

东、黄海春秋小型底栖生物丰度和生物量研究

张志南, 林焯旋, 周 红, 韩 洁, 王睿照, 田胜艳

(中国海洋大学, 海洋生命学院, 青岛 266003)

摘要:《北斗号》调查船分别于 2000 年 10 月和 2001 年 4 月在 26°N 至 36°N, 120°E 至 126°30'E 东、黄海陆架浅水区调查中进行小型底栖生物的取样。研究表明, 两个航次(秋季、春季)小型底栖生物的平均丰度分别为 $654.25 \pm 441.72 \text{ ind}/10\text{cm}^2$ 和 $342.00 \pm 252.00 \text{ ind}/10\text{cm}^2$, 平均生物量分别为 $807.06 \pm 517.89 \mu\text{g dwt}/10\text{cm}^2$ 和 $285.25 \pm 173.72 \mu\text{g dwt}/10\text{cm}^2$; 平均生产量分别为 $7263.58 \pm 4664.18 \mu\text{g dwt}/(10\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 和 $2567.28 \pm 1563.50 \mu\text{g dwt}/(10\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 。两个航次小型生物的平面分布类似, 即高密度和高生物量区分布在水深等深线 50m 左右的站位上, 特别是在长江口以南的浙江沿海。共鉴定出 14 个小型生物类群, 按丰度自由生活海洋线虫是最优势的类群, 秋、春季两个航次的优势度分别为 87.2% 和 91.2%。其他优势类群依次为底栖桡足类、多毛类和动物类; 按生物量优势依次为多毛类 38.1%~54.0%, 线虫 28.3%~38.1% 和桡足类 9.0%~9.4%。垂直分布的研究表明, 91% 的小型生物分布在 0~5cm 的表层内, 线虫和桡足类分布在 0~2cm 的比例分别为 63% 和 86%。相关分析表明, 小型底栖生物的数量分布与粘土含量(%), 粉砂粘土含量(%) 和中值粒径 $MD\phi$ 呈显著相关, 与 Chl-a 和 Pha-a 呈高度显著相关。小型底栖生物与大型底栖动物的研究对比指明, 小型动物的生物量虽然仅占大型动物 20% 左右, 但其生产量却分别大型动物的 40%~84% (南黄海) 和 89%~207% (东海), 与国内外海域的同类研究进行了比较。

关键词: 小型底栖生物; 自由生活海洋线虫; 丰度; 生物量; 黄海和东海

Abundance and biomass of meiobenthos in autumn and spring in the East China Sea and the Yellow Sea

ZHANG Zhi-Nan, LIN Kui-Xuan, ZHOU Hong, HAN Jie, WANG Rui-Zhao, TIAN Sheng-Yan (College of Marine Life Science, Ocean University of China, Qingdao 266003, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(5): 997~1005.

Abstract: Meiobenthos abundance, biomass and its relation to the sedimentary environment in the East China Sea and the Yellow Sea were investigated based on samples collected by R/V Beido in autumn (October, 2000) and spring (April 2001). The dominant sediment type was very poor sorted silt-clay, with median diameter ($MD\phi$) from 5.64 to 8.26, and silt-clay content from 85.7% to 99.8%, this was found in the bottom of the cold water mass in central Yellow Sea, off the Yantze River estuary and in the southern part of Zhejiang coastal waters. The second dominant sediment type was fine sand with median diameter ($MD\phi$) from 2.57 to 3.34, and sand content from 64% to 94%, which was found mainly off the Yantze estuary and in the southern area where water depth is from 50m to 100m. The average concentrations in the top 5cm of sediment of Chl-a and Pha-a were $0.79 \pm 0.78 \text{ mg/kg sand}$ and $2.32 \pm 2.13 \text{ mg/kg sand}$ respectively in spring. Corresponding

基金项目: 国家重点基础研究资助项目(G19990437); 国家自然科学基金资助项目(40176033)

收稿日期: 2003-08-12; **修订日期:** 2004-03-10

作者简介: 张志南(1937~), 男, 青岛市人, 教授, 主要从事海洋底栖生态, 海洋生态动力学和海洋线虫系统分类学研究。E-mail: znzhang@ouc.edu.cn

致谢: 海洋大学生命学院部分师生协助室内分选, 《北斗号》部分船员和中国科学院海洋研究所刘汝山协助海上取样一并致谢

Foundation item: National Key Basic Research Program from The Ministry of Science and Technology, China (No. G1999043709) and the National Natural Science Foundation of China (No. 40176033)

Received date: 2003-08-12; **Accepted date:** 2004-03-10

Biography: ZHANG Zhi-Nan, Professor, mainly engaged in marine ecology, dynamics of marine ecological system and free-living marine nematodes systematics. E-mail: znzhang@ouc.edu.cn

Acknowledgements: We thank Dr. Liu Rushan and crew members on R/V BEIDO for assistance in collecting the samples and many thanks also to Dr. M. Austin of Plymouth Marine Laboratory in UK for correcting the English abstract.

values for Chl-a and Pha-a were 44% lower in autumn.

Total average abundance of meiobenthos was 654.25 ± 441.72 ind/10cm² and 342 ± 252 ind/10cm² in autumn and spring respectively, with corresponding biomass of 807.06 ± 517.89 μ g. dwt/10cm² and 285.25 ± 173.72 μ g. dwt/10cm² in the two seasons. There were similar patterns of spatial distribution for abundance and biomass in both seasons, that is, high values occurred along the isobath of 50m water depth, off the Zhejiang coastal waters in particular. Correlation analysis showed that there was significant correlation of abundance with clay, silt-clay content (%) and median diameter (*MD ϕ*), and highly significant correlation with Chl-a and Pha-a concentration.

A total of fourteen meiobenthos groups was identified. The most numerous taxonomic groups were nematodes, with relative dominance 87.2% in autumn and 91.2% in spring. The following groups were also important: benthic harpacticoids copepods, polychaetes and kinorhyncha. In terms of biomass, dominant groups were polychaetes (38.1%~54.0%), nematodes (28.3%~38.1%) and copepods (9.0%~9.4%). Analysis of vertical distribution indicated that 91% of the meiobenthos were in the top 0~5 cm of sediment.

Analysis of species composition of free living marine nematodes from five selected typical stations showed that the most dominant species differed between each station. As expected, the highest biodiversity was found at coastal station B1 ($H' = 3.79$) and at station E4 ($H' > 3.94$), the transitional area of the Yellow Sea with the East China Sea. Lowest biodiversity was observed at the cool water mass station C5 ($H' = 2.80$) in the central Yellow Sea, because of the relative stability and homogeneity of the sedimentary environment. There were higher H' Values at station F2 and H2 North and South of the Yantze River estuary. The patterns in the cluster dendrogram, together with the biodiversity analysis showed that the five selected stations came from totally different habitats and represent distinct communities. Comparison of biomass and production of meiobenthos with macrobenthos indicated that although the meiobenthic biomass is low, its production is almost equal to or even higher than that of macrobenthos because of the fast growing and much shorter life cycles for meiobenthos. More information is needed to identify the importance of these small animals in the energy flow of the benthic ecosystem in the East China Sea and the Yellow Sea.

