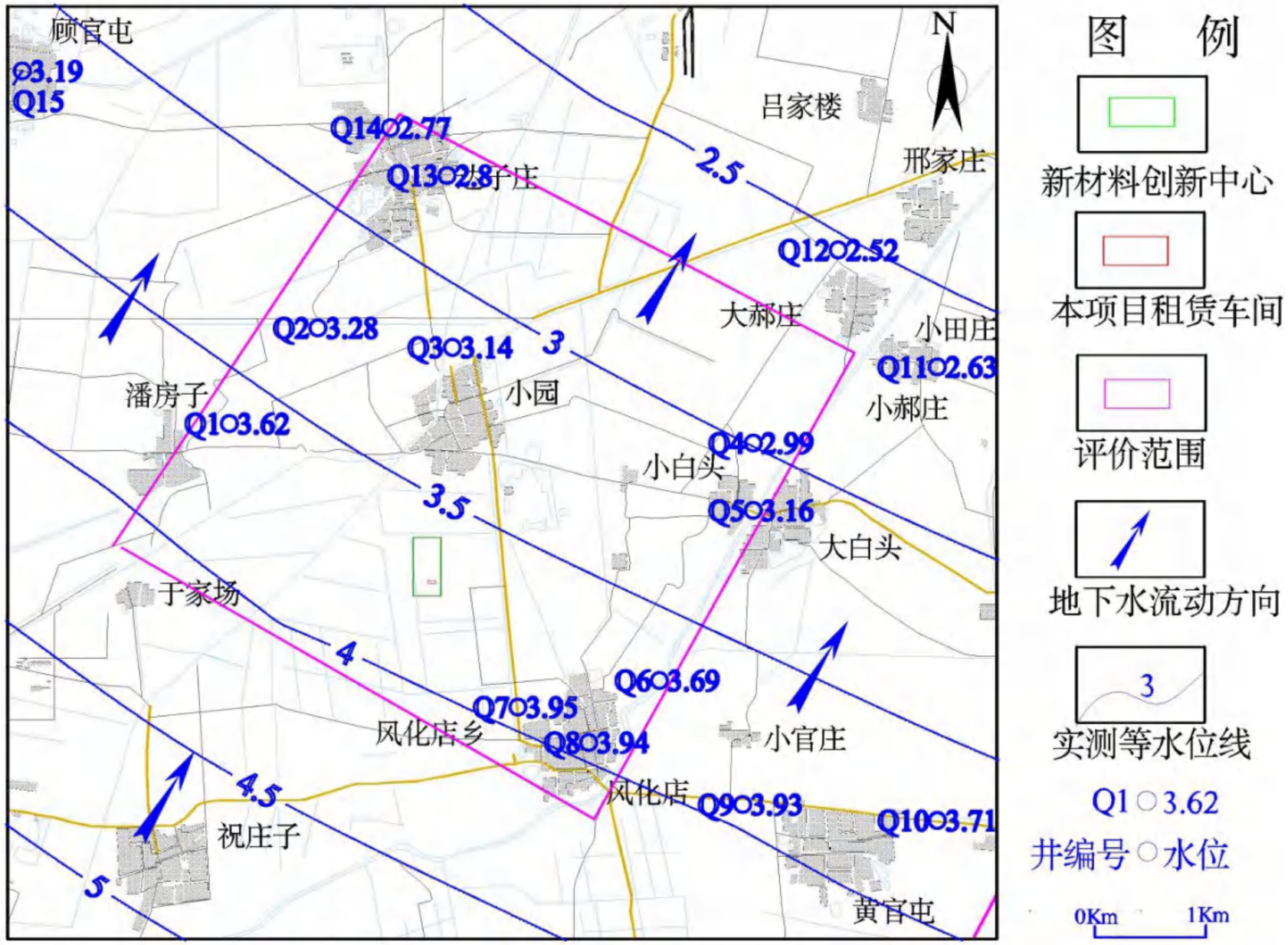


图 5.2.3-12　评价区 2020 年 10 月 13 日浅层地下水等水位线

（2）评价区浅层地下水开采量调查

通过本次实地调查可知，由于地质原因评价区范围内浅层地下水水质较差，因此浅层地下水开采量很小。浅层地下水仅有少量开采用于对水质要求不高的空调冷却，农户冲厕、杂用和建筑用水等。

图 5.2.3-13　评价区浅井地下水开采量调查

（3）现场水文地质试验

此次野外工作利用现有机民井，进行了潜水抽水试验，以获取含水层渗透系数。抽水试验具体要求参照《供水水文地质勘察规范》（GB 50027-2001）进行。

同时，通过双环渗水试验测试了包气带渗透性能，综合分析包气带的天然防污性能，为园区地下水污染防治措施的设计提供科学依据。抽水实验及渗水试验位置示意情况见图6.3-5 评价区水文地质图。

①抽水试验与参数计算

为获取评价区浅层含水层的渗透系数等水文地质参数，在评价区内利用当地现有机民井共进行了 3 组单孔稳定流抽水试验。

单孔稳定流抽水试验，利用稳定流试算法进行水文地质参数计算，计算公式为：

$$K = \frac{Q}{\pi(2H_0 - S_w)S_w}\ln\frac{R}{r_w}$$

$$R = 2S_w\sqrt{H_0 K}$$

式中：Q—抽水流量（m^3/d）；

R—抽水影响半径（m）；

k—含水层渗透系数（m/d）；

H_0—地下水初始水位（m）；

r_w—抽水井半径（m）；

S_w—抽水孔水位降深（m）。

抽水试验期间电压水量平稳，观测频率先密后疏，取得了可靠的观测资料，利用抽水试验求参公式，分别求得影响半径 R 和含水层渗透系数 K。抽水试验求参结果见表 5.2.3-3。

表 5.2.3-3　抽水试验成果

序号	位置	井径（mm）	井深（m）	抽水量（m^3/d）	降深（m）	渗透系数 K（m/d）	影响半径（m）
C1	风化店	300	18	158	6.72	2.40	75
C2	达子店	300	17	144	6.33	2.25	69

②渗水实验与参数计算

为查明项目区包气带的防污性能，为地下水污染防治措施的设计提供科学依据，本次在项目区内共完成2处渗水试验，通过野外现场测定了包气带地层的垂向渗透系数。

渗水实验求参原理：试验采用双环渗水试验，分别将直径为0.5m和0.25m的铁圈插入地下土层内，试验时向内、外环同时注入清水，并保持内外环的水位基本一致，都为0.1m，由于外环渗透场的约束作用使内环的水只能垂向渗入，因而排除了侧向渗流的误差。当向内环单位时间注入水量稳定时，则根据达西渗透定律计算包气带地层饱和渗透系数K。

如图 6.3-8 进行试验，根据达西定律：

$$V = KJ = K\frac{h_0 + z}{z}$$

当水柱高度不大时，h_0 可以忽略不计，所以 V=K。渗水达到稳定时，下渗速度为：

$$V = \frac{Q}{W}$$

式中：V—下渗速度；Q—内环渗入流量；W—内环面积。

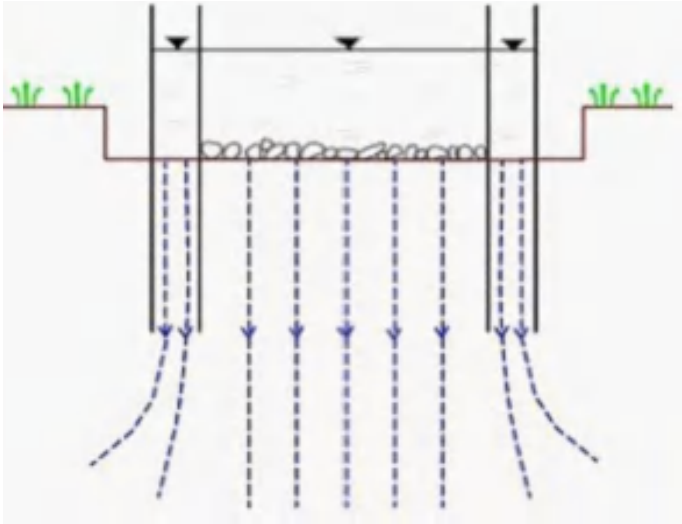


图5.2.3-14　双环渗水试验原理图

渗水实验求参结果：双环渗水试验的计算结果参见表 5.2.3.3-4。

表5.2.3.3-4　渗水试验渗透系数结果统计表

实验点编号	试验点坐标		相对位置	水头高度（cm）	渗透系数 K（cm/s）
	X	Y			
S1	116.9698	38.2948	项目区内	10	8.84E-05
S2	116.9695	38.2989	项目区北	10	2.89E-05

