

张家港市合兴地块浅层地下水资源评价

姜蓓蕾¹, 吴吉春¹, 杨 仪², 施小清¹

(1. 南京大学地球科学系, 江苏 南京 210093; 2. 江苏省地质工程勘察院, 江苏 南京 210012)

摘要 通过对张家港市合兴地块水文地质条件的分析, 运用数值模拟方法对该区的浅层地下水资源量进行评价, 结果表明: 该区浅层地下水具有一定的开采潜力, 运用已经检验和校正过的模型, 对合兴地块的浅层地下水做了两个不同的地下水位预报方案, 预报结果表明: 研究区中部合兴镇、锦丰镇的浅层地下水开采潜力相对较小, 西部大新镇、晨阳镇开采潜力较大。

关键词 浅层地下水; 水资源评价; 张家港市

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

文章编号: 1006-7647(2005)S1-0008-03

近年来, 随着需水量的进一步增大以及超采深层水引起的严重地质灾害现象, 浅层地下水的开发和利用逐渐成为研究的热点, 从水文地质^[1]、水质分析评价^[2]、水化学分析^[3~5]、水位预报^[6]、浅层地下水探测^[7]及开采工艺技术等不同角度^[8]对浅层地下水进行了研究, 研究区域遍及山东^[1,3]、河北^[2]、广东^[4]、内蒙古^[7]、北京^[6]及苏锡常地区^[8]和银川平原^[5]。但浅层地下水的研究依然存在一些不足: 首先, 从研究重点和研究方法上看, 近些年的研究较注重地质成因、地质条件等定性研究, 而未涉及浅层地下水资源定量评价。其次, 从研究区域范围来看, 研究区域大多集中于我国的北方, 而对于经济发达的苏锡常地区, 浅层地下水的研究甚少或是刚起步。

苏锡常地区地表水资源丰富, 但大片水域受到不同程度的污染, 以深层地下水作为其主要供水水源, 长期的集中超量开采造成深层地下水水位大幅度下降^[9]。准确评价该地区的浅层地下水资源量, 并制定执行合理的开采和管理计划及措施, 对保护该地区的水资源及保障该地区经济可持续发展具有重要的意义。在苏锡常地区, 浅层地下水指潜水含水层和微承压含水层(原第 I 承压含水层上段), 其底界埋深大致在 30~50 m, 西部稍浅, 东部略深^[10]。具有实际开采意义的为区内微承压含水层, 微承压含水层一般由 1~2 层粉细砂层组成, 含水砂层厚度变化较大^[3]。本文选取位于苏锡常地区的张家港市合兴地块作为研究区域, 通过数值模拟对该区具有实际开发意义的微承压含水层作定量评价。

1 研究区概况

张家港市位于苏锡常地区, 北枕长江, 西靠江阴, 东接常熟, 南临无锡。张家港合兴典型地块(本文研究区域)位于张家港市的北侧, 包括合兴镇、锦丰镇、大新镇、东莱镇和晨阳镇(局部), 面积约 83 km²。图 1 为研究区及观测孔位置示意图。

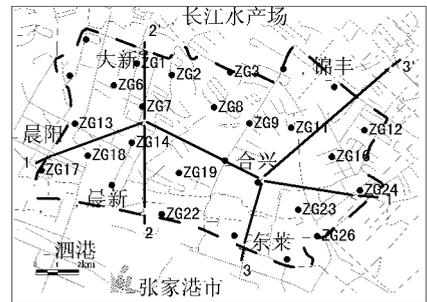


图 1 研究区位置及观测孔位置示意图

本区属于亚热带季风气候, 具有四季分明、温和湿润、降雨充沛的特点, 年平均降雨量 1000~1200 mm。

研究区内出露的均为第四系地层, 第四系平均厚度约为 250 m。研究区区域构造位置属于下扬子古陆东端, 区域内无较大规模的断裂带, 平原基底构造不发育。

研究区地下水埋藏条件比较复杂, 根据含水层埋藏深度, 孔隙含水层可分为浅层地下水和深层地下水。深层地下水一般指第 I 承压含水层组、第 II 承压含水层组、第 III 承压含水层组, 浅层地下水主要指埋深小于 50 m 的潜水与微承压水^[10]。本次模拟的浅层含水层为具有实际开采意义的、埋深小于 30 m 的

