

应用鱼类生物完整性指数评价北运河河流健康状况

李慧清^{1,2}, 罗遵兰¹, 孙光¹, 史娜娜¹, 肖能文¹

(1. 中国环境科学研究院, 北京 100012;

2. 兰州大学生态学院, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 评估北运河水系健康状况, 为判别北运河水系水生态恢复成效提供参考。2020年5月、8月调查了北运河13个采样点的鱼类及生境状况, 采用F-IBI评价北运河健康状况。共采集到鱼类20种, 分属3目9科18属。选择人类活动干扰较轻的3个点作为参照点, 其余10个点为受损点, 从物种种类组成与丰富度、营养结构、耐受性和敏感性、繁殖共位群以及鱼类数量等5个方面构建F-IBI候选指标体系, 然后依据分布范围检验、敏感性分析和相关性检验, 筛选出F-IBI核心指标体系, 包括鱼类物种数、Shannon-Wiener多样性指数、鲤科物种数百分比、漂流性卵鱼类个体数百分比、沉性卵鱼类个体数百分比、黏性卵鱼类个体数百分比、外来物种数量所占比例。采用比值法计算各采样点F-IBI值, 并将其划分为“优”“良”“中”“一般”和“差”5个健康评价等级, 评价各采样点健康状况。评价结果表明: 北运河健康状况整体为中等偏上, 其中7.69%的采样点健康状况为“优”, 23.08%的采样点为“良”, 53.85%的采样点为“中”, 15.38%的采样点为“一般”。北运河水生态治理取得一定成效。

关键词: 鱼类生物完整性指数; 河流健康评价; 北运河

中图分类号: Q178.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2023)01-0034-07

长期以来对河流水生态环境的评价主要依赖于物理、化学指标以及对生物个体与种群的跟踪监测, 近年来已扩展为对整个生态系统“健康”状态的生态评估, 强调从生态系统的角度客观反映河流的健康状况(吴中华等, 2002)。生物完整性是指在一个地区的天然栖息地中的群落所具有的种类组成、多样性和功能结构特征, 以及该群落所具有的维持自身平衡、保持结构完整和适应环境变化的能力(Karr & Chu, 2000)。Karr (1981)和Barbour等(1999)依据“一个良好的水域生态环境, 必然存在一个完善的生物群落结构”的构想, 提出用生物完整性指数(index of biotic integrity, IBI)评价水环境质量, 由此IBI的概念和方法被逐步应用于大型底栖无脊椎动物(Klemm, 2003; 王备新等, 2005; Barbour et al, 1996; 王军等, 2015)和藻类(殷旭旺等, 2011; 2012; 沈强等, 2012)等生物类群, 成为当前水生态系统健康评价中应用最广泛的生态指标之一。2021年发布的《中华人民共和国长江保护法》将采用生物完

整性指数评估河流健康状况纳入其中。

不同地区和类型的水体都有利用鱼类成功构建生物完整性评价体系的报道, Karr (1981)利用鱼类生物完整性指数对美国印第安纳州的河流健康状况进行评价; Schmitter-Soto等(2011)利用鱼类完整性评价外来物种、富营养化等对日本河流健康状况的影响, 徐香勤等(2020)应用鱼类生物完整性指数F-IBI评价天津市的河流健康状况等。Mamun & An (2019)认为鱼类是水生态系统中重要的水生生物, 生命周期较长、分布广、形态特征明显、易于鉴定、活动能力强, 能在大多数水生态系统中生存, 可以相对全面地反映流域水生态系统信息及环境变化, 提出评估流域水生态系统健康宜选取鱼类生物完整性指数。

北运河水系是北京市重要的城市防洪与排水河流, 沿河人口密度大、城市化水平高、污染物排放量大(荆红卫等, 2013)。为了恢复北运河水生态健康状况, 北京市政府采取了一系列措施, 如建立水资源保护与水资源配置体系, 建立防洪减灾体系, 构建流域绿色生态走廊等(王晓宁等, 2018)。近几年, 北运河水系水生态状况恢复良好, 但是河流生态健康状况具体如何, 尚缺少相关研究。因此, 本文通过水生生物调查, 采用鱼类完整性指数评估北运河水生态状况, 为判别北运河水系水生态恢复成效提供参考。

