

流域治理后生态恢复期的沙颍河干流底栖动物群落结构分析

舒卫先¹, 胡菊香², 陈 胜², 池仕运²

(1. 淮河流域水资源保护局, 蚌埠 233001;

2. 水利部中国科学院水工程生态研究所, 水利部水工程生态效应与生态修复重点实验室, 武汉 430079)

摘要:2013年4月,根据沙颍河干流闸坝分布设置21个采样站位对处于生态恢复期的沙颍河干流底栖动物进行了现场调查。共采集到底栖动物3门6纲10目25科38种,其中,水生昆虫20种、甲壳动物3种、寡毛类2种、软体动物11种、其他类群2种。沙颍河干流底栖动物平均密度242.40个/m²,平均生物量291.33 g/m²;软体动物占绝对优势,在现存量中占总个体数的64.74%,且在绝大部分站位占据优势地位;常见种为梨形环棱螺、环足摇蚊属一种、圆顶珠蚌和大沼螺。经生物多样性分析,Shannon-Wiener指数平均为1.20, Margalef指数平均为1.56, Pielou均匀度指数平均为0.52。将21个站位的底栖动物进行聚类分析,可分为8大组群,NMDS分析显示各组群分离较为明显,表明底栖动物群落结构的时空异质性较高;SIMPER分析表明空间变异度取决于梨形环棱螺、环足摇蚊、长臂虾科1种、水丝蚓属1种、大沼螺和摇蚊的种群动态变化。从底栖动物群落结构组成来看,周口闸以上河段水质要明显好于周口闸以下,周口闸以下河段水质状态也与污染严重时期相比有较大改善。

关键词:底栖动物;群落结构;生态恢复期;沙颍河干流

中图分类号:Q958.15 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2014)04-0035-08

沙颍河是淮河水量最大的支流,也曾是一条污染十分严重的河流(程绪水和沈哲松,2004)。沙颍河流域水资源十分匮乏,为充分开发利用水资源,流域内修建了大量的水库和闸坝,这不仅改变了河流的水文情势,也使水体自净能力锐降(胡长虹和张含,2005;张向东,2005)。在沙颍河污染严重时期,受污染的地表水的使用功能降低甚至丧失,进一步加剧该地区的水资源危机,严重制约流域经济社会的可持续发展(程绪水和沈哲松,2004;张向东,2005)。沙颍河原本渔业资源丰富,天然捕捞量很大,但由于水质污染,干支流大部分河段鱼虾绝迹(张向东,2005)。自1994年淮河流域启动水污染防治工作以来,经过近20年的治理,沙颍河水质得到明显改善(徐子涵,2013),表明沙颍河正处于生态恢复期。

近年来,针对沙颍河流域的研究主要集中在水质理化指标上(冯彩婷等,2012;高红莉等,2010;王园欣和左其亭,2012;谢东坡等,2008;徐子涵,2013;杨沈丽和杨沈生,2008;赵辉等,2005),而对水生生物类群的研究较少,且主要局限于沙颍河上游区段及其支流(单林娜等,2010;李冰冰等,2010)。水生生物类群中的底栖动物个体较大、易于采集、生活史较长、迁移能力弱,其群落结构的变化较纯粹的水化学检测指标更能够反映较长一段时期内水生态系统的演变趋势,是理想的指示生物(池仕运等,2010)。为全面了解沙颍河干流的水生态现状,作者于2013年4月对沙颍河干流的底栖动物进行了调查,以期

为沙颍河干流水资源保护提供决策依据,并填补该区域生态调查资料的空白,为我国河流生态学研究提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究区域

沙颍河发源于豫西伏牛山区,跨河南、安徽2省,流经平顶山、漯河、周口、阜阳等40个市县,于安徽省颍上县沫河口汇入淮河,流域面积36 651 km²,河道全长620 km,其中河南省境内410 km,安徽省境内210 km(张向东,2005)。流域地处暖温带向亚热带的过渡地带,属暖温带半湿润大陆性气候区。冬春干旱少雨,夏秋闷热多雨,年平均气温4~16℃,多年平均降水769.5 mm,多年平均径流深145.4 mm,多年平均径流量162 m³/s(褚金庭,2001),流域土壤类型为粘性土(胡新河,1994)。主要一级支流有8条,从上游至下游左岸有北汝河、小颍河、贾鲁河、新运河、新蔡河、黑茨河,右岸有澧河、

收稿日期:2014-01-13

基金项目:淮河流域重要河湖健康评估试点项目(1261320320004)。

通讯作者:池仕运,1979年生,助理研究员,主要从事底栖动物生态学研究。E-mail: chishiyun@gmail.com

作者简介:舒卫先,1973年生,高级工程师,主要从事水生态保护和修复研究。E-mail: weixians@163.com

汾泉河。沙颍河在漯河以上分为沙河、澧河和北汝河,为暴雨中心所在,是沙颍河洪水的主要源地(连明涛和朱文升,2002)。由于颍河的汇入,漯河以下称为沙颍河。沙颍河干流建有节制闸8座,分别为马湾节制闸、漯河节制闸、周口节制闸、郑埠口节制闸、槐店节制闸、耿楼节制闸、阜阳节制闸和颖上节制闸等,人工控制程度高(程绪水和沈哲松,2004)。河流两岸建有人工堤坝,河床底质以细沙和粉沙为主,局部河段为钙土,一些河段水草较为繁茂。

