

文章编号: 1005—0523(2005)01—0029—04

温州永强平原地面沉降分析中地下水位变化研究

艾 瑶, 马国正, 郑明新, 王淑芳

(华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌, 330013)

摘要:温州市永强平原由于大量开采地下水, 进而诱发地面沉降. 为查明地面沉降与地下水位的关系, 模拟该区地面沉降变化特征, 本文采用二维水流模型, 通过有限元法分析, 对永强平原不同年份地下水位变化进行了分析及预测.

关 键 词:永强平原; 地下水位; 二维水流模型; 有限元分析

中图分类号: P641.2

文献标识码: A

1 前 言

永强平原位于温州市区东侧瓯江入海口附近, 由于大量开采地下水, 地下水位呈快速下降趋势, 使得软弱淤泥质土体中有效应力增大从而诱发地面沉降. 随着地面沉降的进一步发展, 将进一步影响城市防洪、地下管道、城市建设和机场, 造成建筑物破坏(房屋裂缝)、海水入侵、机井报废加快、生态环境恶化等. 针对引起地面沉降的主要原因, 本文采用二维地下水流模型对地下水位变化进行了分析及预测, 为查明地面沉降与地下水位的关系, 模拟该区地面沉降变化特征提供分析数据.

2 研究区水文地质条件

研究区除西部大罗山燕山期侵入岩分布风化裂隙含水组及北部黄石山上侏罗统火山碎屑岩构造裂隙含水组外, 其余均为第四纪松散岩类孔隙水. 孔隙潜水分布于西部山前的沟谷、坡麓以及大面积的平原区. 山前潜水水量较丰富, 平原区潜径流条件差, 水量较贫, 水质较差. 孔隙承压水埋伏于大面积冲海积平原之下, 在近山前地带具有多层

结构, 在平原区下部, 主要为厚度大体相当的上、下含水层组成的双层结构: 1) 上更新统冲积、冲洪积砂卵石承压含水组; 2) 中更新统冲积、冲洪积砂卵石承压含水组.

研究区在垂向上分 2 个承压含水组, 中间多数有粘性土隔水层, 1 组顶板超覆有 60~98 米厚的粘性土相对隔水层, 地表水体又未能切入承压含水层, 因此在天然状态下大气降水、地表水和表部潜水向承压水垂向渗透补给的可能性较小. 承压含水层获得侧向补给的条件也较差. 平原区内的人工开采是承压水的主要排泄途径. 地下承压水水源应属消耗型水源. (见图 1)

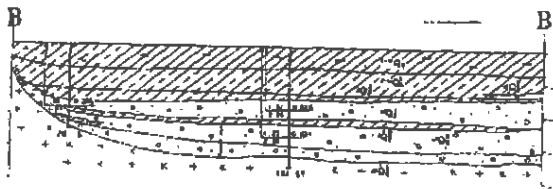


图 1 水文地质剖面图

3 水流模型的建立

水流模型采用二维模型, 主要研究第 I 承压含

收稿日期: 2004—03—08

作者简介: 艾 瑶(1971—), 女, 江西铅山县人, 讲师, 从事岩土工程、交通工程教学、科研工作.

水层的水位变化,对第Ⅰ承压含水层建立相应的水流方程(主要考虑到目前以开采第Ⅰ承压含水层的地下水为主,第Ⅰ承压含水层的水位变化较大,是引起地面沉降的主要因素).第Ⅱ承压含水层向第Ⅰ承压含水层的天窗越流补给作汇源项处理,由估算求得.忽略潜水与承压水含水层之间薄弱透水层(隔水层)的越流补给.建立水流模型如下:

$$\frac{\partial}{\partial x}(T \frac{\partial H}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(T \frac{\partial H}{\partial y}) = S \frac{\partial H}{\partial t} + Q_{\text{越}} - Q_{\text{抽}}$$

