

珠江口大型底栖生物群落生态特征

张敬怀*, 高阳, 方宏达, 徐志斌

(国家海洋局南海环境监测中心, 广东广州 510300)

摘要: 2006年夏季和冬季分别对珠江口附近海域进行了大型底栖生物调查。调查共鉴定出大型底栖生物245种, 多毛类最多(140种)。其中夏季共获大型底栖生物153种, 多毛类最多(91种); 冬季共获大型底栖生物157种, 多毛类最多(93种)。夏冬季调查都有出现的生物种类65种。夏季珠江口大型底栖生物平均生物量为 14.313 g/m^2 , 平均丰度为 205.3 ind/m^2 。冬季珠江口大型底栖生物平均生物量为 13.077 g/m^2 , 平均丰度为 168.8 ind/m^2 。大型底栖生物种类数、生物量和丰度均呈现由河口内向外海增加的趋势。根据Bray-Curtis相似性系数矩阵数据对调查区域的大型底栖生物群落做了聚类(CLUSTER)和多维排序尺度(MDS)分析。结果显示, 夏季可以划分为3类生物群落, 冬季可以划分为5类生物群落。群落生物多样性分析结果显示, 夏季珠江口北部和中部比南部生物多样性低; 冬季珠江口北部生物多样性最低。利用丰度生物量比较曲线分析了大型底栖生物群落受干扰程度。结果表明, 夏季大型底栖生物群落未受到干扰; 冬季珠江口最北部生物群落I处于中等干扰程度, 其它生物群落未受干扰或受轻微干扰。海区大型底栖生物分布受珠江冲淡水的影响较为明显。

关键词: 珠江口; 大型底栖生物; 群落; 生态学

文章编号: 1000-0933(2009)06-2989-11 中图分类号: Q145, Q178 文献标识码: A

Ecological characteristics of macrobenthic communities in Pearl River Estuary

ZHANG Jing-Huai*, GAO Yang, FANG Hong-Da, XU Zhi-Bin

South China Sea Environmental Monitoring Center, State Oceanic Administration, Guangzhou 510300, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(6): 2989 ~ 2999.

Abstract: Macrofauna communities were investigated in Pearl River Estuary in summer and winter 2006. A total of 245 species of macrofauna were identified in the two cruises (153 species in summer, 157 species in winter), belonging to fish, Echinodermata, Crustacea, Nemertea, Mollusca, Annelida (Polychaeta and Oligochaeta), Coelentera, Plathelminthes, Sipuncula and Echiura. Polychaeta had the highest species number which included 140 species in the two cruises, with 91 species in summer and 93 species in winter, respectively. *Apionsoma trichocephala*, *Parheteromastus* sp., *Notomastus latericeus*, *Cossurella dimorpha*, *Magelona* sp., *Sternaspis scutata*, *Aglaophamus jeffreysii*, *Paraprionspio pinnata*, *Prionospio queenslandica* and *Amphioplus laevis* are the main dominant species in the investigated area of Pearl River Estuary. *Apionsoma trichocephala* was the most abundant species, distributing over the south and central area of Pearl River Estuary. The average biomass and abundance of total macrofauna were 14.313 g/m^2 and 205.3 ind/m^2 in summer, and 13.077 g/m^2 and 168.8 ind/m^2 in winter, respectively. Species number, biomass and abundance increased from inside Pearl River estuary to the open sea. CLUSTER analysis and multi-dimentional scaling (MDS) analysis indicated that macrobenthic communities were divided into three communities in summer, and five in winter. The biodiversity was the lowest in north of Pearl River Estuary in summer and winter. ABC (Abundance/biomass comparison curve) method was used to determine the levels of disturbance that macrobenthic communities were under. Macrofauna communities were undisturbed in summer. The north stations of macrobenthic community I were under moderately disturbance in winter while

基金项目: 我国近海海洋生物与生态调查研究资助项目(908-ZC-I-02); 国家海洋局近岸海域生态环境重点实验室资助项目(200509)

收稿日期: 2008-03-26; 修订日期: 2008-11-03

致谢: 感谢蔡立哲教授和刘晓收博士对本文写作的帮助。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangjinghuai@sohu.com

other communities in winter were undisturbed. Pearl River freshwater input was the most important factor to influence the distribution of macrobenthic communities. Correlation analysis showed that salinity and macrobenthic species number and biodiversity index (H' , J' and D) were significantly positively correlated in summer and winter.

Key Words: Pearl River Estuary; macrobenthos; community; ecology

珠江口区域是中国最发达的经济区域之一,同时珠江口也是进出珠三角的重要航运通道。随着工农业的快速发展,大量的有害物质从珠江口排入大海,可能对珠江口生态环境产生较大的危害。另外,珠江口又是中国南海区重要的渔场,是国家一级保护动物中华白海豚的重要栖息地。珠江口生态环境问题是国内外关注热点问题,国内外学者已对该海区进行了一系列调查研究^[1-8]。

大型底栖生物是海洋生物的重要组成部分,对海洋生态环境物质循环及能量流动有着重要作用。大型底栖生物运动能力较弱、地域性强,回避污染的能力差,对于环境污染具有较好的指示作用。关于珠江口大型底栖生物研究,近几年也开展了一些工作。蔡立哲、厉红梅等对深圳湾和深圳河口附近底栖生物进行了研究^[2-4],分析了深圳湾附近海域底栖生物特征及污染影响状况。黄洪辉、林燕棠等2002年对珠江口虎门到内伶仃附近水域的底栖动物进行了研究报道^[6],分析了底栖动物的种类组成与数量分布,但该研究区域相对较小。本文对珠江口夏冬季大型底栖生物群落生态学特征进行了分析研究。

1 研究方法

2006年夏季和冬季分别对珠江口附近海域进行了大型底栖生物调查,共布设29个调查站(图1),每个站用0.1m²的表层采泥器重复取样两次(以两次成功采样为准)。用孔径为0.5mm网筛冲洗去泥,所获生物样品用5%的福尔马林固定,具体操作按《海洋监测规范》(GB 17378.7-1998)第七部分:近海污染生态调查和生物监测处理。

大型底栖生物群落划分采用Bray-Curtis相似性系数聚类分析(CLUSTER)和多维排序尺度(MDS)分析相结合的方法^[9-12]。聚类分析和多维排序尺度分析均在种类丰度数据进行平方根转换以后进行,利用PRIMER统计软件实现。大型底栖生物群落受干扰(污染)程度分析采用丰度生物量比较曲线法^[13,14]。

群落生物多样性采用香农-威纳指数(Shannon-Wiener)(H')、种类均匀度指数(J')和种类丰富度指数(D)分析。计算公式: $H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2(p_i)$, $J' = H'/\log_2 S$, $D = (S-1)/\log_2 N$ 。式中: p_i 为测站第*i*种的丰度与样品丰度的比值,*S*为测站中的样品的总种类数,*N*为样品的总丰度。

2 结果

2.1 大型底栖生物种类组成

珠江口夏季和冬季大型底栖生物种类组成见表1。两次调查共鉴定出大型底栖生物10大门类(鱼类、棘皮动物、甲壳动物、纽形动物、软体动物、环节动物(包括多毛类和寡毛类)、腔肠动物、扁形动物、星虫动物和螠虫动物)245种,多毛类种类最多(140种),约占总种数的57.1%。夏冬季都出现的生物种类有65种(占总种数的26.5%),其中多毛类有44种,不同季节物种组成变化较大。

