

7.4 地下水环境影响预测与评价

建设项目为一级评价，预测方法采用数值法进行预测。采用地下水数值法进行地下水评价首先建立地下水系统的概念模型。在建立地下水系统概念模型的基础上再建立地下水流动、水质数学模型。

7.4.1 水文地质概念模型

建立地下水系统的概念模型，是根据具体水文地质条件和建模的要求，对系统的主要因素和状态进行刻画，简化忽略与系统目的无关的某些要素和状态，以便于数学描述，并建立地下水系统模拟模型。评价区内根据其含水层为潜水-微承压水，可概化为单层结构，层面以地表高程确定，层面底部概化为-400米高程。边界条件根据水文地质单元的断层和地表分水岭确定。其概念模型三维立体结构示意图见图 7.4-1。

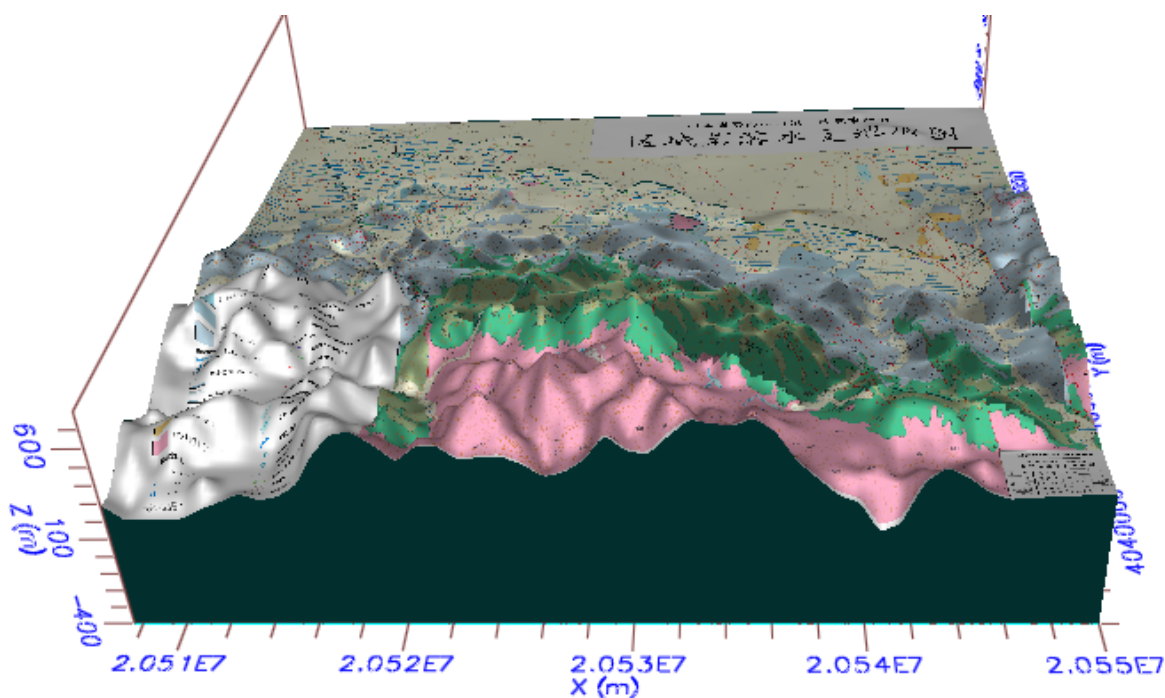


图 7.4-1 水文地质概念模型三维立体结构示意图

7.4.2 地下水系统模型

在水文地质模型概念基础上建立地下水系统模型，地下水系统模型分为地下水流动数学模型和地下水水质运移数学模型。其表述如下：

一、地下水流动数学模型

根据评价区水文地质条件，建立评价区地下水流模型表述如下：

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(k_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(k_z \frac{\partial h}{\partial z} \right) - w = s_s \frac{\partial h}{\partial t}$$

其定解条件:

$$\begin{cases} h(x, y, t)|_{t=0} = h_0(x, y) & x, y \in \Omega, t \geq 0 \\ \frac{\partial h}{\partial \vec{n}}|_{\Gamma_1} = 0 & x, y \in \Gamma_1, t \geq 0 \\ K_n \frac{\partial h}{\partial \vec{n}}|_{\Gamma_2} = q(x, y, t) & x, y \in \Gamma_2, t \geq 0 \end{cases}$$

式中: Ω -渗流区域 (计算区范围);

h-地下水水位标高 (m);

k_x 、 k_y 、 k_z -渗透系数在 x、y、z 方向上的分量 (LT^{-1});

