

长江口底栖动物功能群分布格局及其变化

袁兴中¹, 陆健健², 刘 红¹

(1. 重庆大学资源与环境科学学院, 重庆 400044; 2. 华东师范大学河口海岸国家重点实验室 上海, 200062)

摘要: 用功能群方法对长江口南岸潮滩底栖动物与河口环境梯度和生境变化的关系进行了研究。根据底栖动物的取食类型、运动能力和摄食机制进行了功能群的划分。共鉴别出 55 种底栖动物, 并将其划分为 15 种功能群类型, 均表现出沿长江口南岸河口梯度的逐渐变化的分布格局。底栖动物物种数和功能群类型数主要表现出与河口盐度梯度呈正相关的动物地理分布格局。沿着河口梯度, 不同的采样断面, 优势功能群不同。在河口下游, 功能群类型多样化, 各种食性类型、不同运动能力及各种摄食机制的功能群皆有; 而生境较单一的河口上游和受污染较严重的断面, 功能群类型较少。沿着河口梯度, 最显著的变化是固着生活和以触手摄食的功能群的迅速消失。底栖动物功能群多样性是对河口环境梯度和生境质量的综合反映。

关键词: 底栖动物; 功能群; 分布格局; 河口梯度; 长江口

Distribution Pattern and Variation in the Functional Groups of Zoobenthos in the Changjiang Estuary

YUAN Xing-Zhong¹, LU Jian-Jian², LIU Hong¹ (1. College of Resource and Environmental Science, Chongqing University, Chongqing 400044, China; 2. State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(12): 2054~2062.

Abstract: The study area is located at the south bank of the Changjiang estuary, China. In there, the changes of habitat conditions of the tidal flat wetland results in the differences of zoobenthic community structure and function along the estuarine gradients. In the study area we set seven transects, namely L (Liuhekou), G (Gaodong), H (Heqin), C (Chaoyang), B (Binghai), D5 (5th dike of Donghai) and D7 (7th dike of Donghai). It extends about 100 km from transect L which is in the upper reaches of estuary to transect D7 which is near the river mouth. Faunal samples consisted of 18 quadrats ($25 \times 25 \times 20 \text{ cm}^3$) at each transect. Samples were sieved through 1.0 mm stainless steel mesh. Macroinvertebrates founded were identified and counted.

Based on the data collected from samplings in the south bank of the Changjiang estuary, we have categorized functional groups according to three aspects such as feeding types, mobility and food gathering techniques, so that if and how the estuarine environmental gradients are reflected in the zoobenthos is analyzed. A total of 55 species were identified, these zoobenthos were categorized 15 functional groups, which forming cline distribution pattern along longitudinal gradients of the south bank of the Changjiang estuary. There were zoogeographical pattern of zoobenthic species and functional groups which positively correlates with salinity gradient in the south bank of the Changjiang estuary. From the upper reaches to the lower reaches of the estuary along the environmental gradient, the number of zoobenthic species and functional groups increase gradually. There were 9 species of zoobenthos and 6 functional groups in the

基金项目: 教育部重点资助项目(K0210); 重庆大学骨干教师基金资助项目

收稿日期: 2001-03-30; 修订日期: 2001-10-08

作者简介: 袁兴中(1963~), 男, 四川万源人, 博士, 副教授。主要从事环境生态和生态系统生态学研究。E-mail: xzyuan63

@yahoo.com.cn 万方数据

致谢: 在野外工作中得到孙成博士及叶属峰、陈满荣、刘存歧等同学的帮助和支持, 在此表示衷心的感谢!

tidal flat of estuarine upper reaches respectively, and 42 species and 15 functional groups in the tidal flat of lower reaches respectively. In addition, the distribution pattern of zoobenthic species and functional groups along the estuarine gradient related to the width of tidal flat, habitat heterogeneity and primary productivity. There was difference in the dominant functional groups in various transects along estuarine gradient. The complex functional communities is located in the lower reaches of estuary in which there were various functional groups with different feeding types, mobility and food gathering techniques. Moreover, there were functional poor assemblages in the upper reaches of estuary and transect which was greatly polluted. Along estuarine gradient remarkable change reflects in a loss of sessile and tentaculate organisms from areas beyond Binghai transect towards the inner estuary. Those sessile and tentaculate organisms are sensitive to environmental disturbance, so they reflect the seasonal fluctuation of natural environmental factors such as salinity in the upper reaches of the Changjiang estuary is greater than that of the lower reach and the upper reach of the Changjiang estuary is disturbed strongly by human activities.

This study suggests the basic zoobenthic community parameters were reflected in the composition and diversity of functional group. Condensing species diversity information into the analysis of the composition and diversity of functional group will helps to understanding the changes of ecological relationship underlying the complicate community changes which are reflected in a complex environmental gradients. Using the functional group-approach, it is evident that the gradual shift in species composition is also reflected in some key functions, such as feeding types and mobility. In the every sampling transect along the estuarine gradient, the pattern of change in the total number of functional groups represents an integration of the responses of the major community parameters.