夏季共获大型底栖生物8大门类(鱼类、棘皮动物、甲壳动物、纽形动物、软体动物、环节动物(包括多毛类和寡毛类)、扁形动物和星虫动物)153种,多毛类种类最多(91种),约占总种数的59.5%。珠江口北部生物种类相对较少,生物种类自河口内向外海增多。

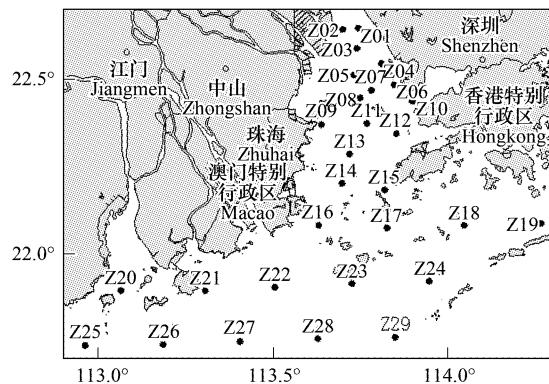


图1 采样站位示意图

Fig. 1 Sketch map of sampling stations

表1 珠江口大型底栖生物种类组成(夏季/冬季)

Table 1 The species composition of macrobenthos in Pearl River Estuary (Summer /Winter)

| 种类 Species | 夏季 Summer | 冬季 Winter | 夏冬季合计 Summer and Winter | 共有种 Common Species |
|--------------------|-----------|-----------|-------------------------|--------------------|
| 鱼类 Fish | 8 | 6 | 11 | 3 |
| 棘皮动物 Echinodermata | 4 | 15 | 17 | 2 |
| 甲壳动物 Crustacea | 28 | 26 | 45 | 9 |
| 软体动物 Mollusca | 18 | 7 | 22 | 3 |
| 多毛类 Polychaeta | 91 | 93 | 140 | 44 |
| 其它类 Other groups | 12 | 16 | 21 | 7 |
| 合计 Total | 153 | 157 | 245 | 65 |

冬季共获大型底栖生物 10 大门类(鱼类、棘皮动物、甲壳动物、纽形动物、软体动物、环节动物(包括多毛类和寡毛类)、腔肠动物、扁形动物、星虫动物和螠虫动物)157 种,多毛类种类最多(93 种),约占总种数的 59.2%。冬季珠江口北部生物种类较少,珠江口外东南部海域生物种类也较少,西南部海域生物种类较多,与夏季调查结果不同。

2.2 优势种、主要种和经济种

珠江口大型底栖生物的优势种、主要种和经济种见表 2,主要优势种分布见图 2。

夏季毛头梨体星虫(*Apionsoma trichocephala*)为调查海区第一优势种,主要出现在珠江口的中部和南部,丰度及出现频率均最高。异毛螠虫(*Parheteromastus* sp.)分布范围较广,主要出现在珠江口的北部和中部,对中部总丰度的影响较大。背螠虫(*Notomastus latericeus*)主要出现在珠江口的南部。双形拟单指虫(*Cossurella dimorpha*)主要出现在珠江口的西南部,在该区域出现频率较高。长手沙蚕(*Magelona* sp.)在海区的分布范围较广,对珠江口最北部总丰度影响较大。不倒翁虫(*Sternaspis scutata*)主要出现在珠江口的中部和西南部,在该区域出现频率较高。杰氏内卷齿蚕(*Aglaophamus jeffreysii*)分布范围较广,主要出现在珠江口的中部和南部。奇异稚齿虫(*Paraprionspio pinnata*)主要出现在珠江口的中部和南部。昆士兰稚齿虫(*Prionospio queenslandica*)主要出现在珠江口的中部和南部。光滑倍棘蛇尾(*Amphioplus laevis*)主要出现在珠江口南部海区,出现频率较高。

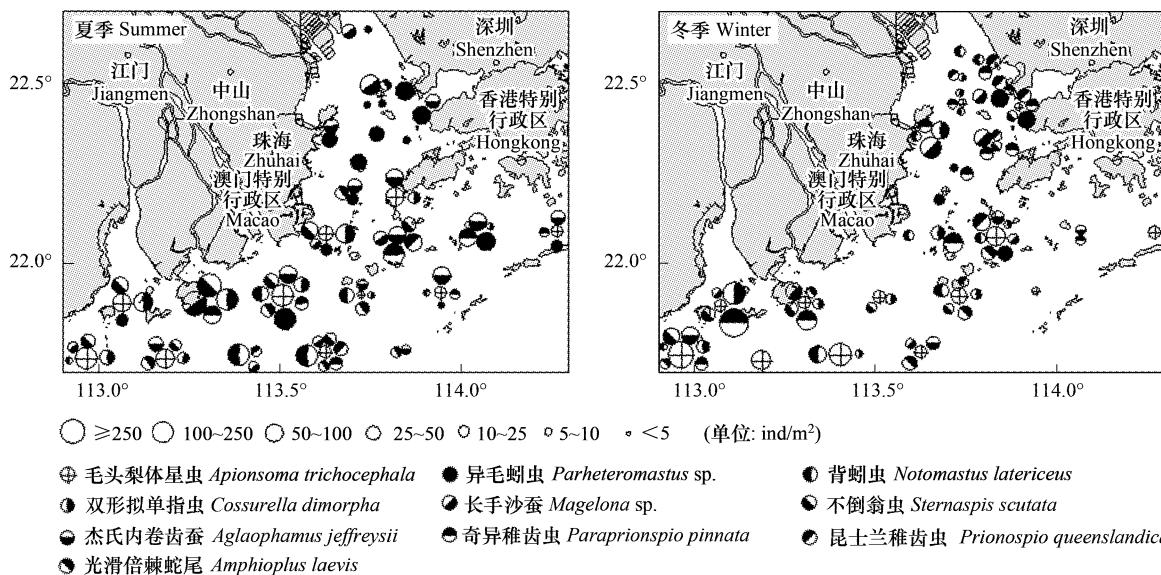


图2 珠江口大型底栖生物主要优势种分布(夏季/冬季)

Fig. 2 Distribution of main dominant species of macrobenthos in Pearl River Estuary (Summer /Winter)

表 2 珠江口优势种、主要种和经济种(夏季/冬季)

