

典型河口浮游动物种类数及生物量 变化趋势的研究*

张达娟^{1,2} 闫启仑¹ 王真良¹

(1. 国家海洋环境监测中心 大连 116023; 2. 大连水产学院生命科学与技术学院 大连 116023)

提要 依据国家海洋局 2004—2006 年每年 5 月和 8 月的黄河口、长江口和珠江口生态监控区浮游动物的监测结果,对上述河口浮游动物和桡足类种类数及浮游动物生物量分布进行了分析,并将结果与历史资料进行同测区、同季节的对比。结果表明,与全国海洋普查时期相比,2006 年黄河口浮游动物种类数下降了 50.6%,桡足类种类数下降了 53.3%;桡足类在浮游动物中所占比重由 1985 年的 42.4% 下降到 2006 年的 32.6%。长江口浮游动物种类数有所上升,但是桡足类种类数由 1985 年的 62 种降低到 2006 年的 37 种;桡足类在浮游动物中的比重从 1958 年的 54.2% 降低到 2006 年的 42.5%。珠江口桡足类在浮游动物中所占的比例由 1959 年的 59.3% 下降到 54.4%,未发生明显变化。黄河口春季、夏季浮游动物生物量上升趋势不明显,夏季增幅较小;长江口自 2000 年以后春季浮游动物平均生物量为 528.36 mg/m³,是 1958 年的 2.4 倍,2005 年与 2006 年夏季浮游动物生物量分别是 1958 年的 2.2 和 2.7 倍,增加趋势十分明显;珠江口春季浮游动物生物量上升趋势最为显著,2004—2006 年 3 年春季浮游动物平均生物量是 1959 年同期的 5.7—8.7 倍,1981 年、2006 年夏季生物量分别比 1959 年增加了 3.1 倍和 11 倍。就这 3 个河口生物量变化趋势看,珠江口生物量的上升趋势最为明显,长江口次之,黄河口变化幅度较小。

关键词 河口,浮游动物,桡足类,种类,生物量

中图分类号 Q958.8

河口区是径流和海洋相互作用的复杂水域 (Zheng *et al.*, 2004)。一方面,由于径流输入,水体中营养物质相对较为丰富,这也是河口区及其毗邻海域多成为重要渔业区的主要原因之一 (郭沛涌等, 2003; Lopes *et al.*, 2007),如长江口的舟山渔场和吕泗渔场;另一方面,大量营养物质的输入易造成周围水体的富营养化;与此同时,径流自上游携带的污染物大多堆积在河口及其附近水域,致使河口水域生态环境出现不同程度的恶化。河口水体环境的不断变化导致该水域生物种类组成及生物量等发生一系列的变化 (Kibirige *et al.*, 2003; 纪焕红等, 2006; 全为民等, 2005; 陈吉余等, 2003; 王增焕等, 2005; 刘芳文

等, 2002)。

浮游动物是河口生物的重要组成部分之一,它的摄食活动决定着海洋初级生产到次级生产的转化,在物质及能量传递过程中发挥着承上启下的作用;同时它产生的大量粪便颗粒是海洋中颗粒有机物的主要形式,也是垂直碳通量的重要组成部分 (王荣等, 1997; Lam-Hoai *et al.*, 2006)。由于浮游动物对环境变化较为敏感,故常常被作为反映海洋环境变化的研究对象 (Radi *et al.*, 2004; 徐兆礼, 2005)。目前,对于浮游动物生态调查的研究较多,而对于浮游动物中桡足类种类数和生物量变化趋势的研究相对较少。本文就这两方面进行阐述,以期为基础研

* 我国近海海洋综合调查评价(908)专项:“海洋生态系统健康评价”(908-02-04-01)和“海洋生态系统安全评价”(908-02-04-02);国家海洋局全国近岸生态监控区监测专项。张达娟, 硕士, E-mail: iamslinnaa@163.com