收稿日期: 2021-08-12 修回日期: 2023-01-04

基金项目: 北京市生物多样性调查及评估(2020-101)。

作者简介: 李慧清, 1997年生, 女, 硕士研究生, 研究方向为水生生物学。E-mail: Lhq524830@163.com

通信作者: 罗遵兰, 1979年生, 女, 副研究员。E-mail: luozunlan@163.com

1 材料与方法

1.1 研究区域

本文研究区域为北运河河流北京段,包括其流经的昌平、海淀、朝阳、通州、大兴等行政区,涉及沙河、温榆河、坝河、亮马河、新风河、凉水河、大龙河等。

1.2 研究方法

1.2.1 野外调查 按照随机性、空间分布均匀性的基本原则,在北运河水系上游、中下游、支流汇入断面设计13个调查点,如图1。参照《内陆鱼类多样性调查评估技术规定》的调查方法,2020年5月、8月采用地笼在各调查点采集鱼类样品,记录各调查点鱼类种类和数量、采样点生境状况及水质指标,并结合访谈法补充鱼类调查信息。采用《中国鱼类系统检索》《河北动物志·鱼类》鉴定鱼类种类。

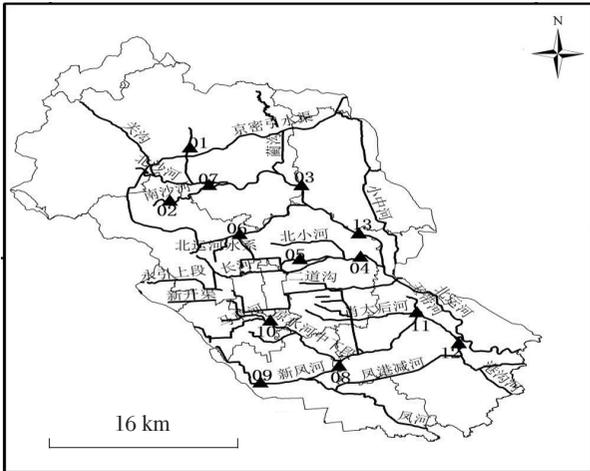


图1 北运河调查点分布

Fig.1 Location of the survey sites in the North Canal River

1.2.2 数据分析方法

(1)参照点和受损点的筛选 一般,根据水质与栖息地质量调查结果(王晓宁,2018),以及各采样点生境代表性等因素筛选参照点和受损点。参照点指未受到人类干扰或轻度干扰的采样点,受损点指具有明显人类干扰的采样点(Blocksom et al,2002;Steedman,1994)。北运河水系为城市排水河流,受人类活动干扰明显,因此本研究选择水系上游、中下游干扰较小的河段作为参照点。

(2)F-IBI 候选指标体系构建 从物种丰富度、营养结构、耐受性和敏感性、繁殖共位群、鱼类数量等5个方面构建北运河河流F-IBI评价候选指标体系。其中,物种种类组成与丰富度20项指标,营养结构3项,敏感性和耐受性2项,繁殖共位群4项,鱼类数量3项,如表1。

表1 北运河F-IBI评价候选指标体系及其对干扰的响应
Tab.1 F-IBI index system for the North Canal River and its response to disturbance

属性	序号	指标	对干扰的响应
物种种类组成与丰富度	1	鱼类物种数(M1)	下降
	2	Shannon-Wiener多样性指数(M2)	下降
	3	均匀度指数(M3)	下降
	4	鲤科物种数百分比(M4)	上升
	5	鳊虎鱼科物种数百分比(M5)	下降
	6	花鳊科物种数百分比(M6)	下降
	7	沙塘鳢科物种数百分比(M7)	上升
	8	条鳊科物种数百分比(M8)	下降
	9	鲑科物种数百分比(M9)	下降
	10	刺鱼科物种数百分比(M10)	下降
	11	鲮科百分比(M11)	下降
	12	鲇科百分比(M12)	上升
	13	斗鱼科百分比(M13)	上升
	14	塘鳢科百分比(M14)	上升
	15	鳢科百分比(M15)	上升
	16	合鳃鱼科百分比(M16)	下降
	17	中上层鱼类物种数百分比(M17)	上升
	18	底层鱼类物种数百分比(M18)	下降
	19	中下层鱼类物种数百分比(M19)	下降
	20	特有鱼类的相对重要性指数(M20)	下降
营养结构	21	肉食性鱼类个体数百分比(M21)	下降
	22	植食性鱼类个体数百分比(M22)	下降
	23	杂食性鱼类个体数百分比(M23)	上升
敏感性和耐受性	24	耐受性鱼类个体数百分比(M24)	上升
	25	敏感性鱼类个体数百分比(M25)	下降
繁殖共位群	26	漂流性卵鱼类个体数百分比(M26)	下降
	27	沉性卵鱼类个体数百分比(M27)	下降
	28	黏性卵鱼类个体数百分比(M28)	上升
	29	特殊产卵方式鱼类个体数百分比(M29)	上升
鱼类数量	30	个体数(M30)	下降
	31	广布鱼类个体数百分比(M31)	上升
	32	外来物种数量所占比例(M32)	上升

