

# 环鄱阳湖地区浅层地下水化学特征及成因分析

杨涛<sup>1,2</sup>, 王世杰<sup>1</sup>, 陈生华<sup>3</sup>

(1. 中国科学院地球化学研究所, 环境地球化学国家重点实验室, 贵州贵阳 550002; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049; 3. 贵州省贵阳市国土资源局, 贵州贵阳 550003)

**摘要** [目的]分析环鄱阳湖地区浅层地下水化学特征及成因。[方法]于2010年对环鄱阳湖地区7个县市的地下水水质状况进行调查,从矿化度、硬度、水化学类型等方面对鄱阳湖区域不同地区浅层地下水水质状况进行分析对比,揭示区域浅层地下水水质现状及其变化特征与原因。[结果]环鄱阳湖地区地下水水质指标除pH外均较好,均属I类水质标准;其中南昌市矿化度、硬度、电导率、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 为最高值,都昌县pH和 $\text{SO}_4^{2-}$ 为最高值,鄱阳县 $\text{Mg}^{2+}$ 和pH为最低值,永修县硬度、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$ 为最低值,进贤县 $\text{Na}^+$ 、矿化度和电导率为最低值。江西整体经济发展水平不高是环鄱阳湖地区地下水水质较好的主要原因;南昌市地下水多项水质指标最大,甚至趋于II类水质标准,是由于经济发展水平较高,人类活动起决定性作用。[结论]该研究为区域浅层地下水管理对策提供依据。

**关键词** 环鄱阳湖区;浅层地下水;化学特征;成因

中图分类号 X523 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2012)01-00405-03

## Analysis on the Hydrochemical Characteristics of Shallow Groundwater and Cause of Formation around Poyang Lake Area

YANG Tao et al (State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, Guizhou 550002)

**Abstract** [Objective] The aim was to analyse the hydrochemical characteristics of shallow groundwater and cause of formation around Poyang Lake area. [Method] The quality of shallow groundwater under seven counties or cities around Poyang Lake area was investigated in 2010, and compared among different regions from salinity, hardness, conductivity, water chemistry type and so forth, so as to reveal the status quo, change characteristics and reasons of shallow groundwater. [Result] Except for pH, other water quality indicators of shallow groundwater around Poyang Lake area were better, attaining Class I water quality standards. Among these regions, the salinity, hardness, conductivity,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  and  $\text{HCO}_3^-$  concentration of shallow groundwater in Nanchang city were up to the maximum value, while pH and  $\text{SO}_4^{2-}$  concentration were the highest in Duchang County;  $\text{Mg}^{2+}$  concentration and pH were the lowest in Poyang County, and hardness,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{Cl}^-$  concentration in Yongxiu County reached the minimum value, while  $\text{Na}^+$  concentration, salinity and conductivity were the lowest in Jinxian County. In addition, the better quality of groundwater around Poyang Lake area was closely related to the low level of economic development in Jiangxi Province. Meanwhile, many water quality indices in Nanchang City reached the maximum value, and even tended to Class II water quality standards, which resulted from the high level of economic development and decisive role of human activities. [Conclusion] The research could provide references for the establishment of management strategies for regional shallow groundwater.

**Key words** Area around Poyang Lake; Shallow groundwater; Chemical characteristics; Cause of formation

地下水资源在我国水资源中占有举足轻重的地位,据计算我国可更新地下淡水资源总量为8700亿 $\text{m}^3$ ,占我国水资源总量的31%,其中地下淡水开采资源为2900亿 $\text{m}^3$ [1]。浅层地下水是地下水的重要组成部分[2],研究浅层地下水化学特征不仅有助于科学地认识区域地下水的水质及其分布状况,而且对于区域地下水资源的可持续开发利用和综合管理也起到了指导作用[3]。

近几年来,随着经济的迅速发展,工业废水及城市生活污水通过排污渠、排污河沿途渗漏等途径进入地下水系统,使得浅层地下水受到不同程度的污染[2]。由于人类活动的长期影响,在整个世界范围内,地下水环境均表现出不断恶化的趋势,其中最为突出的是地下水水量衰竭和地下水水质污染[4-5],近年来地下水污染已引起了各国的广泛关注[6-7]。冶雪萍等在研究拜泉镇城区地下水化学时指出该地区地下水已受到人类活动影响而造成污染[8];何晓文等在研究淮南矿区浅层地下水水质中提出该矿区浅层地下水已遭到不同程