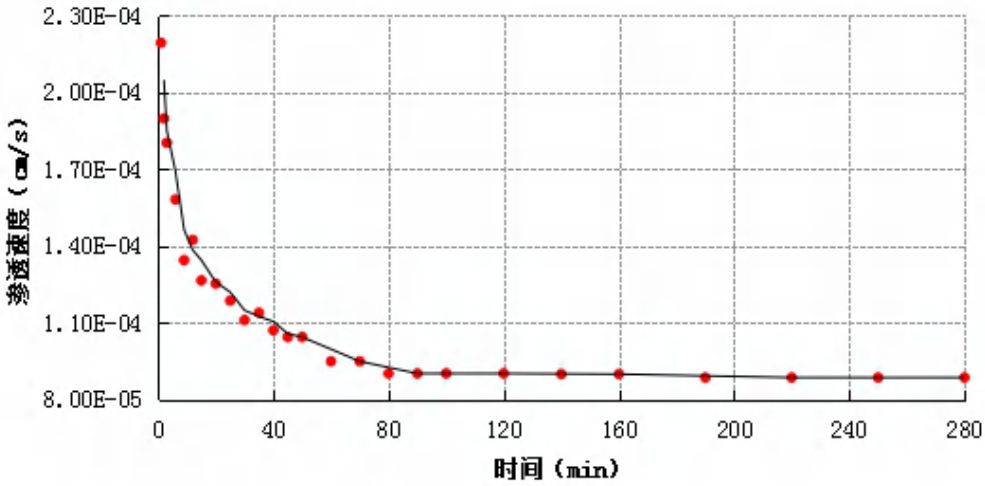


图 5.2.3-15　S1 渗水试验成果图

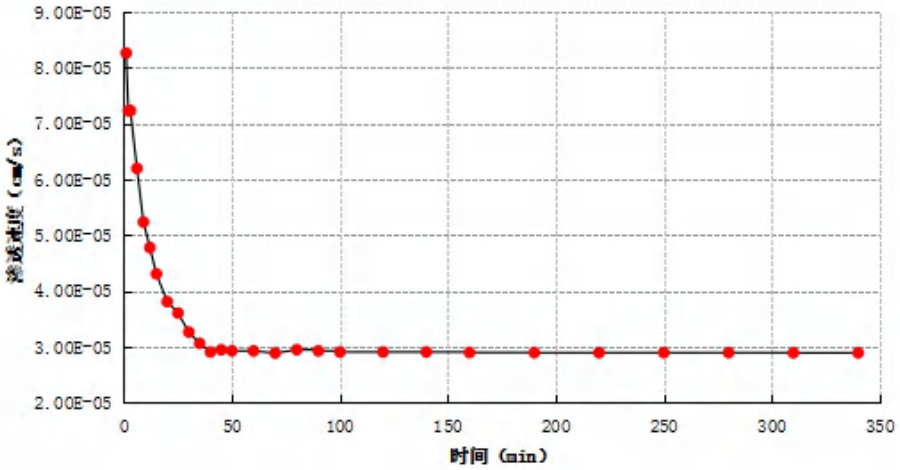


图 5.2.3-16　S2 渗水试验成果图

5.2.3.3 地下水环境影响评价

按《环境影响评价技术导则 地下水环境》(HJ610-2016)相关要求，拟建项目属于 I 类项目，同时由于评价区范围内无纯水井，所以敏感性确定为“不敏感”，因此地下水环境影响评价工作级别为二级。根据建设项目自身性质及其对地下水环境影响的特点，为预测和评价项目建设对地下水环境可能造成的影响和危害，并针对这种影响和危害提出防治策略，从而达到预防与控制环境恶化、保护地下水资源的目的。本次工作将采用数值模拟法进行预测与评价。

总体思路是：在对评价区水文地质条件综合分析的基础上确定模拟范围，通过边界条件、地下水流动特征及含水层系统结构的概化，建立评价区的水文地质概念模型，进一步采用有限差分原理进行空间离散、高程插值、非均质分区、边界条件设置等，从而构建评价区地下水渗流数值模型。利用已有的水位观测资料及区域地下水运动规律，完成模型的识别校正。最后按照根据项目的特点，设计了污染泄漏情景，在地下水渗流数值模型的基础上耦合污染物迁移方程，得到地下水溶质运移模型，利用此模型对污染情景进行预测评价。

1、水文地质概念模型

（1）计算区范围

根据本区地质及水文地质条件，同时考虑项目区对地下水环境影响范围及影响程度，以能满足环境影响预测和分析的要求为原则，本次评价范围确定为西北部和东南部边界（两侧）垂直于地下水等水位线，为零流量边界；西南部（上游）边界取平行于地下水等水位线，为流入边界；东北部（下游）边界取平行于地下水等水

位线，为流出边界。模拟区总面积为约 19.8km²（图 5.2.3.4-1）。

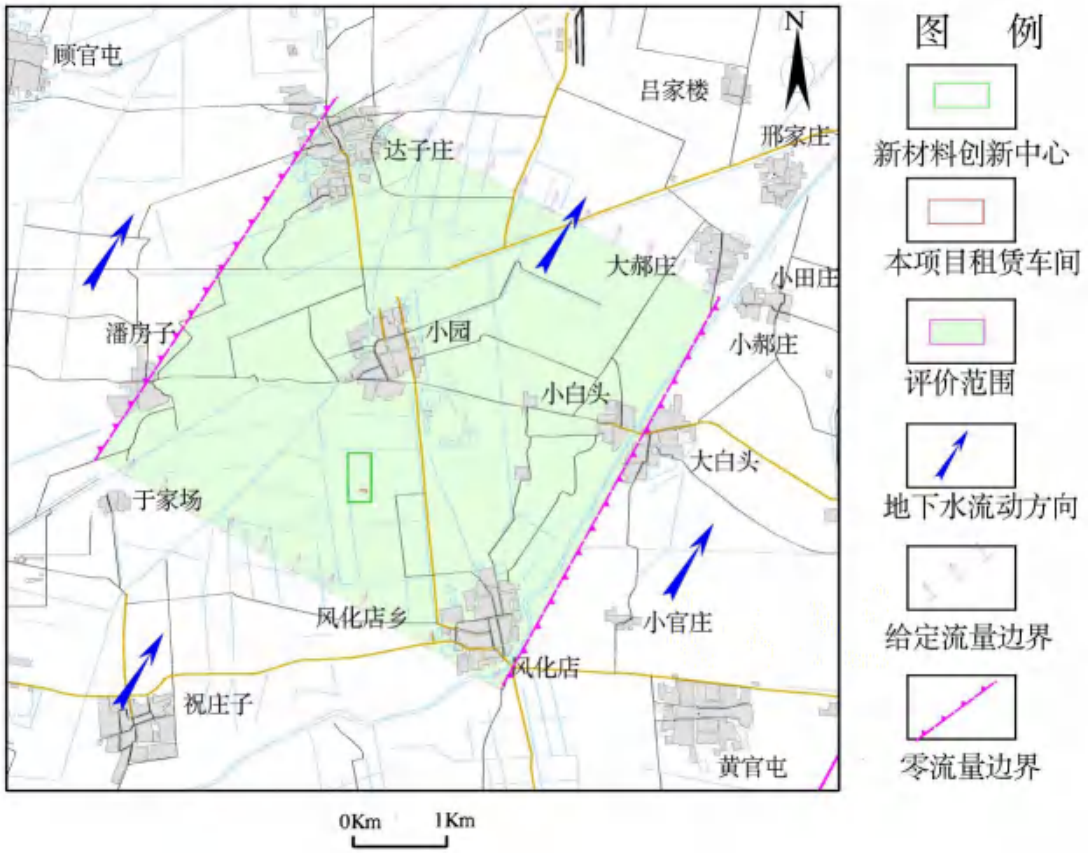


图 5.2.3.4-1　模拟计算区范围图

（2）边界条件

模拟区没有天然水头边界和隔水边界，从地下水等水位线图来看，西南部和东北部边界平行于地下水等水位线，西北和东南部边界垂直于等水位线，并且从历年地下水流场图上看，等水位线的形状变化不大，因此可将西南部和东北部边界概化为流量边界，西北和东南部边界可概化为零流量边界，边界流量根据断面法分段进行计算。

