

# 松嫩平原东部浅层地下水水化学特征及水质评价

高月, 卞建民, 张真真

(吉林大学地下水资源与环境教育部重点实验室, 吉林 长春 1300269)

**摘要:**针对松嫩平原东部浅层地下水环境特征及存在的问题,利用该区地下水水质检测数据进行了水化学特征分析,利用1983年、1993年、2003年及2012年四个时段的地下水水质资料进行了对比分析,水质出现了明显的变化,在此基础上采用支持向量机法进行了水质现状评价。结果表明:第四系潜水及承压水中Fe、Mn含量较高,总硬度最大值1321.12mg/L,溶解性总固体最大值2214.45mg/L,水化学类型均为矿化度不大于1.5g/L的HCO<sub>3</sub>-Ca型水。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>的含量呈现逐年增加的趋势,同时也出现了原来没有的酚、Cr<sup>6+</sup>等有毒物质。潜水、类水样点占总样本的12.03%,类水占总样本的87.97%。承压水、类水占总样本的10.83%,类水占总样本的89.17%。该方法评价结果与综合指数法结果一致率达95%,因此,评价结果可为该区水资源管理提供科学指导。

**关键词:**松嫩平原东部;浅层地下水;水环境;支持向量机

中图分类号:P641.74

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2014)04-0050-05

## 0 引言

近年来,受地质及地球化学环境与人类活动的影响,地下水环境受到不同程度的污染,引发了一系列不良后果。因此,合理保护地下水环境防止其不受污染具有重要意义。

松嫩平原是我国大型的商品粮基地,也是重要的工业和畜牧业生产基地,具有巨大的开发和增产潜力,尤其以东部高平原经济相对密集。20世纪80年代以来,在高强度、不太合理的人类活动作用下,加之气候干旱,地下水开发利用程度较高,水环境问题日益突出。客观地描述水质状态,揭示水环境问题,开展地下水水质评价是地下水资源保护的重要内容,可为防止评价区内水质恶化和制定水资源管理决策提供科学依据<sup>[1-2]</sup>。

目前,有关地下水水质评价的方法较多,其中包括基于模糊综合评价的综合指数法,基于灰色系统的灰色聚类法、灰色关联度法<sup>[3]</sup>、支持向量机法;基于理论的集对分析法、物元可拓法;基于模型的BP神经网络法<sup>[4]</sup>等,它们各具特色,但同时也有各自的适用范围和

局限性<sup>[5]</sup>。本文所选取的支持向量机法,是目前应用越来越广泛的一种水质评价方法,它具备良好的模式分类、识别和非线性映射能力,已广泛应用于模式分类、回归和预测等各类问题,而且,支持向量机计算速度和收敛速度较快、评价精度较高,所需参数较少,避免了传统水质评价方法的不确定性,具有良好的应用前景<sup>[6-7]</sup>。

本文选择松嫩平原东部地区为研究对象,利用实测水质资料对第四系潜水与第四系承压水水化学特征及水质进行分析,在此基础上采用综合指数法与支持向量机法进行水质评价,为该区未来地下水资源管理提供科学指导。

## 1 研究背景及存在的问题

研究区地处小兴安岭—松嫩地块、松嫩平原东部,松嫩中断(坳)陷带东南隆起区,属于典型的东亚大陆性季风气候,多年平均气温3.8℃,多年平均降水量在500~600mm,多年平均蒸发量在1150~1500mm。

东部高平原是由白垩系粉细砂岩与第四系砂及砂砾石组成的双层地下水含水系统<sup>[8]</sup>。该区具有良好的潜

收稿日期:2013-10-11

基金项目:国家自然科学基金项目(41072255)

作者简介:高月(1992-),女,吉林长春人,硕士研究生,主要从事地下水资源评价及保护研究。E-mail:282578376@qq.com

通讯作者:卞建民(1968-),女,吉林长春人,教授,主要从事水资源评价与管理、水循环变异的环境与生态效应、水土环境评价与模拟的研究。

E-mail:bianjianmin@126.com

水和承压水资源,含水层厚度较大,埋藏深度较浅,易开采。区内阶地处孔隙弱承压水分布于松花江阶地,呈带状分布,含水层岩性为中粗砂、砾砂及其砂砾石,含水层厚度 25~35m,局部厚度达 45m,水位埋深在 3~20m;高平原孔隙承压水分布于市区中南部阜岗状高平原区,含水层岩性为中粗砂、砾砂及砂砾石,含水层厚度 5~40m,局部达 45m,水位埋深 1~20m。