K_n -边界法向方向的渗透系数 (m/d);

s_s -含水层储水系数 (给水度) (无量纲);

w-含水层的源汇项 (m/d);

h_0 -含水层的初始水位分布 (m);

Γ_1 -渗流区域的一类零流量边界;

Γ_2 -渗流区域的一类已知流量边界;

n-边界面的法向方向;

$q(x, y, t)$ - 定义为二类的单宽流量 ($m^2/d \cdot m$), 流入为正, 流出为负。

二、地下水水质运移数学模型

将地下水水质浓度与地下水流动数学模型耦合起来, 便成为地下水水质运移数学模型的表达式, 其地下水浓度的偏微分方程描述如下:

$$R\theta \frac{\partial c}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\theta D_{ji} \frac{\partial c}{\partial x_j} \right] - \frac{\partial}{\partial x_i} (\theta v_i c) - WC_s - WC - \lambda_1 \theta c - \lambda_2 P_b \bar{C}$$

式中:

R—迟滞系数, 无量纲。 $R = 1 + \frac{P_b \partial c}{\theta \partial c}$

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 ;

\bar{C} —介质骨架吸附的溶质浓度, 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, 1/d;

C_s —组分的浓度, mg/L;

λ_1 —溶解相一级反应速率, 1/d;

λ_2 —吸附相反应速率, L/(mg·d)。

b) 初始条件

$$C(x, y, z, t) = c_0(x, y, z) \quad (x, y, z) \in \Omega, t$$

式中:

$c_0(x, y, z)$ —已知浓度分布;

Ω —模型模拟区域。

c) 定解条件

1) 第一类边界—给定浓度边界

$$C(x, y, z, t)|_{\Gamma_1} = c(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_1, t \geq 0$$

式中:

Γ_1 —表示定浓度边界;

$c(x, y, z, t)$ —定浓度边界上的浓度分布。

2) 第二类边界—给定弥散通量边界

$$\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x} |_{\Gamma_2} = f_i(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_2, t \geq 0$$

式中:

Γ_2 —通量边界;

$f_i(x, y, z, t)$ —边界 Γ_2 上已知的弥散通量函数。

3) 第三类边界—给定溶质通量边界

$$\left(\theta D_{ij} \frac{\partial C}{\partial x_i} - q_i C \right) |_{\Gamma_3} = g_i(x, y, z, t) \quad (x, y, z) \in \Gamma_3, t \geq 0$$

式中：

Γ_3 —混合边界；

$g_i(x,y,z,t)$ — Γ_3 上已知的对流—弥散总的通量函数。

三、求解方法

本次地下水流动数学模型采用美国地调局编制 Visual modflow2001 版地下水计算软件，对地下水流动方程采用强隐式法，由于地下水以对流为主，弥散为次，地下水水质运移模型为对流型，水质模拟采用软件中的 MT3DMS 模块，计算方法采用高势面法，上述方法是比较成熟的方法，具有较强实用性。

7.4.3 模型参数识别、模型验证

受工作条件限制，有些地方研究程度较低，故模型不可能精确刻画出研究区的地下水流系统，模型的识别和验证主要遵循以下原则：(1)模拟的地下水流场基本一致。即要求地下水模拟等值线与实测等值线形状相似，即要求模拟与实际地下水位过程线形状相似；(2)模拟地下水动态过程要与实测的动态过程基本相似；(3)从均衡的角度出发，模拟的地下水均衡变化与客观条件要基本相符；(4)识别的水文地质参数要符合水文地质条件。下面对模型建立、模型参数识别、验证两个阶段进行简述如下：

一、模型建立

建立起地下水系统模型之后，在掌握已有资料和水文地质概念模型基础上，首先对模型输入项进行初步确定，简述如下：

1.计算范围的确定：本次模拟范围为白泉泉域范围，模拟面积 780km²，模拟计算范围剖分为 200m×200m 网格。

2.计算时间的确定：根据模拟区的地下水统测资料和长期观测孔资料，考虑地下水的年内和年际变化，采用 2000 年 1 月 1 日-2012 年 12 月 26 日作为模型参数识别、验证时段，计算时间为 5114 天。主要原因有以下几方面：一是采取时间序列较长，有效避免因短时间的模拟造成的重要信息的丢失。二是有长时间和短时间的观测数据相互验证。三是有长时间水源地抽水量的统计，尽量避免模型参数失真。