1.2 采样断面设置

针对沙颍河闸坝较多、将河道分割成长度不等河段的特点,从白龟山水库以下至沙颍河入淮河河口共设置了21个采样站位。马湾闸以上至白龟山水库坝下河段设置4个站位;闸段之间由于漯河闸至周口闸河段较长设置3个站位外,其余均设置2个站位;颖上闸至沙颍河入淮河河口设置2个站位。各采样站位具体位置示意图1。

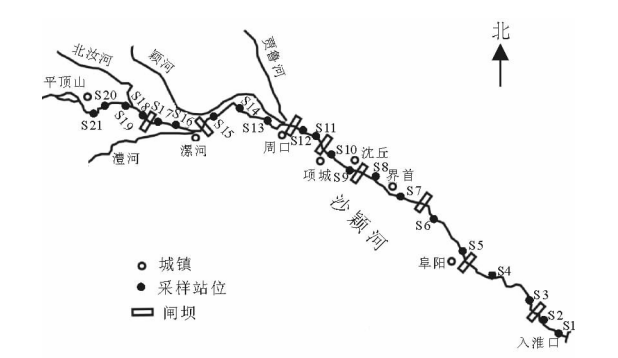


图1 沙颍河干流采样站位示意

Fig.1 Sampling sites in the main stream of Shaying River

1.3 样品采集

由于沙颍河大部分河段底质为粘性细沙,底质较硬,采用挖泥器进行样品采集不可行,作者改用标准矩形手抄网(孔径500 μm)并结合踢网法进行采样。采样时记下网口扫过的距离(通常为3 m),从而推算采样面积。采集的样品经现场初步分拣后全部装入500 mL的广口塑料瓶中,加入4%的甲醛液进行保存,并转运到实验室中进行镜检。镜检采用德国莱卡EZ4D体视解剖镜和日本奥林巴斯BH-2型显微镜进行。种类鉴定时,一般水生昆虫鉴定到科或属,摇蚊类鉴定到属,寡毛类鉴定到属或种,软体动物鉴定到种或区分到种。称重采用上海越平万分之一电子天平。将各分类单元进行计数和称重后折算成单位面积的密度和湿重生物量(池仕运等,2011)。水质理化指标中除水温、溶氧、pH和电导率

用YSI便携式多功能水质仪测定外,其余指标由流域相应水文水资源勘探局提供。

1.4 数据处理与分析

采用PAST软件对各采样站位底栖动物数据进行聚类分析,并采用非度量多维尺度分析(NMDS)将聚类分析结果展示在双序图上。采用百分比相似性分析(SIMPER)找出对各分组贡献较大(贡献率大于4%)的物种组成。底栖动物数据在进行多元分析前进行百分比转换以消除采样努力量差异对分析结果的影响。聚类分析和NMDS分析均基于Bray-Curtis距离法度量不同站位之间的空间距离,其中聚类分析采用非加权平均距离(UPGMA)算法进行聚组。

生物多样性指数计算公式如下:

Shannon-Wiener 指数:

$$H = - \sum (n_i/N) \ln(n_i/N) \quad (1)$$

式中: n_i 为第*i*个种的个体数目, N 为群落中所有种的个体总数。

Margalef 指数:
$$D = (S - 1) / \ln N \quad (2)$$

式中: S 为群落中的总数目, N 为观察到的个体总数。

Pielou 均匀度指数:
$$E = H / H_{\max} \quad (3)$$

式中: H 为实际观察的物种多样性指数, $H_{\max}$ 为最大的物种多样性指数, $H_{\max} = \ln S$ (S 为群落中的总物种数)。

2 结果与分析

2.1 水体理化性质

总体看,漯河闸以上水质要明显好于漯河闸以下(表1)。各闸段间水温、溶氧和pH差别不大,电导率从上游至下游呈现逐步增加趋势。按照地面水环境质量标准(GB3838-2002)评价,高锰酸钾指数漯河闸以上河段在Ⅱ类限值以内,漯河闸以下波动幅度较大,但均在Ⅳ类限值以内;五日生化需氧量除极个别站位为Ⅴ类外,绝大多数站位在Ⅳ类限值以内波动;总磷在槐店闸以上可达到Ⅱ类,在槐店闸以下基本为Ⅴ类;氨氮在漯河闸以上为Ⅱ、Ⅲ类,在漯河闸以下基本为Ⅴ类,局部河段甚至达劣Ⅴ类。

