

RD 预报模型在渠井结合灌区地下水位动态预测中的运用

汪建武¹, 贺 屹²

(1. 甘肃省水利厅, 甘肃 兰州 730030; 2. 长安大学, 陕西 西安 710054;)

摘 要: 陕西省泾惠渠灌区是一个典型的渠井结合灌区。以 Visual Modflow 地下水数值模拟软件为开发平台, 在建立的灌区地下水数值模型的基础上, 利用时间序列及神经网络等理论, 建立了基于随机——确定(random - determination 简称 RD)耦合方法的地下水预报模型, 并对灌区未来 10 年的地下水位动态进行了分析和预测, 以指导灌区未来地下水资源可持续开发利用。

关键词: 渠井结合灌区; RD 预报模型; Visual Modflow; 地下水位动态预测

中图分类号: TV211

文献标识码: A

文章编号: 1672—1144(2013)03—0077—03

Application of RD Forecasting Model in Dynamic Prediction of Groundwater Level in Irrigation Area Combined with Canals and Wells

WANG Jian-wu¹, HE Yi²

(1. Water Conservancy Department of Gansu Province, Lanzhou, Gansu 730030, China;

2. Chang'an University, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: Shaanxi Province Jinghuiqu Irrigation Area is a typical irrigation area combined with canals and wells. Here, a random-determination (RD) model for groundwater forecasting is developed by using Visual Modflow software as well as the theory of time series and neural network. Then based on the model, the regime of the groundwater level in the future 10 years is analyzed and predicted dynamically, which is helpful to guide the sustainable development and utilization of the groundwater resources in the irrigation area.

Keywords: irrigation area combined with canals and wells; random-determination (RD) forecasting model; Visual Modflow; dynamic prediction of groundwater level

近年来,地下水数值模型已成功运用于地下水动态预测和优化管理的各个方面^[1]。但由于地下水的形成和演化受到气候、地质、水文及生态等环境条件的影响^[2],一方面,影响地下水位动态各种因素当中,其含水层结构、水文地质参数等,都可以用确定性地下水数值模型来描述;另一方面,有些输入变量是不确定的,如降水量、引水量、地下水开采量等变量,这种随机性正是地下水系统模拟不确定性的主要原因。正是由于地下水系统的两重性,才出现了基于随机——确定(random - determination 简称 RD)耦合方法的地下水预报模型^[3-4]。

1 研究区概况

陕西省泾惠渠灌区是我国西北一个典型的渠井结合灌区,建区 70 多年来,对关中地区的粮食生产起着至关重要的作用。灌区位于陕西省关中平原中部,总面积为 1 180 km²,属于大陆性半干旱气候区,夏季气温高,雨量多而集中;冬季寒冷干燥,雨量稀少,蒸发作用强烈。多年平均降水量为 538.9 mm,年平均蒸发量为 1 212 mm。灌区由于取水河道上游修建水库蓄水和工农业用水量增加,河源来水量逐年锐减,再加上渠首水利工程设施年久失修,导致了

该区地下水开采量的增加,灌区地下水埋深由 20 世纪 80 年代的 5 m~10 m 下降到目前的 20 m~30 m,个别地区达到了 50 m,引发了一系列的环境地质问题。

2 基于 Visual Modflow 的灌区地下水三维运动模型

2.1 含水层概化及水文地质分区

研究区第四系孔隙含水岩组分为浅层潜水——承压水含水层组,上下两个含水层之间分布有厚度稳定的弱透水层。综合研究区水文地质条件,并考虑地下水开采利用现状及供水意义,从地下水流动系统的观点出发,将研究区含水层系统概化为三层结构立体化的水文地质模型,水平方向划分 13 800 多个有效单元格,同时利用 MAPGIS 软件建立灌区三维地质模型并导入到模型当中。

区内潜水含水岩组的形成、分布、岩层相变及厚度变化主要受到基底地质构造和地貌单元的控制,因此,以地貌单元作为水文地质分区的依据,将灌区划分为 4 个区,7 个亚区。

