

濮阳东北部金堤河两岸地下水污染状况分析

胡红岩, 陈鸿汉, 毕二平

(中国地质大学(北京)水资源与环境工程北京市重点实验室, 北京 100083)

摘要 采集濮阳东北部金堤河两岸的浅层和深层地下水样进行水化学分析, 指出 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型是该研究区地下水的主要化学类型。选择水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型且远离非 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型水样点集中区域的监测点的水质数据, 计算出浅层和深层地下水的水化学组分对照值, 并在此基础上进行地下水污染评价, 确定浅层和深层地下水的污染现状和主要污染因子。结果表明: 35 个浅层地下水监测点中, 26 个点均受到不同程度的污染, 主要污染因子是 COD 、 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 和 $\text{NH}_3\text{-N}$; 5 个深层地下水监测点中, 仅靠近金堤河的 2 个点的数据显示受到微污染, 污染因子是溶解性总固体、 SO_4^{2-} 和 $\text{NO}_2^- \text{-N}$ 。研究区浅层地下水受人类活动影响较强, 主要污染源为含氮的农药、化肥和被污染的地表水等。

关键词 地下水污染; 水化学类型; 金堤河; 濮阳东北部

中图分类号: X523

文献标识码: A

文章编号: 1004-6933(2012)02-0012-05

Contamination of groundwater along banks of Jindi River in northeast Puyang

HU Hong-yan, CHEN Hong-han, BI Er-ping

(Beijing Key Laboratory of Water Resources and Environmental Engineering,
China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract : Samples of the shallow and deep groundwater along the banks of the Jindi River in northeast Puyang were collected for hydrochemical analysis. The results show that $\text{HCO}_3\text{-Na}$ is the main chemical type in groundwater in the study area. The background quality of the shallow and deep groundwater were determined based on the water quality data of the monitoring points with the groundwater chemical type of $\text{HCO}_3\text{-Na}$, distant from the concentrated area of the monitoring points where the groundwater chemical type is not $\text{HCO}_3\text{-Na}$. Then, the groundwater contamination was assessed, and the current situation and main factors of contamination of the shallow and deep groundwater were determined. Of 35 shallow groundwater monitoring points, 26 points were polluted and the primary contamination factors included COD , $\text{NO}_2^- \text{-N}$, and $\text{NH}_3\text{-N}$. Of five deep groundwater monitoring points, only two points near the banks of the Jindi River were slightly polluted and the primary contamination factors included total dissolved solids, SO_4^{2-} , and $\text{NO}_2^- \text{-N}$. The shallow groundwater in the study area was significantly affected by human activities, and the major pollution sources were nitrogen-containing pesticides, fertilizers, and contaminated surface water.

Key words : groundwater contamination ; chemical type of groundwater ; Jindi River ; northeast Puyang

地下水环境是由多因子构成的复杂系统, 与人类生活息息相关, 制约着经济社会的发展, 因此, 受到人们越来越多的关注。鉴于地下水污染的隐蔽性和滞后性, 只有及时了解地下水环境污染状况, 才能

及早采取相应的防治措施, 同时为城市环境规划和管理提供科学依据, 保证经济社会持续、平稳发展。

河南省濮阳市位于河南省东北部, 是一座重要的农业和石油化工城市。在该市经济建设快速发展

基金项目 国家自然科学基金(40972161) 水体污染控制与治理科技重大专项(2009ZX07424-002)

作者简介 胡红岩(1987—), 女, 硕士研究生, 研究方向为地下水污染控制与修复。E-mail: huyoya@126.com

通讯作者 毕二平, 副研究员。E-mail: bi@cugb.edu.cn

的进程中,产生了许多环境问题,如地表水污染^[1]等。作为该市主要河流之一的金堤河,是黄河下游的一条支流,也是黄河污染较为严重的支流之一^[2]。金堤河水污染对附近地下水的环境质量状况构成了严重威胁^[3]。

笔者结合地下水水质调查结果,对研究区浅层和深层地下水水化学特征、污染现状和主要污染因子进行了分析,并结合以往的研究成果,分析了其形成原因,以期为控制和治理污染提供依据和借鉴。

