

# 围填海及其对底栖生物群落的生态效应\* Ecological Effects of Reclamation on Benthic Communities

李宝泉<sup>1</sup>, 李晓静<sup>1,2</sup>, 周政权<sup>1,2</sup>, 刘甜甜<sup>3</sup>, 杨陆飞<sup>4</sup>, 陈琳琳<sup>1\* \*</sup>

LI Baoquan<sup>1</sup>, LI Xiaojing<sup>1,2</sup>, ZHOU Zhengquan<sup>1,2</sup>, LIU Tiantian<sup>3</sup>, YANG Lufei<sup>4</sup>, CHEN Linlin<sup>1</sup>

(1. 中国科学院烟台海岸带研究所, 山东烟台 264003; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 浙江海洋大学, 浙江舟山 316000; 4. 烟台大学海洋学院, 山东烟台 264003)

(1. Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai, Shandong, 264003, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China; 3. Zhejiang Ocean University, Zhoushan, Zhejiang, 316000, China; 4. Ocean School of Yantai University, Yantai, Shandong, 264003, China)

**摘要:**围填海是人类在沿海城市土地紧张的情况下拓展生存和生活空间的重要方式。围填海给人们带来巨大经济和社会效益的同时,也给海岸带生态系统及海洋资源造成不同程度的破坏。本文系统总结围填海的发展历程及其对底栖生物群落的影响、围填海生态效应研究的国内外研究进展以及存在的问题及发展趋势,旨在为我国更好地开展相关方面研究提供参考。

**关键词:**围填海 生态效应 底栖生物群落

**中图分类号:**Q178.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2016)04-0293-06

**Abstract:** Reclamation is an important way to expand human living space under the tense situation for land in coastal zone. Reclamation brings huge economic and social benefits, but also caused damages to the coastal ecosystems and marine resources in varying degrees. This paper systematically reviews the major ecological effects of the reclamation and the developing progress, facing problems and trends of studying on the ecological effect of reclamation, with the aim of providing reference for carrying out the relevant research in China.

**Key words:** reclamation, ecological effect, benthic community

## 0 引言

全球变化和人类活动对环境的影响已成为多个学科领域共同关注的热点。海岸带处于陆海交接处,因此成为受人类活动影响最为严重的区域,并导致过去数十年间该区域生态系统退化<sup>[1]</sup>。围填海是人类在沿海城市土地紧张情况下拓展生存和生活空间的重要方式,围填海给人们带来巨大经济和社会效益的同时,也给海岸带生态系统及海洋资源造成不同程度的破坏。因此开展围填海的生态效应研究,了解围填海对海岸带生态系统及资源的影响已成为环境保护

收稿日期:2016-06-02

作者简介:李宝泉(1972—),男,博士,副研究员,主要从事海洋生物多样性、底栖动物生态学和生态健康评价研究。

\* 中国科学院重点部署项目(KZZD-EW-14),中国科学院战略性先导科技专项(XDA11020403, XDA11020702)和中国科学院科技服务网络计划(STS计划)(KFJ-EW-ST-127)资助。

\*\* 通讯作者:陈琳琳(1979—),女,助理研究员,主要从事海洋生物遗传多样性研究, E-mail:llchen@yic.ac.cn。

及可持续发展刻不容缓的任务和课题。

目前,北方典型海岸带(渤海湾、莱州湾及邻近黄河三角洲地区)已成为我国围填海规模最大、最为密集的区域之一。例如,曹妃甸循环经济示范区总体规划围填海面积为 310 km<sup>2</sup>,用来建设以大港口、大钢铁、大化工、大电能为核心的工业区;龙口人工岛群工程批准用海面积 44.29 km<sup>2</sup>,其中填海面积 35.23 km<sup>2</sup>,是我国批准建设的最大海上人工岛群。大规模的围填海造地在短期内能促进沿海经济繁荣,但也带来生境破坏和环境退化等一系列严重后果。如,截至 2002 年我国滨海湿地面积累计损失约 219 万公顷,占滨海湿地总面积的 50%;近 40 年我国红树林面积由 4.83 万公顷锐减到 1.51 万公顷,约 80%的珊瑚礁遭到损害。