Key words: meiobenthos; freeliving marine nematodes; abundance; biomass; East China Sea and Yellow Sea

文章编号:1000-0933(2004)05-0997-09 中图分类号:Q143 文献标识码:A

小型底栖生物在该研究中被定义为分选时通过 0.5mm 网筛但被 0.050mm 网筛保留的后生动物。小型底栖生物类群和物种极其多样,数量大且分布广,加之特有的生殖对策(繁殖快,生活史短,无浮游幼虫期等),由此,作为底栖生态系统中的一个重要环节和环境质量的重要指示生物正日益受到国际学术界的重视^[1-4]。有关陆架水域小型底栖生物丰度和生物量的研究,国际上,20世纪60年代至80年代已作了十分详尽的报道^[5-9]。在我国,渤海水域小型底栖生物的生态学研究启动较早^[10-17],而黄海水域仅见于胶州湾有机质污染带^[18]和南黄海部分水域^[18-20]。本文是黄、东海生态动力学研究2000年10月秋季航次和2001年4月春季航次共计34个站位的调查结果,为黄、东海水层-底栖耦合和资源补充机制提供基本参量。

1 材料和方法

1.1 调查海域和站位

研究样品由“北斗号”分别于2000年10月(秋季航次)和2001年4月(春季航次)采自26°N至36°N,120°E至126°30'E的广大陆架浅海水域。站位分布图见图1。

1.2 取样方法

使用内经2.6cm的有机玻璃管(由注射器改制),从未受扰动的0.1m²改进型Gray-Ohara箱式取样器中取重复样3个。芯样长5~10cm,取出后立即按0~2、2~5、和5~10cm分层装并,5%甲醛固定,虎红染色,Ludox-TM悬浮离心。0.5mm和0.05mm孔径的网筛分选,按类群分别挑选计数^[5,6,10]。沉积物取0~5cm表层沉积物混合后,取50g装塑料袋用作粒度分析,叶绿素和脱镁叶绿酸取两个重复芯样,芯样长5cm分成0~2cm和2~5cm两层,分装塑料袋保存在-20℃低温中带回室内分析。

1.3 数据处理和分析

生物量的测定按体积换算法^[5,6,21],小型底栖生物不同类群个体的平均体重参照Jario^[22],Widbom^[23]和张志南等^[14,15]。生产量按 $P/B=9$ 进行换算,表1提供的丰度和生物量值均为3个重复样的平均值。

沉积物粒度分析采用《海洋调查规范》^[24],Chl-a和Pha-a采用小型底栖生物研究导论^[5]。

2 结果和讨论

2.1 沉积物类型、组成及分布

东、黄海陆架浅水水域的沉积物类型属于镶嵌式分布,优势的沉积物类型为粉砂质粘土(TY),粘土-粉砂含量 85.7%~99.8%,中值粒径(MDφ)5.64~8.26,分选度很差,共 13 个站位,主要分布在南黄海等深线 50m 以深的冷水团水域、长江口外及其以南水深 50m 左右的浙江近海水域;另一种为细砂质沉积类型(FS),含砂量为 64%~94%,中值粒径(MDφ)2.57~3.34,除江苏沿海的 D4 站以外,分布在长江口以外和以南的 50m~100m 水深内。较粗的颗粒反映了底部黑潮暖流分支的动力作用。中值粒径(MDφ)的分布图反映了这两个主要沉积类型的存在,此外,还有砂-粉砂粘土(STY),粉砂质砂(TS)等沉积类型混杂其间。(图 2)

2.2 Chl-a 和 Pha-a 的分布

调查海域秋季航次叶绿素 a(Chl-a)的平均值为 0.55±0.23mg/kg 沉积物,除青岛近海的 A1 站以外;高浓度值均出现于长江口外(F2、F4 站)和浙江沿海水深等深浅 50m 左右的海域(H2、I2、J1)。脱镁叶绿酸(Pha-a)的平均值为 1.61±0.85 mg/kg,高浓度站位与 Chl-a 相同,只不过向深水延伸到黄海冷水团的 B8 和 A5 站(图 3);Chl-a 和 Pha-a 总和的平均值为 2.16±1.03mg/kg,除青岛近海浅水的 A1 站(水深 30m),两个

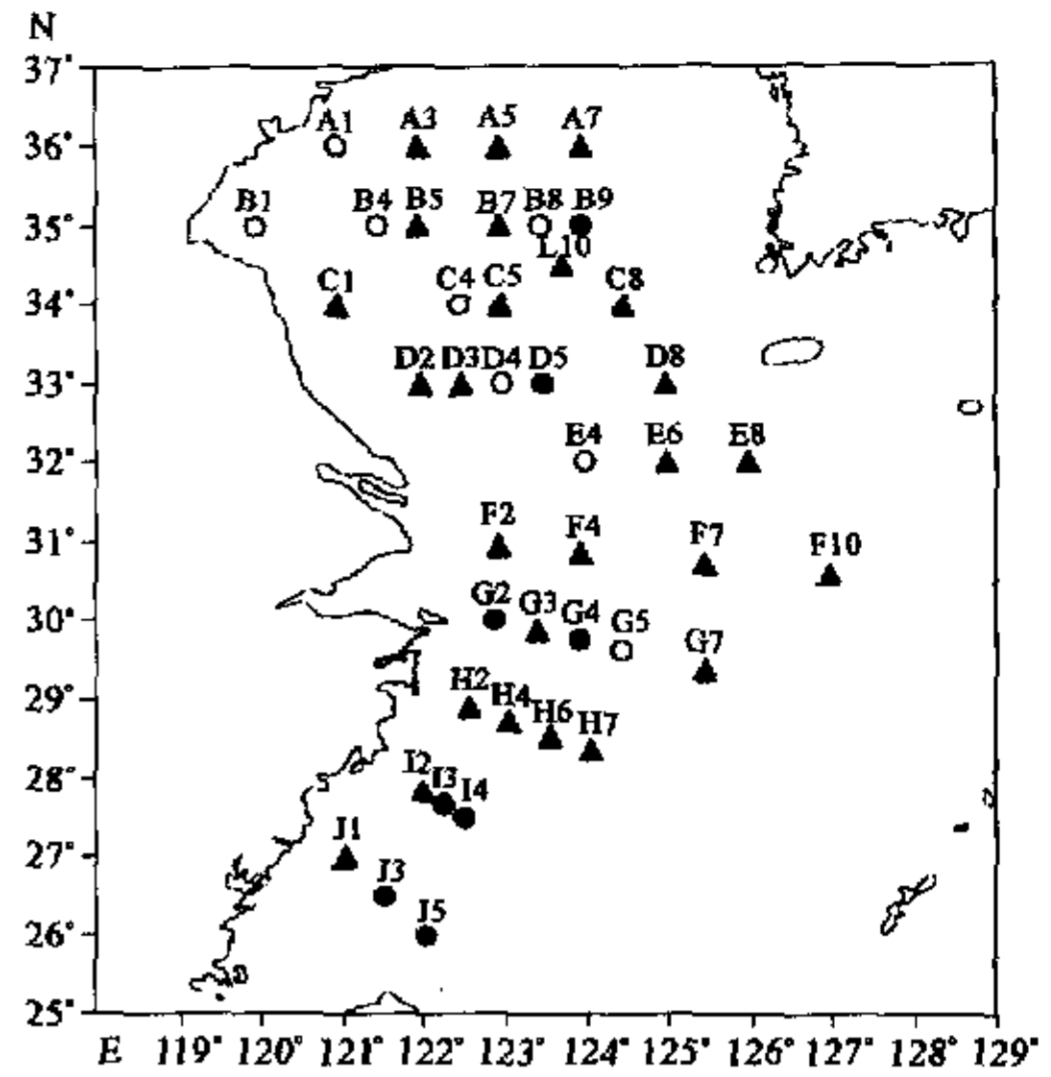


图 1 调查海域取样站位图

Fig. 1 Sampling stations in 2000-10 and 2001-04 cruises in the East China Sea and the Yellow Sea

▲ 2000 年 10 月和 2001 年 4 月两航次共同站位(26 个);○ 2000 年 10 月航次取样站位,2001 年 4 月航次未取样;● 2001 年 4 月航次取样站位,2000 年 10 月航次未取样

