

胶州湾浮游动物生物完整性指数的建立

孙永坤^{1,2}, 杨光¹, 李超伦¹, 王楠^{1,2}

(1. 中国科学院海洋研究所海洋生态和环境科学重点实验室, 山东青岛 266071; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 为补充中国海湾环境质量状况评估方法, 作者通过整理和综合胶州湾常规监测项目中 6 年 (2003~2008) 的监测数据, 经数据整理与综合、生境区域划分、评价因子选择、因子阈值确定、指数建立、指数验证与应用 6 个过程, 初步建立了胶州湾浮游动物生物完整性指数(指数存在季节性差异, 本实验以夏秋季节为例)。指数建立过程中将生境区域通过溶解性无机氮(DIN)、磷酸盐(PO₄)及透明度 3 项指标划分为参照区和受损区, 低营养盐、高透明度海域划为参照区, 相反则划为受损区。通过检验 11 项浮游动物因子参照区与受损区的差异性, 最终确定 7 项为指数建立的评价因子。对 7 项评价因子得分加权平均即得胶州湾浮游动物生物完整性指数得分。将指数得分划分为 5 个等级, 分别表征不同的浮游动物要素质量状况。胶州湾浮游动物生物完整性指数的建立为从浮游动物角度评估胶州湾环境质量提供了新的方法, 是对胶州湾生态环境质量综合评价的良好补充, 能够更全面地反映海区浮游动物的质量状况, 同时为发展和完善海湾生态系统质量综合评价体系奠定良好基础。

关键词: 浮游动物; 生物完整性指数; 综合评价; 评价方法; 胶州湾

中图分类号: Q143 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2015)10-0001-07

doi: 10.11759/hyqx 20130401002

随着海湾生态系统健康评估研究的发展, 以往依赖于单因子理化指标的评价方法逐渐扩展到引入生物质量状况、针对整个生态系统健康状况的综合评估方法。Karr^[1]最初以鱼类为研究对象提出和建立了生物完整性指数(Index of biotic integrity, 简称 IBI), 随后应用范围不断扩大, 逐步应用到大型底栖无脊椎动物、周丛生物、藻类、浮游生物及高等维管束植物等领域^[2]。生物完整性指数是指可定量描述人类干扰与生物特性之间的关系, 且对干扰反应敏感的一组生物指数, 主要是从生物集合群的组成成分(多样性)和结构两个方面反映生态系统的健康状况, 是目前水生生态系统健康研究中应用最广泛的指标之一^[3-4], 它是支持和维护一个与地区性自然生境相对等的生物集合群的物种组成、多样性和功能等的稳定能力, 是生物适应外界环境的长期进化结果^[1, 5]。生物完整性指数是一个能够反映生物要素综合状况的指数, 并已应用于海湾生态系统健康评估。目前, 国外研究人员已建立了利用生物完整性指数对生物要素进行综合评价的方法, 并在实际应用中取得了良好的效果。但是, 一直以来, 中国海湾环境质量状况的评估主要是基于单理化指标或者多个理化指标的方法进行^[6-7], 尚没有结合 IBI 进行环境质

量研究的报道。

胶州湾生态环境监测已运行数十年, 具有长期的包括生物监测资料的积累。作者以胶州湾历年监测数据为基础, 参照美国 Chesapeake Bay 建立浮游生物完整性指数的方法和经验^[8-11], 尝试建立胶州湾浮游动物生物完整性指数(Zooplankton Index of biotic integrity, 简称 Z-IBI)来表征胶州湾海域生态环境质量状况, 以期为海湾生态系统质量监测和评估提供有效工具。

1 材料与方法

1.1 数据来源

用于浮游动物生物完整性指数建立的数据来自胶州湾生态站 2003~2008 年对胶州湾 14 个站点(图 1)物理、化学及生物等方面的逐月常规监测数据。理

收稿日期: 2013-04-01; 修回日期: 2015-07-02

基金项目: 国家海洋局环境评价项目(DOME(P(MEA)-01-01); 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2011CB403604); 海洋公益性行业科研专项经费项目(201005018)