2.2 底栖动物

2.2.1 种类组成 共检出底栖动物38种,隶属3门6纲10目25科(表2)。其中水生昆虫20种,甲壳动物3种,环节动物4种(寡毛类2种,蛭类2种),软体动物11种。常见种为梨形环棱螺(*Bel-*

lamya purificata) (出现率 100%、数量百分比 2.13%) 和 大 沼 螺 (*Parafossarulus exirnius*) 43.50%)、环足摇蚊 (*Cricotopus* sp.) (71.43%、(47.62%、13.04%)。11.42%)、圆顶珠蚌 (*Unio douglasiae*) (71.4%、

表 1 沙颍河水体理化指标

Tab.1 Physical and chemical parameters of water body in different sections of Shaying River seperated by floodgate

闸段	水温/ ℃	溶氧/ mg · L ⁻¹	电导率/ μs · cm ⁻¹	pH	高锰酸盐指数/ mg · L ⁻¹	五日生化需氧量 /mg · L ⁻¹	氨氮/ mg · L ⁻¹	总磷/ mg · L ⁻¹
马湾闸以上	17.9 ± 1.4	6.2 ± 1.0	674.8 ± 254.7	7.9 ± 0.15	2.60	2.8	0.247	0.02
马湾闸 – 漯河闸	14.4 ± 0.3	11.1 ± 4.8	715.5 ± 283.5	8.4 ± 0.42	2.70	2.8	0.54	0.02
漯河闸 – 周口闸	15 ± 3	6.6 ± 2.9	803.5 ± 149.3	8.0 ± 0.2	4.28 ± 1.98	2.5 ± 0.8	1.26 ± 0.66	0.025 ± 0.006
周口闸 – 郑埠口闸	16.3 ± 2.2	6.7 ± 1.1	1 087 ± 123	7.9 ± 0.12	8.40	6.9	1.82	0.07
郑埠口闸 – 槐店闸	16.8 ± 0.3	5.6 ± 0.7	1 114 ± 145.7	8.0 ± 0.021	8.90	5.6	1.74	0.07
槐店闸 – 耿楼闸	17.6 ± 1.8	7.6 ± 1.3	1 182 ± 29.7	8.1 ± 0.148	4.65 ± 6.03	2.5 ± 2.1	1.71 ± 0.82	0.130 ± 0.071
耿楼闸 – 阜阳闸	17.9 ± 1.5	5.6 ± 0.5	1 249 ± 9.9	7.9 ± 0.021	4.27 ± 0.51	1.3 ± 1.1	3.21 ± 0.54	0.329 ± 0.06
阜阳闸 – 颍上闸	18.7 ± 0.5	9.2 ± 1.6	1 265.5 ± 19.1	8.2 ± 0.12	4.42 ± 0.59	5.4 ± 1.1	3.88 ± 0.69	0.555 ± 0.346
颍上闸以下	18.3 ± 0.7	8.5 ± 1.0	1 259 ± 26.9	8.2 ± 0.007	4.07	5.3	3.465	0.352
平 均	17.0 ± 2.0	7.3 ± 2.3	993 ± 279.7	8.1 ± 0.2	4.88 ± 2.08	3.44 ± 1.93	2.03 ± 1.27	0.18 ± 0.22

表 2 沙颍河干流底栖动物种类组成

Tab.2 Species composition of zoobenthos in the main stream of Shaying River

水生昆虫	甲壳动物
蜉蝣目	1. 长臂虾 Palaemonidae sp.
1. 蜉蝣 Ephemeraeidae sp.	2. 匙指虾 Atyidae sp.
2. 细蜉 Caenidae sp.	3. 钩虾 Gammaridae sp.
双翅目	环节动物
3. 德永摇蚊 Tokunopyusurika sp.	寡毛类
4. 环足摇蚊 Cricotopus sp.	1. 苏氏尾鳃蚓 Branchiura sowerbyi
5. 摇蚊 Chironomus sp.	2. 水丝蚓 Limnodrilus sp.
6. 隐摇蚊 Cryptochironomus sp.	蛭类
7. 二叉摇蚊 Dicrotendipes sp.	1. 石蛭 Erpobdellidae sp.
8. 拟摇蚊 Parachironomus sp.	2. 舌蛭 Glossiphoniidae sp.
9. 多足摇蚊 Polypedilum sp.	软体动物
10. 齿斑摇蚊 Stictochironomus sp.	1. 椭圆萝卜螺 Radix swinhoei
11. 斑特突摇蚊 Thienemanimyia sp.	2. 凸旋螺 Gyraulus convexiusculus
12. 摇蚊蛹 Chironomidae pupa	3. 梨形环棱螺 Bellamya purificata
13. 大蚊 Tipulidae sp.	4. 大沼螺 Parafossarulus exirnius
14. 毛蠓 Psychodidae sp.	5. 方格短沟蜷 Semisulcospira cancellata
15. 蝇 Muscidae sp.	6. 河蚬 Corbicula fluminea
毛翅目	7. 园顶珠蚌 Unio douglasiae
16. 小石蛾 Hydropsychidae sp.	8. 背角无齿蚌 Andonta woodiana
蜻蜓目	9. 舟形无齿蚌 Andonta euscaphys
17. 蜻 Libellulidae sp.	10. 钳形无齿蚌 Anodonta arcuiformis
18. 色蟊 Calopterygidae sp.	11. 淡水壳菜 Limnoperna fortunei
19. 细蟊 Ischnura sp.	
20. 丝蟊 Sympecma sp.	

