

松花江流域生物完整性时空变化分析

艾雪¹, 李中宇², 赵然², 阴琨^{3*}

(1. 青海省生态环境监测中心, 青海 西宁 810007; 2. 黑龙江省生态环境监测中心, 黑龙江 哈尔滨 150056; 3. 中国环境监测总站, 北京 100012)

摘要:采用大型底栖动物生物完整性指数(B-IBI)法对松花江流域的水生态环境质量进行研究分析。结果表明, 2015年松花江流域各点位水生态环境质量17.24%为优、10.34%为良好、24.14%为一般、41.38%为较差、6.90%为很差。与2012年松花江流域水生态环境质量的比较和趋势分析表明, 松花江干流下游、第二松花江、松花江支流的水生态质量均出现不同程度的改善, 松花江干流下游改善尤为显著, 松花江干流上游生态质量基本保持不变, 嫩江水生态质量有下降迹象。流域总体水生态环境质量得到进一步改善, 总物种数和清洁指示类群EPT丰度均有增加。

关键词:生物完整性指数; 水生态环境质量; 指示生物EPT; 松花江流域

中图分类号: X522; X171.1 文献标志码: B 文章编号: 1006-2009(2020)04-0034-04

Spatial and Temporal Changes of Biological Integrity in Songhua River Basin

AI Xue¹, LI Zhong-yu², ZHAO Ran², YIN Kun^{3*}

(1. Qinghai Provincial Eco-environment Monitoring Center, Xining, Qinghai 810007, China;
2. Heilongjiang Provincial Eco-environment Monitoring Center, Harbin, Heilongjiang 150056, China;
3. China National Environmental Monitoring Centre, Beijing 100012, China)

Abstract: The water eco-environmental quality in Songhua River basin was studied by benthic index of biotic integrity (B-IBI). The results showed that during 2015 in Songhua River basin, 17.24% of water eco-environmental quality was excellent, 10.34% was fine, 24.14% was medium, 41.38% was poor, 6.90% was very bad. Compared with the water eco-environmental quality in Songhua River basin in 2012, the water eco-quality in the downstream of Songhua River, second Songhua River and the tributaries of Songhua River were improved in different degree, especially in the downstream of the Songhua River. The eco-quality remained unchanged in the upstream and showed signs of decline in Nenjiang River. The general water eco-environmental quality in the basin was further improved. The total species and EPT (cleaning indicator groups) abundance both increased.

Key words: Index of biotic integrity; Water eco-environmental quality; Biological indicator Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT); Songhua River basin

河流系统是水生生态系统的重要组成部分, 随着人类活动对水生生态系统的破坏, 导致河流生态环境和生物栖息地的退化、水体生物多样性丧失等问题^[1]。因此, 对河流系统进行生态健康评价, 特别是基于流域尺度的评价更受关注。物理和化学参数监测方法对于流动河流都存在数据片面性和单一性的问题^[2]。应用生物完整性指数评价河流生态系统状况能更好地从生物完整性的角度反映河流水生态环境的健康状况^[3]。其中, 底栖动物

对人类活动的影响极为敏感并具有指示作用^[4], 被广泛地应用于河湖健康评价^[5-6]。

已有学者采用生物完整性指数(Index of Biotic Integrity, IBI)法对松花江流域水生态环境质量开

收稿日期: 2019-05-15; 修订日期: 2020-05-10

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项“流域水生态环境质量监测与评价研究”基金资助项目(2013ZX07502001)

作者简介: 艾雪(1990—), 女, 湖北襄阳人, 工程师, 硕士, 从事环境监测工作。

* 通信作者: 阴琨 E-mail: yinkun@cnemc.cn

展研究^[7],却未见对松花江各个水系及全流域水生态环境和生物完整性的变化趋势开展跟踪研究。今利用大型底栖动物生物完整性指数(B-IBI)对2012年和2015年松花江流域的水生态环境质量状况进行趋势分析,进而探讨其变化的原因,为掌握“十二五”期间松花江流域水生态环境质量变化趋势,协助流域资源管理决策提供技术支持。