度污染,尤其在矿业开发区及城镇密集区[9]。为了减少或避免这些环境地质问题继续发生,必须要坚持合理开发利用地下水资源。目前对鄱阳湖流域地表水研究较多,但对浅层地下水化学特征研究显得尤为不足。为此,笔者从矿化度、硬度、水化学类型等方面对鄱阳湖区域不同地区浅层地下水水质状况进行分析对比,揭示区域浅层地下水水质现状及其变化特征与原因,以期对区域浅层地下水管理对策提供依据。

## 1 材料与方法

**1.1 研究区域** 鄱阳湖位于江西北部,跨南昌、新建、进贤、余干、鄱阳、都昌、湖口、九江、星子、德安和永修等市县。气候属于亚热带季风气候,雨量充沛。湖区四周群山(丘)环绕,中部多为谷地、丘陵及盆地,地势由南向北逐渐降低,构成一个向北开口的箕状盆地的格局。根据地下水的赋存条件、水理性质及水力特征,区内地下水类型有松散岩类孔隙水、碳酸盐岩类岩溶裂隙水、基岩裂隙水和红色碎屑岩溶裂隙水4类。该研究选取湖区周边具有代表性的7个县市地下水,每个县市各取3个采样点(图1)。

**1.2 材料与方法** 根据环鄱阳湖地区工、农业分布情况,选取具有代表性地下水作为研究对象。于2010年1~12月每月对环鄱阳湖的永修县、星子县、都昌县、鄱阳县、余干县、进贤县、南昌市的地下水水质状况进行调查。pH、电导率、TDS等参数在现场用HACH便携式现场分析仪进行测定,水样采集

**基金项目** 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-306);国家重点基础研究发展规划项目(2006CB403200);国际科技合作资助项目(2006DFB91920);“十一五”国家科技支撑计划重点项目(2007BAB23C02)。

**作者简介** 杨涛(1975-),男,甘肃天水人,博士研究生,研究方向:环境地球化学, E-mail: yangtaogydhs@163.com。

**收稿日期** 2011-10-08



图1 环鄱阳湖地下水采样点

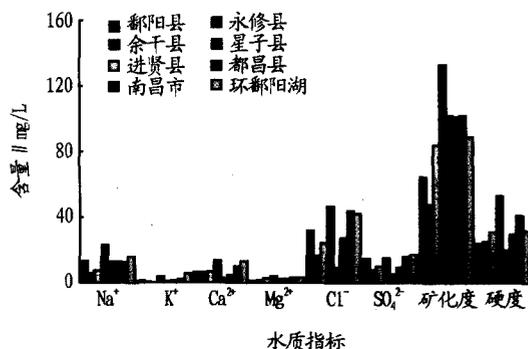


图2 环鄱阳湖地区地下水水质指标

2.2 环鄱阳湖地下水化学特征 环鄱阳湖地下水 pH 总体偏低,平均为 5.98,而鄱阳县 pH 出现异常,低于 4.78;南昌市矿化度、电导率和离子浓度出现明显差异。通过分析调查数据(图 3)可知,环鄱阳湖地下水总体矿化度为 47.95 ~ 133.45 mg/L,属弱矿化度水;硬度为 20.30 ~ 53.30 mg/L,属软水类型;阳离子以  $Ca^{2+}$  为主,阴离子以  $HCO_3^-$ 、 $Cl^-$  为主。南昌市地下水测量指标除 pH 和  $SO_4^{2-}$  外均为最高值。环鄱阳湖矿化度平均值为 89.04 mg/L,南昌市地下水矿化度为 133.45 mg/L;环鄱阳湖平均硬度为 32.70 mg/L,南昌市为 53.30 mg/L;环鄱阳湖平均电导率为 178.99  $\mu S/cm$ ,南昌市为 263.39  $\mu S/cm$ ;环鄱阳湖  $Na^+$  平均浓度为 13.02 mg/L,南昌市为 23.54 mg/L;环鄱阳湖  $K^+$  平均浓度为 1.77 mg/L,南昌市为 4.08 mg/L;环鄱阳湖  $Ca^{2+}$  平均浓度为 8.18 mg/L,南昌市为 14.07 mg/L;环鄱阳湖  $Mg^{2+}$  平均浓度为 2.94 mg/L,南昌市为 4.35 mg/L;环鄱阳湖  $Cl^-$  平均浓度为 29.10 mg/L,南昌市为 46.81 mg/L。鄱阳县 pH 为 4.78,水质酸性较强。