3.降水量的处理：由于降水量分布在时间有相对分布不均一性，对于多年平均降水量相对恒定，采用长时间模拟期将尽量减小降水量的不均一造成的模型

失真。模拟期降水量变化图见图 7.4-2。

4.隔水边界：评价区边界以白泉泉域边界确定。

5.农业、居民生活用水开采量的处理：评价区农田灌溉用水大多在旱季进行，居民生活相对农田用水量更小，再加上其回灌补给地下水，同降水量相对补给地下水含水层的水量较小，可概化给有效降水量当中去，其对模型计算带来相对误差可予以忽略。

6.泉流量：在模型中概化为泉模块进行处理和人工校正。

7.水源地开采量：其开采量可根据抽取地下水量按实际输入模型当中去，可概化为抽水井处理。

8.模型参数的选取：模型中使用的水文地质参数根据已往抽水试验进行试选取。实际上，数值模拟求参方法，完全可能看作是复杂情况下抽水试验，只不过要比简单抽水试验考虑的条件更全面、适应性更广泛罢了，更能代表实际相对区域的水文地质参数。

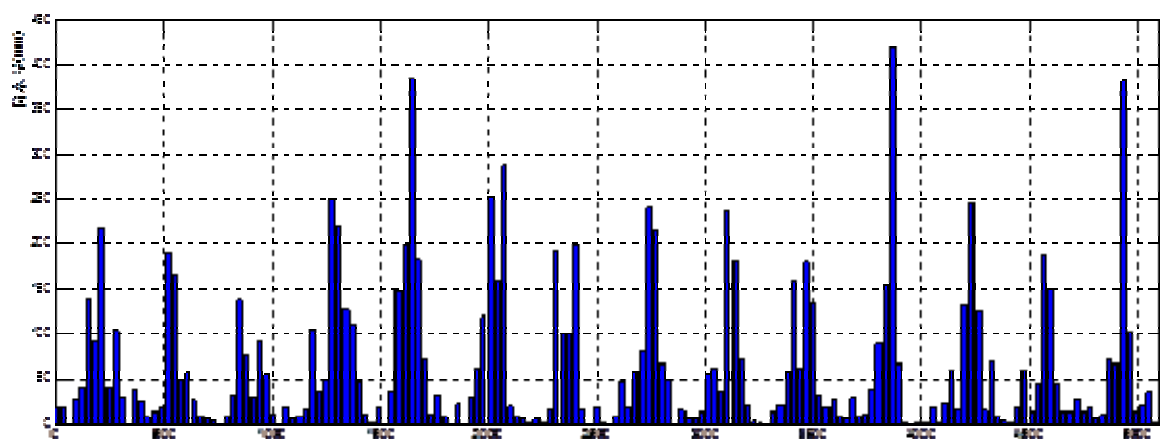


图 7.4-2 模拟期降水量变化图

9.水位监测点的布设：由于模拟区为一相对独立的水文地质单元，具有完整的补径排水地质条件，且模拟区面积较大。在有限条件下，最大程度上收集了区域的地下水动态资料和地下水开采情况，并把拟合地下水动态作为识别区域水文地质参数的依据。

二、模型参数识别、模型验证

模型参数识别、验证过程并不仅仅是相对独立的过程，整个过程是一个有机的统一整体。在通过多次模型参数识、验证，才能正确掌握评价区的水文地质条件。模型参数识别以地下水动态为基础，参考以往水文地质报告中采用的水文地