## 1 围填海的生态影响

围填海对海岸带生态系统的破坏和影响主要体现在 3 个方面:海域物理特性的变化(包括海域面积减少,岸线资源缩减,岸线趋于平直,海岸自然景观破坏等);海陆依存关系变化(如海底淤积,海岸带侵蚀,港湾、滨海湿地纳潮能力下降,海岸防灾减灾能力降低等);以海洋及海岸带为依存条件的海洋生态系统的变化(包括一定范围内海洋生物生境的彻底改变,生物多样性、均匀度和密度降低,湿地、海岸等生态系统功能退化,许多重要的渔业资源产卵场消失,渔场外移,海水增殖产量减少,近海渔业资源严重损害)<sup>[2-3]</sup>。上述围填海造成的破坏和影响中,对海域生态系统的破坏是不可逆转和无法度量的,而其中以围填海施工海域底栖动物生境的破坏尤为严重。由于底栖动物多数种类的成体终生栖息在固定场所或只能在有限的范围内活动,其行为方式与游泳动物和浮游生物显著不同,对逆境的逃避相对迟缓,受上述环境变化的影响更持久更严重<sup>[4-5]</sup>。最终结果是导致该区域底栖动物群落完全消失,或者发生群落演替而引起重大的结构变化,由稳定、健康的群落演替为脆弱、不健康的群落。

大型底栖动物是最重要的海洋生物类群之一,在海洋生态系统物质和能量循环、生态系统平衡与稳定中起着重要的作用。根据生态系统多稳态理论,大型底栖动物群落不可能全部崩溃,但如果受到非生物环境变化和人类活动的干扰,会引起群落中物种组成的变化<sup>[6-7]</sup>。同时,由于底栖动物能提供从其他生物无法获取的重要信息,在海洋环境监测中对底栖动物的分析是关键部分,这也使底栖动物经常作为生态系统健康状况的长周期生物指示类群<sup>[8-11]</sup>。

我国渤海的大型底栖动物研究可追溯到 20 世纪三十年代,但系统全面的调查研究则是在建国以后。1956—1961 年,我国海洋生态学工作者在黄渤海进行大量底栖动物调查研究,探讨大型底栖动物的分布特点和群落结构,积累详实的资料<sup>[12-19]</sup>。而上述调查结果表明,在全球变化和人类活动影响下,黄渤海底栖动物物种多样性降低,平均生物量和丰度减少;另外,由于生境片段化及人工、复合岸线等新生境的出现,底栖动物的分布格局也发生较大变化。群落演替出现新趋势,优势物种表现出小型化趋势,而围填海、水环境污染、过度捕捞和水产养殖等人类涉海活动更加剧这一进程<sup>[17,20-21]</sup>。

同时,围填海对鱼卵仔鱼的影响也不容忽视。围填海导致施工海域海水中悬浮物浓度增加,并在一定范围内形成高浓度扩散场。悬浮物会堵塞幼体鳃部,且大量悬浮物会造成水体严重缺氧<sup>[22]</sup>,这些因素直接或间接伤害鱼卵、仔稚鱼,影响胚胎发育、降低孵化率,进一步影响到对成体鱼类资源的补充。

## 2 国内外研究现状及发展动态分析

### 2.1 国外对围填海的研究

围填海作为一把“双刃剑”,在国民经济和社会发展中起到较大的推动作用,同时也导致海岸带自然环境破坏和生态系统功能退化。如何权衡损益,在两者之间找到适宜的平衡点,以及如何研究和评估围填海对原有环境和生态的影响,成为目前世界各国在进行围填海规划时着重考虑的内容。

沿海发达国家围填海领域的研究历程和发展动态大体可分为以下 4 个阶段:第一阶段,13 世纪初期至 20 世纪初期,受获取土地利益的驱使,许多沿海国家都大力发展围填海,此阶段属于无序和盲目扩张阶段,对环境和生态问题考虑较少或不予考虑,如荷兰、日本、德国和韩国等国家;第二阶段,20 世纪初期至 20 世纪五十年代,由于围填海规模的不断扩大,引发的短期、长期环境和生态问题日益凸现,并逐步受到科学界和相关职能部门的重视;第三阶段,20 世纪六十年代,进入研究围填海的生态损害评估和生态恢复措施阶段;第四阶段,20 世纪六十年代至 20 世纪九十年代,沿海发达国家开始从经济-环境-社会方面综合权衡围填海的得失,提出海岸带综合管理(ICZM)以及“生态系统水平的海洋管理”(EBM)概念,寻找围填海的发展和环境友好的平衡点,即海岸带区域环境容量问题,并从过去的定性研究过渡为定量的生态学研究,从纯科学的研究过渡为以生态系统整体出发,并包含经济-社会利益,生态利益和决策制定等多

