

文章编号:1673-9468(2008)04-0049-04

## 基于 Visual Modflow 的成安县地下水动态研究

李树文<sup>1</sup>,王文静<sup>1</sup>,崔新玲<sup>2</sup>,倪志勇<sup>2</sup>,杨继生<sup>2</sup>

(1.河北工程大学 城建学院,河北 邯郸 056038;2.成安县水务局,河北 邯郸 056038)

**摘要:**针对邯郸市成安县水文地质条件,建立概念模型和数学模拟模型,运用国际通用的可视化标准软件 Visual Modflow,对研究区地下水进行了数值模拟计算和预测。通过模型调试,地下水位实际观测结果与数值模拟计算结果较好地吻合,证明这种建模方法是合理的和有效的。并预报了2006年减少开采量后地下水水位的变化,为研究区地下水资源的合理开发利用提供了科学依据。

**关键词:** Visual Modflow;数值模拟;成安县

**中图分类号:** P641.8

**文献标识码:** A

## Dynamic study of groundwater flow based on Visual Modflow in Cheng'an

LI Shu-wen<sup>1</sup>, WANG Wen-jing<sup>1</sup>, CUI Xin-ling<sup>2</sup>, NI Zhi-yong<sup>2</sup>, YANG Ji-sheng<sup>2</sup>

(1. College of Urban Construction, Hebei University of Engineering, Handan 056038, China; 2. Cheng'an Water Affairs Bureau, Handan 056038, China)

**Abstract:** The groundwater numerical simulation is important effective for resolving hydrogeological questions as tool of forecast and evaluation for groundwater resources. A hydrogeology conceptual model and hydrology geo - science numerical simulation model are proposed by according to hydrogeology condition of Cheng'an in Handan. The groundwater system is numerically simulating calculated and forecasted by using the internationally standard software Visual Mudflow. The groundwater level monitoring results could be fit with the calculation better. The results show that this method of modeling is rational and effective. So the vary of the level of groundwater in 2004 is forecasted after reducing exploitation. The Results provide a scientific basis for the evaluation and utilization of groundwater.

**Key words:** Visual Modflow; numerical simulation; Cheng'an

河北省成安县素有“冀南棉海粮仓”之称,是邯郸市一个典型的农业县,也是一个资源型缺水县,人均水资源量仅为 $197\text{m}^3$ ,亩均不足 $130\text{m}^3$ ,不足全国平均水平的 $1/10^{[1]}$ 。近年来,随着工农业生产的发展和人民生活水平的提高,用水量急剧增加,加之近些年连续干旱,地下水资源得不到有效补给,民有渠供水量减少甚至无供水,满足不了地表水灌区农业用水的需求。因此,只能大量超采地下水,致使地下水位连年大幅度下降,浅层水严重超采区面积进一步扩大,深层淡水上层被疏干,如果不加以控制,势必造成深层淡水的枯竭。

面对地下水资源日益短缺的新问题,当地政府在新农村建设中,克服了各种困难逐步缩小超采区和严重超采区的面积,严格控制地下水“漏斗区”的扩张,有效缓解了地下水资源严重短缺的矛盾,维护和建立了高效的供水环境<sup>[1,2]</sup>。

本文针对成安县在农业和工业上的节水措施,预测了成安县地下水未来几年的水位动态变化。

### 1 研究区概况

成安县地处暖温带半干旱半湿润大陆性季风

气候区,多年平均降水量为 541.5mm,近十年平均降水量 524.2 mm,由于受季风影响,降水量的年内分配极不均匀,降雨主要集中在 6-8 月份,平均降水量达 331.6mm,占年降水量的 61.1%,多年平均蒸发量 1975.5mm。

成安县无山无川,无天然河道及支沟通过,1964 年以后按五至十年一遇排涝标准,先后在西部开挖了团结西干渠和团结东干渠,末端汇入生产团结总干渠,在东部开挖了东风一、二、四排支渠均汇入东风总干渠,总控制面积 456.3km<sup>2</sup>,相当于全县面积的 94.1%,排水渠道长度 70.7km,各排渠共有排斗渠 21 条,总长 98.5km。

全县近十年地下水总补给量为 6573 × 10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>。可利用量为 5796 × 10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>。地下水开采量中农业用水量为 9516 × 10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,占总开采量的 86.9%,工业用水量为 248 × 10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,占 2.3%,生活及其它用水量为 1185 × 10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,占 10.8%。近十年平均地下水超采量为 4229 × 10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>。2004 年地下水超采量为 6118 × 10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,地下水超采十分严重。