由于浅层地下水具有埋深浅、易开采、水质良好的特点,该区的浅层地下水已成为居民用水的重要供水水源。在长时期高强度、不合理的人类活动作用下,加之气候干旱,浅层地下水开发利用程度较高,地下水水质出现了明显变化,水环境问题日益突出。由于东部高平原地区地下水交替迅速,水化学作用尤以淋滤作用为主,元素不易富集,同时该区农业发展迅速,农业施肥通过淋滤作用直接渗入到浅层地下水中,导致该区浅层地下水的离子组分发生变化。同时,近 30 年来,该区经济较为密集,因工业废水排放量逐渐的增加导致了该区水化学类型、总硬度、各离子成分发生了改变。

## 2 数据来源及方法

### 2.1 数据来源

本次评价数据来源于近年开展的地下水污染调查及动态监测数据,评价对象为研究区的第四系中更新统下荒山组潜水和第四系下更新统泰康组承压水。评价指标包括总硬度、溶解性固体、硫酸盐、氯化物、铁、锰、硝酸盐(以 N 计)、 $\text{NO}_2^-$ (以 N 计)和  $\text{NH}_4^+$  9 项。指标的测试工作由黑龙江省地质矿产测试应用研究所完成。

### 2.2 支持向量机原理

支持向量机(Support Vector Machine, SVM)是从线性可分情况下的最优分类面发展而来的<sup>[9]</sup>。基本思想见图 1 所示。

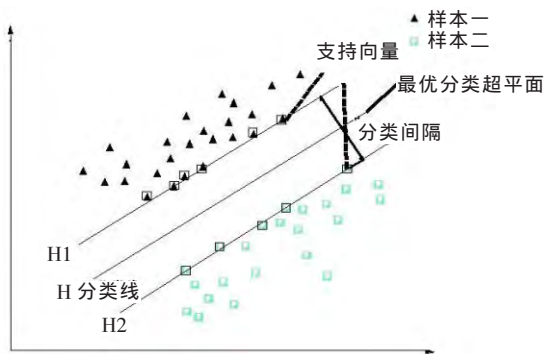


图 1 线性可分情况下的最优超平面及支持向量

Fig.1 Image of optimal hyper plane and support vector in the condition of the linear separable

由图可知,分类线 H 即为我们要寻找的满足分类要求的最优分类超平面。超平面在保证分类精度的同时,能够使超平面两侧的空白区域最大化<sup>[10-11]</sup>,从而使支持向量机能够实现对线性可分数据的最优分类<sup>[12-13]</sup>。对于非线性分类问题,只需引入核函数,即可把非线性问题转化成高维特征空间中进行线性回归问题的求解。

支持向量机相比于其他的机器学习方法,具有通用性、鲁棒性、有效性和计算简单等特点,可以根据有限的样本,得到较高的精度,很好地解决了模型中的过学习、非线性、维数灾难等问题。目前,支持向量机已经广泛应用于语音识别、文本分类、地球物理测井、岩性分类等领域。在水质评价中,选取参与水质评价的指标后,根据地下水环境质量标准(GB5749-2006),得到训练集数据,通过支持向量机进行训练,然后将采样得到的实测数据作为测试集数据,输入到支持向量机中,即可得到采样点对应的水质评价结果。

## 3 结果讨论

### 3.1 地下水化学特征

在自然环境、地质环境及人类活动长期相互作用下,随着地下水的补给、径流、排泄运动,松嫩平原东部地下水中的各种化学元素经过溶滤、迁移、聚集,不断地变化并形成了复杂的地下水化学成分。