学科多因素的综合性研究。

世界临海发达国家对围填海的影响研究主要围绕围填海所产生的3个效应开展,即水文效应、土地效应和生物效应,并最终归结为围填海规模与维持生态系统健康的研究。同时基于这些研究结果,人们也逐渐认识到围填海作为一个系统工程,涉及到科学研究、工程技术和管理政策等诸多方面。科学研究的目的在于明晰围填海的环境和生态影响,为决策层提供一些科学有序的围填海发展模式,以达到围填海与生态系统维稳之间的平衡。

在围填海影响底栖动物群落和渔业资源方面,国外开展的研究相对广泛和细致。Lu等<sup>[23]</sup>对新加坡Sungei河口海岸带进行系统调查发现,围填海对底栖动物及其群落结构都产生显著的破坏效应。在临近围填海区域,底栖动物科的数目和丰度显著降低;而远离围填海区域,则均显著增加。英国Kenny和Rees<sup>[24]</sup>发现由于挖掘破坏生境,导致底栖动物多样性、丰度和生物量均显著降低。美国Sanger和Holland<sup>[25]</sup>报道堤坝建设以及人类活动是导致溪流和邻近湿地生境退化的主要因素。西班牙Santander Bay由于大量的围填海,83%的海湾自然岸线已经消失,2/3潮间带面积被硬化,导致海湾内鱼类和贝类的资源量大幅降低<sup>[26]</sup>。日本西南部海域的Mishou湾,由于18世纪晚期到19世纪大规模的围填海活动,导致该海湾海流流速、底质粒径、有机质和表层硫含量都发生较大变化,河口三角洲系统功能降低<sup>[27]</sup>。荷兰围填海研究历史较长,开展的工作也较多,包括环境影响评估以及沿海填沙技术的风险分析<sup>[28-29]</sup>。

## 2.2 国内对围填海的研究

目前,沿海发达国家对围填海的开发和管理已进入有序、综合科学性管理和开发的第四阶段,而我国大多数的围填海仍处于第三阶段的初期,即科学界和政府职能部门已逐渐认识到围填海的得失<sup>[30]</sup>,开始研究围填海造成的系列环境和生态问题,并设计和实验各种生态修复措施。但由于围填海政策自身的不完善,政策的执行不力,以及各级地方受经济利益的驱使等原因,为数不少的围填海仍处于无序、缺乏科学管理的阶段。

新中国成立以来,围填海发展较快,不同年代围填海的面积和方式也不相同,至1998年全国累计围填海面积达到119.33 hm<sup>2</sup>,修建海堤9 783 km(文献<sup>[31]</sup>),期间先后经历4次大的围填海高潮。进入21世纪以来,我国正掀起新一轮大规模围填海热潮。渤海地区围填海造地面积28 167.44 hm<sup>2</sup>,占全国围填海造地总面积的12.66%(文献<sup>[32]</sup>)。其中,2002年

以后的围填海造地面积17 285.43 hm<sup>2</sup>,占2002年之后全国围填海造地总面积的30.35%。我国香港和澳门也经历4个阶段的围填海发展历程<sup>[33]</sup>。