在垂向上，潜水含水层自由水面为系统的上边界，通过该边界，潜水与系统外发生垂向交换。

由于评价区深层与浅层含水层之间水力联系较差，同时鉴于本次地下水数值模拟目的是在识别模型的基础上预测园区在非正常状况情景下地下水污染的时空分布特征，因此，此次只建立评价区的浅层潜水的数值模型，将潜水含水层和承压含水层之间的粘土层当做此次潜水模型的隔水底板。

2、地下水流数学模型

根据模拟区内的含水介质特征、地下水补给、径流、排泄条件等，模拟区内地

下水运动呈现出二维运动特征，且符合达西定律。模拟区内地下水二维非稳定流运动可采用下列数学模型进行描述：

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x}\left\{K[H-Z(x,y)]\frac{\partial H}{\partial x}\right\}+\frac{\partial}{\partial y}\left\{K[H-Z(x,y)]\frac{\partial H}{\partial y}\right\}-\varepsilon=\mu\frac{\partial H}{\partial t} & (x,y)\in\Omega,\ t>0; \\ H(x,y,t)\big|_{t=0}=H_0(x,y) & (x,y)\in\Omega,\ t=0 \\ K_n\frac{\partial H}{\partial n}\Big|_{\Gamma 2}=q(x,y) & (x,y)\in\Gamma_2,\ t>0 \end{cases}$$

式中：

Ω－渗流区域；

H－地下水水位标高（m）；

K－含水层在水平方向上的渗透系数（m/d）；

ε－含水层的源汇项（m/d）；

H_0－初始流场（m）；

Γ_2—渗流区域的二类边界；

n－边界面的法线方向；

$\frac{\partial H}{\partial n}$—H 沿外法线方向 n 的导数（无量纲）；

q－Γ_2 边界上的单宽流量（m^2/d），流入为正，流出为负；

Z(x,y) —含水层底板高程。

3、地下水流数值模型的建立

（1）模型剖分

模拟区范围地理位置属于高斯投影的第20个投影带（6°带），由于以前在区内进行的有关地质及水文地质工作主要是建立在高斯投影坐标的基础上，本次模拟仍选用高斯投影坐标系（6°带）。

本次地下水流数值模拟采用二维规则网格有限差分法进行模拟计算，在平面上，根据本次地下水数值模拟的目的，对整个区域模型采用矩形网格剖分，计算节点位于单元中心。模拟区网格平面剖分见图 5.2.3.4-2。

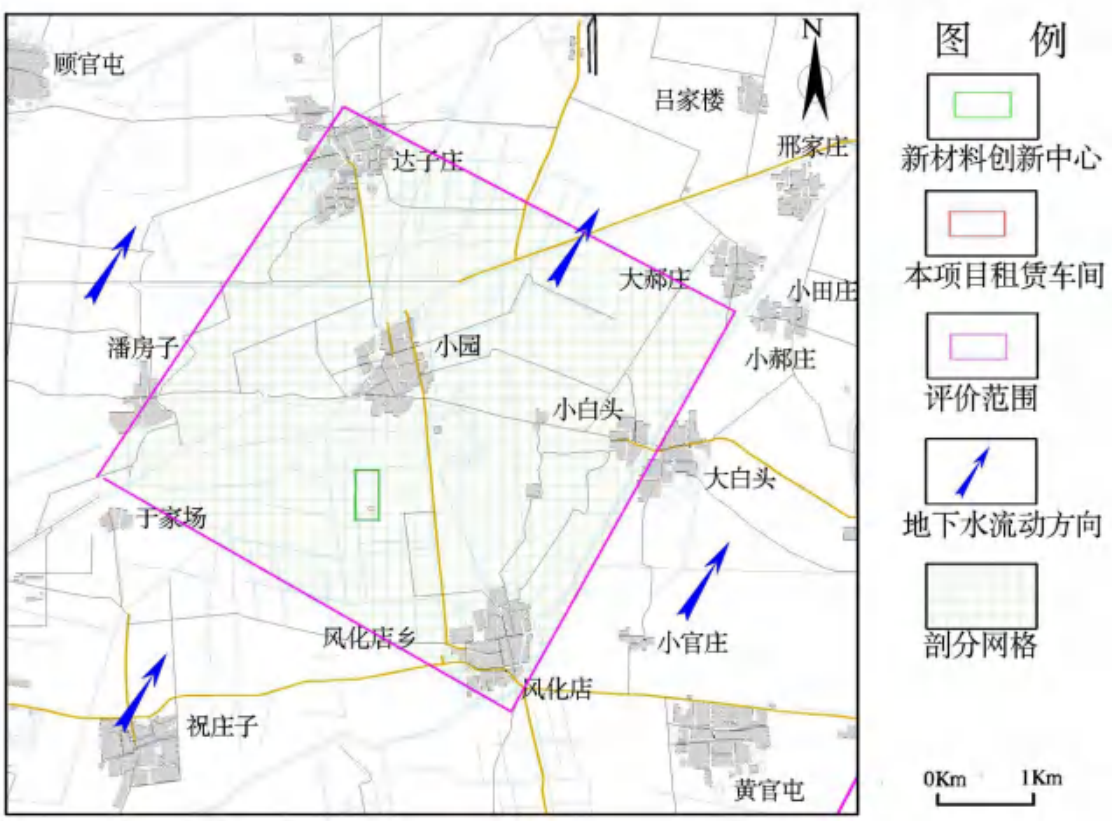


图 5.2.3.4-2　模拟区网格剖分图

（2）源汇项的处理

①大气降水入渗补给

浅层含水层通过包气带接受大气降水入渗补给，在模型中大气降水入渗补给量的计算公式为：

$$Q_{降} = \sum_i \alpha_i \ P_i \ A_i$$

式中：

$Q_{降}$	—	大气降水入渗补给量（m^3/d）;
α_i	—	各计算分区大气降水入渗系数;
P_i	—	各计算分区降水量（m/d）;
A_i	—	各计算分区面积（m^2）。

降水入渗补给条件的不均匀性用入渗分区概化处理。依据有关降水入渗资料，并参考包气带岩性、潜水位埋深、地形、植被等因素，绘出全区降水入渗系数分区图，分别给出各区降水入渗系数平均值，加在模型对应的剖分网格单元上。根据各区面积、降水量以及降水入渗系数计算大气降水入渗补给量。

本次模拟降水入渗系数参照河北省水文站与“六五”科技攻关 38 项科研报告中提供的数值，并考虑现有的地下水位埋深，综合考虑确定评价区统一取值 0.17。

②地下水侧向径流补排量

由于缺少多年的水位监测资料，所以仅计算均衡期内的地下水侧向补给量和排泄量。计算区地下水侧向补给和排泄量，可分段采用达西定律计算，公式为：

$$Q_{侧向流入} = \sum_i K_i \cdot I_i \cdot A_i$$

式中：

$Q_{侧向流入}$	—	地下水侧向径流补给量(m^3/d)；
K_i	—	第 i 分段含水层渗透系数(m/d)；
I_i	—	第 i 分段断面的法向水力坡度；
A_i	—	第i分段含水层断面面积(m^2)