潜水中常量组分主要是  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Na}^+$ , 平均含量分别为 293.28mg/L, 102.89mg/L, 35.57mg/L, 其次是  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ , 平均含量分别为 49mg/L, 56.94mg/L, 19.86mg/L; pH 平均值为 7.81, TDS 平均为 665.53mg/L, 总硬度(以  $\text{CaCO}_3$  计)平均为 343.87mg/L。潜水总体呈偏碱性、TDS 较高、属于微硬地下水。潜水中  $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NH}_4^+$  的含量普遍偏高, 平均含量分别达到 0.24mg/L, 0.05mg/L, 0.4mg/L。重金属元素主要是 Fe、Mn, 平均含量分别为 3.89mg/L, 1.04mg/L, 此外, Pb、Cr、Cu 等局域性分布, F<sup>-</sup> 含量平均值为 0.17mg/L。而承压水由于埋藏一般较深,受表生环境因素影响较小,形成了以迁移为主、中性、还原的水文地球化学环境。化学作用以吸附和离子交换为主,各种元素含量随地下水埋藏深度的增加而下降, TDS 呈现减少的趋势。化学成分阴离子也以  $\text{HCO}_3^-$  为主,  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$  和  $\text{NO}_3^-$  局部分布, 阳离子则是以  $\text{Na}^+$  为主, 其次为  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 。

利用 Rock Works 软件绘制第四系潜水、第四系承压水 piper 三线图, 并根据舒卡列夫分类法进行地下

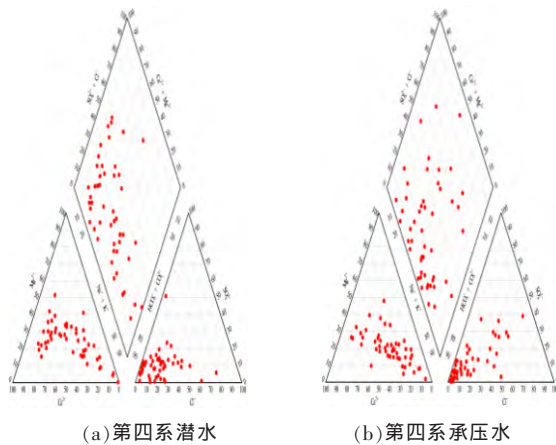


图2 松嫩平原东部地区第四系浅层地下水水化学类型图

Fig.2 Quaternary shallow groundwater water chemistry type graphs of the eastern Songnen plain

水水化学分类,结果如图2所示。

该区地下水化学类型具有多样性,潜水地下水化学类型有27种,承压水水化学类型有19种。其中阳离子以 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Na}^{+}$ 为主,阴离子以 $\text{HCO}_3^{-}$ 和 $\text{Cl}^{-}$ 为主。潜水和承压水水化学类型比例最大的均为1-A型,为矿化度不大于 $1.5\text{g/L}$ 的 $\text{HCO}_3^{-}\text{Ca}$ 型水,其次是4-A型水,为矿化度不大于 $1.5\text{g/L}$ 的 $\text{HCO}_3^{-}\text{Na}\cdot\text{Ca}$ 型水,其它水化学类型相对较少。

在以上水化学特征分析的基础上,选择1983年、1993年、2003年及2012年四个时段的地下水水质资料进行对比,结果见表1、2。

由表可见,在所选取的10项化学指标中,潜水、承

压水的各项数据均随时间发生了明显的变化,水质情况朝着恶化的方向发展。

近40多年来,第四系潜水水质变化主要表现在,水中硫酸盐、氯化物、COD、TDS等指标升高,这些指标的变化主要是由工业污染等因素造成的; $\text{NO}_3^{-}$ 、 $\text{NO}_2^{-}$ 含量显著升高,这是受农业生产影响,同1983年数据相比较,2012年潜水中也出现了原来没有的酚、 $\text{Cr}^{6+}$ 等有毒物质,这表明人类农业活动所使用的化肥、农药通过淋滤作用直接深入潜水中,对水质产生了直接影响。

第四系承压水水质也发生了很大变化,最明显的是氟、铁、锰的升高,导致水质超标,在与潜水联系密切的地区和开采强度较大的漏斗区水质变化明显;硫酸盐、氯化物及硝酸盐变化较大,这是由生活废水随意排放所致;同1983年相比,2012年承压水中同样出现了原来没有的酚、 $\text{Cr}^{6+}$ 等有毒物质,这是由于潜水中的组分通过入渗作用进入承压水所致。