作者简介: 孙永坤(1987-), 男, 山东潍坊人, 硕士研究生, 主要从事海湾环境质量综合评价方法研究, E-mail: syk031387@163.com; 李超伦, 通信作者, 电话: 0532-82898599, E-mail: lcl@qdio.ac.cn

化指标包括温度、盐度、叶绿素 a 浓度、营养盐浓度及透明度,生物要素数据选取浅型浮游动物网样样品的种类组成、丰度数据。

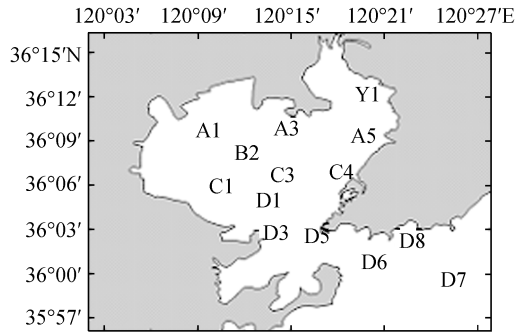


图 1 胶州湾常规监测站位

Fig.1 The stations of regular monitoring of Jiaozhou Bay

1.2 方法建立依据

参照美国 Chesapeake Bay 生物完整性指数建立过程,确立胶州湾浮游动物生物完整性指数的建立步骤如下:数据整理与综合→生境区域划分→评价因子选择→因子阈值确定→指数建立→指数验证与应用^[9]。

1.2.1 生境区域划分依据

将生境划分为参照区、边缘区和受损区。参照美国 Chesapeake Bay 生境区域划分基准值的选取方法^[10-11],将与浮游生物密切相关的溶解无机氮(DIN)、磷酸盐(PO₄)和透明度作为划分依据。然后将各个站位透明度、营养盐数据进行分组排序并取其中值,3项数据中值均满足初选基准值的站位数据划分为参照区,部分满足的站位为边缘区,均不满足的站位作为评价受损区。

1.2.2 胶州湾 Z-IBI 评价因子选择依据

初步挑选出胶州湾浮游动物生物多样性指数、浮游动物总丰度、桡足类丰度、水母类丰度、毛颚类丰度、甲壳类幼体丰度、中华哲水蚤(*Calanus sinicus*)丰度、双毛纺锤水蚤(*Acartia bifilosa*)丰度、小拟哲水蚤(*Paracalanus parvus*)丰度、大眼剑水蚤(*Corycaeus* spp.)丰度及异体住囊虫(*Oikopleura dioica*)丰度 11 个代表因子,使用 Kruskal-Wallis 卡方检验对比参照区与受损区各项因子的差异性,以此来确定最具辨别力的指标(即能够很好的区分开受损区与参照区质量状况的指标),选择具有显著性的代表因子(检验值 $Q < 0.05$),最终确定为浮游动物评价因子。

1.2.3 评价因子阈值确定方法

将最终确定的评价因子数据分为受损区数据和参照区数据两组,并将数据进行排序,分别取两组数据中 10%、15%、25%、30%、50%、70%、75%、85% 的数据数值作为待选取数据。根据 Karr 等^[8, 12-13]所描述的因子赋分模板对各个评价因子的得分阈值进行确定。得分建立在参照区每一项浮游生物因子的分布基础上。每一项因子根据其数值是否接近、稍微背离和明显背离参照区群落因子分别得分为 5, 3, 1。对于参照区和受损区分布差异明显的因子,参照区最合适的 50% 范围内的值得分为 5, 参照区分布值两端的数值得分为 1, 剩下的数值得分为 3^[9-10]。

1.2.4 胶州湾 Z-IBI 的验证方法

利用已得数据独立地检验 Z-IBI 指数的准确性。将独立数据中浮游动物评价因子数据进行提取,根据得分阈值选取结果对评价因子进行赋分,然后将各项因子得分加权平均,最终得到独立数据的 Z-IBI 指数数值。如果所得指数值 > 3 且独立数据来源于参照区,或者所得指数值 < 3 且独立数据来源于受损区,则证明所建立指数可应用;否则,指数需重新建立^[9-10]。

