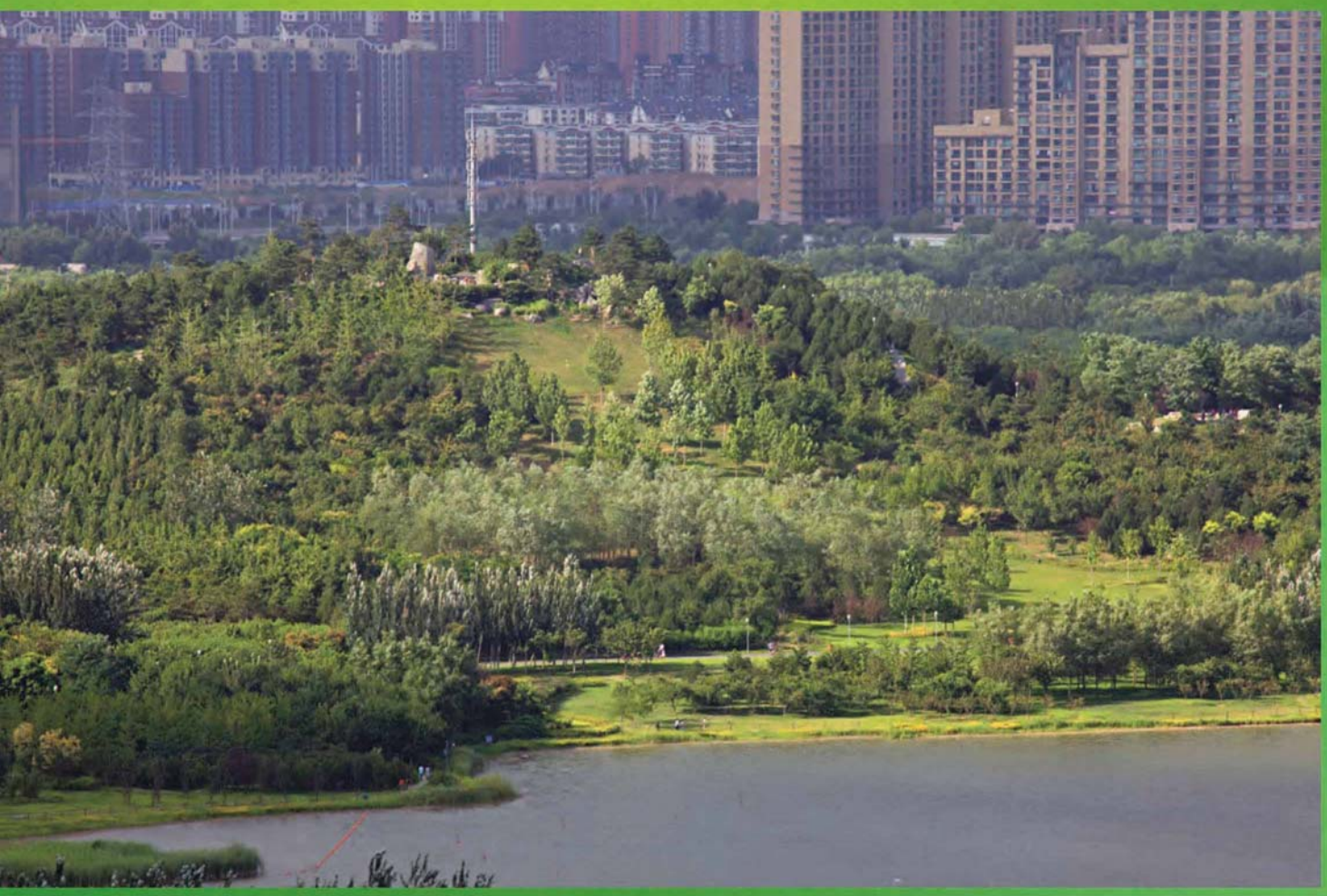
ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 34 卷 第 1 期 Vol.34 No.1 2014

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版

中国科学院科学出版基金资助出版

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 1 期　　2014 年 1 月　(半月刊)

目　　次

卷首语：复杂与永续……（ Ⅰ ）

前沿理论与学科综述

城市复合生态及生态空间管理 …… 王如松,李　锋,韩宝龙,等（ 1 ）

海洋生态系统固碳能力估算方法研究进展 …… 石洪华,王晓丽,郑　伟,等（ 12 ）

城市生态系统灵敏度模型评述 …… 姚　亮,王如松,尹　科,等（ 23 ）

城市生活垃圾代谢的研究进展…… 周传斌,徐琬莹,曹爱新（ 33 ）

个体与基础生态

胶州湾生物-物理耦合模型参数灵敏度分析 …… 石洪华,沈程程,李　芬,等（ 41 ）

渤海湾大型底栖动物调查及与环境因子的相关性 …… 周　然,覃雪波,彭士涛,等（ 50 ）

生物扰动对沉积物中污染物环境行为的影响研究进展 …… 覃雪波,孙红文,彭士涛,等（ 59 ）

种群、群落和生态系统

密云水库上游流域生态系统服务功能空间特征及其与居民福祉的关系 … 王大尚,李屹峰,郑　华,等（ 70 ）

长岛自然保护区生态系统维护的条件价值评估 …… 郑　伟,沈程程,乔明阳,等（ 82 ）

海岛陆地生态系统固碳估算方法 …… 王晓丽,王　媛,石洪华,等（ 88 ）

景观、区域和全球生态

区域生态文明建设水平综合评估指标 …… 刘某承,苏　宁,伦　飞,等（ 97 ）

基于生境质量和生态响应的莱州湾生态环境质量评价 …… 杨建强,朱永贵,宋文鹏,等（105）

1985 年以来黄河三角洲孤东海岸演变与生态损益分析 …… 刘大海,陈小英,徐　伟,等（115）

基于复合生态系统理论的海洋生态监控区区划指标框架研究 …… 徐惠民,丁德文,石洪华,等（122）

我国环境功能评价与区划方案 …… 王金南,许开鹏,迟妍妍,等（129）

资源与产业生态

生态产业园的复合生态效率及评价指标体系 …… 刘晶茹,吕　彬,张　娜,等（136）

我国农业生态效率的时空差异…… 程翠云,任景明,王如松（142）

内蒙古半干旱生态脆弱矿区生态修复耦合机理与产业模式 …… 陈玉碧,黄锦楼,徐华清,等（149）

基于物质流分析方法的生态海岛建设研究——以长海县为例 …… 陈东景,郑　伟,郭惠丽,等（154）

再生(污)水灌溉生态风险与可持续利用 …… 陈卫平,吕斯丹,张炜铃,等（163）

基于流域单元的海湾农业非点源污染负荷估算——以莱州湾为例…… 麻德明,石洪华,丰爱平（173）

集约用海对海洋生态环境影响的评价方法 …… 罗先香,朱永贵,张龙军,等 (182)