1 研究方法

1.1 采样点位布设

以松花江流域为研究区域,其中包括松花江干流、松花江支流、嫩江、第二松花江、黑龙江等河流。2015年6—7月在研究区布设29个采样点位,分别为肇源、朱顺屯、阿什河口下、呼兰河口下、大顶子山、佳木斯上、佳木斯下、江南屯、同江、汤旺河、巴林、成吉思汗、小二沟、宝山、靠山南楼、大山、柴河大桥、梧桐河口内、博霍头、拉哈、浏园、富上、江桥、瀑布下、溪浪口、松花江村、松林、刘珍屯、名山(S1—S29),进行底栖动物的采样调查。底栖动物的采样分析参照USEPA RBP方法^[7]及《水和废水监测分析方法》(第四版增补版),定量采样采用篮式采样器采集,采集时间为14 d。

1.2 参照点位的选取

参照文献^[7],将满足无明显受人类活动干扰迹象、其上游无点污染源、河岸植被带较好、生境评分中人类活动和土地利用一项得分>13分,以及有襁翅目昆虫存在条件的点位确定为参照点位。

1.3 B-IBI评价

B-IBI评价基本步骤^[7]如下:①确定25个大型底栖动物参数作为候选参数;②采用箱线图及IQ值记分法作指数敏感性分析;③对筛选出的敏感性指数作Pearson相关性分析,确定核心参数;④采用0~10赋分法对核心参数记分,统一量纲;⑤计算IBI分值;⑥利用所有点位IBI值的95%分位数法建立评价标准;⑦对各点位IBI进行评价。最终确定总分类单元数、EPT分类单元数、EPT密度、敏感种分类单元比例、敏感种数量、Hilsenhoff生物指数6个指标作为B-IBI评价的核心参数。

2 结果与讨论

2.1 种类和丰度的分布特征

2.1.1 种类分布特征

此次调查监测到水生昆虫、软体动物、甲壳动

物和环节动物共89个科,161个分类单元。水生昆虫在种类上为优势类群,共117个分类单元。软体动物、环节动物和甲壳动物分别为21个、8个和15个分类单元。水生昆虫、软体动物、环节动物、甲壳动物的分类单元占比依次为72.7%、13.0%、5.0%、9.3%。

2.1.2 丰度分布特征

松花江流域底栖动物的数量优势类群为水生昆虫,所占比例达到95.6%,其次为软体动物(占2.1%)、环节动物(占1.9%)和甲壳动物(占0.4%)。29个监测点位底栖动物平均密度为854个/笼,嫩江、第二松花江、松花江支流、松花江干流上游、松花江干流下游、黑龙江这6个水系监测到底栖动物的密度分别为38个/笼、898个/笼、4969个/笼、831个/笼、17567个/笼、465个/笼。

各个水系底栖动物的数量均以水生昆虫为优势类群,松花江干流下游水生昆虫数量所占比例最高,密度为17364个/笼,占比98.8%,软体动物、环节动物、甲壳动物仅占0.7%、0.3%、0.2%。第二松花江、松花江支流的水生昆虫分布比例仅次于松花江干流下游,占比分别为91.2%(819个/笼)和92.3%(4586个/笼)。松花江干流上游的水生昆虫分布比例最低,占比49.5%(411个/笼)。

2.1.3 优势种特征

松花江干流上游底栖动物种类分布主要以摇蚊属、扁蛭属、圆田螺属等指示一般、耐污的种类为优势种,仅个别点位出现敏感种,如多距石蚕属。松花江干流下游多以缺纹石蛾属、小寡脉蜉属等敏感种为优势种,个别点位出现一般、耐污的种类为优势种。松花江支流底栖动物多以多距石蛾属、黑龙江短沟蜷、锯形蜉属、寡脉摇蚊亚科、纹石蚕属等指示敏感、一般的物种为优势种,个别点位以耐污种为优势种。嫩江底栖动物以水丝蚓属、扁蛭属、五脉摇蚊属等指示一般、耐污的物种为优势种。第二松花江除上游2个点位底栖动物以弯握蜉属和钩虾属等敏感种为优势种外,其余点位均以一般、耐污的物种为优势种。