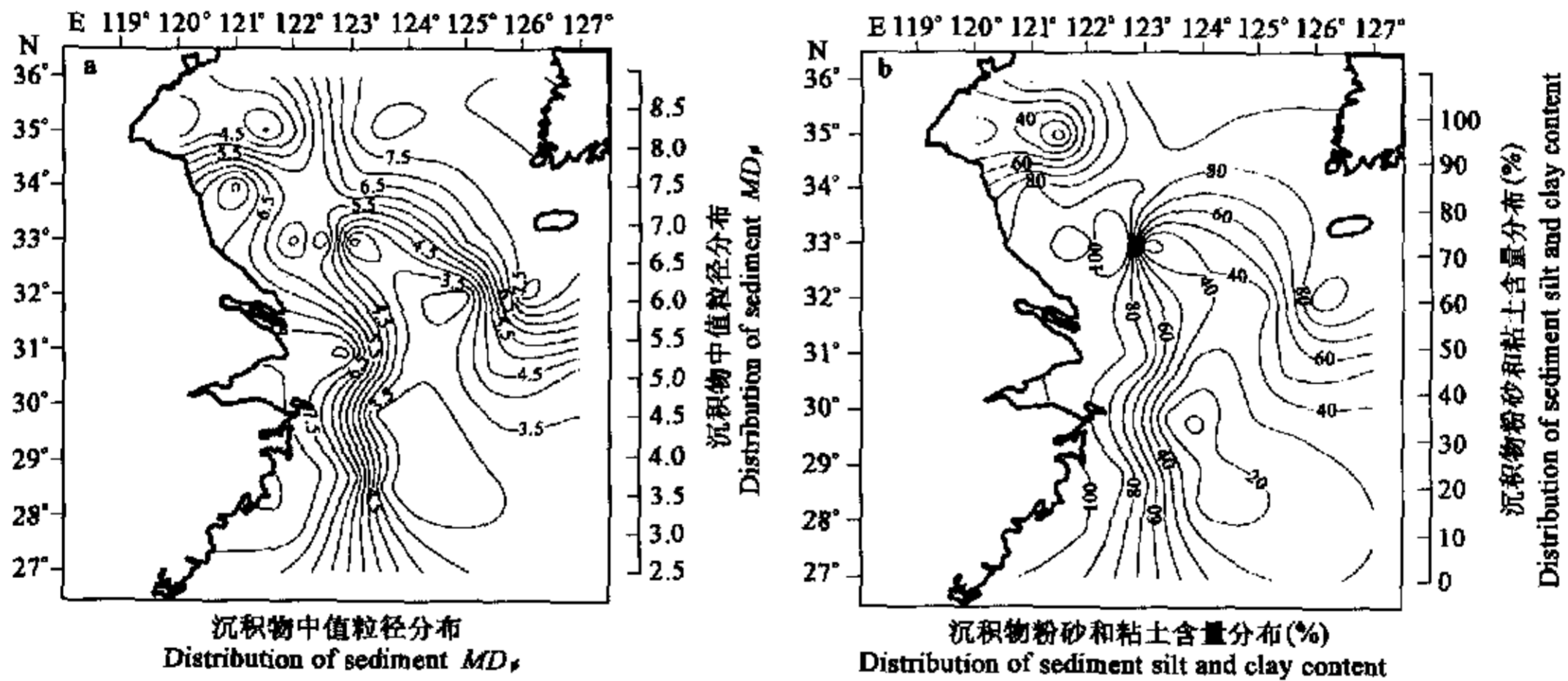


图 2 东、黄海沉积物类型

Fig. 2 Sediment types in the area studied

高值区分布在水深等深线 50m 以深的黄海冷水团(B8、A5、A7, 和 B7)以及长江口外的 F2 站和浙江沿海各站(H2、I2、J1)。

调查海域春季航次 Chl-a 的平均值为 0.79±0.78mg/kg,Pha-a 的平均值为 2.32±2.13mg/kg,分别是秋季航次的 1.44 倍。Chl-a 和 Pha-a 的分布图形基本上与秋季航次相同,即高值区分布在浙江沿海,最高值出现在 I3 站达 12.21mg/kg。为海域平均值的 4 倍。两种色素含量的比较,Pha-a 平均含量为 Chl-a 值的 2.9~3.3 倍(图 3)。

2.3 小型底栖生物的丰度

研究海域秋季航次小型底栖生物的平均丰度为 654.3±441.7ind/10cm²,最高值区出现在浙江沿海的 H2 和 I2 站,丰度达 1547.4~1626.2ind/10cm²,次高值分布在山东沿海的 B1 和 A3 站,丰度为 964~1002ind/10cm²。春季航次小型底栖生物的平均丰度为 342.0±252.0ind/10cm²,丰度值仅相当于秋季航次丰度值的一半左右(表 1),两个航次小型底栖动物主要类群生物量和丰度的百分比组成由图 4 给出。

春季丰度的分布图形与秋季航次有所不同,相对峰值出现在沿水深 50m 等深线或该等深线以浅的 A3、F2、D3、I2、G2 和 C5 站(图 6)。小型底栖生物的分布与粘土含量、粉砂和粘土含量和中值粒径(MD ϕ)呈显著相关,与 Chl-a 和 Pha-a 呈高度显著相关(表 2 和表 3)这与小型底栖主要类群(线虫和桡足类)的摄食习性是一致的。研究海域的丰度值低于南黄海小型底栖生物的丰度值(809.3 \pm 407.4ind/10cm²)^[20],更低于渤海 1997 年 6 月航次(2274 \pm 1039ind/10cm²)和 1998 年 9/10 月航次(869 \pm 509ind/10cm²)^[16]。秋季航次与渤海的 1999 年 4 月航次相接近(632 \pm 399ind/10cm²),但春季航次要低的多。2001 年春季航次的 Chl-a 和 Phl-a 要比 2000 年秋季航次高出 44%,但小型底栖生物的丰度仅为秋季航次的一半左右,这很可能与大型底栖动物,特别是它们的幼龄个体对小型生物的摄食压力有关^[5,6]。以上小型生物的丰度值低于赫尔果兰湾、波罗的海的波尔尼亚湾和美国的纳拉岗塞特湾^[7~9],但与浅海陆架报道的量值处于同一个数量级^[5,6]。