作者简介: 姜蓓蕾(1980—), 女, 江苏南通人, 硕士研究生, 从事地下水数值模拟研究。

微承压含水层,岩性主要为亚砂土、细粉砂。微承压含水层顶板埋深一般为 1.8~4.3 m,局部地区顶板埋深可达 12.8 m,底板埋深一般为 17.0~32.0 m,含水层厚度由南向北逐渐增厚。含水层上覆地层以亚砂土为主。

2 浅层地下水资源评价

2.1 水文地质条件的概化

在本次模拟中,边界采用研究区四周均匀分布的、具有完整观测资料的常观孔作第一类边界条件处理。侧向补给由第一类边界条件实现,垂向入渗补给主要体现为降雨入渗补给上覆亚黏土层中的潜水,潜水通过越流补给模拟含水层。由于缺乏潜水和亚黏土层的资料,在建立概念模型时,将垂向的越流补给近似采用面状入渗方式处理,由图 2 可以看出,模拟含水层的水位变动与研究区降雨量的大小有很好的相关性,因此,本次模拟的垂向补给在时间上随降雨量变化,空间上的变化通过不同的降雨入渗补给系数分区实现。区域内暂无人工开采。为了解研究区内地表水体和微承压含水层之间的水力联系,本次研究中,在典型地块范围之内布设了两条监测剖面,同时监测地表水水位与地下水水位,监测结果表明在研究区域范围之内,河流与微承压含水层之间没有直接的水力联系,因此,本次模拟对模拟计算区内地表水体(包括河、湖、塘、沟、水稻田、灌溉水)与微承压含水层地下水之间的转化量近似采用面状入渗补给的方式处理。

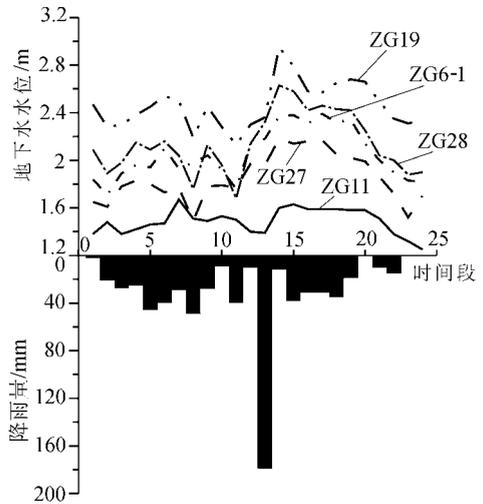


图 2 研究区域内部分观测孔水位与降雨量的关系

2.2 数学模型

综合考虑研究区的水文地质条件及实测资料的精度,将地下水流运动概化为非均质各向同性微承压含水层中的平面二维非稳定流,建立数学模型如下^[11,12]:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x} \left(KM \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(KM \frac{\partial h}{\partial y} \right) - W = S^* \frac{\partial h}{\partial t} & x, y \in \Omega, t > 0 \\ h(x, y, 0) = H_0(x, y) & x, y \in \Omega, t = 0 \\ h(x, y, t) \Big|_{\Gamma_1} = H_1(x, y, t) & x, y \in \Gamma_1, t > 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中: K 为渗透系数, m/d ; M 为含水层厚度, m ; h 为水头, m ; W 为源汇项,表示单位面积垂向流量, m/d ; S^* 为孔隙介质的弹性释(储)水系数; t 为时间, d ; $H_0(x, y)$ 为模拟计算区微承压含水层地下水的初始水头值; $H_1(x, y, t)$ 为模拟计算区第一类边界上的实测水头值。