2.2 IBI评价

对核心参数作箱线图指数辨别力分析,结果显示6个指数箱线图的 $IQ \geq 2$,具有良好的敏感性和辨别力,可参与IBI评价。采用所有点位指数值分布的95%分位数法对29个点位的底栖生物完整性作评价,评价等级按照指数分值由高到低定义

为: 优 (> 28.84)、良好 ($21.63 \sim 28.84$)、一般 ($14.42 \sim 21.63$)、较差 ($7.21 \sim 14.42$)、很差 ($0 \sim 7.21$)。嫩江、第二松花江、松花江支流、松花江干流上游、松花江干流下游、黑龙江的评价指数分值分别为: 11.13、14.97、20.24、11.06、34.90、24.40。

2015 年松花江流域 IBI 评价结果表明, 生态质量状况达到优的点数为 5 个, 占总点位数的 17.24%, 达到良好的 3 个, 占 10.34%; 一般的 7 个, 占 24.14%; 较差的 12 个, 占 41.38%; 很差的 2 个, 占 6.90%。总体上, 与 2012 年 IBI 评价结果相比, 生态质量状态很差、较差的点位比例略有下降, 一般、良好、优的点位比例基本保持不变。

通过参照点位和监测点位的箱线图验证结果 (见图 1) 可以看出, 两个箱体有明显区分, 文中采用的 B-IBI 评价方法可有效评价松花江流域水生态环境。

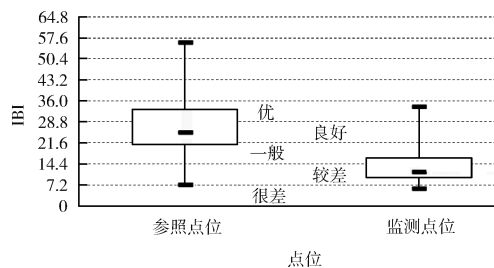


图 1 参照点位和监测点位的箱线图分析结果

Fig. 1 Results of box-plot of reference site and monitoring site

国外学者在 20 世纪初已开展 IBI 评价工作^[8], 我国 B-IBI 的研究和应用最早开始于 21 世纪初, 王备新等^[9]采用 B-IBI 法对黄山地区的溪流作河流生态健康评价, 之后学者以太湖^[10]、流溪河^[11]、辽河流域^[12]、赣江流域^[13]、永定河水系^[14]为研究对象构建 B-IBI 评价体系, 研究表明 IBI 的评价方法可用于多种类型的河流健康评价。文中也进一步表明, 最初建立的 IBI 评价方法 (6 个核心指标) 适用于松花江流域的水生态评价, 并且可用于跟踪该流域的水生态质量变化和趋势。

2.3 生物完整性的时空变化

2.3.1 种类与分布

2012 年和 2015 年各水系底栖动物种类与分布见表 1。由表 1 可知, 2015 年松花江干流上游、嫩江的总分类单元较 2012 年基本保持不变, 松花江支流、第二松花江、松花江干流下游的总分类单

元数都有不同程度的增加, 松花江干流上游、嫩江 EPT 密度有所下降。第二松花江 EPT 密度变化显著, 增加了 73.5%, 松花江支流、松花江干流下游 EPT 密度呈显著增加, 分别增长 1 138.9%、2 640.2%。2012 年松花江支流优势种为短沟蜷属、摇蚊科, 2015 年其优势种增加了多距石蛾属、襁翅目、长臂虾属、锯形蜉属等, 2012 优势种主要为一般、耐污种, 2015 年出现了敏感种。2012 年嫩江优势种为纹石蚕属、低头石蚕属、小裳蜉属、医蛭属, 2015 年增加了水丝蚓属、扁蛭属、五脉摇蚊属, 均为耐污种类。2012 年松花江干流下游优势种为摇蚊属、大纹石蚕属, 2015 年增加了缺纹石蛾属、小寡脉蜉属、多距石蛾属, 新增均为敏感种类。