城乡与社会生态

基于生态系统服务的城市生态基础设施:现状、问题与展望…… 李　锋,王如松,赵　丹 (190)
北京城区道路系统路网空间特征及其与 LST 和 NDVI 的相关性 …… 郭　振,胡　聃,李元征,等 (201)
基于复合生态功能的城市土地共轭生态管理 …… 尹　科,王如松,姚　亮,等 (210)
重庆市森林生态系统服务功能价值评估 …… 肖　强,肖　洋,欧阳志云,等 (216)
渤海湾港口生态风险评估 …… 彭士涛,覃雪波,周　然,等 (224)
达标污水离岸排海末端处置技术研究综述 …… 彭士涛,王心海 (231)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 238 * zh * P * ￥90.00 * 1510 * 28 * 2014-01

封面图说:北京奥林匹克公园——在高楼林立的大城市中,办公楼、居民区、学校、路网系统、公园以及各种水泥、沥青硬路面和树木、绿草地、土面、水面等等组成了复杂多样的城市生态景观,居住着密集的人口并由于人们不断的、强烈的干预,使这个城市生态系统显得尤其复杂而又多变。因此,系统复杂性及灵敏度是困扰城市生态系统研究和管理的重要因素,建立灵敏度模型是致力于解决城市规划管理中的复杂性问题的有效方法,网状思维与生物控制论观是其核心,也是灵敏度模型的思想基础。图为北京中轴线北端被高楼簇拥着的奥林匹克公园的仰山和龙型水系。

彩图及图说提供:陈建伟教授　北京林业大学　E-mail:cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201304280849
罗先香,朱永贵,张龙军,杨建强.集约用海对海洋生态环境影响的评价方法.生态学报,2014,34(1):182-189.
Luo X X, Zhu Y G, Zhang L J, Yang J Q.The evaluation method in the impact of intensive sea use on the marine ecological environment.Acta Ecologica Sinica,2014,34(1):182-189.

集约用海对海洋生态环境影响的评价方法

罗先香[1],朱永贵[1],张龙军[1],杨建强[2,3,*]
(1. 海洋环境与生态教育部重点实验室,中国海洋大学,青岛 266100; 2. 国家海洋局北海分局,青岛 266033;
3. 山东省海洋生态环境与防灾减灾重点实验室,青岛 266033)

摘要:集中集约用海是一种相对高效、生态和科学的用海方式,但也不可避免会干扰海洋生态系统,甚至带来海洋环境污染和生态破坏。因此,将集约用海工程对海洋生态环境的影响降到最低,进行集约用海对海洋生态环境影响的科学评价是十分重要的。通过分析集约用海工程对海洋生态系统的影响,提出了集约用海工程对海洋生态环境影响评价的主要内容、思路和流程,从海洋生态系统的非生物因子和生物因子两个方面构建了基于"生境质量"和"生态响应"的集约用海对海洋生态环境影响的评价指标体系。"生境质量"指标反映了集约用海工程影响海域的海洋生物栖息环境质量状况的变化,主要包括水环境、沉积环境和典型物种的生物质量指标,"生态响应"指标反映了集约用海工程影响的海域不同营养级的生物对变化环境的生态响应,它主要包括生物群落结构指标和生态敏感区结构、功能指标。在此基础上,结合我国海洋生态环境监测和评估现状,研究并确定了生态环境影响的各评价因子的权重、标准及评价等级,建立了集约用海对海洋生态环境影响的综合指数法评价模型,通过集约用海工程建设前后生态环境综合指数的变化量 ΔE 来定量地衡量其对海洋生态环境影响的程度。以期为适宜的集约用海工程规模和科学选址提供技术支撑。

关键词:集约用海; 海洋生态环境; 评价指标体系; 生境质量; 生态响应

The evaluation method in the impact of intensive sea use on the marine ecological environment

LUO Xianxiang[1], ZHU Yonggui[1], ZHANG Longjun[1], YANG Jianqiang[2,3,*]
1 *Key Lab of Marine Environmental Science and Ecology, Ministry of Education, Ocean University of China, Qingdao* 266100, *China*
2 *North China Sea Branch of the State Oceanic Administration, Qingdao* 266033, *China*
3 *Shandong Provincial Key Laboratory of Marine Ecology and Environment & Disaster Prevention and Mitigation, Qingdao* 266033, *China*

Abstract: The intensive sea use refers to a centralized development mode with multiple marine reclamation projects in a specific area which were uniformly planned and deployed. Compared with traditional extensive marine reclamation, the intensive sea use is relatively more efficient, ecological and scientific, and is also an effective action to promote the coordinative development of society, economy and marine environment. However, the intensive sea use would also inevitably disturb the marine ecosystem, even result in marine environmental pollution and ecological destruction. Therefore, it is very important to minimize and evaluate the impact of the intensive sea use projects on marine ecosystem. In the present study, main content, thought and process of marine ecological impact assessment were stated by analyzing the impacts of the intensive sea use projects on marine ecosystem, and the evaluation index system is constructed based on habitat quality and ecological response from biotic and abiotic factors in marine ecosystem. Habitat quality, including water environment, sedimentary environment and biological quality index of typical species, reflects the changes of marine habitats affected by

