

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2016.02.011

太湖地区典型小流域地下水储量动态模拟与分析

徐如超¹, 向 龙¹, 崔广柏¹, 查治荣², 许 伟¹, 周鹏飞¹

(1. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 青岛水文局黄岛分局, 山东 青岛 266400)

摘要:对太湖地区典型小流域的近地表地质特征进行系统野外试验,分析近地表土层土壤和岩层结构特征,初步确定了含水层计算参数;采用三维地下水流数值模拟方法概化水文地质条件,识别与验证模型参数。结果表明:地表水补给地下水的量约是地下水补给地表水总量的2倍,山溪型小流域的地表地下水交互过程趋于单向交换,即河道水补给地下水。从含水层储水量变化看,除去蒸散发,通过地下通道流失的水量占据总水量的相当比重,且地下储水的减少量主要依赖降雨入渗进行补给。所建立的模型能够较好地反映研究区实际的水文地质条件,揭示地表水和地下水的交互量的变化过程,并定量研究流域水量平衡动态关系,可为变化环境下的地下水保护和滨湖区的地下水潜流计算研究提供预测分析依据。

关键词:地下水;数值模拟;地表-地下水耦合;交互作用;太湖流域

中图分类号:P339 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2016)02-0051-06

Dynamic simulation and analysis of groundwater storage in typical watershed of Taihu Basin

XU Ruchao¹, XIANG Long¹, CUI Guangbo¹, ZHA Zhirong², XU Wei¹, ZHOU Pengfei¹

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;
2. Huangdao Branch, Qingdao Hydrology Bureau, Qingdao 266400, China)

Abstract: This study was carried out in a typical small watershed of the Taihu Basin. The aquifer calculation parameters were identified through systematic field experiments on near-surface geological features and analysis of near-surface soil and rock structural features. The three-dimensional groundwater numerical simulation method was used to generalize the hydrogeological conditions, and to identify and verify the model parameters. The results show that the surface water recharge to groundwater is approximately twice the groundwater recharge to the surface water, and the interaction between the surface water and groundwater in stream-type watersheds tends to be unidirectional. That is, the river water recharges groundwater. In terms of the change of water storage in the aquifer, in addition to evapotranspiration, water loss through the underground passage accounts for a large proportion of the total water amount, and the reduced groundwater storage is recharged mainly by rainfall infiltration. The established model can well reflect the actual hydrogeological conditions of the study area. It has been used to describe the change process of the interaction between the surface water and groundwater, and to quantitatively study the dynamic changes of the basin water balance. In addition, it can provide a basis for the prediction and analysis of groundwater protection in changing environments and groundwater undercurrent calculation of lake areas.

Key words: groundwater; numerical simulation; coupling of surface water and groundwater; interaction; Taihu Basin

在全球气候和环境发生变化的同时,人类活动和下垫面利用方式的改变不断影响着水文循环过程,极端水文现象时有发生,区域地表水和地下水资源的交互作用也不断变化,使得地表-地下水资源在时空上重新分配,影响区域水资源的可持续利用^[1]。因此,研究地表水与地下水的交互作用及响应机制十分重要^[2]。由于地表-地下水动态变化机制复杂,地下水数值模拟是推导和演绎二者交互过程的主要方法之

基金项目: 国家自然科学基金(51309078, 51209071);“十二五”国家科技支撑计划(2012BAK10B04);中央高校基本科研业务费专项
作者简介: 徐如超(1991—),男,硕士研究生,研究方向为水文学和水资源。E-mail: 1429666472@qq.com
通信作者: 向龙,讲师,博士。E-mail: xianglonghhu@gmail.com

