

鄱阳湖流域水化学主离子特征及其来源分析*

胡春华^{1,2} 周文斌^{1,2**} 夏思奇^{1,2}

(1. 南昌大学鄱阳湖环境与资源利用教育部重点实验室, 南昌, 330029;

2. 南昌大学环境与化学工程学院, 南昌, 330031)

摘要 系统采集了鄱阳湖流域湖水、河水,分析测定各单元水体主离子组成.结果表明,鄱阳湖流域枯水期主离子浓度大于丰水期主离子浓度,TDS集中在60—100 mg·L⁻¹,属于弱矿化度水;总硬度浓度40—60 mg·L⁻¹,属于软水;其中Ca²⁺和SO₄²⁻是占绝对优势的离子,分别占阳离子和阴离子总量的45.0%和47.5%.湖区阴离子主要以SO₄²⁻和Ca²⁺为主,湖区的水化学类型为HCO₃⁻-Ca²⁺和SO₄²⁻-Ca²⁺;河流的阴离子以SO₄²⁻、HCO₃⁻和Ca²⁺为主,其水化学类型为受碳酸盐岩和蒸发岩溶解作用的影响较大的HCO₃⁻-SO₄²⁻-Ca²⁺.鄱阳湖流域丰水期受大气降水和岩石风化影响显著,枯水期由于降雨量大大减少,鄱阳湖流域水化学成分此时主要受岩石风化和蒸发沉淀作用的影响,此时组分点分布在Gibbs图的中部偏向蒸发-沉积区域.通过SPSS软件做离子的相关性分析,各离子之间的相关系数都呈正相关,说明它们之间有共同的来源;各个离子与各产业之间的相关性均为负,除SO₄²⁻与第一产业和第二产业的相关性达到|r|>0.3,人类活动对水化学类型影响很小.

关键词 鄱阳湖流域, 主离子, 水化学类型, Gibbs, 相关性.

鄱阳湖是我国第一大淡水湖,流域气候属亚热带湿润季风型气候,地表水主要来自大气降水.流域水化学研究可以反映流域的水体化学组成成分、地质岩性、大气降水、气候以及人类活动等重要因素对流域的影响,对流域的水质评价、利用方式和生态环境保护 and 建设都有重要的意义^[1-2].

国内外学者对天然水的化学成分及其在时空上的分布和演变进行了大量的研究^[3-5],研究表明,流域水化学不仅可以分析流域水质的时空变化特征^[6],而且可以提供有关流域的水体循环规律、资源量组成等水动力环境方面的信息^[7-8],更好地揭示水体与环境的相互作用机制^[9],对流域水体的离子化学含量特征及空间分布的研究以及确定流域溶质的地球化学来源、区域的化学风化作用和水文地球化学的关系具有重要的作用^[10-11].

研究鄱阳湖流域水化学主离子特征、水化学特征,分析出鄱阳湖水化学的主要控制因素,对进一步研究鄱阳湖的水体循环规律、地质岩性、量化人类活动对水化学主离子的影响等有重要的指导意义.

1 实验部分

1.1 研究区域

鄱阳湖水系涉及的范围南北长约620 km,东西宽约490 km,流域面积162225 km².鄱阳湖湖水补给的主要来源是河水和降水,其次是地下水.主要河流有赣江、抚河、信江、饶河、修水,上述5条水系的径流量占鄱阳湖总径流量的89.5%.

鄱阳湖流域地层发育齐全,最古老的地层是元古界双桥山群地层,为一套泥沙质碎屑岩及火山碎屑岩建造,广泛分布于北部地区^[12-15].流域内超基性岩、基性岩、中性岩、中酸性岩和碱性岩均有出露,其中以酸性-中酸性岩较为重要,特别是花岗岩在全流域分布广泛.流域区域变质岩、接触变质岩、错动变质岩均有发育,其中以区域变质岩分布最广.赣江流域主要以花岗岩、红岩为主,抚河流域为强烈侵蚀的

2010年11月21日收稿.

* 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008zx07526-008-03);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);国家自然科学基金(40672159,41040032)资助.