③灌溉入渗补给

灌溉入渗补给量根据灌溉水来源不同主要分为两部分，一是地表水灌溉入渗补给量；另一部分为地下水灌溉入渗补给量，灌溉入渗补给量的大小受到包气带岩性、灌溉水量大小以及地下水埋深等多种因素的控制。其计算公式为:

$$Q_r = Q_g \times \beta$$

式中: β 为灌溉入渗系数；Q_r 为灌溉总用水量；Q_g 为灌溉水入渗补给量。

根据评价区包气带岩性、地下水位埋深等条件，参考前人报告资料，确定灌溉入渗系数初值为 0.11，待模拟时最终确定。

④人工开采量

通过本次野外实地调查可知，由于地质原因评价区范围内浅层地下水水质较差，因此浅层地下水开采量很小。浅层地下水仅有少量开采用于对水质要求不高的空调冷却，农户冲厕、杂用和建筑用水等。此次评价利用 Modflow 里面的 Well 程序包来模拟实际井的开采量。

⑤潜水蒸发

评价区的潜水蒸发强度由经验公式计算：

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \left(1 - \frac{h}{l}\right)^n$$

式中：ε_0 为水面蒸发强度（即实际水面蒸发强度，为 20cm 蒸发皿测得蒸发强度的 0.618（蒸发器皿的换算系数））；

l 为蒸发极限深度（评价区的极限蒸发埋深取 4m，水位埋深大于 4m 的地方忽略蒸发影响，小于 4m 的地区按照上述阿维里扬诺夫公式计算）；

h 为潜水位埋深；

n 为蒸发指数（一般取 1～3），本次根据评价区包气带岩性取 2。

在模型中，地下水蒸发排泄量通过调用 Modflow 中蒸发蒸腾子程序包（EVT）进行计算，在该模块中需要输入水面蒸发强度以及潜水蒸发的极限深度（4 米）。

（四）模型的识别与检验

模型的识别与验证过程是整个模拟中极为重要的一步工作，通常要在反复修改参数和调整某些源汇项基础上才能达到较为理想的拟合结果。此模型的识别与检验过程采用的方法称为试估—校正法，属于反求参数的间接方法之一。为了确保模型求解的唯一性，在模型调试过程中充分利用各种定解条件，也就是用那些靠得住的实测资料，如边界断面流量、灌溉井开采量等来约束模型对原形的拟合。在模型调试过程中，还充分利用水文地质调查中获得的有关信息及计算者对水文地质条件的认识，来约束模型的调试和识别。

根据所掌握的资料，本次模拟期选为2020年6月14日到2020年10月13日，其中以2020年6月14日流场作为模型的初始流场，2020年10月13日流场作为模型的识别和验证流场，以月作为时间步长。

初始水位以2020年6月14日水位为基础，对其余地区进行外推概化，然后按照内插法和外推法得到潜水含水层的初始流场。

运行计算程序，可得到这种水文地质概念模型在给定水文地质参数和各均衡项条件下的地下水位时空分布，通过拟合同时期的流场，识别水文地质参数、边界值和其它均衡项，使建立的模型更加符合模拟区的水文地质条件。

模型的识别和验证主要遵循以下原则：①模拟的地下水流场要与实际地下水流场基本一致，即要求地下水模拟等值线与实测地下水位等值线形状相似；②从均衡的角度出发，模拟的地下水均衡变化与实际要基本相符；③识别的水文地质参数要符合实际水文地质条件。根据以上三个原则，对模拟区地下水系统进行了识别和验证。通过反复模拟、识别验证后的水文地质参数较好的刻划了地下水系统的水文地质特征，基本反映了地下水随时间和空间的变化规律，使水位拟合误差较小，达到预期效果。

通过上述拟合对比，可以说明本次建立的地下水模型基本符合评价区实际水文地质条件，基本反映了地下水系统的流场特征，故利用该模型为基础，对园区地下水环境影响进行预测评价是合理可信的。