一;国内外许多地下水模拟方法都叠加了地表水的影响,如李致家等^[3]通过河道四周地下水流与河道水流的交换流量把一维不稳定流有限差分迭代方程和地下水有限差分方程耦合起来,并验证了模型的合理性;董艳辉等^[4]系统研究了模型单元达数百万级的地下水系统,并根据多情景的模拟结果分析断层及不同补给条件对地下水流场产生的影响;胡立堂等^[5]考虑了地面水入渗补给的滞后性,分析研究了地下水数值模拟中入渗补给滞后的处理方法。复杂的分布式水文模型可耦合地表-地下水控制方程,并协调二者的时间尺度关系,发展了一系列单向、双向耦合模型,如SWAT-MODFLOW、HydroGeoSphere、FEFLOW等模型系统^[6-7]。这些研究中,地下水储量是直接影响地表水-地下水交互强度的重要变量,也是水量平衡分析重要因子。

太湖流域是长三角经济区人口最为稠密和经济发展最快的地区之一,在城市化发展过程中,水资源需求不断增加,使地下水开采量和地表水的取用量不断攀升,地表水体污染加剧^[8]。由于太湖流域丘陵区地势变化大,径流产生机制复杂,且下游平原河网区的地下水埋深浅,与地表水交互作用强、响应快,使得研究区水循环更为复杂;试验表明,近地表的地下水储量变化与地表径流关系极为密切。因此,确定浅层地下水储量变化对地表径流的影响是量化二者互动关系的关键。本文将三维地下水模型 Visual MODFLOW^[9-10]应用于太湖地区典型小流域,研究地表水与地下水的交互过程与地下水储量关系,评估地下水储量动态变化对水文计算的潜在影响,为地下水资源保护和滨湖区的地下水潜流计算研究提供预测分析依据。

1 研究区水文地质概况

江苏省宜兴市梅林镇杨家山地区的头坳小流域,属亚热带季风气候,多年平均气温为 15.7℃,年平均降雨量约为 1 177 mm,雨水主要集中在春夏季,年均蒸发量为 1 280 mm。头坳小流域面积为 73.7 hm²,以丘陵岗地为主,土地利用以耕地为主(包括茶园、果园),约占 75% 左右,主要有水稻田、旱地、茶园、竹园、板栗园、菜地和梨园等。土壤类型为红黄壤(旱地)和水稻土,是典型的农业区^[11-12]。区内地势西南高东北低,海拔高度为 4~50 m,流域坡度变幅为 0~20°,是典型的缓丘陵地形(图 1);出口及河谷地区平缓,地下水位埋深浅。近地表地质勘查的结果表明,含水层从地表向下依次为素填土、粉质黏土、碎土石,其中素填土层厚约 0.5~0.9 m,粉质黏土层厚约 2.3~14.0 m,碎土石层厚约 11.3~13.0 m

(表 1)。区内取水井多是用于生活和农业灌溉,取水深度一般在 10~30 m 之间,从水文地质条件来看,该区域取水目的层为潜水含水层。研究区补给来源主要为大气降水、地表水入渗和灌溉入渗,其排泄方式除一条山谷河流外,还包括陆面蒸发及人工开采。

