

文章编号: 1674-5566(2024)01-0099-15

DOI: 10.12024/jsou.20230204100

基于鱼类完整性指数的上海黄浦江骨干人工河流水生态系统健康评价

高敏佳¹, 陈振锋¹, 张彦彦¹, 龚琬², 张亚^{1,3}, 唐振¹, 赵振官¹,
唐文乔^{1,3}

(1. 上海海洋大学 海洋动物系统分类与进化上海高校重点实验室, 上海 201306; 2. 上海市生态环境局, 上海 200003; 3. 上海海洋大学 水产种质资源发掘与利用省部共建教育部重点实验室, 上海 201306)

摘要: 为深入了解上海黄浦江5条骨干人工河流的生态系统现状, 采用鱼类生物完整性指数(F-IBI)方法对其水生态系统的健康状况作了评价。2021年6月(夏季)和11月(秋季)租用专业渔船在5条河流共计20个断面采集到鱼类标本10 092尾, 隶属于8目17科45属60种。以黄浦江上游为参照点, 设置了5大类29个初选指标, 然后根据分布范围筛选、判别能力筛选和相关性检验, 构建了由8个指标组成的F-IBI评价体系。分析结果表明, 金汇港和龙泉港总体处于“好”或“一般”的状态; 大治河、川杨河和淀浦河空间差异较大, 从“差”到“好”均有。其中夏季有14个采样断面为“一般”, 各有3个采样断面为“好”或“差”; 秋季有11个采样断面为“一般”, 5个采样断面为“好”, 4个采样断面为“差”。5条人工河流下游的健康状况普遍好于上游, 但总体上与流经上海中心城区的黄浦江自然支流苏州河的健康状况相比较为均一。这些结果为上海黄浦江5条骨干人工河流的环境管理提供了参考资料。

关键词: 黄浦江; 大型人工支流; 鱼类生物完整性指数; 水生态系统; 健康评价

中图分类号: S 931.1 **文献标志码:** A

上海地处长江三角洲冲积平原, 各类河流超过33 000条(段), 水域面积约占全市总面积的11%, 其中市内河网大多属于黄浦江水系^[1-2]。黄浦江是长江入海之前的最后一条支流, 将上海市区分成浦南、浦西和浦东。为完善河网结构, 上海市于20世纪70年代后期实施了大规模的河网贯通工程, 沿黄浦江中游干流开挖了5条人工河流, 成为上海市的骨干河流。淀浦河位于上海浦西, 西起淀山湖口九曲港, 东至黄浦江船华渡口, 全长46.4 km。川杨河和大治河位于浦东, 川杨河西起黄浦江, 向东笔直达川沙三甲港, 全长28.0 km; 大治河西接黄浦江, 东至长江入海口, 全长39.5 km。金汇港和龙泉港位于浦南, 金汇港北接黄浦江, 自黄浦江拐弯处闸港口与东西向的大治河成直角状, 全长21.8 km; 龙泉港南起运河, 北接叶榭港, 全长26.8 km^[2]。5条河流都有航运、排

涝、灌溉、引清排污、调控水位与贯通水系的作用。

上述河流开挖近半个世纪以来, 上海社会经济和城市化快速发展, 大量工业废水和城市污水排入河流, 对当地河流造成巨大的生态压力^[3-4]。2014年, 上海市生态环境局对上述5条河流的10个监测点的水质进行了监测, 结果均为V类或劣V类, 氨氮和总磷污染严重。2015年开始的上海市第六轮环保三年行动计划, 目标是饮用水源地水质达标, 污染严重水域减少^[5]; 2018年开始的第七轮环保三年行动计划, 累计实施600 km以上河道综合整治和2 200条断头河整治, 基本消除了劣V类水体^[6]。

目前已有对5条骨干河流水化学监测和评价的研究报道^[3-7], 但这些指标难于反映污染物对生物和环境的综合影响。生物完整性指数(Index of Biological Integrity, IBI)是指可定量描述人类干扰与生物特性之间的关系、且对干扰反应敏感

收稿日期: 2023-02-27 修回日期: 2023-05-22

基金项目: 上海市生态环境局2021年上海骨干河道鱼类多样性调查及水生态健康评估项目(D-8005-21-0063); 国家重点研发计划(2018YFD0900802)

作者简介: 高敏佳(1998—), 女, 硕士研究生, 研究方向为水生生物学。E-mail: 791934542@qq.com

通信作者: 唐文乔, E-mail: wqtang@shou.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

的一组生物指数,最先由 KARR^[8]提出并以鱼类为研究对象而建立,随后扩展到浮游植物^[9]、浮游动物^[10]和底栖动物^[11-14]等,目前已作为评估水生生态系统总体状况的重要依据^[15]。鱼类是水域生态健康评价的主要指示生物^[8],国外从20世纪80年代起逐渐用鱼类生物完整性指数(F-IBI)评价河流生态系统的健康状况^[16-19],我国也有一些研究案例^[20-26]。本研究通过鱼类样本采集,参考目前常用的F-IBI评价体系^[21-27],构建适用于淀浦河等5条骨干人工河流的F-IBI体系,评价其河流生态系统健康状况,旨在为5条人工河流的环境管理提供参考资料。

1 材料与方法

1.1 采样断面的设置

根据河流自身特点,结合水文、水质和生物指标的监测要求^[27-28],设定20个采样断面,其中淀浦河(D1漕港路、D2油墩港、D3新通波塘、D4北泖泾和D5北横港)、川杨河(C1中泖泾、C2三八河、C3横沔港、C4浦东运河和C5随塘河)和大治河(Z1泰青河、Z2航塘港、Z3浦东运河、Z4泖马河和Z5随塘河)各5个断面,金汇港(J1汇中路、J2浦南运河和J3刘家浜)3个断面,龙泉港(L1浦南运河和L2黄姑塘)2个断面。各个采样断面的位置见图1。

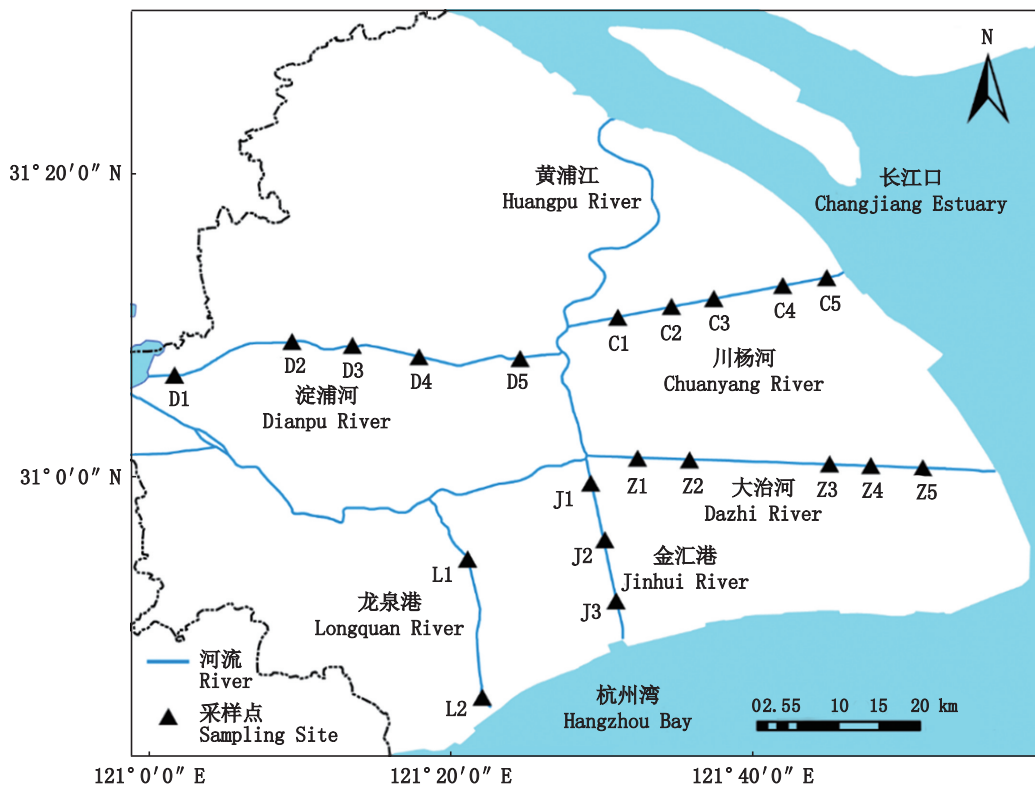


图1 上海5条骨干人工河流鱼类采样断面示意图

Fig. 1 Schematic diagram of sampling sections of five backbone artificial rivers in Shanghai