2.2.2 现存量 底栖动物密度变动在6.67 ~ 1 015.57 个/m²,均值 242.40 个/m²;生物量变动在 5.76 ~ 1 108.61 g/m²,均值 291.33 g/m²。密度和生物量的最小值均出现在 S2,最大值均出现在 S17 (图 2)。

2.2.3 物种数分布 各采样站位底栖动物物种数变动在 2 ~ 13 种。种数最多的是 S15 站位,最少的

是 S2 和 S10 站位(图 3)。

2.2.4 生物多样性 底栖动物 Shannon-wiener 指数变动在 0.56 ~ 2.06,平均 1.20,最大值出现在 S20,最小值出现在 S2;Margalef 指数变动在 0.32 ~ 2.96,平均 1.56,最大值出现在 S20,最小值出现在 S10;Pielou 均匀度指数变动在 0.22 ~ 0.98,平均 0.52,最大值出现在 S10,最小值出现在 S6(图 4)。

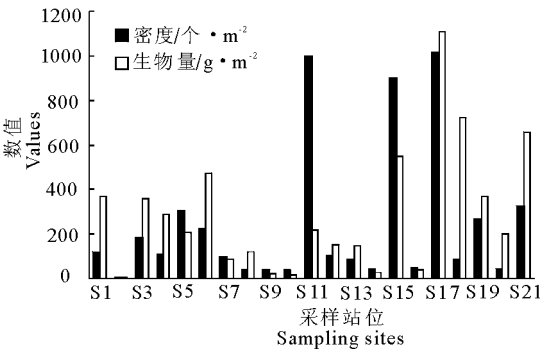


图2 沙颍河干流各采样站位底栖动物的密度和生物量
Fig. 2 Density & biomass of zoobenthos in different sampling sites in the main stream of Shaying River

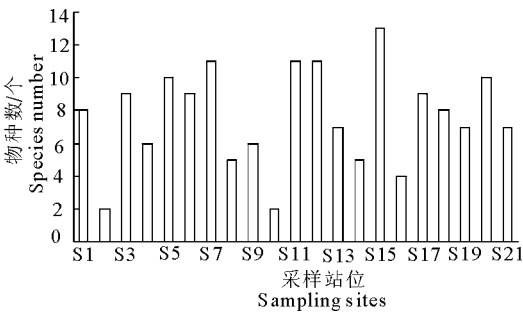


图3 沙颍河干流各采样站位底栖动物物种数分布
Fig. 3 Frequency distribution of zoobenthos species in different sampling sites in the main stream of Shaying River

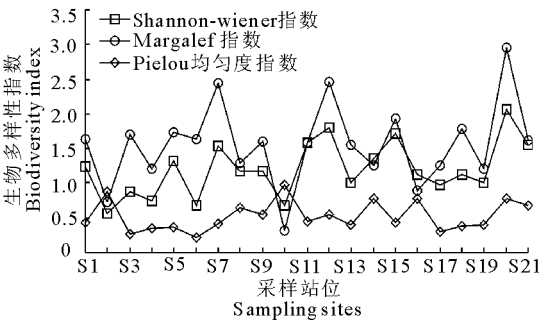


图4 沙颍河干流各采样站位底栖动物生物多样性指数
Fig. 4 Biodiversity index of zoobenthos in different sampling sites in the main stream of Shaying River

2.2.5 类群组成 沙颍河干流底栖动物群落结构组成中,软体动物是绝对优势类群(占总个体数64.74%),其次是水生昆虫(占23.81%),环节动物和甲壳动物所占比例相对较小(分别为10.26%和1.19%)(图5)。总体来看,软体动物在所有站位均有出现,且在绝大多数站位占优势地位;水生昆虫和环节动物虽在大部分站位出现,但仅在个别站位形成优势地位;甲壳动物主要在下游河段出现(图6)。

2.2.6 空间异质性分析 聚类分析将沙颍河干流采样站位底栖动物类群组成分成8大群组(图7)。经NMDS分析,这些群组在双序图上分离较为明显

(图8)。其中群组1、群组6、群组3和群组4较为接近,而群组2、群组5、群组7和群组8则彼此相距较远。经SIMPER检验,梨形环棱螺、环足摇蚊、长臂虾、水丝蚓、大沼螺和摇蚊种群动态差异是造成这些群组群落结构组成差异较大的根本原因,这些物种对群组间距离贡献较大,累计贡献率高达65.09%(表3)。