1.2.5 胶州湾 Z-IBI 得分体系的建立

胶州湾 Z-IBI 得分体系是一种能够评估水体状态或级别的方法体系。作者拟定浮游动物生物完整性指数得分范围为 1~5 分。对评价因子中每一项因子进行赋分,低分代表水体受污染较为严重,且被定义为“差”;高分则代表该水体受损程度较轻,并定义为“好”。

1.3 数据统计分析

1.3.1 胶州湾理化数据分析

胶州湾温度、盐度变化情况通过该月份该站位表层与底层的平均值获得;叶绿素 a 浓度通过对该月份该站位的表层叶绿素 a 浓度的分析获得;营养盐浓度通过对该月该站位的总磷、总氮浓度的分析获得。

1.3.2 胶州湾浮游动物数据分析

胶州湾浮游动物各个站位的物种组成及丰度信息通过对 2004~2008 年浮游动物数据的统计分析获得。利用 PRIMER5.2.9 对胶州湾所有站位浮游动物物种组成及丰度数据进行非度量多维标度 NMDS (non-metric Multi-Dimensional Scaling) 聚类分析^[14],获得胶州湾浮游动物物种组成及种群丰度的站位聚类情况以及胶州湾浮游动物群落季节性差异状况。同时,对逐年数据进行相同分析,获得逐年聚

类情况。

2 结果

2.1 胶州湾浮游动物监测资料分析

将胶州湾 2004~2008 年浮游动物物种组成及丰度数据按季节对站位进行聚类分析, 图 2 中 A-E 分别为 2004~2008 年各年浮游动物物种组成及丰度数据按季节对站位的聚类分析结果, 每个点上的数字代表月份。图中某一点位代表某年某月某站的浮游动物物种组成及各个种的丰度状况, 不同形状代表不同的季节, 两个点位的距离代表两个点位信息的

相似程度(距离越近, 相似性越大)。

由图 2 可见, 同一季节的数据点聚集在相同的区域, 而不同季节的数据点聚集在不同的区域, 由此可知, 胶州湾浮游动物物种组成及丰度的分布情况存在着明显季节差异, 且春冬季节较为相似, 夏秋季节较为相似, 并且夏秋季节与春冬季节能够很好地分开。可见, 季节变化对胶州湾浮游动物的群落结构有较大的影响。因此, 在建立胶州湾浮游动物生物完整性指数时, 本研究将冷季(春冬季节)与暖季(夏秋季节)分别建立。冷季与暖季生物完整性指数的建立过程一致, 因此本实验中以暖季 Z-IBI 的建立为代表进行阐述。