与4次大规模围填海热潮和目前新一轮围填海的发展趋势相比,国内对围填海造成的系列环境和生态问题,以及生态损害的评估和补偿机制方面的研究还相对较少,且较为零散,缺乏系统性,难以为海岸带环境管理提供有效的科学技术支撑。在海洋底栖动物和渔业资源方面,袁兴中和陆健健<sup>[34]</sup>研究围垦对长江口南岸底栖动物群落结构及多样性的影响,发现围垦使底栖动物群落种类减少,种类组成发生变化,但丰度、生物量受潮滩类型和潮水的影响。高文斌等<sup>[35]</sup>总结辽宁省的围填海现状及渔业资源现状,并探讨两者间的关系。于定勇等<sup>[36]</sup>利用PSP(Pressure-State-Response)模型中压力、状态、响应相互作用的关系,分析围填海开发活动对海洋资源的影响,其中包括海洋渔业资源、浮游动物和底栖动物。国内关于围填海生态损害评估和补偿机制的研究主要集中在3个方面:一是围填海对海岸带生态系统服务功能损害评估,特别是对湿地生态系统的损害<sup>[37]</sup>;二是在评估围填海对环境影响的基础上,评估围填海所导致的生态损害价值<sup>[38]</sup>;三是综合评估围填海的生态损害及生态损害的货币价值,提出围填海控制的政策建议。如彭本荣等<sup>[39]</sup>建立围填海生态损害的评估模型并对厦门湾围填海生态损害进行评估,提出在生态损害补偿政策没有出台以前,应该将围填海生态损害纳入海域使用金,通过提高海域使用金征收标准来控制围填海活动。

## 3 目前存在问题及发展趋势

在围填海引起的底栖动物群落和渔业资源的影响方面,国内目前开展的工作多以定性描述和探讨为主,缺少有详实、动态数据支持的定量研究,特别是在生境质量、生物组成及时空分布的动态变化等方面,而且其具体的影响过程及机理研究也较为缺乏。国外虽然开展较多工作,但由于围填海规模、模式、海域环境和群落物种组成等方面均与我国存在差异,围填海对底栖动物群落和渔业资源的影响也不尽相同,研究结果可以借鉴但不能照搬。围填海后底栖动物群落长周期演替过程的研究开展较少,包括演替初步完成所需的时间、与原群落组成的差异和新群落结构的稳定性。经济鱼类(如牙鲆、黑鲷)的幼体期对环境变化非常敏感,由围填海导致的悬浮物增加和沉积物淤积对幼鱼阶段的影响将累积扩大并影响成体鱼群资源量,但围填海对关键生物种群资源补充还缺乏系统

的现场和实验模拟数据。在构建围填海的生态影响评价指标体系时,针对底栖动物部分的指标层选择偏少,因此需要增加底栖动物指数内容,更明晰围填海引起的生物效应。

综上所述,围填海活动对海洋生态环境的影响日益加剧,而国内在这方面的研究尚未深入、全面。底栖动物作为重要的海洋生物资源,是生态健康的重要指标,但目前我国在围填海对底栖动物群落结构、演替、鱼卵仔鱼的影响,以及生物指数评价体系构建等方面开展的研究还较少。针对目前存在的问题,今后应开展围填海对海岸带底栖动物群落特征、生物多样性和演替的影响研究;其次,还需在室内模拟海水悬浮物浓度增加对经济鱼类鱼卵仔鱼发育过程的影响,进而探讨对种群补充的影响;最后通过构建生物指标评价体系以及筛选相关环境指示物种,分析围填海对底栖生态健康的影响。开展围填海及其对底栖生物资源的研究对于深入开展围填海对海岸带生态系统的影响、合理开发利用海洋生物资源和保护生物多样性、监测海洋环境的变化、维稳生态系统健康等都具有重要的理论和实践意义。

#### 参考文献:

[1] HALPERN B S, WALBRIDGE S, SELKOE K A, et al. A global map of human impact on marine ecosystems [J]. *Science*, 2008, 319 (5865): 948-952.

[2] SALA O E, CHAPIN F S III, ARMESTO J J, et al. Global biodiversity scenarios for the year 2100 [J]. *Science*, 2000, 287 (5459): 1770-1774.

[3] 唐启升. 中国专属经济区海洋生物资源与栖息环境 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.

TANG Q S. Marine Biological Resources and Habitats in China's Exclusive Economic Zone [M]. Beijing: Science Press, 2006.

[4] GRAY J S. Animal-sediment relationships [J]. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 1974, 12: 223-261.

[5] STARK J S, RIDDLE M J, SNAPE I, et al. Human impacts in Antarctic marine soft-sediment assemblages: Correlations between multivariate biological patterns and environmental variables at Casey Station [J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2003, 56(3/4): 717-734.

[6] PEARSON T H, ROSENBERG R. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment [J]. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 1978, 16: 229-311.