### 3.2 水质现状评价

在对研究区内的浅层地下水水化学特征分析的基础上,依据国家地下水环境质量标准GB5749-2006,采用支持向量机法进行水质评价,利用MATLAB软件平台下的LibSVM工具箱编写程序代码。

首先,采用MATLAB中的Rand()函数构造训练样本,载入测试集数据,应用极差化处理法对数据进行归一化处理,通过对数据参评指标数目与评价准确率进行分析确定了9项指标进行评价,其准确率可达到100%,构造的训练集数据按照如下的格式保存:

表1 松嫩平原东部地区潜水部分测试指标均值(mg/L)

Table 1 The mean values of the partial phreatic water tested items in the eastern Songnen plain (mg/L)

年份	硫酸盐	氯化物	酚	$\text{Cr}^{6+}$	COD	TDS	$\text{NO}_3^{-}$	$\text{NO}_2^{-}$	Fe	Mn
1983	52.97	44.69	0	0	0.92	98.53	12.25	0.046	4.01	0.95
1993	58.5	50.2	0	0	1.25	164.4	12.97	0.048	4.06	0.96
2003	56.32	47.57	0	0.004	1.69	326.5	14.14	0.048	4.08	0.98
2012	56.94	49	0.002	0.004	2.05	665.5	14.93	0.049	4.1	1.04

表2 松嫩平原东部地区承压水部分测试指标均值(mg/L)

Table 2 The mean values of the partial confined water tested items in the eastern Songnen plain (mg/L)

年份	硫酸盐	氯化物	酚	$\text{Cr}^{6+}$	COD	TDS	$\text{NO}_3^{-}$	$\text{NO}_2^{-}$	Fe	Mn
1983	39.63	40.27	0	0	0.52	195.5	11.36	0.02	4.15	0.84
1993	41.58	41.59	0	0	0.85	204.6	11.83	0.029	4.07	0.9
2003	47.92	47.82	0	0	1.26	457.6	12.67	0.002	4.21	0.92
2012	59.37	49.62	0.002	0.004	1.74	648.6	15.93	0.049	4.1	0.95



1	1:15.22841796	2:199.94544227	3:128.84543223	4:128.84543223	5:8.859952267	6:8.812644317	7:8.871777308
1	1:189.4811807	2:144.84764807	3:128.28375468	4:128.28375468	5:8.807322236	6:8.811888849	7:1.14325325
1	1:25.88318855	2:288.8171201	3:119.55548974	4:119.55548974	5:8.849594921	6:8.888841188	7:1.547364824
1	1:11.7888864	2:187.8534549	3:128.96248053	4:128.96248053	5:8.889988785	6:8.888841552	7:1.89997482
1	1:22.41978426	2:227.44189984	3:127.14542163	4:127.14542163	5:8.888885376	6:8.8888417168	7:1.25129347
1	1:45.8257823	2:145.44175788	3:115.82868843	4:115.82868843	5:8.888234828	6:8.8888419	7:1.88984882
1	1:114.88888283	2:185.99472913	3:114.89746594	4:114.89746594	5:8.88888881	6:8.888485488	7:1.9944419
1	1:115.78662362	2:128.28827457	3:128.51928823	4:128.51928823	5:8.888899974	6:8.888841874	7:1.888822849
1	1:18.81395688	2:124.81713948	3:111.88955465	4:111.88955465	5:8.853884428	6:8.81643426	7:1.2238781
1	1:114.8711328	2:127.2238519	3:125.48872823	4:125.48872823	5:8.885444671	6:8.888599428	7:1.888244312
1	1:114.8888828	2:144.8231468	3:124.52442311	4:124.52442311	5:8.88878192	6:8.817555419	7:1.328296448
1	1:158.2468785	2:1127.84548585	3:121.84725494	4:121.84725494	5:8.881998122	6:8.88872284	7:1.57388923
1	1:190.82365822	2:126.22389956	3:128.94899146	4:128.94899146	5:8.871825894	6:8.815282288	7:1.88852979
1	1:11.8234884	2:123.22577794	3:118.47888295	4:118.47888295	5:8.884848833	6:8.88792882	7:1.37328884
1	1:158.81132392	2:155.5137829	3:119.4142726	4:119.4142726	5:8.852133291	6:8.816178282	7:1.81696222
1	1:188.8888233	2:187.72889522	3:127.1891888	4:127.1891888	5:8.882514648	6:8.815181542	7:1.15525238
1	1:195.8887955	3:128.312385	3:115.842125484	4:115.842125484	5:8.81884282	6:8.887542911	7:1.25465211
1	1:115.5139812	2:188.4524884	3:128.84989994	4:128.84989994	5:8.881885864	6:8.888224828	7:1.37875592
1	1:178.8888839	2:118.89162292	3:124.2788484	4:124.2788484	5:8.877888224	6:8.815388144	7:1.7882784
1	1:14.285881429	2:159.87988389	3:124.15429395	4:124.15429395	5:8.882344292	6:8.818984878	7:1.14272817
1	1:181.8995147	2:128.82972371	3:119.74495747	4:119.74495747	5:8.888882328	6:8.888551288	7:1.19827484
1	1:112.8181887	2:145.92469487	3:121.18288883	4:121.18288883	5:8.85482148	6:8.819252287	7:1.2541481
1	1:81.44821958	2:159.88813142	3:128.48188314	4:128.48188314	5:8.815345472	6:8.8887229	7:1.299428
1	1:198.92881547	2:114.2167678	3:126.14882242	4:126.14882242	5:8.82818883	6:8.816478812	7:1.1172255
1	1:188.1248812	2:111.41348758	3:125.45698817	4:125.45698817	5:8.88488818	6:8.815277885	7:1.8828757
1	1:197.8872823	2:1495.8874145	3:174.73388422	4:174.73388422	5:8.152714274	6:8.888487843	7:1.13819472
1	1:1228.4572848	2:1441.7188795	3:1185.8996664	4:1185.8996664	5:8.140574267	6:8.888881417	7:1.32888844
2	1:114.5424885	2:1273.4284139	3:145.48248843	4:145.48248843	5:8.18752714	6:8.88842714	7:1.82165428
1	1:124.7255286	2:1273.2878954	3:152.4482757	4:152.4482757	5:8.151885211	6:8.834813317	7:1.84448413