1.2 鱼类样本采集

2021年6月29日至7月8日(夏季)和11月12日至22日(秋季),租用专业渔船在5条河流的20个监测断面进行鱼类样本采集,期间无降雨和突变性天气,以消除天气变化对样本采集的影响。

样本用三层定置浮刺网采集,规格为长60 m、高2.0 m,网目内层15 mm、外层30 mm。平行于

采样断面的沿岸,头尾间隔50 m左右放置10~12条。当网具被航运和漂浮物等干扰时(如固定锚滑动或网片破损),则判为无效采集,样本不纳入分析。保证每个断面有6条以上有效采集网具回收。采集时间10 h左右。

各采样断面的样本用10%的甲醛固定后集中带回实验室鉴定和测量。记录各断面的鱼类种类、数量与质量。

1.3 F-IBI 指标的设置

综合相关研究^[8, 22-27]以及5条骨干人工河流的鱼类物种组成及生态学特征,设置了包括种类组成与丰度、营养结构、耐受性、繁殖共位群及鱼类数量与健康状况在内的共5类29个初选指标(表1)。鱼类的生态学特征参考《上海鱼类志》等^[29-31]文献。

初选指标筛选依据原则^[22-26]:(1)剔除各采样断面指标结果小于5、各采样断面差异均小于10%及90%以上采样断面数值均为0的指标。(2)箱体图法比较参照点与观测点(即采样断面)间的重叠情况,保留箱体部分重叠,但中位数值均在对方箱体之外或箱体无重叠的指标。(3)余下指标进行Pearson相关性分析。剔除 $|r|>0.9$ 的指标。

表1 IBI评价体系候选指标及其对干扰的响应
Tab. 1 Candidate metrics of IBI and their response to human disturbance

属性归类 Attribute	候选参数指标 Candidate metrics	对干扰的响应 Response to disturbance
种类组成与丰度 Composition and richness	M1(总的种类数)	下降
	M2(鲤科占总种数的比例/%)	下降
	M3(鳅科占总种数的比例/%)	上升
	M4(虾虎鱼科占总种数的比例/%)	下降
	M5(鲇形目占总种数的比例/%)	上升
	M6(鲈形目占总种数的比例/%)	下降
	M7(洄游性鱼类占总种数的比例/%)	下降
	M8(河口性鱼类占总种数的比例/%)	下降
	M9(中上层鱼类占总种数的比例/%)	下降
	M10(中下层鱼类占总种数的比例/%)	下降
	M11(底层鱼类占总种数的比例/%)	上升
	M12(K-选择鱼类占总种数的比例/%)	下降
	M13(R-选择鱼类占总种数的比例/%)	上升
	M14(放生鱼类占总种数的比例/%)	上升
	M15(Shannon-Wiener多样性指数)	下降
营养结构 Trophic structure	M16(杂食性鱼类占总种数的比例/%)	上升
	M17(肉食性鱼类占总种数的比例/%)	下降
	M18(植食性鱼类占总种数的比例/%)	下降
耐受性 Tolerance	M19(敏感性鱼类占总种数的比例/%)	下降
	M20(耐受性鱼类占总种数的比例/%)	上升
繁殖共位群 Reproductive guilds	M21(产黏性卵鱼类占总种数的比例/%)	下降
	M22(产漂流性卵鱼类占总种数的比例/%)	上升
	M23(产浮性卵鱼类占总种数的比例/%)	下降
	M24(产沉性卵鱼类占总种数的比例/%)	下降
鱼类数量与健康状况 Quantity and health	M25(单次样本数量/尾)	下降
	M26(敏感性鱼类占总数量的比例/%)	下降
	M27(耐受性鱼类占总数量的比例/%)	上升
	M28(畸形、患病个体占总数量的比例/%)	上升
	M29(外来鱼类占总种数的比例/%)	上升

1.4 赋值标准的确定

以2020年黄浦江上游鱼类调查数据作为期望值^[32],采用1、3、5赋值法对5条骨干人工河流进行F-IBI评分计算^[8]。将各指标测得的实际值从最低到最高作3等分,大于期望值75%的指标记5分,50%~75%的指标记3分,低于50%的指

标记1分。为消除指标个数不同而引起的F-IBI总分差异,进行标准化处理:F-IBI总分=(各指标总分/指标数量)×12,对未采集到鱼的断面记为“无鱼”,最终将水域生态系统健康状况分为无鱼(0~12)、极差(12~24)、差(24~36)、一般(36~48)、好(48~54)和极好(54~60)6个评价等级^[27]。

2 结果

2.1 鱼类物种组成与生态特点

共采集鱼类标本 10 092 尾,经鉴定有 60 种,隶属于 8 目 17 科 45 属。其中鲤形目有 2 科 28 属 41 种,占总种数的 68.3%;鲈形目 7 科 8 属 8 种,占 13.3%;鲇形目 3 科 3 属 5 种,占 8.3%;鲻形目 1 科 2 属 2 种,占 3.3%;鲱形目、鳊形目、颌针鱼目和合鳃鱼目各 1 科 1 属 1 种(名录见附表)。

从生活习性看,洄游性有 2 种,即刀鲚(*Coilia nasus*)和日本鳗鲡(*Anguilla japonica*);河口性 7 种,即鲻(*Mugil cephalus*)、鲃(*Liza haematocheilus*)、中国花鲈(*Lateolabrax maculatus*)、香鲻(*Repomucenus olidus*)、金钱鱼(*Scatophagus argus*)、黑鲷(*Acanthopagrus schlegeli*)和拉氏狼牙虾虎鱼(*Odontamblyopus lacepedii*),其余 50 种均为纯淡水鱼类。从栖息水层看,底层鱼类有 30 种,中上层鱼类及中下层鱼类各 15 种。从体型大小看,以小型和中型为主,分别有 25 种和 24 种。从食性类型看,以肉食性和杂食性为主,分别为 25 种和 27 种。其中,外来鱼类有 3 种,为露斯塔野鲮(*Labeo rohita*)、散鳞镜鲤(*Cyprinus carpio haematopterus*)和斑点叉尾鲷(*Ictalurus punctatus*)。

从分布范围看,刀鲚、翘嘴鲌(*Culter alburnus*)和鲈(*Hemiculter leucisculus*)在 20 个采样断面均被采集到,似鳊(*Pseudobrama simony*)、鲫(*Carassius auratus*)、大鳍鲮(*Acheilognathus macropterus*)、达氏鲌(*Culter dabryi*)和光泽黄颡鱼(*Pelteobagrus nitidus*)分布也较广。而彩鲮(*Acheilognathus imberbis*)、长须黄颡鱼(*Pelteobagrus eupogon*)、棒花鱼(*Abbotina rivularis*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、黑鲷、黄鲢(*Monopterus albus*)、金钱鱼、鲇(*Silurus asotus*)、麦穗鱼(*Pseudorasbora parva*)、香鲻、银鲷(*Squalidus argentatus*)、长蛇鲷(*Saurogobio dunerili*)、中华鲮(*Rhodeus sinensis*)、团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)均只在一个采样点被采集到。

2.2 F-IBI 评价体系构建

对 5 条河流夏季与秋季的 29 个初选指标计

算结果见表 2 和表 3。其中, M3、M4、M5、M7、M12、M13 和 M29 在各断面间的差异均小于 10%, M14 和 M28 在 90% 以上断面均为 0,因此剔除这 9 个指标。余下的 20 个候选指标再经箱体判别分析,结果见图 2。M1、M9、M11、M15、M16、M18、M19、M20、M25 等 9 个指标的 $IQ \geq 2$,因而进入下一轮分析。对上述 9 个指标间进行 Pearson 相关性检验(表 4),M19 与 M20 间呈显著负相关($r = -1$, $P < 0.01$),保留对环境较为敏感的 M19。综合以上分析,最终确定了由 M1、M9、M11、M15、M16、M18、M19 和 M25 这 8 个指标构成的 F-IBI 评价体系。