[7] DAUER D M. Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure [J].

*Marine Pollution Bulletin*, 1993, 26(5): 249-257.

[8] 蔡立哲, 马丽, 高阳, 等. 海洋底栖动物多样性指数污染程度评价标准的分析 [J]. *厦门大学学报: 自然科学版*, 2002, 41(5): 641-646.

CAI L Z, MA L, GAO Y, et al. Analysis on assessing criterion for polluted situation using species diversity index of marine macrofauna [J]. *Journal of Xiamen University: Natural Science*, 2002, 41(5): 641-646.

[9] WASHBURN T, SANGER D. Land use effects on macrobenthic communities in southeastern United States tidal creeks [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2011, 180(1/2/3/4): 177-188.

[10] BORJA A, TUNBERG B G. Assessing benthic health in stressed subtropical estuaries, eastern Florida, USA using AMBI and M-AMBI [J]. *Ecological Indicators*, 2011, 11(2): 295-303.

[11] LI B Q, WANG Q C, LI B J. Assessing the benthic ecological status in the stressed coastal waters of Yantai, Yellow Sea, using AMBI and M-AMBI [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2013, 75(1/2): 53-61.

[12] 崔玉珩, 孙道元. 渤海湾排污区底栖动物调查初步报告 [J]. *海洋科学*, 1983, 7(3): 29-35.

CUI Y H, SUN D Y. A quantitative survey of the macrobenthos in the outfall area of the Bohai Bay [J]. *Marine Sciences*, 1983, 7(3): 29-35.

[13] 张志南, 图立红, 于子山. 黄河口及其邻近海域大型底栖动物的初步研究(一)生物量 [J]. *青岛海洋大学学报*, 1990, 20(1): 37-45.

ZHANG Z N, TU L H, YU Z S. Preliminary study on the macrofauna in the Huanghe River estuary and its adjacent waters (I) The biomass [J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1990, 20(1): 37-45.

[14] 胡颢琰, 黄备, 唐静亮, 等. 渤、黄海近岸海域底栖生物生态研究 [J]. *东海海洋*, 2000, 18(4): 39-46.

HU J Y, HUANG B, TANG J L, et al. Studies on benthic ecology in coastal waters of Bohai and Yellow Seas [J]. *Donghai Marine Science*, 2000, 18(4): 39-46.

[15] 于子山, 张志南, 韩洁. 渤海大型底栖动物次级生产力的初步研究 [J]. *青岛海洋大学学报*, 2001, 31(6): 867-871.

YU Z S, ZHANG Z N, HAN J. Primary study on secondary production of macrobenthos in Bohai sea [J]. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 2001, 31(6): 867-871.

[16] 李宝泉, 李新正, 王洪法, 等. 胶州湾大型底栖软体动物物种多样性研究 [J]. *生物多样性*, 2006, 14(2): 136-144.

LI B Q, LI X Z, WANG H F, et al. Species diversity of macrobenthic mollusk fauna in Jiaozhou Bay, Shandong