质参数，进行人工识别，并同实际情况进行检验。模型参数、模型验证期间地下水动态拟合曲线见图 7.4-3-7.4-8。

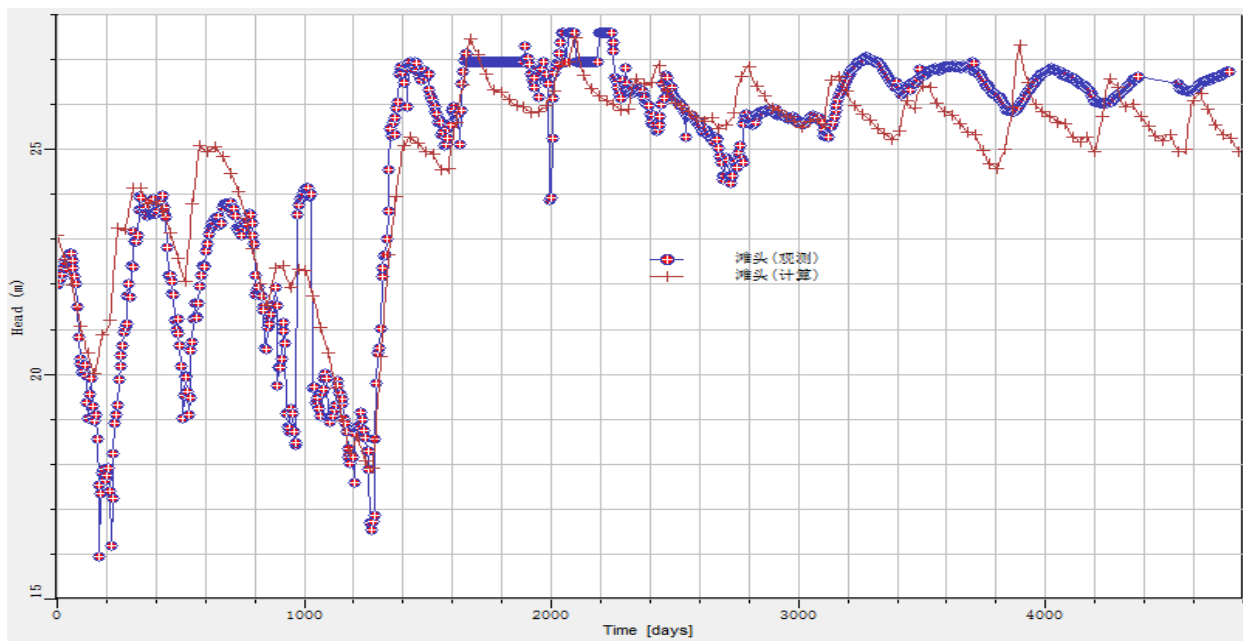