黄浦江上游是上海重要的饮用水源保护区,水质基本保持在 III 类地表水标准,且 5 条骨干河流也都是黄浦江干流的支流,因此是一个较理想的参照点。以黄浦江上游 2020 年的鱼类调查数据作为期望值,根据 1、3、5 赋值法最终确定各指标的赋值标准(表 5)。

2.3 5 条骨干河流的水生态健康评价

20 个采样断面的 8 个指标经量化分析后,得到图 3 和图 4 的夏季和秋季 F-IBI 结果。2021 年夏季,评价等级为“好”的断面有 3 个,分别为浦南运河 L1、漕港路和泐马河 Z4,占采样断面总数的 15.0%。等级为“差”的有 3 个,为北横港 D5、泰青河 Z1 和航塘港 Z2,占 15.0%。其他 14 个断面都处于“一般”状态,共占 70.0%。

秋季评价等级为“好”的断面有 4 个,为刘家浜 J3、浦东运河 C4、随塘河 C5 和随塘河 Z5,占采样断面总数的 20.0%。“差”的断面有 5 个,为漕港路 D1、新通波塘 D3、北横港 D5、三八河 C2 和泐马河 Z4,占 25.0%。其余 11 个断面都处于“一般”状态,占 55.0%。夏秋两季均无“极差”或“极好”的采样点。

从河流的角度看,金汇港、龙泉港总体上表现为“一般”或“好”的状态,而大治河、川杨河和淀浦河的断面空间差异较大,从“差”到“好”均有出现。从季节看,5 条河流表现出不同的变化规律,淀浦河、龙泉港和大治河的 F-IBI 评分季节差异不大,金汇港秋季要好于夏季,川杨河则是夏季好于秋季。

表2 上海5条骨干人工河流夏季各断面鱼类IBI候选指标计算结果

Tab. 2 Candidate indices of fish assemblage integrity and their results of five backbone artificial rivers in Shanghai

指标 Metrics	J1	J2	J3	L1	L2	D1	D2	D3	D4	D5	C1	C2	C3	C4	C5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
M1	10	17	14	18	11	15	14	13	15	7	17	13	18	11	15	10	13	16	18	14
M2	60	64.71	57.14	66.67	54.55	80	71.43	76.92	46.67	85.71	70.59	69.23	61.11	63.64	60	70	53.85	68.75	72.22	71.43
M3	0	0	0	0	0	0	7.14	0	13.33	14.29	5.88	0	5.56	0	13.33	0	15.38	0	0	0
M4	0	0	0	0	0	0	0	0	6.67	14.29	0	15.38	5.56	18.18	13.33	0	0	0	0	7.14
M5	20	17.65	14.29	11.11	18.18	13.33	7.14	15.38	6.67	0	5.88	7.69	5.56	0	0	10	15.38	12.50	11.11	7.14
M6	10	11.76	14.29	5.56	18.18	0	0	0	13.33	0	5.88	7.69	11.11	27.27	13.33	10	7.69	6.25	11.11	14.29
M7	10	5.88	7.14	5.56	9.09	6.67	7.14	8.33	6.67	0	5.88	7.69	11.11	9.09	6.67	10	7.69	6.25	5.56	7.14
M8	10	5.88	21.43	16.67	9.09	0	7.14	0	6.67	0	11.76	15.38	11.11	18.18	13.33	10	7.69	12.50	5.56	7.14
M9	30	29.41	35.71	50	36.36	53.33	50	53.85	26.67	42.86	29.41	46.15	27.78	36.36	26.67	40	23.08	37.50	44.45	35.71
M10	30	35.29	28.57	22.22	36.36	26.67	35.71	23.08	20	28.57	23.53	30.77	33.34	45.45	40	30	30.77	37.50	27.78	42.86
M11	40	35.29	35.71	27.78	27.27	20	14.29	23.08	53.33	28.57	47.06	23.08	38.89	18.18	33.33	30	46.15	25	27.78	21.43
M12	0	11.76	7.14	5.56	0	0	0	0	6.67	0	5.88	15.38	5.56	0	6.67	0	0	12.50	0	0
M13	100	88.24	92.86	94.44	100	100	100	100	93.33	100	94.12	84.62	94.44	100	93.33	100	100	87.50	100	100
M14	0	5.88	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0
M15	1.68	1.86	2.02	1.39	2.15	1.47	1.52	1.55	1.82	0.53	2.05	1.64	1.11	0.85	1.41	1.82	1.58	1.60	2.08	1.79
M16	40	35.29	35.71	44.44	36.36	40	42.86	38.46	46.67	100	52.94	46.15	50	18.18	60	40	53.85	25	33.33	42.86
M17	50	52.94	57.14	50	63.64	46.67	50	53.85	46.67	0	29.41	46.15	38.89	54.55	26.67	60	38.46	50	50	42.86
M18	10	11.76	7.14	5.56	0	13.33	7.14	15.38	6.67	0	17.65	7.69	11.11	27.27	13.33	0	7.69	25	16.67	14.29
M19	70	64.71	78.57	77.78	63.64	66.67	71.43	61.54	53.33	42.86	70.59	69.23	72.22	90.91	80	50	46.15	81.25	77.78	85.71
M20	30	35.29	21.43	22.22	36.36	33.33	28.57	38.46	46.67	57.14	29.41	30.77	27.78	9.09	20	50	53.85	18.75	22.22	14.29
M21	50	70.59	64.29	72.22	72.73	80	71.43	76.92	66.67	85.71	76.47	69.23	61.11	54.55	73.33	60	69.23	62.50	55.56	57.14
M22	10	11.76	14.29	5.56	9.09	6.67	14.29	7.69	0	14.29	5.88	69.23	11.11	9.09	6.67	20	7.69	6.25	5.56	7.14
M23	30	11.76	14.29	16.67	9.09	6.67	7.14	0	13.33	0	11.76	69.23	16.67	18.18	13.33	10	15.38	25	27.78	21.43
M24	10	5.88	7.14	5.56	9.09	6.67	7.14	15.38	20	0	5.88	69.23	11.11	18.18	6.67	10	7.69	6.25	11.11	14.29
M25	96	286	178	647	104	700	429	423	226	651	243	340	484	456	138	109	181	165	236	399
M26	48.96	52.45	85.96	32.46	69.23	94.14	47.32	19.15	16.81	6.91	46.91	25.88	17.98	20.83	45.65	67.89	42.54	43.03	75	73.68
M27	51.04	47.55	14.04	67.54	30.77	5.86	52.68	80.85	83.19	93.09	53.09	74.12	82.02	79.17	54.35	32.11	57.46	56.97	25	16.29
M28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M29	0	0	6.67	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0

表3 上海5条骨干人工河流秋季各断面鱼类IBI候选指标计算结果

Tab. 3 Candidate indices of fish assemblage integrity and their results of five backbone artificial rivers in Shanghai