成安县地处漳河冲积扇平原,以冲积物和洪积物为主,厚约 500m-600m,岩性变化较大,整个第四系地层由浅至深分 4 个含水组,简述如下:

第 I 含水组(Q<sub>4</sub>)。该含水组平均厚度约 40m,自西向东逐渐加厚,底板平均埋深为 80m,为近代河流的冲、洪积物,由于有 4 条漳河故道在县境穿过,故其沿线浅层淡水较发育,含水组厚度大。含水层岩性为粉、细、中砂,局部粗砂砾石,结构松散,颗粒均匀。在第 I 含水组和第 II 含水组之间有透镜状粘土和砂质粘土。本含水组为潜水或微承压水,地下水埋深在 10m 以下。本组水质较复杂,又分为全淡水、浅层淡水和咸水区。全淡水区砂层厚度大、砂粒较粗、富水性大,储水能力较强,单层厚度 3m-9m,累积厚 3m-12m,低水位期静水位埋深为 14m-40m,单位涌水量为 8m<sup>3</sup>-17m<sup>3</sup>/h。浅层淡水区含水层岩性以粉、细砂为主,单层厚度约 2m-5m,累积厚度 6m-13m,单位涌水量 2m<sup>3</sup>-10m<sup>3</sup>/h。低水位期静水位埋深 14m-35m,咸水区底板埋深从西南向东北逐渐加深,埋深 60m-100m,其下为深层淡水。

第 II 含水组(Q<sub>3</sub>)。本含水组相当于上更新统(Q<sub>3</sub>)。顶板埋深由西向东逐渐加深为 20m-70m,厚度为 40m-110m。含水层岩性以粗砂、中砂为主,局部有砾石,结构均匀松散,富水性较好,单层厚度为 2m-8m,累积厚度 10m-15m,可单独成

井,含水层自西向东颗粒由粗变细,单位涌水量为 8m<sup>3</sup>-16m<sup>3</sup>/h。在第 II 含水组和第 III 含水组之间有一较为稳定的粘土隔水层。

第 III 含水组(Q<sub>2</sub>)和第 IV 含水组(Q<sub>1</sub>)为冲、洪积及湖积所形成,为承压水,多呈半岩化状态。

## 2 研究区地下水流数值模拟

本文采用从国外引进的水资源计算评价软件 Visual Modflow,这是一套用于孔隙介质中地下水流数值模拟的软件。目前它已经成为世界上最为普及的地下水运动数值模拟的计算程序<sup>[3]</sup>。

### 2.1 成安县水文地质概念模型

研究区第一、二含水层整体为潜水,是本次主要研究的含水层。它们水力联系密切,可视为统一的含水系统。含水层岩性由含水性强的砾石-粗砂构成,此外还有许多透镜状粘土层和砂质粘土层,在含水层形成局部隔水。由于研究程度较低,本次把一个复杂的多组含水层系统概化为单一潜水含水层系统。研究区的东、西向存在灌渠工程,地下水接受河流的侧向补给,故将东、西部边界确定为流量边界,南、北边界是根据地下水流场确定的两条流线,在计算时,将其概化为隔水边界。忽略不同含水层之间较小的垂向水量交换,将研究区含水层统一概化为非均质各向同性的平面二维潜水非稳定流含水岩组(系统)。

### 2.2 数学模型

根据上述水文地质概念模型,可建立本区的数学模型<sup>[4]</sup>,如下式所示:

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x} \left[ k(h-b) \frac{\partial h}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ k(h-b) \frac{\partial h}{\partial y} \right] + W = \\ \mu \frac{\partial h}{\partial t} & (x, y) \in \Omega, t > 0 \\ h|_{t=t_0} = h_0 & (x, y) \in \Omega \\ k(h-b) \frac{\partial h}{\partial n} |_{\Gamma} = q(x, y, t) & (x, y) \in \Gamma, t > 0 \end{cases}$$

式中  $h$  - 水面高程(m);  $b$  - 含水层底板高程(m);  $W$  - 源汇项;  $\mu$  - 含水层给水度;  $q(x, y, t)$  - 边界单宽流量;  $k$  - 渗透系数;  $n$  - 边界  $\Gamma$  的外法线方向。

### 2.3 地下水数值模拟模型求解方法

本文利用 Modflow 软件,采用软件默认的 WHS 法对上述数学模型进行求解<sup>[5]</sup>。采用规则网格的

有限差分法,求解以上定解问题。针对成安县水量监测点布置图,确定本次研究的模拟区域为整个成安县区。成安县东西长 30.43km,南北宽 15.40km,总面积为 485 km<sup>2</sup>。先建立一个面积为 30000m × 15000m 的矩形区域,将此区域剖分成 60 × 30 矩形网格体系,每个小矩形网格的边长为 500m × 500m,然后把成安县以外的地方设为无效区。去除无效单元格,总共有 1302 个结点。