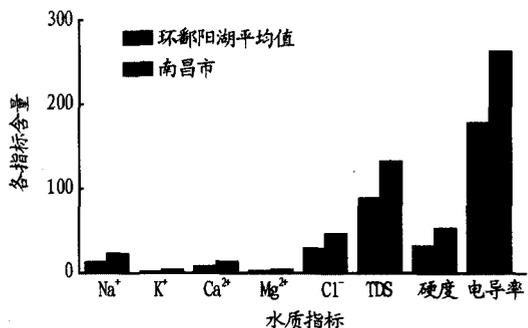


图3 南昌市地下水化学指标与环鄱阳湖平均值对比

2.3 地下水化学成因分析

2.3.1 环鄱阳湖地下水化学成因分析。环鄱阳湖地区 pH 为 4.78 ~ 6.78,水质偏酸性,一方面由于江西属于重碳酸盐型地区;另一方面由于矿产资源丰富。鄱阳湖地区是江西北部重要的有色金属、非金属、燃料矿产资源区之一,已发现矿产 50 多种,矿床 400 余处。矿山在开采过程中产生大量矿山废石,堆放在一起的矿山废石中含有大量碳酸盐和硫化物,经过时间的累积,通过细菌微生物的作用,不断释放出  $CO_2$ 、 $SO_2$  和  $SO_3$ ,一部分以碳酸盐和硫酸盐的形式溶解在水里,通过渗透作用进入浅层地下水使水质偏酸;另一部分以  $CO_2$  和  $SO_2$  形式逸散到大气中形成酸雨,直接或间接渗透到

后经现场 0.45  $\mu m$  滤膜抽滤,装入干净的离心管(50、15 ml 离心管,离心管用稀硝酸浸泡过夜,并用二次去离子水润洗,烘干),一部分加硝酸酸化 pH < 2 用于阳离子的测定,另一部分不加酸用于阴离子的测定。阴离子采用离子色谱仪(离子色谱/IC861 + 831)进行测定,阳离子采用原子吸收分光光度计(AA800 原子吸收分光光度计,美国 PE 公司)进行测定。

2 结果与分析

2.1 环鄱阳湖地下水化学指标统计 环鄱阳湖地下水化学指标统计结果表明,不同地区的地下水 pH、矿化度、硬度、电导率和阴阳离子浓度变化存在显著差异(图 2)。环鄱阳湖地下水  $Na^+$  变化范围为 6.19 ~ 23.54 mg/L,  $K^+$  为 0.33 ~ 4.08 mg/L,  $Ca^{2+}$  为 3.50 ~ 14.07 mg/L,  $Mg^{2+}$  为 1.66 ~ 4.35 mg/L,  $SO_4^{2-}$  为 5.72 ~ 16.29 mg/L,  $Cl^-$  为 10.07 ~ 46.81 mg/L,  $HCO_3^-$  为 0.45 ~ 34.05 mg/L; pH 为 4.78 ~ 6.78,矿化度为 47.95 ~ 133.45 mg/L,硬度为 20.30 ~ 53.30 mg/L,电导率为 96.43 ~ 263.39  $\mu S/cm$ 。根据 GB/T 14848 - 93 地下水水质标准(表 1),环鄱阳湖地下水水质总体较好,除鄱阳县 pH 偏酸性之外,其他指标均属于 I 类标准。在所研究的 7 个县市中南昌市矿化度、硬度、电导率、 $Na^+$ 、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Cl^-$ 、 $HCO_3^-$  为最高值,都昌县 pH 和  $SO_4^{2-}$  为最高值,鄱阳县  $Mg^{2+}$  和 pH 为最低值,永修县硬度、 $K^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Cl^-$  为最低值,进贤县  $Na^+$ 、矿化度和电导率为最低值。