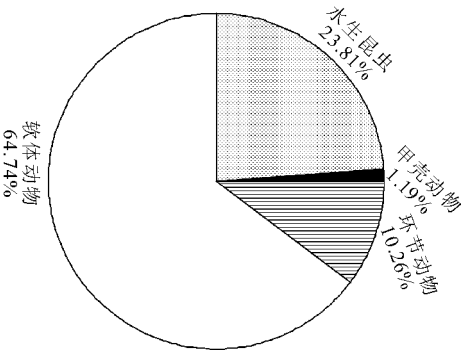


图5 沙颍河干流底栖动物各类群数量组成
Fig. 5 Abundance percentages of different zoobenthos groups in the main stream of Shaying River

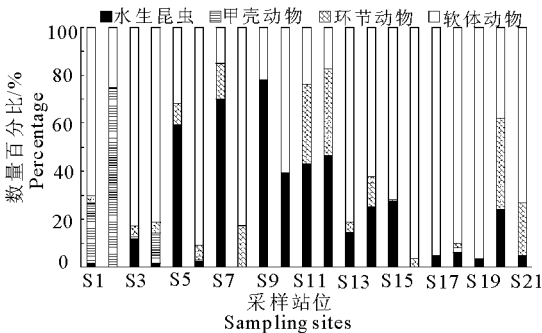


图6 沙颍河干流各采样站位底栖动物类群组成
Fig. 6 Composition of zoobenthos groups in different sampling sites in the main stream of Shaying River

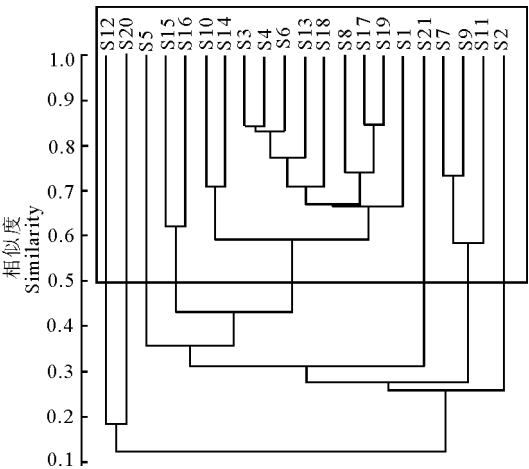


图7 采样站位底栖动物类群组成聚类分析
Fig. 7 Results of clustering analysis based on zoobenthos groups in different sampling sites

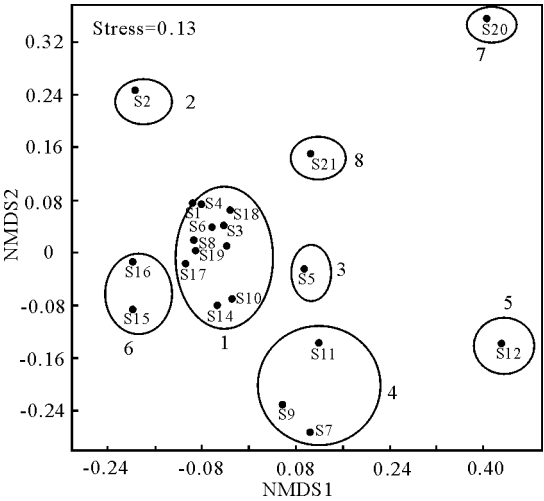


图 8 采样站位底栖动物类群组成 NMDS 分析
Fig. 8 Results of nonmetric multidimensional scaling (NMDS) analysis based on zoobenthos groups in different sampling sites

3 讨论

沙颍河干流底栖动物种类组成以水生昆虫为主,软体动物次之,其他类群出现的物种数所占比例较小,常见种为梨形环棱螺、环足摇蚊、圆顶珠蚌和大沼螺。从生态习性上看,梨形环棱螺喜沙石质底质,而沙颍河干流正好是细沙和粉沙底质,可满足其生长需要,因此在各采样站位均有出现,且在大部分站位数量占据优势地位;环足摇蚊喜栖居在水草上,4 月各采样站位的水绵和水草都较多,因此环足摇蚊出现频率也较高;圆顶珠蚌常栖息于湖泊、江河、水库的泥沙底,而大沼螺常栖息于有水草孳生的溪流、湖泊、沟渠和池塘内,匍匐在水草上或在水底爬行(蔡如星和黄惟灏,1991;陈晔光,1988),因此它们也在沙颍河找到了合适的生态位。沙颍河干流河床组成以细沙为主,较多的闸坝客观上将干流分割

表 3 百分比相似性分析

Tab. 3 Results of similarity percentage analysis (SIMPER)

物 种	平均不相 似度/%	累计贡献 率/%	数量百分比/%							
			群组 1	群组 2	群组 3	群组 4	群组 5	群组 6	群组 7	群组 8
梨形环棱螺	18.25	24.98	66.70	25	31.30	19.20	5.17	34.70	4.76	24.40
环足摇蚊	10.22	38.96	8.05	0	6.59	50.40	1.72	1.18	0	0
长臂虾	6.00	47.16	3.44	75	0.55	0	0	0	0	0
水丝蚓	4.78	53.70	0.40	0	6.59	12.90	36.20	0	0	0
大沼螺	4.24	59.50	8.07	0	0	0.35	1.72	17.20	0	0
摇蚊	4.09	65.09	1.07	0	50	0.47	5.17	0	0	4.88