Table 2 Dominant species, main species and economy species in Pearl River Estuary (Summer/Winter)

| 种名 Name | 夏季 Summer | 冬季 Winter | 种名 Name | 夏季 Summer | 冬季 Winter |
|----------------------------------------------|--------------|--------------|------------------------------------------|--------------|--------------|
| (麦氏)犀鳕 <i>Bregmaceros maccolellandi</i> | + | + | 杰氏内卷齿蚕 <i>Aglaophamus jeffreysii</i> | * | * |
| 孔鰓虎魚 <i>Trypauchen vagina</i> | + | + | 长叶索沙蚕 <i>Lumbrineris longiforlia</i> | * | * |
| 红狼牙鰩虎魚 <i>Odontamblyopus rubicundus</i> | + | + | 拟特须虫 <i>Paralacydonia paradoxa</i> | * | * |
| 白氏文昌魚 <i>Branchiostoma belcheri belcheri</i> | + | - | 伪才女虫 <i>Pseudopolydora</i> sp. | * | - |
| 光滑倍棘蛇尾 <i>Amphioplus laevis</i> | * | * | 双形拟单指虫 <i>Cossurella dimorpha</i> | * | * |
| 伪指刺蟠参 <i>Protankyra pseudo-digitata</i> | * | * | 后指虫 <i>Laonice cirrata</i> | * | * |
| 海地瓜 <i>Acaudina molpadoides</i> | - | + | 奇异稚齿虫 <i>Parapriionospio pinnata</i> | * | * |
| 模糊新短眼蟹 <i>Neoxenopthalmus obscurus</i> | * | * | 昆士兰稚齿虫 <i>Prionospio queenslandica</i> | * | * |
| 沟纹拟盲蟹 <i>Typhlocarcinops canaliculata</i> | + | + | 花冈钩毛虫 <i>Sigambra hamaokai</i> | * | * |
| 刺足掘沙蟹 <i>Scalopidina spinosipes</i> | * | * | 巴氏钩毛虫 <i>Sigambra bassi</i> | - | * |
| 无刺口虾蛄 <i>Oratosquilla inornata</i> | + | - | 太平洋白毛虫 <i>Pilargis verrucosa pacific</i> | * | - |
| 拉氏绿虾蛄 <i>Clorida latreillei</i> | + | - | 独毛虫 <i>Tharyx</i> sp. | * | * |
| 日本美人虾 <i>Callianassa japonica</i> | * | * | 红刺尖锥虫 <i>Scoloplos rubra</i> | * | * |
| 鲜明鼓虾 <i>Alpheus distinguendus</i> | * | * | 独指虫 <i>Aricidea</i> sp. | * | - |
| 鼓虾 <i>Alpheus</i> sp. | * | * | 长手沙蚕 <i>Magelona</i> sp. | * | * |
| 联珠蚶 <i>Mabellarca consociata</i> | - | + | 不倒翁虫 <i>Sternaspis scutata</i> | * | * |
| 光滑河蓝蛤 <i>Potamocorbula laevis</i> | * | - | 角海蠋 <i>Ophelina acuminata</i> | * | * |
| 红带织纹螺 <i>Nassarius succinctus</i> | + | + | 丝异须虫 <i>Heteromastus filiformis</i> | * | * |
| 方格吻沙蚕 <i>Glycera tesselata</i> | * | * | 异毛蚓虫 <i>Parheteromastus</i> sp. | * | * |
| 中锐吻沙蚕 <i>Glycera rouxii</i> | * | * | 背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i> | * | * |
| 寡节甘吻沙蚕 <i>Glycinde gurianovae</i> | * | * | 梳鳃虫 <i>Terebellides stroemii</i> | * | * |
| 寡鳃卷吻沙蚕 <i>Nephtys oligobranchia</i> | - | * | 付栉虫 <i>Paramphicteis angustifolia</i> | * | * |
| 中华内卷齿蚕 <i>Aglaophamus sinensis</i> | - | * | 刺缨虫 <i>Potamilla</i> sp. | * | - |
| 东方内卷齿蚕 <i>Aglaophamus orientalis</i> | * | * | 温哥华真旋虫 <i>Eudistylia vancouveri</i> | * | - |
| 双鳃内卷齿蚕 <i>Aglaophamus dibranchis</i> | - | * | 毛头梨体星虫 <i>Apionsoma trichocephala</i> | * | * |

“*”优势种、主要种 Dominant species, main species, “+”经济种 economy species, “-”未出现 undetected

冬季毛头梨体星虫也为调查海区第一优势种, 主要出现在调查海区的中部和南部, 丰度及出现频率均最高。异毛蚓虫主要出现在珠江口的中部。背蚓虫分布范围较广, 在珠江口内外均有分布。双形拟单指虫主要出现在珠江口外的西南部, 在该区域出现频率较高。长手沙蚕在海区的分布范围较广, 主要出现在珠江口的中部。不倒翁虫主要出现在珠江口西南部和中部偏东的海区。杰氏内卷齿蚕主要出现在珠江口的南部。奇异稚齿虫在珠江口的分布范围较广, 出现频率较高。昆士兰稚齿虫主要出现在珠江口的中部偏东的调查海区。光滑倍棘蛇尾主要出现在珠江口南部海域。

2.3 大型底栖生物生物量组成及分布

夏季珠江口大型底栖生物平均生物量为 14.313 g/m^2 。棘皮动物平均生物量最高, 为 3.833 g/m^2 。甲壳动物次之, 平均生物量为 3.831 g/m^2 。多毛类平均生物量为 2.773 g/m^2 。软体动物平均生物量为 1.676 g/m^2 。鱼类平均生物量为 1.903 g/m^2 。其它类生物(扁形动物、纽形动物、星虫动物和寡毛类生物等)平均生物量为 2.200 g/m^2 。夏季珠江口大型底栖生物生物量平面分布不均匀(图 3)。生物量最低区位于调查海区的北部, 平均生物量在 $(0.1 \sim 1) \text{ g/m}^2$ 之间, 其中 Z04 站未采到生物标本。高生物量位于调查海区的最南端, 调查海区的中部和南部生物量在 $(10 \sim 50) \text{ g/m}^2$ 之间。

冬季珠江口大型底栖生物平均生物量为 13.077 g/m^2 。棘皮动物平均生物量最高, 为 5.618 g/m^2 。鱼类次之, 平均生物量为 3.837 g/m^2 。甲壳动物平均生物量为 1.284 g/m^2 。多毛类平均生物量为 1.692 g/m^2 。软体动物平均生物量为 0.406 g/m^2 。其它类生物(扁形动物、纽形动物、腔肠动物、星虫动物、螠虫动物和寡

毛类生物等)平均生物量为 4.077 g/m^2 。冬季珠江口大型底栖生物生物量平面分布不均匀(图3),冬季低生物量区相对较大。生物量最低区位于调查海区的北部,平均生物量在 0.1 g/m^2 左右,其中 Z02 站未采到生物标本,生物量与夏季接近。调查海区东南部生物数量相对也较低。高生物量位于调查海区的西南端,小部分区域生物量达到 100 g/m^2 以上。

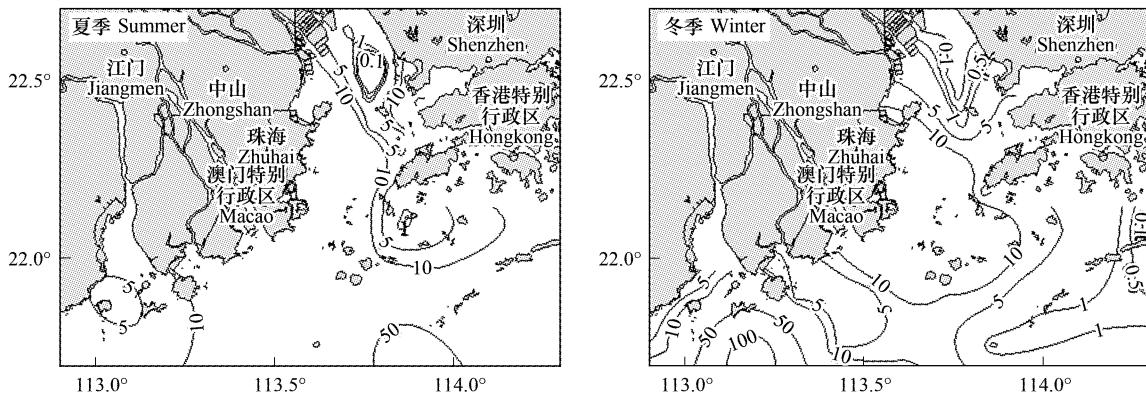


图3 珠江口大型底栖生物生物量(g/m^2)平面分布(夏季/冬季)

