

地下水资源模型在费县朱田地下水资源评价中的应用

倪 军¹, 李 森²

(1. 山东省地质矿产勘查开发局, 山东 济南 250013; 2. 山东省水文水资源勘测局, 山东 济南 250014)

摘要:应用地下水资源模型, 通过水文地质条件的概化、模型区的剖分、模型识别与校正, 建立了费县朱田地下水盆地的水资源预测模型, 对比分析证明, 该模型精度较高。

关键词:地下水资源模型; 应用; 水资源评价; 费县朱田

中图分类号: P641.8

文献标识码: A

随着水资源评价技术的不断发展, 以计算机求解地下水数学模型进行地下水资源评价的方法得到越来越广泛的应用。德国研制开发的地下水资源模型(ASMWIN)具有适用性强、预测精度高的特点^[1]。笔者用其对多处典型地下水盆地进行地下水资源评价及水位预测, 取得了令人满意的效果。下面以费县朱田地下水盆地为例说明该模型的应用方法。

1 模型区概况

模型区位于费县北部, 东西长 25 km, 南北长 20 km。涉及乡镇有费城、员外城北、朱田、许家崖、岩坡等。区内多年平均降水量 788.1 mm, 多年平均径流量 189.8 mm, 多年平均蒸发量 596 mm。

区内主要地貌形态为低山丘陵和山间谷地, 地形总的特点是西南高、东北低。出露地层主要有寒武系、奥陶系、石炭系、白垩系、古近系及第四系。主要地质构造为甘霖断裂和朱田-费城单斜。甘霖断裂贯穿于模型区西部, 为一南北向阻水断裂。朱田-费城单斜为一区域性地质构造, 西起甘霖断裂, 东到浚河北岸, 主要岩石为寒武纪、奥陶纪碳酸盐岩及砂页岩, 岩层倾向 NE, 倾角 5°~16°。

区内有供水意义的含水层是喀斯特裂隙水含水层, 其补给来源以大气降水入渗为主。地下水总体沿单斜构造自 SW 向 NE 方向径流, 在该区东北部, 由于遇到白垩纪地层阻挡而富集, 局部溢出成泉。

2 模型区水文地质条件的概化及模型建立

2.1 边界条件及处理

计算区南部以寒武纪砂米店组的底界面为界, 该界面为一地下水分水岭; 模型区西部为阻水的甘霖断裂, 模型区北部为阻水地层, 均可视为隔水边界, 按第一类边界(Γ_1)处理。东部边界为不封闭透水边界, 按第二类边界(Γ_2)处理, 单宽流量由达西公式求得。

用井群开采承压水时, 二维承压流的数学模型为:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(T_x \frac{\partial H}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(T_y \frac{\partial H}{\partial y} \right) = S \frac{\partial H}{\partial t} - \omega \quad (1)$$

式中: H —含水层中地下水的水头高度(m);

T_x, T_y —含水层 x 和 y 向的导水系数(m^2/d);

S —承压含水层的弹性释水系数;

ω —单位时间单位面积上进入或流出含水层的水量($\text{m}^3/\text{d} \cdot \text{m}^2$);

初始条件:

$$H(x, y, t)|_{t=0} = H_0(x, y) \quad (x, y) \in D$$

式中: $H_0(x, y)$ —已知函数;

D —模型区范围。

边界条件:

第一类边界:

$$H(x, y, t) \Big|_{\Gamma_1} = g(t), \quad (x, y) \in \Gamma_1$$

式中: $g(t)$ —已知函数;当 $g(t)$ 为常数时即为定水头边界。

第二类边界:

$$\frac{\partial H(x, y)}{\partial n} \Big|_{\Gamma_2} = q(x, y, t), \quad (x, y) \in \Gamma_2$$

式中: n —内法线方向;