初始条件: $H(x, y, 0) = H_0(x, y)$

边界条件: $H(x, y, t) = H_1(x, y, t) \quad (x, y) \in \Gamma_1$

$\in \Gamma_1$

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

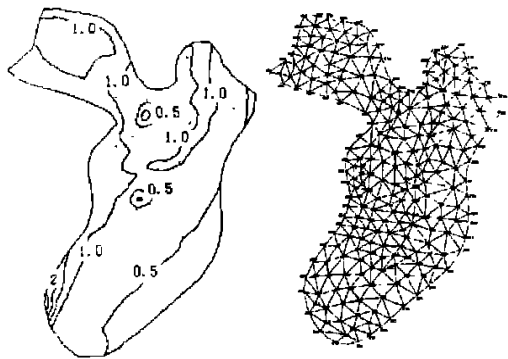


图2 地下水初始流场图 图3 研究区单元剖分图

式中 H 为第Ⅰ承压含水层的水头; $Q_{\text{越}}$ 为第Ⅱ承压含水层向第Ⅰ承压含水层的天窗越流补给量; $Q_{\text{抽}}$ 为抽水量; S 为弹性储水系数; T 为导水系数; Γ_1 为第一类边界; Γ_2 为第二类边界; $H_0(x, y, t)$ 为初始水头; $H_1(x, y, t)$ 为第一类边界上的已知水头; n 为第二类边界上的外法线方向; $q(x, y, t)$ 为第二类边界上的单宽法向出流量.

初始条件以 1987 年 10 月水位统测资料得到初始流场(见图 2).一类边界有 45 号监测孔.对于二类边界补给量,考虑开采条件下侧方补给量有所增加,通过拟合实测水位与计算水位,估算补给量大小.

4 有限元分析

对于以上数学模型,采用有限元方法求解.步骤如下:

1) 将研究区域划分为一系列三角形单元;

2) 用变分法或加权剩余方法建立单元渗透矩

阵;

$$[G]^e = \frac{T}{4A} \begin{bmatrix} b_i b_i + c_i c_i & b_i b_j + c_i c_j & b_i b_m + c_i c_m \\ b_j b_i + c_j c_i & b_j b_j + c_j c_j & b_j b_m + c_j c_m \\ b_m b_i + c_m c_i & b_m b_j + c_m c_j & b_m b_m + c_m c_m \end{bmatrix}$$

$$b_i = y_j - y_m, b_j = y_m - y_i, b_m = y_i - y_j$$

$$c_i = x_m - x_j, c_j = x_i - x_m, c_m = x_j - x_i$$

式中 A 为单元面积; i, j, m 为三角形三个顶点, x, y 为三角形顶点坐标.

3) 把单元渗透矩阵集合起来,形成一组描述整个渗流区域的代数方程组,建立总的系数矩阵;把给定的边界条件归并到总矩阵中:

$$\sum_{e=1}^N [G]^e \{H(t)\}^e + \sum_{e=1}^N [B]^e \left\{ \frac{dH(t)}{dt} \right\}^e = \sum_{e=1}^N [Q_{\text{越}}]^e + \sum_{e=1}^N [F]^e - \sum_{e=1}^N [Q_{\text{抽}}]^e$$

式中:单元储水系数矩阵 $[B]^e = \frac{A}{12} S^e$

$$\begin{bmatrix} 2 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 \\ 1 & 1 & 2 \end{bmatrix}; \text{天窗越流补给矩阵 } [Q_{\text{越}}]^e = \frac{A}{3} Q_{\text{越}}^e \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$\{1\}^T$; 二类边界流量矩阵 $[F]^e = \{F_i \quad F_j \quad F_m\}^T = \{0 \quad q * L/2 \quad q * L/2\}^T$, 其中 L 为二类边界长度, q 为二类边界上的单宽法向出流量; 抽水量矩阵 $[Q]^e = \{Q_i \quad Q_j \quad Q_m\}^T$.

将时间导数 $\frac{dH(t)}{dt}$ 取全隐式差分,最后形成矩阵方程:

$$([G] + [B]/\Delta t) \{H^{k+1}\} = [B] \{H^k\} / \Delta t + \{Q_{\text{越}}\} + \{F\} - \{Q_{\text{抽}}\}$$

4) 求解此线性代数方程组,可求得 $k+1$ 时间上各节点水头.

采用此有限元分析方法,将研究区剖分为 432 个单元,252 个节点,如图 3,其中一类边界节点 1 个,二类边界单元 32 个(分为 7 段).