指标 Metrics	J1	J2	J3	L1	L2	D1	D2	D3	D4	D5	C1	C2	C3	C4	C5	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
M1	19	15	17	17	13	18	11	10	18	7	8	11	15	17	23	8	15	16	11	20
M2	73.68	66.67	70.59	76.47	76.92	83.33	72.73	50	72.22	42.86	62.50	45.45	60	58.82	65.22	75	73.33	68.75	90.91	75
M3	10.53	13.33	17.65	11.76	15.38	0	9.09	10	0	0	0	9.09	13.33	5.88	8.70	0	6.67	12.50	0	10
M4	0	0	5.88	0	0	0	0	0	5.56	0	0	0	6.67	11.76	8.70	0	0	0	0	5
M5	10.53	13.33	17.65	11.76	15.38	0	9.09	10	0	0	0	9	13.33	5.88	8.70	0	6.67	12.50	0	10
M6	5.26	6.67	0	5.88	0	5.56	0	0	11.11	28.57	0	27.27	13.33	17.65	17.39	0	6.67	12.50	0	10
M7	5.26	6.67	5.88	5.88	7.69	5.56	9.09	10	5.56	14.29	12.50	9.09	6.67	5.88	4.35	12.50	6.67	6.25	9.09	5
M8	10.53	13.33	5.88	0	0	0	0	10	11.11	0	12.50	9.09	6.67	17.65	17.39	0	0	0	0	5
M9	28.57	40	29.41	43.75	46.15	57.89	27.27	40	44.44	14.29	37.50	27.27	26.67	29.41	25	25	46.67	25	36.37	42.11
M10	33.33	26.67	35.29	18.75	30.77	21.05	45.45	20	22.22	28.57	37.50	18.18	33.33	29.41	37.50	50	20	37.50	54.55	26.32
M11	31.58	33.33	35.29	35.29	23.08	22.22	27.27	40	33.33	57.14	25	54.55	40	41.18	43.48	25	33.33	37.50	9.09	35
M12	10.53	13.33	11.76	5.88	15.38	16.67	0	10	11.11	0	12.50	0	0	11.76	4.35	0	0	6.25	0	0
M13	89.47	86.67	88.24	94.12	84.62	83.33	100	90	88.89	100	87.50	100	100	88.24	95.65	0	100	93.75	100	100
M14	4.76	6.67	5.88	6.25	0	5.26	0	0	5.56	14.29	0	9.09	0	0	6.25	0	0	0	0	0
M15	1.74	2.21	2.36	1.90	2.02	1.29	1.21	1.81	0.80	0.08	1.74	1.65	1.87	2.10	2.43	2.01	1.90	2.06	1.77	2.66
M16	61.90	40	35.29	47.06	38.46	38.89	45.45	50	50	42.86	62.50	36.36	46.67	58.52	39.13	62.50	40	56.25	45.45	35
M17	36.84	53.33	52.94	47.06	38.46	44.44	45.45	50	44.44	57.14	25	54.55	40	41.18	47.83	25	46.67	37.50	45.45	45
M18	4.76	6.67	0	5.88	23.08	16.67	9.09	0	5.56	0	12.50	9.09	13.33	5.88	13.04	12.50	13.33	6.25	9.09	20
M19	78.95	73.33	70.59	70.59	84.62	72.22	63.64	60	72.22	42.86	62.50	54.55	66.67	82.35	73.91	62.50	73.33	62.50	81.82	80
M20	21.05	26.67	29.41	29.41	15.38	27.78	36.36	40	27.78	57.14	37.50	45.45	33.33	17.65	26.09	37.50	26.67	37.50	18.18	20
M21	68.42	66.67	64.71	64.71	76.92	61.11	54.55	70	72.22	57.14	75	72.73	66.67	58.82	60.87	62.50	80	75	63.64	70
M22	15.79	13.33	11.76	11.76	7.69	16.67	18.18	0	5.56	0	12.50	0	6.67	11.76	8.70	12.50	6.67	6.25	18.18	5
M23	10.53	13.33	11.76	17.65	7.69	16.67	18.18	0	5.56	14.29	0	9.09	20	11.76	17.39	25	0	12.50	9.09	15
M24	5.26	6.67	11.76	5.88	7.69	5.56	9.09	30	16.67	28.57	12.50	18.18	6.67	17.65	13.04	0	13.33	6.25	9.09	10
M25	295	69	56	686	59	554	502	97	388	2295	56	202	195	137	46	62	391	72	59	108
M26	50.51	81.16	69.64	86.73	72.88	85.02	33.47	51.55	26.80	0.26	30.36	56.44	71.79	83.21	52.17	38.71	82.86	58.33	59.32	87.04
M27	49.49	18.84	30.36	13.27	27.12	14.98	66.53	48.45	73.20	99.74	69.64	43.56	28.21	16.79	47.83	61.29	17.14	41.67	40.68	12.96
M28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M29	6.25	8.33	7.69	6.67	0	5.88	0	0	6.67	0	0	9.09	0	0	0.06	0	0	0	0	0

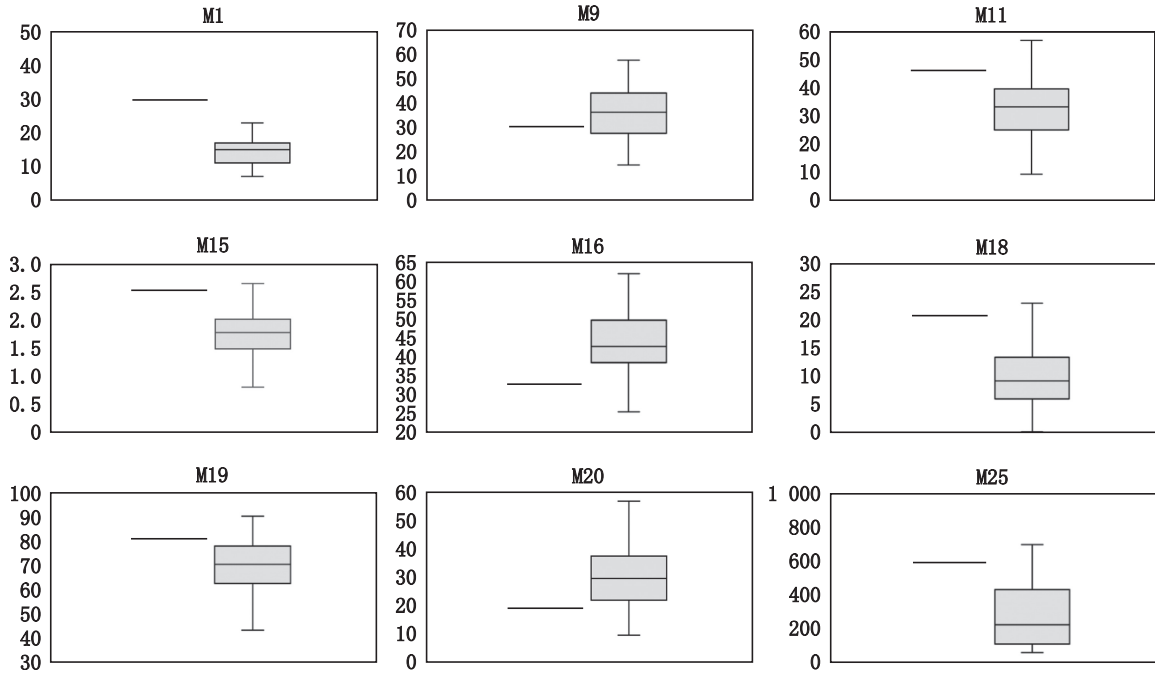


图2 上海5条骨干人工河流9个候选指标鱼类生物完整性指数候选指标箱体图

Fig. 2 Box-plots of 9 candidate metrics for index of biotic integrity based on fish of five backbone artificial rivers in Shanghai

表4 上海5条骨干人工河流9个候选指标间 Pearson 相关系数

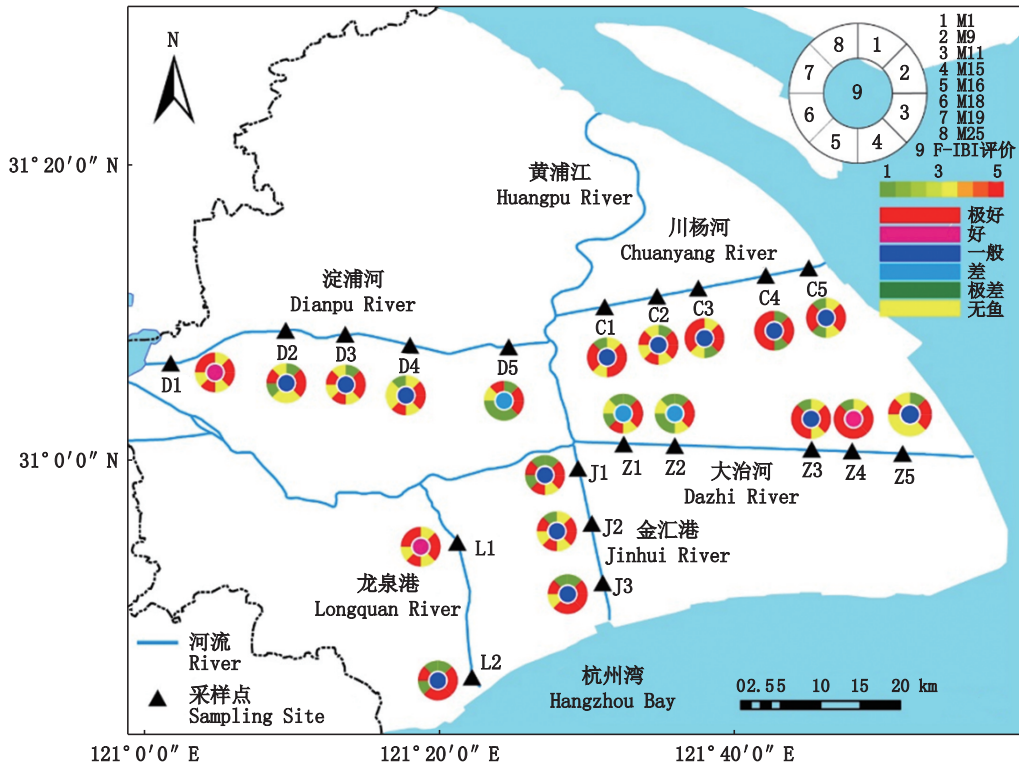
Tab. 4 The correlation coefficients of Pearson test between candidate metrics of five backbone artificial rivers in Shanghai