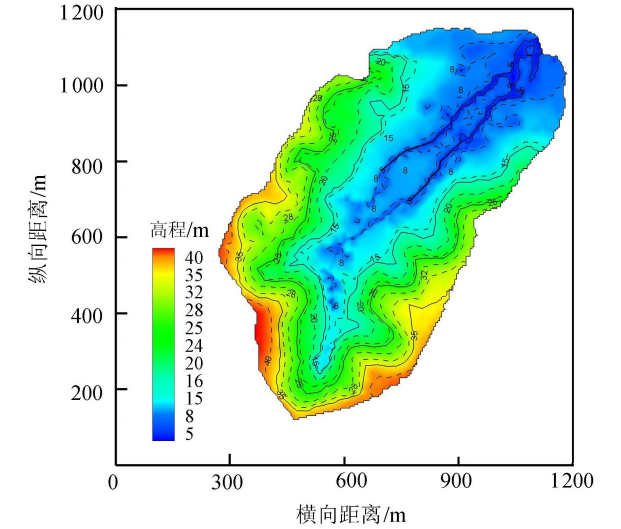


图 1 头坳小流域地形

2 模型原理与方法

2.1 控制方程概化

研究区地下水系统的补给和排泄在时间和空间上差异较大,因此其地下水流系统为非稳定流;同时本区主要的开采目的层位是第四系冲洪积潜水含水层,且含水层之间没有连续的隔水层,故将其视为单一潜水含水层;区内各含水层连续均匀无间断,综合上述特征,将研究区概化为非均质各向同性的潜水含水系统,用以下偏微分方程和定解条件^[13]来描述:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(K\frac{\partial H}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K\frac{\partial H}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K\frac{\partial H}{\partial z}\right)+W=S_s\frac{\partial H}{\partial t}\quad(x,y,z)\in\Omega,t\geqslant 0\quad(1)$$

$$H(x,y,z,t)\big|_{t=0}=H_0(x,y,z)\quad(x,y,z)\in\Omega,t\geqslant 0\quad(2)$$

$$H(x,y,z,t)\big|_{\Gamma_1}=H_1(x,y,z,t)\quad(x,y,z)\in\Gamma_1,t\geqslant 0\quad(3)$$

$$K\frac{\partial H(x,y,z,t)}{\partial h}\big|_{\Gamma_2}=q(x,y,z,t)\quad(x,y,z)\in\Gamma_2,t\geqslant 0\quad(4)$$

式中: H 为水位; K 为含水层渗透系数; W 为单位时间单位体积上从垂直方向流入或流出含水层的水量; x,y,z 为空间坐标; t 为时间; S_s 为释水率; $H_0(x,y,z)$ 为研究区初始水位; Γ_1 为第一类边界条件; Γ_2 为第二类边界条件; $H_1(x,y,z,t)$ 为第一类边界的水位; $q(x,y,z,t)$ 第二类边界上的流量函数; h 为第二类边界上的外法线方向。

2.2 边界条件处理

降雨入渗形成地下水潜流补给地下含水层,以面流量的形式作为入流上边界;山谷两侧地下水分水岭处与外界的交换流量较小,近似处理为零流量边界,在模型中以挡水墙的形式表示;研究区下游延伸至梅林镇宜浦线公路,地下水潜流流出区外,构成地下径流排泄边界,同时考虑到区内小工厂及村民用水大多取于此地,将其概化为二类流量边界,以抽水井的形式表示;流域出口处有浅水沟,沟内常年有水且水位变化较小,对含水层有入渗补给作用,也是地下水的排泄通道,构成第一类变水头边界条件^[14-15]。

2.3 网格离散及参数化

研究区按照大小相同的矩形网格划分,网格横线表示东西方向,纵线表示南北方向,在河流交互区加密网格。根据水文地质调查结果,将研究区在铅直方向上剖分为3层,自上而下含水层厚度比重依次约为:第1层为7%,第2层为54%,第3层为39%。将研究区域划分为205行×180列,3层共3×205×180(110700)个网格单元,其中有效单元为75253个,边界外的无效单元为35447个。

根据研究区水文地质条件及注水试验的结果,将区内含水层参数分成3个区域,并选择其中4个观测井进行水位观测,以确定模型参数。参数分区和观测井的位置如图2所示。

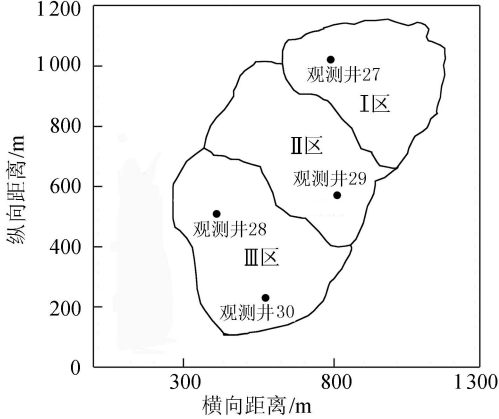


图2 地质参数分区和地下水位观测井分布

3 野外试验与模型验证

模型校正主要考虑的含水层参数为渗透系数 K 和给水度 μ ^[16-17]。依据场地的工程地质条件及地下水的赋存状态,为达到分析水文地质参数的目的,在研究区布置2个钻孔(G1,G2)进行注水试验,并结合室内分层土工试验结果(表1),分析得出素填土和粉质黏土 K 取值范围为 $5 \times 10^{-5} \sim 8 \times 10^{-4} \text{ m/d}$,碎石土层 K 取值范围为 $0.01 \sim 0.5 \text{ m/d}$;根据研究区潜水层非稳定流抽水试验资料计算得到 μ 的初始值范围为 $0.05 \sim 0.13$ 。