### 2.4 参数识别与模型验证

根据该县有关部门的用水统计,全区工业、农业和生活总抽水量为 118 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/a。农业灌溉回归水量是:深层及其浅层地下水农业用水量总和乘以灌溉回归系数,全区总回归量是 11 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/a。河渠渗漏补给量是各河渠段的流量乘以河渠渗漏损失系数,本区渗漏补给量是 17 × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/a。降雨入渗补给量是降雨入渗补给系数乘以当地降水量,本区降水补给量大约 (60 ~ 70) × 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/a。蒸发量在给定参数的条件下由程序自动算出。以上各量均以强度形式进入模型。

识别时段选为 2004 年 9 月 25 日至 2006 年 9 月 25 日,分 5 个计算时段,各时段时间步长为 150d。利用各观测孔的水位资料,绘制地下水的等水位线图,得到模型计算的初始流场,见图 1。

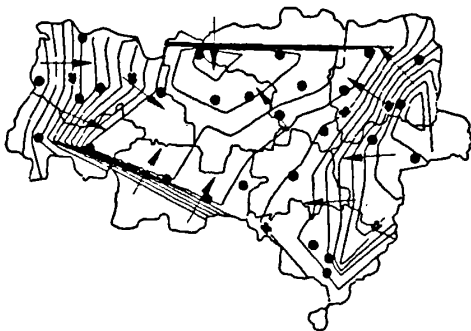


图1 地下水初始流场图(2004年9月25日)  
Fig.1 The incipient flow field of the groundwater

模型计算时,由于水源地水文地质条件的差异,及河北平原以往研究成果以及本次工作结果综合确定,将含水层划分为 3 个参数分区(见图 2)。在识别过程中,采用试估-校正法不断调整各项参数值和边界条件,通过实际水位和计算水位的拟合分析,最终建立一套能近似反映研究区地质、水文地质条件和地下水运动基本特征的水

文地质模拟模型。

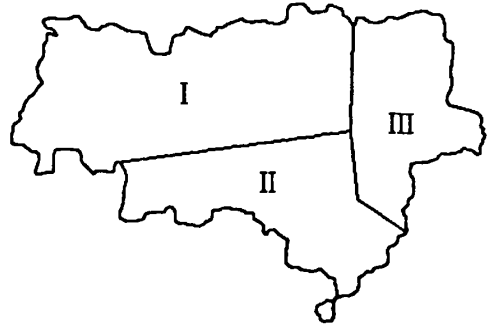


图2 水文地质参数分区  
Fig.2 The hydrogeological parameter subarea

模型选用资料较丰富的 90 年—99 年实测水位进行验证。在理想状况下,井的水位都应位于 45 度角的直线上。图 3 为不同日期的实测值与计算值,从图中可看出,实测值大部分在 45 度线附近,说明了模型对实测条件的模拟拟合程度<sup>[6]</sup>。

通过对模拟水位和实测水位的流场对比,含水层地下水流动变化趋势基本一致;含水层典型长观孔的实测水位动态曲线与模拟结果也基本拟合。检验结果表明,所建模型能比较真实地反映研究区地下水含水层的实际情况,模型运行稳定、可靠,可以用其对未来地下水的运动状态进行预报。

### 2.5 模型的预报应用

1) 预测在现状开采条件下至 2015 年开采目的层降落漏斗和漏斗中心水位的变化。预测表明,在保持 2006 年开采量和地下水补排条件的情况下,含水岩组降落漏斗范围不断增大。

2) 为了控制上述预测结果中至 2015 年降落漏斗面积增大的问题,对成安县农业、工业及城镇生活用水进行规划,在采取多项节水措施的情况下,用水量将由现在的 10949 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup> 减少至 2015 年的 5956 × 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>。以此为含水岩组的开采量,根据历年降雨资料进行降雨的经验频率分析,找出 P = 50% 的典型年份,采用典型年的完整气象资料。分析结果为 1998 年的频率为 52.18%,年降雨量为 147.4 mm,故采用 1998 年作为典型年,模型预测时需要的一些边界条件、气象资料采用 1998 年研究区的实测资料,以 2006 年为现状年,预测 2015 水平年地下水位的变化情况。结果表明,全县平均水位较 2006 年回升了 320mm,基本达到模拟的初始状态,降落漏斗面积减小。