表 5.2.3.4-4 模型识别与验证后参数取值表

分区号	渗透系数 (m/d)	给水度	备注
I	2.11	0.09	浅层水
II	2.33	0.10	

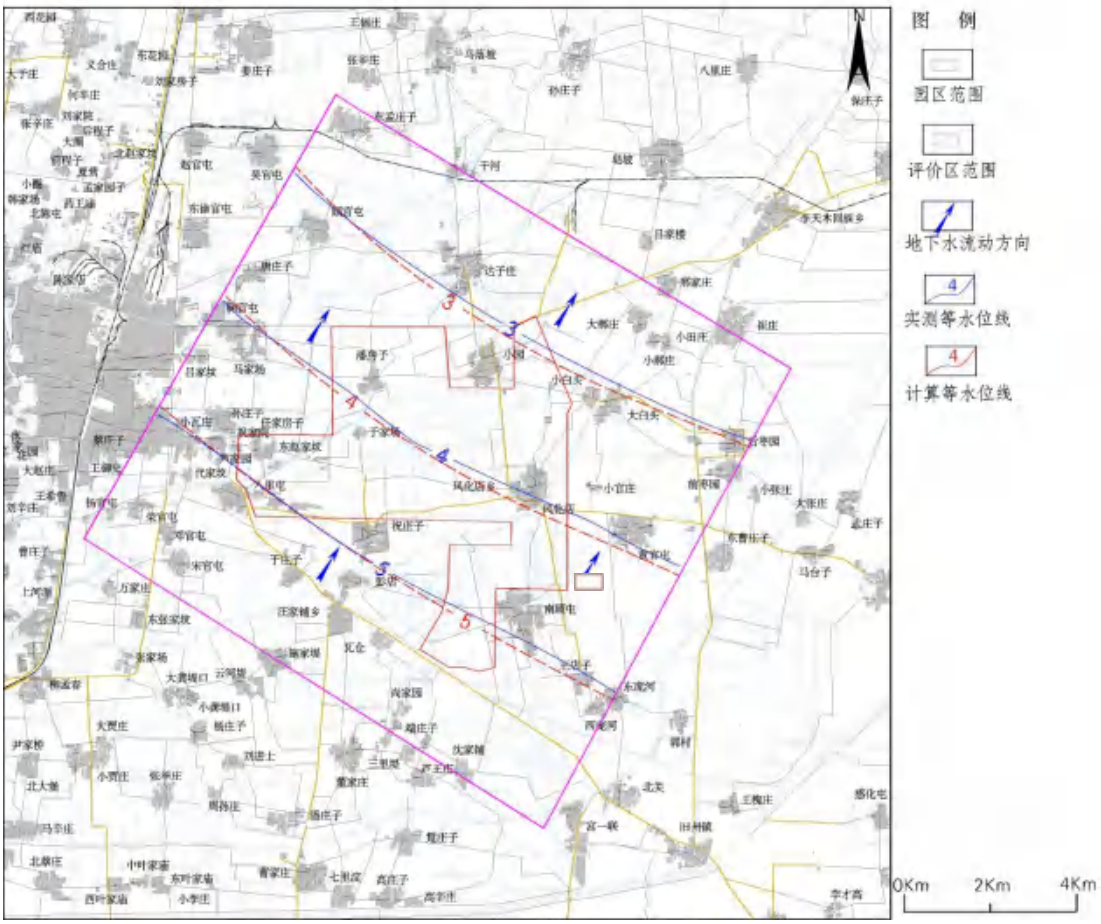


图 5.2.3.4-3 2020 年 10 月 13 日潜水等水位线拟合图

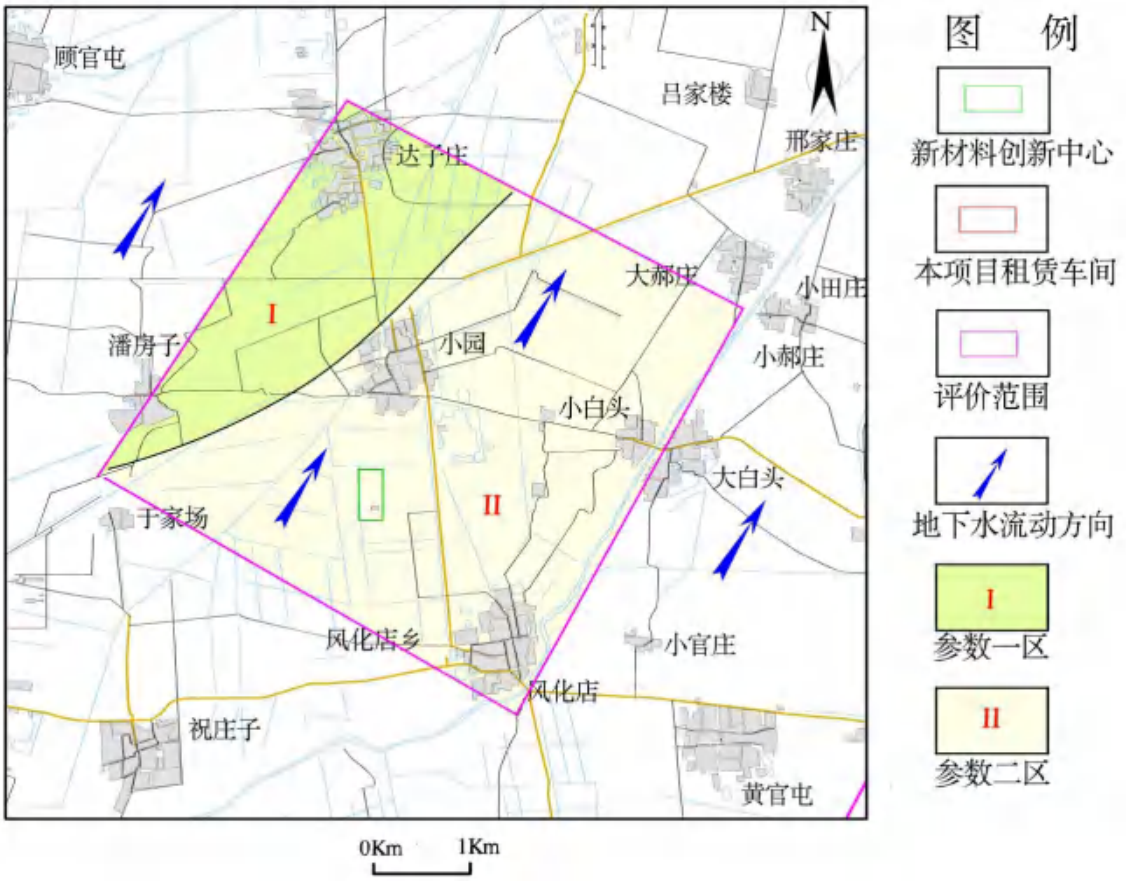


图 5.2.3.4-4　浅层含水层参数分区图

5、地下水污染模拟预测

本次工作已用 Visual Modflow 建立了水流模型，在此基础上，可利用 Visual Modflow 中的 MT3DMS 模块进一步来模拟预测地下水中污染质的运移情况。

本次地下水污染模拟过程未考虑污染物在含水层中的吸附、挥发、生物化学反应，模型中各项参数予以保守性考虑。这样选择的理由是：

①从保守性角度考虑，假设污染质在运移中不与含水层介质发生反应，可以被认为是保守型污染质，只按保守型污染质来计算，即只考虑运移过程中的对流、弥散作用。

②有机污染物在地下水中的运移非常复杂，影响因素除对流、弥散作用以外，还存在物理、化学、微生物等作用，这些作用常常会使污染质浓度衰减。目前国际上对这些作用参数的准确获取还存在着困难。

③在国际上有很多用保守型污染物作为模拟因子的环境质量评价的成功实例，保守型考虑符合工程设计的思想。

（1）溶质运移数学模型

地下水中溶质运移的数学模型可表示为：

$$\theta\frac{\partial C}{\partial t}=\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\theta D_{ij}\frac{\partial C}{\partial x_j}\right)-\frac{\partial}{\partial x_i}(\theta v_i C)-WC_s$$

式中：ρ_b—介质密度，mg/（dm）^{3}；

θ—介质孔隙度，无量纲；

C—组分的浓度，mg/L；

t —时间，d；

x，y，z—空间位置坐标，m；

D_{ij}—水动力弥散系数张量，m^2/d；

V_i—地下水渗流速度张量，m/d；

W—水流的源和汇，m^3/d；

C_s —组分的浓度，mg/L；

（2）弥散度的确定

地质介质中溶质运移主要受渗透系数在空间上变化的制约，即地质介质的结构影响。这一空间上变化影响到地下水流速，从而影响到溶质的对流与弥散。通常空隙介质中的弥散度随着溶质运移距离的增加而加大，这种现象称之为水动力弥散尺度效应。其具体表现为：野外弥散试验所求出的弥散度远远大于在实验室所测出的值，相差可达 4-5 个数量级；即使是同一含水层，溶质运移距离越大，所计算出的弥散度也越大。越来越多的室内外弥散试验不断地证实了空隙介质中水动力弥散尺度效应的存在。

据 2011 年 10 月 16 日，环保部环境工程评估中心在北京组织召开了《环境影响评价技术导则　地下水环境》（HJ610-2011）专家研讨会，与会水文地质专家一致认为弥散试验的结果受试验场地的尺度效应影响明显，其结果应用受到很大的局限性。因此，一般不推荐开展弥散试验工作。

许多研究者都曾用类似的图说明水动力弥散的尺度效应。Geihar 等（1992）将 59 个不同现场所获得的弥散度按含水层类型、水力学特征、地下水流动状态、观测网类别、示踪剂类型、数据的获取方法、水质模型的尺度等整理后，对弥散度增大的规律进行了讨论。Neuman（1991）根据前人文献中所记载的 130 余个纵向弥散度进行了线性回归分析，并综合前人发展的准线性扩散理论，对尺度效应进行了解释

与讨论。李国敏等（1995）综合了前人文献中记录的弥散度数值按介质类型（孔隙与非孔隙的裂隙等介质）、模型类别（解析模型与数值模型）等分别作出弥散度与基准尺度的双对数分布，并分别给出了不同介质中使用不同模型所求出参数的分维数。如前述分析，由于水动力弥散尺度效应的存在，难以通过野外或室内弥散试验获得真实的弥散度。因此，由于水动力弥散尺度效应的存在，本次工作参考前人的研究成果，和类似溶质运移模拟的经验，从保守角度考虑，取弥散度参数值取 10m。

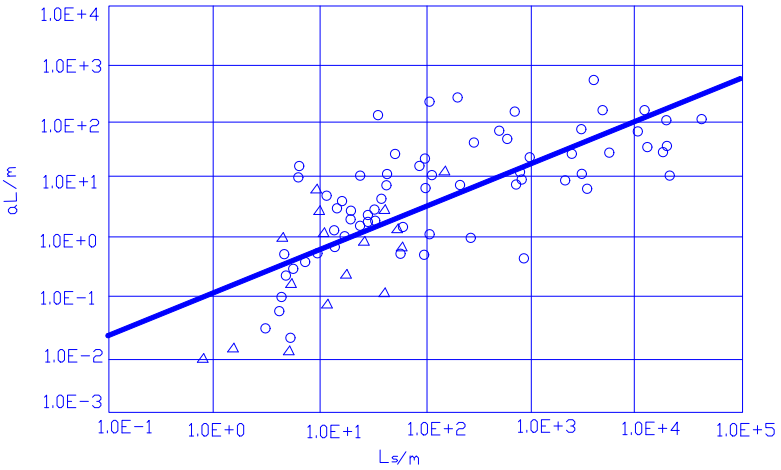


图 5.2.3.4-5 孔隙介质 2 维数值模型的 $\lg \alpha_L - \lg L_s$ 图

（3）地下水污染源强

①正常状况

对园区内各地下水重点污染区、一般污染区进行了防渗处理，污染源从源头上可以得到控制：对可能出现的渗漏的池体构筑物，以及生产厂房、罐区等地面进行防渗处理，即使有少量的污染物泄露，也很难通过防渗层渗入包气带。在正常状况下，园区产生的污染物从源头和末端均得到控制，池体和地面经防渗处理，没有污染地下水的通道，污染物污染地下水的可能性很小。