注:括号内M1~M32分别为指标代号。

Note:M1-M32 denote the code of each index.

(3)候选指标筛选 首先,根据调查结果,去除无明显意义的指标:各调查点物种种类数均小于5的指标、各观测点之间差异小于10%的指标、90%以上观测点数值均为0的指标。其次,采用箱体图判别分析法从剩余指标值筛选参照点与受损点差异显著的指标,即保留参照点位和观测点在25%~75%分位数范围(即 $IQ \geq 2$)的参数。最后,通过Pearson相关分析检验余下指标的相关性,剔除相关性较高的指标($IRI > 0.9$) (张豫等,2014)。

(4)指标分值计算及评价标准

根据上述分析方法确定的指标作为北运河F-IBI

指标体系。用比值法计算 F-IBI 的参数分值: 对干扰响应“下降”的参数, 以其 95% 分位数为最佳期望值, 分值=实际值/最佳期望值; 对干扰响应“上升”的参数, 以其 5% 分位数为最佳期望值, 分值=(最大值-实际值)/(最大值-最佳期望值)。将各项 F-IBI 的参数分值相加即为 F-IBI 值, 将所有采样点 F-IBI 值分布的 95% 分位数作为健康阈值, 然后使用四分法确定河流健康分级标准(渠晓东等, 2012; 周莹等, 2013), 据此将北运河水系河流健康状况分为“优”“良”“中”“一般”“差”等级。

2 结果与分析

2.1 北运河鱼类调查结果

北运河流域共采集到鱼类 20 种, 共计 4 010 尾, 分属 3 目 9 科 18 属, 其中鲤形目种类最多, 占物种总数的 73.02%; 鲈形目次之, 占物种总数的

18.78%。北运河发现中国特有鱼类中华鲮(*Rhodeus lighti*)、河川沙塘鳢(*Odontobutis potamophila*), 发现北京市二级保护鱼类黑鳍鳈(*Sarcocheilichthys nigripinnis*)。

2.2 F-IBI 指标体系构建

2.2.1 参照点与受损点 从 13 个采样点中选出 3 个参照点和 10 个受损点。参照点分别为十三陵水库(01)、沙窝(04)、清河闸(06), 其余点均为受损点。

2.2.2 候选指标判别 去除各观测点之间差异小于 10% 的指标: M5、M7、M11、M12、M13、M14、M15、M19、M20、M31; 去除 90% 以上观测点数值均为 0 的指标: M8、M9、M10、M12、M15、M16、M20。共去除 14 项无明显意义的指标。对剩余的 18 个指标进行判别能力分析, 如图 2。M1、M2、M3、M4、M26、M27、M28、M32 等 8 项指标受损点与参照点数值相差显著, $IQ \geq 2$, 保留该 8 项指标。