通讯作者: 闫启仑, 研究员, E-mail: qlyan@nmemc.gov.cn

收稿日期: 2007-03-28, 收修改稿日期: 2007-06-19

究积累资料。

本文的核心数据来自 2004—2006 年每年的 5 月和 8 月国家海洋局对黄河口、长江口及珠江口生态监控区浮游动物的监测结果。各个河口的监测范围分别为: 黄河口 37°20'00"—38°02'22" N, 118°56'31"—119°31'00" E; 长江口 37°30'—31°45' N, 121°04'—123°00' E; 珠江口 21°55'—22°47' N, 113°05'—114°00' E。本文中用实际调查结果与历史资料相对比的方法, 对河口区浮游动物种类组成及生物量的变化进行分析, 以期说明其变化趋势与规律。

1 浮游动物种类组成及其变化趋势

浮游动物的组成主要涉及 8 大类, 原生动物、轮虫、水母、栉水母、甲壳动物、软体动物、毛颚动物和被囊动物。其中甲壳动物最为重要, 桡足类作为甲壳动物中重要的组成部分, 在浮游动物的种类和数量组成中具有举足轻重的作用。

目前已经定种的海洋浮游动物大约有 7000 种。桡足类, 无论种类还是数量均较多, 已鉴定到种的桡足类约为 1200 种, 数量大约占海洋浮游动物的 70% 以上, 而且在世界各大海区均有分布。讨论桡足类的种类及数量的变化, 以及在浮游动物中所占的比重能很好的代表整个浮游动物种类组成及数量变化的趋势。

1.1 浮游动物种类数变化

表 1 是各个河口浮游动物及其中桡足类种类数的变化情况。黄河口浮游动物种类数呈明显的下降趋势, 由 1959 年的 87 种(毕洪生等, 2000)降低到 2006 年的 43 种, 下降了 50.6%; 长江口及珠江口浮游动物种类数在 1959 年全国海洋普查时由于并未鉴定小型种类, 致使鉴定出的浮游动物种类数偏低, 分别为 24 种、27 种; 20 世纪 80 年代以后对浮游动物种类组成的分析逐步详细, 并开始记录小型桡足类, 因此, 作者选用这一时期的浮游动物种类数作为基准线来进行比较。长江口浮游动物种类数呈现不同程度的上升趋势, 1982 年为 68 种(朱启琴, 1988), 2004 年为 119 种, 2006 年为 87 种, 分别增加了 75.0% 和 27.9%, 虽然浮游动物种类数有所增加, 但其中的桡足类种类数却在减少, 说明浮游动物种类组成结构发生变化。珠江口地处热带海区, 浮游动物种类组成较为丰富, 由于收集的资料有限, 并未发现浮游动物种类变化的规律, 其浮游动物种类数 1980 年为 211 种(广东省海岸带和海涂资源调查办公室, 1988), 2005 年和 2006

年分别为 167 种、215 种, 种类数变化趋势不明显。

表 1 各个河口浮游动物及桡足类种类数
Tab.1 The number of species of zooplankton and copepoda in each estuary

调查水域	调查年份	浮游动物种类数(种)	桡足类种类数(种)	资料来源
黄河口	1959	87	30	毕洪生等, 2000
	1982	56	21	白雪娥等, 1991
	1985	66	28	中国海湾志编纂委员会, 1998
	1998	53	16	王克等, 2002
	2004	27	12	本文
	2005	40	13	本文
长江口	2006	43	14	本文
	1959	24	13	全国海洋普查 ¹⁾
	1961	45	22	陈亚瞿等, 1985
	1982	68	45	朱启琴, 1988
	1985	162	62	高尚武等, 1992
	1999	87	31	郭沛涌等, 2003
珠江口	2004	119	48	本文
	2006	87	37	本文
	1959	27	16	全国海洋普查 ²⁾
	1980	211	89	广东省海岸带和海涂资源调查办公室, 1988
	2004	140	54	本文
	2005	167	65	本文
	2006	215	117	本文

