

文章编号:1000-9833(2009)01-0015-04

# 佳木斯市城区地下水动态数值模拟研究

任友山

(黑龙江省哈尔滨水文局, 哈尔滨 150010)

**摘要:**通过对佳木斯市城区地下水系统建立数值模型及对数值模型的识别和验证,证明数值模型能够较好地体现佳木斯市城区地下水系统的动态变化规律。通过此数值模型可以对在给定条件下的佳木斯市城区地下水流场进行预测,从而为当地水行政主管部门进行水资源管理提供便利的方法和科学的数据。

**关键词:**地下水动态;数值模拟;佳木斯市城区

**中图分类号:**P641.2 **文献标识码:**A

## Dynamic Analysis on the Urban Groundwater of Jiamusi with Numerical Simulation

REN You-shan

(Heilongjiang Provincial Harbin Hydrology Bureau, Harbin 150010, China)

**Abstract:** The data model of the urban groundwater system of Jiamusi City was established in this paper. The actual data certifying that this data model can actually simulate the change rule of the urban groundwater of Jiamusi City. With this model we can forecast the groundwater flow field of Jiamusi City. So this model give us simple method and scientific data for the groundwater administrators.

**Key words:** groundwater; numerical simulate; Jiamusi City

佳木斯市城区位于三江平原西部边缘,由于地下水资源丰富,城市生产生活用水主要依靠地下水,如何更加合理地开发与有效利用地下水资源成为地方水行政主管部门面临的主要问题。数值模拟方法是目前模拟地下水流动和评价地下水资源量的主要技术方法之一,能够进行给定条件下不同开采方案的区域流场预测。近年来,随着计算机技术的飞速发展,具有可视化功能的地下水模拟软件发展迅速,能够较直观地反映相关区域地下水位的动态变化情况<sup>[1]</sup>,给行政主管部门更加便利地对地下水资源进行合理开发,科学管理提供了科学的数据。

地下水流数值模拟的基本方法:先对区域水文地质条件进行概化,即建立水文地质概念模型,然后建立地下水非稳定流数学模型,进而用有限差分法求解,计算地下水的各项补给项和排泄项,并进行给定条件和地下水开采方案下的水位预报。

### 1 水文地质模型

#### 1.1 计算区域和模拟含水层的确定

模拟计算区域是一个相对独立的水文地质单元,北部和西部以松花江为界,南部以丘陵山区为界,东部为道德屯——松江乡鱼池一带,总面积为193.157 km<sup>2</sup>。模拟含水层是佳木斯市政供水的重要含水层,即第四系松散岩类孔隙潜水含水层。

#### 1.2 边界的处理

垂向边界:上部边界为潜水面,是位置不断变化的水量交换边界;下部边界是以较厚的第三系亚粘土顶板为界,概化为隔水边界。西部和北部以松花江为界,因松花江与佳木斯第四系含水层有较好水力联系概化为一类水头边界;南部以平原和丘陵的分界线为界,基本概化为隔水边界,但局部平原支谷区概化为二类流量边界;东部下半段概化为隔水边界,上半段概化为二类流量边界。

### 2 地下水流数学模型及求解

#### 2.1 地下水流数学模型

将本区地下水流系统概化为非均质、各向同性、二维、潜水非稳定地下水流系统,可用如下定解问题

收稿日期:2008-10-15;修订日期:2008-11-14

作者简介:任友山(1965-),男,辽宁铁岭人,高级工程师。



并在单元上的位置,分配到相应单元上。

3.3 模型识别结果

计算区面积为 193.157 km<sup>2</sup>,采用 VMOD 进行自动矩形网格划分,共划分矩形网格单元 6 218 个,每个单元面积 195.72 m ×158.72 m。

选取 2003.01.01 ~ 2003.12.31 时段进行数学模型的识别,将分区参数时段初的地下水位资料,时段内的地下水位、降水、开采量、灌区资料、地表水水位资料等分别输入数值模型中并进行调参计算,将各个网格内时段末调参模拟的地下水位值与模拟值比较,模型识别取得了较好的结果。模型识别结果见图 3,计算流场与实测流场也基本相同,各观测井分布见图 2,拟合情况见图 4,水文地质参数识别结果见表 1。拟合结果初步说明了所建立的水文地质概念模型和数学模型是正确的。