2.2 边界条件概化及源、汇项的处理

研究区北部是黄土台塬,灌区地下水系统从此方向接收上游含水层的侧向补给,因此,将其设定为

通用水头边界。泾河、渭河、石川河分别位于研究区的西部、南部和东部,为地下水的主要水平排泄区,仅在汛期河水高水位期,对地下水产生短暂的补给,其量甚微。因此把这几条河流设为排水沟边界。

灌区内渠系交错,各种开采井密布,源汇项主要概化为:降雨、区内河流入渗、渠道入渗、灌溉入渗、开采回补、蒸发、地下水开采等,利用 Visual Modflow 中各种模块结合实地试验数据输入模型。

2.3 模型识别及检验

模型选用了 77 个观测井,识别期从 1999 年 1 月 1 日到 2004 年 12 月 31 日,检验期从 2005 年 1 月 1 日至 2008 年 12 月 31 日,共 10 年时间进行模型的识别及检验。模型中设置时间步长为 10,共 100 个时间步数。通过判别模型的平均残差(Mean Sum of Residuals, MSR);均方差(Root Mean Square, RMS);标准化均方差(Normalized Root Mean Square, NRMS);相关系数(Correlation Coefficient, CC),对模型的精度和稳定性进行分析(表 1,图 1)。

表 1 模型识别及检验结果

阶段	MSR	RMS	NRMS	CC
识别期	0.658m	1.616m	6.1%	0.973
检验期	0.51m	1.993m	5.19%	0.954

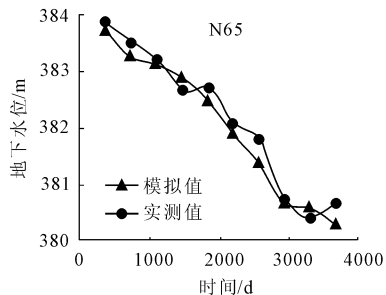
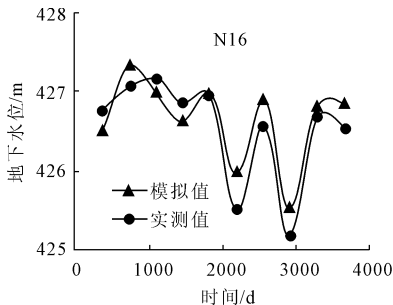


图 1 实测与模拟灌区地下水水位对比图

通过对模型拟合和检验过程中的拟合图和主要统计数据分析,可知该模型对泾惠渠灌区的水文地质条件概化和边界条件的确定比较合理、准确,模型能够比较好的反映出该研究区的实际情况,模型水文参数取值合理,运行稳定,可以用来对灌区的地下水水位进行预测研究。

3 RD 预报模型的建立

针对影响泾惠渠灌区地下水动态的主要影响因素,在地下水水位预测当中,将对降雨量采用时间序列模型预测,灌区引水量和开采量采用基于 RBF-ANN 结构的方法来进行预测,结合灌区地下水运动

三维数值模型来预测目标年份的地下水水位动态变化。

3.1 应用时间序列预测降水量变化趋势

时间序列分析是一种统计学模型方法,它是基于平稳随机序列的相关分析与频谱分析理论与方法之上,讨论自身变化的统计规律^[5-6]。任何时间序列模型都是由趋势项、周期项和随机噪声项这三部分组成的。本文利用灌区实验站 1959 年—2008 年 50 年的降水量资料,采用最小二乘法提取其趋势成分,用频谱分析其周期成分,由 ARMA(2,2)模型给出其随机成分,得出灌区 2010 年—2020 年降水量变化趋势(图 2)。