Key words: zoobenthos; functional groups; distribution pattern; estuarine gradient; the Changjiang Estuary

文章编号:1000-0933(2002)12-2054-09 中图分类号:Q958 文献标识码:A

近年来,在研究生态系统的结构和功能时,生态学家越来越把注意力集中在对生物的非系统分类的分析上。群落生态学家正在试图把生物类群划分为具有共同功能特征(功能群)或利用相同资源基础(种团)的类群,他们以生态学而不是以纯粹的分类学标准为基础,这有助于在生态学研究简化群落内物种之间的关系,因此使得生态系统的复杂性在研究工作中减小^[1]。国际地圈-生物圈计划(IGBP)的核心项目“全球变化和陆地生态系统”研究(Global Change and Terrestrial Ecosystem, GCTE)采用了以生物本身的功能来划分分类群的概念,作为其运作计划的基本部分,并且指出可以通过把物种归并为有限的几个功能群来了解生态系统的基本动态^[2]。

把群落划分成具有共同功能特征的功能群是生态学研究简化群落结构和功能的较好分析方法,这些功能类群对环境变化的反应是各生物类群反应的综合表征^[3]。在反映生态系统变化的生物指标体系中,功能群能够提供群落对干扰反应的广泛和预测性的理解。这些类群对环境变化的反应比个体及种群的反应更为重要、综合性更强,因此,功能群反应可以作为推测生态系统健康受损时种群压力指标的基础^[4,5]。由于功能群的划分是以生态功能为基础,因此生态系统的任何变化,尤其是功能的损害,都会明显地反映在功能群的类型及其组成上。在决定生态过程方面,功能群组成及其多样性常常表现出更明显的作用^[6]。

国外学者对功能群方法在群落结构分析中的利用进行过一些研究。植物方面主要是根据生活型、根系深度、氮利用率等作为功能群划分的依据,对北极苔原、温带半干旱地区以及非洲的稀树草原进行了植物功能群的研究^[7~9]。在动物方面,功能群方法的利用使得对各大洲的潮间带和淡水无脊椎动物^[10,11]、植食性昆虫^[12]、爬行类^[13]等群落结构进行比较更为容易。Andersen 研究了蚂蚁功能群对生境干扰的响应并且将其作为植物多样性数据同阶段的指标^[5]。Posey 评价了功能群方法在软底沉积物群落分析中的应用^[14],他的研究主要集中于功能类群内部和功能群之间的相互作用。在对河口底栖动物群落分析方面,功能群方

法还没有得到广泛应用。

为了探索功能群这一方法在底栖动物群落变化分析中的应用,本文研究了沿长江口南岸潮滩的底栖动物功能群的分布格局及其变化。这一基础可以用来检验功能群方法在评价自然环境梯度及其变化对群落结构和功能的影响的应用价值。

1 研究区域

1.1 样地调查

本研究区域位于长江口南岸,从浏河口到东海 7 号堤,全长约 100km。本区域除了盐度梯度外,局部水动力、沉积条件也存在着差异。此区域多年平均潮差 2.40~3.20m,潮汐性质属非正规半日浅海潮,是长江口淡水和盐水的交汇带。本区域潮流进入滩涂流速较小,平均为 0.08~0.59m/s,滩地潮流含沙量平均为 1.45kg/m³。本区域为长江径流入海扩散和长江口南槽与杭州湾北岸两股水体涨潮分流、落潮合流共同作用下的潮滩地貌形态,潮滩地貌分带明显。在小潮高潮位附近出现海三棱草(*Scirpus mariqueter*),向上逐渐连成片状;小潮高潮位以下是光泥滩(藻类盐渍带);大潮高潮位以上分布有以芦苇(*Phragmites communis*)为主的植被。潮滩的高程愈高,泥沙颗粒愈细,分选性愈差。愈向河口下游,潮滩宽度愈大。近年来,本区域潮滩受人类围垦影响越来越大,尤其是在河口上游更为明显。此外,由于生活和工业排污,局部地段的潮滩已受到严重污染。

2 研究方法

2.1 样地调查

在长江口南岸设置 7 个采样断面(图 1)。每个断面分别在高、中、低潮带进行定量和定性相结合的调查,每个断面取 18 个样方。样方面积为 25cm×25cm×20cm。用铁锹挖取底质。底质用 1mm 孔目套筛进行淘洗,获取大型底栖动物标本。标本处理和分析均按《全国海岸带和滩涂资源综合调查简明规程》第七篇“岸带生物调查方法”进行。

