

椒江口潮间带多毛类动物时空分布与环境因子的关系

赵永强, 陈全震, 曾江宁, 高爱根, 黄逸君, 寿鹿, 廖一波

(国家海洋局 海洋生态系统与生物地球化学重点实验室 国家海洋局第二海洋研究所, 浙江 杭州 300012)

摘要: 为了解椒江口多毛类时空分布特征, 以及自然环境变化和工业污染对其的影响程度, 于2007年10月、2008年1月、4月和7月在椒江口潮间带进行底栖多毛类和环境因子调查, 分析了多毛类物种数、栖息密度和生物量的时空格局以及各断面水温、泥温、沉积物结构、盐度、滩涂宽度等环境因子对多毛类时空格局的影响。结果表明: (1) 在所调查的6条断面4季共发现环节动物门多毛纲动物10科20种, 以广温广布种为主; (2) 季节变化明显, 物种数、栖息密度和生物量在春季均最高(分别为13种, 31.5 ind/m²和0.58 g/m²), 秋、冬季次之, 夏季最低(分别为4种, 5.8 ind/m², 0.21 g/m²); (3) 物种数呈现位于工业区附近断面低于下游较远处的断面的趋势; (4) 沉积物结构、滩涂宽度对多毛类具有显著的影响, 滩涂宽度较长、沉积物较细的断面种数、栖息密度和生物量较高。[中国水产科学, 2009, 16(4): 580-587]

关键词: 椒江河口; 潮间带; 底栖动物; 多毛类; 环境因子

中图分类号: Q958.8; X171

文献标识码: A

文章编号: 1005-8737-(2009)04-0580-08

多毛类是海洋大型底栖生物的重要组成部分, 在维持海洋底栖生态系统的平衡具有重要作用。入海河口由于受到海水和淡水的共同影响, 生物群落十分独特, 同时在河口区人类活动较为频繁, 排放的各种污染物导致该区域的生态环境更为特殊。多毛类动物具有移动性差、生活周期长的特点, 种类多样化, 因而对生态环境变化具有指示作用^[1-2]。系统研究多毛类的种类组成和数量变化、多毛类与环境因子的关系, 对于底栖生物多样性和生境多样性的保护, 以及生态学环境的修复都具有重要的意义。

椒江口位于浙江省中部, 两岸工业发达, 排放的污水对河口多毛类动物造成了巨大威胁。近年有关椒江口潮间带多毛类动物的研究报道十分鲜见, 刘莲和马道华^[3]报道了椒江口多毛类等海域大型底栖动物的生物状况, 王益鸣等^[4]对椒江口潮间带和海域的多毛类等大型底栖动物空间分布进行过调查, 但均没

有对其季节变化进行详细报道, 同时由于调查断面较少, 难以充分体现环境变化较大的椒江河口潮间带动物时空分布特征。有关多毛类及其栖息环境的相互关系的研究亦未见详细研究报道。鉴于此, 笔者在椒江口南岸和北岸潮间带共布设6条采样断面, 于2007年10月、2008年1月、4月和7月进行多毛类动物四季调查, 同时测定了各采样断面的水温、底泥温度、盐度以及沉积物粒度等环境因子, 分析了多毛类动物的时空分布特征及其与各种环境因子的关系, 旨在为椒江河口滩涂资源的保护与合理利用等提供基础数据, 为河口区环境异质性对生物多样性影响以及底栖生物多样性和生境多样性的保护与修复提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域环境状况

椒江口位于浙江中部沿海, 地处亚热带季风

收稿日期: 2008-12-15; 修订日期: 2009-03-18.

基金项目: 浙江省908集成项目“中国海洋保护区”资助(908-ZC-II-04); 海洋公益专项重点项目“围填海评估体系建立与应用示范研究”资助(200705015); 浙江省908专项“浙江省海岸带调查”项目资助(ZJ908-01-02); 浙江省重点河口港湾环境综合基础调查项目资助(ZJ908-01-01-2).