成长度不一的河段,水流很缓,水文特性与湖泊较为接近,加上水体中氮磷含量较高,富营养化趋势较为明显,导致一些河段水草生长较为旺盛,局部河段甚至泛滥成灾,如 S5、S17 和 S19。水草的旺盛生长对水质净化和改善具有较大作用(成小英等,2002;高吉喜等,1997;杨清心,1998),这也促进了软体动物或底栖动物的生长繁殖(刘保元等,1997;谢志才等,2007),如水草为梨形环棱螺和大沼螺等牧食者提供了丰富的饵料来源,也为环足摇蚊提供了绝佳的掩蔽场所,同时提高了水体透明度,为圆顶珠蚌的生长繁殖提供了较为适宜的生境。

调查发现,水生昆虫中对水质污染较为敏感的一类群如蜉蝣目稚虫以及毛翅目幼虫出现的频率很低,只在 1、2 个站位出现。如 S15 出现了蜉蝣目的蜉蝣和细蜉, S15 和 S20 出现了毛翅目的小石蛾。而软体动物中对水质要求较高的方格短沟蜷只在周口闸以上河段也就是 S13 以上断面出现,周口闸以下河段不见踪迹;河蚬则在周口闸以上河段出现的频率较高,出现率为 66.67%,自周口闸以下出现频率急剧下降,只在 S3 断面出现,且数量百分比仅为

1.79%。这与周口闸以下河段水质常年较差有一定关系,水质历史监测资料显示周口闸以上的水质污染程度较轻,大部分年份水质保持在 III~IV 类,而周口闸以下段水质常年为劣 V 类水(张向东,2005)。

河蚬和环棱螺的种群密度和生物量会随水体富营养化的加剧而下降(邓道贵等,2005)。本调查表明河蚬和梨形环棱螺在周口闸以下河段的平均密度分别为 0.28 个/m² 和 74.29 个/m²,而在周口闸以上河段则分别为 20.52 个/m² 和 140.25 个/m²,上下河段密度差异较大,这可能与上下河段富营养化程度不同有一定关系。研究表明,在中-富营养型湖泊中,软体动物生物量占优势,而在重富营养型湖泊内则无软体动物存在,底栖动物均以寡毛类或摇蚊幼虫组成(邓道贵等,2005)。调查发现沙颍河干流周口以下河段各采样站位梨形环棱螺往往在数量上占据优势地位,对水质要求相对较高的圆顶珠蚌出现频率较高(66.67%),这表明现阶段沙颍河干流周口以下河段水体富营养化程度较以往有所减轻,水体基本处于中-富营养状态,与徐子涵

(2013)的水质检测结果相同。

现阶段淮河流域水资源管理部门为减轻沙颍河劣质污染水体对淮河干流造成的危害,避免重大水污染事故发生,采取水闸防污调度措施调控沙颍河重污染水体下泄时空分布,充分利用淮河干流水环境容量和纳污能力,稀释消化高浓度污染水体,以期达到防污、减灾的目的(程绪水和沈哲松,2004)。漯河闸以上河段2条重要的支流北汝河和澧河水质较好,对维持沙颍河干流良好水质起到重要作用,但自支流颍河和贾鲁河在周口汇入沙颍河干流后,由于这2条支流污染较为严重,周口闸以下河段水质急剧下降(张向东,2005)。水闸防污调度措施使各个闸段水体在枯水期(冬春季)停留时间延长,污染水团在周口以下闸段被层层拦截,这必然对生活在该河段的底栖动物的生长繁殖带来不利影响,但本次监测结果显示该河段底栖动物平均物种数为7.5种/站,平均 Shannon-Wiener 指数为 1.11,表明现阶段其水生态状况在逐步改善,与以往鱼虾绝迹的重污染状态有极大不同。作者调查期间对沿岸居民的走访调查结果也表明现阶段沙颍河的水污染治理工作卓有成效。

相较生态状况较好的草型湖泊而言(熊金林等,2003),沙颍河干流底栖动物的整体密度不高,但整体生物量较高,这与软体动物在数量上占据优势地位有关。Shannon-Wiener 指数除 S21 站位达到 2.0 以上,其余大部分站位在 1.0 左右波动;Margalef 指数最高不超过 3.0;Pielou 均匀度指数偏低,平均 0.52,这与梨形环棱螺在大部分站位占据优势地位有关。整体来看,沙颍河干流各闸段底栖动物生物多样性水平不高,但群落结构的变异度较高。如聚类分析将沙颍河干流采样站位分为 8 个群组,其中群组 1 包含的站位各闸段均有,表明各闸段之间底栖动物群落结构相似程度较高,似乎节制闸的修建对其影响不大,这可能与沙颍河干流整个河段湖泊化有一定关系,同时也表明闸段之间的水质状态并不是处于泾渭分明的状态,各闸段之间的水质状况有可能处于斑块分布状态,即同一闸段上下游水质状态差异较大,但不同闸段中的某些河段水质状况较为接近。如处于耿楼闸和阜阳闸之间的站位 S5 和 S6 分属群组 3 和群组 1。百分比相似性分析表明沙颍河干流底栖动物群落结构的变异度取决于梨形环棱螺、环足摇蚊、长臂虾、水丝蚓、大沼螺和摇蚊的种群动态变化。