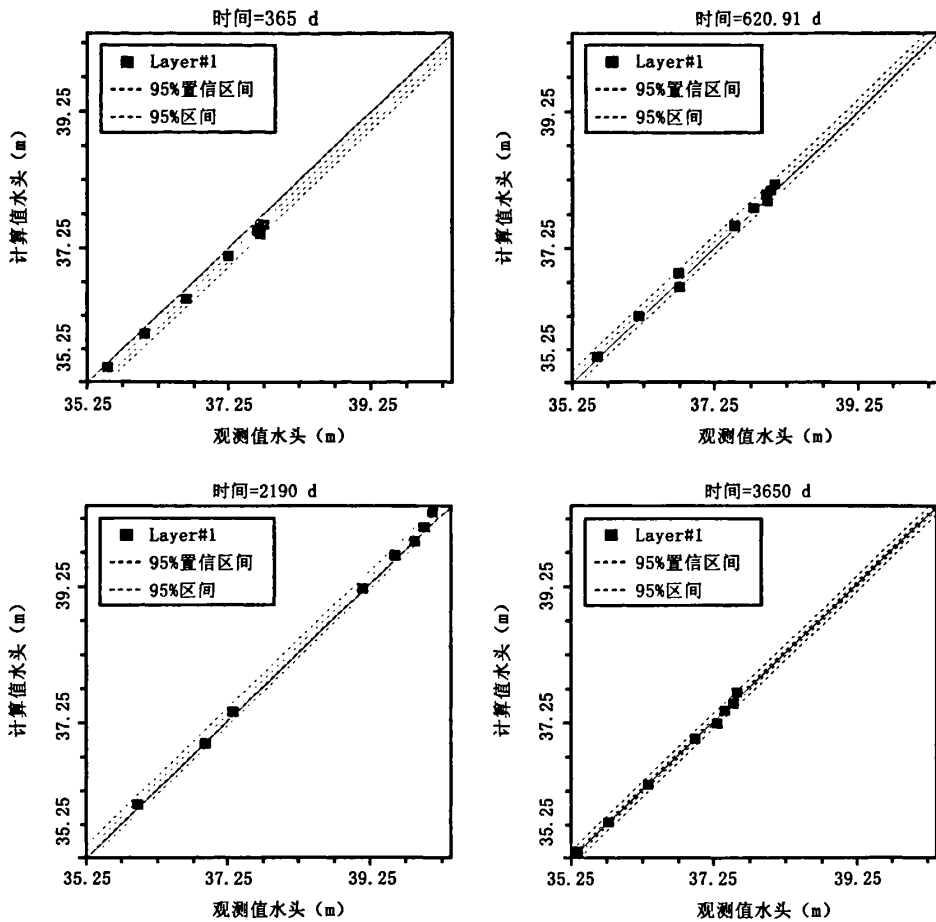


图3 观测井水位计算值~观测值图

Fig.3 Calculated vs observed head of observation

### 3 结论

1) 根据模型预测, 未来水位下降趋势明显, 所以必须对本县未来用水实施合理规划。

2) 采取有效的节水措施可以缓解降落漏斗的进一步扩大, 长期保持, 可使地下水位在一定程度上有所回升。

#### 参考文献:

[1] 安兵齐. 成安县“用水定量 协会分配”创建节约型社会[J]. 农村财政与财务, 2007, (2): 46.

- [2] 方茜, 任晓力. 河北省地下水开发利用状况研究[J]. 河北建筑科技学院学报, 2005, 22(1): 4-5.
- [3] 石少洲, 沈智慧. 地下水资源计算评价应用软件开发与实践[J]. 河北建筑科技学院学报, 2000, 17(4): 66-69.
- [4] 薛禹群, 谢春红. 地下水的数值模拟[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [5] 王宏, 姜华君, 邹立芝. Modflow 在华北平原区地下水水库模拟中的应用[J]. 世界地质, 2003, 22(1): 69-72.
- [6] 胡文明. 基于 Visual Modflow 模型的地下水资源评价[J]. 内蒙古农业大学学报, 2005, 26(3): 59-62.