对于数学模型(1)采用有限差分法进行求解。

2.3 模型的识别与检验

本次模拟将计算区剖分成 100×75 的矩形网格单元,采用 2002 年 12 月 28 日的流场作为初始流场,将 2003 年 1 月 15 日至 2003 年 6 月 15 日作为模型的校正识别时期,共分 11 个时段,模型的检验时段为 2003 年 6 月 15 日至 2003 年 8 月 30 日,分 5 个时段,时间步长为 13~18 d 不等,与实际观测时间相对应。反求参数采用分区法,含水层参数和降雨入渗补给系数各分有 7 个区。

区域内共有 28 个观测孔,除去作为一类边界的 16 个孔之外,剩余的 12 个观测孔均作为拟合孔。拟合孔的各时段绝对误差均小于 0.3 m,相对误差小于 10% 的观测孔占观测孔总数的 88%。典型观测孔的拟合曲线见图 3。从拟合的结果来看,本次模拟得出的数学模型正确,参数可靠,可以用于预报。

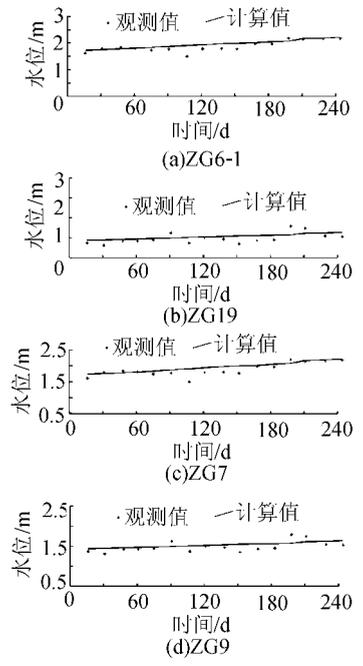


图 3 研究区部分观测孔实测水位与计算水位对比曲线

2.4 模型预报及地下水水量评价

上述数学模型经过校正和检验,反求所得参数可用于求解正问题,即进行允许开采量的预报.确定两个控制地下水位的开采量预报方案,预报均以2003年8月30日的流场作为初始流场,降雨量采用多年平均降雨量的下限1000mm,模拟计算区计算边界年平均补给,排泄量保持不变,预报至2010年8月30日,步长为1年.第一预报方案基本保持现有水位不变,第二预报方案在现状的基础上,区域内水位下降约1m,四周边界水位下降不超过0.1m,以保持微承压含水层的承压性,并对边界影响不大.两种预报方案得出的预报开采量分别为 $5800\text{ m}^3/\text{d}$ (第一预报方案)和 $6400\text{ m}^3/\text{d}$ (第二预报方案).从结果来看,研究区内浅层地下水具有一定规模的开采潜力.图4和图5分别为第一和第二预报方案下的地下水流场三维图.从两图中可以看出研究区中部合兴镇、锦丰镇的浅层地下水开采潜力相对较小,研究区西部大新镇、晨阳镇开采潜力较大,为了有效利用本区的浅层地下水以及避免因不合理开采引起的地质灾害,应尽快建立统一规划方案,合理开发、管理本区内浅层地下水资源.

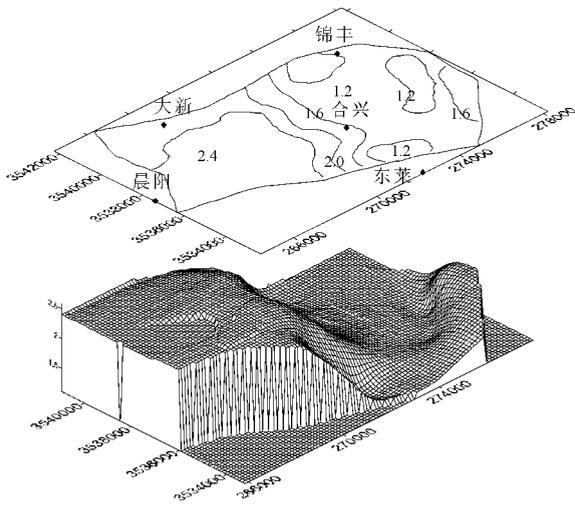


图4 研究区第一预报方案2010年8月30日地下水流场三维示意图

3 结论和建议

长期以来苏锡常地区以深层地下水作为其主要供水来源,因此苏锡常地区的浅层地下水研究尚处于起步阶段.本文采用数值模拟的方法对合兴典型地块的浅层地下水资源量做出了定量评价,本次研究为日后整个区域的浅层地下水资源评价提供了一定的依据.