比较而言,目前沙颍河干流的底栖动物物种数

和生物多样性(物种数 38 种,Shannon-Wiener 指数 1.20)处于较低水平,显著低于沙河上游段(95 种,2.21)以及支流北汝河(119 种,2.23)(单林娜等,2010;李冰冰等,2010),这与该河段长期处于较为严重的水质污染有很大关系。就调查河段而言,由于没有历史资料可进行对比分析,现阶段底栖动物的群落结构和生物多样性相较水质污染前的变化无从分析。欧洲莱茵河的治理经验(Bernauer and Jansen, 2006; Jackson and Fuereder, 2006; Van Riel et al, 2006; Wirth and Fuereder, 2010)表明,水质污染导致了莱茵河底栖动物物种数的剧烈下降,经跨国合作治理后,莱茵河处于生态恢复期,水质污染状态大大改观,已经消失的土著物种在一些河段重新出现,虽然总物种数能够恢复到原有水平,但群落结构已经发生了较大变化,体现在外来物种在数量上占据优势地位。沙颍河干流目前正处于生态恢复期,螺蚌在大多数河段均有出现,一些对水质要求较高的物种如无齿蚌和园顶珠蚌等在周口以下河段有出现。虽然目前颍河和贾鲁河水质污染仍然较为严重,一些污染水团定期或不定期被排泄下来,但由于停留时间较短,对周口以下河段底栖动物资源量恢复的影响较为有限,这从底栖动物的群落结构组成上也可以看出,表明周口闸以下河段的水生态状态基本处于间歇式的污染胁迫之下。本次调查未发现外来物种在调查河段占据优势地位,但随着水生态状态的逐步改善,底栖动物的物种数是否会稳步增加、生物多样性是否会稳步提高还有待后续观测。

志谢:水利部中国科学院水工程生态研究所胡俊、郑金秀、沈强等协助了部分野外采样工作,一并表示感谢!

参考文献

- 蔡如星,黄惟灏. 1991. 浙江动物志-软体动物[M]. 杭州:浙江科学技术出版社.
- 陈晔光. 1988. 大沼螺的生物学研究[J]. 水生生物学报, 12(2): 97-106.
- 成小英,王国祥,濮培民,等. 2002. 冬季富营养化湖泊中水生植物的恢复及净化作用[J]. 湖泊科学, 14(2): 139-144.
- 程绪水,沈哲松. 2004. 沙颍河水利工程调度对改善淮河水质的影响分析[J]. 水资源保护, 20(4): 25-27.
- 池仕运,胡菊香,陈胜,等. 2011. 三峡库区支流底栖动物群落结构研究[J]. 水生态学杂志, 32(4): 24-30.
- 池仕运,胡菊香,高少波,等. 2010. 底栖动物监测方法研