1 研究区概况及采样点分布情况

1.1 研究区概况

研究区地处河南省濮阳市,境内无山多水,沟渠纵横交错,金堤河是该区最重要的河流之一。金堤河发源于新乡县荆张庄排水沟口,于台前县张庄流入黄河。其主要功能是排涝和灌溉,同时也是濮阳市主要的纳污水体^[4]。其附近主要点污染源有炼油厂、造纸厂等。主要面污染源是农田施用的化肥、农药。枯水期污染主要来自沿河产生的废水,平水期水量主要来自右岸引黄灌区的退水。丰水期水量偏丰,水体稀释自净能力较强,水质污染较轻^[5]。金堤河以北为城镇区及工业区,以南主要为农村;以北地区有机物污染情况较以南地区复杂^[6]。

1.2 采样点分布

参考以往的调研资料,以野外踏勘为前提,在综合分析该地区地层结构、含水层特征、地下水开发利用状况、主要污染源分布情况、开采井结构及其分布等因素后,选择具有代表性、易于取样操作、相对稳定的监测井点进行样品采集工作。研究区浅层地下水是指埋深在 120 m 以上的地下水,深层地下水是指埋深在 120 m 以下的地下水,该层水为当地生活用水的主要来源。2010 年 7 月布置的地下水水质采样点主要分布于金堤河两岸,在野外借助便携式全球定位系统(GPS)定点,共采集浅层地下水水样 35 个,深层地下水水样 5 个(图 1)。

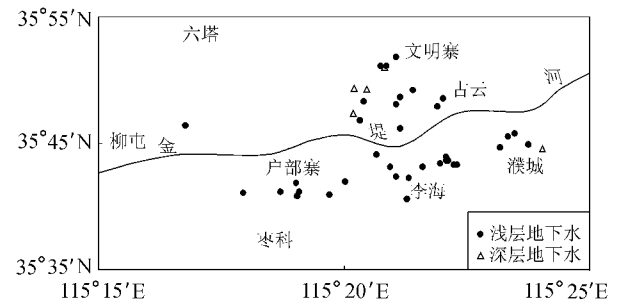


图 1 地下水采样点分布

2 结果与讨论

2.1 地下水水化学类型分析

利用舒卡列夫分类法对研究区 35 个浅层监测井的水化学类型进行分析,结果表明:大部分监测点(22 个)的水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型为主,其余点的水化学类型为 Cl 型或 SO_4 型(即非 HCO_3 型,其中金堤河以北和以南分别有 3 个和 10 个)。2003 年的相关资料^[7]表明该区域浅层地下水化学类型主要为 HCO_3 型。地下水化学类型的变化一方面反映了城市工业化的进程及工业类型的布局,另一方面将影响城市工农业的用水安全^[8]。

由图 2 可知:浅层地下水化学类型为非 HCO_3 型的监测点相对集中在靠近金堤河的区域,而远离金堤河区域的监测点水化学类型主要为 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型,因此,水化学类型为非 HCO_3 型的这些监测点可能受到了一定程度的污染。

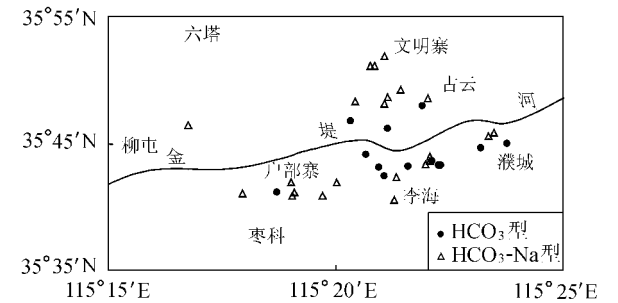


图 2 浅层地下水化学类型分布特征

相关资料研究^[7]表明:研究区深层地下水化学类型也主要以 HCO_3 型为主,本次取样的 5 个深层地下水监测点中,金堤河以北且与其距离较近的 3 个监测点水化学类型为 $\text{SO}_4\text{-Na}$ 型,其余 2 个点的水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型。

2.2 地下水化学对照值的确定

确定地下水是否受污染的方法一般有两种:①区域背景值比较法;②对照值比较法。研究区地处黄河冲积平原,普遍存在一层溶解性总固体大于 2 g/L 的咸水(50 ~ 200 m),在地下水流动系统的长期影响下,咸水层发生过运移^[9]。因此,笔者采用地下水对照值作为判定地下水是否受污染的依据。

按照文献^[10]中“对照值应选择区内无明显污染源的水质数据”的原则,选择远离非 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型水样点集中区域及水化学类型为 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型水样点的水质数据作为计算对照值的依据。地下水一旦遭受污染,其污染组分浓度多呈增加趋势,因此在评价各组分时,浓度取正偏差,对照值取浓度最大值。对照值的计算采用式(1)^[10]进行,本次研究的浅层和深层地下水水质指标对照值见表 1。