** 通讯联系人, E-mail:wbzhou@ncu.edu.cn

岩浆岩和碎屑岩,信江流域以红砂岩为主,饶河流域主要以变质岩和花岗岩为主,修水流域主要以花岗岩和变质岩为主.

1.2 样品采集

分别于2009年1月(枯水期)和2009年7月(丰水期)对鄱阳湖流域进行采样布点,系统采集了鄱阳湖五大河流(赣江、抚河、修水、信江、饶河)的河水,以及湖区的湖水.为研究五大河流对鄱阳湖主离子的影响,对五大河流的下游地区(即入湖口地区)进行采样分析,数据取丰枯水期的平均值研究鄱阳湖流域内水化学主离子的成分,为了形象表征鄱阳湖流域的水化学类型运用三相图分析其水化学主离子成分.丰枯水期采样布点如图1所示,五大河流主要研究其中下游河段,湖区根据水位变化采集且布点相对均匀.

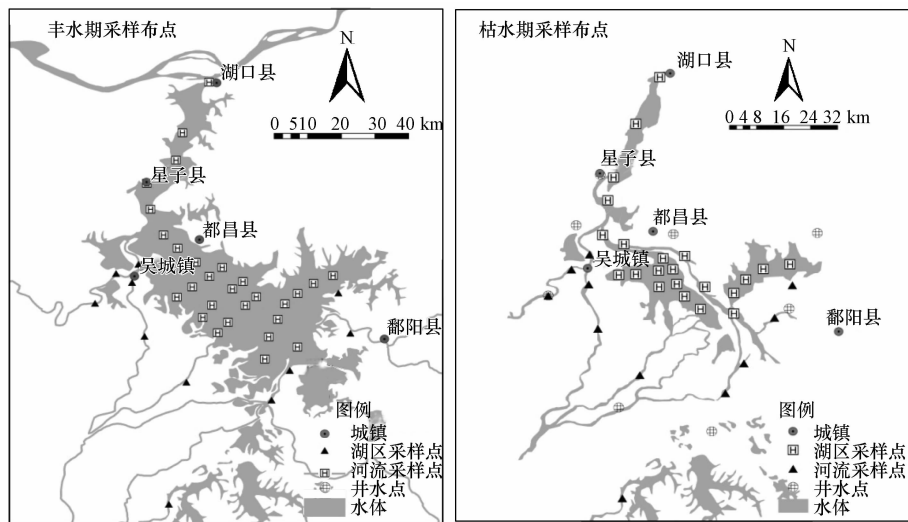


图1 采样布点图

Fig. 1 Maps showing the sampling sites in Poyang Lake

1.3 离子含量分析

现场测定了水样的水温、pH值,并运用HCl滴定法测定了水中 HCO_3^- 的含量.采样容器使用50 mL离心管,样品经 $0.45\ \mu\text{m}$ 滤膜过滤之后,分为两部分,一部分加入优级纯浓硝酸酸化用于测定阳离子(Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+}),未加酸部分用于测定阴离子(Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-}),密封保存,带回实验室置于 $0-4\ ^\circ\text{C}$ 冰箱保存.阳离子用原子吸收分光光度计(AAS800,美国PE公司)进行测定,阴离子使用离子色谱仪测定.测试相对标准偏差在 -5% 到 $+5\%$ 之间,数据的精度和准确度均符合要求.

2 结果与讨论

2.1 鄱阳湖流域水化学特征

2.1.1 主要离子成分

鄱阳湖流域主要离子组成如表1所示,TDS(以溶解于水中主要离子之和来表示天然水的矿化度)枯水期、丰水期的浓度范围分别为 $41.18-158.46\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $44.03-72.62\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$;其平均浓度分别为 $93.16\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $61.32\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,TDS在 $60-100\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间,属于弱矿化度水.总硬度(以 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 浓度合计)枯水期、丰水期的浓度分别为 $26.57-163.79\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $26.18-48.22\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,平均浓度分别为 $71.67\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $36.46\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,主要集中在 $40-60\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 之间,属于软水.