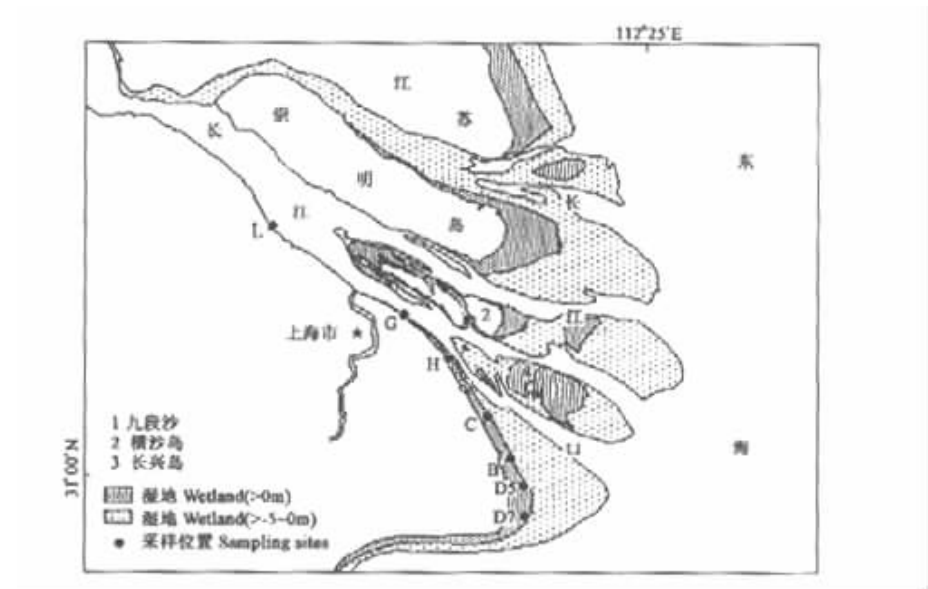


图 1 长江口南岸底栖动物采样断面分布图

Fig. 1 Transects of sampling zoobenthos in the south bank of the Changjiang estuary

(L: 浏河口; G: 高东; H: 合庆; C: 朝阳; B: 滨海; D5: 东海 6 堤; D7: 东海 7 堤)

2.2 功能群与开方数据

底栖动物功能群是具有相同生态功能的一组底栖动物物种。本研究考虑了 Pearson 和 Rosenberg 的框

架^[15],同时结合了 Fauchald 和 Jumars,以及 Erik Bonsdorff 的划分依据^[16,17],选择以下 3 个标准来进行河口底栖动物功能群的划分:(1)食性类型;(2)运动能力;(3)摄食方法。确定了 5 种主要的食性类型,即:食悬浮物者、表层碎屑取食者、掘穴取食碎屑者、肉食者和植食者。这些类群中的每一种可能属于 3 种不同运动能力中的一种,即:运动、半运动(在摄食点之间运动,但摄食时固着不动)、固着。这 3 种类型又根据摄食方法不同进行划分:用颚摄食、用触手摄食及除前述二者之外的其它摄食机制。于是,根据食性类型、运动能力和摄食方法进行所有类群的可能组合,在本研究中,所鉴别的各种底栖动物代表着 15 种不同的功能群(表 1)。

表 1 长江口南岸潮滩湿地底栖动物功能群的划分及其代表性物种

Table 1 Classification of zoobenthic functional groups of the tidal flat wetland and their representative species in the south bank of the Changjiang estuary

| 功能群 Functional group | 描述 Description (Trophic group mobility feeding apparatus) | 种类 Species |
|----------------------------|--|--|
| CMJ | 运动以颚食肉者 Jawed mobile carnivore | 脊尾白虾 <i>Exopalaemon arinicauda</i> |
| CMX | 运动食肉者 Mobile carnivore | 纽虫 <i>Nemertini</i> gen. sp. |
| CDJ | 半运动以颚食肉者 Jawed semi-mobile carnivore | 光背节鞭水虱 <i>Synidotea laevidorsalis</i> |
| FMJ | 运动以颚食悬浮物者 Jawed mobile suspensivore | 涟虫 <i>Bodotria</i> sp. |
| FMX | 运动食悬浮物者 Mobile suspensivore | 钩虾 <i>Gammarus</i> sp. |
| FDX | 半运动食悬浮物者 Semi-mobile suspensivore | 河蚬 <i>Corbicula fluminea</i> |
| FSX | 固着食悬浮物者 Sessile suspensivore | 泥藤壶 <i>Balanus uliginosus</i> |
| FST | 固着以触手食悬浮物者 Tentaculate sessile suspensivore | 水螅虫 <i>Hydrozoa</i> |
| SMJ | 运动表层以颚食碎屑者 Jawed mobile surface detritivore | 豆形拳蟹 <i>Philyra pisum</i> |
| SMX | 运动表层食碎屑者 Mobile surface detritivore | 霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> |
| SST | 固着表层以触手食碎屑者 Tentaculate sessile surface detritivore | 旋螺虫 <i>Spirobranchus</i> sp. |
| SDX | 半运动表层食碎屑者 Semi-mobile surface detritivore | 泥螺 <i>Bullacta exarata</i> |
| BMJ | 运动表层下以颚食碎屑者 Jawed mobile subsurface detritivore | 天津厚蟹 <i>Helice tridens tientsinensis</i> |
| BMX | 半运动表层下食碎屑者 Tentaculate semi-mobile subsurface detritivore | 丝异须虫 <i>Heteromastus filiformis</i> |
| HDX | 半运动植食者 Semi-mobile herbvore | 光滑狭口螺 <i>Stenothyra glabra</i> |