2.3.2 水生态质量变化分析

由表 1 可知, 松花江干流下游和松花江支流的水生态质量均由 2012 年的良转变为 2015 年的优, 同时 EPT 密度显著增加, 表明这两个水系水生态质量得到较明显的改善。第二松花江水生态质量由较差转为一般, 同时总分类单元数和 EPT 密度也均有所增加, 说明该水系水生态质量也出现恢复好转趋势。嫩江水生态质量由 2012 年的一般降为 2015 年的较差, EPT 密度也有明显下降, 嫩江的水生态质量有向较差波动迹象。松花江干流上游生态质量基本保持不变, 2012 年和 2015 年均均为较差。建议加大对松花江上游水生态保护力度, 这将是使松花江水生态环境得到进一步改善的方向。

有研究表明, B-IBI 值与水体中氮含量^[15]、高锰酸盐指数、总磷^[16]都有显著的相关性。“十二五”期间佳木斯、江南屯水质由 IV 类上升至 III 类, 水环境质量明显好转^[17]。由表 1 可知, 2012—2015 年松花江干流下游 IBI 评价结果由良变为优, 说明水环境质量改善、污染减轻使得松花江流域部分水系的水生态环境质量出现不同程度的改善性恢复。

嫩江底栖动物种类减少, 部分敏感种类丰度下降, 分析可能受以下因素的综合影响: ①嫩江流域中部分河段 2013—2015 年部分污染物浓度增高^[18]。这意味着对底栖等水生生物水环境压力增加。②大型水利工程对流域上下游水质造成较大影响^[19]。位于嫩江干流中游的尼尔基水库中高锰酸盐指数、总氮和总磷均超标, 水质属于劣 V 类^[20], 水库 2013 年后多次泄洪, 这些引起水质波动的因素对嫩江中下游水生生物产生一定程度影响。③2013 年嫩江流域发生 20 年一遇的特大洪

表1 2012年和2015年各水系底栖动物分布特征和水生态环境质量对比

Table 1 Comparison of bottom fauna distribution characteristics and water environmental quality in each water system in 2012 and 2015

水系	总分类		EPT密度		水生态环境质量	
	单元数 $n/\text{个}$		$/(\text{个} \cdot \text{笼}^{-1})$			
	2012年	2015年	2012年	2015年	2012年	2015年
松花江干流上游	9.4	9.3	41.1	24.7	较差	较差
松花江支流	8.4	10.7	13.1	162.3	良	优
嫩江	5.2	4.8	27.4	4.0	一般	较差
第二松花江	4.2	6.6	46.1	80.0	较差	一般
松花江干流下游	11.3	14.5	129.1	3537.6	良	优

水^[21],导致河流中底栖动物的密度减少75%~95%,类群丰富度减少30%~70%^[22]。文中结果显示,2015年嫩江EPT密度相较2012年下降85.4%。虽然洪水这类自然因素会导致底栖动物丰度和种类的减少,但是该因素引起的底栖生物变化并不能指示水生态的退减。今基于松花江流域尺度的研究得到流域内各水系整体变化基本趋势,点位代表性有限,建议后期对出现变差波动迹象的水系(如嫩江)开展进一步跟踪研究,以期更准确地说明水体水生态变化情况和趋势。

3 结论

(1) B-IBI评价结果显示,2015年松花江流域水生态质量17.24%为优,10.34%为良好,24.14%为一般,41.38%为较差,6.90%为很差。总体上,松花江流域下游区域水生态质量优于上游区域。

(2) 相较2012年松花江流域水生态质量,松花江干流下游、第二松花江、松花江支流的水生态质量均出现不同程度的改善,总物种数和清洁指示类群EPT丰度均有增加,其中松花江干流下游改善尤为显著。嫩江水生态质量有下降迹象,松花江干流上游生态质量基本保持不变。

(3) 2015年松花江支流优势种增加了多距石蛾属、襁翅目、锯形蜉属等;干流下游增加了缺纹石蛾属、小寡脉蜉属、多距石蛾属。敏感物种的出现表明松花江支流、干流下游的水生态质量得到改善。

【参考文献】

[1] 王夏林. 月河流域水生态环境综合评价研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2013.