Fig. 3 Distribution of biomass (g/m^2) of macrobenthos in Pearl River Estuary (Summer /Winter)

2.4 大型底栖生物丰度组成及分布

夏季珠江口大型底栖生物平均丰度为 $205.3 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。丰度组成以多毛类为主,平均丰度为 $140.0 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。甲壳动物平均丰度为 $21.2 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。棘皮动物平均丰度为 $6.4 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。软体动物平均丰度为 $5.0 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。鱼类平均丰度为 $3.4 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。其它类生物(扁形动物、纽形动物、星虫动物和寡毛类生物等)平均丰度为 $32.8 \text{ ind}/\text{m}^2$,其中星虫动物平均丰度为 $25.3 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。夏季海区大型底栖生物丰度平面分布不均匀(图4)。珠江口最北部丰度最低,在 $(10 \sim 50) \text{ ind}/\text{m}^2$ 之间。南部海域大型底栖生物丰度均在 $100 \text{ ind}/\text{m}^2$ 以上。丰度自珠江口内向南部外海升高。

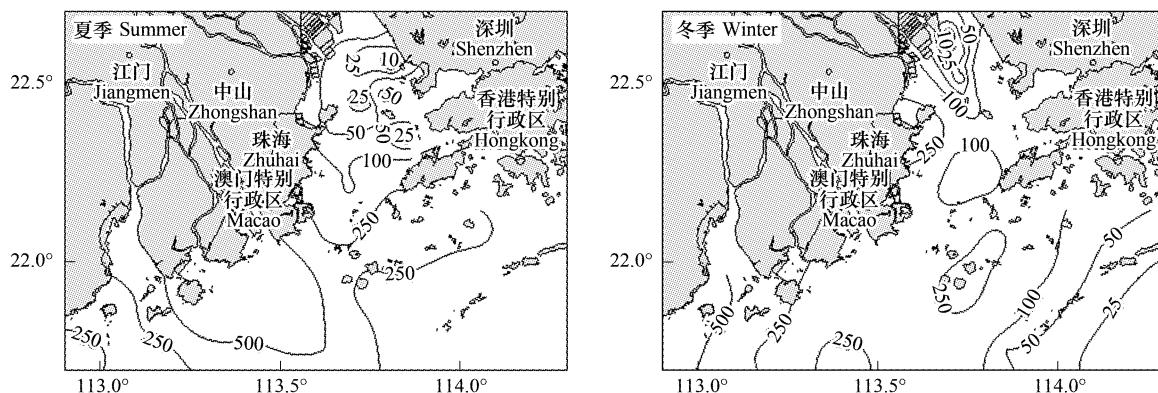


图4 珠江口大型底栖生物丰度(ind/m^2)平面分布(夏季/冬季)

Fig. 4 Distribution of biomass (ind/m^2) of macrobenthos in Pearl River Estuary (Summer /Winter)

冬季珠江口大型底栖生物平均丰度为 $168.8 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。丰度组成也以多毛类为主,平均丰度为 $114.3 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。甲壳动物平均丰度为 $13.4 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。棘皮动物平均丰度为 $9.1 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。软体动物平均丰度为 $1.7 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。鱼类平均丰度为 $1.4 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。其它类生物(扁形动物、纽形动物、腔肠动物、星虫动物、螠虫动物和寡毛类生物等)平均丰度为 $30.2 \text{ ind}/\text{m}^2$,其中星虫动物平均丰度为 $25.0 \text{ ind}/\text{m}^2$ 。冬季海区大型底栖生物丰度平面分布不均匀(图4)。珠江口北部丰度最低,在 $(10 \sim 50) \text{ ind}/\text{m}^2$ 之间,北部低丰度区域相对夏季减小。珠江口的东南部有一个 $(25 \sim 50) \text{ ind}/\text{m}^2$ 之间的低丰度区,与夏季不同。最高丰度区位于调查海区的西南部。中