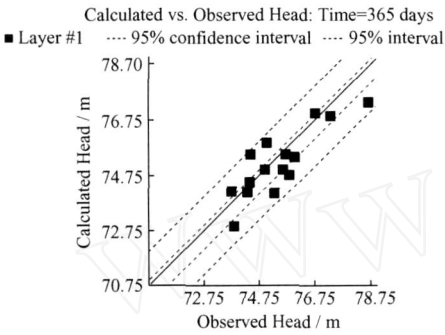


图 3 模型识别结果图  
Fig. 3 Simulating result map

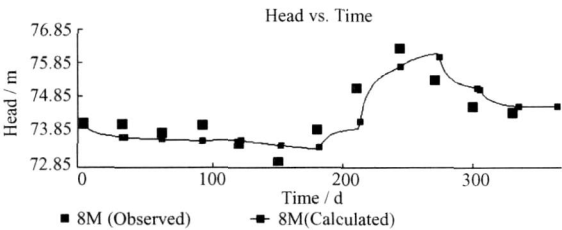


图 4 观测井水位拟合曲线图  
Fig. 4 Water level of test well

表 1 水文地质参数识别结果				
Table 1 Hydrology factor simulating result				
分区	I 区	II 区	III 区	IV 区
渗透系数 $K/\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$	110.40	80.50	54.50	20.40
给水度 $u$	0.23	0.17	0.14	0.12

4 地下水流数学模型的验证

为验证所建立数学模型和模型参数的可靠性,选取 2005.01.01 ~ 2005.12.31 时段的地下水位动

态观测资料对数学模型进行验证。模型验证时段的主要补给项和排泄项同前。

模型验证结果见图 5,验证末刻流场拟合结果见图 6。水位拟合最大误差绝对值为 0.866 m,平均值为 0.322 m;计算流场与实测流场也基本吻合。说明验证时段所取的各源汇项是正确的。

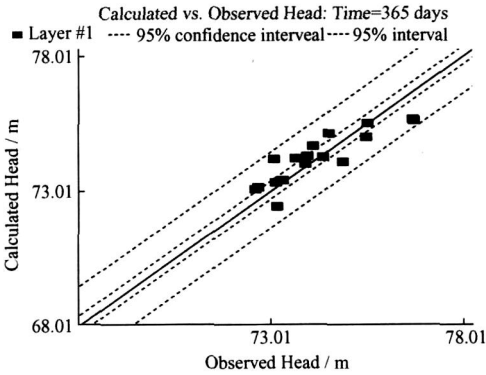


图 5 模型验证结果图  
Fig. 5 Certifying result map

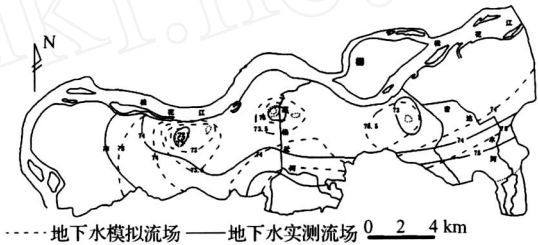


图 6 验证时段末刻流场拟合图  
Fig. 6 Flow field map

通过对地下水计算水位、流场与实测水位、流场的拟合统计分析,各观测孔的水位拟合误差在允许范围之内,说明含水层结构、边界条件概化、水文地质参数的选取及源汇项的选取都是合理的,所建立的数学模型较为真实地刻画了佳木斯市城区地下水系统的特征,仿真性强,可以运用该模型进行佳木斯市城区地下水流系统的预报。见表 2。

表 2 模型识别和验证末刻部分观测井水位误差统计表							
Table 2 Simulating error of the water level in testing well							
		/ m					
时段	观测井	6	16	19	29	17	21
识别	计算水位	73.96	77.47	76.09	73.32	74.98	74.38
	观测水位	73.70	77.48	75.82	73.01	75.22	74.57
	误差	0.26	- 0.01	0.27	0.31	- 0.24	- 0.19
验证	计算水位	74.24	75.55	75.23	73.25	74.47	72.93
	观测水位	73.96	75.49	74.85	72.97	74.35	73.05
	误差	0.31	0.06	0.38	0.28	0.12	- 0.08