根据初始试验参数集合,采用2008年1、2月的地下水水位作为模型识别期,模拟时间为60d。考虑实际降雨、蒸发、河流等源汇项以及水文地质参数情况,得到研究区地下水位在给定条件下的时空分布。为了识别各含水层参数、边界条件和区域均衡值,对27~30号观测井的计算水位和观测水位的动态曲线进行对比分析^[18],采用手动校正法对模型参数进行优化处理,直到计算水位与观测水位的拟合误差达到精度要求。其拟合结果如图3所示。

由图3可见,模型率定期内各观测井的计算水位值和观测值变化趋势一致,拟合程度较好,说明输入模型的各含水层参数及概化的边界条件符合研究区的实际情况,得到各分区的参数如表2所示。

模型验证期采用率定期内计算得到的2008年2月29日的水位值作为初始水位值,模拟持续至2008年5月31日共92d。将模型识别期内得到的含水层参数及验证期对应的源汇项输入模型,对4个观测井水位的计算值与观测值进行分析比较,验证模型的准确性和稳定性^[19],结果如表3所示。

统计数据表明,模拟水位和观测水位比较吻合,模型的收敛性和稳定性较好,所建立的数学模型能够反映研究区实际的水文地质条件,可以用来计算和预测地下水系统的动态变化。

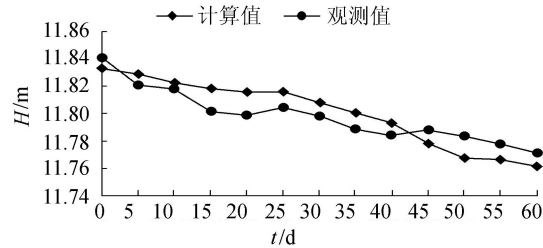
表1 流域纵剖面土壤分层参数测定成果

层号	岩土名称	层厚/m	渗透系数 $K_x/$ ($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$)	渗透系数 $K_v/$ ($\text{m} \cdot \text{d}^{-1}$)	含水率/%	孔隙比	岩性描述
G1-1	素填土	0.5~0.7	4.49×10^{-4}	5.08×10^{-4}	25.9	0.765	杂色,表层主要为黏性素填土,夹少许碎石、植物根系等,下部为软塑状黏性土,松软状态
G1-2	粉质黏土	2.3~14	5.38×10^{-4}	3.76×10^{-4}	27.3	0.726	灰黄色,可塑状态,切面稍有光泽,无摇震反应,干强度中等,韧性中等,压缩性中等偏高
G1-3	碎土石	11.3~13	0.0403	0.0646		0.627	棕褐色,中密状态,碎石含量较高,其次为角砾和卵石等,碎石的主要成分为砂岩、砾岩
G2-1	素填土	0.7~0.9	4.34×10^{-4}	4.84×10^{-4}	24.2	0.785	同 G1-1
G2-2	粉质黏土	2.1~11	5.38×10^{-4}	3.76×10^{-4}	29.8	0.771	灰黄色,硬塑状态,切面稍有光泽,无摇震反应,干强度中等,韧性中等,压缩性中等
G2-3	碎土石	9.8~12	0.0461	0.0784		0.687	同 G2-3