部和西南部海区丰度均在 100 ind/m²以上。丰度自珠江口内向西南部升高。

2.5 大型底栖生物群落结构分析

Bray-Curtis 相似性系数聚类和多维排序尺度(MDS)分析群落结构,分析结果见图 5。

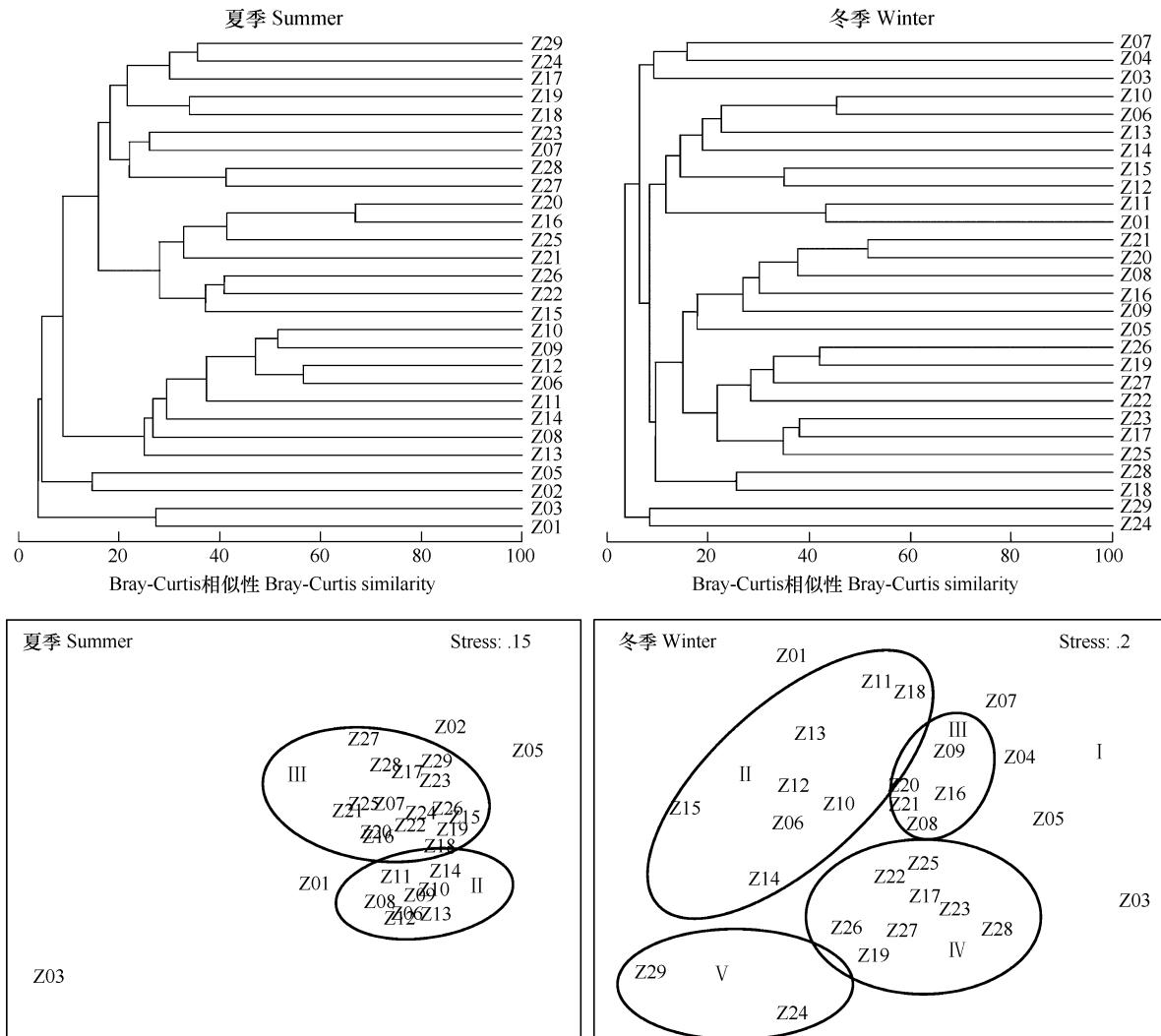


图 5 大型底栖生物聚类分析与多维排序尺度分析

Fig. 5 The cluster analysis and multi-dimentional scaling (MDS) analysis on macrobenthos

夏季珠江口大型底栖生物可划分为 3 类群落:群落 I 刺缨虫-温哥华真旋虫-光滑河蓝蛤群落,该生物群落位于珠江口的最北端,生物种类组成以低盐河口性生物为主;群落 II 异毛蚓虫-杰氏内卷齿蚕-伪指刺锚参群落,位于珠江口调查海域的中部,生物种类组成以广盐河口性生物为主;群落 III 毛头梨体星虫-双形拟单指虫-背蚓虫群落,位于珠江口南部海区,生物种类组成以近岸及河口广盐性生物为主。群落 III 内部可以划分为两个生物群落,分别位于调查海区西南部和调查海区南部及东南部。群落 III 西南部生物群落的以河口广盐性生物为主;南部及东南部生物群落的以近岸广盐性生物为主,该区域位于香港海域附近。

冬季珠江口大型底栖生物可划分为 5 类群落:群落 I 红刺尖锥虫-尖叶长手沙蚕-寡鳃卷吻沙蚕群落,该生物群落位于珠江口海区的最北端,生物种类组成以广盐河口性生物为主;群落 II 异毛蚓虫-丝异须虫-奇异稚齿虫群落,该生物群落位于调查海区的中部,生物种类组成以广盐河口性生物为主;群落 III 奇异稚齿虫-双形拟单指虫-长手沙蚕群落,生物群落在海区的分布范围比较长,分布在调查海区珠江口西部沿岸海域,生物种类组成以广盐河口性生物为主;群落 IV 毛头梨体星虫-背蚓虫-双形拟单指虫群落,该生物群落位于珠江口

的南部和西南部,生物种类组成以近岸广盐性生物为主;群落V刺足掘沙蟹-梳鳃虫-头吻沙蚕群落,位于调查海区的东南部,生物种类组成以近岸广盐性生物为主。

2.6 大型底栖生物群落生物多样性

生物多样性采用香农-威纳指数(Shannon-Wiener)(H')、种类均匀度指数(J')和种类丰富度指数(D)分析,分析结果见表3。

表3 大型底栖生物群落生物多样性(夏季/冬季)

Table 3 The macrobenthic community biodiversity (Summer/Winter)

| | | 夏季 Summer | | | 冬季 Winter | | | | |
|------------------------------------------|--------------------------|-----------|------|------|------------------------------------------|--------------------------|------|------|------|
| 群落/站位 Community/ Sampling stations | 种类数 Species number | H' | J' | D | 群落/站位 Community/ Sampling stations | 种类数 Species number | H' | J' | D |
| 群落 I Community I | 14 | 1.40 | 0.60 | 0.77 | 群落 I Community I | 26 | 1.88 | 0.88 | 1.11 |
| Z01 | 6 | 2.15 | 0.83 | 1.16 | Z01 | 5 | 1.87 | 0.80 | 1.00 |
| Z02 | 4 | 1.21 | 0.60 | 0.73 | Z03 | 2 | 1.00 | 1.00 | 0.33 |
| Z03 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | Z04 | 14 | 3.19 | 0.84 | 2.34 |
| Z05 | 5 | 2.25 | 0.97 | 1.18 | Z05 | 2 | 1.00 | 1.00 | 0.43 |
| | | | | | Z07 | 8 | 2.34 | 0.78 | 1.46 |
| 群落 II Community II | 31 | 1.80 | 0.72 | 1.05 | 群落 II Community II | 60 | 3.10 | 0.91 | 2.21 |
| Z06 | 5 | 1.50 | 0.64 | 0.91 | Z06 | 15 | 3.28 | 0.84 | 2.66 |
| Z08 | 3 | 1.50 | 0.95 | 0.67 | Z10 | 21 | 3.82 | 0.87 | 3.72 |
| Z09 | 4 | 1.66 | 0.83 | 0.79 | Z11 | 5 | 2.00 | 0.86 | 0.85 |
| Z10 | 7 | 1.88 | 0.67 | 1.32 | Z12 | 13 | 3.35 | 0.90 | 2.47 |
| Z11 | 6 | 2.05 | 0.79 | 1.25 | Z13 | 11 | 3.42 | 0.99 | 2.44 |
| Z12 | 1 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | Z14 | 7 | 2.45 | 0.87 | 1.47 |
| Z13 | 9 | 2.92 | 0.92 | 1.70 | Z15 | 9 | 3.10 | 0.98 | 1.70 |
| Z14 | 9 | 2.93 | 0.93 | 1.78 | Z18 | 11 | 3.38 | 0.98 | 2.35 |
| | | | | | 群落 III Community III | 41 | 2.68 | 0.77 | 2.02 |
| 群落 III Community III | 129 | 3.33 | 0.82 | 2.98 | Z08 | 7 | 2.75 | 0.98 | 1.63 |
| Z07 | 14 | 3.19 | 0.84 | 2.67 | Z09 | 18 | 3.21 | 0.77 | 2.83 |
| Z15 | 11 | 2.37 | 0.68 | 1.76 | Z16 | 12 | 2.96 | 0.83 | 2.20 |
| Z16 | 10 | 2.64 | 0.80 | 1.69 | Z20 | 11 | 1.80 | 0.52 | 1.58 |
| Z17 | 24 | 4.24 | 0.93 | 3.82 | Z21 | 11 | 2.67 | 0.77 | 1.88 |
| Z18 | 20 | 3.69 | 0.85 | 3.39 | 群落 IV Community IV | 84 | 3.19 | 0.82 | 2.87 |
| Z19 | 17 | 3.86 | 0.95 | 2.99 | Z17 | 23 | 4.01 | 0.89 | 3.89 |
| Z20 | 8 | 2.31 | 0.77 | 1.35 | Z19 | 5 | 2.13 | 0.92 | 1.13 |
| Z21 | 10 | 2.60 | 0.78 | 1.32 | Z22 | 11 | 2.80 | 0.81 | 2.13 |
| Z22 | 27 | 3.93 | 0.83 | 3.85 | Z23 | 24 | 3.87 | 0.84 | 4.01 |
| Z23 | 21 | 3.88 | 0.88 | 3.79 | Z25 | 23 | 3.05 | 0.67 | 3.48 |
| Z24 | 16 | 3.67 | 0.92 | 3.11 | Z26 | 12 | 2.50 | 0.70 | 2.09 |
| Z25 | 16 | 2.40 | 0.60 | 2.64 | Z27 | 16 | 3.12 | 0.78 | 2.64 |
| Z26 | 13 | 2.64 | 0.71 | 2.32 | Z28 | 20 | 4.03 | 0.93 | 3.57 |
| Z27 | 27 | 3.82 | 0.80 | 4.43 | 群落 V Community V | 16 | 2.76 | 0.91 | 1.75 |
| Z28 | 33 | 4.21 | 0.83 | 5.16 | Z24 | 11 | 3.19 | 0.92 | 2.22 |
| Z29 | 18 | 3.84 | 0.92 | 3.35 | Z29 | 6 | 2.32 | 0.90 | 1.28 |

