

王俊,刘金殿,张爱菊,等.富春江富阳段浮游动物群落结构时空变化及与环境因子的关系[J].江苏农业科学,2020,48(14):283-290.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.14.053

# 富春江富阳段浮游动物群落结构时空变化 及与环境因子的关系

王俊,刘金殿,张爱菊,郝雅宾,周志明

(浙江省淡水水产研究所/农业农村部淡水渔业健康养殖重点实验室/浙江省淡水水产遗传育种重点实验室/

中国水产科学研究院东海水产研究所浙江研究中心,浙江湖州 313001)

**摘要:**2018 年 7 月、2019 年 7 月对富春江富阳段浮游动物和水质各进行 1 次调查,共发现浮游动物 35 属 66 种,其中原生动物 8 属 20 种,轮虫 16 属 30 种,枝角类 6 属 9 种,桡足类 5 属 7 种。2018 年 7 月,富阳段浮游动物平均丰度为 19.7 ind./L,平均生物量为 0.93 mg/L,各大类种类数量较为均衡;2019 年 7 月,浮游动物平均丰度为 19.0 ind./L,平均生物量为 0.15 mg/L,种类以原生动物和轮虫为主,2 次采样浮游动物群落有明显差异。2018 年 7 月,发现 5 个浮游动物功能群;2019 年 7 月发现 7 个浮游动物功能群,说明水体的自净能力更强。典范对应分析表明,水温、叶绿素 a 含量、总磷含量、总氮含量和溶解氧含量是与富阳段浮游动物群落结构相关性较强的环境因子,其中与水温、叶绿素 a 含量、总磷含量和总氮含量呈显著正相关关系;与溶解氧含量在一定范围内呈显著负相关关系。

**关键词:**富春江富阳段;浮游动物;时空变化;环境因子;群落结构;水质

**中图分类号:**S931.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)14-0283-07

钱塘江是浙江省第一大水系,自北源新安江算,河长为 588.73 km;自南源马金溪算,河长为 522.22 km。流经安徽省和浙江省,流域总面积为 55 058 km<sup>2</sup>,浙江省内流域面积达 44 014 km<sup>2</sup>,渔业资源非常丰富。20 世纪末至 21 世纪初,由于环保工作相对滞后,沿江造纸工厂污水大量排入,加上过度挖沙、水利工程兴建等人为活动的影响,使得钱塘江水域的生态环境遭到了一定程度的破坏;另外过度捕捞现象较突出,造成钱塘江的渔业资源衰退非常明显<sup>[1]</sup>。但随着近年来可持续发展观的日渐深入和推广,政府各部门通力协作,开展水生动物苗种的增殖放流,努力恢复退化的渔业资源,并于 2019 年重拳出击,开始实施每年的 3—6 月为期 4 个月的禁渔,最大程度地保证鱼类顺利度过繁殖期。富春江是钱塘江自杭州建德市梅城镇至萧山

区闻家堰段的别称,该段水域渔业资源丰富,特别是三角鲂、翘嘴鲌、花鲈等经济鱼类品质较高,受到浙江省乃至全国喜食水产人的追捧,加上富春江自古就是风景胜地,在国内闻名遐迩,渔业、旅游业相辅相成。沿江两岸已是浙江省重要的经济开发地区,该区域的水生态健康状况也是大众关注的焦点之一。

目前,渔业资源调查工作不仅需要调查鱼类的种类、资源量,同时还要兼顾到其饵料生物、生存环境等。浮游动物既是水产类的重要饵料,也是水体氮磷转化的重要一环,有些物种常被当做环境指示种<sup>[2]</sup>,因此,掌握浮游动物在富春江段中的分布及影响其分布的要素对掌握富春江水域的生态情况有着较为重要的意义。目前,关于富春江段的浮游动物研究仍鲜见报道,仅有轮虫类调查见过报道<sup>[3]</sup>,政府相关机构关于钱塘江全流域的调查报告具体到浮游动物这方面表现为选点较分散,无法梳理出区域性江段如富春江的浮游动物的变化规律和影响因子。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样区域

本研究以富春江富阳段水域作为研究对象,选

收稿日期:2020-04-16

基金项目:浙江省重点研发项目(编号:2018C02G5030526);浙江省农业农村厅财政专项。

作者简介:王俊(1983—),男,浙江湖州人,硕士,工程师,主要从事水生生物资源与环境生态方面的研究。E-mail:280496810@qq.com。

通信作者:周志明,教授级高级工程师,主要从事水产养殖和资源调查评估方面的研究。E-mail:zjhz-zzm@163.com。

取 7 个点位,于 2018、2019 年 2 个年度的夏季进行该水域的浮游动物和水化学参数的检测,以求基本摸清该水域浮游动物的分布情况及其与环境因子之间的联系。具体选点位置见图 1,以 F1~F7 符号表示,自桐庐县往富阳区方向依次为窄溪大桥→桐洲岛→中埠大桥→东吴大桥→富阳大桥→富春江第一大桥→新沙岛。研究区域涵盖了富阳地区富春江干流水域范围的 70% 左右。

