

草海湿地水化学特征及离子来源研究

胡菁^{1, 2} 龙云川^{1, 2} 周伟¹ 周少奇^{1, 2, 31}

(1 贵州科学院, 贵州 贵阳 550001;

2 贵州大学 资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550003;

3 华南理工大学 环境与能源学院, 广东 广州 510006)

【摘要】: 湿地水体的水化学性质在一定程度上可以反映湿地生态系统物质流动的特点。在本研究中, 对草海湿地表层水体中主要阴阳离子的浓度进行了测定, 并对水体中阴阳离子的组成特征进行了分析。结果显示, 草海湿地水体受碳酸盐岩溶蚀的影响, 水体中的主要的阳离子为 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} , 主要的阴离子为 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 。人为活动对草海湿地流域水化学影响明显。

【关键词】: 草海湿地 水化学 碳酸盐岩 来源解析

【中图分类号】: X5 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1003-6563 (2020) 05-0068-03

0 引言

水在湿地的整个形成、发育、演化中扮演了重要的角色, 湿地水环境质量状况可以通过水化学特征来反映, 其中, 水体化学组成通常是与周围环境相互作用的结果, 如区域岩性、大气沉降、气候以及人类活动等^[1]。通过对水体主离子组成及离子化学特征的研究, 可以用来确定湿地的离子来源、探询水体自然条件(岩石、土壤)的特性以及周边人为活动的影响。

草海湿地位于贵州省威宁县西南($26^{\circ} 49' \sim 26^{\circ} 53' \text{ N}$, $104^{\circ} 12' \sim 104^{\circ} 18' \text{ E}$)方向, 是中国西南地区典型的天然岩溶堰塞淡水湖泊湿地。湿地流域年降雨量约 950.9 mm, 湖区水源补给主要靠大气降水。海拔 2171.7 m, 属于中国长江水系, 水深范围在 1~3 m 之间, 最深区域可达到 5 m。

近年来, 威宁地区经济迅速发展, 经济产业日益增多, 草海湿地的旅游开发日益发展, 这一系列活动使得草海湿地水环境污染的程度和范围逐步扩大^[2]。本研究通过对草海湿地流域水化学特征进行分析, 辨识水体中阴阳离子的主要来源, 探讨地质岩性、人为活动等对流域水化学的影响, 以期对草海湿地环境保护提供基础数据。

1 样品采集及分析方法

作者简介: 胡菁(1986-), 男, 博士, 研究方向: 环境生物技术, 农村污水治理, 固体废物处理与资源化。

周少奇(1965-), 男, 博士, 教授, 博导, 研究方向: 环境科学与工程。

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0400708); 中国博士后科学基金资助项目(2019M653841XB); 贵州省科学技术基金项目([2020]1Y168); 贵州省科技厅项目([2018]4005, [2019]2957, [2020]6001); 贵州科学院青年基金项目([2019]22)。

1.1 样品采集

本研究于 2018 年 8 月对草海湿地流域表层水体进行了样品采集,共设置 11 个采样点,其中湿地东北部 5 个采样点,西南部 5 个采样点,中心处 1 个采样点。采样点位的设置详见图 1。

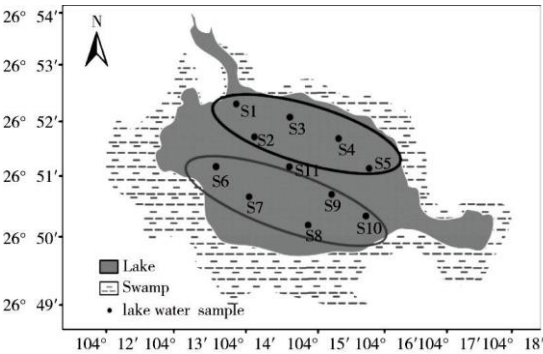


图 1 采样湿地采样点位设置

1.2 样品分析

水体样品水温 (T)、酸碱度 (pH)、电导率 (EC)、溶解氧 (DO)、氧化还原电位 (Eh) 在野外用便携式水质参数仪 (Germany, Multi3430) 现场测定。水体中 HCO_3^- 采用双指示剂中和法利用盐酸现场测定^[3-4], 其他阴离子 (SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 F^-), 阳离子 (Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 、 Na^+) 分别用离子色谱仪 (ICS-1100, Dionex, USA) 和原子吸收光谱 (ICE3500, Thermo Fisher, USA) 测定。