作者简介: 赵永强(1982-), 男, 硕士研究生, 主要从事海洋生物学研究. Tel: 0571-81963229; E-mail: zhaoyq5257@126.com

通讯作者: 陈全震, 研究员. Tel: 0571-81963028; E-mail: chenqz6509@126.com

气候区,四季冷暖干湿分明,雨量充沛,年均气温 $15.8\sim 17.1\text{ }^{\circ}\text{C}$,年均降雨量 $1\,349.8\sim 1\,519.9\text{ mm}$ 。椒江是浙江省第三大河流,径流量季节变化较大,最大洪峰流量曾达 $16\,300\text{ m}^3/\text{s}$,最小流量却不足 $1\text{ m}^3/\text{s}$,多年平均径流量为 $51.72\times 10^8\text{ m}^3$ 。椒江口为开敞性河口湾,呈喇叭形向外延伸,悬沙含量高,潮间带多为泥质或泥沙质滩涂,十分宽广,滩涂养殖业发达。潮汐类型为不规则半日潮,涨、落潮平均历时各为 5.1 h 和 7.5 h ,平均潮差 4 m 左右,最大潮差达 6.3 m 。口内潮流以往复流为主,口外旋转流明显。此外,椒江口沿岸工业十分发达,在北岸和南岸分别有临海化工园区和外沙化工园区,以及众多的修造船厂、码头,工业企业十分密集。研究区域位于椒江口两岸工业区附近及其下游邻近区域滩涂潮间带,目前,研究区域内潮间带高潮区基本为标准海塘和滩涂养殖塘所取代,中、低潮区为浅滩。采样范围为 $28^{\circ}35'20.04''\sim 28^{\circ}42'27.00''\text{ N}$, $121^{\circ}28'27.84''\sim 121^{\circ}36'59.04''\text{ E}$ 。

1.2 采样与分析方法

在椒江口北岸和南岸顺河流向下共布设6处采样断面(图1),北岸依次为J1、J2和J3,南岸依次为J4、J5和J6,其中J1、J2、J4和J5断面位于工业区附近,J3和J6断面位于工业区下游邻近区域。本次潮间带生物调查只在中低潮区的滩涂进行(高潮区基本被标准海塘和滩涂养殖塘所取代),每条采样断面在中潮区布设3站,低潮区布设1站,于2007年10月、2008年1月、4月和7月各季度月当地大潮期间进行底栖多毛类动物和环境因子调查。动物样品采集方法参照《海洋调查规范第6部分:海洋生物调查》(GB/T12763·6-2007),每站取8个样方,每样方进行 $25\text{ cm}\times 25\text{ cm}\times 30\text{ cm}$ 取样,过 1 mm 孔径过筛器,将所获的大型底栖动物标本用4%甲醛溶液固定,然后带回实验室进行种类鉴定,同时测定各物种的个体数量和质量。

