

贵州锦江河(梵净山-江口)

夏季水质空间分布特征

胡雪筠¹ 蒋娟¹ 代亮亮¹ 朱映明¹ 周少奇^{1, 2, 31}

(1 贵州科学院 贵州省生物研究所, 贵州 贵阳 550009;

2 华南理工大学 环境与能源学院, 广东 广州 510006;

3 贵州大学 资源与环境工程学院, 贵州 贵阳 550003)

【摘要】夏季为贵州梵净山旅游高峰期, 为了解锦江河(梵净山-江口)夏季水质空间分布特征, 沿水流方向在研究河段上设置9个采样点, 对水体基本水质指标、金属元素含量进行研究。结果表明:1)化学需氧量(COD_{cr})、氨氮($\text{NH}_4^+ \text{-N}$)和总磷(TP)含量及Ca、Si、Mg、Na、K5种金属元素含量呈上升趋势;2)Pb、As、Hg、Cr4种重金属元素含量呈下降趋势, 城区处采样点的重金属含量总体低于野外采样点的含量;3)所有采样点除重金属Hg, 其他指标基本满足V类地表水质量环境标准。

【关键词】锦江河 水质 重金属污染

【中图分类号】 X82 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1003-6563(2021)01-0053-05

0 引言

河流水质与流域环境息息相关, 可直观地反映周边生态环境的变化。梵净山国家级自然保护区被誉为“地球和人类之宝”, 具有极其重要的生态价值。随着梵净山“申遗”成功, 每年夏季都会迎来梵净山的旅游高峰期, 频繁的人类活动势必对其生态环境产生一定影响, 对河流水质的影响可以表现为较高含量的 COD_{cr} 、 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 和TP。同时, 梵净山所处的铜仁市汞矿和锰矿储量极为丰富, 是我国汞矿主矿区, 包括万山汞矿带、云场坪镇汞矿区等多个大中型汞矿开采中心。根据罗倩等人的研究, 梵净山自然保护区土壤中重金属Cu、Cd、Pb及Hg等4种元素相对富集, 在500~1000m、1001~1500m、1501~2000m、>2000m海拔高度下土壤均受到重金属的不同程度污染^[1]。降雨、大气沉降等自然过程会使土壤中重金属向周围水体迁移, 从而导致发源于梵净山的锦江河水质受重金属污染。

本文以锦江河梵净山景区至江口县城之间河段水质为研究对象, 通过采样分析基本水质指标、金属元素含量, 探讨河段水质污染情况及空间分布特征, 以期为梵净山片区的旅游开发及保护提供理论依据。

¹**作者简介:** 胡雪筠(1990-), 女, 硕士, 研究实习员, 研究方向:环境工程。

周少奇(1965-), 男, 教授, 博士, 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);贵州省科技厅项目([2018]4005, [2020]6001);贵州科学院青年基金(黔科学院J字[2019]13号)

1 采样与分析方法

1.1 研究区域概况

梵净山位于贵州省铜仁市中部,是乌江与沅江水系的分水岭。锦江河发源于梵净山南麓,宽 30~100m,深 3~10m,流速缓慢,全程 158km,流域面积 4086km²,流经江口县城,最终流入湖南境内,河流整体呈南北走向。

采样河段为梵净山内龙泉寺至江口县城,河流沿岸分布了景区商业区、旅游度假村、农田、高速公路、交通干道及居民生活区,沿水流方向河岸两侧景观逐渐由自然景观过渡至人工景观,河道变深、流速变缓,两岸的居住人口具有明显梯度变化。按其水流走势和分支关系及周边居住、工业、农业情况,共选取 9 个采样点,编号为 W1-W9,采样点分布如图 1 所示。

W1 和 W2 位于梵净山景区内,W3 和 W4 位于梵净山景区大门附近,W5-W7 位于杭瑞高速沿线,W8 和 W9 位于江口县城内。其中 W1 位于梵净山景区内龙泉寺,周边建筑包括一间寺庙和一家酒店;W2 位于梵净山生态观测站后方;W3、W4 分别位于寨沙侗寨的上游和下游;W5 位于杭瑞高速梵净山东出口;W6 位于太平土家族苗族自治乡河道入口处,两岸有农田及居民居住区;W7 位于杭瑞高速沿线广平村与云舍村之间靠近平广村处,紧邻杭瑞高速,周边 100m 范围内有农田;W8 位于江口县城河道入口处,紧邻交通主干道,两岸有居住区;W9 位于江口县城内临近河段出口处,河道通航,两岸有休闲广场、学校、酒店、居住区等。沿河段污染类型主要包括农业生产、生活排放面源污染和机动车移动点源污染。