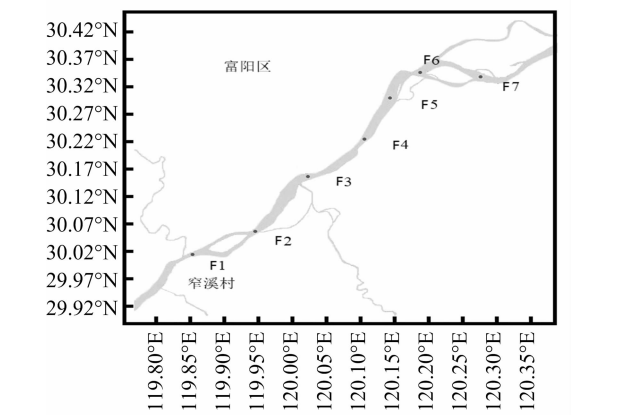


图1 富春江富阳段采样示意

1.2 样品采集与观察

1.2.1 定性样品 采用 25 号浮游生物网在上层水体“八字形”捞取 3~5 min,将收集到的样品用 4% 的福尔马林固定。参照《微型生物监测新技术》<sup>[4]</sup>《中国淡水轮虫志》<sup>[5]</sup>《中国动物志 节肢动物门甲壳纲 淡水枝角类》<sup>[6]</sup>《中国动物志 节肢动物门甲壳纲 淡水桡足类类》<sup>[7]</sup>的分类方法,在 100~400 倍显微镜下鉴定浮游动物种类。

1.2.2 定量样品 按照《淡水浮游生物研究方法》中的方法进行采集、计数,并进行丰度、生物量的计算。

1.2.3 水质指标的确定和测量 参照 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》和近几年关于富春江水质的报道,初步筛选了一些水质指标,和浮游动物进行同步检测。其中水温(WT)、溶解氧(DO)含量、pH 值使用便携式水质测定仪(HQ40d)现场测定,总磷(TP)含量、总氮(TN)含量、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)含量、化学需氧量(CDO<sub>Cr</sub>)、叶绿素 a(Chla)含量按照 HJ 493—2009《水质采样 样品的保存和管理技术规定》将水样固定后带回实验室按照各自的国标方法进行测定。

1.3 数据处理

1.3.1 生物多样性指数 采用 Shannon - Wiener 指数(*H'*)、Margalef 指数(*D*)、物种均匀度指数(*J*)、

Simpson 指数( $1 - \lambda$ )对浮游动物进行多样性评价,使用 PRIMRR 5 软件进行上述指数的计算。

1.3.2 优势度(*Y*)  $Y > 0.02$  定为优势种,具体计算公式为  $Y = n_i / N \times f_i$ 。式中: $n_i$  为样品中第 *i* 种浮游动物的个体丰度, ind./L; *N* 为浮游动物总丰度, ind./L;  $f_i$  为第 *i* 种浮游动物在各采样站点中出现的频率。

1.3.3 典范对应分析 浮游动物与环境因子的关系采用 Canoco 5 软件进行典范对应(CCA)分析,对数据进行 lg(*x* + 1)处理。

2 结果与分析

2.1 水质分析

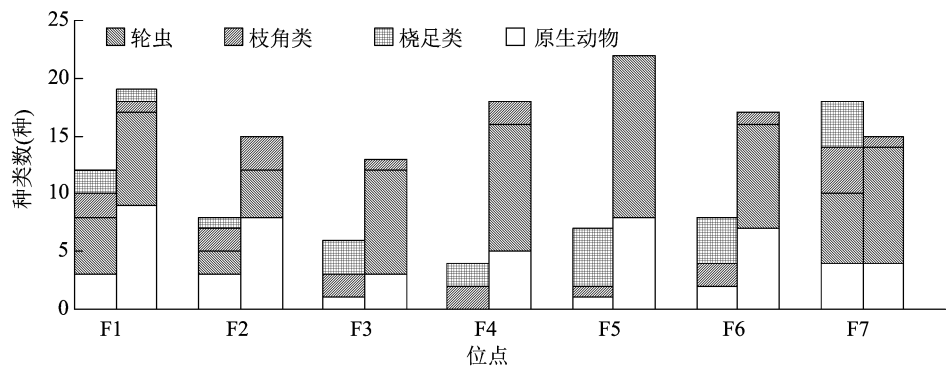
具体监测结果见表 1,总体上 2019 年 7 月富阳段水体中与营养盐水平相关的环境因子平均水平低于 2018 年同期,原因可能是 2019 年采样前段时间出现了 1 次较大的集中降雨期,富春江出现了汛情,这点从 2 个年度的水体透明度可以得到印证,2019 年的水体透明度明显较低。