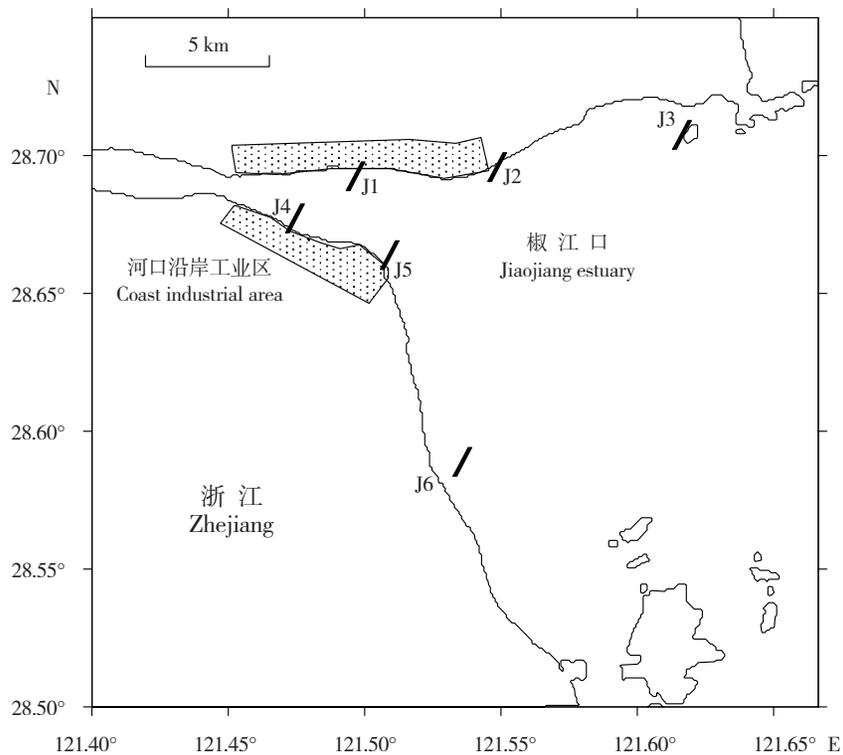


图1 椒江口研究区域与采样断面

Fig. 1 Study area and sampling section in Jiaojiang estuary

盐度、温度的测定:在采集生物样品的同时测量海水密度值,用于盐度计算,每个地点重复采样、测定3次;同时现场测量海水、沉积物温度,每采样点重复3次。

在春、秋两季生物样品采集的同时采集表层沉积物样品,用于粒度分析。沉积物粒度测定采用英国马尔文公司生产的MAM5005型激光粒度分析仪,测量范围为0.05~2 000 μm 。

采样断面定位和滩涂宽度测定采用手持GPS (Magellan 315)。

优势种确定方法:优势度 $Y = (n_i/N)f_i$, N 为各采样断面所有种类的栖息密度, n_i 为第*i*种的栖息

密度, f_i 为该种在各断面出现的频率,当物种优势度 $Y > 0.02$ 时为优势种^[5-6]。

绘图采用SigmaPlot 10.0软件。

相关分析采用SPSS 15.0软件。

2 结果与分析

2.1 多毛类物种的时空分布

本次调查共发现环节动物门多毛纲动物10科20种,其季节分布特征及优势种(优势度 $Y > 0.02$)如表1所示,其中沙蚕科的物种数最多,为6种;其余各科物种数相差不大。此外,除双鳃内卷齿蚕在各季节均为优势种外,其余优势种在各季节均有变化。

表1 多毛类物种季节分布及优势度
Tab.1 Seasonal variation and dominance index of polychaete species in Jiaojiang estuary

科 Family	种 Species	春 Spring	夏 Summer	秋 Autumn	冬 Winter
齿吻沙蚕科 Nephthyidae	寡鳃齿吻沙蚕 <i>Nephtys oligobranchinsis</i>			0.016	
	双鳃内卷齿蚕 <i>Aglaophamus dibranchis</i>	0.113*	0.097*	0.064*	0.087*
海稚虫科 Spionidae	后指虫 <i>Laonice cirrata</i>	0.037*			
	鳞腹沟虫 <i>Scolecopsis squamata</i>	0.009		0.002	
磷沙蚕科 Aphroditidae	磷沙蚕 <i>Aphrodita acueata</i>	0.009			
沙蚕科 Nereididae	独齿围沙蚕 <i>Perinereis cultrifera</i>			0.002	
	多齿围沙蚕 <i>P. nuntia</i>	0.010		0.043*	0.008
	缅甸角沙蚕 <i>Ceratonereis burmensis</i>				0.007
	拟突齿沙蚕 <i>Paraleonnates uschakovi</i>			0.001	
索沙蚕科 Lumbrineridae	异足索沙蚕 <i>Lumbrineris heteropoda</i>	0.012	0.00*		
	拟特须虫 <i>Paralacydonia paradoxa</i>			0.002	
特须虫科 Lacydoniidae	拟特须虫 <i>Paralacydonia paradoxa</i>			0.002	
	长吻沙蚕 <i>Glyceria chirori</i>	0.010		0.009	0.015
吻沙蚕科 Glyceridae	头吻沙蚕 <i>G. capitata</i>	0.015			
	背蚓虫 <i>Notomastus latericeus</i>	0.028*		0.016	0.013
小头虫科 Capitellidae	丝异须虫 <i>Heteromastus filiformis</i>				0.008
	麦纓虫 <i>Megalomma vesiculosum</i>	0.019	0.013	0.009	
纓丝虫科 Sabellidae	麦纓虫 <i>Megalomma vesiculosum</i>	0.019	0.013	0.009	
	长锥虫 <i>Haploscoloplos siongatus</i>	0.014			
锥头虫科 Orbiniidae	长锥虫 <i>Haploscoloplos siongatus</i>	0.014			
	尖锥虫 <i>Scoloplos armiger</i>	0.017			

注:* 优势种.

Note: * Dominant species.