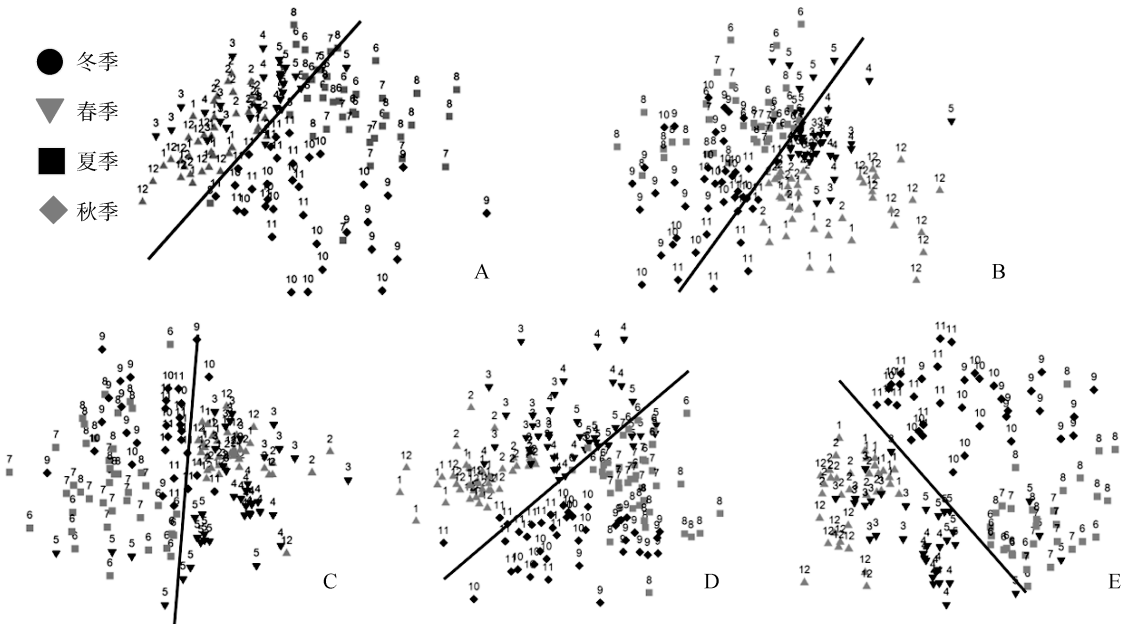


图 2 胶州湾浮游动物物种组成及丰度数据站位聚类分析
Fig.2 The cluster analysis of the zooplankton data of the Jiaozhou Bay

2.2 生境区域划分

透明度初选基准值的选取参照美国 Chesapeake Bay 生境区域划分基准值的选取方法^[9-10], 对胶州湾透明度的监测数据进行排序, 选取 1/3 高值(1.9 m)作为透明度的初选基准值; 营养盐初选基准值的选取参照胶州湾海水营养评价标准, 选取中度营养浓度作为营养盐的初选基准值, 即 DIN 为 0.30 mg/L, PO₄ 为 0.03 mg/L^[15]。用于胶州湾生境区域划分的各站位中值结果如表 1 所示。

据表 1 中数据, 胶州湾常规监测站位中 D5、D6、D7、D8 4 个湾外站 3 项指标数据均满足评价基准值, 划为评价方法中生境区域的参照区, C3、D1 和 D3 为边缘区, 其他站位划分为受损区。

2.3 生物评价因子选择

对初步选取的 11 项代表因子进行卡方检验, 检验结果如表 2。

经检验, 水母类丰度、毛颚类丰度、甲壳类幼体丰度、中华哲水蚤丰度、双毛纺锤水蚤丰度、近缘大眼剑水蚤丰度与异体住囊虫丰度 7 项指标符合评价因子的基本要求, 故最终选择该 7 项指标为浮游动物完整性指数的评价因子。

2.4 评价因子阈值确定

将已经确定的胶州湾 7 项浮游动物评价因子按照受损区和参照区分为两组, 根据 1.2.3 节中叙述的评价因子阈值确定的方法, 得到浮游动物指标阈值

选取的结果(表 3 加粗数值为最终选取阈值)。进而,根据 1.2.3 节中的因子赋分模板确定各个评价因子的得分阈值,其中以植食性和杂食性为主的甲壳类浮游

动物丰度越高代表环境质量越好,赋分越高;对水母类和异体住囊虫等胶质浮游动物则丰度越高质量越差,得分相应越低。得分阈值选取结果如表 4 所示。

表 1 胶州湾初选基准值及各站中值

Tab.1 The primary reference value and the median of Jiaozhou Bay

初选基准值	磷酸盐(mg/L)≤0.03	溶解无机氮(mg/L)≤0.3	透明度(m)≥1.9
D5 中值	0.0192*	0.1510	2.0
D8 中值	0.0146	0.0798	2.1
D6 中值	0.0168	0.1162	2.0
D7 中值	0.0198	0.1479	2.0
A5 中值	0.0527	0.6693	1.5
C4 中值	0.0403	0.3906	1.6
D3 中值	0.0233	0.1930	1.5
A3 中值	0.0398	0.4872	1.5
D1 中值	0.0234	0.3066	1.3
C1 中值	0.0310	0.3780	1.3
A1 中值	0.0340	0.3052	0.7
C3 中值	0.0218	0.2492	1.7
Y1 中值	0.0771	0.7411	1.0