表 1 富春江富阳段水质理化指标监测结果

水质参数	2018 年 7 月	2019 年 7 月
水温(℃)	29.60 ± 0.40	23.60 ± 0.50
透明度(cm)	116.00 ± 64.00	54.00 ± 4.00
pH 值	7.19 ± 0.09	7.34 ± 0.05
溶解氧含量(mg/L)	6.77 ± 0.44	8.10 ± 0.15
总磷含量(mg/L)	0.23 ± 0.15	0.08 ± 0.02
总氮含量(mg/L)	2.47 ± 0.34	1.73 ± 0.05
氨氮含量(mg/L)	0.39 ± 0.08	0.12 ± 0.00
化学需氧量(mg/L)	4.86 ± 2.12	5.86 ± 0.69
叶绿素 a 含量(μg/L)	3.30 ± 2.05	0.97 ± 0.12

2.2 浮游动物分析

2.2.1 浮游动物大类组成 富春江富阳段 2018 年 7 月、2019 年 7 月 2 次采样调查,共发现浮游动物 35 属 66 种,其中原生动物 8 属 20 种,轮虫 16 属 30 种,枝角类 6 属 9 种,桡足类 5 属 7 种。具体结果见图 2、表 2。从图 2 可以看出,2 年度同时期水样中浮游动物的大类组成有明显差异。2019 年 7 月基本上 7 个点的水样中枝角类、桡足类这类大型浮游动物种类占比都很小,尤其是桡足类,在几个采样点都缺失,浮游动物种类以原生动物和轮虫为主。相对而言,2018 年 7 月采样发现的浮游动物各种类数量较为均衡,但发现的种类总数上 2019 年高于 2018 年。



各点位柱状图中，前柱为 2018 年 7 月情况，后柱为 2019 年 7 月情况

图2 富春江富阳段 2018、2019 年 7 月浮游动物构成

表 2 富春江富阳段浮游动物种类

名称	F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7	
	2018 年	2019 年	2018 年	2019 年	2018 年	2019 年	2018 年	2019 年	2018 年	2019 年	2018 年	2019 年	2018 年	2019 年
盘状表壳虫( <i>Arcella discoides</i> )	+	+	+	+	+				+		+	+	+	+
半圆表壳虫( <i>A. hemisphaerica</i> )										+				+
表壳圆壳虫( <i>Cyclopyxis arcelloides</i> )				+										
瓶砂壳虫( <i>Diffugia urceolata</i> )										+			+	
球形砂壳虫( <i>D. globulosa</i> )	+											+		
湖沼砂壳虫( <i>D. limnetica</i> )			+							+			+	
褐砂壳虫( <i>D. avellana</i> )		+		+		+		+		+		+		+
瘤棘砂壳虫( <i>D. tuberspinifera</i> )				+										
尖顶砂壳虫( <i>D. acuminata</i> )		+												
乳头砂壳虫( <i>D. mammillaris</i> )												+		
恩茨拟铃壳虫( <i>Tintinnopsis entzii</i> )		+		+				+		+				
雷殿拟铃壳虫( <i>T. leidy</i> )		+						+						
江苏拟铃壳虫( <i>T. kiangsuensis</i> )	+	+	+	+						+	+	+	+	
王氏拟铃壳虫( <i>T. wangi</i> )		+						+		+				
淡水薄铃虫( <i>Leptotintinnus fluviatile</i> )						+								
累枝虫属( <i>Epistylis</i> )								+						
针棘匣壳虫( <i>Centropyxis aculeata</i> )		+		+		+				+		+		+
旋匣壳虫( <i>C. aerophila</i> )		+												
颈梨壳虫( <i>Nebela collaris</i> )				+										
小旋口虫( <i>Spirostomum minus</i> )												+		
角突臂尾轮虫( <i>Brachionus angularis</i> )	+			+				+		+				+
萼花臂尾轮虫( <i>B. calyciflorus</i> )	+		+										+	+
尾突臂尾轮虫( <i>B. caudatus</i> )										+			+	
方形臂尾轮虫( <i>B. quadridentatus</i> )	+													
剪形臂尾轮虫( <i>B. forficul</i> )										+				
裂足臂尾轮虫( <i>B. diversicornis</i> )										+				
镰状臂尾轮虫( <i>B. falcatus</i> )				+								+	+	
蒲达臂尾轮虫( <i>B. budapestiensis</i> )										+				
螺形龟甲轮虫( <i>Keratella cochlearis</i> )	+	+				+		+		+		+	+	+
曲腿龟甲轮虫( <i>K. valga</i> )						+		+		+		+	+	+
缘板龟甲轮虫( <i>K. ticinensis</i> )								+						
针簇多肢轮虫( <i>Polyarthra trigla</i> )	+	+	+	+		+		+		+		+		+

表 2( 续)