2.2 多毛类数量的时空变化

2.2.1 物种数 椒江口多毛类物种数的时空变化较大(图2),在季节变化上,6个采样断面多毛类物种总数由多到少依次为春季(13种)、秋季(11种)、冬季(7种)、夏季(4种),呈现春季高,秋冬季较低,夏季最低

的趋势;在空间分布上,位于工业区附近断面的底栖多毛类种数低于下游较远处的断面,且在不同的季节均有类似趋势,四季各断面共发现的多毛类物种数由高到低依次为J6(14种)、J3(12种)、J5(6种)、J4(4种)、J2(2种)、J1(2种)。

2.2.2 栖息密度 多毛类栖息密度时空变化如图3所示,其季节变化与物种数量的季节变化具有相似趋势,春季栖息密度最高,可达31.5 ind/m²。栖息密度较大的物种主要为双鳃内卷齿蚕、背蚓虫、后指虫等物种;夏季物种数较少,并且各物种的栖息密度也较低,从而总栖息密度降至四季最低点(5.8 ind/m²);秋季和冬季分别为13.5 ind/m²和13.2 ind/m²,差别不大。在空间分布上,北岸J1断面多毛类栖息密度要大于J2和J3断面,这主要是由于J1断面双鳃内卷齿蚕的密度较高所致,与物种数量的分布状况不同;而在南岸,J6断面的密度高于J4和J5断面,J4和J5断面相差较小;6断面中栖息密度最高为J6断面(37.8 ind/m²),其次为J1断面(18.3 ind/m²),J3、J4和J5 3个断面相差较小,均为10 ind/m²左右,最低为J2断面(4.5 ind/m²)。

2.2.3 生物量 如图4所示,椒江口多毛类的生物量的时空变化明显,春季生物量最高(0.58 g/m²),夏季最低(0.21 g/m²),秋季和冬季分别为0.44 g/m²和0.47 g/m²;在空间分布上,J6断面生物量最高(1.03 g/m²),J2断面最低(0.05 g/m²),其与各断面均在0.30 g/m²左右,相差不大,与栖息密度时空变化具有相似的趋势。

2.2.4 区域差异比较 为确定工厂排污是否对其周围的滩涂多毛类造成影响,将位于工业区附近的J1、J2、J4和J5 4个断面与其下游较远处的J3和J6断面两区域的物种数量、栖息密度和生物量进行单因素方差分析,结果显示,物种数量在春季两区域差异极显著($P=0.000<0.01$),冬季差异显著($P=0.020<0.05$),夏季($P=0.396>0.05$)和秋季($P=0.196>0.05$)差异不显著;栖息密度两区域间各季节差异均不显著,春季($P=0.074>0.05$),夏季($P=0.637>0.05$)、秋季($P=0.406>0.05$)和冬季($P=0.738>0.05$);生物量在春季差异显著($P=0.037<0.05$),夏季($P=0.963>0.05$)、秋季($P=0.623>0.05$)和冬季($P=0.218>0.05$)差异不显著。显然,两区域物种数出现显著差异的频率较高,而生物量较低,栖息密度则未呈现显著差异,由此可见环境污染对多毛类物种数量的影响程度要大于栖息密度和生物量。

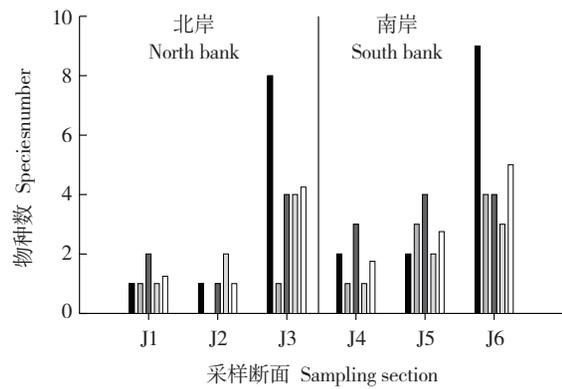


图2 椒江口多毛类物种数量的时空变化特征
Fig. 2 Temporal and spatial variation of polychaete species number in Jiaojiang estuary