注: 桡足类的种类数和浮游动物的种类数均出于同一篇文献。表 3 同

1) 全国海洋综合调查报告第八册, 1977. 天津: 海洋综合调查办公室出版。全国海洋综合调查资料报告第六册, 1961, 天津: 海洋综合调查办公室出版

2) 全国海洋综合调查资料报告第七册, 1961, 天津: 海洋综合调查办公室出版

1.2 桡足类种类数变化趋势

全国海洋普查时黄河口桡足类共鉴定出 30 种(毕洪生等, 2000); 1980—1985 年间的 2 次调查中, 桡足类的种类数均高于 20 种, 与全国海洋普查时相比虽然有一定程度的下降, 但是变化幅度不大; 自 1985 年以后的几次调查中, 桡足类的种类数均低于 20 种, 2006 年共鉴定出桡足类 14 种, 比全国海洋普查时下降了 53.3%, 桡足类在浮游动物中的所占比重由 1985 年的 42.4% 下降到 2006 年的 32.6%。

长江口桡足类种类数 1985 年最多, 为 62 种(高尚武等, 1992), 此后桡足类种类数有一定程度的减少, 降低到 2004 年的 48 种和 2006 年的 37 种, 种类数分

别减少了 22.6%和 40.3%。桡足类在浮游动物种类组成中所占的比重也由 1982 年的 66.2%降低到 2004 年的 40.3%和 2006 年的 42.5%。

在珠江口, 1980 年共鉴定出桡足类 89 种, 是 3 个河口历史上的最大值, 2006 年, 共鉴定出桡足类 117 种, 较 1980 年相比增加了 31.5%, 桡足类在浮游动物中所占的比重由 42.2%上升到 54.4%, 桡足类种类数自 1980 年至 2006 年期间波动幅度较大。

结合表 1, 选取 1959 年、1982 年(珠江口为 1980 年)、2004 年和 2006 年这四个较为有代表性的年份中桡足类种类数的变化情况作表 2。总体上, 3 个河口相比, 黄河口和长江口桡足类种类数随时间的变化逐渐降低, 尤其是黄河口, 降低趋势非常明显, 珠江口桡足类的种类数随着时间的变化呈增加趋势。

表 2 各河口的桡足类种类数(种)
Tab.2 The number of copepoda species in each estuary

调查水域	1959 年	1982 年	2004 年	2006 年
黄河口	30	21	12	14
长江口	13	45	48	37
珠江口	16	89	54	117

2 各个河口浮游动物生物量现状及变化趋势

表 2 列出各个河口浮游动物生物量的监测与调查结果, 总体上, 各个河口浮游动物的生物量, 无论是春季还是夏季均有不同程度的增加。

2.1 各个河口春季浮游动物生物量现状及变化趋势

黄河口春季浮游动物生物量变化趋势较不明显(表 3)。1959 年春季浮游动物生物量为 $409.3\text{mg}/\text{m}^3$, 1984 年为 $316\text{mg}/\text{m}^3$ (中国海湾志编纂委员会, 1998), 黄河口春季浮游动物生物量一般集中在 $300\text{mg}/\text{m}^3$ 左右, 最高值出现在 2004 年, 达到 $1298.42\text{mg}/\text{m}^3$, 是 1959 年的 3 倍多, 虽然仅出现一次, 但在一定程度上反映了生物量增加这一趋势。

长江口春季浮游动物生物量波动较大, 但其上升趋势十分明显(表 3)。1959 年春季浮游动物平均生物量仅为 $224.05\text{mg}/\text{m}^3$, 至 20 世纪 80 年代中期仍未超过 $300\text{mg}/\text{m}^3$, 到 90 年代末期时上升到 $674.28\text{mg}/\text{m}^3$ (郭沛涌等, 2003), 是 1959 年的 3 倍。自 2000 年至 2006 年, 长江口春季浮游动物生物量平均值为 $528.36\text{mg}/\text{m}^3$, 是 1959 年的 2.4 倍。

珠江口春季浮游动物生物量上升趋势非常明显, 1959 年为 $101.00\text{mg}/\text{m}^3$, 1981 年达到 $213.2\text{mg}/\text{m}^3$ (中国

海湾志编纂委员会, 1998), 是 1959 年的 2.1 倍, 2004 年以后的每次春季调查中生物量均高于 $500\text{mg}/\text{m}^3$, 是 1959 年的近 5 倍。