图 7.4-3 滩头水厂实测与计算地下水位拟合曲线

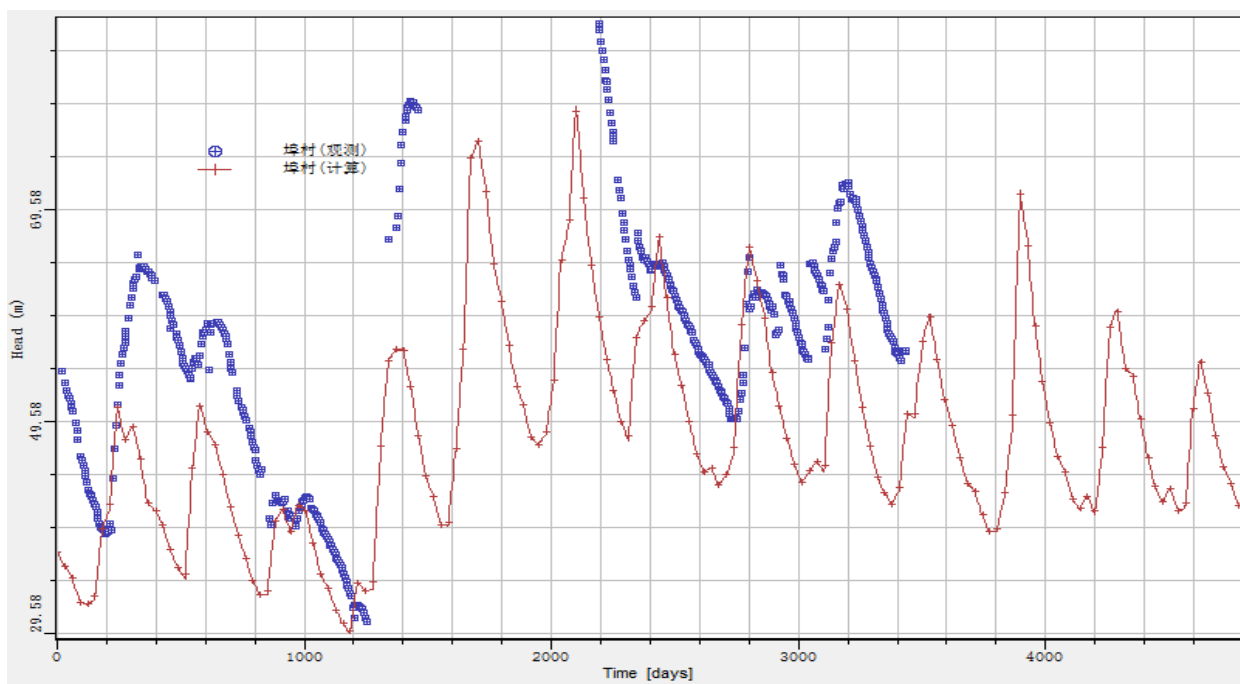
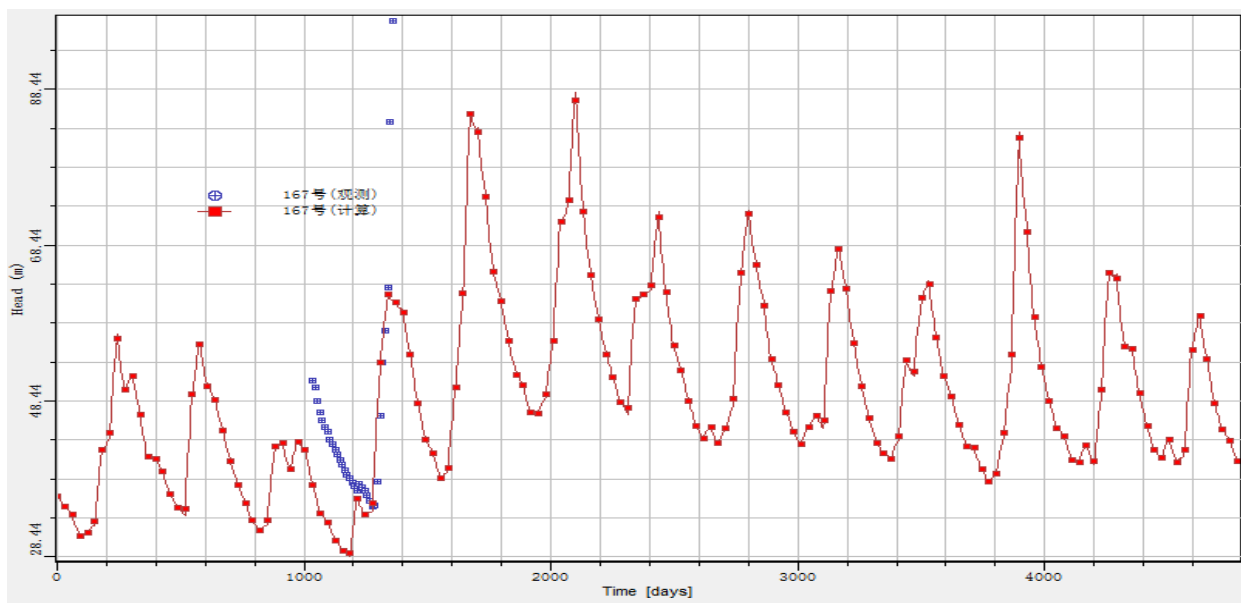