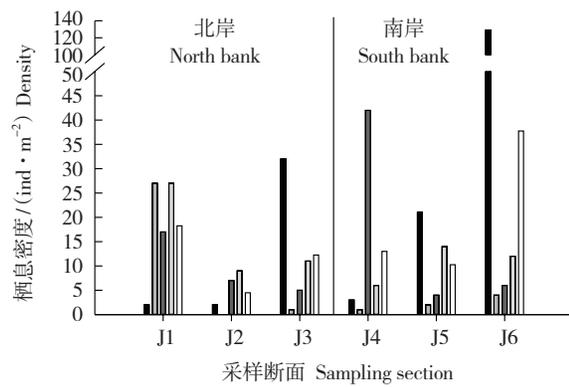


图3 椒江口多毛类栖息密度的时空变化
Fig. 3 Temporal and spatial variation of polychaete density in Jiaojiang estuary

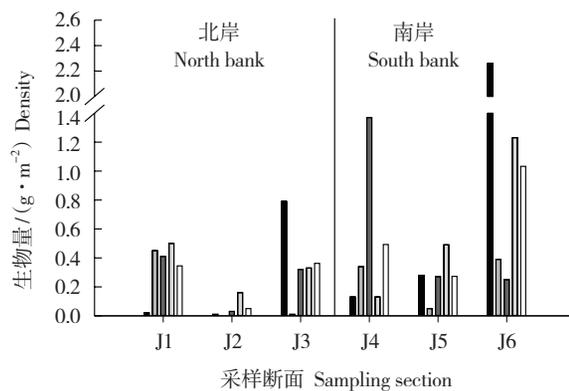


图4 椒江口多毛类生物量的时空变化特征
Fig. 4 Temporal and spatial variation of polychaete biomass in Jiaojiang estuary

图2-图4图例:
(Legends of Fig.2-Fig.4)

- 春季 Spring
- ▒ 夏季 Summer
- 秋季 Autumn
- 冬季 Winter
- 平均 Average

2.3 与环境因子的关系

各项环境因子中,海水温度和沉积物温度空间差异很小,但季节变化较大(图5);而海水盐度、沉积物粒径等季节变化不明显,但在采样断面间存在差异(表2)。将各断面多毛类种数、栖息密度和生物量的季节平均值与沉积物中砂(0.063 mm ≤ d < 2 mm)、

粉砂(0.004 mm ≤ d < 0.063)、黏土(d < 0.004 mm)的季节平均值以及滩涂宽度进行相关分析(表3)。由表2可以看出,物种数量与砂含量、黏土含量和滩涂宽度分别呈显著负相关(P < 0.05)、显著正相关和极显著正相关(P < 0.01),栖息密度和生物量呈极显著正相关,此外,滩涂宽度和盐度呈极显著正相关。

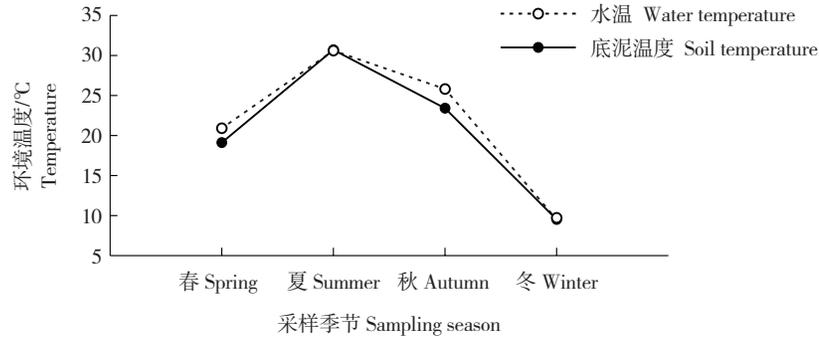


图5 椒江口环境温度的季节变化

Fig. 5 Seasonal variation of environmental temperature in Jiaojiang estuary

表2 椒江口环境因子时空变化

Tab. 2 Temporal and spatial variation of environmental factors in Jiaojiang estuary