取食类型:F,食悬浮物者;S,表层碎屑取食者;B,掘穴食碎屑者;C,食肉者;H,植食者。运动能力:M,运动;D,半运动;S,固着。取食习性:J,以颚取食;T以触手取食;X,其它取食机制。功能群的代码由 3 个字母组成,依次是取食类型、运动程度和摄食方法。Feeding type: F, suspension feeder; S, surface detritivore; B, burrowing detritivore; C, carnivore; H, herbivore. Degree of mobility: M, mobile; D, semi-mobile; S, sessile. Food gathering technique: J, jawed; T, tentaculate; X, other mechanism. The functional-group code consists of three letters which, in order, refer to Feeding type, Degree of mobility, and Food gathering technique

3 结果与分析

3.1 沿河口梯度的物种组成及分布

调查中,在长江口南岸共获大型底栖无脊椎动物 55 种,隶属 4 门、9 纲、29 科(表 2)。其中,甲壳动物 25 种,占 45.45%;软体动物 13 种,占 23.64%;多毛类 12 种,占 21.85%;寡毛类 2 种,占 3.64%;其它 3 种,占 5.45%。分别对每个断面的底栖动物门类组成进行分析,发现与整个河口潮滩系统一样,均以软体动物和甲壳动物占优势(图 2)。

沿着长江口南岸的纵向空间梯度,底栖动物的种类数随着离河口距离的增加而发生变化,种类多样性最高处位于口门附近的东海 7 号堤(表 2)。在所调

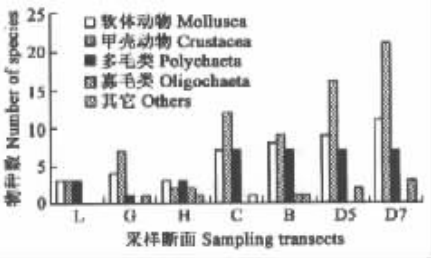


图 2 各采样断面底栖动物的门类组成

Fig. 2 Phylum composition of zoobenthos in each transect

查的 55 种底栖动物中,有 42 种栖息于口门附近,有 9 种发现于离口门约 100km、且在盐度很低的河口上游。仅有 4 种在所调查区域的全程皆有分布,即河蚬(*Corbicula fluminea*)、光滑狭口螺(*Stenothyra glabra*)、谭氏泥蟹(*Ilyrplax deschampsii*)和无齿相手蟹(*Sesarma dehaan*)。对每个断面的底栖动物种类组成进行分析,发现沿河口梯度每一门类动物的物种数多少的分布基本上呈现出与底栖动物总种数分布一致的格局,即在物种总数多的断面,每一门类动物所包含的物种数也多,尤其是软体动物和甲壳动物更为明显。

表 2 长江口南岸沿河口梯度环境因子及底栖动物种类数

Table 2 Environmental factors and species number of zoobenthos along the estuarine gradient in the south bank of the Changjiang estuary

| 采样断面 Transects | | 潮滩宽度(m) Width of tidal flat | 每断面物种数 Species per transect | 沿河口梯度的环境因子 Environmental factors along the estuarine gradient | | | |
|-------------------|------------|--------------------------------|--------------------------------|--|----------------------------|----------------------------|------|
| 位置 Location | 代号 Code | | | 盐度(‰) Salinity | 粒度(φ) Particle diameter | 有机质含量(%) Organic matter | pH |
| 浏河口 | L | 500 | 9 | 0.06 | 4.07 | 0.47 | 7.94 |
| 高东 | G | 800 | 13 | 0.09 | 4.14 | 0.42 | 7.56 |
| 合庆 | H | 1000 | 11 | 0.29 | 3.97 | 0.62 | 7.44 |
| 朝阳 | C | 3500 | 27 | 0.70 | 5.88 | 1.22 | 8.60 |
| 滨海 | B | 4000 | 26 | 1.70 | 5.00 | 1.04 | 8.30 |
| 东海 5 堤 | D5 | 5000 | 34 | 4.10 | 5.93 | 1.31 | 8.30 |
| 东海 7 堤 | D7 | 6000 | 42 | 5.40 | 5.96 | 0.72 | 8.48 |