2 阴阳离子的浓度水平

草海湿地水体主要物化参数见表 1。从表 1 可以看出,草海水的温度从 12.1℃ 到 15.2℃。溶解氧在几个采样点中出现过饱和点,这可能与藻类和其他水生植物的光合作用在水中产生氧气有关。EC 值变化范围为 465~1270 $\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$,电导率值过大可能与当地的生产和生活有关。该地区的特定基岩导致碱性水,平均 pH 值为 8.74,从东北到西南的剖面上,pH 值逐渐增加,这也可能与当地的生产和生活有关。

表 1 草海湿地水体主要物化参数表

Monitoring site	Temperature/℃	DO/(mg · L ⁻¹)	EC/(μ S · cm ⁻¹)	pH 值	ORP/mV
S1	12.1	6.78	645	8.38	-68
S2	13.5	7.79	1045	8.48	-72
S3	12.8	10.13	528	8.53	-29
S4	15.2	14.18	465	9.17	-42
S5	13.5	8.36	537	9.15	-44
S6	14.3	12.21	749	8.86	-104

S7	12.6	7.83	824	8.98	-34
S8	14.1	11.34	631	8.87	-97
S9	12.7	6.54	1270	7.75	-86
S10	12.4	9.53	887	8.99	-58
S11	12.1	8.76	794	9.02	-76

上覆水中阳离子的平均浓度为 $\text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 和 K^+ 的变化系数相对较大, 表明每个样品点的阳离子组成不同。阴离子的平均浓度为 $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{NO}_3^- > \text{F}^-$, 与岩溶水特性一致。 SO_4^{2-} 和 NO_3^- 的变异系数相对较大, 两种离子在不同取样点的浓度差异很大, 表明阴离子在水中分布不均匀。从湿地东北部到西南部, SO_4^{2-} 和 Cl^- 的浓度沿横断面逐渐降低, 这可能与湿地东北具有更多的人类活动有关。

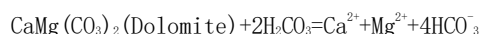
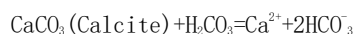
表 2 草海湿地主要阴阳离子浓度

阴阳离子	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数
Na^+	5.28	45	18.64	10.38	55.69%
K^+	0.78	10.21	4.37	3.04	69.57%
Mg^{2+}	12.88	89.46	36.62	22.50	61.44%
Ca^{2+}	17.78	207	108.12	70.70	65.39%
F^-	0.15	1.79	0.84	0.54	64.29%
Cl^-	3.9	15	6.27	3.51	55.98%
NO_3^-	0.21	5.78	2.32	1.95	84.05%
SO_4^{2-}	38.95	139.53	52.52	49.27	93.81%
HCO_3^-	103.77	243.56	144.43	100.24	69.40%
TDS	107.3	631.27	267.49	192.48	71.96%

人类活动产生的污染物通常以地表径流或地下水的形式直接或间接进入湿地。TDS 和 Cl^-/Na^+ 通常用来判断人类活动污染的程度, 即当 $\text{TDS} > 500$ 和 $\text{Cl}^-/\text{Na}^+ > 1.15$ 时, 就认为流域水体受到了污染^[5]。在本研究的采样过程中, TDS 和 Cl^-/Na^+ 的平均值为 243.56 和 1.04, 表明草海湿地没有受到污染。但是, 个别点位如 S2 ($\text{TDS}=577.14$, $\text{Cl}^-/\text{Na}^+=1.33$) 和 S5 ($\text{TDS}=354.67$, $\text{Cl}^-/\text{Na}^+=1.87$), 已经出现污染。因此, 不能认为草海湿地没有受到污染。