表 3 各河口浮游动物生物量
Tab.3 The zooplankton biomass of each estuary

调查水域	年份	生物量(mg/m^3)		文献来源	
		春季	夏季		
黄河口	1958	—	100.20	毕洪生等, 2000	
	1959	409.3	86.00	毕洪生等, 2000	
	1982	250	154.5	白雪娥等, 1991	
	1984	316	249	中国海湾志编纂委员会, 1998	
	1999	321	143	王克等, 2002	
	2004	1298.42	260.31	本文	
	2005	146.44	118.13	本文	
	2006	340.57	179.65	本文	
	长江口	1958	—	240.65	全国海洋普查 ¹⁾
		1959	224.05	462.1	全国海洋普查 ¹⁾
1961		117.3	143.8	陈亚瞿等, 1985	
1982		—	328	朱启琴, 1988	
1983		160	—	朱启琴, 1988	
1986		277.8	141	高尚武等, 1992	
1999		674.28	—	郭沛涌等, 2003	
2000		482.64	1022.65	徐兆礼, 2005	
2001		542.18	—	王克等, 2004	
2002		395.21	532.26	徐兆礼等 ²⁾ , 2005	
2003		154.73	201.38	徐兆礼等 ²⁾ , 2005	
2004		677.49	43.98	本文	
珠江口	2005	—	537.24	本文	
	2006	257.12	647.49	本文	
	1959	101.00	58.00	全国海洋普查 ²⁾	
	1960	33.00	—	全国海洋普查 ²⁾	
	1981	213.2	239.8	中国海湾志编纂委员会, 1998	
	2004	571.54	152.34	本文	
2005	656.18	444.77	本文		
2006	874.5	712.94	本文		

注: 表注同表 1

由于历史调查并不是每年进行的, 致使这 3 个河口历史同期浮游动物生物量数据缺乏, 表 4 中长江口和珠江口浮游动物生物量分别选用的是 1983 年、1981 年同期的历史数据, 尽管选择的年限不同, 但是可以代表 20 世纪 80 年代初期各个河口浮游动物生物量水平。

结合表 3 和表 4 可以看出, 春季各个河口浮游动

物生物量总体上随着时间的变化呈逐渐上升的趋势, 这三个河口的增加幅度由大到小排列为: 珠江口>长江口>黄河口。

表 4 各河口春季浮游动物生物量(mg/m³)
Tab.4 The zooplankton biomass of each estuary in spring (mg/m³)

调查水域	1959 年	1982 年	2004 年	2006 年
黄河口	409.3	250	1298.42	340.57
长江口	224.05	160.0	677.49	257.12
珠江口	101.00	213.2	571.54	874.5

2.2 各个河口夏季浮游动物生物量变化趋势

从表 3 可以看出, 自 1959 年至 2006 年, 黄河口夏季浮游动物生物量其最高值出现在 2004 年 (260.31mg/m³), 是全国海洋普查同期的 2.6—3.0 倍。与历史资料相比, 黄河口夏季浮游动物生物量呈增加趋势, 但增幅较小。

长江口夏季浮游动物生物量总体上呈上升趋势。1958 年浮游动物平均生物量为 240.65mg/m³, 随时间推移, 呈波动式增加, 2006 年达到 647.49mg/m³, 是全国海洋普查时期的 1.4—2.7 倍。

相比较来说, 在 3 个河口, 珠江口夏季浮游动物生物量的上升趋势最为显著。1959 年仅为 58.00mg/m³, 1981 年达到 239.8mg/m³(中国海湾志编纂委员会, 1998), 增加了 3.1 倍, 2006 年更达到 712.94mg/m³, 增加了 11 倍之多。

表 5 是各个河口夏季浮游动物生物量变化曲线(为了使比较时间统一, 表中珠江口所引用的数值为 1981 年夏季浮游动物生物量)。与历史同期相比, 3 个河口夏季浮游动物生物量均有一定的增加, 但增加幅度不同: 珠江口的增加幅度最大, 长江口次之, 黄河口增加幅度最小。

一般说来, 浮游动物的春季生物量要高于夏季生物量, 这与营养盐的消耗和补充及浮游植物生物量有直接关系, 3 个河口的监测与调查结果也反映了这一规律, 尤其是黄河口浮游动物生物量的季节变化最为典型, 每次调查中春季的生物量均高于夏季。