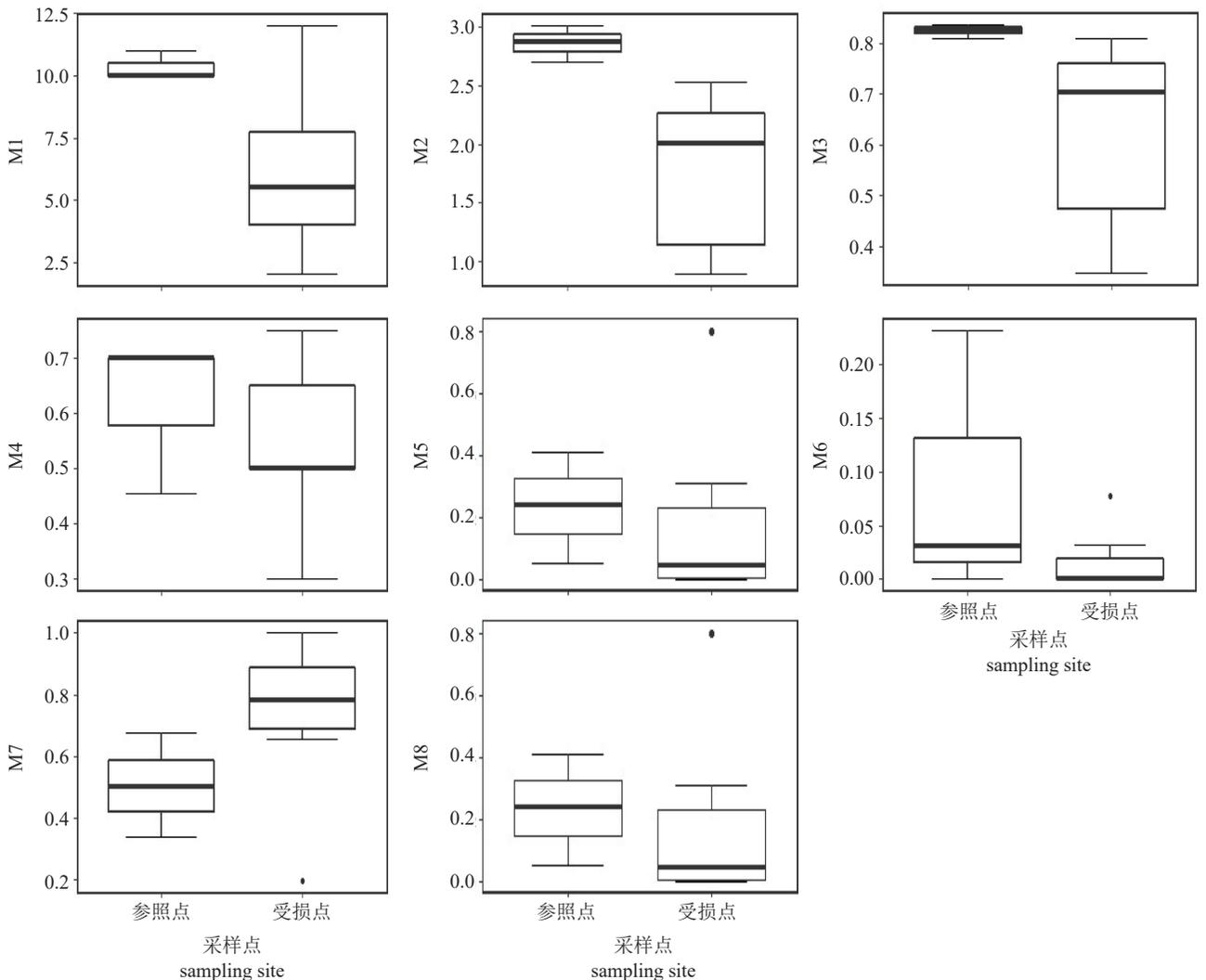


图 2 8 个候选指标在参照点与受损点的箱型分析

Fig.2 Box-plots of eight candidate metrics between reference and disturbed sites

2.2.3 相关性分析筛选 对上述8项指标进行相关性分析,见表2。M2和M3的 $|r|>0.9$,具有极强关联性,由于M2(shannon-Wiener多样性指数)更能反映河段的鱼类群落状况,且应用较M3更为广泛,因此保留M2。由此,确定北京市北运河水系F-IBI指标体系为M1、M2、M4、M26、M27、M28、M32等7项,如表3。

表2 8个候选指标的Pearson相关性矩阵

Tab.2 Correlation coefficients of the eight candidate metrics based on Pearson test

指标	M1	M2	M3	M4	M26	M27	M28	M32
M1	1							
M2	0.804**	1						
M3	0.677*	0.957**	1					
M4	-0.291	-0.202	-0.170	1				
M26	0.076	-0.029	-0.150	0.235	1			
M27	0.185	0.324	0.288	0.485	-0.130	1		
M28	-0.371	-0.255	-0.110	-0.459	-0.717*	-0.433	1	
M32	0.528	0.574*	0.441	0.239	0.008	0.419	-0.302	1