夏季位于调查海区北部的群落I和中部的群落II香农-威纳指数均小于2,生物种类较少,其中Z03站和Z11站只采到1种生物;群落III生物多样性较群落I和群落II好,生物种类相对较多。冬季位于珠江口北部的群落I香农-威纳指数最低,各站(除Z04站)种类较少;位于珠江口外的群落IV香农-威纳指数最高。珠江

口生物多样性基本呈现由河口内向外海升高的趋势。

2.7 大型底栖生物丰度生物量比较曲线(ABC 曲线)

大型底栖生物丰度生物量比较曲线(ABC 曲线)见图 6。从 ABC 曲线可以看出,夏季丰度生物量曲线未出现重叠与翻转现象,且丰度和生物量曲线并不接近,群落没有受到干扰,夏季大型底栖生物群落受污染较轻。

冬季群落 I 丰度生物量曲线在前端出现交叉、重叠,群落 I 处于中等干扰(污染)程度。其它生物群落丰度生物量曲线未出现重叠与翻转现象,且生物量曲线优势度明显高于丰度曲线,大型底栖生物群落未受到干扰。冬季除珠江口北部群落 I 受到中等程度干扰(污染),其它生物群落基本正常。

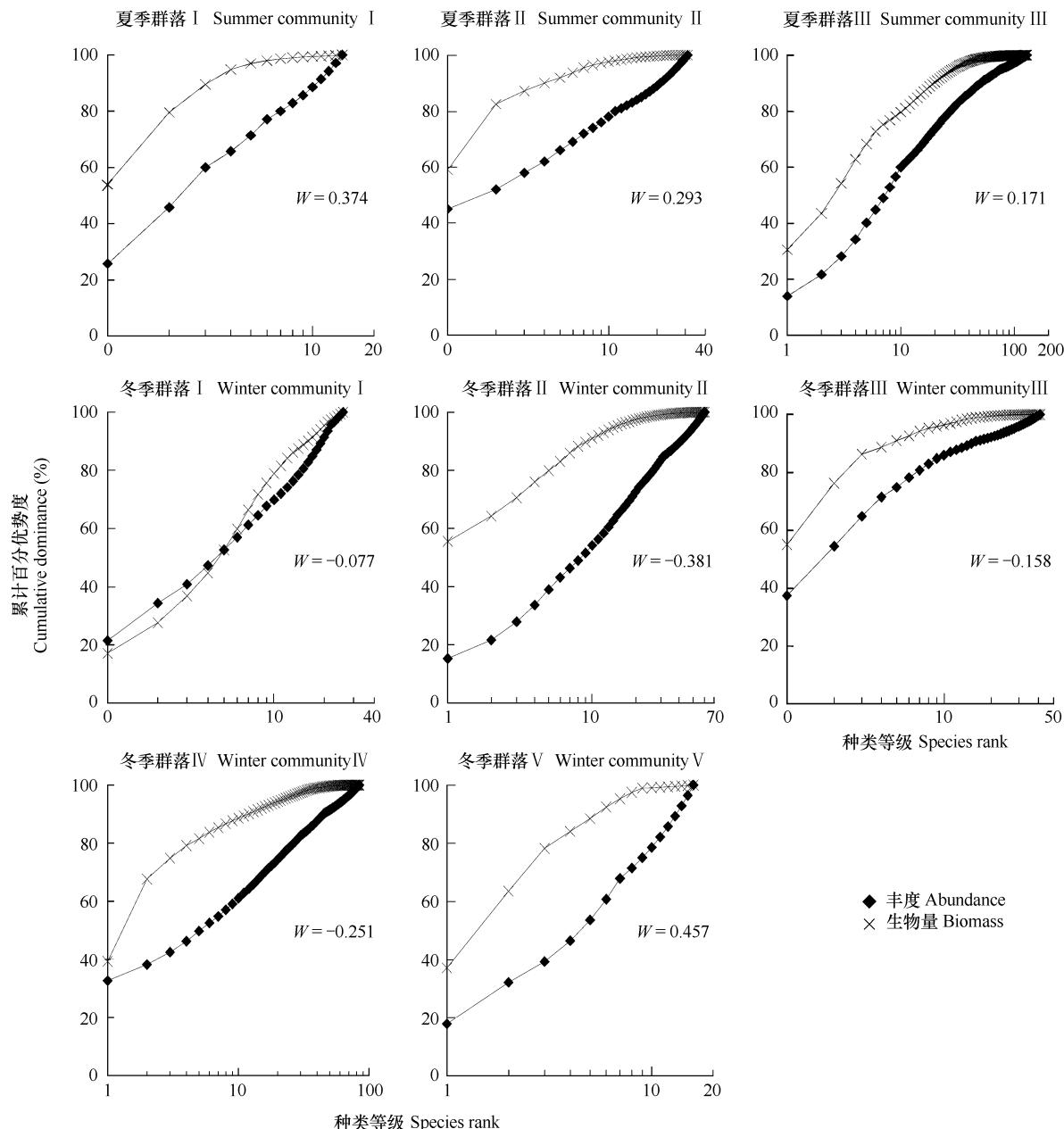


图 6 大型底栖生物生物群落 ABC 曲线
Fig. 6 ABC plots of macrobenthic communities

2.8 大型底栖生物与水深、温度和盐度的相关性

大型底栖生物与水深、温度和盐度的 Pearson 相关性分析结果见表 4。夏季大型底栖生物种类数、香农-威纳指数和种类丰富度与水深、温度和盐度显著相关;丰度与水温和盐度显著相关;种类均匀度与盐度相关;生物量与水深、温度和盐度不相关。冬季大型底栖生物分布与水深、温度和盐度的相关性较差,仅种类数、多样性指数和种类丰富度与盐度显著相关。