表 5 各河口夏季浮游动物生物量(mg/m³)
Tab.5 The zooplankton biomass of each estuary in summer (mg/m³)

调查水域	1959 年	1982 年	2004 年	2005 年	2006 年
黄河口	86.00	154.5	260.31	118.13	179.65
长江口	462.1	328	43.98	537.24	647.49
珠江口	58.00	239.8	152.34	444.77	712.94

3 结语

(1) 黄河口浮游动物种类数呈明显的下降趋势, 与 1959 年相比, 2006 年下降了 50.6%; 长江口浮游动物种类数呈上升趋势, 与 1982 年相比, 2006 年增加了 27.9%; 由于收集资料有限, 珠江口浮游动物种类组成未看出变化规律, 1980 年和 2006 年均均为 210 多种。

(2) 黄河口和长江口桡足类的种类数都逐渐减少, 与全国海洋普查时期相比, 黄河口桡足类种类数下降了 53.3%; 长江口与 1985 年同期调查相比下降了 40.3%; 珠江口桡足类种类数波动相对较大, 由于资料有限, 未看出变化规律。黄河口和长江口桡足类在浮游动物种类组成中所占比重呈下降趋势, 与 20 世纪 80 年代初相比分别下降了 9.8% 和 23.5%; 珠江口桡足类在浮游动物中所占的比例由 1959 年的 59.3% 下降到 54.4%, 未发生明显变化。桡足类种类数变化及其在浮游动物种类组成中所占比例的变化, 反映出各个河口浮游动物种类组成的变化趋势, 但仍需要更多的资料加以证实。

(3) 通过各个河口春、夏季浮游动物生物量与历史同期调查结果相比, 可以看出, 长江口和珠江口附近水域春季浮游动物生物量随着时间的变化逐渐增加, 而黄河口附近水域浮游动物生物量增加的幅度并不大。各个河口夏季浮游动物生物量的增加幅度大于春季的增加幅度, 但总体的生物量水平均低于同年春季生物量水平。3 个河口春季、夏季浮游动物生物量增加幅度最大的为珠江口, 其次为长江口, 增加幅度最小的是黄河口。对于引起浮游动物生物量增加的因素有很多, 这方面还有待进一步研究。

参 考 文 献

- 广东省海岸带和海涂资源调查办公室, 1988. 广东省海岸带和海涂资源综合调查报告. 北京: 海洋出版社, 2—17
- 王 克, 王 荣, 左 涛等, 2004. 长江口及邻近海区浮游动物总生物量分析. 海洋与湖沼, 35(6): 568—57
- 王 克, 张武昌, 王 荣等, 2002. 渤海中南部春秋季节浮游动物群落结构. 海洋科学集刊, 44: 34—42
- 王 荣, 范春雷, 1997. 东海浮游桡足类的摄食活动及其对垂直碳通量的贡献. 海洋与湖沼, 28(6): 579—587
- 王增焕, 林 钦, 李纯厚等, 2005. 珠江口重金属变化特征与生态评价. 中国水产科学, 11(3): 214—219
- 中国海湾志编纂委员会, 1998. 中国海湾志第十四分册. 北京: 海洋出版社, 66—75
- 白雪娥, 庄志猛, 1991. 渤海浮游动物生物量及其主要种类数量变动的研究. 海洋水产研究, 12: 71—92
- 毕洪生, 孙 松, 高尚武等, 2000. 渤海浮游动物群落生态特点. 种类组成与群落结构. 生态学报, 20(5): 715—721