	M1	M9	M11	M15	M16	M18	M19	M20	M25
M1	1								
M9	0.123	1							
M11	0.100	-0.640	1						
M15	0.417	0.001	0.016	1					
M16	-0.258	-0.156	0.096	-0.240	1				
M18	0.245	0.198	-0.303	0.119	-0.425	1			
M19	0.507	0.260	-0.463	0.322	-0.407	0.572	1		
M20	-0.507	-0.260	0.463	-0.322	0.407	-0.572	-1	1	
M25	-0.216	-0.050	0.190	-0.731	0.033	-0.194	-0.327	0.327	1

表5 上海5条骨干人工河流F-IBI指标体系期望值及赋值标准

Tab. 5 Scoring criteria of fish assemblage integrity of five backbone artificial rivers in Shanghai

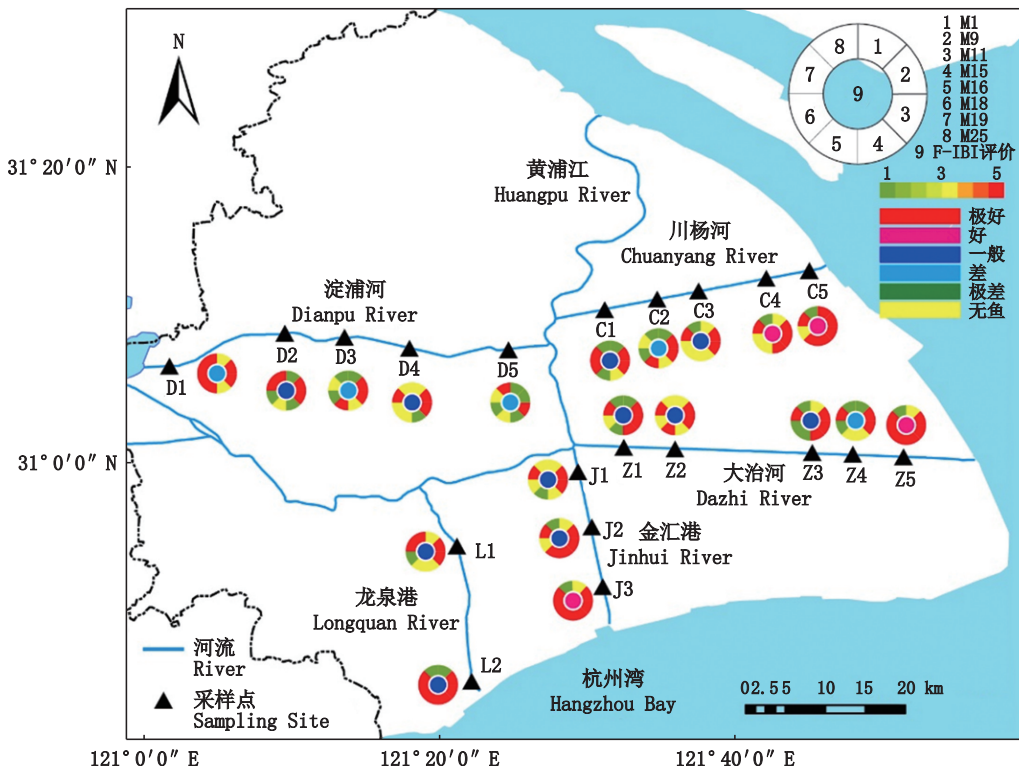
指标 Metrics	期望值(黄浦江上游) Expectation (Huangpu River)	赋值标准 Scoring criteria		
		1	3	5
M1	30	<15	15~23	>23
M9	30.23	<15.11	15.11~22.67	>22.67
M11	46.51	>69.77	58.14~69.77	<58.14
M15	2.56	<1.28	1.28~1.92	>1.92
M16	32.56	>48.84	40.70~48.84	<40.70
M18	20.93	<10.47	10.47~15.69	>15.69
M19	81.40	<40.70	40.70~61.05	>61.05
M25	590	<295	295~443	>443



圆形图例所示 1-8 表示 F-IBI 评价体系各个指标的得分, 9 表示 F-IBI 总分评价等级。
 1-8 in the circular legend represent the score of each index of F-IBI evaluation system, 9 represents the evaluation grade of F-IBI total score.

图 3 上海 5 条骨干人工河流夏季各断面健康状况评价等级

Fig. 3 Assessment grade of health status of each section of five backbone artificial rivers in Shanghai in summer



圆形图例所示 1-8 表示 F-IBI 评价体系各个指标的得分, 9 表示 F-IBI 总分评价等级。
 1-8 in the circular legend represent the score of each index of F-IBI evaluation system, 9 represents the evaluation grade of F-IBI total score.

图 4 上海 5 条骨干人工河流秋季各断面健康状况评价等级

Fig. 4 Assessment grade of health status of each section of five backbone artificial rivers in Shanghai in autumn

3 讨论

3.1 上海5条骨干人工河流水生态健康现状分析

鱼类是水域生态系统中重要的组成部分,鱼类的多样性、种群结构以及时空分布等指标能在很大程度上反映水体的健康程度^[33-36]。本文采用F-IBI评价体系对上海市5条骨干人工河流水生态系统健康状况进行了评估,结果显示在20个采样断面中,夏秋两季评价等级为“好”、“一般”和“差”的分别有8个、25个和7个,占20.0%、62.5%和17.5%;而同为黄浦江支流的自然河流苏州河,其13个采样断面夏秋两季评价等级为“极好”、“好”、“一般”、“差”和“极差”的各占7.7%、50.0%、7.7%、19.2%和15.4%。可见,5条骨干人工河流相对于流经上海中心城区的黄浦江自然支流苏州河^[22],其水生态健康状况较为均一,没有“极好”和“极差”的断面,但“好”的断面也较少,多数处于“一般”状态。

具体来讲,金汇港和龙泉港处于“好”或“一般”的状态;大治河、川杨河和淀浦河空间差异较大,从“差”到“好”均有出现,其中有5个断面在夏秋季均处于“差”的状态。造成这种情况的原因,除了水环境本身的差异,可能与所在区域的人口密度和航运也有一定的间接关系^[34]。上海2020年全市平均人口密度已达3 923人/km²^[37]。金汇港和龙泉港处于人口密度较低(约1 000到5 000人/km²)的浦南郊区,川杨河和淀浦河则处于人口密度较高(基本都大于5 000人/km²)的浦西和浦东北部。大治河是上海最大、航运最繁忙的人工河,虽处于人口密度较低(约1 000到5 000人/km²)的浦东南部郊区,但鱼类完整性指数相对较低。

3.2 上海5条骨干人工河流F-IBI评价体系的合理性

目前F-IBI指数在水域生态健康评价方面的应用较多,但由于不同水域的自然状况及人类干扰程度存在较大差异,导致不同水域构建的IBI体系往往仅适用于该区域^[38]。关于参照点的选取,一般是利用评价水域的历史数据,或者选择无人干扰的原始河段作为参照点位,并没有形成统一的选取标准^[21]。淀浦河等5条骨干河流开挖近半个世纪以来,并无专门鱼类调查记录,仅有零星记载,无法作为期待值使用。上海市人口