5 模型校正

利用建立的数学模型来计算观测孔所在节点的水头,并和实测的水头进行对比,从而反求有关的水文地质参数,这就是数学模型的校正.校正时期从 1988 年至 2003 年,共分 20 个时段.7 个观测孔分布位置见图 4 中圆点.

根据资料,第 2 承压含水层与第 1 承压含水层间有湖沼相的粘性土隔水层,但平原北部隔水层较薄,以致缺失,使 1、2 承压含水组间存在许多天窗,

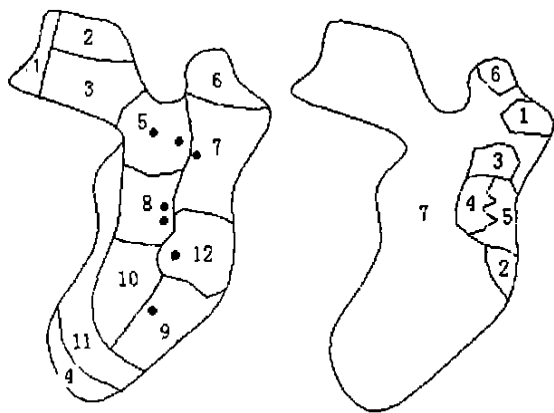


图 4 水位观测孔位置及水文地质参数分区图

因此根据天窗越流补给情况,将研究区分为 7 个区(见图 5),1~6 区范围内有越流补给,7 区范围内没有越流补给.依据研究区水文地质条件将研究区水文地质参数分为 12 个区(见图 4).模型校正中考虑到开采量小的情况下,水位降深小,天窗越流补给量小,开采量大的情况下,水位降深大,天窗越流补给量增大.

模型校正得到水文地质参数见表 1. 部分观测孔水位计算结果与实测结果对比拟合曲线见图 5~图 7,(图中横坐标时段 1 代表 1999.12.,时段 2 代表 2001.7.,时段 3 代表 2001.8.,时段 8 代表 2002.1.,时段 19 代表 2002.12.,时段 20 代表 2003.12.).

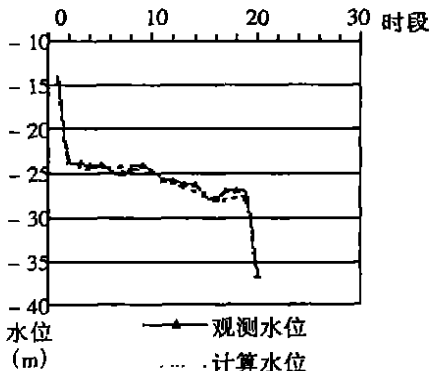


图 5 监 60 计算、实测水位对比拟合曲线

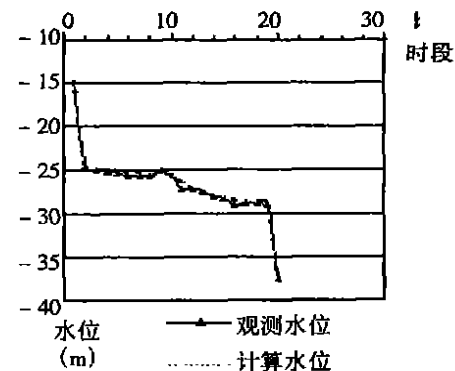


图 6 监 65 计算、实测水位对比拟合曲线

表 1 水文地质参数						
区号	1	2	3	4	5	6
弹性储水系数	0.0004	0.0006	0.009	0.0006	0.00934	0.0005
导水系数(m ² /d)	250	650	2000	700	1800	543
区号	7	8	9	10	11	12
弹性储水系数	0.00534	0.0009	0.0008	0.005	0.0005	0.0007
导水系数(m ² /d)	1050	1100	1000	1300	400	750