图3 训练样本数据格式

Fig.3 The data format of the trained sample

SVC 参数选择结果图(3D 视图)[GridSearchMethod]

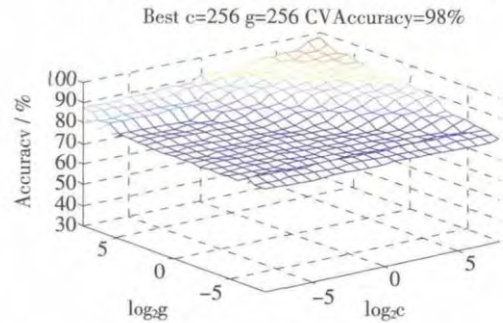
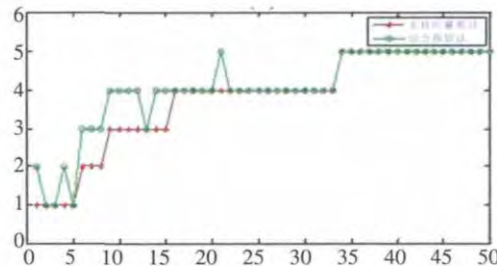
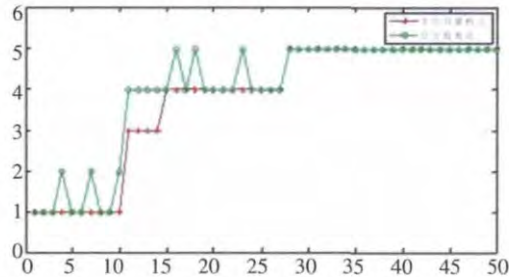


图4 参数寻优结果

Fig.4 The results of parameter optimization



(a) 潜水



(b) 承压水

图5 综合指数法与支持向量机法水质评价结果对比

Fig.5 Comparison between the comprehensive index method and support vector machine method in water quality evaluation results

Label 1:data 2:data 3:data 4:data 5:data 6:data 7:data 8:data 9:data

Label 表示水质分类的类别分别为 1、2、3、4、5;冒号之前数字 1-9 表示参评指标;data 表示各项参评指标的检测值。每类水构造 25 组训练集样本,保存成.TXT 格式,数据格式如图 3 所示;继而为提高评价精度,进行参数寻优,获得最精确的解(图 4)。最后建立模型,将以上得到的最优参数带入模型,训练学习样本;然后将测试集数据代入评价模型中,得到评价结果<sup>[14]</sup>。