采样断面 Sampling section	盐度 Salinity				砂含量/% Percentage of sand		粉砂含量/% Percentage of silt		黏土含量/% Percentage of clay		滩涂宽度/m Beach width
	春 Spr.	夏 Sum.	秋 Aut.	冬 Win.	春 Spr.	秋 Aut.	春 Spr.	秋 Aut.	春 Spr.	秋 Aut.	
J1	12.15	11.72	13.93	10.4	7.59	8.22	72.02	76.09	20.39	15.69	68
J2	14.88	14.73	17.37	13.2	14.05	6.76	72.62	78.64	13.33	14.6	130
J3	17.2	16.89	12.9	18.74	2.05	0.17	79.75	71.78	18.2	28.05	488
J4	10.9	11.4	12.07	12.4	1.9	3.24	79.57	71.3	18.53	25.46	110
J5	13.39	15.83	14.87	12.96	1.53	1.01	78.47	76.11	20	22.88	330
J6	19.28	19.97	18.53	20.34	0.69	0.87	75.71	75.2	23.6	23.93	776

表3 椒江口多毛类物种数、栖息密度、生物量与环境因子间的相关分析

Tab. 3 Correlation analysis among poly chaeter species number, density, biomass and some environmental factors in Jiaojiang estuary

项目 Item	盐度 Salinity	砂含量 Percentage of sand	粉砂含量 Percentage of silt	黏土含量 Percentage of clay	滩涂宽度 Beach width	栖息密度 Density	生物量 Biomass
盐度 Salinity							
砂含量 Percentage of sand	-0.387						
粉砂含量 Percentage of silt	0.229	-0.483					
黏土 Percentage of clay	0.364	-0.970*	0.256				
滩涂宽度 Beach width	0.926**	-0.685	0.279	0.679			
栖息密度 Density	0.594	-0.439	-0.282	0.562	0.721		
生物量 Biomass	0.574	-0.613	-0.149	0.718	0.750	0.955**	
物种数 Species number	0.809	-0.849*	0.366	0.836*	0.963**	0.650	0.739

注: ** P < 0.01; * P < 0.05.

Note: ** P < 0.01, * P < 0.05.

3 讨论

3.1 温度对多毛类的影响

椒江口多毛类种类组成较为复杂,广温广布种比例较高,如寡鳃齿吻沙蚕、双鳃内卷齿蚕、独齿围沙蚕、多齿围沙蚕、软疣沙蚕、异足索沙蚕、背蚓虫、丝异须虫、长锥虫等物种,各季节的优势种也多为以上物种构成。而热带种和北方冷水种数量则较少,同时栖息密度也较低,优势度不高。

季节变化对多毛类具有较大的影响,春季多毛类物种数量、栖息密度和生物量均为全年最高,这与蔡立哲等^[7]和安传光等^[8]的研究结果较为类似,原因可能是春季多毛类进入生长繁殖季节,许多新个体进入群落,而夏季温度较高不利于多毛类的生存。本次调查中多毛类的种数量较高,但夏季只有4种,与王益鸣等^[4]对椒江口多毛类的报道结果一致。此外,春季浮游生物大量增殖,给多毛类等底栖动物提供了充足的食物来源,这也可能造成多毛类等大型底栖动物物种丰富度、栖息密度、生物量呈较高状态^[9]。

3.2 底质对多毛类的影响

底质构成对多毛类空间分布具有重要的影响^[10-11],本调查结果具有同样的特征,如黏土含量与物种数量呈显著的正相关关系,究其原因可能是较细的沉积物所含的有机质相对丰富,更容易支持更多的物种和生物量。本次调查中沉积物构成具有顺河流到海洋方向砂含量越来越低,沉积物越来越细的趋势,估计这是导致J3和J6断面的物种数高于其他几条断面的原因。此外,本研究中滩涂宽度对多毛类动物具有显著的影响,这可能是滩涂宽度越大,即坡度越缓,水动力作用越弱,底质环境更为稳定,有利于多毛类动物的充分发展,同时也有利于海水中有机颗粒物沉降,有机质更为丰富,为生物提供了充足的食物来源。

3.3 污染对多毛类影响

椒江口环境的恶化始于20世纪80年代,当时河口沿岸大量医药化工企业的运行给周围环境带来巨大危害^[4]。近几年经过政府和企业的共同努力,规定污水需经处理后排放,生态环境有所好转。但随着