枯水期的离子浓度比丰水期的离子浓度大.阳离子质量浓度从大到小依次为: Ca^{2+} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} ,其中枯水期平均浓度分别为 19.79 、 13.02 、 8.23 、 $5.32\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,丰水期平均浓度分别 10.86 、 7.81 、 2.94 、 $2.23\ \text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$;阴离子质量浓度从大到小依次为: SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 HCO_3^- 、 NO_3^- ,枯水期平均浓度 20.98 、

12.61、12.19、1.20 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$, 丰水期平均浓度 13.95、13.45、9.92、0.92 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. 总体而言, 鄱阳湖流域水体中 Ca^{2+} 和 SO_4^{2-} 是占优势的离子, 分别占阳离子和阴离子总量的 45.0% 和 47.5%; 其次是 Na^+ 和 Cl^- , 分别占阳离子和阴离子总量的 30.0% 和 35.6%.

从河流上分析, 枯水期 SO_4^{2-} 在饶河和信江流域出现高值, 赣江流域的 HCO_3^- 含量较其它流域高 (其浓度为 22.03 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$); 此外, Ca^{2+} 浓度在饶河中最高, 其浓度为 39.76 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. 饶河与其它流域相比各项离子浓度普遍较高 (TDS 浓度分别为 158.46 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$); 其次是信江流域和赣江流域, 它们 TDS 的浓度分别为 102.73 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 101.17 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$; 抚河和修水流域的各项离子浓度相差不大. 丰水期各个流域的各项离子浓度相差不大.

表 1 鄱阳湖流域水体丰、枯水期主要离子组成 ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$)

Table 1 The composition of main ions in flood and dry season of Poyang Lake catchment

流域	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	HCO_3^-	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	TDS	硬度
赣江	15.34	18.02	1.37	22.03	13.99	3.40	23.55	3.46	101.17	73.29
枯 抚河	7.76	4.76	0.86	9.31	5.60	3.44	7.66	1.78	41.18	26.57
水 信江	34.87	15.49	0.91	10.44	9.95	3.72	22.97	4.38	102.73	75.68
期 饶河	39.90	16.68	0.95	11.35	29.72	4.66	39.76	15.46	158.46	163.79
修水	7.02	4.17	0.37	18.62	6.06	27.92	7.04	2.20	73.38	26.74
湖区	21.00	16.53	2.72	1.39	12.79	6.23	17.75	4.65	82.04	63.87
赣江	11.25	16.58	1.15	8.78	6.20	1.24	10.01	2.71	57.91	36.33
丰 抚河	10.76	5.36	0.00	8.63	6.57	1.52	9.50	1.69	44.03	30.77
水 信江	17.36	9.27	0.87	9.99	7.26	5.58	12.15	2.06	64.53	38.96
期 饶河	18.07	10.24	1.11	9.53	8.15	4.99	11.73	2.16	65.97	38.30
修水	7.36	25.85	0.44	11.35	7.24	1.15	7.91	1.54	62.82	26.18
湖区	14.26	13.40	1.98	11.27	11.44	3.15	13.88	3.25	72.62	48.22

2.1.2 水化学时空分布特征

利用水化学三角图可以表明水体主离子组成变化, 体现不同水体的化学组成特征, 从而辨别其控制单元^[10-11]. 在阳离子 Ca^{2+} - Mg^{2+} -(Na^+ + K^+) 组成的三角图中, 流经碳酸盐的地区的部分组分点落在 Ca^{2+} -(Na^+ + K^+)- Ca^{2+} 线上, 且偏向 (Na^+ + K^+) 端元, 说明流域主要受蒸发岩的影响^[16-19]. 图 2 指示鄱阳湖流域河水的阴阳离子组成. 丰水期与枯水期河水的水化学特征存在差异, 图 2B 显示河水的阳离子组分分布在 (Na^+ + K^+)- Ca^{2+} 线上并且靠近 Ca^{2+} 一端, Mg^{2+} 含量比较稳定, 浓度范围集中在 8.6%—10.4%; 阴离子 SO_4^{2-} 是其占优势的离子, 如图 2A 所示, 丰水期河水阴离子主要分布在三角图的中央略靠近 HCO_3^- - SO_4^{2-} 线上, 个别点出现在 Cl^- 一端, 且分布没有规律; 枯水期河水阴离子大部分的数据点靠近 HCO_3^- 的一端, SO_4^{2-} 作用很小. 综上所述, 河流的阴离子以 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 为主, 其水化学类型为受碳酸盐岩和蒸发岩溶解作用的影响较大^[20]的 HCO_3^- - SO_4^{2-} - Ca^{2+} .