由图 4 结果可知,当最优惩罚参数 best C=256,最优内核参数 best g=256 时,评价精度达到最高,准确率达到 98%。

采用验证后的模型进行水质评价,评价结果显示潜水样点、类水占潜水总样本的 12.03%、类水占总样本的 87.97%。承压水样点、类水占承压水总样本的 10.83%、类水占总样本的 89.17%。评价结果表明:该区水质较差,、类比重较大,不经适当处理不能作为生活饮用水。除了受原生地球化学环境影响,Fe、Mn 含量较高外,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>对水质产生了较大影响,主要由于人类不合理的施

用农药、化肥、生活废水随意排放,加上该区工业废水未经正规处理随意排放也对水质产生了很大影响。因此,为保障人体健康,水资源管理部门应当采取措施严格控制生活废水、农业废水、工业废水的随意排放。

在支持向量机法评价的基础上,将其结果与常用的地下水水质评价方法-综合指数法进行了对比,两种评价方法的结果对比曲线如图 5 所示。

由图可知,在随机选取的 50 个样本中,评价结果完全一致的占 95%。鉴于综合指数法是最早应用于地下水水质评价的评价方法之一,它的评价结果的可信度较高,通过两种评价结果的对比可见,支持向量机算法具有在统计样本量较少的情况下获得良好的统计规律和更好的泛化能力的特点,且较综合指数法相比,支持向量机算法操作简捷、方便,只要输入待评价的样本,即可得到评价结果,极大地提高了工作效率,弥补了综合指数法的缺陷,具有很好的推广价值。

#### 4 结论

本文利用松嫩平原东部地区地下水水质检测数

据,分别对该区浅层地下水水化学特征及水质进行分析,对水质现状进行评价,得出以下结论:

(1)通过对研究区地下水检测数据的分析,受原生地球化学环境影响,第四系潜水、第四系承压水中 Fe、Mn 含量较高。潜水总体呈偏碱性、TDS 较高、属于微硬水,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>的含量普遍偏高。重金属元素主要是除了 Fe、Mn 含量较高外,Pb、Cr、Cu 等局域性分布;承压水中各种元素含量随地下水埋藏深度的增加而下降,TDS 呈现减少的趋势,化学成分阴离子也以 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>为主,SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>和 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>局部分布,阳离子则是以 Na<sup>+</sup>为主,其次为 Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>。潜水、承压水主要水化学类型均为矿化度不大于 1.5g/L 的 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>Ca 型水。

(2)1983 年、1993 年、2003 年及 2012 年 4 个时段的水质检测数据表明,第四系潜水与承压含水层中水质变化较大。潜水中,受工业污染的影响,硫酸盐、氯化物、COD、TDS 等指标升高。受农业生产影响,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>含量显著升高,同 1983 年水质数据相比,2012 年潜水中出现了酚、Cr<sup>6+</sup>等有毒物质;承压水中,氟、铁、锰含量升高最明显,硫酸盐、氯化物及硝酸盐变化较大,同时也出现了原来没有的酚、Cr<sup>6+</sup>等有毒物质。

(3)基于支持向量机的地下水水质评价结果显示,本区潜水、Ⅲ类水占总样本的 12.03%,Ⅱ类水占总样本的 87.97%。承压水样点、Ⅲ类水占总样本的 10.83%,Ⅱ类水占总样本的 89.17%,主要以Ⅱ类水为主,占 88%,水质较差,除了受原生地球化学环境影响,Fe、Mn 含量较高外,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>对水质产生了较大影响,主要由工业、农业、生活废水不合理排放所致。该评价结果与综合指数法比较,评价结果一致率达 95%,且支持向量机算法操作简捷、方便、稳定性好,显示了较好的推广和应用价值,避免了传统水质评价方法存在的不足。