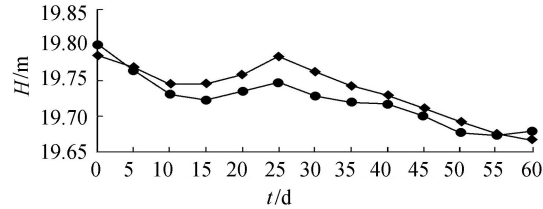
表 2 流域含水层分区参数

分区	$K_x/(m \cdot d^{-1})$			$K_z/(m \cdot d^{-1})$			μ		
	第 1 层	第 2 层	第 3 层	第 1 层	第 2 层	第 3 层	第 1 层	第 2 层	第 3 层
I 区	4.89×10^{-4}	8.73×10^{-5}	0.0373	6.52×10^{-4}	2.37×10^{-4}	0.0573	0.0863	0.0558	0.1179
II 区	4.64×10^{-4}	3.56×10^{-4}	0.0562	5.64×10^{-4}	2.26×10^{-4}	0.084	0.0891	0.0572	0.1236
III 区	3.96×10^{-4}	3.87×10^{-4}	0.0275	3.09×10^{-4}	6.72×10^{-4}	0.0525	0.0915	0.0639	0.1298

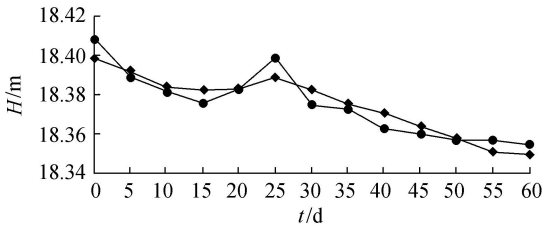
注： $K_x=K_y$ 。



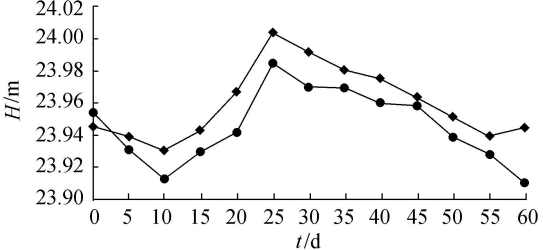
(a) 27号井



(b) 28号井



(c) 29号井



(d) 30号井

图 3 27~30 号观测井水位拟合分析

表 3 各观测井统计数据

观测井号	平均残差/m	均方差/m	相关系数
27 号	0.091	0.136	0.872
28 号	0.112	0.173	0.864
29 号	0.073	0.115	0.885
30 号	0.055	0.087	0.893

4 讨论与分析

地表水-地下水交互模拟计算以 2009 年 1 月 1 日的水位值作为初始水位,模拟 2009 年 1 月 1 日至 12 月 31 日期间在实际降雨径流输入条件下的地下水水位响应过程;统计模拟期内各边界条件对地下含

水层系统的影响以及地下水储量的变化(表 4)。

表 4 地下含水层水量平衡分析 m^3

项目	河流渗漏量	蒸发量	降雨量	储水量	汇总量
进入	4 112.11	0	263 303.81	93 388.02	360 803.94
流出	2 000.45	64 056.81	0	294 697.97	360 755.23
差值	2 111.66	-64 056.81	263 303.81	-201 309.95	48.71

模拟期内对研究区地下水有补给作用的边界条件包括有变水位边界、河流边界和降雨,其中河流渗入地下的补给量为 $4\,112.11\,m^3$,降雨补给 $263\,303.81\,m^3$;同时河流也有排泄作用,排泄水量 $2\,000.45\,m^3$,整个区域的蒸发量为 $64\,056.81\,m^3$ 。由水平衡分析可知,河网渗流是地表水-地下水交互主要的发生界面。由图 4 可见,河流渗入地下含水层的累计量由负变正并不断增大,说明计算时段前期,地下水位高于河道水位,地下水补给地表水形成基流;模拟后期转变为地下水低于河道水位、河水补给地下水的状态;且地表水补给地下水的量约是地下水补给地表水总量的 2 倍,说明山溪型小流域的地表-地下水交互过程趋于单向交换,即河道水补给地下水。