②非正常状况

通过对项目区污染泄漏风险的综合分析，此次非正常状况主要考虑乙醇储罐泄漏情景。

本项目乙醇储罐最大容积为 30m³，采用常温常压储存，假设基础油管道发生泄漏，泄漏直径为 10mm，温度为 303K。

采用《建设项目环境风险评价技术导则》（HJ169-2018）附录 F 中推荐的液体泄漏速率计算公式：

$$Q_L = C_d A \rho \sqrt{\frac{2(P-P_0)}{\rho} + 2gh}$$

式中：Q_L——液体泄漏速度，kg/s

C_d——液体泄漏系数，按表F.1选取；

A——裂口面积，m^2；

P——容器内介质压力，Pa；

P_0——环境压力，101325Pa；

ρ——泄漏液体密度，kg/m^3；

g——重力加速度；$9.81m/s^2$；

h——裂口之上液位高度，m。

乙醇泄漏主要参数见表 6.3.4-2。

表 6.3.4-2　乙醇泄漏主要参数

参数	取值
	乙醇
液体泄漏系数	0.5
裂口面积，m^2	0.0000785
容器内介质压力，Pa	101325
环境压力，Pa	101325
泄漏液体密度 kg/m^3	789
裂口之上液位高度 m	2.9

通过上述计算可知，乙醇发生泄漏时的泄漏速率为 0.234kg/s，预计 30min 内可以阻止乙醇泄漏，则泄漏量为 421.2kg。

本项目情形设定和源项分析情况如下：

风险事故情形描述	危险单元	事故源	危险物质	泄漏孔径（mm）	释放/泄漏速率（kg/s）	释放时间（min）	最大释放量/泄漏量（kg）
硫酸储罐管道发生泄漏，泄漏孔径为10mm 孔径	罐区	乙醇储罐管线	乙醇	10	0.234	30	412.2

考虑到《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中无乙醇的质量标准，因此无法对其预测结果进行评价，为此本次将乙醇折算成耗氧量进行预测评价（根据 1g 乙醇可折算的耗氧量是 2.08g 进行计算）。

本次模拟预测根据污染风险分析的情景设计，在选定优先控制污染物的基础上，对地下水中耗氧量在不同时段的运移距离、超标范围和影响范围进行模拟预测，耗氧量的超标范围参照《地下水质量标准》（GB/T14848-2017）中Ⅲ类水的要求，耗氧

量的检出下限值参照常规仪器检测下限（详见表 6.3.4-3）。

表 6.3.4-3　评价因子及评价标准一览表

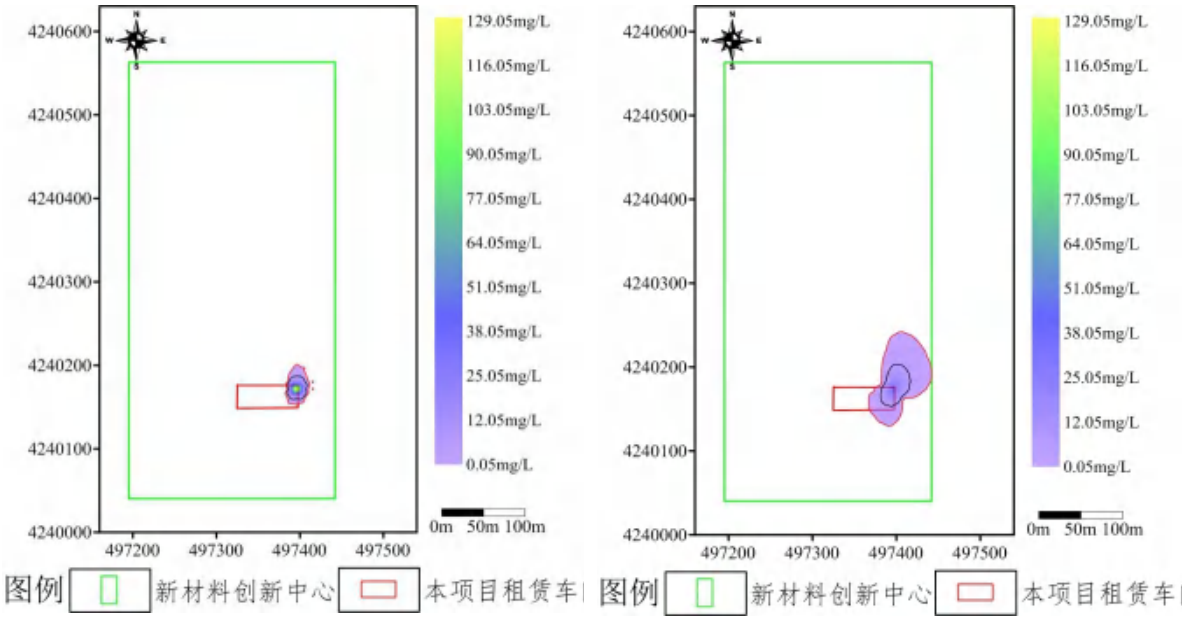
评价因子	质量标准（mg/L）	检出范围(mg/L)
耗氧量	3	0.05

以下所有模拟预测结果中，黑色线以内表示地下水污染物浓度超过水质标准限值（超标范围），颜色越偏红说明浓度越高；红色线以内范围表示污染物浓度可检出（影响范围），根据设定的污染源位置和源强大小，对非正常状况情景进行模拟预测。

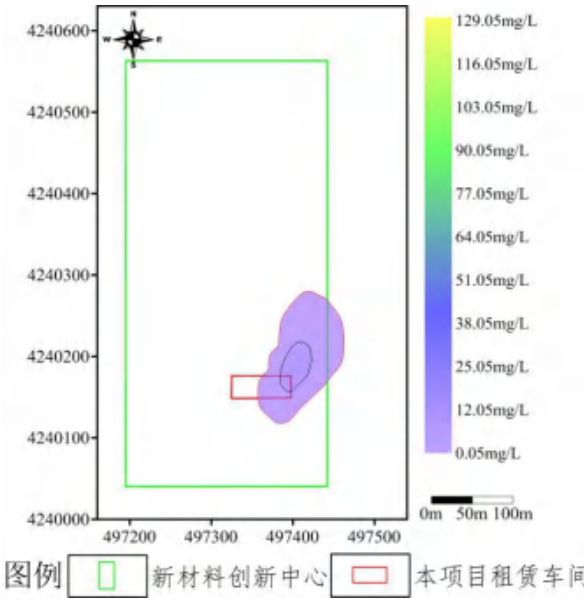
（4）地下水污染预测

①耗氧量渗漏地下水污染预测

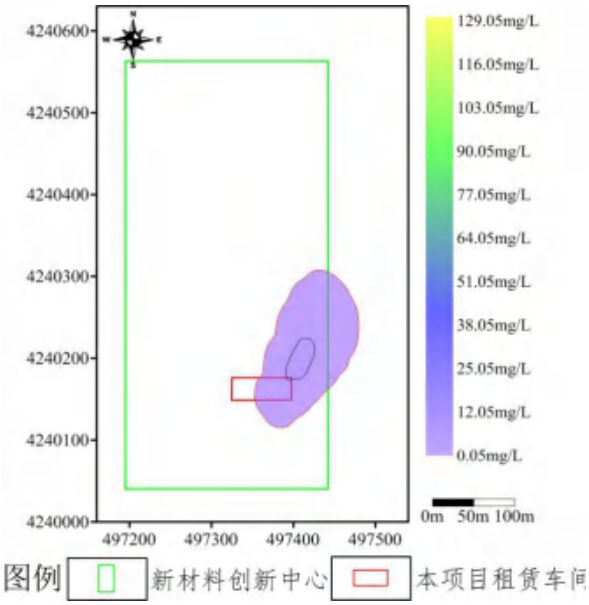
乙醇储罐泄漏情景条件下，地下水污染模拟结果见图 6.3-17 以及**错误！未找到引用源。**8。