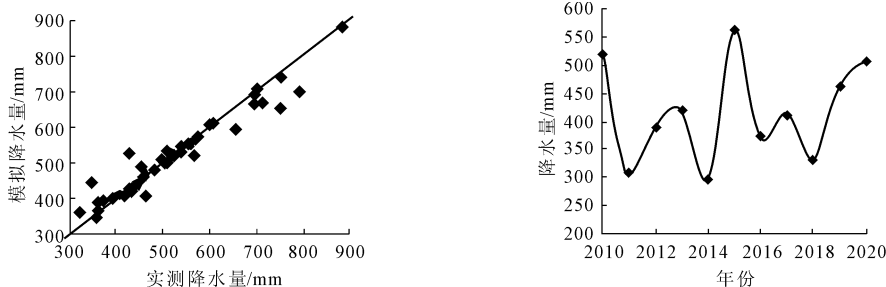


图 2 降水量模拟检验及预测趋势图

3.2 基于 RBF-ANN 结构的地下水开采量和引水量预测

径向基函数神经网络模型(RBF-ANN)是一种 3 层前向式网络模型^[7-9],模型设计输入变量为 1985 年—2008 年泾惠渠灌区地下水开采量和引水量,输出变量为预测时段地下水开采量和引水量,采用 3 层单输入、单输出,隐层单元待定结构建立网络,以误差指标最小为原则选择网络类型和隐层单元数,建立模型。设计时间序列周期为 1,随机选择

12 个训练样本,6 个检验样本和 6 个测试样本,隐含层传递函数采用双曲正切 S 型,输出层采用线性函数,通过反复训练,检验,得出各模拟参数的预测值(图 3)。

4 研究区地下水动态预测

利用建立的 RD 预报模型,对 2020 年泾惠渠灌区地下水位进行预测,结果如图 4。

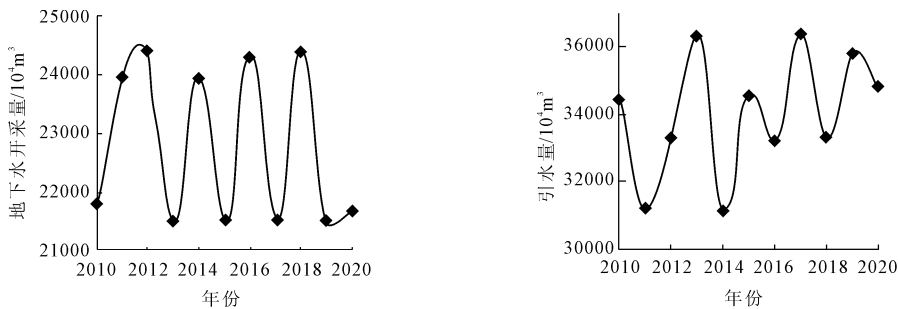


图 3 灌区地下水开采量和引水量预测图

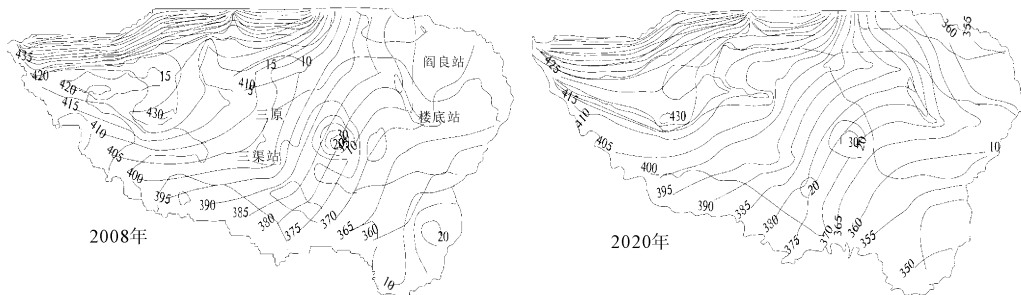


图 4 2008 年与 2020 年灌区地下水位和埋深对比图

由图 4 可知,预测的 2020 年与 2008 年的现状相比,虽然整个灌区流场的总体趋势没有发生多大变化,仍然呈现出从西北流向东南的态势,但灌区地下水位不断下降,降落漏斗的范围、降深均呈增大的趋势。至 2020 年,地下水位平均下降了 4.1 m,平均下降速度为 0.23 m/a。由此可见,地下水位进行了高低水位转换,水位低的面积逐渐在向西北扩大。

扩大,中心点的水位持续降低。灌区下游地区的几个降落漏斗已经连成一片,形成了一个包括 3 个小漏斗的大降落漏斗,其中心点水位的埋深已经超过了 40 m。另一个阎良站附近的降落漏斗,其影响范围仍在扩大,前锋已经到达楼底站附近,有向大漏斗靠近的趋势。与此同时,灌区中上游的三原县城附近和三渠试验站附近,地下水位持续下降,有出现新的降落漏斗的苗头。(下转第 92 页)

由图 4 还可以看出,降落漏斗的面积仍在继续