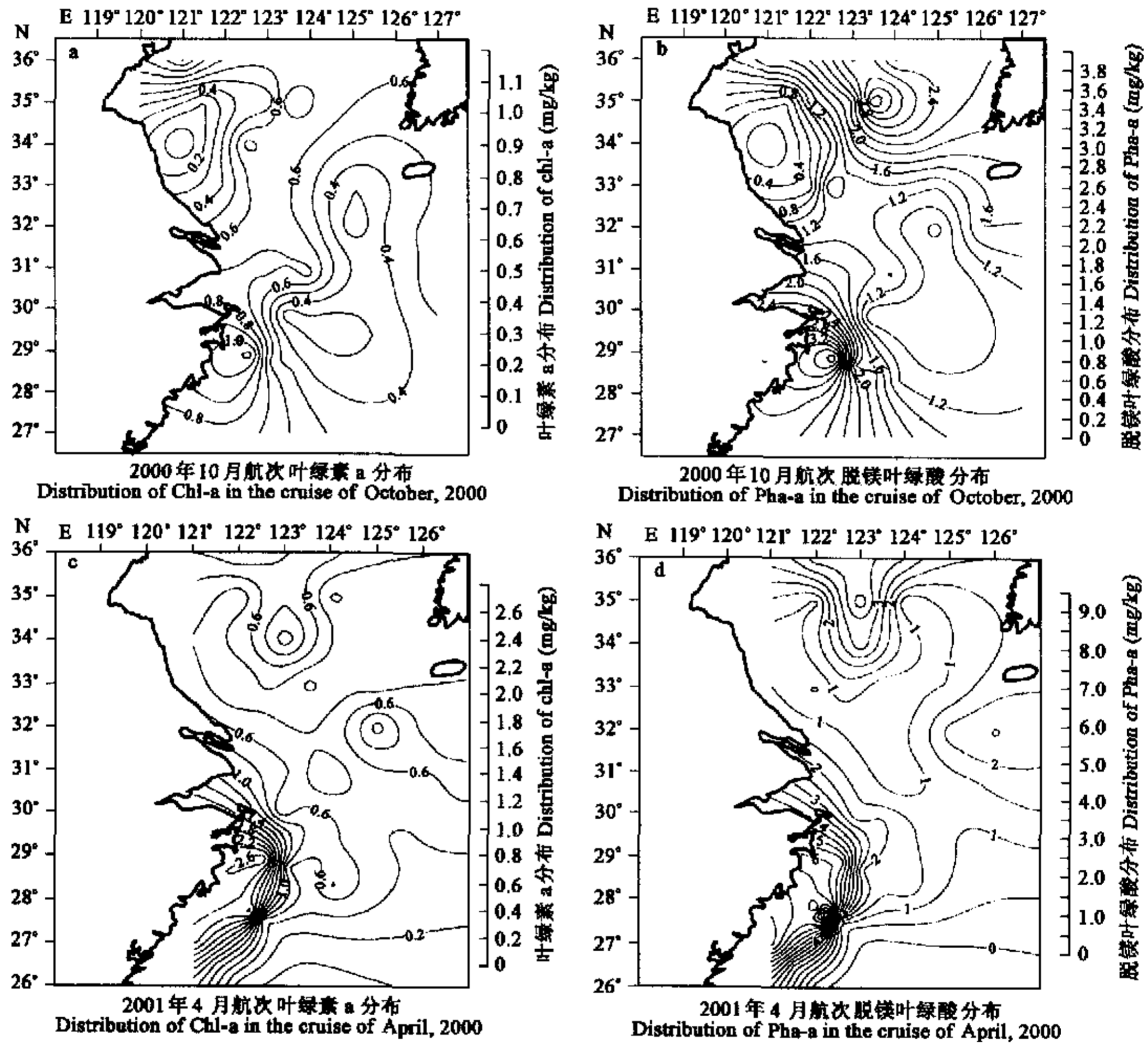


图 3 沉积物 Chl-a 和 Pha-a 的分布

Fig. 3 Distribution of sediment Chl-a and Phl-a

共鉴定出 14 个小型底栖生物类群,其中自由生活海洋线虫是最优势的类群,在秋、春季两个航次中的优势度分别是 87% 和 91%,依次是底栖桡足类分别占 6%和 5%,其他数量上较重要的类群还有多毛类,介形类,动物类和双壳类(表 1)。

在 2001 年 4 月航次的 16 个站位进行了小型底栖生物垂直分布的测定,结果表明,小型底栖生物分布在沉积物表层 0~2cm 的数量比例为 62.2% \pm 15.4%,分布在次表层 2~5cm 的比例为 27.7% \pm 11.5%,分布在底层 5~10cm 的比例仅为 10.1% \pm 6.4%,这说明在本研究的沉积类型中,取芯样 0~5cm 的取样效率可达 91%(85%~96%)(图 5)。这一效率低于渤海的 95%^[10],不同的类群其垂直分布略有不同。线虫分布在表层 0~2cm 的比例为 62.3% \pm 15.5%,而桡足类在此表层的比例高达 85.8% \pm 16.6%,这一结果与渤海和胶州湾的研究结果十分相似^[10,11,19,20]。

2.4 小型底栖动物的生物量和生产量

研究海域秋季航次小型底栖生物的平均生物量为 807.1 \pm 517.9 μ g \cdot dwt/10cm²。生物量图形与丰度图形基本相似,高值区

的分布在长江口外的 F2、浙江沿海的 H2、I2 及外面较深的 H6 站,北部的次高值区则分布在青岛近海及 33°N~34°N 的 D3、D4 和 C5 站(图 6)。

表 1 两个航次小型底栖生物重要类群的丰度、生物量和生产量

Table 1 Abundance, biomass and production of main meiofaunal groups in two cruises

类群 Group	航次 Cruise	丰度 Abundance (ind/10cm ²)	生物量 Biomass (μg dwt/10cm ²)	生产量 Production (μg dwt/(10cm ² ·a))
线虫 Nematoda	A	570.38±394.76	288.11±157.92	2053.02±1422.15
	S	312.00±214.14	125.81±86.76	1132.26±780.81
桡足类 Copepoda	A	38.93±33.62	72.40±62.53	651.02±563.00
	S	17.00±22.23	26.88±33.63	241.93±302.69
多毛类 Polychaeta	A	31.12±22.14	435.71±310.10	3921.36±2792.37
	S	8.00±6.40	108.63±90.67	977.69±816.00
动吻类 Kinorhyncha	A	7.20±12.91	14.39±25.82	119.44±124.09
	S	3.00±5.19	6.69±10.47	60.19±94.22
介形类 Ostracoda	A	0.72±0.93	18.81±24.30	129.51±232.36
	S	*	7.21±18.94	64.85±170.46
双壳类 Bivalvia	A	3.16±3.28	13.27±13.78	169.26±218.77
	S	*	1.71±3.67	15.36±33.01
涡虫 Tubellaria	A	0.02±0.08	0.07±0.27	0.60±2.45
	S	*	*	*
异足类 Tanaidacea	A	0.13±0.30	2.00±4.45	17.99±40.01
	S	*	4.16±12.10	37.41±108.86
等足类 Isopoda	A	0.42±0.66	6.28±9.89	56.53±89.03
	S	*	*	*
涟虫 Cumacea	A	0.25±0.49	0.87±1.70	7.79±15.33
	S	*	0.66±1.67	5.82±15.64
端足类 Amphipoda	A	0.48±0.95	7.14±14.30	64.24±128.68
	S	*	2.49±12.98	22.45±116.81
美人虾 Callinassa	A	0.23±0.31	3.43±4.68	30.84±42.11
	S	*	*	*
蛇尾 Amphiura	A	0.21±0.48	0.73±1.67	6.60±15.07
	S	*	*	*
其他 Others	A	1.10±0.22	3.86±4.28	34.78±38.49
	S	*	1.03±2.11	9.31±19.01
合计 Total	A	654.25±441.72	807.06±517.89	7263.58±4664.18
	S	342.00±252.00	285.25±173.72	2567.28±1563.50

* 数量微小忽略不计 The number is very small, so statistics is neglected; A. 2000 年 10 月航次 autumn cruise of 2000; S. 2001 年春季航次 spring cruise of 2001