3.2 沿河口梯度的密度和生物量

长江口南岸潮滩底栖动物的平均密度为 705.68 ind · m⁻²,平均生物量为 41.67g (湿重) · m⁻²。沿着长江口南岸的纵向空间梯度,底栖动物的密度变化较大,峰值出现在合庆(图 3),乃因合庆断面邻近排污口,较耐污染的寡毛类密度很高所致。从朝阳到东海 7 号堤,沿河口梯度,底栖动物密度呈递增趋势,表现出了与盐度梯度的一致关系。底栖动物生物量没有表现出明显的河口纵向空间梯度格局,其峰值出现在浏河口,主要是因为浏河口的河蚬密度很高,河蚬壳部的重量大地增加了底栖动物的生物量(图 3)。

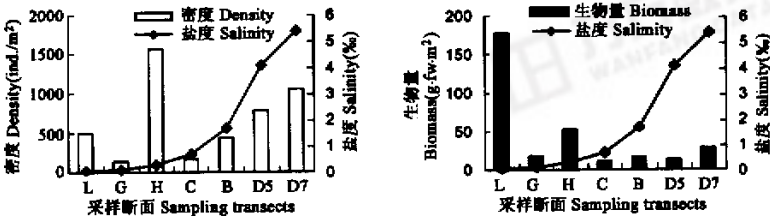


图 3 各采样断面底栖动物的密度和生物量与盐度的关系

Fig. 3 Relationship between density and biomass of zoobenthos with salinity in each transect

3.3 沿河口梯度功能群的分布格局及其变化

根据底栖动物功能群的划分标准,在长江口南岸,共划分出 15 种底栖动物功能群。其中摄食悬浮物的功能群有 5 类,以表层沉积物为食的功能群 5 类,掘穴摄食的功能群 2 类,肉食性功能群 3 类,植食性功能群 1 类(图 4)。

从东海 7 号堤到浏河口,功能群类型数的变化呈现出明显的河口梯度格局(图 5)。沿着河口纵向梯度,从东海 7 号堤的 15 种不同的功能群,逐渐减少到浏河口的 6 种功能群。有 3 种功能群类型在调查区域的全程都有分布,即 FSX、HDX 和 BMJ。有 2 种功能群仅分布于盐度较大的断面(东海 7 号堤),即 FSX 和 FST。

沿河口梯度,不同的采样断面优势功能群各有差别,反映了河口环境梯度和潮滩生境的变化。FDX 是浏河口断面的优势功能群,它们占该断面底栖动物密度和生物量的 56.25%和 87.16%。这一类群的密度在整个长江口南岸都较高,但从浏河口到东海 7 号堤,向着河口下游,生物量却急速下降。高东断面的优势功能群是 FDX 和 HDX,它们占密度和生物量的 36.91%和 43.26%。SMX 和 BMX 是合庆断面的优势功能群,它们占密度和生物量的 96.34%和 37.13%。HDX、BMJ 和 CMJ 是朝阳断面的优势功能群,它们占密度和生物量的 31.06%和 49.31%。滨海断面的优势功能群是 BMX 和 HDX,它们占密度和生物量的 46.52%和 52.39%。FMX、BMJ、SDX 和 HDX 是东海 5 号堤断面

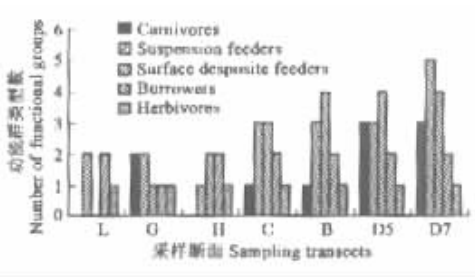


图 4 各采样断面以食性为基础的底栖动物功能群类型数

Fig. 4 Number of zoobenthic functional groups according to feeding type in each transect

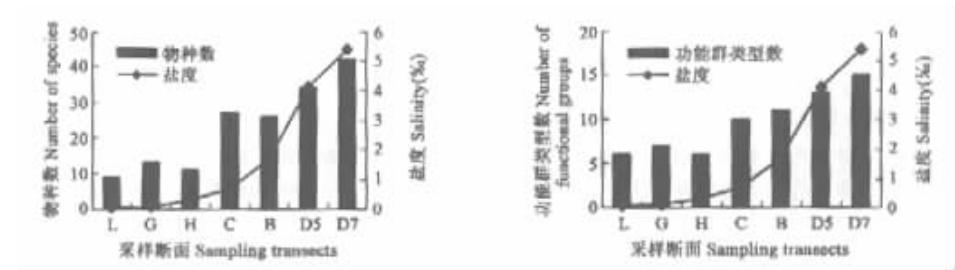


图 5 各采样断面底栖动物的物种数、功能群类型数与盐度的关系

Fig. 5 Relationship between the number of zoobenthic species and functional group with salinity in each transect