- [J]. *Biodiversity Science*, 2006, 4(2): 136-144.
- [17] 刘录三, 孟伟, 郑丙辉, 等. 辽东湾北部海域大型底栖动物研究: I. 种类组成与数量分布[J]. *环境科学研究*, 2008, 21(6): 118-123.  
LIU L S, MENG W, ZHENG B H, et al. Studies on macrobenthos in the northern waters of Liaodong Bay: I. Species composition and number distribution[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2008, 21(6): 118-123.
- [18] 李新正, 刘录三, 李宝泉, 等. 中国海洋大型底栖生物: 研究与实践[M]. 北京: 海洋出版社, 2010: 1-378.  
LI X Z, LIU L S, LI B Q, et al. *Macrobenthic Assemblages in China: Research and Practice* [M]. Beijing: China Ocean Press, 2010: 1-378.
- [19] 王全超, 韩庆喜, 李宝泉. 辽宁獐子岛马牙滩潮间带及近岸海区大型底栖动物群落特征[J]. *生物多样性*, 2013, 21(1): 11-18.  
WANG Q C, HAN Q X, LI B Q. Macrobenthic fauna in the intertidal and offshore areas of Zhangzi Island[J]. *Biodiversity Science*, 2013, 21(1): 11-18.
- [20] 蔡文倩, 刘录三, 乔飞, 等. 渤海湾大型底栖生物群落结构变化及原因探讨[J]. *环境科学*, 2012, 33(9): 3104-3109.  
CAI W Q, LIU L S, QIAO F, et al. Study on the changes of macrobenthos communities and their causes in Bohai Bay [J]. *Environmental Science*, 2012, 33(9): 3104-3109.
- [21] 王全超, 李宝泉. 烟台近海大型底栖动物群落特征[J]. *海洋与湖沼*, 2013, 44(6): 1667-1680.  
WANG Q C, LI B Q. Community structure of macrobenthos in coastal water off Yantai, East China [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2013, 44(6): 1667-1680.
- [22] 白雪梅, 徐兆礼. 底泥悬浮物对水生生物的影响[J]. *上海水产大学学报*, 2000, 9(1): 65-68.  
BAI X M, XU Z L. The effects of suspended sediment on aquatic organisms[J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2000, 9(1): 65-68.
- [23] LU L, GOH B P L, CHOU L M. Effects of coastal reclamation on riverine macrobenthic infauna (Sungei Punggol) in Singapore[J]. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, 2002, 9(2): 127-135.
- [24] KENNY A J, REES H L. The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: Early post-dredging recolonization[J]. *Marine Pollution Bulletin*, 1994, 28(7): 442-447.
- [25] SANGER D M, HOLLAND A F, HERNANDEZ D J. Evaluation of the impacts of dock structures and land use on tidal creek ecosystems in South Carolina estuarine environments [J]. *Environmental Management*, 2004, 33(3): 385-400.
- [26] CENDRERO A, DE TERÁN J R D, SALINAS J M. Environmental-economic evaluation of the filling and reclamation process in the Bay of Santander, Spain[J]. *Environmental Geology*, 1981, 3(6): 325-336.
- [27] AMANO A, IWAMOTO N, INOUE T, et al. Seafloor environmental changes resulting from nineteenth century reclamation in Mishou Bay, Bungo Channel, Southwest Japan[J]. *Environmental Geology*, 2006, 50(7): 989-999.
- [28] HOEKSEMA R J. Three stages in the history of land reclamation in the Netherlands [J]. *Irrigation and Drainage*, 2007, 56(S1): S113-S126.
- [29] DE MULDER E F J, VAN BRUCHEM A J, CLAESSEN F A M, et al. Environmental impact assessment on land reclamation projects in the Netherlands: A case history[J]. *Engineering Geology*, 1994, 37(1): 15-23.
- [30] 中国科学院学部. 我国围填海工程中的若干科学问题及对策建议[J]. *中国科学院院刊*, 2011, 26(2): 171-173, 141.  
Academic Divisions of Chinese Academy of Sciences. Scientific problems and suggestions in the process of reclamation in China[J]. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2011, 26(2): 171-173, 141.
- [31] 陈吉余. 中国围海工程[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2000.  
CHEN J Y. *Coastal Reclamation Works in China* [M]. Beijing: China Water and Power Press, 2000.
- [32] 戴桂林, 兰香. 基于海洋产业角度对围填海开发影响的理论分析——以环渤海地区为例[J]. *海洋开发与管理*, 2009, 26(7): 24-28.  
DAI G L, LAN X. Theoretical analysis on the influence of reclamation development from the perspective of marine industries: A case study of Bohai region[J]. *Ocean Development and Management*, 2009, 26(7): 24-28.
- [33] GLASER R, HABERZETTL P, WALSH R P D. Land reclamation in Singapore, Hong Kong and Macau[J]. *Geo Journal*, 1991, 24(4): 365-373.
- [34] 袁兴中, 陆健健. 围垦对长江口南岸底栖动物群落结构及多样性的影响[J]. *生态学报*, 2001, 21(10): 1642-1647.  
YUAN X Z, LU J J. Influence of diking on the benthic macro-invertebrate community structure and diversity in the south bank of the Changjiang Estuary[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(10): 1642-1647.
- [35] 高文斌, 刘修泽, 段有洋, 等. 围填海工程对辽宁省近海渔业资源的影响及对策[J]. *大连水产学院学报*, 2009, 24(S): 163-166.