名称	F1		F2		F3		F4		F5		F6		F7	
	2018 年	2019 年	2018 年	2019 年	2018 年	2019 年	2018 年	2019 年	2018 年	2019 年	2018 年	2019 年	2018 年	2019 年
圆筒异尾轮虫( <i>Trichocerca cylindrica</i> )						+								
同尾轮属( <i>Diurella</i> )						+								+
纤巧同尾轮虫( <i>D. tenuior</i> )		+		+		+		+						+
对棘同尾轮虫( <i>D. stylata</i> )						+				+		+		
腔轮属( <i>Lecane</i> )												+		+
月形腔轮虫( <i>L. luna</i> )								+						
梨形单趾轮虫( <i>Monostyla pyrformis</i> )										+				
囊形单趾轮虫( <i>M. bulla</i> )										+				
晶囊轮属( <i>Asplanchna</i> )		+												+
截头皱甲轮虫( <i>Ploesoma truncatum</i> )		+						+		+		+		
迈氏三肢轮虫( <i>Filinia maior</i> )		+												
十指平甲轮虫( <i>Platyias militaris</i> )										+				
裂痕龟纹轮虫( <i>Anuraeopsis fissa</i> )								+				+	+	+
盘状鞍甲轮虫( <i>Lepadella patella</i> )		+				+				+				
浮尖削叶轮虫( <i>Notholca acuminata</i> var. <i>limnetica</i> )		+												
无柄轮属( <i>Ascomorpha</i> )						+		+						
舞跃无柄轮虫( <i>A. saltans</i> )												+		
柱足腹尾轮虫( <i>Gastropus stylifer</i> )								+						
裸腹溞属( <i>Moina</i> )		+						+						
象鼻溞属( <i>Bosmina</i> )			+		+		+							+
长额象鼻溞( <i>B. longirostris</i> )				+	+		+			+			+	
简弧象鼻溞( <i>B. coregoni</i> )		+		+		+					+	+	+	
颈沟基合溞( <i>Bosminopsis deitersi</i> )													+	
长肢秀体溞( <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i> )						+								
透明溞( <i>Daphnia hyalina</i> )				+										
直额弯尾溞( <i>Camptocercus rectirostris</i> )								+						
方形尖额溞( <i>Alona quadrangularis</i> )													+	
温剑水蚤属( <i>Thermocyclops</i> )		+	+	+		+		+		+		+	+	
蒙古温剑水蚤( <i>T. mongolicus</i> )										+			+	
许水蚤属( <i>Schmackeria</i> )		+										+		
球状许水蚤( <i>Schmackeria forbesi</i> )										+				
特异荡镖水蚤( <i>Neutrodiaptomus incongruens</i> )						+				+		+	+	
剑水蚤属( <i>Cyclops</i> )								+						
广布中剑水蚤( <i>Mesocyclops leuckarti</i> )						+				+		+	+	

注: + 表示存在该类浮游动物。表 4 同。

2.2.2 浮游动物优势种 2018 年富春江富阳段优势种有盘状表壳虫、简弧象鼻溞、温剑水蚤属等 6 种,2019 年优势种有褐砂壳虫、螺形龟甲轮虫、针簇多肢轮虫等 5 种(表 3)。

2.2.3 浮游动物丰度和生物量的变化 从图 3、图 4 可以看出,2018 年 7 月点位 F1 ~ F7 中,F6 丰度最低,为 10.8 ind./L,F7 丰度最高,为 44.0 ind./L,平均丰度 19.7 ind./L;F2 生物量最低,为 0.20 mg/L,

F7 生物量最高,为 2.12 mg/L,平均生物量为 0.93 mg/L。2019 年 7 月,F3 丰度最低,为 9.5 ind./L,F5 丰度最高,为 36.0 ind./L,平均丰度为 19.0 ind./L,丰度和种类数情况接近尼洋河流域<sup>[8-9]</sup>;F3 生物量最低,为 0.007 mg/L,F7 生物量最高,为 0.500 mg/L,平均生物量 0.150 mg/L。2 个时间段富春江富阳段 7 个点位浮游动物的丰度变化并不大,但是从生物量角度来看,2019 年 7 月明

表 3 富春江富阳段浮游动物优势种及优势度

时间	优势种	优势度	丰度 (ind./L)
2018 年 7 月	盘状表壳虫	0.136	21.90
	褐砂壳虫	0.070	9.33
	针棘匣壳虫	0.052	8.00
	螺形龟甲轮虫	0.099	15.30
	针簇多肢轮虫	0.140	18.70
	象鼻溞属	0.024	5.50
2019 年 7 月	长额象鼻溞	0.076	14.80
	筒弧象鼻溞	0.097	23.50
	荡镖水蚤属	0.035	8.35
	温剑水蚤属	0.119	16.50
	广布中剑水蚤	0.023	5.45

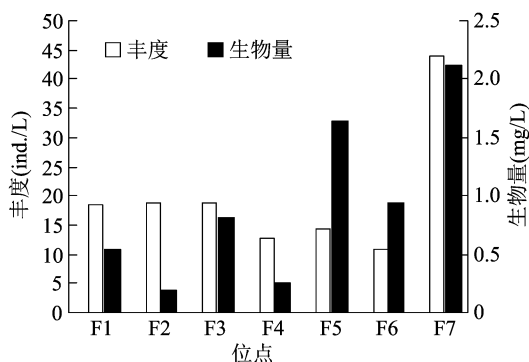


图3 2018 年 7 月富阳段浮游动物空间变化

显要小于 2018 年同期,反映出 2019 年富阳段浮游动物有明显小型化的特点,与国内某些江河浮游动物比例结果<sup>[10-11]</sup>相似,也与上文得出的结论一致。