$q(x, y, t)$ —不同位置单位入流量。

2.2 模型区剖分及参数分区

鉴于模型区边界形状,区内水文地质条件及开发利用程度的差异性,将计算区域剖分成许多边长为 1 km 的矩型网格(单元格),网格交点称结点(图 1)。设 x 方向的结点编号为 i , y 方向的结点编号为 j ;结点间距分别为 Δx 和 Δy ;节点坐标为 $x = i \Delta x$, $y = j \Delta y$ 。在时间上也分成若干时段,时段编号为 k ,步长为 Δt ,第 k 时段的时间 $t = k \Delta t$ 。任一结点在时段初刻的水头用 $h_{i,j,k}$ 表示,末刻的水头用 $h_{i,j,k+1}$ 表示;相邻结点间的平均导水系数表示为 $T_{i \pm \frac{1}{2}, j}$ 和 $T_{i, j \pm \frac{1}{2}}$ 。

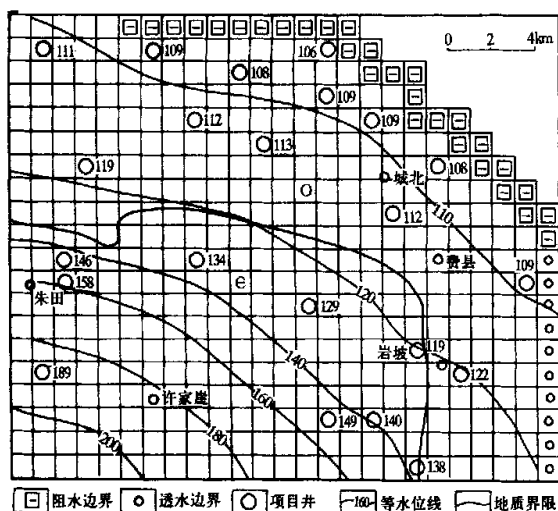


图 1 费县朱田地下水流域喀斯特裂隙水地下水水位等值线及计算网格剖分图

Fig. 1 Sketch showing isarithmic line and reference grid of crack water level in Zhutian underground water area

由于不同时代含水层岩性不同以及同一地层因其埋藏条件的差异,造成含水层富水性在时空上分布不均,含水层动力特征的 T, S 值差别较大。依据地下水等水位线图反映的水力坡度变化情况及抽水

井开采能力资料分析,从补给区到排泄区,将 T, S 值分为 12 组。

在上述剖分的网格基础上,如用差商代替导数,并以结点 (i, j) 为计值点,则式(1)离散为差分方程式:

$$S \frac{h_{i,j,k+1} - h_{i,j,k}}{\Delta t} = \frac{1}{\Delta x^2} [T_{i+\frac{1}{2},j} (h_{i+1,j} - h_{i,j}) + T_{i-\frac{1}{2},j} (h_{i-1,j} - h_{i,j})] + \frac{1}{\Delta y^2} [T_{i,j+\frac{1}{2}} (h_{i,j+1} - h_{i,j}) + T_{i,j-\frac{1}{2}} (h_{i,j-1} - h_{i,j})] + \omega \quad (2)$$

定解条件也要进行类似的离散。模型采用交替方向隐式法(ADI)求解。

2.3 模型区补给、排泄项的处理

降水入渗补给量:依据地层岩性、地形、地貌和水文地质条件,分别确定降水入渗补给系数;采用水文统计法统计面平均降水量;计算出每个单元格的降水入渗补给量。

开采量:根据计算需要,将抽水井概化成 22 个,将实际调查的地下水开采量分别叠加到相应单元格上,保持区域内地下水开采总量不变。

侧向补给量:采用达西公式 $Q = KIML$ 进行计算。

地表水渗漏补给量:通过对径流资料分析,地表水对模型区内喀斯特裂隙水的渗漏补给量较小,在计算中忽略不计。

3 模型识别与校正

先给定一组参数初值,代入离散方程求解,通过正演问题计算相应的水头分布,使计算水位与实测水位误差最小,以确定模型参数,这就是含水层系统的模型识别。

在计算中利用 2000 年 5 月至 2000 年 8 月的逐月资料进行模型的校正,将 22 个抽水井的水位模拟值与实测值相比较,进行参数调整,使调整后的参数 (T, S) 既反映整体水文地质条件又保证在解析解所确定的变幅之内,使模拟数据尽可能接近模型区的实际情况。计算流程见图 2。