表1 GB/T 14848 - 93 地下水水质标准

Table 1 GB / T 14848 - 93 groundwater quality standards

水质标准	总硬度	总溶解性	硫酸盐	氯化物	pH
	mg/L	固体//mg/L	mg/L	mg/L	
I类	≤150	≤300	≤50	≤50	6.5~8.5
II类	≤300	≤500	≤150	≤150	6.5~8.5
III类	≤450	≤1 000	≤250	≤250	6.5~8.5
IV类	≤550	≤2 000	≤350	≤350	5.5~6.5、8.5~9.0
V类	>550	>2 000	>350	>350	<5.5、>9.0

浅层地下水。

环鄱阳湖地下水除 pH 外,水质较好。江西属经济落后地区,水环境受工业“三废”影响较小,水质变化主要受农业影响。但环鄱阳湖地区生产水平低,虽然近年发展较迅速,但江西一直坚持既要金山银山,更要绿水青山的发展思路,生态环境保护较好。

**2.3.2 南昌市地下水化学成因分析。**南昌市为江西省会城市,较江西其他地区经济较发达,人类活动在水质变化中起重要作用<sup>[10-13]</sup>。影响地下水 TDS 的主要因素包括土壤成分、生活污水和工业废水、生活垃圾和工业废渣等<sup>[14-15]</sup>,水中硫化物和氯化物含量增高多是由人类活动造成<sup>[16]</sup>。我国中小城市地下水氯化物平均含量与人口密度有关,据 2009 年人口普查,全省人口密度为 260 人/km<sup>2</sup>,南昌市为 613 人/km<sup>2</sup>,人口密度较大。对于南昌这种现代化城市,自然因素的影响远不及工业活动对环境的牵引作用。高速发展的经济过程必然会产生许多工业废水废渣等,对环境造成一定影响。产生的工业废水和人类活动产生的生活污水通过地表渗透进入地下水系统,对浅层地下水造成污染。部分工业废水以明渠排放为主,由于生活污水和工业废水超标排放,随大气降水下渗,通过一系列物理化学和生物化学作用,使地下水水质受到影响。另外工业废渣、废水处理后的泥渣等,由于降水入渗淋滤,形成被污染的淋滤水,其中含有大量的有机和无机污染物,溶解性总固体含量很高,使地下水水质受到影响。

### 3 结论

(1)环鄱阳湖地区地下水水质指标除 pH 外均较好,均属Ⅰ类水质标准,江西整体经济发展水平不高是重要因素。

(2)环鄱阳湖地下水水质偏酸性,一方面由于江西地质属重碳酸盐型,另一方面由于矿产资源丰富。

(3)南昌市矿化度、硬度、电导率、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、

Cl<sup>-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 为最高值,都昌县 pH 和 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 为最高值,鄱阳县 Mg<sup>2+</sup> 和 pH 为最低值,永修县硬度、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup> 为最低值,进贤县 Na<sup>+</sup>、矿化度和电导率为最低值。