- 朱启琴, 1988. 长江口、杭州湾浮游动物生态调查报告. 水产学报, 12(2): 111—112
- 全为民, 沈新强, 韩金娣等, 2005. 长江口及邻近水域富营养化现状及变化趋势的评价与分析. 海洋环境科学, 24(3): 13—16
- 刘芳文, 颜文, 2002. 珠江口及其邻近水域的化学污染研究进展. 海洋科学, 26(6): 27—30
- 纪焕红, 叶属峰, 2006. 长江口浮游动物生态分布特征及其与环境的联系. 海洋科学, 30(6): 23—30
- 陈吉余, 陈沈良, 2003. 长江口生态环境变化及对河口治理的意见. 水利水电技术, 34(1): 19—25
- 陈亚瞿, 郑国兴, 朱启琴, 1985. 长江口区浮游动物初步研究. 东海海洋, 3(3): 53—61
- 徐兆礼, 2005. 长江口北支水域浮游动物的研究. 应用生态学报, 16(7): 1341—1345
- 徐兆礼, 沈新强, 2005. 长江口水域浮游动物生物量及其年间变化. 长江流域资源与环境, 14(3): 282—286
- 高尚武, 张河清, 1992. 长江口区浮游动物生态研究. 海洋科学集刊, 33: 201—216
- 郭沛涌, 沈焕庭, 刘阿成等, 2003. 长江河口浮游动物的种类组成、群落结构及多样性. 生态学报, 23(5): 892—900
- Kibirige I, Perissinotto R, 2003. The zooplankton community of the Mpenjati Estuary, a South African temporarily open/closed system. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 58: 727—741
- Lopes C B, Lillebø A I, Dias J M *et al*, 2007. Nutrient dynamics and seasonal succession of phytoplankton assemblages in a Southern European Estuary: Ria de Aveiro, Portugal. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 71: 480—490
- Lam-Hoai T, Guiral D, Rougier C, 2006. Seasonal change of community structure and size spectra of zooplankton in the Kaw River estuary (French Guiana). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 68: 47—61
- Radi Taoufik, Pospelova Vera, Anne de Vernal *et al*, 2004. Dinoflagellate cysts as indicators of water quality and productivity in British Columbia estuarine environments. Marine Micropaleontology, 62: 269—297
- Zheng Lianyuan, Chen Changsheng, Zhang Frank Y, 2004. Development of water quality model in the Satilla River Estuary, Georgia. Ecological Modelling, 178: 457—482

VARIATION IN SPECIES NUMBER AND BIOMASS OF ZOOPLANKTON IN TYPICAL ESTUARIES OF CHINA

ZHANG Da-Juan^{1,2}, YAN Qi-Lun¹, WANG Zhen-Liang¹

(1. National Marine Environmental Monitoring Center, Dalian, 116023;

2. Dalian Fisheries University, College of Life Science and Biotechnology, Dalian, 116023)

Abstract Zooplankton is sensitive to environmental changes caused naturally or anthropically. The zooplankton distribution and changes in number of species and biomass major estuaries of China were studied for estuaries of Changjiang (Yangtze) River, Pearl River and Huanghe (Yellow) River. Data used in this paper were collected in May and August from 2004 to 2006 by the State Oceanic Administration of China. The data were analyzed against available previous data of the same area and season. The results show that, since 1958—1960, the number of zooplankton species decreased by 50.6% and copepoda by 53.3% in the Huanghe River Estuary, the proportion of copepoda in zooplankton decreased from 42.4% in 1985 to 32.6% in 2006. In the Changjiang River Estuary, the number of zooplankton species slightly changed, but that of copepoda decreased from 62 in 1985 to 37 in 2006; the proportion of copepoda in zooplankton decreased from 54.2% in 1958 to 42.5% in 2006. In the Pearl River Estuary, the proportion of copepoda in zooplankton decreased from 59.3% in 1959 to 54.4% in 2006, and no clear change was found as limited by available data. Compared with the results of 1958—1960 marine survey, the zooplankton biomass in spring and summer in the Huanghe River Estuary changed slightly, mostly in summer. The average biomass of zooplankton in springs of 2000 to 2006 was 528.36 mg/m³ in the Changjiang River Estuary, being 2.4 times over that of 1958, similarly for the summer biomass for 2.2—2.7 times higher. In the Pearl River Estuary, the spring biomass has significantly increased from 1959 to 2004—2006 by 5.7—8.7 times, while that of summer biomass in 1981 and 2006 increased by 3.1 and 11 times over that of 1959, respectively. Therefore, all the three estuary areas show a tendency of increase, the largest in the Pearl River Estuary, and followed by the Changjiang River Estuary and the Huanghe River Estuary in turn.

Key words Estuary, Zooplankton, Copepoda, Species, Biomass