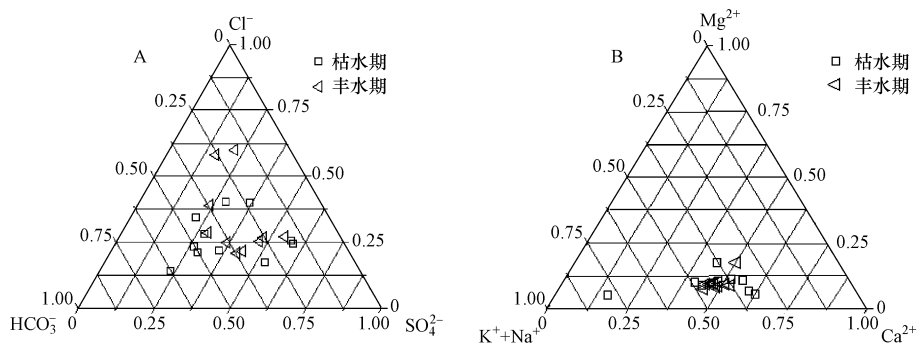


图 2 鄱阳湖流域河水的主要离子组成三角图

A. 阴离子; B. 阳离子

Fig. 2 Ternary graphs of major ions in river waters in Poyang Lake catchment

图 3 指示鄱阳湖流域湖水阴阳离子组成. 如图 3A 显示, 鄱阳湖湖水丰水期阴离子主要集中在正三角形的中央, 阴离子各组分的浓度由大到小的顺序为 $\text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^- > \text{Cl}^-$, 3 种离子的含量相差不大, 枯水期湖水阴离子数据点主要落在 $\text{SO}_4^{2-}-\text{Cl}^-$ 线上, 并靠近 SO_4^{2-} 一端, 阴离子浓度由大到小的顺序为 $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$, SO_4^{2-} 是鄱阳湖湖水的主要控制因素; 如图 3B 显示, 丰枯水期阳离子主要落在 $(\text{Na}^+ + \text{K}^+) - \text{Ca}^{2+}$ 线上, Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子浓度变化不大, 丰水期阳离子 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 所占的比例分别为: 0.34、0.06、0.49、0.11; 枯水期阳离子 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 所占的比例分别为: 0.29、0.13、0.49、0.09. 丰枯水期鄱阳湖湖水的水化学类型分别为: $\text{HCO}_3^- - \text{Ca}^{2+}$ 和 $\text{SO}_4^{2-} - \text{Ca}^{2+}$.

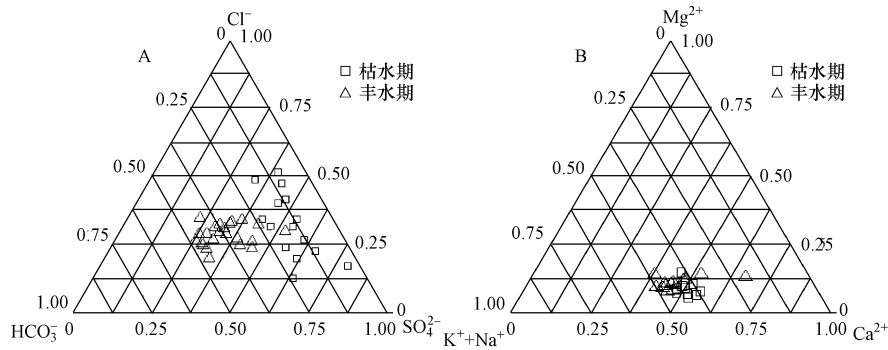


图 3 鄱阳湖流域湖水的主要离子组成三角图 (A. 阴离子; B. 阳离子)

Fig. 3 Ternary plots of major ions in lake waters in Poyang Lake catchment

2.2 鄱阳湖流域水化学控制因素

2.2.1 离子起源的自然影响控制因素

水体中主要离子来源于大气沉降、流域中不同岩性的化学风化作用和人为原因^[9], 为了确定影响鄱阳湖流域水化学组成的控制因素, 对其进行了 Gibbs 图分析. 图 4 为鄱阳湖流域主离子 Gibbs 图.