#### 参考文献:

- [1] 苏耀明,苏小四.地下水水质评价的现状与展望[J].水资源保护,2007,23(2):4-8. (SU Yaoming, SU Xiaosi. Present situation and prospecting of groundwater quality evaluation [J]. Water Resources Protection, 2007,23(2):4-8. (in Chinese))
- [2] Emery Coppola Jr, Mary Poulton, Emmanuel Charles. Application of artificial neural networks to complex groundwater management problems [J]. Natural Resources Research, 2003,12(4):303-320.
- [3] 曾永,樊引琴,王丽伟,等.水质模糊综合评价法与单因子指数评价法比较[J].人民黄河,2007,29(2):64-65. (ZENG Yong, FAN Yinqin, WANG Liwei, et al. A comparison of fuzzy comprehensive evaluation method with single factor index method in water quality evaluation [J]. Yellow River, 2007,29(2):64-65. (in Chinese))
- [4] 李奇珍,何俊仕.水质综合评价方法探讨[J].人民黄河,2007,29(1):50-53. (LI Qizhen, HE Junshi. A discussion on water quality comprehensive evaluation method [J]. Yellow River, 2007,29(1):50-53. (in Chinese))
- [5] 厉艳君,杨木壮.地下水水质评价方法综述[J].地下水,2007,29(5):19-24. (LI Yanjun, YANG Muzhuang. A review of groundwater quality evaluation methods [J]. Groundwater, 2007,29(5):19-24. (in Chinese))
- [6] 陈琳,刘俊民,刘小学.支持向量机在地下水水质评价中的应用[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(11):221-226. (CHEN Lin, LIU Junmin, LIU Xiaoxue. Application of support vector machine in the groundwater quality evaluation [J]. Journal of Northwest A&F University (Nat. Sci. Ed.), 2010,38(11):221-226. (in Chinese))
- [7] Yoon heesung, Jun Seongchun, Hyun Yunjung, et al. A comparative study of artificial neural networks and support vector machines for predicting groundwater levels in coastal aquifer [J]. Journal of Hydrology, 2011, 396(1-2):128-138.
- [8] 赵海卿,张哲寰,李晓霞,等.松嫩平原地下水资源及其变化[J].干旱区资源与环境,2011,25(5):130-134. (ZHAO Haiqing, ZHANG Zhehuan, LI Xiaoxia, et al. Actuality and change of groundwater resources in the Songnen plain [J]. Journal of Arid Land and Environment, 2011,25(5):130-134. (in Chinese))
- [9] 骆术斌,徐蕾.支持向量机在吉林西部地下水环境质量评价中的应用[J].东北水利水电,2010,(11):26-36. (LUO Shubin, XU Lei. Application of support vector machine on groundwater environmental quality evaluation in western Jilin province [J]. Water Resources & Hydropower of Northeast China, 2010,(11):26-36. (in Chinese))
- [10] Wu K P, Wang S D. Choosing the kernel parameters for support vector machines by the inter-cluster distance in the feature space [J]. Pattern Recognition, 2009,42(5):710-717.
- [11] Vapnik V N. The Nature of Statistical Learning Theory [M]. Berlin: Springer-Verlag, 1995.
- [12] 夏琼,钱家忠,陈舟.基于支持向量机的淮南市浅层地下水水质评价[J].水文地质工程地质,2009,(1):56-59. (XIA Qiong, QIAN Jiazhong, CHEN Zhou. Evaluation of shallow groundwater quality in Huainan based on support vector machine [J]. Hydrogeology & Engineering Geology, 2009,(1):56-59. (in Chinese))
- [13] 王景雷,吴景社,孙景生,等.支持向量机在地下水水位预报中的应用研究[J].水利学报,2003,(5):122-127. (WANG Jinglei, WU Jingshe, SUN Jingsheng, et al. Application of support vector machine in prediction of groundwater level [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2003,(5):122-127. (in Chinese))
- [14] 黄鹤,卢文喜,姜雪.支持向量机在水质评价及水位动态预测中的应用[J].中国农村水利水电,2012,(9):30-33. (HUANG He, LU Wenxi, JIANG Xue. Support vector machine in water quality assessment and prediction of water level[J]. China Rural Water and Hydropower, 2012,(9):30-33. (in Chinese))

(下转第 43 页)