的优势功能群,它们占密度和生物量的 29.85%和 56.39%。东海 7 号堤断面的优势功能群是 FMX、BMJ、SDX 和 HDX,它们占密度和生物量的 23.56%和 48.02%。

在沿河口梯度的不同采样断面,每一功能群内所包含的物种数量也有明显差异。从长江口南岸都有分布的 3 种功能群 FDX、HDX 和 BMJ 来看,从东海 7 号堤到朝阳,FDX 各有 4 个物种,而合庆到浏河口,FDX 各含 1 个物种;东海 7 号堤的 HDX 包含 4 个物种,而浏河口的 HDX 仅有 2 个物种;东海 7 号堤的 BMJ 包含 6 个物种,而浏河口的 BMJ 仅有 3 个物种。进一步分析每一功能群的平均物种数量,发现从东海 7 号堤到浏河口,沿河口梯度到河口上游,每一功能群内的平均物种数量也下降(图 6)。功能群内的物种最大多样性出现在东海 7 号堤断面,每一功能群内平均物种数为 2.80;而浏河口断面每一功能群内的平均物种数最小,为 1.80。

沿着河口梯度,每一主要区域的功能群分布及其变化,可以看出这样的格局(图 7)。功能群类型最多多样化的当属东海 7 号堤断面,各种食性类型、不同运动能力及各种摄食机制的功能群皆有;而生境较单一的浏河口,功能群类型较少,缺乏食肉和摄食表层碎屑的功能群。沿着河口梯度,最显著的变化是固着生活和以触手摄食的功能群的迅速消失。FSX(如泥藤壶 *Balanus uliginosus*、近江牡蛎 *Crassostrea rivularis*)、FST(如旋鳃虫 *Spirobranchus* sp.)从滨海往河口上游就消失了。

4 讨论 万方数据

4.1 河口环境因子对群落组成及功能群的影响

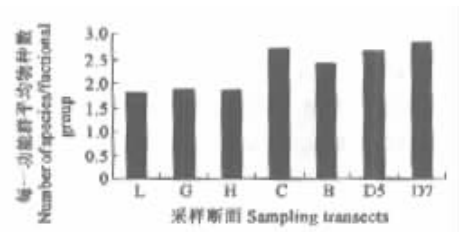


图 6 各采样断面底栖动物平均每个功能群的物种数

Fig. 6 The mean number of zoobenthic species found within each functional group in each transect

国外研究表明,大的地理尺度的物种分布与温度有关,如不同温度带的河口底栖动物物种数会有明显的差异。而一个河口内较大尺度(通常指河口尺度^[18], 10~100km)的底栖动物物种分布则主要取决于河口自然生境的性质,如盐度、沉积物类型和深度^[19],等等。Montagna 等研究了德克萨斯 Nueces 湾的沉积物组成、盐度梯度与底栖动物的关系,发现高盐度区域,大型底栖动物的密度更高,物种多样性与盐度呈正相关^[20];大型底栖动物生物量和多样性与底质盐度、孔穴水盐度亦正相关。

对沿长江口河口梯度的底栖动物物种数与盐度、沉积物粒度、有机质含量、pH 值等进行回归分析,发现沿河口梯度底栖动物物种数与盐度的相关性最好($r=0.92, P<0.01, n=126$)。表明盐度梯度是决定长江口河口系统大尺度生境底栖动物分布格局的主导因子,河口底栖动物的分布趋势是随着盐度的增高而增多。底栖动物的物种数随着从海水上升流进入低盐度水域而典型地减少,这是河口底栖动物分布的一个生态规律。盐度对底栖动物的影响是由生物本身的生态特性所决定,即一定生态类型的物种对盐度具有一定的适应范围。大型底栖动物群落的物种组成和分布也是各个物种对沉积物特征、潮间带位置等因子的综合反应。

本研究表明,从浏河口到东海 7 号堤,底栖动物物种数和个体密度沿着河口梯度从上游到下游呈升高的趋势,底栖动物群落表现出明显的与河口盐度梯度有关的动物地理格局,但是底栖动物的生物量并没有表现出明显的变化。与物种数分布格局相应,本研究也表明了功能群分布与盐度梯度呈正相关($r=0.94, P<0.01, n=126$)。沿着河口梯度,从河口上游到下游,功能群类型数逐渐增加,每一功能群内的平均物种数也逐渐增加。