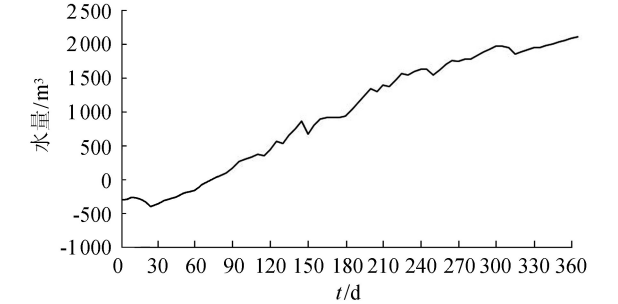


图 4 河水净补给量累计过程线

由图 5 可见,综合下游水位变动、河槽水位变化、蒸散发和降雨等各种条件的作用,地下含水层储水的累计变化量由正值不断增大,继而逐渐减小并变为负值,表明研究区的储水是由流入增大状态逐渐转变为不断流出的状态,导致模拟结束时的含水层储水比模拟开始时共减少 $201\,309.95\,m^3$,而降雨补给量为 $263\,303.81\,m^3$,说明地下储水的减少量主要是依赖降雨入渗进行补给的。

5 结 论

通过三维有限差分数值模拟技术,在野外与室

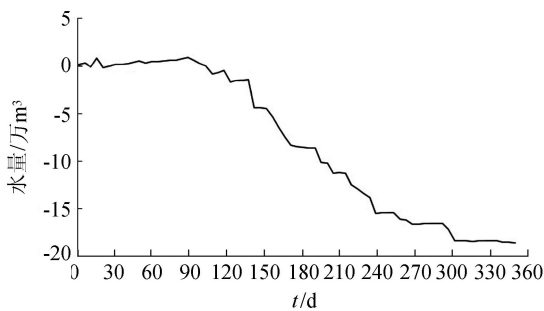


图5 流域含水层储水量动态变化过程线

内试验获得水文地质参数基础上,对太湖地区典型小流域进行数值模拟,揭示了区域内地表-地下水交互量的变化过程,并定量研究了流域水量平衡动态关系,可为多因素影响下的地下水保护和滨湖区的地下水潜流计算研究提供依据,具有一定的实践价值。具体研究成果如下:

a. 借助三维地下水模型耦合地表水文过程,计算得到的流域浅层地下水储量变化能够用来分析地表水与地下水的互动关系。模型识别与验证的结果表明,该模拟方法具有较强的可靠性和稳定性,模型较好地反映了研究区水文地质条件,可以用来预测地下水动态变化特征。

b. 根据野外观测试验的参数集合,识别了研究区最优的渗透系数和给水度组合,为太湖周边丘陵区的地下水模拟参数提供参考。模拟研究表明,地表水补给地下水的量约是地下水补给地表水总量的2倍,山溪型小流域的地表地下水交互过程趋于单向交换,即河道水补给地下水。从含水层储水量变化看,除去蒸散发,通过地下通道流失的水量占据总水量的相当比重,且地下储水的减少量主要依赖降雨入渗进行补给。

c. 该模型模拟并揭示了研究区地表水与地下水交互量的变化过程,河流与地下含水层之间的补排关系随季节变化也在相互转化,这可为滨湖区地下水潜流计算研究提供依据。地表水与地下水较强的交互作用使得水体污染发生时易导致连带反应,给水环境保护带来困难。

参考文献:

[1] 张利平,陈小凤,赵志鹏,等. 气候变化对水文水资源影响的研究进展[J]. 地理科学进展,2008,27(3):61-67. (ZHANG Liping, CHEN Xiaofeng, ZHAO Zhipeng, et al. Research progress of climate changing effect on hydrology and water resources[J]. Progress in Geography, 2008, 27(3):61-67. (in Chinese))

[2] 夏军,左其亭. 国际水文科学研究的新进展[J]. 地球科学进展,2006,21(3):256-261. (XIA Jun, ZUO Qiting.