基金项目:海洋公益性行业科研专项资助项目(201005009)
收稿日期:2013-04-28; **修订日期**:2013-09-11
* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: yang-jq@163.com

the intensive sea use. Ecological response, including the biome structure index, the structure and function index of ecological sensitive area, reflects the ecological response of the different trophic levels to environment changes resulted from the intensive use sea. The evaluation index system is well arranged, which can comprehensively and objectively reflect the characteristics, state changes and influence degree of different level subsystems of ecosystem. Connecting with our country's marine environmental monitoring and current assessment, the weight, standard and evaluation grade of ecological impact factors were studied and determined. The model based on comprehensive index method was also established, which may evaluate the impacts of the intensive sea use on marine ecology, and thus determine the suitability of marine engineering proposal using the variation of the sea ecological environment comprehensive index before and after the project construction of the intensive use sea (ΔE). When $\Delta E > 30\%$, it implies that marine ecosystem suffers severely impact; when $15\% < \Delta E \leqslant 30\%$, it suggests that marine ecosystem suffers large impact; when $5\% < \Delta E \leqslant 15\%$, it suggests that marine ecosystem suffers general impact; and when $\Delta E \leqslant 5\%$, it indicates that marine ecosystem is slight affected or not affected. Therefore, these results are expected to offer appropriate technological supports for deciding the scales and sites of the intensive marine engineerings, and also provide service for scientific management of the intensive sea use.

Key Words: intensive sea use; the marine ecological environment; evaluation index system; habitat quality; ecological response

巨大的人口压力、城市化和工业化使沿海区域成为受人类活动干扰最剧烈的地区[1],不合理的开发活动对近岸海域生态系统已造成极其有害的影响[2]。其中围填海是对海洋生态系统影响最大的一种人类活动。大规模的围填海工程人为改变了海岸线位置,威胁着近海生态平衡,导致河口和港湾景观破坏、泥沙淤积、环境质量下降、生境退化和海岸带生物多样性的减少等一系列生态环境负面效应[3]。过去的几十年间,沿海生态系统服务功能利用与海岸带生态保护并重的观念深入人心[4-9],保持其生态的可持续性已经成为迫切需求,这就要求采取措施使人类活动对海岸带生态系统的影响减至最小,并尽可能地提高沿海生态系统功能[9-11]。集约用海是寻求海洋开发与保护的协调和平衡,促进海岸带资源可持续利用的新理念,它在结构上改变了传统的粗放用海方式,在适宜海域实行集中连片适度规模开发[12]。相对单个围填海工程,集约用海是一种更为高效、生态和科学的用海方式,是促进社会、经济和环境协调发展的有效措施。但集约用海也不可避免会干扰海洋生态系统,甚至带来海洋环境污染和生态破坏。区域发展对沿海生态环境影响的综合评价是管理者进行科学决策的依据[13],因此,如何将集约用海工程对海洋生态的影响降到最低,进行集约用海对海洋生态影响的科学评价是十分重要的。海洋环境监测和评价方法的研究一直是海洋生态学领域的热点问题[14-16]。美国环保局和国家海洋和大气局通过监测化学污染物的空间分布和迁移转化趋势,确定了 5 类首要的指数因子:水质、沉积物质量、底栖生物、沿岸生境和鱼类组织污染物[17],用指数法评估环境污染特征;欧盟国家整合了生态系统的物理、化学和生物因子要素,作为评估海洋生态环境质量的基本因子[18];国内学者更多从生态-经济的角度对填海造地的海洋生态服务功能的价值损失进行评估[3,19-20]。

本文借鉴国内外研究成果,采用指标体系法的思想,从“生境质量”和“生态响应”两个方面对海洋生态环境质量进行表征,构建了集约用海对海洋生态影响的评价指标体系,研究集约用海对海洋生态影响的评价技术和方法,为集约用海科学管理提供技术支撑。

1　集约用海对海洋生态影响分析及评价内容

集约用海是指在统一规划和部署下,一个区域内多个围填海项目集中成片开发的用海方式。为保护好海洋生态环境,集约用海的区域选址非常重要,一定要避开海洋自然保护区、海洋生物资源产卵场、索饵场、洄游通道等生态敏感区;同时,将用海规模控制在允许的范围内。同时,需要对集约用海前后海洋生态环境的变化情况进行科学地评价,将其影响降到最低。因此,集约用海对海洋生态影响评价

的内容应包括以下几个方面:

(1)集约用海工程规划分析

分析集约用海工程规划的方案和类型,了解工程概况、规模和性质,根据工程所在区域的海洋功能区划和社会环境状况,确定评价等级、范围和生态影响评价要素因子。

(2)构建集约用海对海洋生态影响的评价指标体系

根据集约用海工程规划分析和所在区域海洋功能性质,在确定评价等级、范围和要素因子基础上,建立评价指标体系,包括评价指标、标准、因子权重和评价方法。评价指标体系的构建是进行集约用海对海洋生态影响评价研究的核心内容。

(3)集约用海对海洋生态影响评价

集约用海对海洋生态影响评价包括现状评价、回顾评价和预测评价。在生态现状调查和公众参与基础上,进行集约用海工程所在区域的海洋生态现状评价;针对研究区已经建成的集约用海工程进行生态影响回顾评价,重点考虑历史用海工程活动的累积性生态影响;针对研究区尚在规划中的集约用海工程,开展预测评价。

(4)集约用海对海洋生态影响的综合评估

在研究区域生态现状评价、回顾评价和预测评价的基础上进行生态影响等级识别和评估。重点对尚未建设的集约用海工程的规划方案进行综合评价,并开展公众参与和生态影响评价,筛选可行的规划方案,优化空间布局,确定可接受的集约用海规模,提出减缓生态影响的建议和措施,拟定监测和跟踪评价计划。