## 5 应 用

2007 年 11 月中外合资黑龙江海绵钛项目拟在佳木斯东南部佳木斯市第二粮库北部漫滩区建地下水源地。根据项目可研报告中提出的取水水源方案,设计最大取水规模为  $5\,698\text{ m}^3/\text{d}$ ,取水量为  $196.2 \times 10^4\text{ m}^3/\text{a}$ 。拟布置 4 眼浅层井,利用识别和验证后的地下水流模拟模型对地下水系统进行预报,即将预报期的各种条件输入模型,然后运行模型得出系统的响应。本次预报的主要目的为预测规划年(2020 年)条件下拟建水源地对区域地下水动态的影响。在水源地附近建立地下水位预报点进行定点预报,经预测本项目拟建水源连续开采至 2020 年,地下水流场预测结果见图 7。

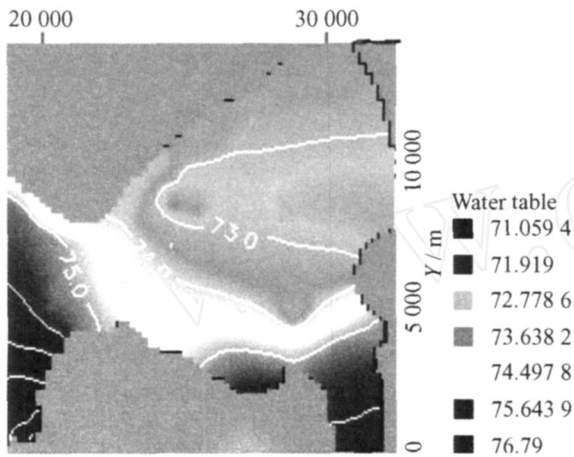


图 7 规划年地下水流场预测图

Fig. 7 Map of forecasted groundwater flood field

根据对水源地连续开采 15 a 水位降深预测的模拟结果显示,最大水位降深为 2.175 m,影响半径约为 1.0 km,而水源地附近的含水层厚度平均为 34.77 m,水位降深还达不到含水层厚度的  $1/10$ ,为允许水位降深。因此,水源地所取  $5\,341\text{ m}^3/\text{d}$  的开采量是具有开采保障的,且不会对周围取水户取水产生影响。

## 6 结 论

对于区域大面积连通性较好的潜水层,建立地下水数值模型是解决局部地下水开发对区域地下水动态影响问题的有效途径。应用计算机技术,数据处理更快捷、灵活、直观和准确。它可以解决许多复杂条件下的地下水资源评价问题,通过建立地下水数值模型,对地下水动态概况进行预测、预报,地方水行政主管部门可及时调整开采规划和布局,进而对地下水资源的开发利用进行有效指导和科学管理。

## 参考文献:

- [1] 王庆永,贾忠华,刘晓峰,等. Visual MODFLOW 及其在地下水模拟中的应用[J]. 水资源与水工程学报,2007,(5):90-92.
- [2] 孙纳正. 地下水流的数学模型和数值方法[M]. 北京:地质出版社,1981.42-56.
- [3] 陈劲松,万 力. MODFLOW 中不同方程组求解方法差异分析[J]. 工程勘察,2002,(2):25-32.
- [4] 王立媛,冯 斌,李洪东,等. 拜泉县城区地下水数值模拟[J]. 黑龙江水专学报,2008,35(3):116-118.
- [5] 肖迪芳,张鹏远,廖厚初. 寒冷地区地下水动态规律分析[J]. 黑龙江水专学报,2008,35(3):120-122,128.
- [6] 姚丽娟. 三江平原典型地下水动态曲线诠释[J]. 水利科技与经济,2008,14(5):379-381,383.

## 我校在《中国大学评价》百强中排名上升

日前,国内影响最大的大学排行榜——中国管理科学研究院《中国大学评价》课题组的“2009 年中国大学排行榜”发布,我校继去年进入中国大学百强后,今年再次跻身百强行列,并且名次提升 2 位,列第 94 位。在我省高校中位于哈尔滨工业大学和哈尔滨工程大学后居第 3 位。同时,根据《评价》显示,我校已由去年的教学研究型大学发展为研究教学型大学,这不但充分说明了我校人才培养质量、科研实力和科技创新能力的显著增强,更表明了黑龙江大学的综合实力和核心竞争力的持续提升。连续两年进入全国大学百强和名次不断攀升的事实有力证明黑龙江大学已稳居中国高等教育主流行列,并逐步向主流中的先进行列迈进!

(田刚健)