New progress of international hydrological science research [J]. Progress in Geography, 2006, 21(3):256-261. (in Chinese))

[3] 李致家,谢悦波. 地下水流与河网水流的耦合模型[J]. 水利学报,1998(4):44-48. (LI Zhijia, XIE Yuebo. Coupling model of groundwater and river [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1998(4):44-48. (in Chinese))

[4] 董艳辉,李国敏,黎明. 甘肃北山大区域地下水流动模拟[J]. 科学通报,2009(23):3790-3792. (DONG Yanhui, LI Guomin, LI Ming. Numerical modeling of the regional ground water flow in Beishan Area, Gansu Province[J]. Chinese Science Bulletin, 2009(23):3790-3792. (in Chinese))

[5] 胡立堂,仪彪奇,杨旭辉. 地下水数值模拟中入渗补给滞后的处理方法[J]. 水文地质工程地质,2009(3):16-20. (HU Litang, YI Biaoqi, YANG Xuhui. Representation of hysteresis property of recharge to phreatic surface in numerical models[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2009(3):16-20. (in Chinese))

[6] KIM N W, CHUNG I M, WON Y S, et al. Development and application of the integrated SWAT-modflow model [J]. Journal of Hydrology, 2008, 356:1-16.

[7] DISERSCH H J. Feflow 有限元地下水流系统[M]. 谷源泽,译. 徐州:中国矿业大学出版社,2001.

[8] 成新,黄卫良,江溢,等. 太湖流域地下水问题与对策[J]. 水资源保护,2003,19(4):1-4. (CHENG Xin, HAUNG Weiliang, JIANG Yi, et al. The problems and countermeasure of groundwater in Taihu Basin[J]. Water Resources Protection, 2003, 19(4):1-4. (in Chinese))

[9] 武强,董东林,武钢,等. 水资源评价的可视化专业软件 (Visual Modflow) 与应用潜力[J]. 水文地质工程地质,1999(5):21-23. (WU Qiang, DONG Donglin, WU Gang, et al. Visual Modflow and its potential applications in groundwater resource assessment [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 1999(5):21-23. (in Chinese))

[10] RLEN W H, EDWARD R B, MARY C H, et al. MODFLOW-2000, The U S Geological Survey modular ground-water model: User guide to modularization concepts and the ground-water flow process [M]. Virginia: U S Geological Survey, 2000.

[11] 朱永澍,向龙,余钟波,等. 太湖典型小流域磷素流失特征分析[J]. 水资源保护,2013,29(4):31-35. (ZHU Yongshu, XIANG Long, YU Zhongbo et al. Characteristic analysis of phosphorus loss in typical watersheds of Taihu Basin [J]. Water Resources Protection, 2013, 29(4):31-35. (in Chinese))

[12] 张荣保,姚琪,计勇,等. 太湖地区典型小流域非点源污染物流失规律[J]. 长江流域资源与环境,2005,14(1):95-98. (ZHANG Rongbao, YAO Qi, JI Yong, et al. Non-point source pollutants outflow law in typical small

basin of Taihu Lake Region [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2005, 14(1): 95-98. (in Chinese))

[13] 陈崇希. 地下水动力学[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1999.

[14] 曹剑锋, 迟宝明, 王文科, 等. 专门水文地质学[M]. 3 版. 北京: 科学出版社, 2006.

[15] 齐蕊. 都思兔河流域三维地下水流场的数值模拟研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2013.

[16] 陈润桥, 温伟光, 何绪升, 等. 降水头注水试验在天津地区的应用分析[J]. 山西建筑, 2013, 39(11): 45-46. (CHEN Runqiao, WEN Weiguang, HE Xusheng, et al. An application analysis of precipitation water injection test in Tianjin[J]. Shanxi Architecture, 2013, 39(11): 45-46. (in Chinese))

[17] 沈日庚. 上海地区钻孔降水头注水试验公式应用探讨[J]. 上海地质, 2010, 3(3): 51-53. (SHEN Rigeng. An application analysis of precipitation water injection test in Shanghai[J]. Shanghai Geology, 2010, 3(3): 51-53. (in Chinese))