其评价的基本思路如图 1 所示。

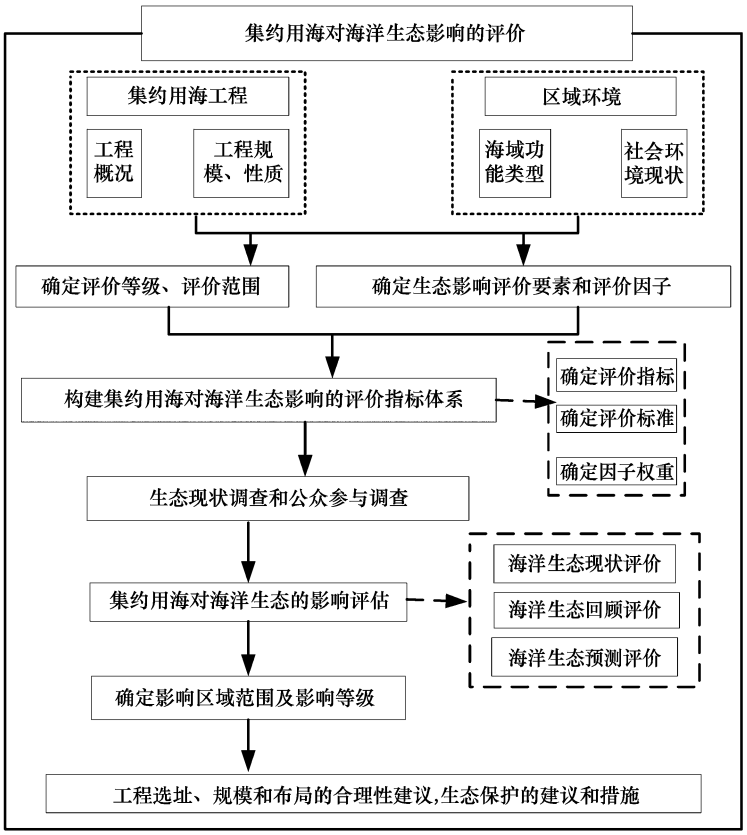


图 1 评价思路及流程

Fig.1 Evaluation thought and process

2 集约用海对海洋生态影响的评价指标体系的构建

2.1 评价目标等级的划分

集约用海工程对海洋生态的影响程度与所在区域海洋生态环境特征有关,我国近岸海域不同的环境功能区对应着不同的生态环境质量要求。因此,在建立集约用海对海洋生态影响及评价指标体系时,参照《海洋功能区划技术导则(GB/T 17108—

2006)》[21]和《海洋工程环境影响评价技术导则(GB/T 19485—2004)》[22]将沿岸海域分为海洋生态环境敏感区、海洋生态环境亚敏感区和海洋生态环境非敏感区 3 种不同的类型。

2.2　评价因子的确定及评价指标体系的建立

海洋生态系统是由非生物因子和生物因子组成的多层次复杂开放体系,人类活动对特定生态系统的生态影响就是对其非生物因子和生物因子所产生的有害或有益的作用,导致其发生结构和功能变化的过程。因此,集约用海工程对海洋生态的影响可以从海洋生态系统的非生物因子和生物因子两个方面进行评价。非生物因子主要反映海洋生物栖息环境的质量状态,用"生境质量"指标来表征,它主要包括生物栖息地的水环境和沉积环境质量指标,以及反映区域环境质量状态的重要指标——典型物种的生物质量。每个指标下又包括具体反映环境质量的各种环境因子。水和沉积环境质量指标主要包括能反映研究海域水质和沉积物特征和受集约用海工程影响可能发生较大变化的指标,评价海域典型物种的生物质量能反映围填海开发活动过程以及后期环境污染物在生物体中的累积,主要包括对生物体危害较大的重金属和持久性有机污染物。生物因子的特征能反映出研究海域生物对环境变化的响应,用"生态响应"指标来表征,集中反映了集约用海工程影响的海洋生态系统的生态效应,它主要包括生物群落结构指标和生态敏感区结构、功能指标两个二级指标,每个二级指标下又包括具体反映生态响应的生态因子。

表 1 是构建的集约用海对海洋生态影响的评价指标体系。

表 1　集约用海对海洋生态影响的评价指标体系

Table 1　Evaluation index system in the impact of Intensive Sea Use on the marine ecology

评价目标 Evaluation objectives		一级指标 First-grade index	二级指标 Second-grade index	三级指标 Third-grade index
海洋生态环境敏感区	①海洋渔业资源产卵场;②重要渔场水域;③海水增养殖区;④珍惜濒危海洋生物保护区;⑤海洋自然保护区;⑥典型海洋生态系(重要河口海域、海草床等);⑦滨海湿地	生境质量	①水环境质量指标(水环境性状和污染物含量指标)②沉积环境质量指标(沉积物性状和污染物含量指标)	pH、盐度、悬浮物、溶解氧、无机氮、活性磷酸盐、硅酸盐、化学耗氧量、硫化物、油类、重金属(Cu、Pb、Zn、Cr、Cd、As 和 Hg) 沉积物粒度、氧化还原电位、有机碳、硫化物、石油类、多氯联苯、重金属(Cu、Pb、Zn、Cr、Cd、As 和 Hg)
海洋生态环境亚敏感区	①海滨风景旅游区;②人体直接接触海水海上运动或娱乐区;③与人类食用直接有关的工业用水区		③生物质量指标(生物体中污染物含量)	重金属(Cu、Pb、Zn、Cr、Cd、As 和 Hg)、石油烃、六六六、DDT
海洋生态环境非敏感区	①一般工业用水区;②港口水域	生态响应	①生物群落结构指标 ②生态敏感区结构、功能指标	浮游植物、浮游动物和大型底栖动物的生物量、丰度、密度、优势种、指示种、关键种、物种多样性、均匀度、生物群落演变速率 初级生产力、生态敏感区面积、珍稀濒危物种和经济渔业生物分布区域、栖息密度、生物量、年龄结构(个体组成);产卵场功能、洄游通道、苗种采集、养殖功能、生物多样性维持功能等。

针对海洋生态环境敏感区,需要评价两个一级指标下的所有二级指标,三级指标可以根据评价海域生态系统的特点有所差异,所考虑的侧重点和评价因子可以不同;针对海洋生态环境亚敏感区和非敏感区的生态影响评价的指标可以根据实际需要有所删减。

3　集约用海对海洋生态影响的评价方法

3.1　生境质量评价方法

生境质量指标包括水环境、沉积环境和生物质量 3 个指标,其计算公式如下式:

$$HQI_j = WQI_j + SQI_j + BQI_j \quad (1)$$

式中,HQI_j表示 j 站位的海洋生境质量综合指数,其

赋值范围为 0—100，WQI_j、SQI_j和 BQI_j分别为 j 站位的水质综合指数、沉积物质量综合指数和生物质量综合指数赋值，评价时水质、沉积物和生物质量的指数权重分别为 25%、25%、50%，各指标的评价标准和权重为推荐值，可根据评价海域实际情况采用专家评判法或层次分析法确定。