Y = X + 2S (1)

式中 :Y 为对照值 ;X 为单项测定指标的算术平均值 ;S 为标准偏差。

表 1 浅层和深层地下水水质指标对照值 mg/L

类别	溶解性总固体	SO ₄ ²⁻	NO ₂ ⁻ -N	NH ₃ -N	COD	Cr ⁶⁺	Cd	FN	阴离子合成洗涤剂
浅层水	2115.34	518.83	0.01	0.19	1.64	ND	ND	ND	ND
深层水	1049.30	283.89	0.00	0.13	1.06	/	/	/	/

注 :ND 表示未检出 ;“/”表示不作为评价指标。

2.3 地下水污染评价

2.3.1 评价因子选择

在对监测数据初步分析的基础之上,结合地下水污染的特点,选择溶解性总固体、SO₄²⁻、NO₂⁻-N、NH₃-N、COD、Cr⁶⁺、Cd、FN 及阴离子合成洗涤剂指标作为浅层地下水污染评价的指标 ;溶解性总固体、SO₄²⁻、NO₂⁻-N、NH₃-N 及 COD 作为深层地下水污染评价的指标 (深层地下水中 Cr⁶⁺、Cd、FN 及阴离子合成洗涤剂浓度很低,不作为评价指标)。

2.3.2 评价方法选择

评价方法采用单因子污染指数法,计算公式为

I = ρ_o/ρ_i (2)

式中 :I 为某组分的单因子污染指数 ;ρ_o 为该组分的实测质量浓度,mg/L ;ρ_i 为该组分的对照值,mg/L。

根据 I 值判断污染状况,I 值越大说明污染越严重。I ≤ 1.0 时,为未污染 ;I > 1.0 时,为污染。最后根据 I 值划分不同的污染等级 :I ≤ 1.0,为未污染 ;1.0 < I ≤ 1.5,为微污染 ;1.5 < I ≤ 3.0,为中等污染 ;I > 3.0,为重污染。

2.3.3 评价结果

2.3.3.1 浅层地下水

研究区浅层地下水单因子污染指数法评价结果见表 2。对照值中 Cr⁶⁺、Cd、FN 及阴离子合成洗涤剂未检出,因此,监测水样中某因子只要有检出,即认为受到该因子的污染,结果见表 3。

表 2 浅层地下水单因子污染指数法评价结果

组分	检出点数/个			
	未污染	微污染	中度污染	重污染
COD	22	4	4	5
NH ₃ -N	25	3	6	1
NO ₂ ⁻ -N	26	0	2	7
溶解性总固体	28	4	3	
SO ₄ ²⁻	31	2	2	

由浅层地下水单因子污染评价结果可知 :金堤河以北 12 个监测点中,4 个点各因子的污染指数 I ≤ 1.0,未受到污染 ;仅受 1 项因子污染的点有 2 个,污染因子都是 COD ;受 2 项因子污染的点有 1

表 3 Cr⁶⁺、Cd、FN 及阴离子合成洗涤剂监测结果

水质指标	质量浓度/(mg·L ⁻¹)	检出点数/个
Cr ⁶⁺	0.05 ~ 0.09	8
Cd	0.06、0.11	2
FN	0.016、0.032	2
阴离子合成洗涤剂	0.06 ~ 0.44	8

个,同时受 NH₃-N 和阴离子合成洗涤剂的污染 ;受 3 和 4 项因子污染的点分别有 3 和 2 个,污染因子主要是 NO₂⁻-N 和阴离子合成洗涤剂。金堤河以南 23 个监测点中,5 个点各因子的 I ≤ 1.0,未受到污染 ;仅受 1 项因子污染的点有 7 个,污染因子主要是 Cr⁶⁺ 或 COD ;受 2 项因子污染的点有 5 个,污染因子主要是 NO₂⁻-N 和 COD ;受 3 项因子污染的点有 3 个,污染因子主要是 COD、溶解性总固体和 Cr⁶⁺ ;受 4、5 和 6 项因子污染的点各有 1 个。