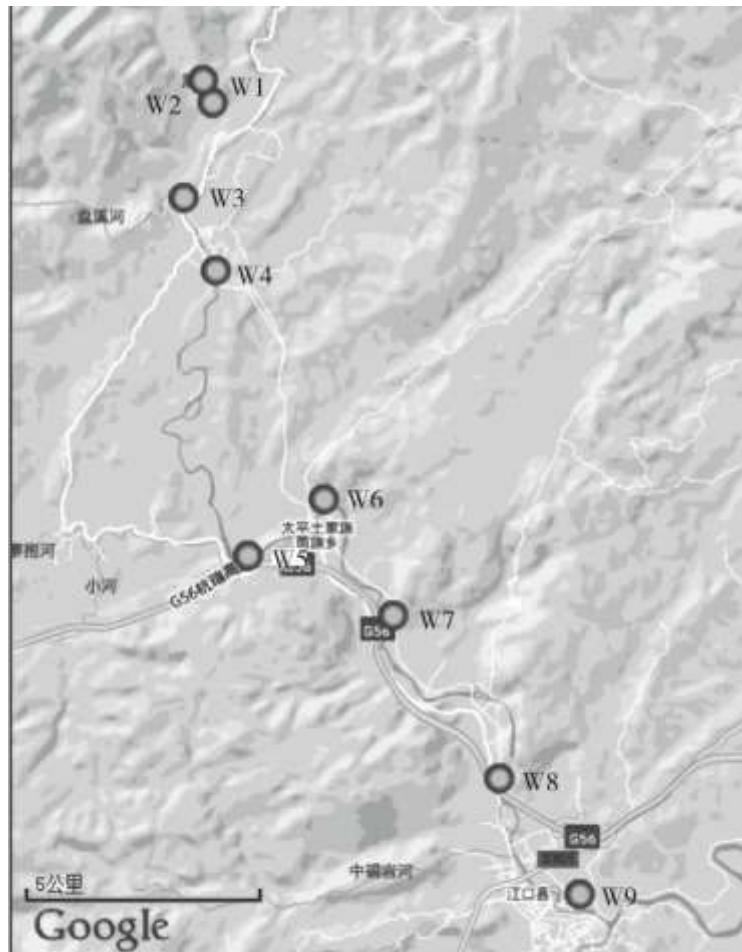


图 1 锦江河(梵净山-江口)采样点分布

1.2 水样采集及分析方法

使用采水器采集表层水,加入保护剂,在4℃冷藏的条件下,送回实验室进行水质检测。

水质测定指标包括化学需氧量(COD_{cr})、氨氮($\text{NH}_4^+ \text{-N}$)、总磷(TP)、典型重金属含量(Pb、As、Hg、Cr)及金属元素(K、Na、Mg、Si、Ca等)含量。检测方法见表1。

表1 水质检测方法

类别	检测项目	方法
基本指标	COD_{cr}	快速密闭催化消解法
	$\text{NH}_4^+ \text{-N}$	纳氏试剂光度法
	TP	钼锑抗分光光度法
金属元素含量	K、Na、Mg、Si、Ca、Cu、Zn、Se、Pb、As、Hg、Cr等	ICP-MS

2 COD_{cr} 、 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 、TP 空间分布特征

9个采样点采集的水样 COD_{cr} 、 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 、TP 检测结果见图2。由图2可知,随着水流流向江口县城,人类活动加剧,水体中 COD_{cr} 、 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 、TP 都呈现出一定的上升趋势。各采样点的 COD_{cr} 波动较大,其中 COD_{cr} 含量 W7 采样点最低(6.35mg/L),W8 采样点最高(42.86mg/L);W1-W8 采样点 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 含量较接近,河流进入县城后(W9点) $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 大幅增加;TP 含量为 0.151~0.228mg/L,其中 W3、W8、W9 TP 含量相对偏高,这是由于这三个点位分别处于景区门口商业区及县城商业区,人流量较大。结合各采样点周边的土地利用情况及用地性质可知,人为活动密集的区域,河水中 COD_{cr} 、 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 、TP 的含量相对较高,而各点 COD_{cr} 含量差异较大,河水中 COD_{cr} 含量对周边环境的改变也更为敏感。