图 7.4-4 埠村观测孔实测与计算地下水位拟合曲线图



7.4-5 167号观测孔实测与计算地下水位拟合曲线

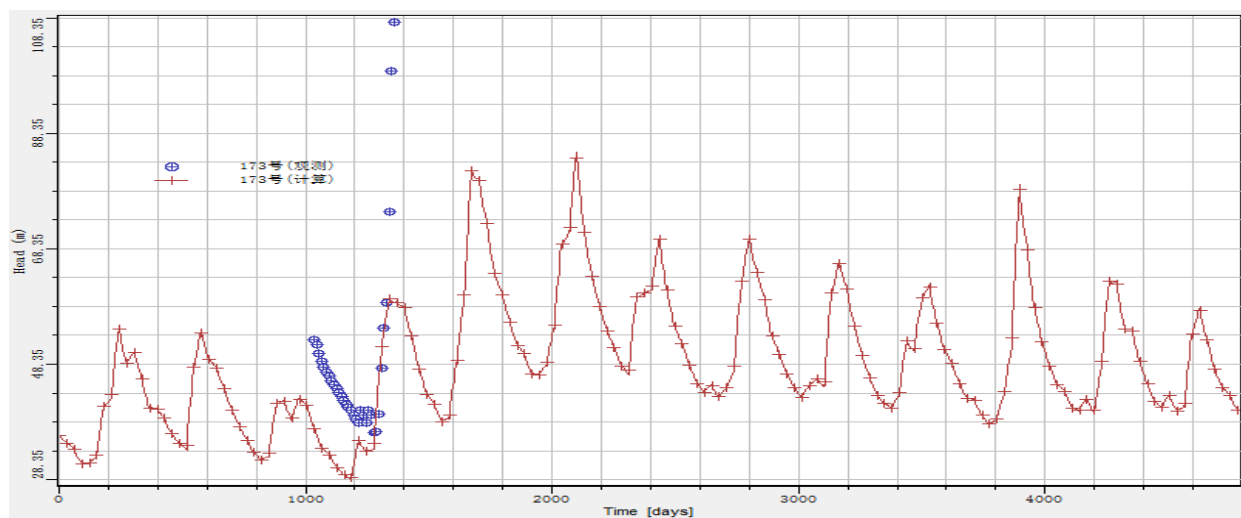


图 7.4-6 173号观测孔实测与计算地下水位拟合曲线

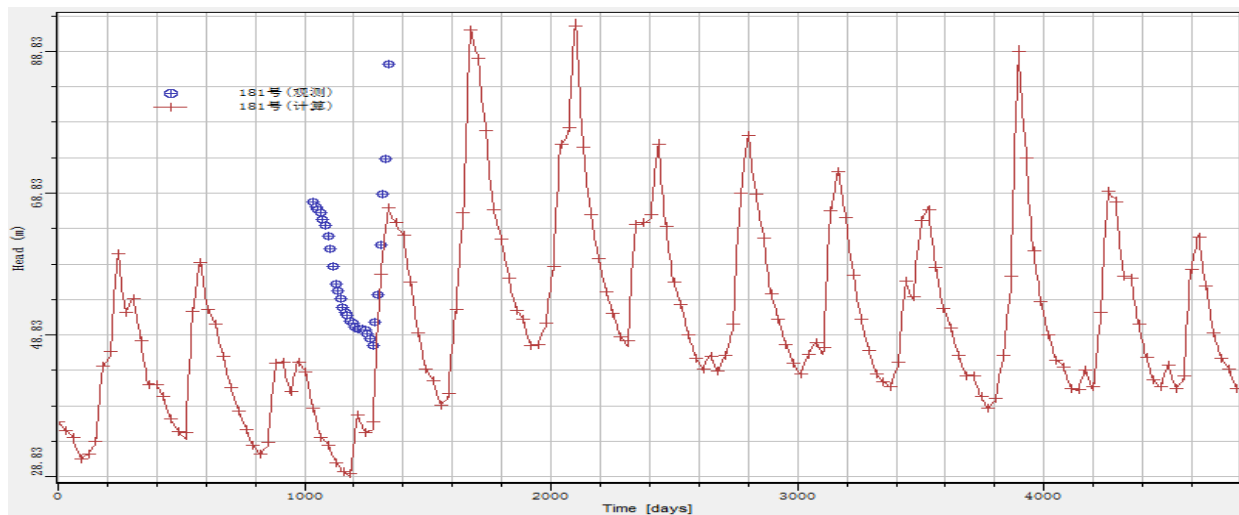


图 7.4-7 181 号观测孔实测与计算地下水位拟合曲线

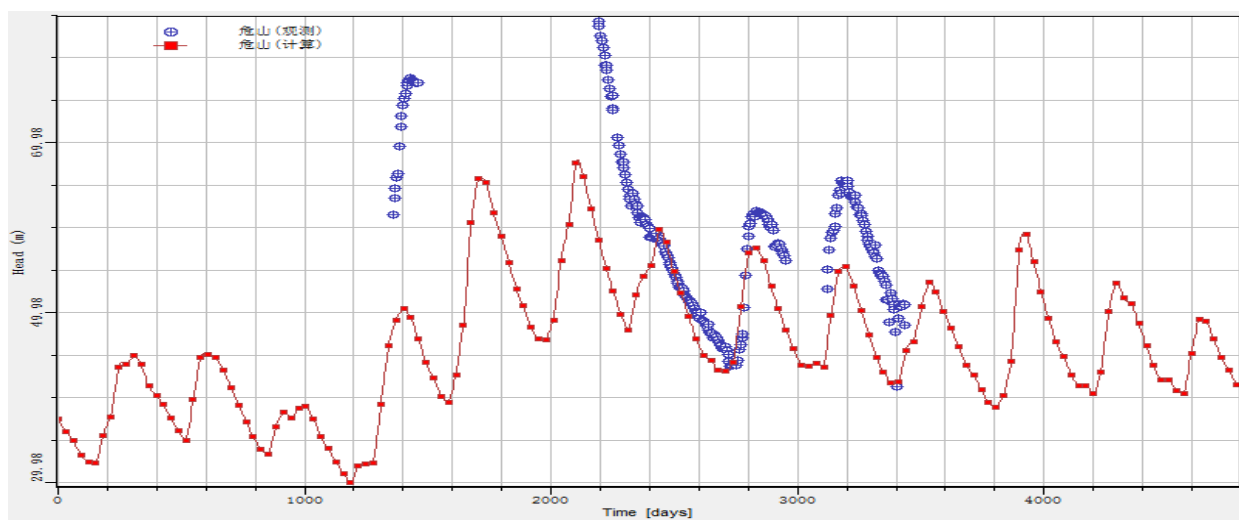


图 7.4-8 危山观测孔实测与计算地下水位拟合曲线

从图 7.4-3~7.4-8 分析，埠村和 167、181 号、危山观测孔处于埠村山前地带，地势相对较高，且受上覆第四系影响和裂隙发育，地下水位计算值与实测值存在明显现象。