**2.2.4 浮游动物功能群** 目前,国内外在运用浮游植物功能群划分以此反映水体的生态状况已经做得比较成熟<sup>[12-14]</sup>,有统一的标准。但是对于浮游动

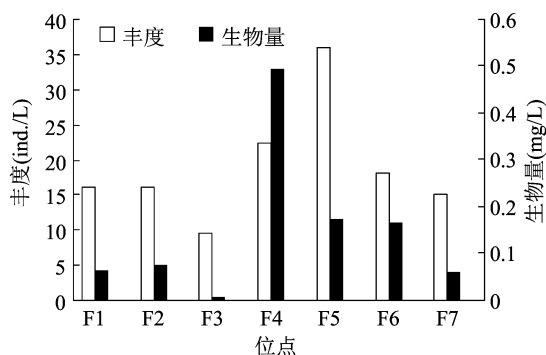


图4 2019 年 7 月富阳段浮游动物空间变化

物的功能群划分研究还缺乏统一。目前,国内外已有的研究也是针对于海洋生态系统<sup>[15-16]</sup>。在淡水生态系统中仅见安睿的研究<sup>[17]</sup>。该研究根据浮游动物大小、摄食方式将淡水浮游动物划分为原生的动物滤食者(PF)、原生动物捕食者(PC)、轮虫滤食者(RF)、轮虫捕食者(RC)、小型浮游动物滤食者(SCF)、小型浮游动物捕食者(SCC)、中型浮游动物滤食者(MCF)、中型浮游动物捕食者(MCC)、大型浮游动物滤食者(LCF)、大型浮游动物捕食者(LCC)这 10 个功能群<sup>[17]</sup>。

本研究参照该功能群分类方法对富春江富阳段浮游动物进行划分发现,2018 年 7 月,富阳段有 PF、RF、SCF 等 5 个功能群,以滤食者功能群体为主,SCF 功能群丰度相对最高,能量在水生态系统食物网中下层传递,说明水体中有机碎屑等营养物质较多;2019 年 7 月,富阳段相对 2018 年同期多了 PC、RC 2 个功能群,功能群种类更加丰富,PF 和 RF 功能群丰度相对最高,能量更多地从滤食者向捕食者转移,说明水体的自净程度更高(表 4)。

表 4 富春江富阳段浮游动物功能群情况

功能群	采样时间		大小	摄食习性
	2018 年	2019 年		
原生的动物滤食者(PF)	+	+	<300 $\mu\text{m}$	滤食者,以细菌、藻类和有机质为食
原生的动物捕食者(PC)		+	<300 $\mu\text{m}$	捕食者,以小型原生动物为食
轮虫滤食者(RF)	+	+	<300 $\mu\text{m}$	滤食者,以细菌、藻类和有机质为食
轮虫捕食者(RC)		+	<300 $\mu\text{m}$	捕食者,以原生动物、其他轮虫和小型甲壳动物为食
小型浮游动物滤食者(SCF)	+	+	<0.7 mm	滤食者,以细菌、藻类和有机质和原生动物为食
小型浮游动物捕食者(SCC)			<0.7 mm	捕食者,以轮虫、枝角类、双翅目昆虫(摇蚊幼虫)、寡毛类为食
中型浮游动物滤食者(MCF)	+	+	0.7~1.5 mm	滤食者,以细菌、藻类和有机质和原生动物为食
中型浮游动物捕食者(MCC)	+	+	0.7~1.5 mm	捕食者,以轮虫、枝角类、双翅目昆虫(摇蚊幼虫)、寡毛类为食
大型浮游动物滤食者(LCF)			>1.5 mm	滤食者,以细菌、藻类和有机质和原生动物为食
大型浮游动物捕食者(LCC)			>1.5 mm	捕食者,以轮虫、枝角类、双翅目昆虫(摇蚊幼虫)、寡毛类为食

2.2.5 浮游动物生物多样性 使用 PRIMRR 5 软件进行 Shannon – Wiener 多样性指数 ( $H'$ )、Margalef 丰富度指数 ( $D$ )、物种均匀度指数 ( $J'$ )、Simpson 指数 ( $1 - \lambda$ ) 4 种指数计算。从表 5 可以看出,2019 年 7 月富阳段的 4 种指数基本上都要高于 2018 年同期,说明 2019 年水体中浮游生物的多样性更高,种间分布更均匀。

2.2.6 环境因子对浮游动物群落的影响 富春江富阳段浮游动物 CCA 分析结果见图 5。排序轴 1、排序轴 2 特征值分别为 0.580 9、0.298 1,分别解释了物种环境方差的 39.46%、20.24%,达到总标准特征值的 59.7%,说明这 2 个排序轴的排序图能够