注:** $P<0.01$; $*P<0.05$ 。

Note:** denotes highly significant correlation $P<0.01$; * denotes significant correlation $P<0.05$ 。

表3 北运河F-IBI核心指标

Tab.3 F-IBI core indices for North Canal River

属性	指标	对干扰的响应
物种种类组成与丰富度	鱼类物种数(M1)	下降
	shannon-Wiener多样性指数(M2)	下降
繁殖共位群	鲤科物种数百分比(M4)	上升
	漂流性卵鱼类个体数百分比(M26)	下降
	沉性卵鱼类个体数百分比(M27)	下降
鱼类数量	黏性卵鱼类个体数百分比(M28)	上升
	外来物种数量所占比例(M32)	上升

2.2.4 北运河水系鱼类生物完整性评估 采用表4的公式计算各核心指标分值,F-IBI得分越高,表示健康水平越高。

表4 F-IBI核心指标计算公式

Tab.4 Calculating formula for the core indices of F-IBI

生物指标	计算公式
鱼类物种数(M1)	M1/12
shannon-Wiener多样性指数(M2)	M2/3.00
鲤科物种数百分比(M4)	$(0.75-M4)/(0.75-0.30)$
漂流性卵鱼类个体数百分比(M26)	M26/0.80
沉性卵鱼类个体数百分比(M27)	M27/0.23
黏性卵鱼类个体数百分比(M28)	$(1-M28)/(1-0.19)$
外来物种数量所占比例(M32)	$(0.19-M32)/(0.19-0.02)$

将北运河各采样点所得F-IBI值分布的95%分位数作为健康阈值,然后使用河流健康分级标准,据此将河流健康状况分为“优”“良”“中”“一般”“差”5个等级,见表5。

表5 基于F-IBI分值的北运河健康评价等级标准

Tab.5 Health assessment grading for the North Canal River based on F-IBI

健康等级	优	良	中	一般	差
F-IBI分值	> 5.07	3.81~5.07	2.54~3.81	1.27~2.54	0~1.27

根据表5的健康评价标准,北运河水系13个采样点的F-IBI评价结果如表6。河流健康等级为优的采样点有1个,占采样点总数的7.69%;等级为良的采样点有3个,占23.08%;等级为中等的采样点有7个,占53.85%,其中,中位数以上有4个点,占中等水平调查点的57.14%;河流健康等级为一般的采样点有2个,占15.38%;差的采样点没有。

其中01、02、03、04采样点鱼类完整性指数值较高,水生态状况相对健康;05、06、07、09、10、11、12采样点等级为“中”,水生态健康状况为中等;08、13采样点鱼类完整性指数值较低,水生态状况为“一般”。“中等”及“一般”状况的主要原因是该部分调查点位于水系中下游,且分布在城市中,水源补给主要为再生水。

表6 北运河F-IBI评价结果

Tab.6 River health assessment results for the North Canal River based on F-IBI

采样点	F-IBI分值	健康状况
01	5.08	优
02	4.79	良
03	4.05	良
04	5.07	良
05	3.50	中
06	3.64	中
07	2.88	中
08	1.60	一般
09	3.33	中
10	2.60	中
11	3.68	中
12	3.11	中
13	2.51	一般