从历史地下水动态变化来看，评价区地下水位维持在相对稳定状态，根据历史相似性，选取近期（2014 年 7 月 17 号量测）地下水位统测水位同历史同时期类似类比，拟合地下水位流场见图 7.4-9。

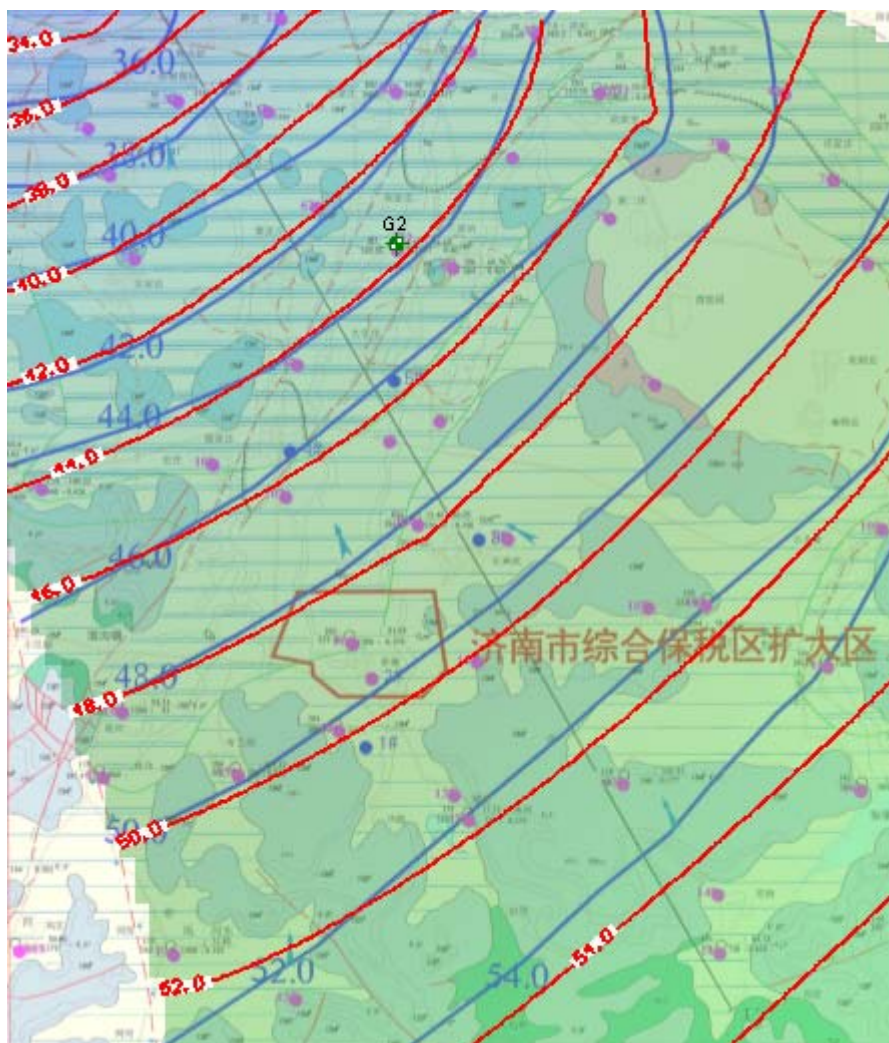


图 7.4-9 评价区地下水位拟合等水位线图

从图 7.4-9 分析（红色为计算，蓝色为实测），计算曲线与实测曲线基本类似，参考《山东省济南市白泉—武家水源地供水水文地质勘察报告》等水位线，其地下水流场基本一致，地下水流向整体为东南向西北径流。由于武家水源地现状开采量为 1.5 万 m³/d，其开采量相对白泉地带开采量较小，未从根本上改变地下水整体流向。

模拟期间地下水主要水均衡项变化表见表 7.4-1。

表 7.4-1 模拟期间主要水均衡项变化表

输入项 (m ³)		输出项 (m ³)		变化量 (m ³)
含水层静储量	84913740	含水层静储量	83971260	-942480
抽水井	0	抽水井	151885400	151885400
泉流量	0	泉流量	19534930	19534930