(1) 鄱阳湖流域丰水期受大气降水和岩石风化影响显著, 河水具有较低的 $\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+})$ 比值和中等的 $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ 比值, TDS 值小于 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 少数河水具有较高的 $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ 比值, 说明部分河水既受大气降水和岩石风化的影响又受蒸发沉淀作用的影响, 如赣江北支和修水的 $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ 比值分别为 0.77 和 0.69; 湖水具有中等的 $\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+})$ 和 $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ 比值, 其比值范围分别为 0.19—0.55 和 0.30—0.63, TDS 值均小于 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 鄱阳湖与长江汇合处即湖口 TDS 出现 $175.69 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 的高值, 且 $\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+})$ 和 $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ 比值分别为 0.39 和 0.50.

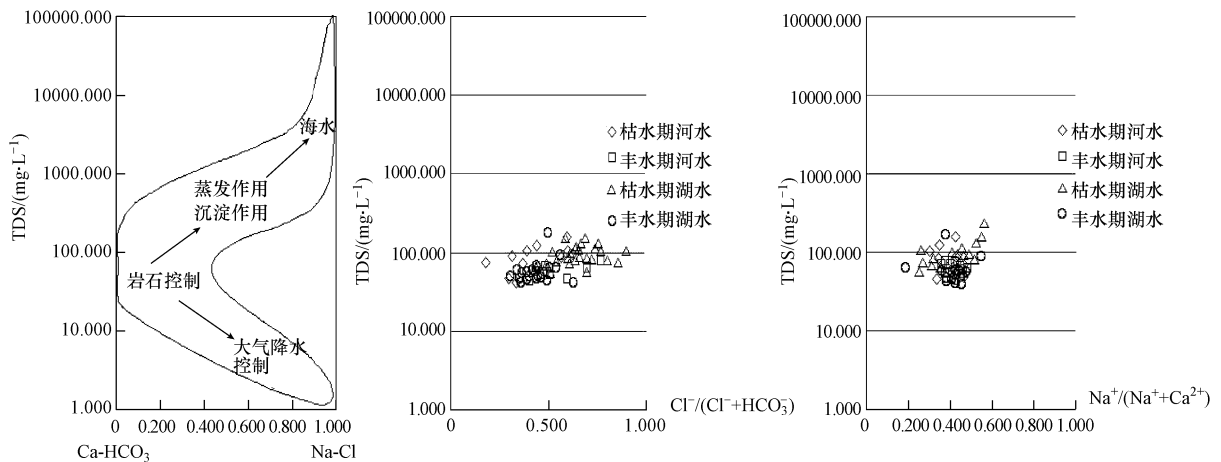


图 4 鄱阳湖流域水化学吉布斯图分布模式

Fig. 4 Plots of the major ions within the Gibbs boomerang envelope for waters in the Poyang Lake catchment

(2) 枯水期由于降雨量大大减少,鄱阳湖流域水化学成分此时主要受岩石风化和蒸发沉淀作用的影响,枯水期组分点分布在 Gibbs 图的中部偏向蒸发-沉积区域,特别是 TDS- $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ 图. 鄱阳湖流域枯水期河水的 $\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+})$ 比值在 0.30—0.46 之间, $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ 比值在 0.32—0.63 之间,各条河水的 TDS 在 41.18—158.46 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 即鄱阳湖流域枯水期河水具有较低 $\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+})$ 比值和中等的 $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ 比值,河水在枯水期由于大气降水作用的减少,河水受岩石风化作用较为显著,其水体为“蒸发-浓缩”型. 湖水的 $\text{Na}^+ / (\text{Na}^+ + \text{Ca}^{2+})$ 比值在 0.31—0.44 之间, $\text{Cl}^- / (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-)$ 比值在 0.45—0.85 之间,其 TDS 在 74—102 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 此时湖水大多数组分点主要落在 Gibbs 图中部的蒸发-浓缩区域.