由表 2、表 3 可知 :各监测因子中,COD、NH₃-N 和 NO₂⁻-N 3 项指标的 I ≥ 1.0 的监测点数 (即受污染的监测点数) 分别是 13、10 和 9 个,其中 NH₃-N 为中度污染的较多,NO₂⁻-N 重污染的较多,并且受 NO₂⁻-N 和 COD 污染的区域相似,受 COD 污染的区域并不一定存在 NO₂⁻-N 污染,但受 NO₂⁻-N 污染的区域大部分都受 COD 的污染 (图 3)。导致这些因子污染的原因可能是污染地表水的补给和农业肥料的淋溶 :①由于环保基础设施建设滞后,部分未经处理的工业、生活废污水排入地表水体,使地表水体水质受到不同程度的影响。近年来,由于工农业的迅速发展,上游排入金堤河的生活污水、工业污水迅速增加,致使河水水质污染,例如 COD 在枯水期的质量浓度达到 228.6 mg/L,丰水期的质量浓度为 29.9 mg/L ;NH₃-N 在丰水期和农灌期的质量浓度分别是 0.3 mg/L 和 0.9 mg/L^[11]。相关研究也表明金堤河中 COD、NH₃-N 和 NO₂⁻-N 等指标大量超标,其中 COD 和 NH₃-N 在 2004 年以前历年已监测到的最大质量浓度分别是 150.0 mg/L 和 60.0 mg/L^[3]。污染的地表水通过入渗和降水淋溶等途径进入地下,极可能造成地下水污染。②我国农作物的氮肥利用率通常在 30% ~ 40%,其中约 20% ~ 50% 主要以 NO₃⁻-N 形式经土壤淋溶进入地下水^[12]。河南省农业化肥的施用量呈逐渐增加趋势,地下水环境中的氮污染源主要是工业“三废”和城镇生活污水以及含氮的农药、化肥^[13]。郝汉舟等^[14]对河南省浅层地下水环境质量的研究结果表明 :河南省 NH₃-N、NO₂⁻-N 超标主要原因与区域内农田施肥淋移至浅层地下水有关。