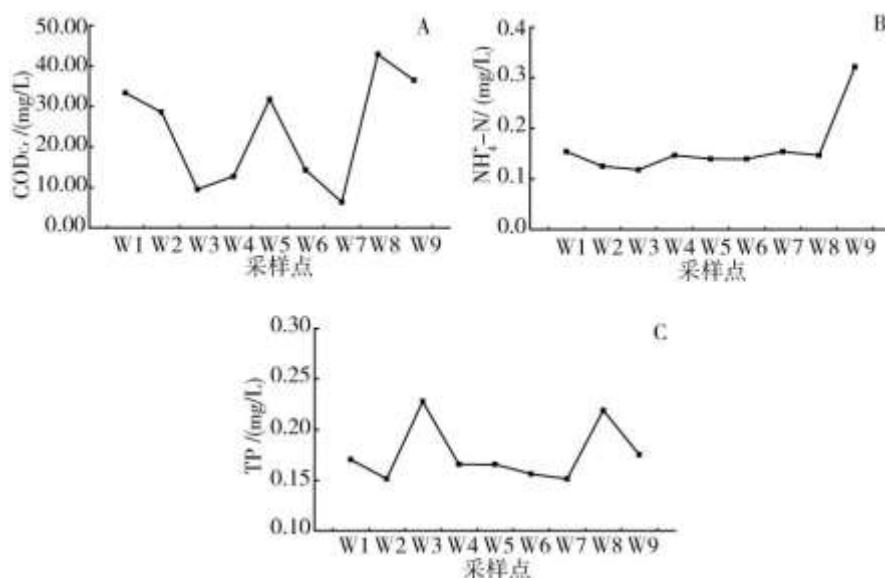


图2 锦江河(梵净山-江口) COD_{cr} (A)、 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ (B)、TP (C) 的空间分布

3 金属元素含量空间分布特征

3.1 主要金属元素

对采集的水样进行金属元素含量测定。其中,水体中含量较高的金属元素共有5种(Ca、Si、Mg、Na、K),其余金属元素(Cu、Zn、Se等)各采样点的含量均低于0.04mg/L。沿着水流方向金属元素含量呈增加趋势,W9采样点含量最大(29.21mg/L),为W1采样点的2.54倍。通过图3可知,5种金属元素的含量总体情况为Ca>Si>Mg>Na>K。Mg、Na、K三种元素的含量差异不大,其平均含量分别为4.11mg/L、1.81mg/L和0.57mg/L;而Ca、Si元素则有较明显的增加趋势,尤其当水流进入县城后(W7-W9采样点),含量明显增加。这与贵州省以可溶性岩石为主的喀斯特地貌有关。同时Ca、Si、Mg、Na、K元素在水体中通常为离子态,随水流迁移。因此,上述5种金属元素含量在研究河段呈现上游至下游逐渐上升的趋势。