鄱阳湖丰、枯水期湖水和河水主要受岩石风化作用的影响. 丰水期地表径流量大,受强降雨的影响,鄱阳湖流域湖水和河水的组分点落在 Gibbs 图中岩石控制和大气降水控制区域之间. 枯水期鄱阳湖流域的水位急剧减少,其降雨量仅为 28 mm,而在丰水期降雨量达到 219.67 mm.

2.2.2 人类影响控制因素

人为活动产物的特征是富含 K、Ca、S、Cl 和 N,其中 K、Ca、S、Cl 同时又是岩石/土壤风化的产物^[7-8,21-22], NO_3^- 是反映人类活动的特征离子. 湖区的 NO_3^- 含量最大(表 1),丰枯水期分别为 1.98 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 2.72 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 其次为赣江,其 NO_3^- 的含量大于 1.15 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; 抚河、修水中的 NO_3^- 含量最低. 这说明赣江流域和湖区受人类活动影响较为显著,而修水、抚河流域人类活动对河流的影响不明显.

由整个鄱阳湖流域的经济发展格局可知,鄱阳湖流域五大河流的 GDP 比重存在很大差异. 昌九工业走廊是江西省经济最为发达的地区,在这一区域,人为因素对于流经这一区域河流的水化学离子影响较大. 在修水流域,工业企业很少,人为排放的影响较少,但是下游的星火有机硅厂在这过程中产生了含有 Cl^- 的废水,对于水体 Cl^- 的含量影响较大.

在饶河流域 Ca^{2+} 的浓度较大,流域主要以花岗岩、变质岩、红砂岩为主,变质岩、红砂岩的风化引入 Ca^{2+} ,人为因素的影响较小. 而在信江和饶河硫酸根的含量很大. 这里 SO_4^{2-} 和 Cl^- 主要由人类活动引入. 从离子起源的自然影响控制因素分析可知,鄱阳湖流域主要受岩石风化的影响. 农业、渔业主要输入的氮磷对水化学的贡献率不大. 这可能与饶河、信江、赣江流域工矿业比较发达等原因有关.

SPSS 软件进行相关性分析得出的结果中, r 值代表皮尔逊相关系数. 其中, $r > 0$ 代表两变量正相关, $r < 0$ 代表两变量负相关. $|r| \geq 0.8$ 时,可以认为两变量间显著相关; $0.5 \leq |r| < 0.8$ 时,可以认为两变量中度相关; $0.3 \leq |r| < 0.5$ 时,可以认为两变量低度相关. $|r| < 0.3$ 说明相关程度弱,基本不相关. 运用 SPSS 软件对各个离子与人类生产总值做相关性分析,其结果如表 2 所示.

表 2 人为影响因素特征离子相关性分析

Table 2 Correlation analysis on ions under human impact factors

	SO_4^{2-}	Cl^-	NO_3^-	K^+	Ca^{2+}	TDS	生产总值	第一产业 总产值	工业 总产值	建筑业 总产值
SO_4^{2-}	1									
Cl^-	0.802	1								
NO_3^-	0.843	0.917	1							
K^+	0.684	0.730	0.935	1						
Ca^{2+}	0.630	0.512	0.812	0.949	1					
TDS	0.794	0.744	0.948	0.983*	0.954*	1				
生产总值	-0.607	-0.014	-0.216	-0.22	-0.427	-0.38	1			
第一产业总产值	-0.328	0.287	0.169	0.192	-0.036	0.025	0.915	1		
工业总产值	-0.682	-0.122	-0.345	-0.359	-0.549	-0.509	0.989*	0.847	1	
建筑业总产值	-0.437	0.183	0.032	0.046	-0.179	-0.122	0.946*	0.989*	0.916	1

各个离子与 TDS 之间的相关性良好,其相关性均大于 0.5,说明它们之间可能有相同的来源;第一产业总产值、第二产业总产值与生产总值之间的相关性均大于 0.847,且它们之间的相关性较好. 对各