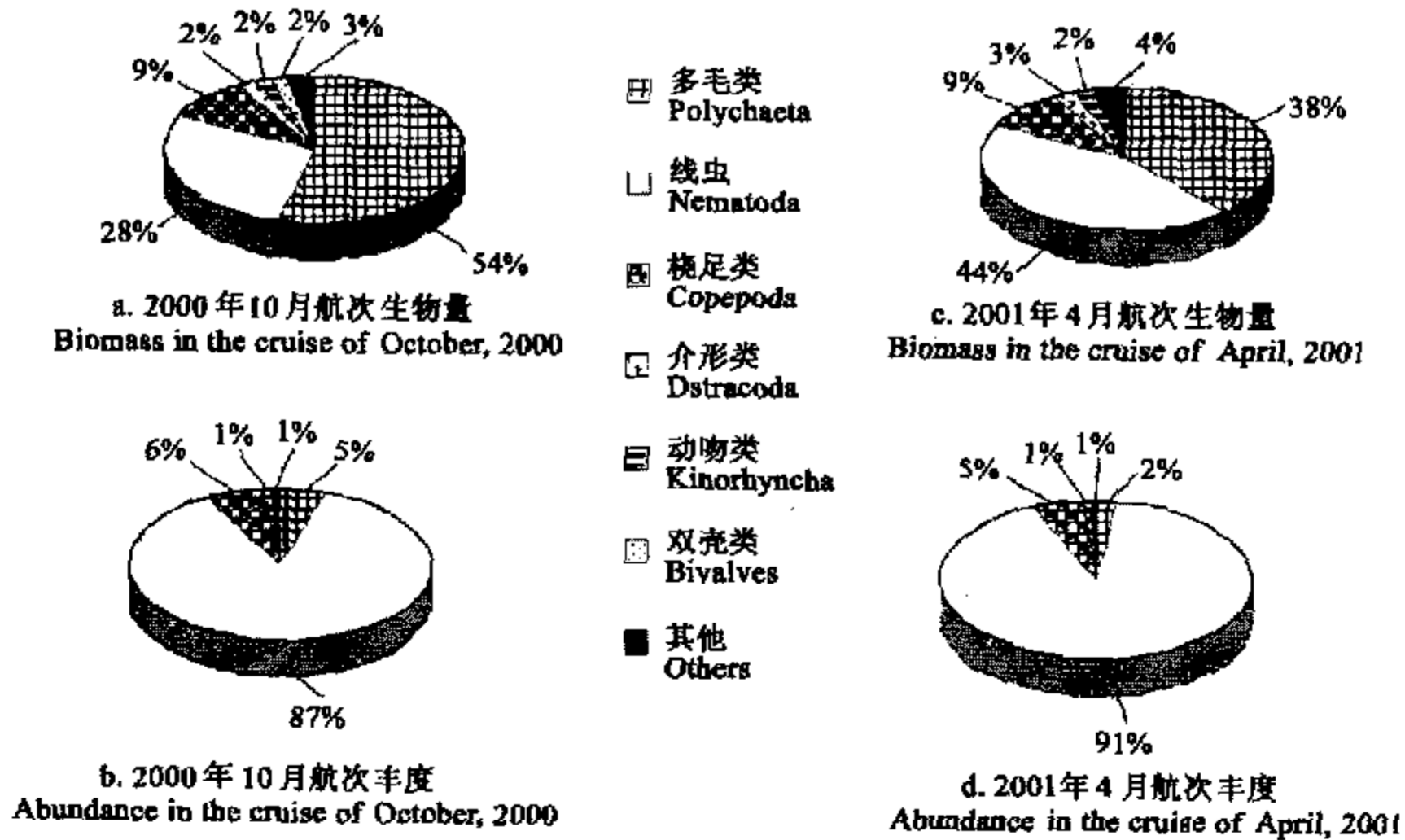


图 4 两个航次小型底栖动物主要类群生物量和丰度的百分比组成

Fig. 4 Percentage composition of biomass and abundance of major meiobenthos taxa from two cruises

春季航次小型生物生物量的平均值为 $285.3 \pm 173.7/\mu\text{g} \cdot \text{dwt}/10\text{cm}^2$, 该值仅为秋季航次的 35%, 生物量的分布图形与秋季十分相似。相关分析指明, 秋、春季两个航次小型底栖生物的生物量分别与 Chl-a 和 Pha-a 呈极显著的正相关(表 2, 表 3)这与小型底栖生物丰度与叶绿素的关系是一致的, 也与国际上同类研究结果相符合^[5-7]。2001 年春季航次的 Chl-a 和 Pha-a 较高值与春季浮游植物水华后的垂直沉降有关, 而显著低的小型底栖生物量可能与大型底栖动物幼龄补充群体的摄食压力有关^[20]。按生物量, 多毛类是最优势的类群, 在秋季和春季航次优势度分别为 54%(居第 1 位)和 38%(居第 2 位), 线虫的优势度分别为 28%(居第 2 位)和 44%(居第 1 位), 桡足类在两个航次的优势度位居第 3 位, 数量比例都是 9.0%(图 4)。其他重要的类群还有介形类、动吻类和双壳类。秋、春季两航次小型底栖生物的平均生产量分别是 $7263.6 \pm 4664.2 \mu\text{g} \cdot \text{dwt}/(10\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ 和 $2567.3 \pm 1563.5 \mu\text{g} \cdot \text{dwt}/(10\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ (表 1)。

2.5 典型站位最优势类群海洋线虫的种类组成

分别对 B4 站(沿岸及近冷水团边缘区 2000 年 10 月样品)、C5 站(黄海冷水团站位)、E4(南黄海与东海连接区 2000 年 10 月样品)、F2(长江口外)和 H2(浙江三门湾外)进行了线虫种类组成分析, 共鉴定线虫 145 种。B4 站 65 种, 占总丰度 50% 的有