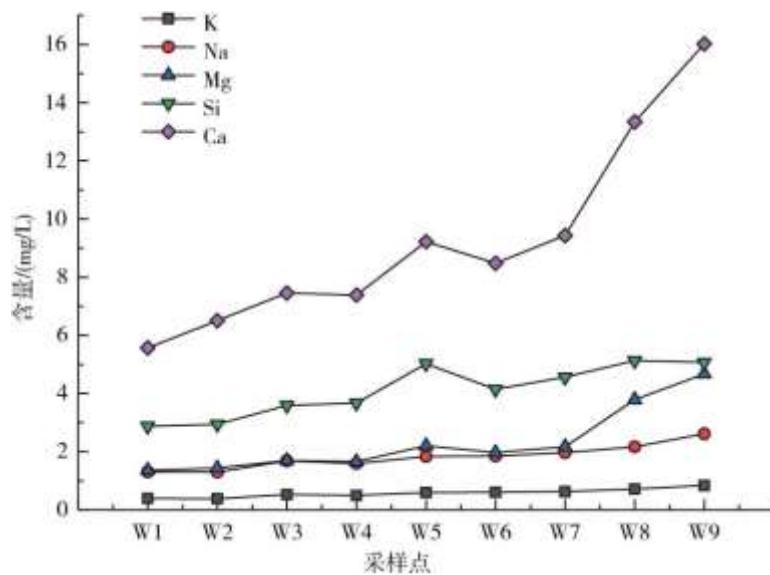


图3 锦江河(梵净山-江口)主要金属元素含量空间分布

3.2 重金属元素

根据《地表水环境质量标准》GB3838—2002,选取重金属元素Pb、As、Hg、Cr进行检测(图4)。由单个重金属元素看,Pb、As两种元素随水流方向出现先降低后增加的趋势;Hg元素的变化为先增加后降低的趋势;Cr元素的变化趋势为轻微降低的趋势;Pb、As元素的含量最低的采样点分别为W4和W3,而W3采样点同时还是Hg和Cr元素含量最高的采样点。

与金属元素变化趋势相反,综合河岸周边情况,处于野外采样点(W1、W2、W5、W6、W7)的总体重金属含量高于城区处采样点(W3、W4、W8、W9)。总体而言,研究河段水体中的重金属含量较高,这与贵州省土壤重金属背景值较高有关。一方面,土壤中的重金属通过降雨冲刷、地表径流、大气干湿沉降等途径向水体迁移^[2];另一方面,水体中的溶解态重金属吸附于悬浮物和沉积物后向固相迁移,而颗粒态重金属则由于沉淀、絮凝、沉降作用富集在沉积物中,使水中重金属含量减少^[3]。因此,水体中的重金属含量存在野外河段高于城区河段、上游河段高于下游河段的分布特征。

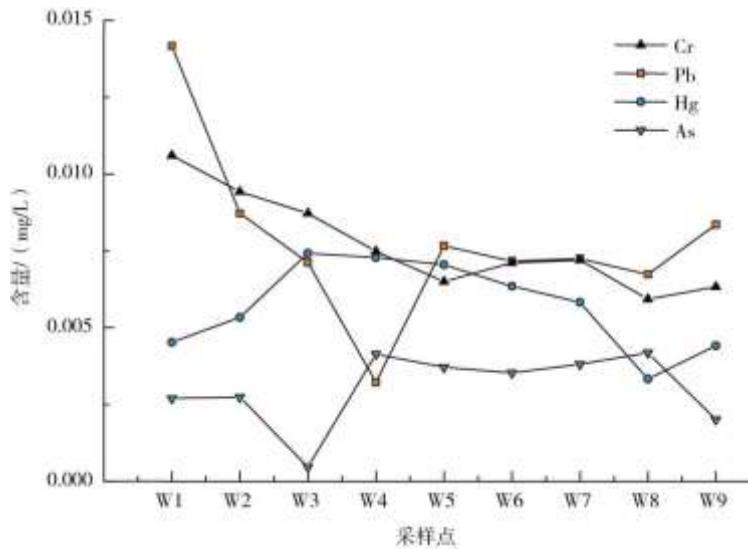


图 4 锦江河(梵净山-江口)重金属含量空间分布

4 锦江河水质空间分布特征

根据水质分析结果, W1 点周边水域受到景区游客影响, 水质受到轻微污染; W5-W7 点处于河段三角洲地段, 受影响程度较其他点位小; W8、W9 因靠近城镇受人类影响活动最大。以《地表水环境质量标准》GB3838—2002 为参考, 各水质项目检测值见表 2。