3 讨论

3.1 指标体系的合理性

不同河流的F-IBI核心指标体系基本包括物种种类组成及丰富度指标、敏感性和耐受性指标、繁殖

共位群指标等。袁立来等(2021)应用鱼类生物完整性指数(F-IBI)评价北京市拒马河生态系统健康,构建的拒马河流域鱼类生物完整性指数评价体系,包含21个指标,筛选后确定了鱼类总物种数、鲤科占总物种数的百分比、中上层鱼类种类数百分比、杂食性鱼类种类数百分比、产粘性卵鱼类种类数百分比和鱼类总个体数等6个核心指标,指标体现了物种种类组成及丰富度、繁殖共位群。刘麟菲等(2019)构建的济南市鱼类完整性指标体系,从物种丰富度、营养结构、敏感性和耐受性、繁殖共位群和鱼类数量5类22项指标中,筛选了5项核心指标,分别为鱼类物种数、鮡亚科物种数百分比、中上层鱼类物种数百分比、底层鱼类物种数百分比和个体数,指标体现了物种丰富度和鱼类数量2个方面的指标。本研究中从物种丰富度、营养结构、耐受性、敏感性、繁殖共位群以及鱼类数量等5个方面共32个指标构建北运河水系F-IBI评价候选指标体系,依据候选指标分布范围检验、敏感性分析和相关性检验,筛选出北运河河流F-IBI核心指标包括鱼类物种数、Shannon-Wiener多样性指数、鲤科物种数百分比、漂流性卵鱼类个体数百分比、沉性卵鱼类个体数百分比、黏性卵鱼类个体数百分比、外来物种数量所占比例7个指标,涵盖了物种种类组成及丰富度、繁殖共位群以及鱼类数量3个方面信息。该研究初步构建的候选指标体系较其他研究详细,经筛选获得的核心指标体系较其他研究多了外来物种数量所占比例指标,体现了北运河河流鱼类物种组成特征,基于此进行的评价北运河水系生态系统健康状态评价结论可靠。

3.2 河流健康状况

本研究北运河整体生态状况为中等偏上,上游的生态状况优于下游,空间分布上,十三陵水库和沙河位于温榆河支流上,分别表现为优和良好水平,温榆河下游管头村和翠湖处于一般水平,坝河处于良好水平,清河、凉水河、大龙河都处于中水平,大兴区新凤河处于一般水平。这与顾晓昀等(2017)基于底栖动物指数法和综合水质标识指数法评价北运河水系得到的结论基本一致。评估结果表明,温榆河源头和坝河上游水生态状况良好;北运河水系下游支流经过治理,坝河和凤河由原来的差转变为一般,生态状况有所好转,说明城市水生态治理取得一定成效。

基于鱼类完整性指数计算评价河流健康状况较单一采用水质指标评价更科学,但是目前各学者基于不同地区河流水系开展的研究,指标体系计算所需参数相对较多,计算方法相对复杂,并且各不相

同,不利于全国范围开展。建议各地持续开展研究,建立不同区域不同性质河流健康状况评估指标体系,探索更加简化的计算方法,构建基于鱼类完整性指数的河流健康状况评估体系,为水生态保护与修复提供科技支撑。

参考文献

- 顾晓昀,徐宗学,王汨,等,2017. 北运河水系底栖动物群落结构与水环境质量评价[J]. 湖泊科学,29(6):1444-1454.
- 荆红卫,张志刚,郭婧,2013. 北京北运河水系水质污染特征及污染来源分析[J]. 中国环境学,33(2):319-327.
- 刘麟菲,徐宗学,殷旭旺,等,2019. 基于鱼类和底栖动物生物完整性指数的济南市水体健康评价[J]. 环境科学研究,32(8):1384-1394.
- 渠晓东,刘志刚,张远,2012. 标准化方法筛选参照点构建大型底栖动物生物完整性指数[J]. 生态学报,32(15):4661-4672.
- 沈强,俞建军,陈晖,等,2012. 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,33(2):26-31.
- 王备新,杨莲芳,胡本进,等,2005. 应用底栖动物完整性指数B-IBI评价溪流健康[J]. 生态学报,25(6):1481-1490.
- 王军,周琼,谢从新,等,2015. 基于大型底栖动物完整性指数的新疆额尔齐斯河健康评价[J]. 环境科学研究,28(6):959-966.
- 王晓宁,彭世贤,张亚,等,2018. 滦河流域鱼类群落结构空间异质性与影响因子分析[J]. 环境科学研究,31(2):273-282.
- 吴中华,于丹,涂芒辉,等,2002. 汉江水生植物多样性研究[J]. 水生生物学报,26(4):348-355.
- 徐香勤,蔡文倩,雷坤,等,2020. 天津市河流生态完整性评价[J]. 环境科学研究,33(10):2308-2317.
- 殷旭旺,张远,渠晓东,等,2011. 浑河水系着生藻类的群落结构与生物完整性[J]. 应用生态学报,22(10):2732-2740.
- 殷旭旺,渠晓东,李庆南,等,2012. 基于着生藻类的太子河流域水生态系统健康评价[J]. 生态学报,32(6):1677-1691.
- 袁立来,王晓梅,杨文波,等,2021. 基于鱼类生物完整性指数的拒马河北京段河流健康评价[J]. 生态毒理学报16(4):160-169.
- 张豫,蔡德所,陆永求,等,2014. 基于鱼类完整性指数的东江干流惠州段生态系统的健康评价[J]. 贵州农业科学,42(12):183-190.
- 周莹,渠晓东,赵瑞,等,2013. 河流健康评价中不同标准化方法的应用与比较[J]. 环境科学研究,26(4):410-417.
- Barbour M T, Gerritsen J, Griffith G E, et al, 1996. A framework for biological criteria for Florida streams using ben-