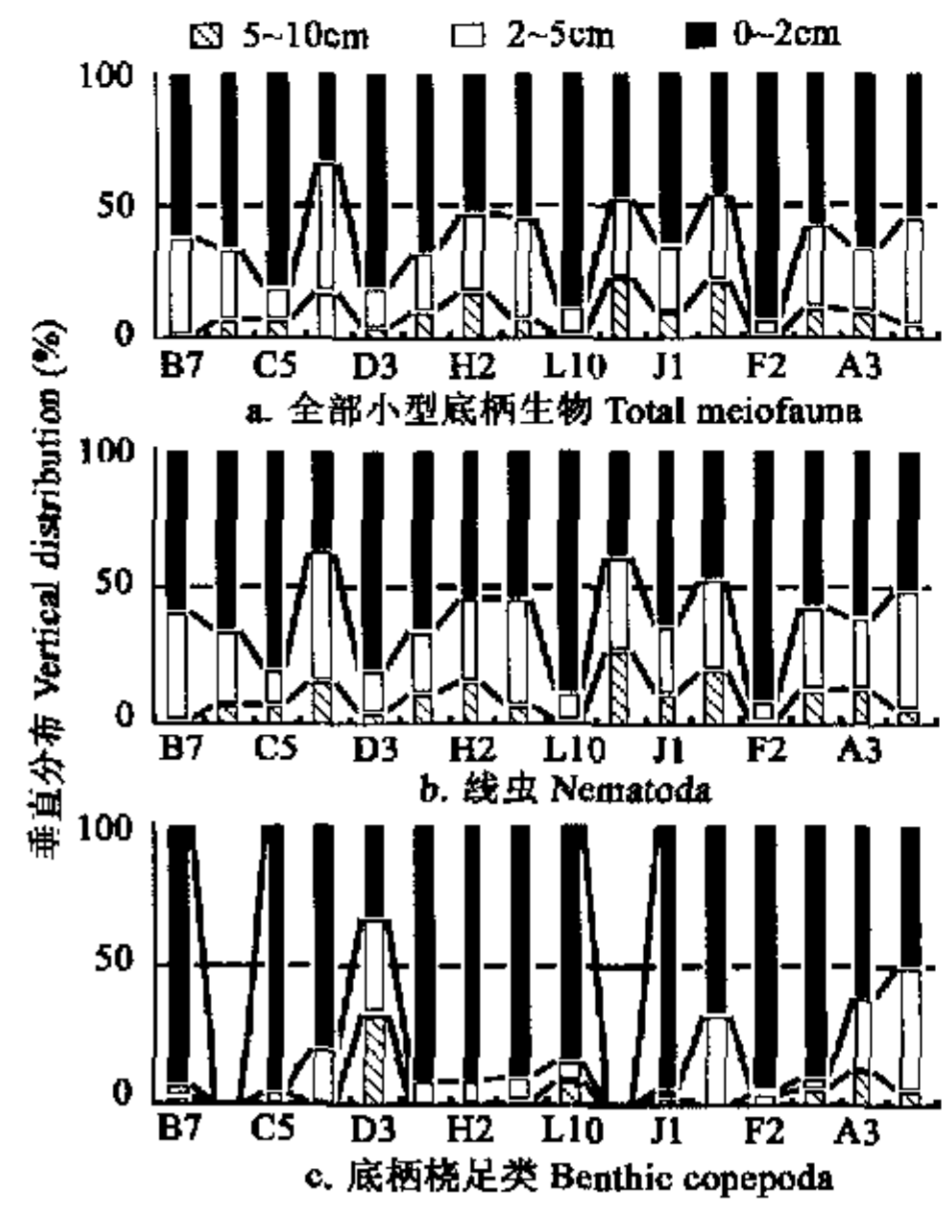


图 5 2001 年 4 月航次小型底栖生物数量的垂直分布(%)
Fig. 5 Vertical distribution of meiobenthos abundance in April 2001 cruise

表 2 2000 年 10 月航次小型底栖生物的丰度、生物量与环境因子的相关分析结果

Table 2 Correlation analysis between meiobenthos abundance, biomass and environmental variables (October, 2000 cruise)

	Chl-a	Pha-a	粉砂 Silt	粘土 Clay	粉砂和粘土 Slit+Clay	MDφ	长度 Abundance
Chl-a	—						
Pha-a	0.772**	—					
粉砂 Silt	0.430*	0.411*	—				
粘土 Clay	0.369*	0.586*	0.545*	—			
粉砂和粘土 Slit+Clay	0.425*	0.503*	0.893*	0.776**	—		
中值粒径 MDφ	0.377*	0.601*	0.693*	0.953**	0.853**	—	
丰度 Abundance	0.735**	0.584*	0.295	0.424*	0.391*	0.415*	—
生物量 Biomass	0.653**	0.411*	0.099	0.120	0.163	0.082	0.123

表 3 2001 年 4 月航次小型底栖生物的丰度、生物量与 Chl-a 和 Pha-a 的相关分析结果

Table 3 Correlation analysis between meiobenthos abundance, biomass and chl-a/pha-a (April 2000 cruise)

	Chl-a(0~2)	Chl-a(2~5)	Chl-a(0~5)	Pha-a(0~2)	Pha-a(2~5)	Pha-a(0~5)	A(0~2)	A(2~5)	B(0~2)
Chl-a(2~5)	0.809**	—							
Chl-a(0~5)	0.946**	0.956**	—						
Pha-a(0~2)	0.923**	0.691**	0.846**	—					
Pha-a(2~5)	0.874**	0.870**	0.917**	0.854	—				
Pha-a(0~5)	0.939**	0.807**	0.929**	0.966**	0.960**	—			
A(0~2)	0.060	-0.193	-0.077	-0.076	-0.117	-0.099	—		
A(2~5)	0.527*	0.301	0.428	0.512*	0.232	0.392	-0.051	—	
B(0~2)	0.101	-0.206	-0.064	0.015	-0.061	-0.064*	0.875**	-0.017	—
B(2~5)	0.669**	0.402	0.555*	0.691**	0.493*	0.619**	-0.127	0.859**	0.040

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed); * Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed); A 丰度 Abundance; B 生物量 Biomass

12 个优势种, 前 5 个优势种的优势度为 4.0%~6.9%: *Molgolaimus* sp. (6.9%), *Microlaimus* sp. (6.9%), *Richstera inaquilis* (5.2%), *Daptonema* sp. (4.6%) 和 *Dorylaimopsis rabalaisi* (4.0%); E4 站 88 种, 占总数量 50.7% 的有 13 种, 除第 1 个优势种 *Dorylaimopsis rabalaisi* 优势度为 10.9%, 其余 12 种的优势度为 1.8%~6.1%, B4 站和 E4 站的多样性指数(H')分别为