反映富春江富阳段浮游动物群落结构与环境因子的关系。检测的环境变量能够解释物种组成总变异的 84.9%。第 1 物种排序轴与环境因子中水温、叶绿素 a 含量、总氮含量、总磷含量呈显著正相关,相关系数分别为 0.893 3、0.800 5、0.750 0、0.882 6 和 0.648 9,与溶解氧呈显著负相关关系(一定范围内,2 次采样水体溶解氧均在 6 mg/L 以上),相关系数为 -0.907 4。第 2 物种排序轴与透明度和 pH 值呈正相关关系,相关系数分别 0.387 8、0.560 8。物种的 2 个排序轴之间相关系数和环境因子的 2 个排序轴之间的相关系数均分别为 -0.010 6 和 0,表明排序结果还是可靠的。

表 5 富春江富阳段浮游动物多样性指数

位点	$D$		$J'$		$H'$		$1 - \lambda$	
	2018 - 07	2019 - 07	2018 - 07	2019 - 07	2018 - 07	2019 - 07	2018 - 07	2019 - 07
F1	4.45	6.49	0.69	0.92	1.81	2.71	0.68	0.92
F2	2.39	5.05	0.83	0.91	1.72	2.47	0.77	0.89
F3	2.04	5.33	0.85	0.96	1.65	2.45	0.76	0.90
F4	1.18	5.46	0.87	0.81	1.21	2.33	0.67	0.84
F5	2.25	5.86	0.90	0.88	1.76	2.72	0.80	0.91
F6	2.94	5.54	0.95	0.89	1.98	2.51	0.85	0.89
F7	4.76	5.17	0.81	0.93	2.40	2.52	0.84	0.90

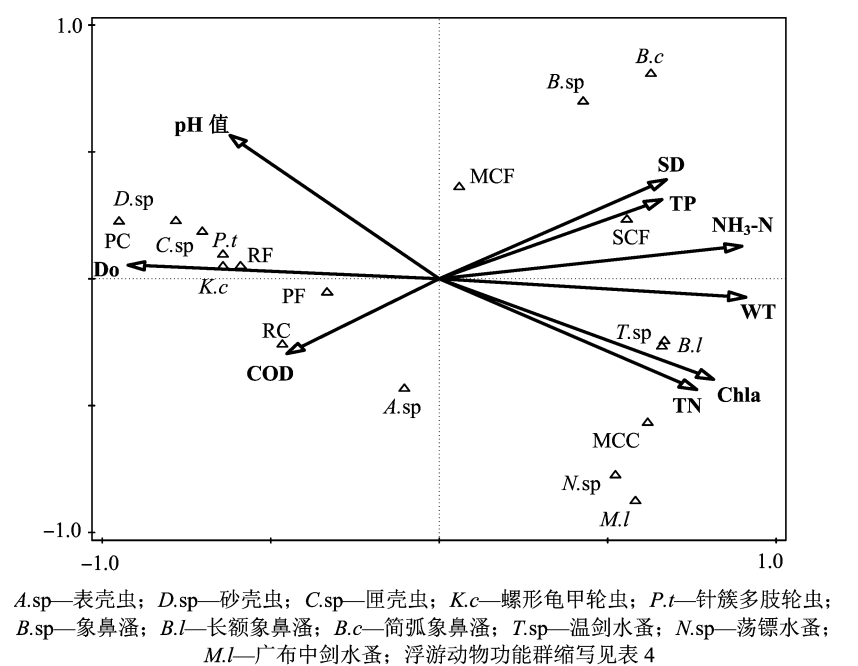


图5 富春江富阳段浮游动物群落——环境典范对应分析结果

3 讨论与结论

3.1 浮游动物群落和环境因子的关系

对本次浮游动物和水质调查结果对比分析发

现,由于年际变化较大,富春江富阳段的浮游动物群落结构也随着环境因子的变化发生了较大幅度的改变。从结果来看,小型浮游动物像原动物和轮虫对水温、透明度、营养盐等环境因子的适应范

围更广,而像在富春江中常见的枝角类、桡足类种类则需求较高的水温、透明度和营养盐水平。国内其他地区有研究表明,流速较大,含泥沙量较高的河流不适合浮游动物的栖息和繁殖<sup>[18]</sup>。结合本次调查和以往的经验,枝角类、桡足类对流速、透明度这些水体物理变化更为敏感。小型化的浮游动物相对适应性更强。

CCA 分析结果表明,多数浮游动物功能群、优势种都与环境因子呈现明显的相关性,如小型浮游动物滤食者与总磷含量,中型浮游动物捕食者与总氮含量,温剑水蚤和叶绿素 a 含量均呈显著正相关关系;50% 的浮游动物群落都与水温呈正相关性,还有不少群落如砂壳虫、匣壳虫、针簇多肢轮虫与溶解氧在一定范围里呈显著负相关关系。只有个别群落如中型浮游动物滤食者和广布中剑水蚤的丰度变化无法被环境变量所解释。