- 究进展[C]. 中国原水论坛专辑:356-360.
- 褚金庭. 2001. 沙颍河流量和水质对淮河污染的影响[J]. 水资源保护, (3):4-7.
- 邓道贵, 李洪远, 胡万明, 等. 2005. 巢湖富营养化对河蚬和环棱螺分布及种群密度影响[J]. 应用生态学报, 16(8):1502-1506.
- 冯彩婷, 赵爱娟, 李书静. 2012. 沙颍河水中铜, 锌, 铅, 镉含量的测定[J]. 河南化工, 29(3-4):49-52.
- 高红莉, 李洪涛, 赵凤兰. 2010. 沙颍河(河南段)水污染的时空分布规律[J]. 水资源保护, 26(3):23-26.
- 高吉喜, 叶春, 杜娟, 等. 1997. 水生植物对面源污水净化效率研究[J]. 中国环境科学, 17(3):247-251.
- 胡新河. 1994. 沙颍河流域粘性土的干旱裂隙与水质污染[J]. 治淮, (6):38.
- 胡长虹, 张含. 2005. 加快水环境与生态问题的研究 实现沙颍河流域可持续发展[C]. 青年治淮论坛论文集:346-350.
- 李冰冰, 方改霞, 王亚南, 等. 2010. 北汝河大型底栖无脊椎动物水质生物评价[J]. 安徽农业科学, 38(23):12638-12640.
- 连明涛, 朱文升. 2002. 沙颍河水系山丘区暴雨分析[J]. 水文, 22(3):48-50.
- 刘保元, 邱东茹, 吴振斌. 1997. 富营养浅湖水生植被重建对底栖动物的影响[J]. 应用与环境生物学报, 3(4):323-327.
- 单林娜, 李冰冰, 王亚南, 等. 2010. 沙河上游水系底栖水生昆虫群落构成及水质生物评价[J]. 安徽农业科学, 38(23):12641-12642.
- 王园欣, 左其亭. 2012. 沙颍河河南段水质变化及成因分析[J]. 水资源与水工程学报, 23(4):47-50.
- 谢东坡, 赵辉, 翟公敏, 等. 2008. 沙颍河水系周口段水质监测结果及评价[J]. 周口师范学院学报, 25(2):69-73.
- 谢志才, 马凯, 叶麟, 等. 2007. 保安湖大型底栖动物结构与分布格局研究[J]. 水生生物学报, 31(2):174-183.
- 熊金林, 梅兴国, 胡传林. 2003. 不同污染程度湖泊底栖动物群落结构及多样性比较[J]. 湖泊科学, 15(2):160-167.
- 徐子涵. 2013. 沙颍河水系省界断面水质变化情况调查分析[J]. 治淮(10):11-12.
- 杨清心. 1998. 东太湖水生植被的生态功能及调节机制[J]. 湖泊科学, 10(1):67-72.
- 杨沈丽, 杨沈生. 2008. 沙颍河周口-槐店段水质变化规律与污染分析研究[J]. 治淮, (3):15-16.
- 张向东. 2005. 河南省沙颍河流域水污染现状及治理措施浅析[C]. 青年治淮论坛论文集:249-252.
- 赵辉, 张建夫, 谢东坡, 等. 2005. 贾鲁河水质的变化规律研究[J]. 周口师范学院学报, 22(5):68-70.
- Bernauer D, Jansen W. 2006. Recent invasions of alien macroinvertebrates and loss of native species in the upper Rhine River, Germany[J]. Aquatic Invasions, 1:55-71.
- Jackson JK, Fuereder L. 2006. Long-term studies of freshwater macroinvertebrates: a review of the frequency, duration and ecological significance[J]. Freshwater Biology, 51:591-603.
- Van Riel MC, Velde Gvd, Rajagopal S, et al. 2006. Trophic relationships in the Rhine food web during invasion and after establishment of the Ponto-Caspian invader *Dikerogammarus villosus*[J]. Hydrobiologia, 565:39-58.
- Wirth A, Schmera D, Baur B. 2010. Native and alien macroinvertebrate richness in a remnant of the former river Rhine: a source for recolonisation of restored habitats? [J]. Hydrobiologia, 652: 89-100.

(责任编辑 张俊友)

Zoobenthos Community of the Main Stream of Shaying River at Ecological Restoration Stage after Watershed Management

SHU Wei-xian¹, HU Ju-xiang², CHEN Sheng², CHI Shi-yun²

(1. The Division of Water and Soil Conservation of the Huaihe River Commission, Ministry of Water Resources, Bengbu 233001, P. R. China;

2. Key Laboratory of Ecological Impacts of Hydraulic-Projects and Restoration of Aquatic Ecosystem of Ministry of Water Resources, Institute of Hydroecology, Ministry of Water Resources and Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430079, P. R. China)

Abstract: Zoobenthos investigations in 21 sampling sites of the main stream of Shaying River, the largest tributary of the Huaihe River, were conducted in April, 2013 during the ecological rehabilitation of this river. A total of 38 species (20 species of aquatic insects, 3 species of crustaceans, 2 species of oligochaetes, 11 species of molluscs, and 2 species of other genera), were recorded, belonging to 4 phyla, 7 classes, 15 orders and 31 families, with the average density, biomass, species number of per site, Shannon-Wiener index, Margalef index and the average Pielou evenness index being 242.40 ind./m², 291.33 g/m², 7.6 species per site, 1.20, 1.56, and 0.52, respectively. *Bellamya purificata*, *Cricotopus* sp., *Unio douglasiae* and *Parafossarulus eximius* were the common species and Molluscs were the absolutely dominant group in most sampling sites, accounting for 64.74% of the total individuals. The benthonic animals in all sampling sites were divided into eight groups by clustering analysis, which were obviously separated from each other, indicating that the spatial heterogeneity of zoobenthos community was high. The similarity percentage analyses (SIMPER) indicated that *Bellamya purificata*, *Cricotopus* sp., *Palaeomonidae* sp., *Limnodrilus* sp., *Parafossarulus eximius* and *Chironomus* sp. were the major species contributing to the spatial variability of zoobenthos community. In addition, the analysis of water quality based on the community structure of benthonic animals showed the water quality of the reaches above Zhoukou floodgate was obviously better than that of below Zhoukou floodgate, and the water quality of the reaches below Zhoukou floodgate was improved compared to the past, which was consistent with the results of water quality monitoring based on physical and chemical parameters in recent years.

Keywords: benthonic animal; community structure; restoration stage; main stream of Shaying River