水环境质量、沉积环境质量和生物质量评价按照集约用海所在海域不同的使用功能和保护目标，依据海水水质、海洋沉积物质量和海洋生物质量标准[23-25]，采用单因子指数评价基础上的“综合指数法”进行评价。例如，水质综合指数（WQI）按式（2）、（3）计算。

$$WQI_j = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} I_{ij} \quad (2)$$

$$I_{ij} = \frac{C_{ij}}{S_i} \quad (3)$$

式中，WQI_j为 j 站位的水质综合指数；I_{ij}为 j 站位第 i 种因子的单因子环境质量指数；C_{ij}为 j 站位因子 i 的实测浓度值（mg/L）；S_i为因子 i 的环境质量标准限值（mg/L）；n 为所有参评水质的项数。

沉积物质量综合指数（SQI）和生物质量综合指数（BQI）依据以上同样的方法计算，评价标准值之间的评价指数赋值采用线性内插法赋值，各综合指数对应的评价等级和环境状况见表 2。

表 2 生境质量评价等级及标准

Table 2 Evaluation scales and standards of marine habitat quality

评价指标 Evaluation indicators	评价等级及环境状况 Assessment grades and environmental quality	评价指数赋值 Evaluation index values
水质综合指数 Water Quality Index（WQI）	WQI<0.75 水质清洁	25
	0.75≤WQI<1.00 水质轻度污染	18.75
	1.00≤WQI<1.25 水质中度污染	12.5
	WQI≥1.25 水质严重污染	6.25
沉积物质量综合指数 Sediment Quality Index（SQI）	SQI<0.75 沉积环境清洁	25
	0.75≤SQI<1.0 沉积环境轻度污染	18.75
	1.0≤SQI<1.25 沉积环境中度污染	12.5
	SQI≥1.25 沉积环境严重污染	6.25
生物质量综合指数 Biological Quality Index（BQI）	BQI<0.75 生物清洁	50
	0.75≤BQI<1.0 生物轻度污染	37.5
	1.0≤BQI<1.25 生物中度污染	25
	BQI≥1.25 生物严重污染	12.5
海洋生境质量综合指数 Marine Habitat Quality Index（HQI）	$HQI_j = WQI_j + SQI_j + BQI_j$ HQI_j>75，表示 j 站位生境良好；50<HQI_j≤75，表示 j 站位轻度污染；25<HQI_j≤50，表示 j 站位中度污染；HQI_j≤25，表示 j 站位严重污染。 <5%的站位海洋生境质量为中度污染，且>50%的站位海洋生境质量为良好，评价海域生境质量为良好；5%—15%的站位海洋生境质量为中度污染，或>50%的站位海洋生境质量为轻度污染，评价海域生境质量为一般；>15%以上的站位海洋生境质量为中度污染，评价海域生境质量为差	

3.2 生态响应评价方法

生态响应指标评价因子依据表 1 中评价指标体系的三级指标确定，具体海域根据评价海域的生态敏感性情况酌情增减评价因子。其计算公式如下式：

$$ERI_j = PD_j + ZD_j + ZB_j + BD_j + BB_j + SD_j + PP_j + D_{dj} \quad (4)$$

式中，ERI_j表示海洋生态响应综合指数的赋值范围为 0—100，PD_j、ZD_j、ZB_j、BD_j、BB_j、SD_j、PP_j和 D_{dj}分别为浮游植物密度、浮游动物密度、浮游动物生物量、底栖动物密度、底栖动物生物量、鱼卵及仔鱼密度、初级生产力和生态敏感指数的综合评价赋值，评价时权重推荐值分别为 10%、10%、10%、10%、10%、10%、15%、25%。

由于生物指标没有国家统一的评价标准，因此采用相对评价的方法，即依靠现有调查数据，以评价因子的最大值、最小值作为确定相对标准的依据，因此其结果为各评价单元生态质量的相对优劣。表 3 是海洋生态响应指标和评价标准，评价标准值之间的指数值采用线性内插法赋值。各指标的评价标准

为推荐值,可根据评价海域实际情况采用专家评判法或层次分析法确定。A、B、C、D、E、F 为评价标准的基准值,其值可以根据评价海域实际情况给出,例如,渤海区不同海域浮游生物、大型底栖生物和鱼卵及仔鱼等评价依据可参考近岸海洋生态健康评价指南[26]中的推荐值,渤海初级生产力评价依据可参考历史渤海区域的量值[27]。生态敏感指数可采用专家评判法给出。

表 3　生态响应指标与评价标准

Table 3　Ecological response index and evaluation standards

评价指标 Evaluation indicators	评价标准 Evaluation Criteria	评价指数赋值 Evaluation Index Values
浮游植物密度 /(个/ m^3)	>50%A—≤150%A	10
Phytoplankton Density(PD_j)	>10%A—≤50%A 或>150%A—≤200%A	7
	≤10%A 或>200%A	3
浮游动物密度/ (个/ m^3)	>75%B—≤125%B	10
Zooplankton Density(ZD_j)	>50%B—≤75%B 或>125%B—≤150%B	7
	≤50%B 或>150%B	3
浮游动物生物量/ (mg/m^3)	>75%C—≤125%C	10
Zooplankton Biomass(ZB_j)	>50%C—≤75%C 或>125%C—≤150%C	7
	≤50%C 或>150%C	3
底栖动物密度/ (个/ m^2)	>75%D—≤125%D	10
Benthos Density(BD_j)	>50%D—≤75%D 或>125%D—≤150%D	7
	≤50%D 或>150%D	3
底栖动物生物量 (BB_j)/(g/ m^2)	>75%E—≤125%E	10
Benthos Biomass	>50%E—≤75%E 或>125%E—≤150%E	7
	≤50%E 或>150%E	3
鱼卵及仔鱼密度/(个/m^3)	>50	10
Fish Eggs and Larvae Density(SD_j)	>5—≤50	7
	≤5	3
初级生产力/(mg C/m^2 · d)	>75%F—≤125%F	15
Primary Productivity(PP_j)	>50%F—≤75%F 或>125%F—≤150%F	10
	>75%F—≤125%F	5
生态敏感指数(生态敏感区及珍稀濒危物种分布指数)	生态亚敏感区和非敏感区	25
Distribution index of ecological sensitive areas and rare and endangered species(D_{dj})	具有重要经济(科学、人文)价值的海洋生物的集中分布区、产卵区、育幼区、海水增养殖区等生态敏感区。	13
	国家级珍惜濒危海洋生物、海洋自然保护区、典型海洋生态系(重要河口海域、海草床等)和滨海湿地分布区	7
海洋生态响应综合指数 Marine Ecological Response Index(ERI_j)	$ERI_j = PD_j + ZD_j + ZB_j + BD_j + BB_j + SD_j + PP_j + D_{dj}$ ERI_j>75,表示 j 站位生态健康良好;50<ERI_j≤75,表示 j 站位生态轻度扰动;25<ERI_j≤50,表示 j 站位生态中度扰动;ERI_j≤25,表示 j 站位生态严重扰动。 <5%的站位生态健康为中度扰动,且>50%的站位生态健康为良好,评价海域生态健康为良好;5%—15%的站位生态健康为中度扰动,或>50%的站位生态健康为轻度扰动,评价生态健康为一般;>15%以上的站位生态健康为中度扰动,评价海域生态健康为差。	