从 2018 年 7 月至 2019 年 7 月的水质监测结果可以看出,2019 年 7 月的水温、透明度、总磷含量、总氮含量、氨氮含量和叶绿素 a 含量由于汛情原因都要显著低于 2018 年同期,相对应的在 CCA 分析图中与这些环境因子呈正相关的浮游动物群落的丰度值在 2019 年 7 月也明显处于一个相对低的水平,与前人研究结果<sup>[19-20]</sup>一致。CCA 这类约束性分析排序方法能较好地解释物种与环境因子的关系,这与国内相关研究结果<sup>[21-22]</sup>相似。同时,CCA 分析也能反映出不同物种在生态习性上的异同。如本研究中砂壳虫和匣壳虫、针簇多肢轮虫和螺形龟甲轮虫、荡镖水蚤和广布中剑水蚤虽然不同属,但在排序图中的位置比较接近,表明它们在生态适应性上较为相似。而同一属的浮游动物对环境的要求可能存在差异<sup>[23]</sup>,如同为象鼻溞属的长额象鼻溞和简弧象鼻溞在排序图中位置较远,表现出对环境的不同需求,这也可能就是同一时段某个属的浮游动物只有个别种占据生长优势的原因。

### 3.2 富春江富阳段水质情况

多样性指数是衡量浮游动物群落健康状态和规模的尺度。一般而言,Margalef 丰富度指数大小与浮游动物种类数相关,主要反映物种种类的分布情况,浮游动物种类数越多,每种个体丰度分布越均匀,水体水质也就越好;Shannon - Wiener 多样性指数能反映群落的复杂程度,物种多样性指数越大表明群落复杂程度越高、水质越好;Pielou 均匀度指数则表示浮游动物个体数目分配的均匀程度高

低,越高表明浮游动物群落结构越稳定<sup>[24]</sup>。结合之前国外学者 Valentin 等的观点<sup>[25]</sup>,富春江富阳段的水质通过浮游动物的多样性指数评判:2018 年 7 月基本处于轻度污染和轻度污染之间,2019 年 7 月为轻度污染;而通过地表水环境质量标准评判:2019 年 7 月为Ⅳ类水,2018 年 7 月为Ⅴ类水。这 2 种评判标准得出的变化趋势相同,都是水质情况变好,但受污染程度有所差别。

### 参考文献:

- [1] 文 军,罗献宝,李 剑,等. 新安江、富春江区域水质变化的风险分析[J]. 水土保持研究,2007,14(2):224-227,230.
- [2] 李共国,虞左明. 千岛湖轮虫群落结构及水质生态学评价[J]. 湖泊科学,2003,15(2):169-176.
- [3] 郭爱环,原居林,张爱菊,等. 富春江轮虫群落的时空格局及其与环境因子的关系[J]. 江苏农业科学,2019,47(7):243-247.
- [4] 沈温芬. 微型生物监测新技术[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1990.
- [5] 王家楫. 中国淡水轮虫志[M]. 北京:科学出版社,1961.
- [6] 蒋燮治,堵南山. 中国动物志:节肢动物门甲壳纲淡水枝角类[M]. 北京:科学出版社,1979.
- [7] 中国科学院动物研究所甲壳动物研究组. 中国动物志:节肢动物门甲壳纲淡水桡足类[M]. 北京:科学出版社,1979.
- [8] 国家环保总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社,2002.
- [9] 龚迎春,冯伟松,余育和,等. 西藏尼洋河流域浮游动物群落结构研究[J]. 水生态学杂志,2012,33(6):35-43.
- [10] Xie J J, Xu Y Q, Chen Y S, et al. The relationship of community structure of zooplankton and the water pollution of the Jinjiang River Valley[J]. Chinese Journal of Zoology, 2005, 40(5):8-13.
- [11] Yang Y F, Huang X F. Structure of zooplankton community in Donghu Lake of WuHan[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 1994, 5(3):319-324.
- [12] Yu H X, Wu J H, Ma C X, et al. Seasonal dynamics of phytoplankton functional groups and its relationship with the environment in river: a case study in Northeast China[J]. Journal of Freshwater Ecology, 2012, 27(3):429-441.
- [13] 黄享辉,胡 韧,雷腊梅,等. 南亚热带典型中小型水库浮游植物功能类群季节演替特征[J]. 生态环境学报,2013,22(2):311-318.
- [14] 闵文武,王培培,李丽娟,等. 渭河流域浮游植物功能群与环境因子的关系[J]. 环境科学研究,2015,28(9):1397-1406.
- [15] Ichinokawa M, Takahashi M M. Size-dependent carbon flow in the epipelagic food web of the western equatorial pacific[J]. Marine Ecology Progress Series, 2006, 313:13-26.
- [16] Song S, Huo Y Z, Bo Y. Zooplankton functional groups on the continental shelf of the yellow sea[J]. Deep - Sea Research Part II - Topical Studies in Oceanography, 2010, 57(11/12):1006-1016.