- Guohua, XIE Dongming, DENG Hongbing, et al. On seasonal hydrographic variety and environmental capacity of Poyang Lake [J]. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2011,33(2):388–393. (in Chinese)
- [21] 上海市环境保护局. 上海市环境状况公报 [Z]. 2008. (Shanghai Municipal Environmental Protection Bureau. Report on the State of Environment in Shanghai [Z]. 2008. (in Chinese))
- [22] Huang Lingguang, Xu Ligang, XIA YU. Characteristics of diffuse source N pollution in Lean River catchment [J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2011,10:2437–2443.
- [23] 刘发根,王仕刚,郭玉银,等.鄱阳湖入湖、出湖污染物通量时空变化及影响因素分析(2008–2012年)[J].*湖泊科学*,2014,26(5):641–650. (LIU Fagen, WANG Shigang, GUO Yuyin, et al. Causal analysis of spatial–temporal variation of pollutant fluxes inflow and outflow of Poyang Lake(2008–2012)[J].*Journal of Lake Science*,2014,26(5): 641–650. (in Chinese))
- [24] 郭春晶,周文斌. 鄱阳湖周边几种养殖水体的富营养化现状及对水环境影响 [J]. *南昌大学学报 (理科版)*, 2012,36 (4):380–384. (GUO Chunjing, ZHOU Wenbin. Eutrophic status in the aquaculture water around Poyang Lake and its effects on the water environment[J]. *Journal of Nanchang University (Natural Science)*, 2012,36(4):380–384. (in Chinese))

### Spatial–temporal Variation of Water Quality and Water Level Effect on Water Quality in Poyang Lake

LIU Fagen<sup>1</sup>, LI Mei<sup>2</sup>, GUO Yuyin<sup>1</sup>

(1. *Hydrology Bureau of Poyang Lake, Xingzi 332800, China*; 2. *Hydrology Bureau of Jiangxi Province, Nanchang 330029, China*)

**Abstract:** Based on water quality and water level data from 2008 to 2012, the spatial–temporal variation of water quality in the Poyang Lake was analyzed, and its response to water level change was quantified. The results show: (1) Water quality in the Poyang Lake was in deterioration since 2007, and was better in high water period because wetlands can degrade pollutants than in low water period. But sometimes the water quality went worse while the water level rose because the first flush contained many non–point source pollutants; (2) Significantly influenced by upstream pollutants from the Leanhe River and Xinjiang River, the spatial distribution of water quality shows an improving trend from the upper reach to the outlet in the main channel of the Poyang Lake, and also influenced by pollutants from counties nearby and internal pollutants from sediments during dredging; (3) A water quality and water level relationship formula was established, which shows the proportion of grade ~ standard water in the Poyang Lake would increase by 6.2%, if the water level at the Xingzi station rise 1 m.

**Key words:** water quality; spatial–temporal variation; water level; Poyang Lake

(上接第 54 页)

### Shallow Groundwater Quality Evolution and Status Evaluation in the Eastern Songnen Plain

GAO Yue, BIAN Jianmin, ZHANG Zhenzhen

(*Key Laboratory of Groundwater Resources and Environment, Ministry of Education, Jilin University, Changchun 130026, China*)

**Abstract:** Aiming at the shallow groundwater water environment characteristics in the eastern Songnen Plain, the chemical characteristics of the water were analyzed with the monitored groundwater. Analysis was made by comparing the groundwater quality data in 1983, 1993, 2003 and 2012, it was found that the water quality changed a lot. On this basis, support vector machine was used to assess the water quality. The results show that the content of Fe, Mn in the phreatic water and confined water of quaternary is much higher, the maximum of total hardness is 1321.12mg/L, the maximum of total dissolved solids is 2214.45mg/L, and the hydrochemical types are both not greater than 1.5g/L of HCO<sub>3</sub>-Ca type. The content of nitrate, ammonium, chloride and sulfate was rising. At the same time, phenol and Cr<sup>6+</sup> and other toxic materials did not appear in the water. , , grade phreatic water samples accounted for 12.03% of the total, , class accounting for 87.97% of the total. , , class confined water samples accounted for 10.83% of the total, , class accounting for 89.17% of the total. The results of the evaluation method are 95% consistent with the comprehensive index method. Therefore, the water quality evaluation result can provide a scientific guidance for water resources managing department.

**Key words:** eastern Songnen Plain; shallow groundwater; water environment; support vector machine