- thic macroinvertebrates[J].*Journal of the North American Benthological Society*, 15(2): 185–211.
- Barbour M T, Gerritsen J, Snyder B D, et al, 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish [R]. Washington D. C.: Office of Water, U. S. Environmental Protection Agency.
- Blocksom K A, Kurtenbach J P, Klemm D J, et al, 2002. Development and evaluation of the lake macroinvertebrate integrity index (LMII) for New Jersey lakes and reservoirs[J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 77(3): 311–333.
- Dezizl B A, Krider L, Hansen B, et al, 2019. Habitat Improvements and fish community response associated with an agricultural two-stage ditch in Mower County, Minnesota [J].*Journal of the American Water Resources Association*, 55(1): 154–188.
- Karr J R, 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities[J].*Fisheries*, 6(6): 21–27.
- Karr J R, Chu E W, 2000. Sustaining living rivers[J].*Hydrobiologia*, 422(4): 1–14.
- Klemm D J, Blocksom K A, Fulk F A, et al, 2003. Development and evaluation of a macroinvertebrate biological integrity index (MBII) for regionally assessing Mid-Atlantic highlands streams[J].*Environmental Management*, 31(5): 656–669.
- Mamun M, An K, 2019. The application of chemical and biological multi-metric models to a small urban stream for ecological health assessments[J].*Ecological Informatics*, 50: 1–12.
- Schmitter-Soto J J, Ruiz-Cauich L E, Herrera R J, et al, 2011. An index of Biotic Integrity for shallow streams of the Hondo River basin, Yucatan Peninsula[J].*Science of the Total Environment*, 409(4): 844–852.
- Steedman R J, 1994. Ecosystem health as a management goal [J].*Journal of the North American Benthological Society*, 13(4): 605–610.

(责任编辑 郑金秀)

Health Assessment of North Canal River Based on the Fish-Index of Biotic Integrity

LI Hui-qing^{1,2}, LUO Zun-lan¹, SUN Guang¹, SHI Na-na¹, XIAO Neng-wen¹

(1. Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, P.R. China;

2. School of Ecology, Lanzhou University, Lanzhou 730000, P.R. China)

Abstract: The North Canal River serves the important functions of urban flood control and water drainage for Beijing. In recent years, the aquatic ecosystem of the North Canal River has recovered well following a series of ecological restoration projects carried out by the Beijing Municipal government. In this study, we evaluated the ecological health status of the North Canal River using the established fish-index of biotic integrity (F-IBI) to provide a reference for assessing the ecological restoration projects. In May and August of 2020, fishery resource and habitat condition investigations were conducted at 13 sampling sites along the North Canal River. A total of 20 fish species were collected during the investigation, belonging to 18 genera, 9 families and 3 orders. Sampling sites with low human disturbance were used as the baseline and the F-IBI evaluation system was established based on investigation results. The index system included 32 indices from 5 aspects of species composition and richness, nutritional structure, tolerance and sensitivity, reproductive colocation and fish quantity. After the distribution range test, sensitivity analysis and correlation test, 7 parameters were identified as core indicators: total number of fish species, Shannon-Wiener diversity index, percentage of cyprinid species, percentage of individuals for species with pelagic eggs, percentage of individuals for species with demersal eggs, percentage of individuals for species with viscid-egg, and percentage of alien species. The score of each core index of the F-IBI evaluation system was calculated and the ratio method was then used to calculate the F-IBI value of each sampling site. The F-IBI values were divided into five grades of river health: excellent, good, moderate, fair and poor. The health status of the sampling stations along the North Canal River was generally above moderate. The percentage of stations in excellent condition was 7.69%, while 23.08% of the stations ranked as good, 53.85% ranked as moderate, and 15.38% ranked as fair. We conclude that management of aquatic ecology in North Canal River has been very effective.

Key words: fish-index of biotic integrity (F-IBI); river health assessment; North Canal River