王江波,陈 敏,苟爱萍. 一张蓝图目标下省域生态保护红线划定方法差异性[J]. 江苏农业科学,2020,48(14):290-297.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.14.054

# 一张蓝图目标下省域生态保护红线划定方法差异性

王江波<sup>1</sup>,陈 敏<sup>1</sup>,苟爱萍<sup>2</sup>

(1. 南京工业大学建筑学院,江苏南京 211816; 2. 上海应用技术大学生态技术与工程学院,上海 201418)

**摘要:**《生态保护红线划定指南》(简称《指南》)发布后,在统一标准下,各省(市、区)红线划定方法却出现了不同程度的差异性,具体体现在红线分类分区、划分方式的地域分布、管控区分类分级、图纸成果表达等方面。各省(市、区)红线划定方法的差异性阻碍了全国范围内红线的拼合,同时引发了后续管理上的诸多争议。通过分类比较,对差异性的表现形式进行列表,通过差异性的特征比较,提出“正面差异”和“负面差异”的概念;通过深入剖析差异性的形成原因,从限定《指南》刚性指标、建立跨部门与跨区域交流机制、科学完善管理制度 3 个方面提出具体建议,进而保障一张蓝图目标的实现。

**关键词:**生态保护红线;差异性;正面差异;负面差异;表现形式;形成原因

**中图分类号:**X36 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2020)14-0290-08

2017 年 2 月,为落实《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》提出红线划定工作的目标要求,保障国家生态安全格局<sup>[1]</sup>,同年 8 月,《生态保护红线划定指南》(以下简称《指南》)颁布,进一步规范了全国红线划定的统一指导标准。截至 2017 年年底,经国务院审批的红线划定方案包括京津冀地区的 2 市 1 省、长江经济带的 10 省 1 市以及宁夏回族自治区,其他省(市、区)的划定方案也于 2018 年年底正式通过省级政府审批。生态保护红线在国家层面的战略目标是各省(市、区)基于一套统一

标准划定的生态保护红线,在全国范围内可以拼合成一张蓝图,真正实现生态空间重要区域“一条红线”管控。然而,即使有《指南》的统一指导,各省(市、区)正式出台或报批公示阶段的红线划定方案还是出现了较多差异。这些差异不可避免地影响了未来红线在全国范围内的拼合,同时引发后续管理上的一系列难题。生态保护红线划定是生态文明建设的基础工程<sup>[2]</sup>,只有打牢基础,后续的生态措施才能更好地推进。因此,为了在全国范围内实现一张蓝图的目标,对生态保护红线划定方法差异性的研究更显迫切。

## 1 差异性特征及影响

各省(市、区)生态保护红线划分方式差异性有不同的表现形式,根据特征属性的不同,本研究将其划分为“正面差异”和“负面差异”2 种类型,不同

收稿日期:2019-08-13

基金项目:国家自然科学基金(编号:51978329、51378010、51778364)。

作者简介:王江波(1976—),男,河南鹤壁人,博士,教授,主要从事综合防灾和生态城市研究。E-mail:wjb623@163.com。

通信作者:苟爱萍,博士,教授,主要从事生态城市和韧性景观研究。E-mail:aipinggou@hotmail.com。

[17] 安 睿. 三江平原典型湿地浮游生物群落特征及其与环境因子的关系[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2016:49-50.

[18] 方艳红,黄道明,王文君,等. 大渡河河口秋季浮游动物的群落结构特征[J]. 水生生态学杂志,2012,33(3):34-40.

[19] May L. Rotifer occurrence in relation to water temperature in Loch Leven, Scotland[J]. Hydrobiologia, 1983, 104(1):311-315.

[20] Havens K E, Beaver J R. Composition, size, and biomass of zooplankton in large productive Florida lakes[J]. Hydrobiologia, 2011, 668(1):49-60.

[21] 冯世敏,吴明珠,熊 莲,等. 太平湖浮游动物动态演替与环境因子的相关性研究[J]. 水生生物学报,2017,41(3):700-711.

[22] 白海锋,赵乃锡,殷旭旺,等. 渭河流域浮游动物的群落结构及其与环境因子的关系[J]. 大连海洋大学学报,2014,29(3):260-266.

[23] 林 青,由文辉,徐风洁,等. 滴水湖浮游动物群落结构及其与环境因子的关系[J]. 生态学报,2014,34(23):6918-6929.

[24] 李 红,祁 峰,谢春刚,等. 博斯腾湖浮游动物群落结构特征与分布的季节性变化[J]. 中国水产科学,2013,20(4):832-842.

[25] Valentin L, Macedo E, Tenenbaumdr, et al. The specific diversity indices for analyzing phytoplankton succession: application to the Caho Frio (RJ, Brazil) upwelling ecosystem[J]. Neritica, 1991(6):1-2.