*加粗数值为满足初选基准值的数值

表 2 浮游动物代表因子检验结果

Tab.2 The test results of the zooplankton's representative factors

浮游动物代表因子	生物多样性指数	生物总	桡足类	水母类	毛颚类	甲壳类幼体	中华哲水蚤	双毛纺锤水蚤	小拟哲水蚤	大眼剑水蚤	异体住囊虫
卡方值	57.429	11.524	19.355	9 211.1	943.41	3 570.762	15 680.14	4 446.000	176.675	2 343.749	4 110.519
自由度	403	451	442	173	301	267	154	307	401	246	257
P 值	>0.05	>0.05	>0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

表 3 浮游动物因子阈值选取

Tab.3 The selection of the zooplankton's index threshold

暖季浮游动物因子 (个/m ³)	所属区域	10 th%*	15th%	25 th%	30 th%	50 th%	70 th%	75 th%	85 th%
水母类丰度	参照区	0	0	0	0.6757	3.571*	13.64	17.86	41.67
水母类丰度	受损区	0	0	0	0	4.167	20.83	31.25	85.42
毛颚类丰度	参照区	26.04	35.83	50.78	72.12	125	191.1	223.9	273.4
毛颚类丰度	受损区	6.25	12.5	31.25	38.89	87.5	170.2	194.6	250
甲壳类幼体丰度	参照区	0	0.8928	6.25	7.857	25	112.5	203.1	301.5
甲壳类幼体丰度	受损区	0	0	6.25	12.5	57.5	250	271.1	577.5
中华哲水蚤丰度	参照区	0	0	2.344	3.289	14.42	41.67	62.5	111.6
中华哲水蚤丰度	受损区	0	0	0	0	0	7.143	10.71	27.78
纺锤水蚤丰度	参照区	0	0	7.143	17.86	245.5	620.4	882.8	1681
纺锤水蚤丰度	受损区	0	0	12.5	25	175	687.5	982.1	2431
大眼剑水蚤丰度	参照区	3.571	7.813	25	41.67	153.4	383.3	460	741.1
大眼剑水蚤丰度	受损区	0	0	7.1423	12.5	50	156.3	208.3	375
异体住囊虫丰度	参照区	0	0	3.75	7.813	28.85	95	150.9	312.5
异体住囊虫丰度	受损区	0	0	12.5	19.23	62.5	310.6	468.8	1250

*10 th %代表某因子数据从小到大第 10%个数据值;加粗数值为选定的因子阈值

表 4 浮游动物因子得分阈值选取

Tab.4 The selection of the zooplankton's index threshold of scoring

浮游动物因子 (个/m ³)	指标得分		
	1	3	5
水母类丰度	>41.7	3.57~41.6	<3.57
毛颚类丰度	<50.8	50.8~191	>191
甲壳类幼体丰度	<6.25	6.25~25.0	>25.0
中华哲水蚤丰度	<2.34	2.34~41.7	>41.7
双毛纺锤蚤丰度	<7.14	7.14~245	>245
近缘大眼剑水蚤丰度	<25.0	25.0~153	>153
异体住囊虫丰度	>150	28.8~150	<28.8

2.5 生物完整性指数建立

对浮游动物所有评价因子的得分进行加权平均,即可得到胶州湾浮游动物生物完整性指数(简写 Z-IBI)公式。

$$Z-IBI = \frac{\sum \text{胶州湾浮游动物评价因子得分}}{\text{评价因子个数}}$$

Z-IBI 得分体系具体划分阈值选取,作者借鉴美国 Chesapeake Bay 浮游动物生物完整性指数得分划分经验,将胶州湾 Z-IBI 得分划分为:1~2 分为“差”,2~2.67 分为“较差”,2.67~3.33 分为“中”,3.33~4 分为“较好”,4~5 分为“好”^[10]。