3.3　生态影响综合评价

集约用海工程对海洋生态影响的综合评价,可采用分层次筛选法进行评价,确定围填的工况是否适宜。例如,当拟集约用海区为国家级自然保护区时,应放弃该工况;拟集约用海区为重要经济(或科学、人文)价值的生物的集中分布区、产卵区、育幼区和其它重要生态敏感区时,应该慎重选择工况,并结合其他指标进一步筛选;对难以确定集约用海影响的方案采用生态环境综合指数变化来评价集约用海工况的综合影响,确定集约用海方案的适宜性。

集约用海对海洋生态的综合影响可用海洋生态环境综合指数 E_j 表示,它包括生境质量(HQI_j)和生

态响应(ERI_j)两类指标,HQI_j和 ERI_j指数权重可分别为25%和75%,指数权重为推荐值,可根据各评价海域实际情况采用专家评判法或层次分析法确定。

生态环境综合指数 E_j计算的基本公式:

$$E_j = 0.25 \times HQI_j + 0.75 \times ERI_j \quad (5)$$

式中,E_j为 j 站位的生态环境综合指数;HQI_j为 j 站位生境质量评价指数;ERI_j为 j 站位生态响应评价指数。

$E_j>75$,表示 j 站位生态环境质量良好;$50<E_j\leqslant 75$,表示 j 站位生态环境质量一般;$25<E_j\leqslant 50$,表示 j 站位生态环境质量差;$E_j\leqslant 25$,表示 j 站位生态环境质量很差。

<5%的站位生态环境质量为差,且>50%的站位生态环境质量为良好,评价海域生态环境质量为良好;5%—15%的站位生态环境质量为差,或>50%的站位生态环境质量为一般,评价生态环境质量为一般或差;>15%的站位生态环境质量为差,评价海域生态环境质量为差或很差。

集约用海对海洋生态影响的程度可采用生态环境综合指数变化量 ΔE 衡量,以确定工程方案的适宜性。综合指数 ΔE 计算的公式如下:

$$\Delta E = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(Eh_j - Eq_j) \quad (6)$$

式中,ΔE 为项目建成前、后生态环境综合指标的变化值;Eh_j为项目建设后 j 站位生态环境综合指标;Eq_j为项目建设前 j 站位生态环境综合指标。

以评价区域内生态环境综合指数的变化幅度作为界定该区域受到集约用海活动的生态影响程度,当 $\Delta E>30\%$,表示受到严重影响,当 $15\%<\Delta E\leqslant 30\%$,表示受到较大影响,当 $5\%<\Delta E\leqslant 15\%$,表示受到一般影响,当 $\Delta E\leqslant 5\%$,表示受到轻微或无影响。

4 结论与讨论

集约用海对海洋生态影响的评价是集约用海优化技术体系的重要组成部分,是形成基于生态系统的集约用海科学管理模式的基础。本文从海洋生态系统的结构和特征出发,构建了基于“生境质量”和“生态响应”的集约用海对海洋生态影响的评价指标体系,研究了集约用海对海洋生态影响的评价技术和方法,建立了综合指数评价模型。该评价指标体系包含两个相对独立的子系统“生境质量”和“生态响应”,从海洋生物栖息的水环境、沉积环境和典型物种的生物质量3个方面反映集约用海工程影响下的海域生境质量的变化,从海洋生物群落结构特征、生态敏感区结构和功能的角度反映集约用海工程影响下的海域生物对变化环境的生态响应。评价指标体系层次分明,其评价结果能够较全面客观地反映生态系统不同层次子系统内部的特征与状态的变化和受影响程度;评价技术和方法结合了我国海洋生态环境监测和评估的现状,具有较强的可操作性。

以上是集约用海对海洋生态影响评价方法的初步探讨,其中也存在一些问题。例如,指标体系中列出的三级指标较多,会使得评价过程中对数据的要求较高和评价工作繁琐。因此,针对不同的集约用海区域,如何更加科学地选择具有代表性的与生态系统变化相关性较大的特征指标是未来研究的重点。同时,各指标的评价标准、权重和评价等级为推荐值,特别是“生态响应”指标目前尚没有统一的标准,各项指标的评分标准主要是依据现有调查数据的分布范围并根据相关研究拟定的,没有考虑特定生态系统的不同历史时期的差异,这可能会影响评价结果的准确性,有待在以后的工作中进一步完善。集约用海对海洋生态影响的评价中涉及的指标的选择、标准的确定和评价等级的划分是非常复杂的,在实践中,对于不同类型和特点的海洋生态系统,其度量标准与度量方法可能存在一定的差异,需要根据具体情况进行适当调整,如何从不同的时间尺度和空间尺度来正确评价集约用海对海洋生态的影响是今后研究的重要内容。

References:

[1] El-Sabh M, Demers S, Lafontaine D. Coastal management and sustainable development: From Stockholm to Rimouski. Ocean & Coastal Management, 1998, 39(1/2): 1-24.