(4)南昌市地下水多项水质指标最大,甚至趋于Ⅱ类水质标准,是由于经济发展水平较高,人类活动起决定性作用。

### 参考文献

- [1] 王雪艳,张忠萍.基于电导率与 TDS 及全盐量的关系研究[J].黑龙江水利科技,2008,36(1):7-8.
- [2] 何晓文,蒋蓉,许光全,等.淮南矿区浅层地下水水质分析与评价[J].水文,2010,30(4):18-22.
- [3] 董维红,苏小四,侯光才,等.鄂尔多斯白垩系盆地地下水矿化度和主要离子浓度的分布规律[J].水文地质工程地质,2008(4):11-16.
- [4] 马振民,石冰,高宗军.泰安市地下水污染现状与成因分析[J].山东地质,2002,18(2):24-28,41.
- [5] MURRAY K S, ROGERS D T. Groundwater vulnerability, brownfield redevelopment and land use planning[J]. Journal of Environmental Planning and Management, 1999, 42(6): 801-810.
- [6] SPALDING R F, EXER M E. Occurrence of nitrate in groundwater - a review[J]. J Environ Qual, 1993, 22: 392-402.
- [7] OWENS L B, EDWARDS W M, Van KEUREN R W. Groundwater nitrate levels under fertilized grass and grass-legume pastures[J]. J Environ Qual, 1994, 23: 752-758.
- [8] 冶雪萍,王立媛,王福刚,等.拜泉镇城区地下水化学特征分析[J].水利科技与经济,2010,16(10):1173-1176.
- [9] 何晓文,蒋蓉,许光全,等.淮南矿区浅层地下水水质分析与评价[J].水文,2010,30(4):18-22.
- [10] 曹建廷,王苏民,沈吉,等.近 40 年来内蒙古岱海水位下降的主要原因[J].干旱区研究,2009,19(1):1-6.
- [11] 秦伯强.近百年来亚洲内陆湖泊演变及其原因分析[J].湖泊科学,1999,11(1):11-19.
- [12] 胡安炎.流域气候变化和人类活动对内陆湖泊影响的分析[J].干旱区资源与环境,2007,21(5):1-5.
- [13] 高华中,贾玉连.西北典型内陆湖泊近 40 年来的演化特点及机制分析[J].干旱区资源与环境,2005,19(5):93-96.
- [14] 崔亚莉,张德强,邵景力,等.地下水浅埋区土壤水 TDS 变化规律分析[J].水土保持学报,2004,18(1):185-188.
- [15] 昌熙.宿州市埇桥区地下水硬度的平面分布特征及其成因分析[J].宿州学院学报,2010,25(8):26-29.
- [16] 吴旭东.蚌埠市区浅层、中层地下水硬度、氯化物、硫酸盐、溶解性总固体增高机理探讨[J].水文地质工程地质,1998(5):30-32.

(上接第 394 页)

量越大,也就是越靠近支流干道的地方提取效果越好。而在更小的支流末梢(椭圆圈中),则无法提取。

### 3 结语

基于 DEM,根据水文分析的基本原理,运用 ArcGIS ModelBuilder 构建大凌河流域地表水文模拟模型,实现洼地深度、流域边界和流域内河网的自动提取。这样既大大减少了地表水文模拟的工作量,也为填洼阈值和河网提取阈值的选择提供了更好的工具。在模拟中,由于缺乏数据,仅客观地模拟了大凌河及主要支流的河网,但旁系小支流末梢的提取效果有待改进。如果后续能取得大凌河流域全部河流的总长度,可以由拟合的乘幂函数反解出来更加客观的阈值,使提取的效果也更加符合客观情况。

### 参考文献

- [1] 汪成为.虚拟现实和分布交互仿真[J].计算机研究与发展,1998,35(12):1058-1063.
- [2] 唐从国,刘从强.基于 ArcHydroTools 的流域特征自动提取——以贵州省内乌江流域为例[J].地球与环境,2006,34(3):30-36.
- [3] 汤国安,刘学军,闫国年,等.数字高程模型及地学分析的原理与方法[M].北京:科学出版社,2005:243-251.
- [4] GREENLEE D D. Raster and vector processing for scanned linework[J]. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1987, 53(10):1383-1387.
- [5] 贺丹,曹佳云,付晓婷,等.基于 ArcGIS 图解建模的水系自动提取研究[J].地下水,2011,33(3):128-130.
- [6] 汤国安,陈正江,赵牡丹,等. ArcView 地理信息系统空间分析方法[M].北京:科学出版社,2002:158-166.
- [7] 徐亚菲,李向新,赖金富,等.基于 DEM 和 ArcGIS 的水文信息提取方法研究[J].科技情报开发与经济,2008,18(6):135-136.
- [8] 赵亚萍,黄岩,邱道持.数字流域河网提取中的阈值问题研究[J].信阳师范学院学报,2008,21(2):232-235.