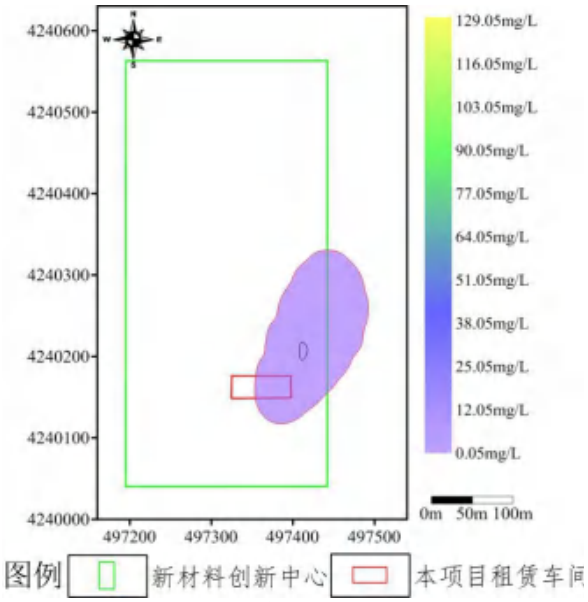
A．100 天影响预测图　　**B．1000 天影响预测图**



C．3000 天影响预测图



D．5000 天影响预测图



E．7000 天影响预测图

图 5.2.3.4-6　乙醇储罐泄漏情景条件下含水层耗氧量影响范围图

表 5.2.3.4-5　含水层中耗氧量影响范围表

时间（天）	超标范围（m^2）	影响范围（m^2）	最大运移距离（m）
100	516	1000	42
1000	1217	5026	85
3000	1595	10695	124
5000	1186	15407	153
7000	151	19560	181

从上面预测结果可以看出，在项目区乙醇储罐泄漏情景下，耗氧量污染物在水动力条件作用下向下游扩散，浓度在对流作用下逐渐降低。由于评价区渗透系数较小，因此耗氧量污染物整体运移速度较慢，项目区乙醇储罐泄露事故发生7000天后，污染物最大运移距离仅181米。

从上面预测结果可以看出，在项目区乙醇储罐泄漏情景下，污染晕的浓度由中

心向四周逐渐降低。随着水动力弥散作用的进行，污染晕将不断沿水流方向运移，污染晕的范围也会发生变化。污染晕超标范围在泄漏事故发生3000天后开始缩小，7000天后缩小到151m^2。在整个非正常状况的泄漏过程中，地下水中污染物始终未扩散出厂界范围。因此，项目区非正常状况仅会对泄漏位置处小范围地下水产生一定影响，不会对项目区以外区域产生影响，更不会对项目区下游的村庄饮用水产生影响。

5.2.3.4 地下水环境保护措施

（一）地下水污染控制原则

针对项目可能发生的地下水污染，地下水污染防治措施按照“源头控制、末端防治、污染监控、应急响应”相结合的原则，从污染物的产生、入渗、扩散、应急响应全阶段进行控制。

（1）源头控制措施：主要包括在工艺、管道、设备、污水储存及处理构筑物采取相应措施，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；管线敷设尽量采用“可视化”原则，即管道尽可能地上敷设，做到污染物“早发现、早处理”，减少由于埋地管道泄漏而造成的地下水污染。

（2）末端控制措施：主要包括厂内污染区地面的防渗措施和泄漏、渗漏污染物收集措施，即在污染区地面进行防渗处理，防止洒落地面的污染物渗入地下，并把滞留在地面的污染物收集起来，集中送至污水处理场处理；末端控制采取分区防渗，重点防渗区、一般防渗区和简单防渗区有区别的防渗原则。

（3）污染监控体系：实施覆盖生产区的地下水污染监控系统，包括建立完善的监测制度、配备先进的检测仪器和设备、科学、合理设置地下水污染监控井，及时发现污染、及时控制；

（4）应急响应措施：包括一旦发现地下水污染事故，立即启动应急预案、采取应急措施控制地下水污染，并使污染得到治理。

（二）地面防渗措施

按照《环境影响评价导则　地下水环境》（HJ610-2016）分区防渗措施要求以及相关规范，并结合厂区实际情况，拟建工程防渗工程设计标准及维护需满足下列要求：

（1）各单元防渗工程的设计使用年限不低于相对应设备、管道或构筑物的设计使用年限。

（2）一般防渗区的防渗性能应与1.5厚黏土层（渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s)等效；重点防渗区的防渗性能能应与6.0m 厚黏土层（渗透系数≤1.0×10^{-7}cm/s)等效；简单防渗区可只进行一般路面硬化。

（3）地面防渗方案可采用粘土防渗、混凝土防渗、HDPE 膜防渗和钠基膨润土防水毯防渗层，防渗性能满足（2）要求。

（4）加强管道的维护和管理，防止物料的跑冒滴漏。

（5）厂区除绿化用地之外应全部进行硬化处理，实现厂区不见黄土。

加强厂区防渗、防腐设施的检查、维修力度，确保防渗措施有效。

（三）地下水监测方案

建立和完善本项目的地下水环境监测制度和环境管理体系，制定完善的监测计划，环境监测工作可委托当地有资质的环境监测机构承担。

（1）项目区及其上下游地下水监测井布设原则

重点污染区加密监测原则；以地下水下游区为主，地下水上游区设置背景监测点。

（2）监测点布设方案

A、监测井数：

根据《地下水环境监测技术规范》HJ/T164-2004的要求及地下水监测点布设原则，项目区和污染源上下游共布设地下水水质监测井3眼。随时掌握地下水水质变化趋势。为避免污染物随孔壁渗入地下，建议成井时水泥封孔。

B、监测频率及项目：

监测频率：每年一次。

表 5.2.3.5-1　水质监测点一览表

井编号	与项目区关系	井深（m）	监测井功能	绝对位置	
				X	Y
JC1	项目区上游	20	上游背景值监测	497321	4240141
JC2	项目区下游	20	重点污染源监测	497352	4240182
JC3	项目区下游	20	污染扩散监测	497400	4240184

监测项目为：pH、氨氮、耗氧量

（2）地下水监测管理

上述监测结果应按项目区有关规定及时建立档案，并抄送环境保护行政主管部门，对于常规检测数据应该进行公开，特别是对项目区附近区域的居民公开，满足法律中关于知情权的要求。发现污染和水质恶化时，要及时进行处理，开展系统调查，并上报有关部门。