[18] 杨青春, 卢文喜, 马洪云. Visual Modflow 在吉林省西部地下水数值模拟中的应用[J]. 水文地质工程地质, 2005(3): 67-69. (YANG Qingchun, LU Wenxi, MA Hongyun. The application of Visual Modflow in groundwater numerical simulation in the west of Jilin Province[J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2005(3): 67-69. (in Chinese))

[19] 余维, 王博, 陈真林. MODFLOW 在井灌区地下水数值模拟中的应用[J]. 中国农村水利水电, 2006(11): 17-21. (YU Wei, WANG Bo, CHEN Zhenlin. The application of modflow in groundwater numerical simulation in well irrigation[J]. China Rural Water and Hydropower, 2006(11): 17-21. (in Chinese))

(收稿日期: 2015-12-28 编辑: 徐娟)

+++++

(上接第 50 页)

[15] SU H, LIU Q, LI J. Alleviating border effects in wavelet transforms for nonlinear time-varying signal analysis [J]. Advances in Electrical & Computer Engineering, 2011, 11(3): 55-60.

[16] KHARITONENKO I, ZHANG X, TWELVES S. A wavelet transform with point-symmetric extension at tile boundaries [J]. IEEE Trans Image Process, 2002, 11(12): 1357-1364.

[17] 刘萍, 许卓首, 王玲, 等. 气候变化对黄河流域水资源影响研究进展[J]. 气象与环境科学, 2009, 32(增刊1): 275-278. (LIU Ping, XU Zhuoshou, WANG Ling, et al. Research on climate impact on water resource of Yellow River Basin [J]. Meteorological and Environment Sciences, 2009, 32(sup1): 275-278. (in Chinese))

[18] CONG Z, YANG D, GAO B, et al. Hydrological trend analysis in the Yellow River Basin using a distributed hydrological model. [J]. Water Resources Research, 2009, 45(7): 335-345. (收稿日期: 2015-12-28 编辑: 彭桃英)

+++++

编委风采

魏源送博士,《水资源保护》第 8 届编辑委员会委员,中国科学院生态环境研究中心研究员,博士生导师。魏源送研究员目前担任中国科学院发展中国家科学院水与环境卓越中心副主任、中国科学院生态环境研究中心鄂尔多斯固体废弃物资源化工程技术研究所所长、江西省科学院能源研究所副所长(挂职)、国际水协会(IWA)非传统水源中国工作组成员、北京生态修复学会副理事长。

魏源送研究员 1990 年 7 月毕业于江西工业大学(现南昌大学)精细化工专业,获工学学士学位;1995 年 7 月毕业于大连理工大学环境工程专业,获工学硕士学位;2000 年 7 月毕业于中国科学院生态环境研究中心环境工程专业,获理学博士学位;2002 年 3 月在荷兰应用科学研究院环境、能源和过程创新研究所做博士后;2009 年 3 月以访问学者的身份在瑞士联邦水科学与技术研究所从事科研工作。

魏源送研究员的主要研究领域为污水处理与再生利用、污泥减量与资源化、有机固体废弃物处理与资源化、河流生态治理与修复。自 2003 年以来,魏源送博士主持与参加多项国家水体污染控制与治理科技重大专项(水专项)、国家“863 计划”、国家科技支撑、国家自然科学基金、公益性行业(农业)科研专项、地方政府和企业的科研与应用项目,在国内外核心刊物发表学术论文 140 余篇,国际会议论文 30 余篇,获授权发明专利 15 项和计算机软件著作权 1 项,获得 2010 年度北京市科学技术奖三等奖(排名第二),2012 年度中国科学院北京分院科研团队科技成果转化奖一等奖(排名第一),2013 年度鄂尔多斯市科学技术奖一等奖。

魏源送研究员担任《水资源保护》第 8 届编辑委员会委员以来,大力支持编辑部工作,为杂志的发展建言献策,积极审稿、投稿,在《水资源保护》2016 年第 1 期上发表文章《地表微生物溯源技术的开发与应用进展》,该文发表后点击率、下载率日益攀升,显示了较好的影响力。