模型精度分析:模型是在各种实际测量资料的约束条件下进行拟合的,只对参数在解析解和试验数据所确定的范围内进行调整,因此,模型的解具有

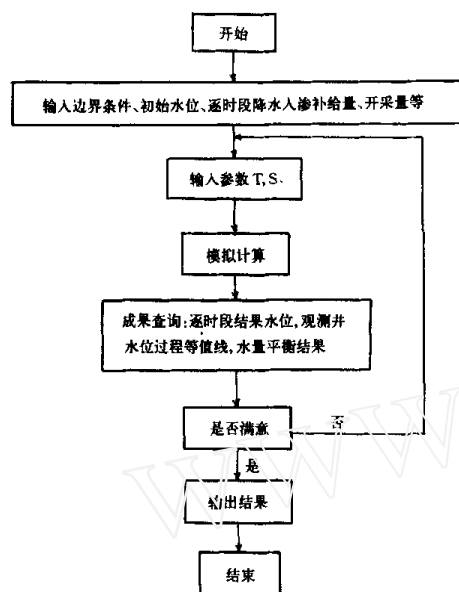


图2 模型流程图

Fig. 2 Model flow chart

较高的仿真度;表1列出了3个项目井水位模拟计算值与实测值,通过比较,模型具有较高的精度。

表1 地下水位计算值与实测值对比(m)

Table 1 Contrast between calculated value and factual value of underground water level(m)

日期	J ₁		J ₃		J ₁₂	
	计算值	实测值	计算值	实测值	计算值	实测值
5月5日	119.65	119.63	112.02	111.97	109.73	109.95
6月5日	118.67	118.73	111.98	111.95	109.34	109.20
7月5日	118.01	117.68	112.09	112.23	108.95	108.72
8月5日	117.94	118.32	112.49	112.54	109.50	109.87
9月5日	117.65	117.73	113.07	113.15	110.40	110.31

4 地下水补给量计算与水位预测

利用优选后的水文地质参数,可求出地下水补给量。同时,可设计不同的开采方案进行水位预测。

4.1 地下水补给量计算

通过地下水模型计算的地下水补给量为118.5 mm,与通过水文分析法计算的地下水补给量119.3 mm比较接近。

4.2 水位预测

在不改变已知水文地质条件的前提下,利用优选的水文地质参数,设计开采量,采取不同的方案,进行水位预测。

研究区目前地下水开采量较小,据2000年开采量调查统计,模型区地下水开采量仅 $16 \times 10^6 \text{ m}^3$,开采模数为 $3.7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a} \cdot \text{km}^2$,地下水位一般在103~202.5 m,随着工农业生产的不断发展,对地下水的需求量将会日益增加,到2020年预计地下水需水量将达到 $31 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。假定保持目前的水文地质条件基本不变,到2020年本区地下水位将降至101~196 m,比2000年地下水位下降2~6.5 m。通过以上分析计算表明,模型区内喀斯特裂隙水资源较丰富,目前开采利用程度不高,尚有一定的开采潜力。

Application of ASMWIN in Evaluation of Underground Water Resource

NI Jun¹, LI Sen²

(1. Shandong Bureau of Geology and Mineral Exploration, Shandong Jinan 250013, China; 2. Shandong Exploration Bureau of Hydro-resources, Shandong Jinan 250014, China)

Abstract: Applying ASMWIN (aquifer simulation model for windows), through generalization of hydrogeological condition, analysis of model area, model distinguishing and correction, ASMWIN was established in Zhutian underground water basin in Feixian county. It is proved to have a high precision.

Key words: Underground water resource model; application; water resource evaluation; Zhutian in Feixian county