受溶解性总固体和 SO₄²⁻ 污染的监测点数分别是 7 和 4 个,且为微污染和中度污染两种 ;这两种因子除了受污染地表水和农业肥料的影响外,还受到

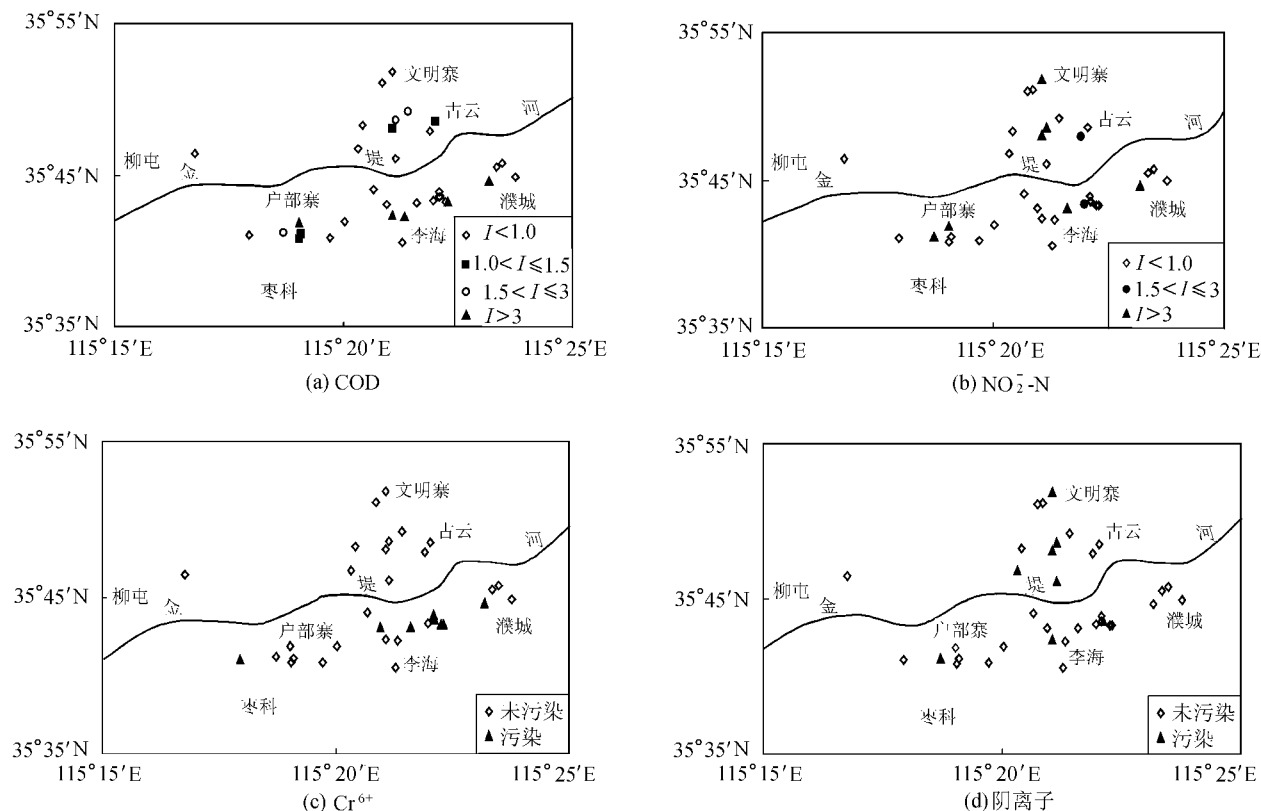


图 3 COD、 NO_2^- -N、 Cr^{6+} 和阴离子合成洗涤剂污染状况分布特征

地下水位的影响:长期开采地下水使水位下降,地下水径流速度加快,水岩作用增强,这会导致地下水各种离子含量普遍增高,总硬度偏大。同时,地下水的超量开采导致地下水对污染物的稀释能力下降,抗污染的能力减弱,从而导致污染组分含量上升^[15]。相关研究^[1]表明:随着城市化进程的加快和工业的快速发展,城市用水量急剧增加,河南省平原区地下水位整体处于下降状况,形成了一定面积的浅层和中深层地下水降落漏斗。受 FN 和 Cd 污染的监测点数都是 2 个,受 Cr^{6+} 和阴离子合成洗涤剂污染的监测点数都是 8 个,其中 Cr^{6+} 主要集中分布在金堤河以南李海附近,阴离子合成洗涤剂主要集中分布在金堤河以北古云以西附近(图 3)。调查过程发现,在研究区内有玻璃厂、造纸厂、化工厂、氯碱厂及面粉厂等众多工业企业分布。此外,研究区内还存在一些未调查到的污染源和众多已被关闭的小工厂(如炼油厂等),这些都可能对地下水环境造成影响。

由此表明:研究区浅层地下水受人类活动影响较强,主要污染因子是 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 NO_2^- -N,其次是 Cr^{6+} 、阴离子合成洗涤剂、溶解性总固体和 SO_4^{2-} ,并且受这些因子污染的范围仅是局部的。

2.3.3.2 深层地下水

深层地下水单因子污染评价结果表明:5 个监

测点中,3 个点各因子的 $I \leq 1.0$,即未受到污染;其余 2 个距离金堤河较近的点都同时受 2 个以上因子的污染,分别受 SO_4^{2-} 和 NO_2^- -N、 SO_4^{2-} 和溶解性总固体的污染,并且均为微污染程度。鉴于深层地下水取样点数有限,其污染原因还需进一步开展调查研究工作,以便查明原因。

3 结 论

a. 研究区浅层地下水水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型为主。浅层地下水受人类活动影响较强,主要污染因子是 COD、 NO_2^- -N 和 $\text{NH}_3\text{-N}$,其次是 Cr^{6+} 、阴离子合成洗涤剂、溶解性总固体和 SO_4^{2-} ,并且受这些因子污染的范围仅是局部的。深层地下水水化学类型以 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型为主,5 个监测点中 3 个点水化学类型转变为 $\text{SO}_4\text{-Na}$ 型,均分布在金堤河以北附近,其中 2 个点受到微污染,污染因子是 SO_4^{2-} 、 NO_2^- -N 和溶解性总固体。

b. 导致研究区地下水污染的因素具有多元性,地下水位下降,受污染地表水的补给,工业“三废”、城镇生活污水排放以及含氮的农药化肥的施用等都对研究区内地下水的环境质量产生一定程度的影响。对于部分地区评价因子出现异常的现象,还需开展进一步调查研究工作,以便于进一步查明原因,并提出切实可行的对策。

参考文献：

[1] 杨明华. 河南省地下水环境状况分析[J]. 人民黄河, 2009,31(8) 53-56.

[2] 孙剑辉,王国良,张干,等. 黄河表层沉积物中有机氯农药的相关性分析与风险评价[J]. 环境科学学报,2008, 28(2) 342-348.

[3] 柴宏伟,雷美清. 金堤河对地下水污染演化的模拟分析[J]. 土工基础,2004, 18(6) 61-63.

[4] 赵衍湖,盛兆文. 金堤河水资源保护措施研究[J]. 中国水利,2001 (1) 20.