2.6 生物完整性指数验证

参考美国 Chesapeake Bay 生物完整性指数的验证方法^[9-10],作者选取了湾外典型站 D8 及湾内典型站 A5 的 2006 年、2007 年数据进行了初步验证,验证结果如表 5 所示。

表 5 生物完整性指数验证结果

Tab.5 Test results of IBI

调查时间	站位	浮游动物生物完整性指数	结果
2006 年 7 月	D8	4.14	优
2006 年 8 月	D8	4.43	优
2006 年 9 月	D8	4.14	优
2007 年 7 月	A5	2.29	较差
2007 年 8 月	A5	2.14	较差
2007 年 9 月	A5	1.57	差

由表 5 中结果可见,湾外典型代表站位 D8 的 Z-IBI 得分均高于 3,而湾内典型代表站位 A5 的 Z-IBI 得分均低于 3,表明所建立指数正确的将 D8 站划分为参照区, D5 站划分为受损区,因此作者认为

所建立的指数基本可以应用。

3 讨论

营养盐浓度过高,引发富营养化和浮游植物增长,一直都是威胁胶州湾生态生态环境质量的原因之一^[16]。作者所建立的 Z-IBI 包含了多个浮游动物群落指标,能够较为综合地反映海域浮游动物要素的整体状况,有效减小了单指标评估带来的误差,可更全面地反映海域浮游动物要素状况^[17]。

作者初选浮游动物指标中有个别指标最终被放弃(表 2),主要有以下两种原因:一是被去除的指标不能很好地分开参照区与受损区,不适合用于评价水体优劣;二是这些指标本身水平较高,无论参照区还是受损区,均属于优质范围内,无差样本或者基准值可供比较,因此也不适合作为 Z-IBI 建立的评价因子。但在评价因子选择时,原则上一些具有双峰或重叠分布且能够很好地区分参照区和受损区的指标,由于其生态重要性也可以确定为评价因子。在评价因子阈值确定过程中,为避免出现主观误差,在产生一个单一的因子之前,所有的浮游生物评价因子必须按照相同的得分尺度。本文中的指数验证过程,相比国外 30 年以上的数据量,尚且存在数据量较小、数据信息不完整等问题,还需在未来的工作中通过补充数据进行优化和完善。

利用 Z-IBI 作为海湾生态系统环境质量评价指标已经成为当前国际上环境监测与评价领域的重要发展趋势^[18-20],但受生态系统监测数据量、数据全面度等的影响,生物完整性指数建立过程中特别是阈值选取、指数验证部分需要进一步的优化。面对这些不足和问题,今后的工作应从以下几个方面应对和解决:(1)优化生境区域划分阈值选取;(2)细致指标因子确定;(3)修正指标得分阈值的筛选;(4)合理调整得分结果。此外,在后期的指数应用中,还应加大对各个评价因子阈值及得分结果的验证,使所得结果具有更高的准确性与可行性。

4 结论

经数据整理与综合、生境区域划分、评价因子选择、因子阈值确定、指数建立、指数验证与应用 6 个过程初步完成了胶州湾浮游动物生物完整性指数的建立。不同的季节需选择不同的 IBI 体系对海洋浮游动物进行评估。利用 Z-IBI 体系对胶州湾浮游动物状况评估能够更加全面地反映胶州湾海区生态环境