经济发展,医化企业数量越来越多,规模越来越大,在本研究的J2和J5断面上游沿岸呈集群分布态势;同时该区域修、造船厂以及码头较多,来往船只众多,目前船舶含油废水、工厂废水以及沿岸居民生活污水的排放仍对周围环境造成了较为严重的污染。江锦花等^[12-13]报道,椒江口外沙化工园区和临海化工园区的排污导致附近沉积物中多环芳烃、苯胺和硝基苯等污染物浓度显著高于下游较远处区域。王益鸣等^[4]报道外沙化工园区周围的水域营养盐、Hg、As、Cu和Pb等重金属和有机污染物等因子严重超标,属恶性污染,导致底质环境脆弱,生存环境恶化,潮间带大型底栖动物的生物多样性较低,外部开阔水域(本研究J3和J6断面附近)各污染物浓度显著降低。有关生态毒理学研究证明,石油烃、Cd²⁺和Cu²⁺等重金属离子对多毛类沙蚕有明显的毒性效应^[14-15],因此,环境污染也可能是导致本研究区域各断面多毛类物种数差别较大的原因之一。国内外其他河口潮间带生物调查研究亦说明在入海河口区域严重的污染物排放对大型底栖动物的影响可能要超过盐度、沉积物结构等环境因素。McLusky^[16]对位于苏格兰的Forth河口大型底栖动物进行过类似研究,认为这种现象归咎于环境污染,而不是自然环境的变化。García-Arberas和Rallo^[15]对大西洋东北部位于比斯开湾中的3处河口潮间带大型底栖动物进行过研究,发现位于工业区的La Arena和Plentzia河口大型底栖动物种数分别为22种和48种,而受人类影响很小的Rallo河口有88种,因而认为La Arena和Plentzia河口物种数减少主要原因是工业污染。王艳玲等^[18]等报道大沽河口由于处于水交换能力较差的胶州湾内,河口区工业所排污染物较难扩散,导致物种数很低,只发现1种。

而本次调查结果表明,位于两大化工园区附近的J1、J2、J4、J5断面物种数明显少于位于下游较远处的J3和J6断面,方差分析结果表明一年中有春、冬两季位于工业园区附近断面的物种数要显著或极显著低于位于下游较远处断面的物种数,此外,两区域栖息密度没有显著差异,可以认为,化工、造船企业

排污是导致其附近的潮间带底栖多毛类物种结构发生变化,单一化程度高,物种数较低的重要原因。

综上所述,本研究结果显示,在空间分布上,顺河流到海洋方向多毛类物种数量呈现增加趋势;栖息密度和生物量最高值均出现在三甲八塘断面,最低为杜下浦闸断面;在季节变化上物种数、栖息密度和生物量存在明显的季节变化,三者春季均为最高,秋、冬季次之、夏季最低。环境因子与多毛类分布相关分析结果显示,沉积物结构、滩涂宽度对多毛类物种数具有显著的影响。此外,方差分析结果显示,化工园区附近的采样断面(J1, J2, J4和J5)与下游邻近区域断面(J3和J6)的物种数差异程度较大,而于栖息密度和生物量差异相对较小,环境污染则可能是导致这种现象的主要原因。有关自然环境下多毛类对各类污染因子的耐受阈值,以及各污染因子联合作用对多毛类的影响机理需要进行深入研究。

致谢:国家海洋局第二海洋研究所张富元研究员在沉积物粒度测定上给予很大帮助,特此致谢!

参考文献:

- [1] 杜飞雁,张汉华,李纯厚,等. 大亚湾大型底栖动物种类组成及物种多样性[J]. 中国水产科学,2008,15(2): 252-259.
- [2] Harrel R C, Smith S T. Macrobenthic community structure before, during, and after implementation of the Clean Water Act in the Neches River Estuary (Texas)[J]. *Hydrobiologia*,2002,474: 213-222.
- [3] 刘莲,马道华. 椒南化工区排污口附近海域的底栖生物状况[J]. 海洋学研究,2005,23(2): 50-55.
- [4] 王益鸣,张凤英,许贞平,等. 椒江河口生态环境质量评价[J]. 浙江海洋学院学报:自然科学版,2005,24(3): 221-226.
- [5] 沈国英,施并章. 海洋生态学[J]. 北京: 科学出版社,2002: 158-159.
- [6] 徐兆礼,陈亚瞿. 东黄海秋季浮游动物优势种聚集强度与与鲈鲶渔场的关系[J]. 生态学杂志,1989,8(4): 13-15.
- [7] 蔡立哲,厉红梅,林鹏,等. 深圳河口潮间带泥滩多毛类的数量变化及环境影响[J]. 厦门大学学报:自然科学版,2001,40(3): 741-750.
- [8] 安传光,赵云龙,林凌,等. 长江口九段沙潮间带大型底栖动物季节分布特征的初步研究[J]. 水产学报,2007,31(suppl): 52-58.
- [9] Desroy N, Denis L. Influence of spring phytodetritus sedimentation on intertidal macrozoobenthos in the eastern English Channel [J]. *Marine Ecology Progress Series*,2004,270: 41-53.
- [10] Gaudêncio M J, Cabral H N. Trophic structure of macrobenthos in the Tagus estuary and adjacent coastal shelf [J]. *Hydrobiologia*,2007,587: 241-251.
- [11] Desroy N, Janson A L, Denis L, et al. The intra-annual variability of soft-bottom macrobenthos abundance patterns in the North Channel of the Seine estuary [J]. *Hydrobiologia*,2007,588: 173-188.
- [12] 江锦花,朱利中,张明. 椒江口水体和生物体中典型有机污染物的浓度水平及来源初探[J]. 环境化学,2006,25(5): 546-549.
- [13] 江锦花. 台州湾海域表层沉积物中多环芳烃的浓度水平、富集规律及来源[J]. 海洋通报,2007,26(4): 85-90.
- [14] 孙福红,周启星,张倩如. 石油烃、Cu²⁺对沙蚕的毒性效应及其抗氧化酶系统的影响[J]. 环境科学,2006,27(7): 1415-1419.
- [15] 王晶,周启星,张倩茹,等. 沙蚕暴露于石油烃、Cu²⁺和Cd²⁺毒性效应及乙酰胆碱酯酶活性的响应[J]. 环境科学,2007,28(8): 1796-1801.
- [16] McLusky D S. Intertidal habitats and benthic macrofauna of the Forth Estuary, Scotland [A]. *Proceedings of the Royal Society of Edinburgh*,1987,93(B): 389-399.
- [17] García-Arberas L, Rallo A. The intertidal soft-bottom infaunal macrobenthos in three Basque Estuaries (Gulf of Biscay): a feeding guild approach [J]. *Hydrobiologia*,2002,475/476: 457-468.
- [18] 王艳玲,崔文连,刘峰,等. 青岛市大沽河河口区生态环境现状研究[J]. 中国环境监测,2007,23(3): 77-80.

Relationship between environmental factors and temporal and spatial variation of benthic polychaetes in intertidal flats of Jiaojiang estuary

ZHAO Yong-qiang, CHEN Quan-zhen, ZENG Jiang-ning, GAO Ai-gen, HUANG Yi-jun, SHOU Lu, LIAO Yi-bo

(Laboratory of Marine Ecosystem and Biogeochemistry, Second Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Hangzhou 310012, China)

Abstract: In order to understand the temporal and spatial variation of macrobenthic polychaetes, and the influence of natural environment change and industrial pollution on macrobenthic polychaetes in intertidal flats, Jiaojiang Estuary, field investigation of macrobenthic polychaetes and environmental factors were carried out in October 2007, January, April and July 2008. The temporal and spatial variation of polychaetes (including species number, density, and biomass), and the impact of some environmental factors (environmental temperature, sediment grain size, beach width, and salinity) on polychaetes were analyzed. The main results are as follows: (1) A total of 20 macrobenthic polychaetes species are obtained, most of which are eurythermal and widespread. (2) There is a distinct seasonal variations of species number, density, and biomass, the value of which are higher in spring (species number, density, and biomass are 13, 31.5 ind/m² and 0.58 g/m², respectively) than that in any other seasons, while those in autumn and winter are in the next place, and in summer (species number, density, and biomass are 4, 5.8 ind/m², and 0.21 g/m² respectively) are lowest. (3) The species number presents an ward trend from the sampling section near the industrial areas to that in the far downstream area. (4) Sediment grain size and beach width have a significant influence on macrobenthic polychaetes. Higher species number, density and biomass were found in the sections with wider beach and finer sediment. [Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16 (4): 580–587]

Key words: Jiaojiang estuary; intertidal zone; benthos; polychaetes; environmental factor

Corresponding author: CHENG Quan-zhen. E-mail: chengz6509@126.com