密集,没有无人干扰的原始河段作为参照点^[22]。因此,5条骨干河流本身已找不出可作为参照点的河段。淀浦河等5条河流都属于黄浦江水系,是黄浦江的支流,黄浦江上游作为水源地,水质持续改善,目前已基本达到Ⅲ类地表水标准,且黄浦江上游作为生态涵养区,全年不允许开展渔业捕捞,具有较健康的水生态系统,是黄浦江水系一个比较合适的参照点。

4 结论

本研究以黄浦江上游为参照点,建立了由总物种数、中上层鱼类物种数百分比、底层鱼类物种数百分比、Shannon-Wiener多样性指数、杂食性鱼类物种数百分比、植食性鱼类物种数百分比、敏感性鱼类物种数百分比及单次样本数8个指标组成的F-IBI评价体系,对上海黄浦江5条骨干人工河流的水生态健康状况作了评价。研究结果较好地指示了5条河流现阶段水生态系统的整体状况,从而为这些人工河流的环境管理提供基础资料。

参考文献:

- [1] 云焯,程薇,吴健平. 上海市中心城区近百年来水系演变研究[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2009(6): 119-127.
YUN Y, CHENG W, WU J P. Investigating the evolution of urban river system of downtown Shanghai in the last century [J]. Journal of East China Normal University (Natural Science), 2009(6): 119-127.
- [2] 上海通志编纂委员会. 上海通志-第2册[M]. 上海: 上海社会科学院出版社, 2005.
Shanghai Local History Compilation Committee. Shanghai local history volume 2[M]. Shanghai: Shanghai Academy of Social Sciences Press, 2005.
- [3] 黎彬. 淀浦河近十年水质评价及变化趋势研究[J]. 环境科学与管理, 2015, 40(9): 134-137.
LI B. Water quality assessment and analysis of Dianpu River in recent decade [J]. Environmental Science and Management, 2015, 40(9): 134-137.
- [4] 朱敏. 金汇港2006年以来水质状况评价及变化趋势研究[J]. 环境与发展, 2018, 30(6): 180-181, 183.
ZHU M. Water quality assessment and analysis of Jinhui Port from 2006 to 2017 [J]. Environment and Development, 2018, 30(6): 180-181, 183.
- [5] 上海市人民政府. 上海市人民政府办公厅关于印发上海市2015—2017年环境保护和建设三年行动计划的通知[EB/OL]. [2015]. <https://www.shanghai.gov.cn/>

- nw33246/20200821/0001-33246_42314.html.
- Shanghai Municipal People's Government. Notice of the general office of the Shanghai Municipal People's Government on printing and distributing the three-year action plan for environmental protection and construction in Shanghai from 2015 to 2017 [EB/OL]. [2015]. https://www.shanghai.gov.cn/nw33246/20200821/0001-33246_42314.html.
- [6] 上海市人民政府. 上海市人民政府办公厅关于印发上海市2018—2020年环境保护和建设三年行动计划的通知[EB/OL]. [2018-04-10]. https://www.shanghai.gov.cn/nw42841/20200823/0001-42841_55541.html.
- Shanghai Municipal People's Government. Notice of the general office of the Shanghai Municipal People's Government on printing and distributing the three-year action plan for environmental protection and construction in Shanghai from 2018 to 2020 [EB/OL]. [2018-04-10]. https://www.shanghai.gov.cn/nw42841/20200823/0001-42841_55541.html.
- [7] 朱剑锋. 淀浦河水体中氨氮、总氮和总磷污染变化趋势及相关性分析[J]. 北方环境, 2013, 25(6): 155-159.
- ZHU J F. The change trend and correlation analysis of ammonia nitrogen, total nitrogen and total phosphorus pollution in Dianpu River [J]. Northern Environment, 2013, 25(6): 155-159.
- [8] KARR J R. Assessment of biotic integrity using fish communities[J]. Fisheries, 1981, 6(6): 21-27.
- [9] GRIFFITH M B, HILL B H, MCCORMICK F H, et al. Comparative application of indices of biotic integrity based on periphyton, macroinvertebrates, and fish to southern Rocky Mountain streams[J]. Ecological Indicators, 2005, 5(2): 117-136.
- [10] 沈强, 俞建军, 陈晖, 等. 浮游生物完整性指数在浙江水源地水质评价中的应用[J]. 水生态学杂志, 2012, 33(2): 26-31.
- SHEN Q, YU J J, CHEN H, et al. Planktonic index of biotic integrity (P-IBI) for water source assessment [J]. Journal of Hydroecology, 2012, 33(2): 26-31.
- [11] 蔡琨, 张杰, 徐兆安, 等. 应用底栖动物完整性指数评价太湖生态健康[J]. 湖泊科学, 2014, 26(1): 74-82.
- CAI K, ZHANG J, XU Z A, et al. Application of a benthic index of biotic integrity for the ecosystem health assessment of Lake Taihu [J]. Journal of Lake Sciences, 2014, 26(1): 74-82.
- [12] 陈桥, 张翔, 吕学研, 等. 江苏省太湖流域大型底栖无脊椎动物完整性业务化评价指数构建[J]. 中国环境监测, 2018, 34(6): 92-102.
- CHEN Q, ZHANG X, LYU X Y, et al. Development of an operational benthic-index of biotic integrity (B-IBI) for assessing water ecological health of Taihu Basin in Jiangsu Province, China [J]. Environmental Monitoring in China, 2018, 34(6): 92-102.
- [13] 游清徽, 刘玲玲, 方娜, 等. 基于大型底栖无脊椎动物完整性指数的鄱阳湖湿地生态健康评价[J]. 生态学报, 2019, 39(18): 6631-6641.
- YOU Q H, LIU L L, FANG N, et al. Assessing ecological health of Poyang Lake wetland, using benthic macroinvertebrate-based index of biotic integrity (B-IBI) [J]. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(18): 6631-6641.
- [14] 乔雪, 刘其根, 陈丽平, 等. 长江口明珠湖大型底栖动物群落结构特征与水质评价[J]. 上海海洋大学学报, 2020, 29(5): 699-708.
- QIAO X, LIU Q G, CHEN L P, et al. Macroinvertebrate community structure and the biological assessment to water quality of Mingzhu Lake near the Yangtze River Estuary [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2020, 29(5): 699-708.
- [15] 王业耀, 阴琨, 杨琦, 等. 河流水生态环境质量评价方法研究与应用进展[J]. 中国环境监测, 2014, 30(4): 1-9.
- WANG Y Y, YIN K, YANG Q, et al. Research and application progress of assessment for river water ecosystem quality [J]. Environmental Monitoring in China, 2014, 30(4): 1-9.
- [16] MOYLE P B, RANDALL P J. Evaluating the biotic integrity of watersheds in the Sierra Nevada, California [J]. Conservation Biology, 1998, 12(6): 1318-1326.
- [17] DE CARVALHO D R, LEAL C G, JUNQUEIRA N T, et al. A fish-based multimetric index for Brazilian Savanna Streams [J]. Ecological Indicators, 2017, 77: 386-396.
- [18] KERANS B L, KARR J R. A benthic index of biotic integrity (B-IBI) for rivers of the Tennessee Valley [J]. Ecological Applications, 1994, 4(4): 768-785.
- [19] GONINO G, BENEDITO E, DE MELLO CIONEK V, et al. A fish-based index of biotic integrity for neotropical rainforest sandy soil streams-southern Brazil [J]. Water, 2020, 12(4): 1215.
- [20] LI T H, HUANG X L, JIANG X H, et al. Assessment of ecosystem health of the Yellow River with fish index of biotic integrity [J]. Hydrobiologia, 2018, 814(1): 31-43.
- [21] 周天舒, 张亚, 唐文乔, 等. 基于鱼类完整性指数的黄浦江水生态系统评价[J]. 长江流域资源与环境, 2016, 25(6): 895-903.
- ZHOU T S, ZHANG Y, TANG W Q, et al. Ecological health assessment of Huangpu River based on fish index of biotic integrity [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2016, 25(6): 895-903.
- [22] 张亚, 余宏昌, 毕宝帅, 等. 基于鱼类生物完整性指数的上海苏州河水生态系统健康评价[J]. 中国环境监测, 2021, 37(6): 164-177.
- ZHANG Y, YU H C, BI B S, et al. Ecological health