[2] 李国忱,汪星,刘录三,等. 基于硅藻完整性指数的辽河上游水质生物学评价[J]. 环境科学研究,2012,25(8):852-858.

[3] 蔡琨,陆维青,牛志春,等. 洮湍水系湖泊春季浮游植物群落结构和水质生物学评价[J]. 环境监测管理与技术,2018,30(3):37-41.

[4] 冯素珍,李畅游. 基于水生生物的湖泊营养类型评价[J]. 环境监测管理与技术,2010,22(2):37-40.

[5] 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.

[6] 慕林肯,张海萍,赵树旗,等. 永定河底栖动物生物完整性指数构建与健康评价[J]. 环境科学研究,2018,31(4):697-707.

[7] 阴琨,李中宇,赵然,等. 松花江流域水生态环境质量评价研究[J]. 中国环境监测,2015,31(4):26-34.

[8] 阴琨,吕怡兵,腾恩江. 美国水环境生物监测体系及对我国生物监测的建议[J]. 环境监测管理与技术,2012,24(5):8-12.

[9] 王备新,杨莲芳,刘正文. 生物完整性指数与水生态系统健康评价[J]. 生态学杂志,2006,25(6):707-710.

[10] 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.

[11] 刘帅磊,王赛,崔永德,等. 亚热带城市河流底栖动物完整性评价——以流溪河为例[J]. 生态学报,2018,38(1):342-357.

[12] 张远,徐成斌,马溪平,等. 辽河流域河流底栖动物完整性评价指标与标准[J]. 环境科学学报,2007,27(6):919-927.

[13] 张方方,张萌,刘足根,等. 基于底栖生物完整性指数的赣江流域河流健康评价[J]. 水生生物学报,2011,35(6):963-971.

[14] 孔凡青,崔文彦,周绪申. 基于大型底栖动物完整性指数(B-IBI)的永定河水系生态健康评价[J]. 生态环境学报,2018,27(3):550-555.

[15] 张欣,徐宗学,刘麟菲,等. 应用底栖动物完整性指数评价济南市水生态健康状况[J]. 水资源保护,2016,32(6):123-130.

[16] 赵然,李中宇,贾立明,等. 松花江干流底栖动物与水质相关性分析[J]. 环境化学,2018,37(1):173-180.

[17] 李永亮,李健,于亭亭,等. “十二五”期间松花江流域水环境保护对界河影响分析[J]. 三峡生态环境监测,2017,2(3):35-39.

[18] 张静波,姜厚竹,张继民,等. 嫩江干流典型省界缓冲区水质状况分析[J]. 水资源保护,2016,32(1):97-100.

[19] 韩博闻,李娜,曾春芬,等. 大型水利工程对长江中下游水沙变化特征的影响分析[J]. 水资源与水工程学报,2015,26(2):139-144.

[20] 王丹宇,杨利民,韩梅. 尼尔基水库水质及水体富营养化评价研究[J]. 东北师大学报(自然科学版),2016,48(3):162-166.

[21] 颜旭光,黄晓宇,刘涛,等. 2013年嫩江暴雨洪水及尼尔基水库防洪作用[J]. 东北水利水电,2015,33(2):59-60.

[22] 任海庆,袁兴中,刘红,等. 环境因子对河流底栖无脊椎动物群落结构的影响[J]. 生态学报,2015,35(10):3148-3156.