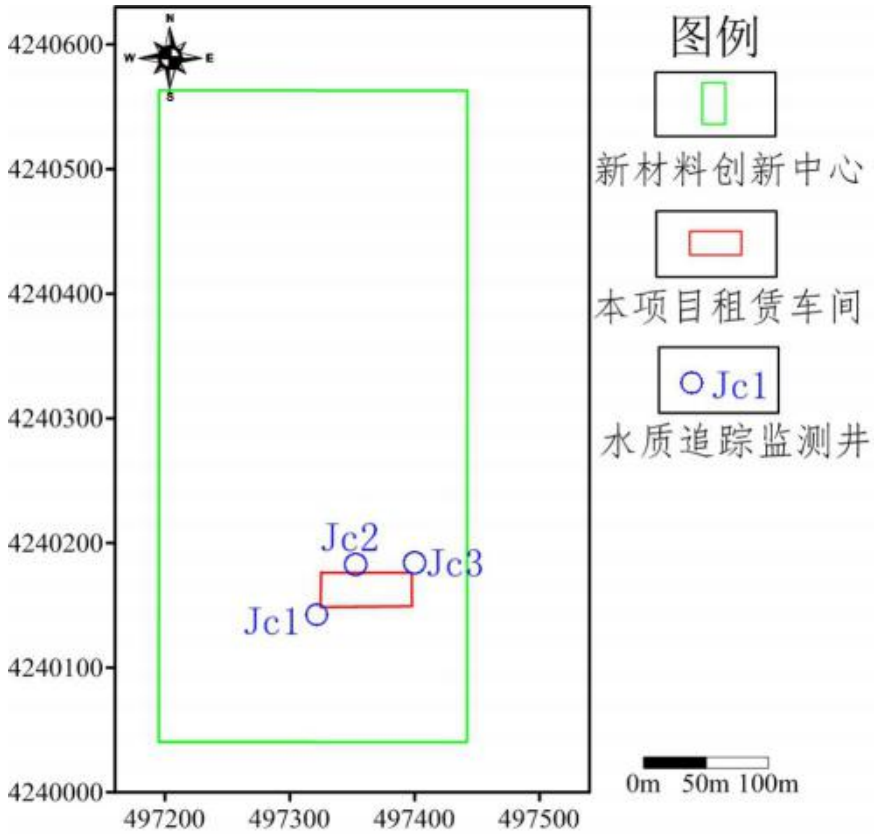


图5.2.3.5-1　地下水监测点位图

（四）地下水应急处置和应急预案

（1）应急预案

在制定全厂安全管理体制的基础上，制订专门的地下水污染事故的应急措施，并应与其它应急预案相协调。

地下水应急预案应包括以下内容：

①应急预案的日常协调和指挥机构；

②相关部门在应急预案中的职责和分工；

③地下水环境保护目标的确定，采取的紧急处置措施和潜在污染可能性评估；

④特大事故应急救援组织状况和人员、装备情况，平常的训练和演习；

⑤特大事故的社会支持和援助,应急救援的经费保障。

地下水应急预案详见表5.2.3.5-2。

表 5.2.3.5-2　地下水污染应急预案内容

序号	项目	内容及要求
1	总则	
2	污染源概况	详述污染源类型、数量、浓度、危害特征和分布情况
3	应急计划区	列出保护目标：项目区及其周边的居民生活用水集中供水井
4	应急组织	场区应急指挥部—负责现场全面指挥；专业救援队伍—负责事故控制、救援、善后处理；专业监测队伍负责对监测站的支援；地方医院负责收治受伤、中毒人员；
5	应急状态分类及应急响应程序	规定地下水污染事故的级别及相应的应急分类响应程序。按照突发环境事件严重性和紧急程度，该预案将突发环境事件分为特别重大环境事件（Ⅰ级）、重大环境事件（Ⅱ级）、较大环境事件（Ⅲ级）和一般环境事件（Ⅳ级）四级。
6	应急设施、设备与材料	防有毒有害物质外溢、扩散的应急设施、设备与材料。
7	应急通讯和交通	规定应急状态下的通讯方式、通知方式和交通保障、管制。
8	应急环境监测及事故后评估	由项目区环境监测站进行现场地下水环境监测，无法完成的监测项目，请沧州市经济开发区或沧州市监测站协助。对事故性质与后果进行评估，为指挥部门提供决策依据。
9	应急防护措施、清除泄漏措施方法和器材	事故现场：控制事故、防止扩大、蔓延及链锁反应。清除现场泄漏物，降低危害，相应的设施器材配备。 邻近区域：控制污染区域，控制和清除污染措施及相应设备配备。
10	应急浓度、排放量控制、撤离组织计划、医疗救护与公众健康	事故现场：事故处理人员制定污染物的应急控制浓度、排放量，现场及邻近装置人员撤离组织计划及救护。环境敏感目标：受事故影响的邻近区域人员及公众对污染物应急控制浓度、排放量规定，撤离组织计划及救护。
11	应急状态终止与恢复措施	规定应急状态终止程序。 事故现场善后处理，恢复措施。 邻近区域解除事故警戒及善后恢复措施。 建立重大环境事故责任追究、奖惩制度。
12	人员培训与演练	应急计划制定后，平时安排人员培训与演练。
13	公众教育和信息	对邻近地区开展公众教育、培训和发布有关信息。
14	记录和报告	设置应急事故专门记录，建档案和专门报告制度，设专门部门和负责管理。
15	附件	与应急事故有关的多种附件材料的准备和形成。

（2）应急处置

一旦发现地下水发生异常情况，必须按照应急预案马上采取紧急措施：

①当确定发生地下水异常情况时，按照制订的地下水应急预案，在第一时间内尽快上报主管领导，通知当地环保局、附近居民等地下水用户，密切关注地下水水质变化情况。

②组织专业队伍对事故现场进行调查、监测，查找环境事故发生地点、分析事故原因，尽量将紧急事件局部化，如可能应予以消除，采取包括切断生产装置或设施等措施，防止事故的扩散、蔓延及连锁反应，尽量缩小地下水污染事故对人和财产的影响。

③当通过监测发现对周围地下水造成污染时，根据观测井的反馈信息，控制污染区地下水流场，防止污染物扩散。

④对事故后果进行评估，并制定防止类似事件发生的措施。

⑤如果自身力量无法应对污染事故，应立即请求社会应急力量协助处理。

5.2.4 声环境影响预测和评价

5.2.4.1 声源源强分析

本项目南厂区主要噪声为芯材生产线、卷材生产线、起重机、空压机、冷水塔、各种泵类等设备运行过程中产生的噪声，单台设备噪声值范围在 65~90dB（A）之间。设备优先选用低噪声设备，采取局部减振、隔声、消声、软连接等措施处理，尽量使设备置于室内。

本项目北厂区主要噪声为搅拌釜、干燥釜、溶剂回收机、冷水塔、各种泵类等设备运行过程中产生的噪声，单台设备噪声值范围在 65~85dB（A）之间。设备优先选用低噪声设备，采取局部减振、隔声、消声等措施处理，尽量使设备置于室内。采取上述措施后可降噪 15~25dB（A）。

生产设备的声级值、降噪措施及噪声效果见表 5.2.4.1-1。

表 5.2.4.1-1　主要噪声源情况一览表

设备名称	总台数（台/套）	声级 dB（A）	防治措施	降噪效果 dB（A）
北厂区				
搅拌釜系统	1 套	75-85	安装减振装置，室内建筑隔声	15
复合生产线	1 条	75-85		20
吊机	1 台	65-70		15
干燥系统	3 组	75-80		15
溶剂回收机系统	3 组	70-75		15
制氮机	1 台	65-70		15
空气压缩机	1 套	75-90		15
风机	1 台	75-80		25
泵	3 组	85~90		20
南厂区				
卷材生产线	1 条	75-85	安装减振装置，室内建筑隔声	15
芯材生产线	1 条	75-85		15
真空封口机	11 台	70-75		15
烘道	3 组	65-70		15
收卷机	1 套	65-70		15
空气压缩机	1 套	75-90		15
风机	2 台	75-80		25
辊压机	1 台	65-70		15

起重机	2 台	75-80		15

5.2.4.2 预测范围、点位与评价因子

⑴预测范围及点位

①噪声预测范围为：厂界外 1m；

②厂界噪声点位：在东、南、西、北厂界各设置一个接受点。

⑵预测因子

厂界噪声预测因子：等效连续 A 声级。

5.2.4.3 预测模式

（1）预测模式

①室外点声源对厂界噪声预测点贡献值预测模式

$$LA(r)=L_{Are}f(r_0)-(A_{div}+A_{bar}+A_{atm}+A_{exc})$$

式中：LA(r)——距声源 r 米处的 A 声级；

$L_{Are}f(r_0)$—参考位置 r_0 米处的 A 声级；

A_{div}——声波几何发散引起的 A 声级衰减量；

A_{bar}——声屏障引起的 A 声级衰减量；

A_{atm}——空气吸收引起的 A 声级衰减量；

A_{exc}——附加衰减量。

A、几何发散

对于室外点声源，不考虑其指向性，几何发散衰减计算公式为：

$$LA(r)=LA(r_0)-20Lg(r/r_0)$$

B、遮挡物引起的衰减

遮挡物引起的衰减，只考虑各声源所在厂房围护结构的屏蔽效应。

C、空气吸收引起的衰减

空气吸收引起的衰减按下式计算：

$$A_{atm}=\frac{\alpha(r-r_0)}{1000}$$

式中：

r—预测点距声源的距离，m；

r_0—参考点距声源的距离，m；

α—每 1000m 空气吸收系数。