- assessment of Suzhou River in Shanghai based on fish index of biotic integrity[J]. *Environmental Monitoring in China*, 2021, 37(6): 164-177.
- [23] 邓明星, 黄亮亮, 莫苑敏, 等. 应用鱼类生物完整性指数评价荔浦河河流健康[J]. *生态毒理学报*, 2018, 13(4): 111-119.
- DENG M X, HUANG L L, MO Y M, et al. River health assessment using biotic integrity index based on fish for Lipu River[J]. *Asian Journal of Ecotoxicology*, 2018, 13(4): 111-119.
- [24] 边坤, 张建禄, 苟妮娜, 等. 应用鱼类生物完整性指数评价秦岭黑河流域健康状况[J]. *水生态学杂志*, 2021, 42(3): 23-29.
- BIAN K, ZHANG J L, GOU N N, et al. Ecological health assessment of Heihe River, Qinling, using the fish-based index of biotic integrity [J]. *Journal of Hydroecology*, 2021, 42(3): 23-29.
- [25] 石子玉, 韩东燕, 高春霞, 等. 调查数据不确定性对崇明岛临近水域鱼类生物完整性指数结果的影响[J]. *上海海洋大学学报*, 2023, 32(2): 357-368.
- SHI Z Y, HAN D Y, GAO C X, et al. Effects of survey data uncertainty on the results of fish-index of biological integrity in waters near Chongming Island [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2023, 32(2): 357-368.
- [26] 李慧清, 罗遵兰, 孙光, 等. 应用鱼类生物完整性指数评价北运河河流健康状况[J]. *水生态学杂志*, 2023, 44(1): 34-40.
- LI H Q, LUO Z L, SUN G, et al. Health assessment of North Canal River based on the fish-index of biotic integrity [J]. *Journal of Hydroecology*, 2023, 44(1): 34-40.
- [27] 中华人民共和国农业农村部. 长江流域水生生物完整性指数评价办法(试行)[J]. *河南水产*, 2022(1): 43-45.
- Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Evaluation method for aquatic biological integrity index in the Yangtze River Basin (for trial implementation)[J]. *Henan Fisheries*, 2022(1): 43-45.
- [28] 王家启, 田思泉, 高春霞, 等. 淀山湖鱼类调查样本量优化设计[J]. *上海海洋大学学报*, 2018, 27(2): 265-273.
- WANG J Q, TIAN S Q, GAO C X, et al. Optimization of sample size for lake fish resources survey [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2018, 27(2): 265-273.
- [29] 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海市水产研究所. 上海鱼类志[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1990.
- East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science. *Fishes of Shanghai* [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 1990.
- [30] 庄平, 王幼槐, 李圣法, 等. 长江口鱼类[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006.
- ZHUANG P, WANG Y H, LI S F, et al. *Fishes of the Yangtze Estuary* [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2006.
- [31] 唐文乔, 诸廷俊, 陈家宽, 等. 长江口九段沙湿地的鱼类资源及其保护价值[J]. *上海水产大学学报*, 2003, 12(3): 193-200.
- TANG W Q, ZHU T J, CHEN J K, et al. Resources and conservation valuation of fishes of Jiuduansha wetland in Changjiang River Estuary [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2003, 12(3): 193-200.
- [32] 邵严, 唐文乔, 龚珑, 等. 上海淀山湖及黄浦江上游鱼类物种多样性及群落结构分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2022, 31(7): 1482-1493.
- SHAO Y, TANG W Q, GONG L, et al. Analysis of fish species diversity and assemblage of Dianshan Lake and upper reaches of Huangpu River in Shanghai [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2022, 31(7): 1482-1493.
- [33] 易欣鑫, 蔡之惊, 秦智杰, 等. 上海青草沙水库鱼类群落结构的年际变化[J]. *上海海洋大学学报*, 2021, 30(4): 664-674.
- YI X X, CAI Z J, QIN Z J, et al. Analysis of interannual variations for the fish community structure in Shanghai Qingcaosha Reservoir [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2021, 30(4): 664-674.
- [34] 姜亚洲, 程家骅, 李圣法. 东海北部鱼类群落多样性及其结构特征的变化[J]. *中国水产科学*, 2008, 15(3): 453-459.
- JIANG Y Z, CHENG J H, LI S F. Variation in fish community structure and biodiversity in the north of the East China Sea between two periods[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2008, 15(3): 453-459.
- [35] 曾娇, 钟俊生, 李联飞, 等. 潮汐对长江口南支仔稚鱼种类组成及密度影响[J]. *上海海洋大学学报*, 2020, 29(6): 855-867.
- ZENG J, ZHONG J S, LI L F, et al. Effect of tide on the species composition and density of the fish larvae and juveniles community in southern branch of Yangtze River estuary [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2020, 29(6): 855-867.
- [36] 杜龙飞, 徐建新, 李彦彬, 等. 北京市主要河流鱼类群落的空间格局特征[J]. *环境科学研究*, 2019, 32(3): 447-457.
- DU L F, XU J X, LI Y B, et al. Fish community characteristics and spatial pattern in major rivers of Beijing City [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2019, 32(3): 447-457.
- [37] 徐新良. 中国人口空间分布公里网格数据集[DB/OL]. [2022-05-15]. <http://www.resdc.cn/DOI/doi.aspx?DOIid=32>.

- XU X L. Kilometer grid data set of China's population spatial distribution[DB/OL]. [2022-05-15]. [http://www.resdc.cn/DOI/doi.aspx? DOIid=32](http://www.resdc.cn/DOI/doi.aspx?DOIid=32).
- [38] 黄亮亮, 吴志强, 蒋科, 等. 东茗溪鱼类生物完整性评价河流健康体系的构建与应用[J]. 中国环境科学, 2013, 33(7): 1280-1289.
- HUANG L L, WU Z Q, JIANG K, et al. Development and application of IBI based on fish to assess the river's health in the east Tiaoxi River[J]. *China Environmental Science*, 2013, 33(7): 1280-1289.

Ecological health assessment of five backbone artificial rivers of the Huangpu River in Shanghai based on fish index of biotic integrity

GAO Minjia¹, CHEN Zhenfeng¹, ZHANG Yanyan¹, GONG Long², ZHANG Ya^{1,3}, TANG Zhen¹, ZHAO Zhenguan¹, TANG Wenqiao^{1,3}

(1. *Shanghai Universities Key Laboratory of Marine Animal Taxonomy and Evolution, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*; 2. *Shanghai Municipal Bureau of Ecology and Environment, Shanghai 200003, China*; 3. *Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China*)

Abstract: To have a comprehensive understanding towards the current status of ecosystem of five backbone artificial rivers of the Huangpu River in Shanghai, the fish biological integrity index (F-IBI) evaluation method was adopted to evaluate the health of water ecosystem of the artificial rivers. Professional fishing boats were rented to collect the sample fishes at 20 sections of the five rivers in June (summer) and November (autumn) of 2021, and 10 092 fish specimens were obtained, belonging to 8 orders, 17 families, 45 genera and 60 species. Taking the upper stream of the Huangpu River as the reference point, 29 primary indicators in five categories were initially set. In accordance with distribution range screening, judgement screening capability and correlation test, the F-IBI evaluation system composed of 8 indicators was constructed. The results show that Jinhui Port and Longquan Port are in state of "Good" or "Average"; there are significance spatial differences in Dazhi River, Chuanyang River and Dianpu River, ranging from "Poor" to "Good". In summer, there were 14 sampling points in status of "Average", and 3 sampling points were in status of "Good" or "Poor" respectively; in autumn, there were 11 sampling points in status of "Average", 5 sampling points were in state status of "Good" and 4 sampling sites were in status "Poor". The health of the downstream of the five artificial rivers is basically better than that of the upstream, but generally it is more uniform than that of Suzhou River, the natural tributary of the Huangpu River flowing through the central urban area of Shanghai. These results provided the reference for the environmental management of the five backbone artificial rivers of the Huangpu River in Shanghai.