[2] Marques J C, Basset A, Brey T, Elliott M. The ecological sustainability trigon: a proposed conceptual framework for creating and testing management scenarios. Marine Pollution Bulletin, 2009, 58(12): 1773-1779.

[3] Wang X, Chen W Q, Zhang L P, Guo W. Predictive valuation of ecosystem services losses from sea reclamation planning projects in Tong'an Bay. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(21): 5914-5924.

[4] King S E, Lester J N. The value of salt marsh as a sea defence. Marine Pollution Bulletin, 1995, 30(3): 180-189.

[5] Capobianco M, Stive M J F. Soft intervention technology as a tool for integrated coastal zone management. Journal of Coastal Conservation, 2000, 6(1): 33-40.

[6] Lamberti A, Zanuttigh B. An integrated approach to beach

management in Lido di Dante, Italy. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2005, 62(3): 441-451.
[7] Nordstrom K F. Beach nourishment and coastal habitats: research needs to improve compatibility. Restoration Ecology, 2005, 13(1): 215-222.
[8] Swann L. The use of living shorelines to mitigate the effects of storm events on Dauphin Island, Alabama, USA. American Fisheries Society Symposium, 2008, 64: 47-57.
[9] Borsje B W, van Wesenbeeck B K, Dekker F, Paalvast P, Bouma T J, Van Katwijk M M, De Vries M B. How ecological engineering can serve in coastal protection. Ecological Engineering, 2011, 37(2): 113-122.
[10] Day J W Jr, Martin J F, Cardoch L, Templet P H. System functioning as a basis for sustainable management of deltaic ecosystems. Coastal Management, 1997, 25(2): 115-153.
[11] Day J W Jr, Psuty N P, Perez B C. The role of pulsing events in the functioning of coastal barriers and wetlands: implications for human impact, management and the response to sea level rise // Concepts and Controversies in Tidal Marsh Ecology. Netherlands: Springer, 2000: 633-659.
[12] Sun L, Liu H B, Yang Y J, Tan Y H, Wang X B. Comparative studies: coastal reclamation management between China and abroad. Journal of Ocean University of China: Social Sciences Edition, 2010, (5): 39-46.
[13] UNDP. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies. 3rd ed. New York: Department of Economic and Social Affairs United Nations, 2007.
[14] Alves F L, Silva C P, Pinto F. The assessment of the coastal zone development at a regional level-the case study of the Portuguese Central Area. Journal of Coastal Research, 2007, 50(50): 72-76.
[15] Nader M R, Salloum B A, Karam N. Environment and sustainable development indicators in Lebanon: a practical municipal level approach. Ecological Indicators, 2008, 8(5): 771-777.
[16] UNDP. Human Development Report. New York: Oxford University Press, 1990.
[17] Halpern B S, Walbridge S. A global map of human impact on marine ecosystems. Science, 2008, 319(5865): 948-952.
[18] Rogers S I, Tasker M L, Earll R, Gubbay S. Ecosystem objectives to support the UK vision for the marine environment. Marine Pollution Bulletin, 2007, 54(2): 128-144.
[19] Peng B R, Hong H S, Chen W Q, Xue X Z, Cao X L, Peng J P. Ecological damage appraisal of sea reclamation: Theory, method and application. Journal of Natural Resources, 2005, 20(5): 714-726.
[20] Wang J, Xu M, Zhang Y M, Zhu M J. Coastal wetland ecological service value loss appraisal of reclamation-take the coastal wetland reclamation of Haimen for example. Journal of Nanjing Normal University: Natural Science Edition, 2009, 32(4): 134-138.
[21] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 17108—2006 Technical directives for the division of marine function zonation. Beijing: Standards Press of China, 2006.
[22] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 19485—2004 Technical guidelines for marine engineering environmental impact assessment. Beijing: Standards Press of China, 2004.
[23] Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. GB 3097—1997 Marine water quality standards. Beijing: Standards Press of China, 1997.
[24] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB 18668—2002 Marine sediment quality. Beijing: Standards Press of China, 2002.
[25] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. GB 18421—2001 The quality of marine life. Beijing: Standards Press of China, 2001.
[26] State Oceanic Administration People's Republic of China. HY/T087—2005 Guidelines for nearshore marine ecosystem health evaluation. Beijing: State Oceanic Administration, 2005.
[27] Fei Z L, Mao X H, Zhu M Y, Li B, Li B H, Guan Y H, Zhang X S, Lü R H. Study of productivity in Bohai Sea — Ⅱ Estimating of primary productivity and potential catches. Acta Oceanologica Sinica, 1988, 10(4): 481-489.

参考文献:

[3] 王萱, 陈伟琪, 张珞平, 郭伟. 同安湾围(填)海生态系统服务损害的货币化预测评估. 生态学报, 2010, 30(21): 5914-5924.
[12] 孙丽, 刘洪滨, 杨义菊, 谭勇华, 王小波. 中外围填海管理的比较研究. 中国海洋大学学报: 社会科学版, 2010, (5): 39-46.
[19] 彭本荣, 洪华生, 陈伟琪, 薛雄志, 曹秀丽, 彭晋平. 填海造地生态损害评估: 理论、方法及应用研究. 自然资源学报, 2005, 20(5): 714-726.
[20] 王静, 徐敏, 张益民, 朱蒙佳. 围填海的滨海湿地生态服务功能价值损失的评估——以海门市滨海新区围填海为例. 南京师大学报: 自然科学版, 2009, 32(4): 134-138.
[21] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 17108—2006 海洋功能区划技术导则. 北京: 中国标准出版社, 2006.
[22] 国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 19485—2004 海洋工程环境影响评价技术导则. 北京: 中国标准出版社, 2004.
[23] 国家环境保护局. GB 3097—1997 海水水质标准. 北京: 中国标准出版社, 1997.
[24] 中国国家质量监督检验检疫总局. GB 18668—2002 海洋沉积物质量. 北京: 中国标准出版社, 2002.
[25] 中国国家质量监督检验检疫总局. GB 18421—2001 海洋生物质量. 北京: 中国标准出版社, 2001.
[26] 国家海洋局. HY/T 087—2005 近岸海洋生态健康评价指南. 北京: 中国标准出版社, 2005.
[27] 费尊乐, 毛兴华, 朱明远, 李冰, 李宝华, 管永红, 张新胜, 吕瑞华. 渤海生产力研究——Ⅱ初级生产力及其潜在渔获量的估算. 海洋学报, 1988, 10(4): 481-489.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.1 Jan., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Foreword: Complexity and Sustainability ..... (Ⅰ)