有效降水量	170477500	有效降水量	0	-170477500
总计	255391240	总计	255391590	350

由于模拟区孔测范围较大，观测孔资料相对较少，但区域具有长达十多年长期地下水观测孔动态资料和地下水开量资料，基本代表和反映了工作区域的水位动态变化和开采实际。模拟区具有历史已往的供水水文地质勘探资料，区域水文地质资料相对齐全，泉域边界条件相对清楚，历史所取得的地质成果可以较好的反映出含水层水文地质特征。由于模拟区面积较大，且其相对地形高差较大，地下水流主要受地形和边界条件控制。本次地下水模拟在利用《山东省济南市白泉—武家水源地供水水文地质勘察报告》中地下水模拟所提供的参数（图 7.4-10），并把求取的水文地质参数和历史已往抽水试验求取的参数进行对比，具有良好的 consistency。大气降水入渗系数取多年平均值，降水多年平均入渗系数为 0.25。

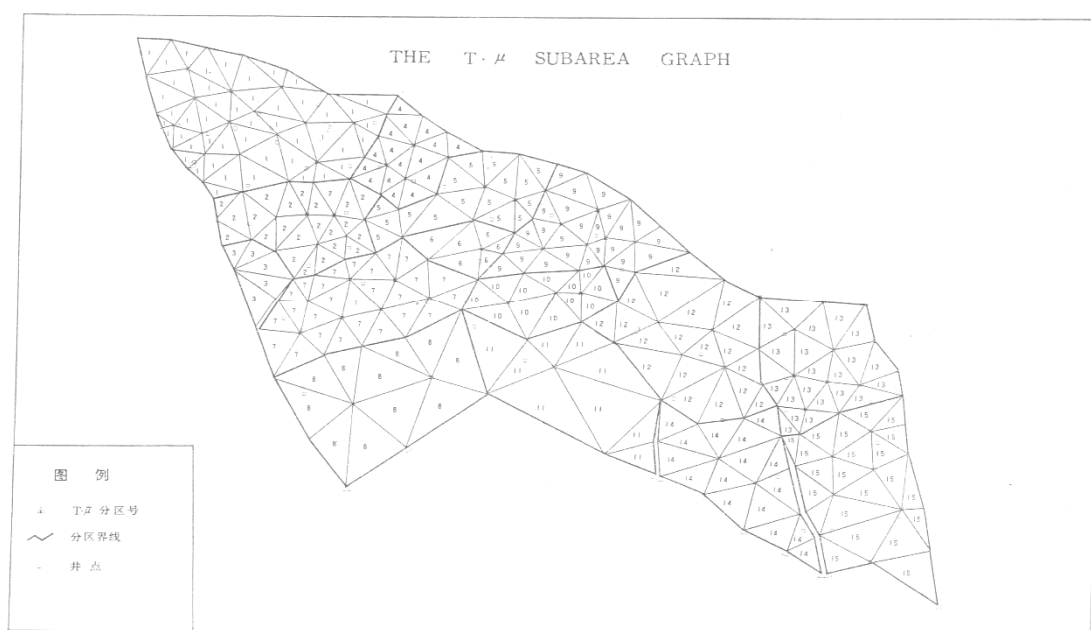


图 7.4-10 水文地质参数参照分区表

表 7.4-2 水文地质参分区表

参数分区	1	2	3	4	5	6	7	8
T (m ² /d)	2×10 ⁴	2.5×10 ⁴	4.5×10 ⁴	2.0×10 ⁴	7.0×10 ⁴	1.0×10 ³	5.5×10 ²	3.5×10 ³
u	0.018	0.02	0.008	2×10 ⁻³	3×10 ⁻³	0.01	0.002	0.003
参数分区	9	10	11	12	13	14	15	
T (m ² /d)	7×10 ³	8.5×10 ²	8.0×10 ²	8.0×10 ³	2.4×10 ³	3.0×10 ²	2×10 ²	

u	0.0007	0.008	0.0002	0.0002	0.001	0.024	0.027	
降水入渗系数	0.25							

7.4.4 地下水环境影响预测

一、预测方法

预测方法采用人工配置法。人工配置法指在某些特定情况下，需要人为设置未来地下水环境变化，采用数值法进行地下水位、水质进行预测。

二、预测内容

根据项目情况，建设项目预测内容主要为建设项目运行期间正常状态地下水流场、水质时间空间变化以及所引起的环境地质问题及工、农业用水问题。

三、预测范围与预测时段

（一）模型预测范围

地下水环境影响预测的范围与模拟计算范围相同。模拟区范围地理坐标：X：4034000—4073000；Y:20507600—20550000，评价区面积约为 780km²。

（二）模型预测时段

建设项目生产期间地下水环境影响与模型参数识别、验证后期基本相同。地下水环境影响预测主要侧重于建设项目在污染物渗漏条件下的地下水环境影响，本次模型预测以历史重现法进行设置，模型预测时段采用模拟期时间。

四、预测结果

（一、）地下水动力场影响