4.2 功能群沿河口梯度变化的原因

底栖动物功能群多样性是对河口环境梯度和生境质量的综合反映。从浏河口到东海 7 号堤,一方面,盐度逐渐升高;另一方面,潮滩宽度增大(表 2),浏河口的潮滩宽度仅有 500~600m,而东海 7 号堤的潮滩宽度达到了 6000~7000m。潮滩宽度的增大,使得潮间带底栖动物的栖息空间增加。由于潮滩海三棱 草带宽度的迅速增加(浏河口仅局部地段残存小块海三棱 草,而东海 7 号堤的海三棱 草带则可达 2000~3000m 宽),生境趋于多样化和复杂化,加上初级生产量的增加,使得潮滩生态系统食物网结构复杂化,功能群类型多样化。因而,表现出从浏河口到东海 7 号堤断面,沿着河口梯度,底栖动物功能群类型逐渐增加的趋势。但是,这一分布格局也受到了生境遭人为干扰的影响,主要表现在合庆断面,临近排污口,滩面污染较为严重,其功能群类型仅有 6 种。

沿着河口纵向梯度,每一功能群内的平均物种数量从外部区域向河口上游降低。这些低的功能群多样性强调河口上游潮滩断面底栖动物区系的衰弱状况,认为河口上游较大的物理障碍及人类干扰是降低底栖动物多样性的最直接原因。

各采样断面的优势功能群也较好地反映了各自的生境特点。浏河口以 FDX 占优势,组成 FDX 的主要物种是河蚬,属于淡水种,这与该处的沉积物盐度较低有关。SMX 和 BMX 是合庆断面的优势功能群,组成 SMX 的主要物种是霍甫水丝蚓(*Limnodrilus hoffmeisteri*)和带丝蚓(*Lumbriculus* sp.),组成 BMX 的主要物种是小头虫(*Capitella capitata*),这些都是典型的污染指示种,表明这一断面已受到较严重的环境污染。

为什么万安沙的上游,缺乏固着和以触手摄食的功能群? 对于这种现象,目前尚无明确的答案。初步认为,导致这种现象的一个非常重要的原因可能是环境因子波动的影响,具触手的动物运动缓慢或者

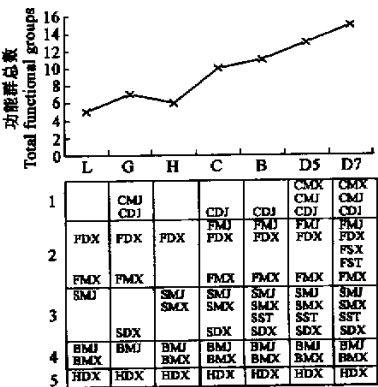


图 7 各采样断面底栖动物功能群分布的变化
Fig. 7 The change of distribution of the zobenthic functional groups found in each transect

固着生活,它们难以存活在环境因子波动较大的地方。河口上游比之于河口下游,自然环境因子(如盐度、溶氧等)的季节性波动较大,而且长江口上游人类干扰强度很大。这些功能群类型都是对环境干扰非常敏感的类群。而那些运动能力强的功能群类型,在环境干扰的胁迫下,可以从生境衰退的区域迁移出去,并且当环境条件改善后又能返回利用新的沉积物资源^[21]。而具触手的动物运动缓慢或者固着生活,它们不能存活在这样的条件下。此外,在河口上游,缺乏食肉和取食表层碎屑的动物,说明了营养源的减少以及食物链的简单化。

4.3 功能群方法在底栖动物群落变化评价中的应用

在长江口南岸,沿河口环境梯度产生了从盐度较高的口门附近的断面到寡盐性的河口上游,潮滩底栖动物区系的纵向梯度变化。只有很少几个常见物种在全部河口梯度都存在,故难以对这些区域的底栖动物群落进行直接比较。功能群方法的应用表明,功能群类型及各功能群物种组成的逐渐变化是对一些关键功能的反应,如摄食模式和运动能力;功能群总数量的变化格局代表了对主要群落参数的综合反映。因此,底栖动物功能特征的应用不仅提供了对群落关键参数的全面认识,而且促进了对生态系统过程的深入了解。

功能群分析也说明了环境异质性的重要性^[22],与河口上游潮滩区域较低的生境复杂性所导致的功能下降相比,从口门附近的潮滩到河口上游潮滩,功能群类型数的梯度减少也出现了不规则之处,原因是局部水动力、沉积物特征的变化,以及环境的人为干扰。本研究表明,在长江口南岸,基本的群落参数(如种类丰度格局)反映在了群落的功能组成中,把物种多样性浓缩进功能群组成中,有助于鉴别存在于复杂的群落变化下的生态学关系,复杂的群落变化又被记录在了复杂的环境梯度中。