3 阴阳离子的来源分析

普遍来说, 岩溶地区水体中 Ca^{2+} 离子和 Mg^{2+} 离子的浓度主要源自于方解石和白云石的溶蚀, 其反应过程如下:



从方程式中可以看出, 溶蚀水体中方解石溶蚀的 $\text{Ca}^{2+} : \text{HCO}_3^-$ 及白云石溶蚀的 $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) : \text{HCO}_3^-$ 的当量比应为 1 : 1。因此, 对草海流域地表河流水体中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 及 NO_3^- 离子之间的关系进行分析, 结果如图 2。

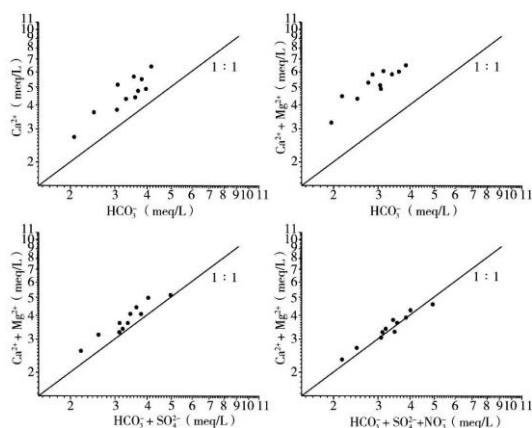


图 2 草海流域地表河流水体 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 离子相关关系

由图 2 可知, 流域 $\text{Ca}^{2+}-\text{HCO}_3^-$ 及 $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})-\text{HCO}_3^-$ 离子当量比值均分布在 1 : 1 线上, 即比值大于 1, 表明流域河水水体中 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 有除方解石和白云石溶蚀的其他来源。当阴离子中加入 SO_4^{2-} 离子, $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})-(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$ 的离子当量比值回落到当量线附近 (1 : 1 线), 表现出 SO_4^{2-} 对水体阴阳离子平衡的贡献, 即流域水体显示出硫酸根参与碳酸盐岩风化过程。但是, SO_4^{2-} 离子的加入, $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})-(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-})$ 的离子当量比值虽然靠近当量线, 但基本均在当量线之上。而当阴离子中加入 NO_3^- 离子后, $(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})-(\text{HCO}_3^- + \text{SO}_4^{2-} + \text{NO}_3^-)$ 的离子当量比值基本接近 1, 反映出研究区域水体的水化学组成也受到了一定的人为因素的影响。

4 总结

草海湿地水体中的主要的阳离子为 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} , 主要的阴离子为 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 。通过对草海湿地水体中主要参数和离子的变化分析得出, 草海湿地水化学组成主要受碳酸盐岩溶蚀和人类活动的共同影响。

参考文献:

- [1] SUN J, TANG C, WU P, et al. Hydrogeochemical characteristics of streams with and without acid mine drainage impacts: a paired catchment study in karst geology, SW China[J]. Journal of hydrology, 2013, 504(22): 115-124.
- [2] HU J, ZHOU S, WU P, et al. Assessment of the distribution, bioavailability and ecological risks of heavy metals in the lake water and surface sediments of the Caohai plateau wetland, China[J]. PloS one, 2017, 12(12): e0189295.
- [3] HYUN S, LEE C H, LEE T, et al. Anthropogenic contributions to heavy metal distributions in the surface sediments of Masan Bay, Korea[J]. Marine pollution bulletin, 2007, 54(7): 1059.

[4]HOSONO T, SU C C, SIRINGAN F, et al. Effects of environmental regulations on heavy metal pollution decline in core sediments from Manila Bay[J]. Marine pollution bulletin, 2010, 60(5):780-785.

[5] 吕婕梅, 安艳玲, 吴起鑫, 等. 贵州清水江流域丰水期水化学特征及离子来源分析[J]. 环境科学, 2015, 36(5):1565-1572.