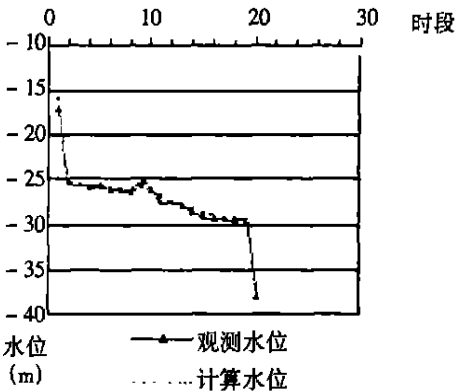


图 7 监 03 计算、实测水位对比拟合曲线

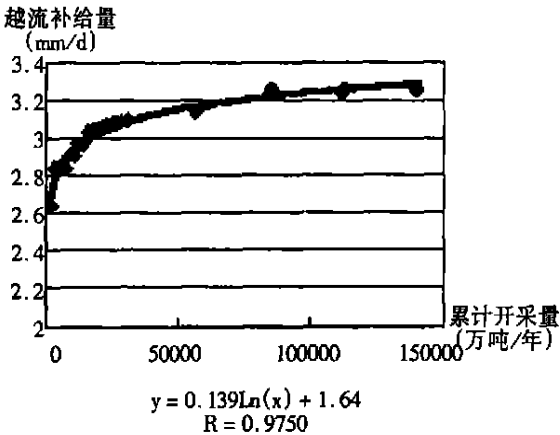
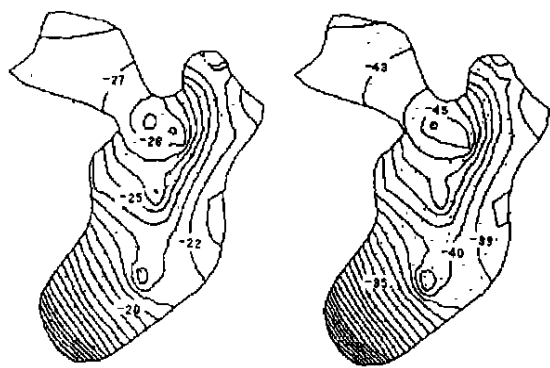


图 8 1 区越流补给与累计开采量回归分析

6 地下水位预测

假设今后几年按 2003 年的开采方案及开采量进行,利用上述模型可对今后几年的地下水位作预测,预测中对今后几年天窗越流补给量、二类边界径流量近似按回归分析结果估算.如图 8,图中方点为拟合点,圆点为预测点,分别预测 2004、2005、2006 年的天窗越流补给量.R 为相关系数.

由上述水流模型分析出永强平原不同年份的地下水位变化情况.如模拟得到 2002 年地下水流场以及预测得到 2005 年的地下水流场,见图 9.



2002 年地下水流场图 2005 年地下水流场图
图 9 2002、2005 年地下水位变化图

7 结 论

1) 本文根据温州永强平原地区水文地质条件以及不同年份地下水水位观测资料,通过建立二维水流模型,以有限元求解方法,对模型校正得到了

研究区水文地质参数.
2) 通过模型求解,模拟分析了历史上不同年份地下水位变化情况,预测了今后 3 年地下水位变化情况.
3) 本文进行的地下水位变化分析为后续土力学模型分析研究区地面沉降规律提供了数据边界条件.

参考文献:

[1]薛禹群.地下水动力学原理[M].北京:地质出版社,1986.
[2]朱学愚,等.地下水资源评价[M].南京:南京大学出版社,1987.
[3]苑莲菊,等.工程渗流力学及应用[M].北京:中国建材工业出版社,2001.
[4]浙江省温州市龙湾经济技术开发区永强供水水文地质详查报告.浙江省第十一地质大队,1988,7.
[5]浙江省温州市区域水文地质调查报告.浙江省地质环境监测总站,2001,12.

Analysis of Groundwater Level in Modeling Land Subsidence of Yongqiang Plain in Wenzhou

AI Yao, MA Guo-zheng, ZHENG Ming-xin, WANG Shu-fang

(School of Civil Eng. and Arc., East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Land subsidence of yongqiang plain in wenzhou was induced by exploiting the groundwater largely. In order to find the relation of land subsidence to groundwater level, and study the characterisitics of land subsidence, this paper analysed and forecasted the groundwater level in different years by using a two dimensional flow model.

Key words: Yongqiang Plain; groundwater level; two dimensional flow model; finite element method