[5] 程志臣,杨志杰,崔书臣,等. 金堤河水质污染模型的建立[J]. 仪器仪表与分析监测,2000(4) 58-60.

[6] 马晓蕾,王静,黄迁辉. 濮阳市地下水污染特征分析[J]. 地下水,2010, 32(4) 39-41.

[7] 张方亮,张和军. 濮阳地区地下水水质现状及评价[J]. 地下水,2003,25(4) 215-217.

[8] 谢光学,覃选. 南宁市区含水层地下水类型的变化分析[J]. 广西大学学报:自然科学版,2007,32(3) 318-320.

[9] 王大纯,张人权,史毅虹,等. 水文地质学基础[M]. 北京:地质出版社,1995 109-110.

[10] DD2008-01,地下水污染地质调查评价规范[S].

[11] 王林昌. 石油开发对环境的影响及对策研究:以中原油田为例[D]. 青岛:中国海洋大学,2009.

[12] 李正兆,高海鹰,张奇,等. 抚仙湖流域典型农田区地下水硝态氮污染及其影响因素[J]. 农业环境科学学报, 2008,27(1) 286-290.

[13] 魏秀琴. 河南省浅层地下水中“三氮”的分布及成因分析[J]. 安徽农业科学,2009,37(14) 6570-6572.

[14] 郝汉舟,靳孟贵,汪丙国. 河南省浅层地下水质量评价[J]. 江西农业大学学报,2007,29(4) 655-659.

[15] 李纯,武强,王欣宝. 人类活动影响下石家庄市浅层地下水环境的演化[J]. 环境科学与技术,2007,30(8) : 42-43.

(收稿日期 2011-04-25 编辑 徐 娟)

(上接第 11 页)

预测东莞市年需水量时,引入了动态等维新息的概念,建立了东莞市 DEIRBFANN 需水预测模型,并对东莞市年需水量进行了预测. 预测结果表明,DEIRBFANN 模型能够得到更高的精度,且克服了基本 RBFANN 模型在进行多周期预测时误差累积的缺点,具有较强的抗随机因素干扰的能力. 从而验证了动态等维新息技术应用于多周期预测的可行性和合理性,同时也为动态等维新息技术与其他预测模型的结合提供了理论基础. 不足的是,DEIRBFANN 在进行多周期预测时,每向前预测一个周期,需重新率定模型参数,计算量增大.

参考文献：

[1] 吴丹,吴凤平,陈艳萍. 基于二级修正的区域水资源需求量预测模型[J]. 水资源保护,2010,26(3) 1-4.

[2] FIRAT M, YURDUSEV M A, TURAN M E. Evaluation of

artificial neural network techniques for municipal water consumption modeling [J]. Water Resources Management, 2009,23(4) 617-632.

[3] ADAMOWSKI J F. Peak daily water demand forecast modeling using artificial neural networks[J]. Journal of Water Resources Planning and Management,2008,134(2) 119-128.

[4] 汪嘉杨,王文圣,李祚泳,等. 基于 TS-SVM 模型的水安全评价[J]. 水资源保护,2010,26(6) 1-4,9.

[5] 刘俊萍,畅明琦. 基于支持向量机的需水预测研究[J]. 太原理工大学学报,2008,39(3) 299-302.

[6] 张灵,陈晓宏,刘丙军,等. 免疫进化算法和投影寻踪耦合的水资源需求预测[J]. 自然资源学报,2009,24(2) : 329-333.

[7] 潘国荣,王穗辉. 引入时变递增因子的加权等维新息模型及预测[J]. 同济大学学报:自然科学版,2004,32(6) : 755-757.

[8] 田雨波. 混合神经网络技术[M]. 北京:科学出版社, 2009.

(收稿日期 2011-08-26 编辑 徐 娟)

· 简讯 ·

中国最大内陆淡水湖将建综合性国家湿地公园

博斯腾湖是中国最大内陆淡水湖,水产丰富,是新疆乃至西北地区最大的渔业生产基地,也是中国最大的有机鱼生产水面. 据悉,国家将投资 4 亿元在博斯腾湖建设集旅游、科研、教育、生态保护等为一体的综合性国家湿地公园. 博斯腾湖湿地公园规划区域为博斯腾湖大小湖区以及开都河尾间部分,规划面积为 1573.71 km²,公园分为生态保育区、生态恢复区、科普宣教区、合理利用区和管理服务区 5 大功能区,实行分区建设和管理.

(本刊编辑部供稿)