本次模拟采用实测水位做一类边界处理,区内有多个观测孔用于拟合检验,充分保证了模拟结果的可靠性.模型预报中采用了多年平均降雨量的下限,可以认为预报方案是安全的.模拟结果表明研究

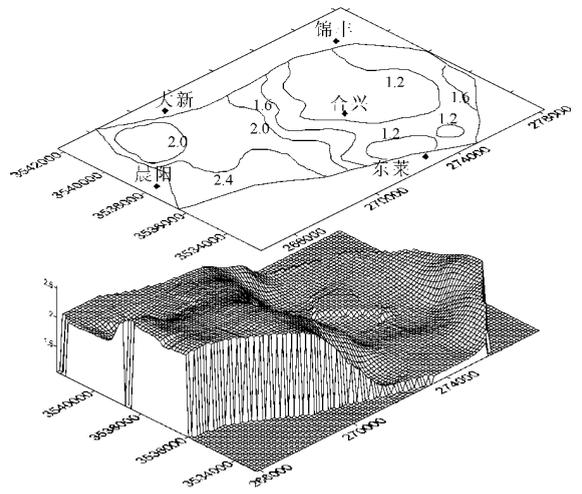


图5 研究区第二预报方案2010年8月30日地下水流场三维示意图

区内浅层地下水具有一定的开采潜力,但地下水资源量不仅受到自然因素的影响,同时也受到包括人工开采在内的人为因素的约束.为了最大限度地利用浅层地下水资源,应对本区浅层地下水进行统一管理、有效利用,避免盲目不合理的集中超量开采而导致的环境地质问题.

参考文献:

- [1] 马振民,陈鸿汉,刘立才.泰安市第四系水文地质结构对浅层地下水污染敏感性控制作用研究[J].地球科学:中国地质大学学报,2000,25(5):472-476.
- [2] 李保国,胡克林,黄元仿,等.区域浅层地下水硝酸盐含量评价的指示克立格法[J].水利学报,2001(3):1-5.
- [3] 鲁孟胜,吴恩江,李明建.鲁西南浅层高氟地下水成因的水文地球化学研究[J].煤田地质与勘探,2001,29(5):39-42.
- [4] 梁媛,黄柏生.茂名市浅层地下水pH值偏低的原因分析[J].工程勘察,2003(3):32-34.
- [5] 汪林,于福亮.银川平原浅层地下水资源和水盐调控研究[J].资源科学,2001,23(3):82-87.
- [6] 陆洪波.北京市区浅层地下水位预测预报[J].工程勘察,1997(1):36-41.
- [7] 王心源,郭华东,邵芸,等.航天飞机SIR-C数据对内蒙古额济纳旗北部的浅层地下水的探测分析[J].遥感学报,2002,6(6):523-527.
- [8] 江苏省苏锡常地区浅层地下水资源保护与开发利用研究[R].南京:江苏省地质工程勘察院,2002.
- [9] 陈锁忠,陶芸,潘莹.苏锡常地区地下水超采引起的环境地质问题及其对策[J].南京师范大学学报:自然科学版,2002,25(2):67-72.
- [10] 顾阿明,王彩会,朱锦旗.苏锡常地区浅层地下水开发利用前景分析[J].水文地质工程地质,2003,30(4):90-92.
- [11] 薛禹群.地下水动力学[M].北京:地质出版社,1997.
- [12] BEAR J. Dynamics of fluids in porous media[M]. New York: American Elsevier Publishing Company, 1972.

(收稿日期:2004-11-19 编辑:熊水斌)