个离子与人类各个生产总值进行相关性分析结果如表所示,第一产业总产值、建筑业总产值与各个离子之间的相关性系数均小于 0.3(除 SO_4^{2-} 外),说明它们之间的相关性较弱或者基本不相关,工业总产值与各个离子之间低度至中度相关(除 Cl^- 外); SO_4^{2-} 与各个生产总值相关性较好,且都呈现负相关性; Cl^- 、 NO_3^- 、 K^+ 与各个生产总值之间的相关性较弱,其多数相关系数 $|r| < 0.3$ 。总体来说,鄱阳湖流域内的水化学类型受人为主观因素的影响不是很明显,只在局部区域影响较大。

3 结论

(1) 鄱阳湖流域主要离子组成表明,鄱阳湖流域枯水期主离子浓度大于丰水期主离子浓度, $\text{TDS} < 100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 属于弱矿化度水;其中丰枯水期的总硬度平均值小于 $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, 鄱阳湖流域水属于软水;水体中 Ca^{2+} 和 SO_4^{2-} 是占优势的离子,分别占阳离子和阴离子总量的 44.9% 和 50.4%。

(2) 水化学的时间、空间变化表明,河流的阴离子以 SO_4^{2-} 、 HCO_3^- 为主,阳离子以 $(\text{Na}^+ + \text{K}^+)$ 和 Ca^{2+} 为主;鄱阳湖湖区湖水阴离子以 SO_4^{2-} 为主,阳离子以 Ca^{2+} 为主;鄱阳湖流域水化学成分主要受 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Ca^{2+} 影响,表明受碳酸盐岩和蒸发岩溶解作用的影响较大,其水化学类型为 HCO_3^- - Ca^{2+} 和 HCO_3^- - SO_4^{2-} - Ca^{2+} 。

(3) 鄱阳湖流域水样化学组成均落在 Gibbs 图的中部和下端,即研究区域水样化学组成丰水期岩石风化和大气降水为主要控制因素,鄱阳湖流域蒸发和沉淀作用十分微弱;枯水期组分点分布在 Gibbs 图的中部偏向蒸发-沉积区域,枯水期受岩石风化作用比较明显。

(4) 运用 SPSS 的相关分析得出,各个离子之间的相关性很好,说明水体中这些离子可能有共同的来源;各个产业之间高度相关。各个离子与各产业之间的相关性均为负,除 SO_4^{2-} 与各产业的相关性达到 $|r| > 0.3$,人类活动对水化学类型影响很小。

参 考 文 献

- [1] Stumm W, Morgan J J. Aquatic chemistry[M]. New York: John Wiley and Sons, 1981: INC59-71
- [2] Yidana S M, Yidana A. An assessment of the origin and variation of groundwater salinity in southeastern Ghana[J]. Environ Earth Sci, 2010, 61:1259-1273
- [3] 孙媛媛,季宏兵,罗健美,等. 赣南小流域的水文地球化学特征和主要风化过程[J]. 环境化学,2006, 25(5):550-557
- [4] 王亚军,王岚,许春雪,等. 长江水系水文地球化学特征及主要离子的化学成因[J]. 地质通报,2010, 29(2/3):446-456
- [5] 余秋生,张发旺,韩占涛等. 地球化学模拟在南北古脊梁岩溶裂隙水系统划分中的应用[J]. 地球学报,2005,26(4):375-380
- [6] 夏星辉,陈静生,蔡绪胎. 应用 MAGIC 模型分析长江支流沱江主要离子含量的变化趋势[J]. 环境科学学报,1999,19(3):246-251
- [7] 叶宏萌,袁旭音,葛敏霞,等. 太湖北部流域水化学特征及其控制因素[J],生态环境学报,2010,19(1):23-27
- [8] Frumkin A, Fischhendler I. Morphometry and distribution of isolated caves as a guide for phreatic and confined pale hydrological conditions [J]. Geomorphology. 2005, 67:457-471
- [9] Markich S J, Brown P L. Relative importance of natural and anthropogenic influences on the fresh surface water chemistry of the Hawkesbury-Nepean River, south-eastern Australia [J]. Sci Total Environ, 1998, 217(3):201-230
- [10] 侯昭华,徐海,安芷生. 青海湖流域水化学主离子特征及控制因素初探[J]. 地球与环境,2009,37(1):11-19
- [11] 林佳,苏玉萍,钟厚璋,等. 一座富营养化水库——福建山仔水库夏季热分层期间浮游植物垂直分布[J]. 湖泊科学,2010,22(2):244-250
- [12] 凌联海,李宜春. 赣西地区泥盆纪岩石地层划分与对比[J]. 江西地质,2001(2):87-92
- [13] 徐建祥,徐贻赣,罗平. 赣东南地区火山地质、矿产特征及找矿方向[J]. 江西地质,2001(4):282-286
- [14] 吴新华,于承涛. 赣中南地区晚元古代变质地层中的同位素年龄及其地质意义[J]. 江西地质,2000(1):16-20
- [15] 谢明明,冯国胜. 广昌坊坊花岗岩地质特征及侵位机制[J]. 江西地质,2000(1):21-28
- [16] 朱秉启,杨小平. 塔克拉玛沙漠天然水体的化学特征及成因[J]. 科学通报,2007,52(13):1561-1566
- [17] Meybeck M. Global chemical weathering of surficial rocks estimated from river dissolved Loads [J]. American Journal of Science, 1987, 287:401-428
- [18] Ronit Benami Amiel, Tamir Grodek, Amos Frumkin. Characterization of the hydrogeology of the sacred Gihon Spring, Jerusalem: a deteriorating urban karst spring [J]. Hydrogeology Journal, 2010, 18: 1465-1479
- [19] 李卫红,袁磊. 新疆波斯腾湖水盐变化及其影响因素探讨[J]. 湖泊科学,2002,14(3):223-227