的优劣和海区浮游动物的质量状况。

致谢：作者所用数据由中国科学院海洋研究所胶州湾海洋生态系统研究所提供，谨致谢忱。

参考文献：

- [1] Karr J R. Assessment of biotic integrity using fish communities[J]. Fisheries, 1981, 6(6): 21-27.
- [2] 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.
- [3] Karr J R, Dudley D R. Ecological perspective on water quality goals[J]. Environmental Management, 1981, 5(1): 55-68.
- [4] 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.
- [5] Butcher J T, Stewart P M, Simon T P. A benthic community index for streams in the Northern lakes and forests ecoregion[J]. Ecological Indicators, 2003, 3: 181-193.
- [6] 韩彬, 王保栋. 河口和沿岸海域生态环境质量综合评价方法评介[J]. 海洋科学进展, 2006, 24(2): 254-258.
- [7] 王保栋. 河口和沿岸海域富营养化评价模型[J]. 海洋科学进展, 2005, 23(1): 82-86.
- [8] Weisberg S B, Ranasinghe J A. An estuarine benthic biotic index of integrity (B-IBI) for Chesapeake Bay[J]. Estuaries, 1997, 20(1): 149-158.
- [9] Carpenter K E, Johnson J M, Buchanan C. An index of biotic integrity based on the summer polyhaline zooplankton community of the Chesapeake Bay[J]. Marine Environmental Research, 2006, 62: 165-180.
- [10] Lacouture R V, Johnson J M. Phytoplankton index of biotic integrity for Chesapeake Bay and its tidal tributaries [J]. Estuaries and Coasts, 2006, 29(4): 598-616.
- [11] Lydy M J, Strong A J, Simon T P. Development of an index of biotic integrity for the little Arkansas River Basin, Kansas[J]. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, 2000, 39: 523-530.
- [12] Karr J R, Fausch K D. Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale[J]. Illinois Natural History Survey, 1986, Special Publication 5: 1-28.
- [13] Gibson G R, Bowman M L, Gerritsen J, et al. Estuarine and coastal marine waters: bioassessment and biocriteria technical guidance[R]. Washington D C: US Environmental Protection Agency, 2000: 822-B-00-024.
- [14] 周红, 张志南. 大型多元统计软件 PRIMER 的方法原理及其在底栖群落生态学中的应用[J]. 青岛海洋大学学报, 2003, 33(1): 58-64.
- [15] 姚云, 沈志良. 胶州湾海水富营养化水平评价[J]. 海洋科学, 2004, 28(6): 14-22.
- [16] 沈志良. 胶州湾营养盐长期结构的变化及其对生态环境的影响[J]. 海洋与湖沼, 2002, 33(3): 322-331.
- [17] Tong L. Synthetic illustration of ecological environment evaluation both overseas and domestics [C]//Future Wireless Networks and Information Systems (Vol.2). Wuhan: Springer Berlin Heidelberg, 2012: 173-181.
- [18] Eugene A S, Oh I H. Aquatic ecosystem assessment using exergy[J]. Ecological Indicators, 2004, 4: 189-198.
- [19] Griffith M B, Hill B H, McCormick F H. Comparative application of indices of biotic integrity based on periphyton, macroinvertebrates, and fish to southern Rocky Mountain streams[J]. Ecological Indicators, 2005, 5: 117-136.
- [20] 廖静秋, 黄艺. 应用生物完整性指数评价水生态系统健康的研究进展[J]. 应用生态学报, 2013, 24(1): 295-302.

Establishment of zooplankton index of biotic integrity for Jiaozhou Bay

SUN Yong-kun^{1,2}, YANG Guang¹, LI Chao-lun¹, WANG Nan^{1,2}

(1. Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Received: Apr., 1, 2013

Key words: zooplankton; index of biotic integrity; comprehensive assessment; assessment method; Jiaozhou Bay

Abstract: For replenishing method of evaluating the environmental quality of the Gulf of China, an initial Zooplankton Index of Biotic Integrity (Z-IBI) was developed from data of the Jiaozhou Bay Water Quality Monitoring Program monthly collected during 2003–2008. Dissolved inorganic nitrogen (DIN), orthophosphate (PO₄), and Secchi depth were used to characterize zooplankton habitat conditions. Low DIN and PO₄ concentrations and high Secchi depths characterized least-impaired conditions. Eleven zooplankton metrics were tested for their abilities to discriminate between impaired and least-impaired habitat conditions. Seven discriminatory metrics were chosen, and different combinations of these seven metrics were scored and used to create zooplankton community indexes for Jiaozhou Bay. The establishment of Z-IBI of Jiaozhou Bay provides a new method for evaluating environment quality from the perspective of zooplankton, which helps to develop and establish the comprehensive evaluation system of coastal ecosystem.

(本文编辑: 谭雪静)