Key words: The Huangpu River; large artificial tributaries; fish biotic integrity index; water ecosystem; health assessment

附录 上海黄浦江5条骨干人工河流鱼类物种组成及生态习性
 Appendix Fish species composition and ecological habits of five backbone
 artificial rivers of the Huangpu River in Shanghai

种名 Species	金汇港 Jinhui River	龙泉港 Longquan River	淀浦河 Dianpu River	川杨河 Chuanyang River	大治河 Dazhi River	生态类型 Ecological type	营养结构 Trophic structure	栖息水层 Habitat layer	耐受性 Survivability	体型 Body type
鲱形目 Clupeiformes										
鳊科 Engraulidae										
1. 刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	+	+	+	+	+	洄游	肉食性	中下层	中度敏感	中
鳗鲡目 Anguilliformes										
鳗鲡科 Anguillidae										
2. 日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>					+	洄游	肉食性	底层	中度敏感	中
鲤形目 Cypriniformes										
鲤科 Cyprinidae										
3. 青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>					+	淡水	肉食性	中下层	敏感	大
4. 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>			+			淡水	植食性	中下层	中度敏感	大
5. 赤眼鳟 <i>Squaliobarbus curriculus</i>				+		淡水	杂食性	中上层	敏感	中
6. 翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	+	+	+	+	+	淡水	肉食性	中上层	敏感	中
7. 达氏鲌 <i>Culter dabryi</i>	+	+	+	+	+	淡水	肉食性	中上层	敏感	中
8. 蒙古鲌 <i>Culter mongolicus</i>	+	+	+		+	淡水	肉食性	中上层	敏感	中
9. 尖头鲌 <i>Culter oxycephalus</i>		+	+			淡水	肉食性	中上层	敏感	中
10. 红鳍原鲌 <i>Cultrichthys erythropterus</i>			+		+	淡水	肉食性	中上层	敏感	中
11. 鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	+	+	+	+	+	淡水	杂食性	中上层	中度敏感	小
12. 贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i>	+	+	+	+	+	淡水	杂食性	中上层	中度敏感	小
13. 鲴 <i>Megalobrama skolkovii</i>		+				淡水	植食性	中下层	敏感	中
14. 团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>	+					淡水	植食性	中下层	敏感	中
15. 鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	+	+	+	+	+	淡水	植食性	中下层	敏感	中
16. 似鲃 <i>Toxabramis swinhonis</i>		+	+			淡水	杂食性	中上层	中度敏感	小
17. 圆吻鲴 <i>Distoechodon tumirostris</i>	+		+	+	+	淡水	杂食性	中上层	敏感	中
18. 似鳊 <i>Pseudobrama simony</i>	+	+	+	+	+	淡水	杂食性	中下层	耐污	小
19. 细鳞鲴 <i>Xenocypris microlepis</i>		+	+	+	+	淡水	杂食性	中下层	中度敏感	中
20. 银鲴 <i>Xenocypris argentea</i>	+			+	+	淡水	杂食性	中下层	中度敏感	中
21. 黄尾鲴 <i>Xenocypris davidi</i>	+					淡水	杂食性	底层	中度敏感	中
22. 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	+	+	+	+		淡水	杂食性	中上层	中度敏感	大
23. 鳙 <i>Aristichthys nobilis</i>			+	+		淡水	肉食性	中上层	中度敏感	大
24. 棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>					+	淡水	肉食性	底层	敏感	小
25. 花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>	+		+	+	+	淡水	肉食性	中下层	敏感	中
26. 麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>				+		淡水	杂食性	底层	中度敏感	小
27. 吻鲃 <i>Rhinogobio typus</i>	+	+	+	+	+	淡水	杂食性	底层	中度敏感	小
28. 银鲃 <i>Squalidus argentatus</i>				+		淡水	杂食性	中下层	敏感	小
29. 蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i>	+			+	+	淡水	杂食性	底层	中度敏感	小
30. 长蛇鲃 <i>Saurogobio dumerili</i>					+	淡水	杂食性	底层	中度敏感	小

·续表·

种名 Species	金汇港 Jinhui River	龙泉港 Longquan River	淀浦河 Dianpu River	川杨河 Chuanyang River	大治河 Dazhi River	生态类型 Ecological type	营养结构 Trophic structure	栖息水层 Habitat layer	耐受性 Survivability	体型 Body type
31. 华鲮 <i>Sarcocheilichthys sinensis</i>	+	+				淡水	杂食性	底层	敏感	小
32. 黑鳍鲮 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	+	+			+	淡水	杂食性	底层	敏感	小
33. 大鳍鲮 <i>Acheilognathus macropterus</i>	+	+	+	+	+	淡水	植食性	中上层	敏感	小
34. 兴凯鲮 <i>Acheilognathus chankaensis</i>			+		+	淡水	植食性	中上层	敏感	小
35. 彩鲮 <i>Acheilognathus macropterus</i>					+	淡水	杂食性	中上层	敏感	小
36. 中华鲮 <i>Rhodeus sinensis</i>				+		淡水	植食性	中下层	敏感	小
37. 高体鲮 <i>Rhodeus ocellatus</i>				+		淡水	植食性	中下层	敏感	小
38. 鲫 <i>Carassius auratus</i>	+	+	+	+	+	淡水	杂食性	中下层	耐污	中
39. 鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	+		+	+	+	淡水	杂食性	底层	耐污	大
40. 露斯塔野鲮 <i>Labeo rohita</i> *				+		淡水	杂食性	底层	耐污	中
41. 散鳞镜鲤 <i>Cyprinus carpio haematopterus</i> *	+		+	+	+	淡水	杂食性	底层	耐污	大
鲈科 Cobitidae										
42. 大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>			+	+		淡水	杂食性	底层	耐污	小
43. 泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>			+	+	+	淡水	杂食性	底层	耐污	小
鲈形目 Siluriformes										
鲈科 Bagridae										
44. 黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	+	+	+	+	+	淡水	肉食性	底层	耐污	中
45. 光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	+	+	+	+	+	淡水	肉食性	底层	耐污	小
46. 长须黄颡鱼 <i>Pelteobagrus eupogon</i>				+		淡水	肉食性	底层	中度敏感	中
鲈科 Siluridae										
47. 鲈 <i>Silurus asotus</i>					+	淡水	肉食性	底层	耐污	大
鲈科 Ictaluridae										
48. 斑点叉尾鲈 <i>Ictalurus punctatus</i> *	+	+				淡水	肉食性	底层	耐污	大
鲈形目 Mugiliformes										
鲈科 Mugilidae										
49. 鲮 <i>Mugil cephalus</i>	+	+	+	+	+	河口	杂食性	底层	敏感	大
50. 鲮 <i>Liza haematocheilus</i>					+	河口	杂食性	底层	敏感	中
合鳃鱼目 Synbranchiformes										
合鳃鱼科 Synbranchidae										
51. 黄鳝 <i>Monopterus albus</i>			+			淡水	杂食性	底层	耐污	中
鲈形目 Perciformes										
鲈科 Moronidae										
52. 中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	+	+		+	+	河口	肉食性	中下层	敏感	大

·续表·

种名 Species	金汇港 Jinhui River	龙泉港 Longquan River	淀浦河 Dianpu River	川杨河 Chuanyang River	大治河 Dazhi River	生态类型 Ecological type	营养结构 Trophic structure	栖息水层 Habitat layer	耐受性 Survivability	体型 Body type
沙塘鳢科 Odontobutidae										
53. 河川沙塘鳢 <i>Odontobutis potamophila</i>	+	+			+	淡水	肉食性	底层	敏感	小
鲿科 Callionymidae										
54. 香鲿 <i>Callionymus olidus</i>				+		河口	肉食性	底层	中度敏感	小
鳢科 Channidae										
55. 乌鳢 <i>Channa argus</i>		+	+	+	+	淡水	肉食性	底层	耐污	大
虾虎鱼科 Gobiidae										
56. 子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>				+	+	淡水	肉食性	底层	敏感	小
57. 拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	+		+	+		河口	肉食性	底层	敏感	中
鲷科 Sparidae										
58. 黑鲷 <i>Acantho pagrus</i>				+		河口	肉食性	底层	耐污	中
金钱鱼科 Scatophagidae										
59. 金钱鱼 <i>Scatophagus argus</i>					+	河口	肉食性	底层	中度敏感	小
鱮科 Hemirhamphidae										
60. 间下鱮 <i>Hyporhamphus intermedius</i>		+	+			淡水	肉食性	中上层	敏感	小

注:*外来种。

Notes: * Exotic species.