(责任编辑 闫纯有)

# 基于Visual Modflow的成安县地下水动态研究

作者: [李树文](#), [王文静](#), [崔新玲](#), [倪志勇](#), [杨继生](#), [LI Shu-wen](#), [WANG Wen-jing](#), [CUI Xin-ling](#), [NI Zhi-yong](#), [YANG Ji-sheng](#)

作者单位: [李树文,王文静,LI Shu-wen,WANG Wen-jing\(河北工程大学,城建学院,河北,邯郸,056038\)](#), [崔新玲,倪志勇,杨继生,CUI Xin-ling,NI Zhi-yong,YANG Ji-sheng\(成安县水务局,河北,邯郸,056038\)](#)

刊名: [河北工程大学学报\(自然科学版\)](#) **ISTIC**

英文刊名: [JOURNAL OF HEBEI UNIVERSITY OF ENGINEERING\(NATURAL SCIENCE EDITION\)](#)

年,卷(期): 2008,25(4)

被引用次数: 1次

## 参考文献(6条)

1. [安兵齐](#) 成安县“用水定量协会分配”创建节约型社会[期刊论文]-[农村财政与财务](#) 2007(02)
2. [方茜](#); [任晓力](#) 河北省地下水开发利用状况研究[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报](#) 2005(01)
3. [石少洲](#); [沈智慧](#) 地下水资源计算评价应用软件开发与实践[期刊论文]-[河北建筑科技学院学报](#) 2000(04)
4. [薛禹群](#); [谢春红](#) 地下水的数值模拟 2007
5. [王宏](#); [娄华君](#); [邹立芝](#) Modflow 在华北平原区地下水库模拟中的应用[期刊论文]-[世界地质](#) 2003(01)
6. [胡文明](#) 基于Visual Modflow模型的地下水资源评价[期刊论文]-[内蒙古农业大学学报](#) 2005(03)

## 本文读者也读过(10条)

1. [卢文喜](#). [李平](#). [王福林](#). [郭龙珠](#). [LU Wen-xi](#). [LI Ping](#). [WANG Fu-lin](#). [GUO Long-zhu](#) 挠力河流域三维地下水数值模拟[期刊论文]-[吉林大学学报\(地球科学版\)](#) 2007, 37(3)
2. [徐德金](#). [胡宝林](#). [汪宏志](#). [董昌伟](#). [王登邦](#). [唐立华](#) 基于Visual Modflow的煤层底板灰岩水疏放性分析[期刊论文]-[矿业安全与环保](#)2009, 36(3)
3. [雷明信](#). [徐强](#). [LEI Ming-xin](#). [XU Qiang](#) Visual MODFLOW在某矿山防治水研究中的应用[期刊论文]-[铀矿冶](#) 2011, 30(1)
4. [魏云杰](#). [许模](#). [刘健](#) Visual Modflow软件及其在砂岩型铀矿成矿水文地质条件研究中的应用潜力分析[期刊论文]-[铀矿地质](#)2003, 19(1)
5. [武强](#). [董东林](#). [石占华](#). [金玉洁](#). [刘金韬](#). [田宝霖](#). [钱增江](#) 可视化地下水模拟评价新型软件系统(Visual Modflow)与矿井防治水[期刊论文]-[煤炭科学技术](#)2000, 28(2)
6. [庞国兴](#). [李金轩](#). [杨强](#). [李晓磊](#). [朱鹏](#). [PANG Guo-xing](#). [LI Jin-xuan](#). [YANG Qiang](#). [LI Xiao-lei](#). [ZHU Peng](#) Visual Modflow在甘肃某矿区地下水数值模拟中的应用[期刊论文]-[东华理工大学学报\(自然科学版\)](#) 2009, 32(4)
7. [王兴平](#) 四川省宣汉县天台县乡滑坡治理排水工程措施及设计优化研究[学位论文]2007
8. [李树文](#). [王永宣](#). [康敏娟](#). [LI Shu-wen](#). [WANG Yong-xuan](#). [Kang Min-juan](#) 基于灰色有限差分模拟的地下水位动态研究[期刊论文]-[地下水](#)2010, 32(4)
9. [朱斌](#). [武强](#). [ZHU Bin](#). [WU Qiang](#) 应用Visual MODFLOW墙体边界模拟断层及工程实践[期刊论文]-[湖南科技大学学报\(自然科学版\)](#) 2005, 20(2)
10. [石少洲](#). [Shi Shaozhou](#) Visual MODFLOW在水文地质勘查中的应用——以山东新驿煤矿下组煤先期采区水文地质勘查项目为例[期刊论文]-[中国煤炭地质](#)2007, 19(z2)

## 引证文献(1条)

1. MODFLOW和FEFLOW在国内地下水数值模拟中的应用[期刊论文]-[地下水](#) 2012(4)

本文链接: [http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_hbjzkjxyxb200804014.aspx](http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_hbjzkjxyxb200804014.aspx)