表 2 锦江河(梵净山-江口)水质检测结果

指标/(mg/L)	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	地表V类水标准限值
COD _{Cr}	33.33	28.57	9.524	12.7	31.74	14.28	6.349	42.86	36.48	2.0
NH ₄ ⁺ -N	0.153	0.125	0.118	0.146	0.139	0.139	0.153	0.146	0.321	0.4
TP	0.170	0.151	0.228	0.165	0.165	0.156	0.151	0.219	0.175	1.0
Cu	0.0014	0.0008	0.0006	0.0010	0.0013	0.0011	0.0011	0.0005	0.0003	2.0
Zn	0.0072	0.0079	0.0064	0.0035	0.0033	0.0036	0.0032	0.0011	0.0009	0.02
Se	0.0054	0.0028	0.0072	0.0052	0.0071	0.0079	0.0024	0.0059	0.0061	0.1
As	0.0027	0.0027	0.0005	0.0041	0.0037	0.0035	0.0038	0.0042	0.0020	0.001
Hg	0.0045	0.0053	0.0074	0.0073	0.0070	0.0063	0.0058	0.0033	0.0044	0.01
Cd	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0005	0.0001	0.0006	0.0003	0.0004	0.1
Cr	0.0106	0.0094	0.0087	0.0075	0.0065	0.0071	0.0072	0.0059	0.0063	0.1
Pb	0.0142	0.0087	0.0071	0.0032	0.0077	0.0072	0.0072	0.0067	0.0084	2.0

对照《地表水环境质量标准》GB3838—2002,所有采样点Hg含量均超出V类地表水环境质量标准,最大超标了7.4倍。Cu、Zn、Se、As、Cd、Cr满足I类地表水环境质量标准,COD_{cr}除W8点外,其余均符合V类地表水环境质量标准;NH₄⁺-N均符合II类地表水环境质量标准;TP均符合III类地表水环境质量标准。总而言之,远离城区的河段重金属含量相对偏高,但综合水质较优;靠近城区的河段虽然重金属含量较低,但水体氮、磷、COD_{cr}含量较高,综合水质略差。

5 总结

贵州锦江河(梵净山-江口)河段水体中COD_{cr}、NH₄⁺-N、TP含量总体呈上升趋势;金属元素中主要的5种元素Ca、Si、Mg、Na、K含量呈上升趋势,重金属元素(Pb、As、Hg、Cr)含量呈总体下降趋势。参考《地表水环境质量标准》GB3838—2002,锦江河(梵净山-江口)存在重金属Hg污染,除Hg含量以外,其他项目基本满足V类地表水标准要求,靠近景区河段的综合水质优于靠近城区河段的综合水质。

参考文献:

- [1]罗倩,张珍明,向准,等.梵净山自然保护区林地土壤重金属分布与富集特征[J].西南农业学报,2017(10):2352-2359.
- [2]孙涛,马明,王永敏,等.西南地区典型森林水库土壤和沉积物汞的迁移转化特征[J].环境科学,2018,39(4):1880-1887.
- [3]李小超,岳小龙,张永慧.水环境中重金属的迁移转化及风险评价[J].广东化工,2018,45(21):70-71.
- [4]蔡敬怡,谭科艳,路国慧,等.贵州万山废弃矿区小流域系统沉积物及悬浮物重金属的空间分布特征[J].岩矿测试,2019,38(3):305-315.
- [5]李慧,周易勇,余能智.锦江河沉积物磷形态与吸附行为及磷释放风险[J].水生态学杂志,2017,38(4):27-35.
- [6]张钟阳,赵季宏,杨松.中小河流水污染现状探讨——以铜仁市锦江河为例[J].水资源开发与管理,2017(2):19-24.
- [7]彭贵海.锦江河铜仁市城区河段水环境质量变化趋势研究[J].绿色科技,2015(9):229-230.
- [8]孙华杰.水体重金属污染分布解析[J].中国资源综合利用,2019,37(7):134-135.
- [9]张欣,徐宗学,况新宇,等.济南市河流水体污染源解析及空间分布特征[J].人民黄河,2018,40(2):63-68.
- [10]刘平,吴小伟,王永东.扬州里下河区水体污染时空分布特征及污染源解析[J].江苏水利,2017(7):12-16.
- [11]余丽燕,杨浩,黄昌春,等.夏季滇池和入滇河流氮、磷污染特征[J].湖泊科学,2016,28(5):961-971.
- [12]孟祥华,刘恩峰,杨丽原,等.南四湖及主要入湖河流沉积物金属空间分布特征与污染评价[J].环境科学研究,2010,23(1):3-8.
- [13]王雪,余辉,燕姝雯,等.太湖流域上游河流污染空间分布特征研究[J].长江流域资源与环境,2012,21(3):341-348.