- [20] 罗奇斌,康卫东,谢延玲,等. 靖边地区白坐系洛河组地下水水文地球化学模拟川[J]. 地下水,2008,30(6):22-24
- [21] Singh A K, Hasnain S I. Major ion chemistry and weathering control in a high altitude basin: Alaknanda River, Garhwal Himalaya, India [J]. Hydrological Sciences-Journal-des-Sciences Hydrologiques, 1998,43 (6): 825-843
- [22] Salus M. The impact of enhanced urbanization in Ramallah on adjacent groundwater (in Hebrew) [D]. The Hebrew University, Jerusalem, Israel,2001

CHARACTERISTICS OF MAJOR IONS AND THE INFLUENCE FACTORS IN POYANG LAKE CATCHMENT

HU Chunhua^{1,2} ZHOU Wenbin^{1,2} XIA Siqu^{1,2}

(1. Key Lab of Lake Ecology and Bio-resource Utilization of Poyang Lake, Ministry of Education, Nanchang University, Nanchang, 330031, China; 2. School of Environmental and Chemical Engineering, Nanchang University, Nanchang, 330029, China)

ABSTRACT

The geochemistry of major ions in the water in Poyang Lake catchment was studied. The results showed that the concentrations of the major ions in dry period were greater than that in the flood period. The density of TDS was in the range of 60—100 mg·L⁻¹, which falls into the category of low-salinity water. The total hardness of water was in the range of 40—60 mg·L⁻¹, which was in the category of soft water. Ca²⁺ and SO₄²⁻ were the two major ions, which were 45.0% and 47.5% of the total cations and anions, respectively. The major cation and anion in the lake water were Ca²⁺ and SO₄²⁻, and the hydrochemistry type was HCO₃⁻-Ca²⁺ and SO₄²⁻-Ca²⁺. On the other hand, the major cation and anion in the river water were SO₄²⁻, HCO₃⁻ and Ca²⁺, and the main hydrochemical type was HCO₃⁻-SO₄²⁻-Ca²⁺, which was mainly influenced by carbonate dissolution and rock evaporation. In the flood period of Poyang Lake valley, rainfall and rock decay are the main influence factors; in the dry period the composition of hydrochemistry was mainly influenced by rock decay and vapor deposition in Poyang Lake catchment because of the great decrease of rainfall. All the component points are clustered in the middle of Gibbs evaporation-deposition zone. SPSS software's correlation analysis showed that the ions had a very strong correlation with each other, which indicates that the ions may have the same source. Each ion had negative relationship with each industry, except for SO₄²⁻, for which the correlation with primary or secondary industry is $|r| > 0.3$. Therefore, human activities had little influence on the hydrochemistry type.

Keywords: Poyang Lake catchment, major ion, Gibbs, correlation.