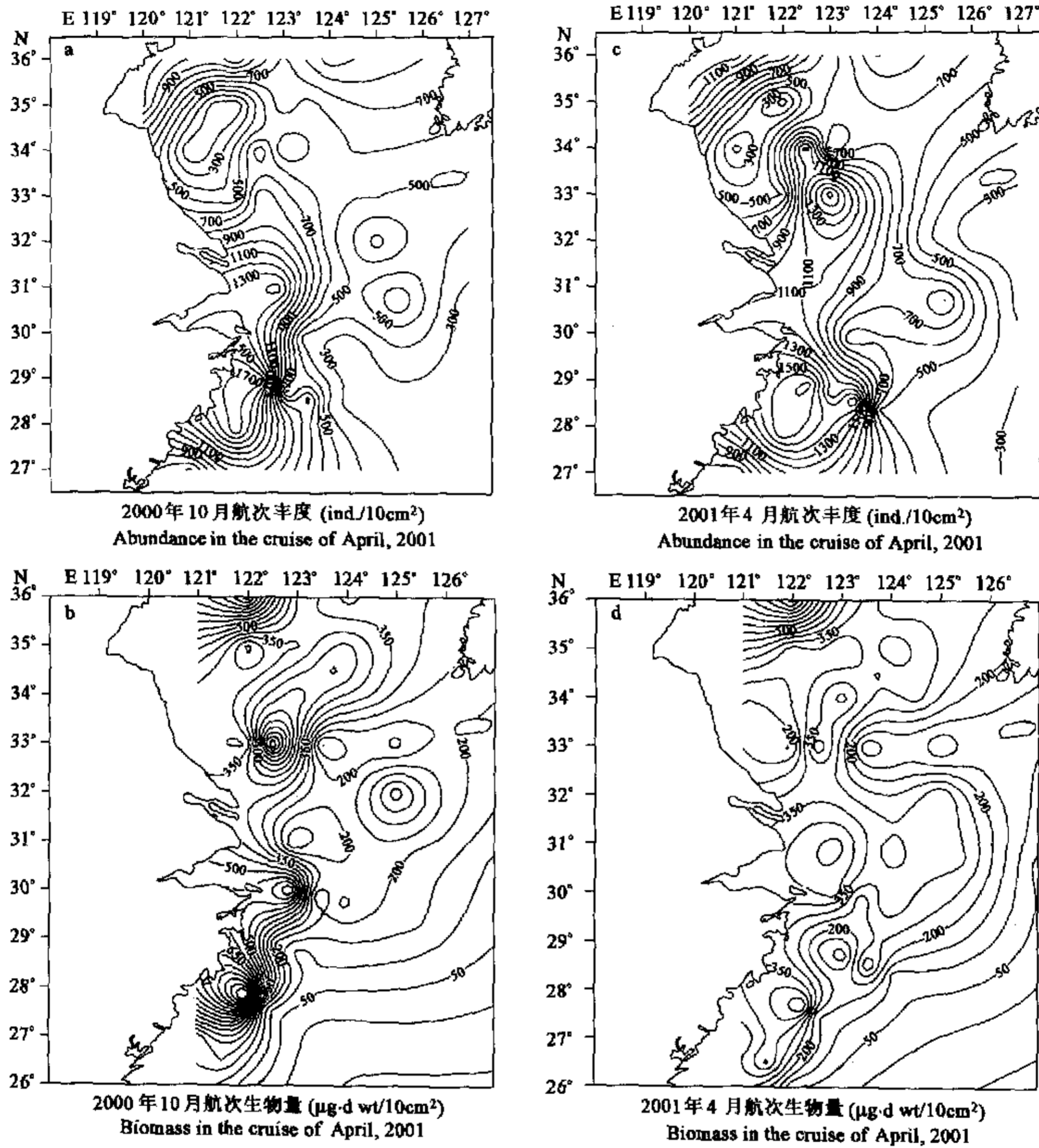


图 6 小型底栖生物的丰度和生物量

Fig. 6 Abundance and biomass of meiobenthos

3.79 和 3.94, 代表着多样性最高的海区, 显然, 沉积环境和底部环境的异质性是导致生物多样性高的主要原因。位于冷水团的 C5 站只有 39 种, 前 3 个优势种的累积丰度已达 50.4%, 其中第 1 个优势种 *Prochromadorita* sp. 优势度为 31.8%, 其多样性指数 (H') 2.80, 代表着多样性最低的海区。这与冷水团环境相对稳定和软泥沉积的高度均匀性相一致。位于长江口外的 F2 站 (53 种) 和三门湾外的 H2 站 (67 种), 其多样性指数分别为 3.37 和 3.55。相对高的多样性与长江冲淡水、泥沙的输运和沉降密切相关。图 8 给出了典型站位 K 优势曲线作图结果。图 7, 是 5 个站位聚类分析的结果, 阶梯状的树枝图显示这些站位来自截然不同的生境并代表着不同的群落, 这与实际情况十分吻合 [10, 11, 15]。

2.6 小型底栖生物生物量与大型底栖动物的对比

两个航次东海大型底栖动物的平均生物量分别为 8.79 g wt/m^2 和 $7.21 \text{ g wt}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ [25, 26], 若按干、湿重比为 1:5, 并以 $P/B=2$ 转化成生物量 [5, 6], 则秋、春季航次东海大型底栖动物的平均生物量分别是 $1.76 \text{ g} \cdot \text{dwt}/\text{m}^2$ 和 $1.44 \text{ g} \cdot \text{dwt}/$

表 4 小型底栖动物与大型底栖动物生物量的比较

Table 4 Comparison of biomass and production of meiobenthos with macrofauna

类群 Group	航次 Cruise	生物量/ ($\text{g} \cdot \text{dwt}/\text{m}^2$) Biomass	生产量/ ($\text{g} \cdot \text{dwt}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) Production
大型动物 Macrofauna	A*	1.76	3.52
大型动物 Macrofauna	S	1.44	2.88
小型动物 Meiobenthos	A	0.81	7.26
小型动物 Meiobenthos	S	0.29	2.57

* A 2001 年 10 月秋季航次 Autumn cruise; S: 2001 年 4 月春季航次 Spring cruise

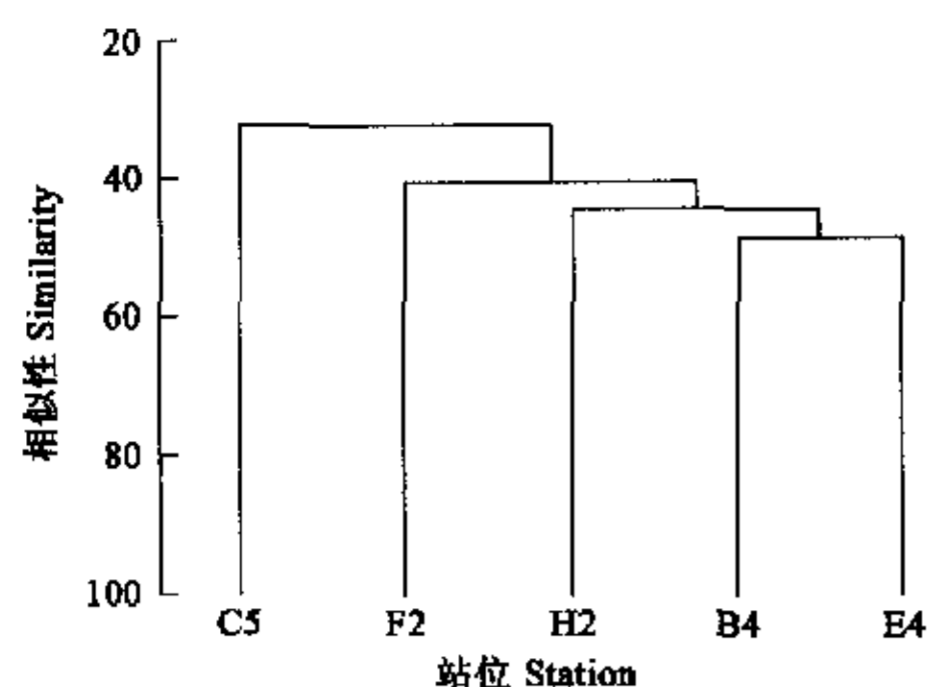


图7 东、黄海典型站位聚类分析结果
Fig. 7 Cluster analysis of the typical stations

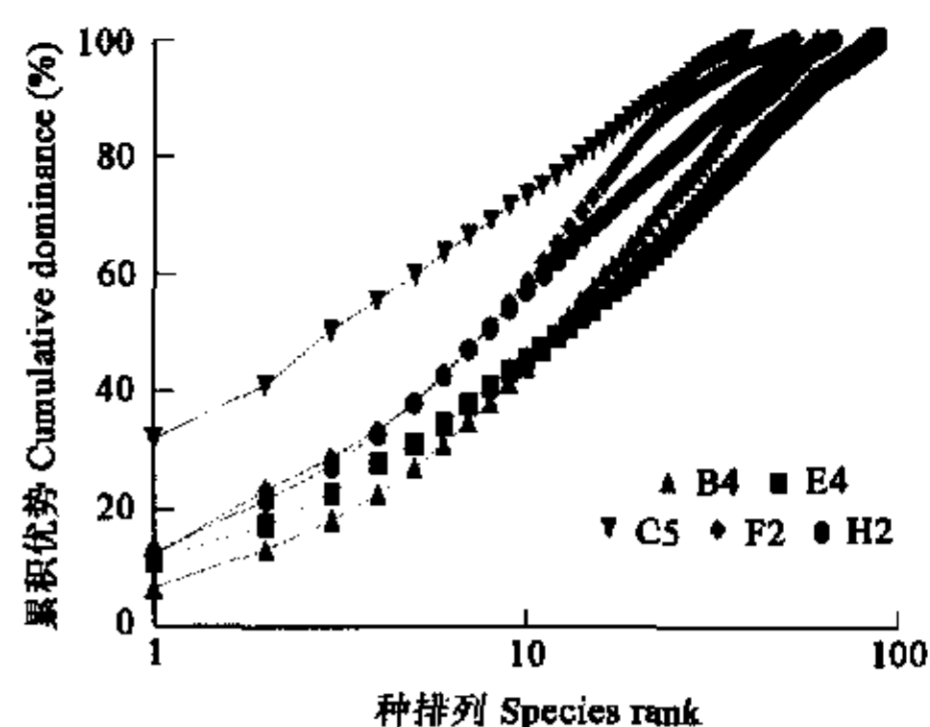


图8 东、黄海典型站位 K 优势曲线
Fig. 8 K-dominant curves of the typical stations

m^2 ,相应地生产量的估计值则分别为 $3.52g \cdot dwt/(m^2 \cdot a)$ 和 $2.88g \cdot dwt/(m \cdot a)$ 。由此可见,秋、春两航次小型底栖生物的生物量分别是大型底栖动物的 46%和 20%,但小型底栖生物的生产量则分别是大型底栖动物的 207%和 89%(表 4)。这些数值显著地高于渤海和胶州湾^[14,15,19],由于东、黄海大型底栖动物和小型底栖动物的同步比较研究不多,要确定小型底栖生物在底栖生态系统中的位置,尚需更多的取样和对比分析。