需要指出的是,应用功能群方法的基础在于对底栖动物生物学知识的深入了解,并与功能生物多样性联系起来。Lamont 强调指出,为了达到对生物群落及其多样性的深入认识,需要了解结构(如物种组成)和功能之间的联系^[23]。本研究仅仅是对功能群的初步探索,着重在对河口底栖动物功能群的基础性分析。现有的功能群类型的划分还没有包括繁殖对策和生活史对策等功能特征,这也是底栖动物功能群研究的进一步发展方向。尽管如此,对于河口软底质底栖动物群落结构和功能模型构建来讲,功能群方法仍是一个较好的选择^[24]。

参考文献

- [1] Terborg J & Robinson S. Guilds and their utility in ecology. In: Kikkawa J and Anderson D J, eds. *Community ecology: pattern and processes*. Melbourne: Blackwell Scientific Publications, 1986, 65~99.
- [2] Steffen W L, Walker B H, Ingram J S I, et al. eds. *Global Change and Terrestrial Ecosystem: The Operational Plan*. Stockholm: IGBP and ICSU, 1992.
- [3] Begon M, Harper J L & Townsend C R. *Ecology: Individuals, Populations and Communities*. Oxford: Blackwell Science, 1996.
- [4] Jones J, Rowlett S M, Rens H L & Portman J E. Marine pollution monitoring group: Fifth report of the group coordinating sea disposal monitoring. *Aquat. Environ. Monit. Rep. Direct. Fish. Res. Lowestoft*, 1993, **39**: 1~42.
- [5] Andersen A N. A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. *Journal of Biogeography*, 1995, **22**: 15~29.
- [6] Tilman D, Knops J, Wedin D, et al. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*, 1997, **277**: 1300~1302.
- [7] Shaver G R, Giblin A E, Nadelhoffer K J, et al. Plant functional types and ecosystem change in arctic tundras. In: Smith T M, Shugart H H & Woodward F I, eds. *Plant Functional Types. Their relevance to Ecosystem Properties and Global Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 153~173.
- [8] Sala O E, Lauenroth W K and Golluscio R A. Plant functional types in temperate semi-arid regions. In: Smith T M, Shugart H H & Woodward F I, eds. *Plant Functional Types. Their relevance to Ecosystem Properties and Global Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 217~233.

[9] Scholes R J, Pickett G, Ellery W N, *et al.* Plant functional types in African savannas and grasslands. In: Smith T M, Shugart H H & Woodward F I, eds. *Plant Functional Types. Their relevance to Ecosystem Properties and Global Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 255~270.

[10] Underwood A J & Fairweather P G. Intertidal communities: do they have different ecologies or different ecologists? *Proc. Ecol. Soc. Aust.*, 1985, **14**: 7~16.

[11] Timms B V. The structure of macrobenthic communities of Australian lakes. *Proc. Ecol. Soc. Aust.*, 1985, **14**: 51~59.

[12] Moran V C & Southwood T R E. The guild composition of arthropod communities in trees. *J. Anim. Ecol.*, 1982, **51**: 289~306.

[13] Pianka E R. Ecology and natural history of desert lizards. New Jersey: Princeton University Press, 1986.

[14] Posey M H. Functional approaches to soft-substrate communities; How useful are they? *Aquat. Sci.*, 1990, **2**: 343~356.

[15] Pearson T H & Rosenberg R. Feast and famine: Structuring factors in marine benthic communities In: Gee J H R & Giller P S, eds. *Organization of Communities Past and Present*. Oxford: Blackwell science, 1987. 373~395.

[16] Fauchald K & Jumars P A. The diet of worms: A study of Polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 1979, **17**: 193~284.

[17] Bonsdorff E, Norkko A & Sandberg E. Structuring zoobenthos: the importance of predation, cropping and physical disturbance. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 1995, **192**: 125~144.

[18] Constable A J. Ecology of benthic macro-invertebrates in soft-sediment environments: A review of progress towards quantitative models and predictions. *Australian Journal of Ecology*, 1999, **24**: 452~476.

[19] Engle V D & Summers J K. Latitudinal gradients in benthic community composition in Western Atlantic estuaries. *Journal of Biogeography*, 1999, **26**: 1007~1023.

[20] Montagna P A & Kallke R D. Ecology of infaunal Mollusca in south Texas estuaries. *American Malacological Bulletin*, 1995, **11**: 163~175.

[21] Norkko A & Bonsdorff E. Population responses of coastal zoobenthos to stress induced by drifting algal mats. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 1996, **140**: 141~150.

[22] Barry J P & Dayton P K. Physical heterogeneity and the organization of marine communities. In: Kolasa J & Pickett S T A, eds. *Ecological Heterogeneity*. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 270~319.

[23] Lamont B B. Testing the effect of ecosystem composition/structure on its functioning. *Oikos*, 1995, **74**: 283~295.

[24] Josefson A B. Distribution of diversity and functional groups of marine benthic infauna in the Skagerrak (eastern North Sea)——Can larval availability affect diversity? *Sarsia*, 1985, **70**: 229~249.