表 4 大型底栖生物与环境因子的相关性系数

Table 4 Pearson's correlation coefficient between macrobenthos and environmental factor

| 时间 Time | 环境因子 Environmental factor | 种类数 Species number | 丰度 Abundance | 生物量 Biomass | H' | J' | D |
|------------|------------------------------|-----------------------|-----------------|----------------|-----------|---------|-----------|
| 夏季 Summer | 水深 Water depth | 0.761 ** | 0.346 | 0.095 | 0.670 ** | 0.294 | 0.784 ** |
| | 温度 Temperature | -0.691 ** | -0.403 * | -0.101 | -0.625 ** | -0.337 | -0.708 ** |
| | 盐度 Salinity | 0.761 ** | 0.565 ** | 0.143 | 0.742 ** | 0.434 * | 0.764 ** |
| 冬季 Winter | 水深 Water depth | 0.165 | -0.013 | 0.067 | 0.218 | 0.069 | 0.197 |
| | 温度 Temperature | 0.155 | -0.019 | 0.138 | 0.218 | 0.105 | 0.196 |
| | 盐度 Salinity | 0.407 * | 0.161 | 0.148 | 0.567 ** | 0.385 * | 0.471 ** |

** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

3 讨论

大型底栖生物生物量、丰度和群落结构不同季节变化较大,夏季和冬季海区的都出现的生物种类占总种类数的比例仅为 26.5%,冬季生物量和丰度降低。冬季海区低盐生物群落较夏季向珠江口内迁移,且低盐生物种类数降低。珠江口大型底栖生物群落划分结果与周青伟等从属种组成及生态分布等方面对珠江三角洲四个基本单元环境中的底栖动物分区结果相一致^[15]。优势种的空间分布不均匀,海区第一优势种毛头梨体星虫主要出现在调查海区的中部和南部,在河口内低盐区数量较少,该生物在珠江口的分布可能受到盐度的限制。

夏季珠江处于丰水期,珠江口的低盐海域范围较大,夏季调查盐度的变化范围为(0.858~34.298),平均值为 21.336,盐度的平面变化趋势为自珠江口内向外海升高,Z13 站以北盐度小于 20,其中 Z08 站以北盐度小于 10,Z01 站盐度接近 0。冬季珠江处于枯水期,珠江淡水对珠江口海域的盐度影响范围相对较小,冬季调查盐度的变化范围为(20.899~34.278),平均值为 30.620,盐度的平面变化趋势为自珠江口内向外海升高,但盐度的变化幅度明显小于夏季。冬季低盐生物的分布区域相对较小,冬季珠江口内主要低盐性优势种光滑河蓝蛤未出现,与杨洁,蔡立哲等对厦门海域优势种光滑河蓝蛤分析结果一致^[16]。海区水温平面分布受到珠江淡水的影响明显,冬季珠江上游淡水温度低于海水,冬季调查显示水温自河口内向外海升高。夏季地表水的温度一般高于海水,夏季珠江口水温自河口内向外海降低。珠江口内 Z01 站水温夏冬季相差最大,达 10℃以上,而珠江口外的 Z28 站夏冬季水温仅相差约 2℃。珠江口内水温和盐度的剧烈变化可能会影响大型底栖生物群落的稳定性,冬季珠江口内的生物群落处于中等干扰程度。珠江口外部海域水温和盐度相对较稳定,不同季节群落结构变化不大。

莫理景和陈树珍对珠江口浅海沉积物特征的进行了分析研究^[17],珠江口海域沉积物具有一定的分布特征,由河口内向外呈带状分布,即由河口内的砂粗砂分布带,向外进入粉沙质粘土分布带,再向外以粘土质砂和砂细纱粘土型沉积物为主,在外部存在几个斑块状分布的砂和粉沙质粘土区。珠江口浅海沉积物特征是受河海共同作用的结果,在河口内受珠江入海淡水的影响较大。大型底栖生物种类、丰度、生物量和多样性指数在空间分布上与浅海沉积物特征具有一定的相似性。

珠江口大型底栖生物丰度和生物量与 1990 年秋季(72.4 ind/m² 和 27.81 g/m²)和 1991 年春季(96.6 ind/m² 和 26.99 g/m²)调查结果相比较^[18],生物量明显降低,但丰度升高。丰度和生物量的主要组成种类发生变化,1990 年秋季和 1991 年春季软体动物生物量和丰度均最高,珠江口大型底栖生物群落可能存在着重明

显的季节性变化。

与其它海区相比较,珠江口大型底栖生物丰度和生物量小于大亚湾 1987 年春季(754 ind/m² 和 149.37 g/m²)和秋季(415 ind/m² 和 97.73 g/m²)调查结果^[19],与秋季丰度的主要种类组成相同,多毛类个体最多。珠江口大型底栖生物丰度和生物量也小于 2006 年秋季(235.5 ind/m² 和 27.66 g/m²)长江口附近海域调查结果^[20]。珠江口大型底栖生物丰度和生物量与福建闽江口附近海域 1984 年夏季(119 ind/m² 和 27.69 g/m²)和冬季(58 ind/m² 和 17.7 g/m²)调查结果相比^[21],生物量低,丰度高,但丰度和生物量的主要种类组成相同,丰度以多毛类为主,生物量以棘皮动物为主。与其它海区相比,珠江口附近海域大型底栖生物生物量较低,丰度高。

4 小结

珠江口夏季和冬季调查共鉴定出大型底栖生物 10 大门类 245 种,多毛类种类最多(140 种)。夏季共获大型底栖生物 8 大门类 153 种,多毛类种类最多(91 种)。冬季共获大型底栖生物 10 大门类 157 种,多毛类种类最多(93 种)。夏季和冬季海区优势种变化不大,海区第一优势种均为毛头梨体星虫。

夏季珠江口大型底栖生物生物量和丰度平均值分别为 14.313 g/m² 和 205.3 ind/m²。冬季生物量和丰度平均值分别为 13.077 g/m² 和 168.8 ind/m²。

夏季珠江口大型底栖生物可划分为 3 类群落:群落 I 刺缨虫-温哥华真旋虫-光滑河蓝蛤;群落 II 异毛蚓虫-杰氏内卷齿蚕-伪指刺锚参;群落 III 毛头梨体星虫-双形拟单指虫-背蚓虫。冬季珠江口大型底栖生物可划分为 5 类群落:群落 I 红刺尖锥虫-尖叶长手沙蚕-寡鳃卷吻沙蚕;群落 II 异毛蚓虫-丝异须虫-奇异稚齿虫;群落 III 奇异稚齿虫-双形拟单指虫-长手沙蚕;群落 IV 毛头梨体星虫-背蚓虫-双形拟单指虫;群落 V 刺足掘沙蟹-梳鳃虫-头吻沙蚕。

夏季和冬季珠江口北部大型底栖生物多样性相对较低,夏季位于调查海区中部的群落 II 生物多样性也较低。夏季大型底栖生物群落受污染较轻。冬季珠江口北部生物群落 I 处于中等干扰程度,其他区域生物群落受污染较轻。

珠江口大型底栖生物分布受珠江入海淡水的影响明显,大型底栖生物种类数、生物量、丰度和多样性指数均呈现由河口内向外海增加的趋势。

References:

- [1] Li Y Z, Chen G B, Sun D R. Analysis of the composition of fishes in the Pearl River estuarine waters. Journal of Fisheries of China, 2000, 24 (4):312—317.
- [2] Cai L Z, Li H M, Liu J J, et al. Distribution and polluting effects on *Capitella capitata*, *Nephtys oligobranchia*, *Tharyx* sp. On the intertidal mudflats in Shenzhen Estuary. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(10):1648—1653.
- [3] Li H M, Li S Y, Cai L Z. Relationship between benthic community and environmental factors in Shenzhen Bay. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2003, 42(5):93—96.
- [4] Li H M, Men H T. Analysis of environmental factors impacting spatio-temporal variation of benthic community structure in Shenzhen Bay. Marine Environmental Science, 2004, 23(1):37—40.
- [5] Zhang X F, Sun D R, Chen G B, et al. Multivariate analysis of nekton composition in Pearl River estuary waters. Journal of Fishery Sciences of China, 2002, 9(4):328—334.
- [6] Huang H H, Lin Y T, Lin C H, et al. Ecology study on the benthic animals of Pearl River Estuary. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(4):603—607.
- [7] Li K Z, Yin J Q, Huang L M, et al. Dynamic variations of community structure and quantity of zooplankton in Zhujiang river estuary. Journal of Tropical Oceanography, 2005, 24(5):60—68.
- [8] Chen Y L, Chen J L, Chen H S, et al. Pathological anatomy and identification of death causes for four Chinese White Dolphins in Pearl River Estuary. Marine Fisheries Research, 2005, 26(2):31—35.
- [9] Ma Z Y, Liu H, Wang H Q, et al. Multivariate analysis of community structure on macrobenthos. China Environmental Science, 1997, 17(4):297—300.

- [10] Zhou H, Zhang Z N. Rationale of the multivariate statistical software PRIMER and its application in benthic community ecology. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 2003, 33(1): 58~66.
- [11] Clarke K R, Warwick R M. Change in marine communities: an approach to statistic analysis and interpretation. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 1994.
- [12] Clarke K R, Green R H. Statistical design and analysis for a biological effect' study. *Mar Ecol Prog Ser*, 1988, 46: 213~226.
- [13] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities. *Mar Biol*, 1986, 92: 557~562.
- [14] Warwick R M. The level of Taxonomic discrimination required to detect pollution effection on marine benthic communities. *Mar Poll Bull*, 1988, 18(6): 259~268.
- [15] Zhou Q W, Zhang G W, Ma X T. Primary study of assemblage characteristics of grand benthos in the modern Zhujiang River subaqueous delta. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1990, 10(3): 67~77.
- [16] Yang J, Cai L Z, Liang J Y, et al. Quantitative analysis of two new dominant species of macrozoobenthos in Xiamen Harbour, China. *Marine Sciences*, 2007, 31(9): 44~49.
- [17] Mao L J, Chen S J. Characteristic of sediment of shallow sea water in Pearl River Estuary. In: Leading group of multidisciplinary investigation on the intertidal zone and shallow sea in Guangdong Province eds. Proceeding of multidisciplinary investigation on the intertidal zone and shallow sea in Pearl River Estuary (IV). Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1986. 89~100.
- [18] The islands resources multidisciplinary investigation team of Guangdong Province, Leading group of multidisciplinary investigation on the intertidal zone and shallow sea in Guangdong Province. Report on islands resources multidisciplinary investigation in Pearl River Estuary. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 1993. 203~210.
- [19] Jiang J X, Cai E X, Wu Q Q, et al. Species composition and quantitative distribution on benthic animals in Daya Bay. In: The third institute of oceanography, SOA, Proceeding of ocean ecology in Daya Bay (II). Beijing: Ocean Press, 1990, 237~247.
- [20] Li B Q, Li X Z, Wang H F, et al. Characters of a macrobenthic community of the Changjiang River Estuary. *Acta Zoologica Sinica*, 2007, 57(1): 76~82.
- [21] Li R G, Jiang J X, Wu Q N, et al. Study of benthos ecology in Minjiang Estuary. *Acta Oceanologica Sinica*, 1997, 19(5): 116~123.

参考文献:

- [1] 李永振,陈国宝,孙典荣.珠江口鱼类组成分析. *水产学报*, 2000, 24(4): 312~317.
- [2] 蔡立哲,厉红梅,刘俊杰,等.深圳河口泥滩三种多毛类的数量季节变化及污染影响. *生态学报*, 2001, 21(10): 1648~1653.
- [3] 厉红梅,李适宇,蔡立哲.深圳湾潮间带底栖动物群落与环境因子的关系. *中山大学学报(自然科学版)*, 2003, 42(5): 93~96.
- [4] 厉红梅,孟海涛.深圳湾底栖动物群落结构时空变化环境影响因素分析. *海洋环境科学*, 2004, 23(1): 37~40.
- [5] 张旭丰,孙典荣,陈国宝,等.珠江口游泳生物组成的多元统计分析. *中国水产科学*, 2002, 9(4): 328~334.
- [6] 黄洪辉,林燕棠,李纯厚,等.珠江口底栖动物生态学研究. *生态学报*, 2002, 22(4): 603~607.
- [7] 李开枝,尹健强,黄良民,等.珠江口浮游动物的群落动态及数量变化. *热带海洋学报*, 2005, 24(5): 60~68.
- [8] 陈裕隆,陈加林,陈红珊,等.珠江口4头中华白海豚的病理解剖及死因鉴定. *海洋水产研究*, 2005, 26(2): 31~35.
- [9] 马藏允,刘海,王惠卿,等.底栖生物群落变化多元变量统计分析. *中国环境科学*, 1997, 17(4): 297~300.
- [10] 周红,张志南.多元统计软件在生物群落研究中的应用. *中国海洋大学学报*, 2003, 33(1): 58~66.
- [11] 周青伟,张光威,马绣同.珠江三角洲现代水下宏体底栖动物组合特征的初步研究. *海洋地质与第四纪地质*, 1990, 10(3): 67~77.
- [12] 杨洁,蔡立哲,梁俊彦,等.厦门海域大型底栖动物两个优势种的发现及其数量分析. *海洋科学*, 2007, 31(9): 44~49.
- [13] 莫理景,陈树珍.珠江口底质沉积特征.见:广东省海岸带和海涂资源综合调查领导小组,珠江口海岸带和海涂资源综合调查研究文集(IV). 广州:广东科技出版社, 1986. 89~100.
- [14] 广东省海岛资源综合调查大队,广东省海岸带和海涂资源综合调查领导小组.珠江口海岛资源综合调查报告. 广州:广东科技出版社, 1993. 203~210.
- [15] 江锦祥,蔡尔西,吴启泉,等.大亚湾底栖生物的种类组成和数量分布.见:国家海洋局第三海洋研究所. 大亚湾海洋生态文集(II). 北京:海洋出版社, 1990. 237~247.
- [16] 李宝泉,李新正,王洪法,等.长江口附近海域大型底栖动物群落特征. *动物学报*, 2007, 57(1): 76~82.
- [17] 李荣冠,江锦祥,吴启泉,等.闽江口及邻近水域大型底栖生物生态研究. *海洋学报*, 1997, 19(5): 116~123.