Frontiers and Comprehensive Review

Urban eco-complex and eco-space management ..... WANG Rusong, LI Feng, HAN Baolong, et al (1)

Review of carbon sequestration assessment method in the marine ecosystem ..... SHI Honghua, WANG Xiaoli, ZHENG Wei, et al (12)

A review of sensitivity model for urban ecosystems ..... YAO Liang, WANG Rusong, YIN Ke, et al (23)

Urban ecological metalbolism of municipal solid waste: a review ..... ZHOU Chuanbin, XU Wanying, CAO Aixin (33)

Autecology & Fundamentals

Parameter sensitivity analysis of a coupled biological-physical model in Jiaozhou Bay ..... SHI Honghua, SHEN Chengcheng, LI Fen, et al (41)

Macroinvertebrate investigation and their relation to environmental factors in Bohai Bay ..... ZHOU Ran, QIN Xuebo, PENG Shitao, et al (50)

Review of the impacts of bioturbation on the environmental behavior of contaminant in sediment ..... QIN Xuebo, SUN Hongwen, PENG Shitao, et al (59)

Population, Community and Ecosystem

Ecosystem services' spatial characteristics and their relationships with residents' well-being in Miyun Reservoir watershed ..... WANG Dashang, LI Yifeng, ZHENG Hua, et al (70)

Contingent valuation of preserving ecosystem of Changdao Island Nature Reserve ..... ZHENG Wei, SHEN Chengcheng, QIAO Mingyang, et al (82)

Discussion of carbon sequestration estimates in the island terrestrial ecosystems ..... WANG Xiaoli, WANG Ai, SHI Honghua, et al (88)

Landscape, Regional and Global Ecology

An integrated indicator on regional ecological civilization construction ..... LIU Moucheng, SU Ning, LUN Fei, et al (97)

The eco-environmental evaluation based on habitat quality and ecological response of Laizhou Bay ..... YANG Jianqiang, ZHU Yonggui, SONG Wenpeng, et al (105)

Analysis of the evolution and value of coastal ecosystem services at Gudong Coast in the Yellow River Delta since 1985 ..... LIU Dahai, CHEN Xiaoying, XU Wei, et al (115)

Reseach of index system framework in marine ecology monitoring & regulation areas division based on complex ecosystem of nature-human-society ..... XU Huimin, DING Dewen, SHI Honghua, et al (122)

The environmental function assessment and zoning scheme in China ..... WANG Jinnan, XU Kaipeng, CHI Yanyan, et al (129)

Resource and Industrial Ecology

Definition and evaluation indicators of ecological industrial park's complex eco-efficiency ..... LIU Jingru, LÜ Bin, ZHANG Na, et al (136)

Spatial-temporal distribution of agricultural eco-efficiency in China ..... CHENG Cuiyun, REN Jingming, WANG Rusong (142)

The coupling mechanism and industrialization mode of ecological restoration in the weak semi arid mining area of Inner Mongolia ..... CHEN Yubi, HUANG Jinlou, XU Huaqing, et al (149)

Evaluation of ecological marine islands construction based on material flow analysis: a case study of Changhai County ..... CHEN Dongjing, ZHENG Wei, GUO Huili, et al (154)

Ecological risks and sustainable utilization of reclaimed water and wastewater irrigation ..... CHEN Weiping, LÜ Sidan, ZHANG Weiling, et al (163)

Estimation of agricultural non-point source pollution based on watershed unit: a case study of Laizhou Bay ..... MA Deming, SHI Honghua, FENG Aiping (173)

The evaluation method in the impact of intensive sea use on the marine ecological environment ..... LUO Xianxiang, ZHU Yonggui, ZHANG Longjun, et al (182)

Urban, Rural and Social Ecology

Urban ecological infrastructure based on ecosystem services: status, problems and perspectives ..... LI Feng, WANG Rusong, ZHAO Dan (190)

Spatial features of road network in Beijing built up area and its relations with LST and NDVI ..... GUO Zhen, HU Dan, LI Yuanzheng, et al (201)

The conjugate ecological management model for urban land administration based on the land complex ecological function ..... YIN Ke, WANG Rusong, YAO Liang, et al (210)

Value assessment of the function of the forest ecosystem services in Chongqing ..... XIAO Qiang, XIAO Yang, OUYANG Zhiyun, et al (216)

Ecological risk evaluation of port in Bohai Bay ..... PENG Shitao, QIN Xuebo, ZHOU Ran, et al (224)

Research review of the tail disposal technology of the standard sewage offshore outfall ..... PENG Shitao, WANG Xinhai (231)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科研工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科研人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933　　CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址: 100085 北京海淀区双清路 18 号　**电　　话**:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@ rcees.ac.cn　**网　　址**: www.ecologica.cn

编辑部主任　孔红梅　　**执行编辑**　刘天星　段　靖

生　态　学　报
(SHENGTAI　XUEBAO)
(半月刊　1981 年 3 月创刊)
第 34 卷　第 1 期　(2014 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 34　No. 1 (January, 2014)

编　　辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@ rcees.ac.cn
主　　编	王如松
主　　管	中国科学技术协会
主　　办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085
出　　版	科学出版社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717
印　　刷	北京北林印刷厂
发　　行	科学出版社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@ cspg.net
订　　购	全国各地邮局
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044
广告经营许可证	京海工商广字第 8013 号

Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@ rcees.ac.cn
Editor-in-chief	WANG Rusong
Supervised by	China Association for Science and Technology
Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@ cspg.net
Domestic	All Local Post Offices in China
Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P.O.Box 399 Beijing 100044, China

ISSN 1000-0933　CN 11-2031/Q　　国内外公开发行　　国内邮发代号 82-7　　国外发行代号 M670　　定价 90.00 元