3 结论

本文首次报道了东、黄海小型底栖生物的丰度和生物量的研究结果,丰度和生物量的高值区分布在等深线 50m 左右,特别是长江口以南的浙江沿海。小型底栖生物的数量与沉积物的中值粒径、粉砂粘土含量呈正相关与沉积物叶绿素 a 和脱镁叶绿酸 a 呈高度显著正相关。小型底栖生物的生物量虽仅为大型底栖动物的 20%~46%,但小型底栖动物年周转率(P/B)约为大型底栖动物的 5 倍左右,因而具有大约与大型底栖动物相当的生产量。

References:

- [1] Heip C, Vincx M, Smol N, et al. The Systematics and Ecology of Free-living Marine Nematodes. *Helminthological Abstracts Series B, Plant Nematology*, 1982, 51(1): 1~31.
- [2] Heip c, Vincx M, Vranken G, et al. The Ecology of Marine Nematodes. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 1985, 23: 399~489.
- [3] Montagna P A. Rate of meatzoan meiofauna microbivory: A Review. *Vie et Milieu*, 1995, 45(1): 1~9.
- [4] Coull B C and Chandler G T. Pollution and Meiofauna: Field, Laboratory and Mesocosm Studies. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 1992, 30: 191~271.
- [5] Higgins R P and Thiel H. *Introduction to the study of meiofauna*. Washington, D C: Smithsonian Institution Press, 1988. 488.
- [6] Giere O. *Meiobenthology*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag, 1993, 328.
- [7] Rudnick D T, Elmgren R and Frithsen J B. Meiofaunal Prominence and benthic seasonality in a coastal marine ecosystem. *Oecologia*, 1985, 67: 157~168.
- [8] Elmgren R. Benthic macro- and meiofauna in the Gulf of Bathnia (Northern Baltic), *Finn. Mar. Res.*, 1984, 250: 3~18.
- [9] Jensen P. Meiofaunal abundance and vertical zonation in sublittoral soft bottom with a test of the Haps Corer. *Mar. Biol.*, 1983, 74: 319~326.
- [10] Zhang Z N, Li Y G, Tu L H, et al. Preliminary study on the Ecology of the Benthic Meiofauna and its Adjacent Waters. *Oceanologia ET Limnologia Sinica*, 1989, 20(3): 197~208.
- [11] Zhang Z N, Gu F and Yu Z S. A study on Spatial Pattern of Marine Nematodes In the Subaqueous Delta of the Huanghe River. *Oceanologia ET Limnologia Sinica*, 1990, 21(1): 11~19.
- [12] Zhang Z N. A Study on the Abundance of Freelifving Marine Nematodes on Four intertidal Sandy Beach at the Qin Huang Dao Bay, North China. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1991, 21(1): 63~75.
- [13] Zhang Z N, Lin X and Yu Z S. Preliminary Study on the phytal Meiofauna from the Rocky Beach At Shicao, Dalian. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1994, 24(3): 373~383.
- [14] Zhang Z N, Zhou H, Guo Y Q, et al. Comparative study on the Nematode Community Structure In the Submarine Delta of Huanghe River Estuary and its Adjacent waters. *Oceanologia ET Limnologia Sinica*, 2001, 32(4): 436~444.
- [15] Zhang Z N, Zhou H and Mu F H. Biodiversity and neutral model analyses on nematode community in the Bohai Sea, China. *Acta*

- Ecologica Sinica*, 2001, **21**(11):1808~1814.
- [16] Guo Y Q, Zhang Z N and Mu F H. Large-Scale Patterns of Meiofaunal Abundance in the Bohai Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(9): 1463~1469.
- [17] Guo Y Q, Zhang Z N and Mu F H. Preliminary Comparative Researches on the species Composition of Freelifing Marine Nematodes in different Occasions in the Bohai Sea. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, **22**(10): 1622~1628.
- [18] Zhang Z N, Dong H Y and Yu Z S. A study on Meiobenthic Community in the organically polluted area in Qingdao Bay, *Journal of Ocean University of Qingdao*, 1993, **23**(1): 83~91.
- [19] Zhang Z N, Zhou H, Yu Z S, et al. Abundance and Biomass of the Benthic Meiofauna In the Northern Soft-Bottom of The Jiaozhou Bay. *Oceanologia ET Limnologia Sinica*, 2001, **32**(3): 139~147.
- [20] Zhang Z N, Mu F H, Yu Z S, et al. Abundance and biomass of meiofauna in the spawning ground for anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Southern Yellow Sea. *Journal of Ocean University of Qingdao*, 2002, **32**(2): 251~258.
- [21] Warwick R M and Price R. Ecological and metabolic studies on free-living nematodes from an estuarine mud-flat. *Estuarine Coastal Marine Science*, 1979, **9**: 257~271.
- [22] Juario J V. Nematodes Species Composition and Seasonal Fluctuation of a Sublittoral Meiofauna Community in the German Bight *Veröff. Inst Meeresforsch, Bremerh*, 1975, **15**: 283~337.
- [23] Widbom B. Determination of average individual dry weights and ash-free dry weights in different sieve fractions of marine meiofauna. *Marine Biology*, 1984, **84**: 101~108.
- [24] State Administration of Technical Supervision, Standardization of Ocean Survey; Marine Biology. National Standard of People's Republic of China (GB). Beijing; China Standardization Press, 1991.
- [25] Liu L S and Li X Z. Distribution of macrobenthos in spring and autumn in the East China Sea. *Biodiversity Science*, 2002, **10**(4): 351~358.
- [26] Liu L S and Li X Z. Distribution of macrobenthos in spring and autumn in the Southern Yellow Sea. *Oceanologia ET Limnologia Sinica*, 2003, **34**(1): 26~32.

参考文献:

- [10] 张志南,李永贵,图立红,等. 黄河口水下三角洲及其邻近水域小型底栖动物的初步研究. *海洋与湖沼*, 1989, **20**(3):197~208.
- [11] 张志南,谷峰,于子山. 黄河口水下三角洲及其邻近水域小型底栖动物的研究. *海洋与湖沼*, 1990, **21**(1):11~19.
- [12] 张志南. 青岛沙滩海洋线虫的数量研究. *青岛海洋大学学报*, 1991, **21**(1):63~75.
- [13] 张志南,林霞,于子山. 大连石槽岩滩附植小型动物的初步研究. *青岛海洋大学学报*, 1994, **24**(3):373~383.
- [14] 张志南,周红,郭玉清,等. 黄河口水下三角洲及其邻近水域线虫群落结构的比较研究. *海洋与湖沼*, 2001, **32**(4):436~444.
- [15] 张志南,周红,慕芳红. 渤海线虫群落多样性及中性模型分析. *生态学报*, 2001, **21**(11):1808~1814.
- [16] 郭玉清,张志南,慕芳红. 渤海小型底栖动物丰度的分布格局. *生态学报*, 2002, **22**(9):1463~1469.
- [17] 郭玉清,张志南,慕芳红. 不同采样时期渤海自由生活海洋线虫种类组成的比较. *生态学报*, 2002, **22**(10):1622~1628.
- [18] 张志南,党宏月,于子山. 青岛湾有机质污染带小型底栖生物群落的研究. *青岛海洋大学学报*, 1993, **23**(1):83~91.
- [19] 张志南,周红,于子山,等. 胶州湾小型底栖生物的丰度和生物量. *海洋与湖沼*, 2001, **32**(2):139~147.
- [20] 张志南,慕芳红,于子山,等. 南黄海鲢鱼产卵场小型底栖生物的丰度和生物量. *青岛海洋大学学报*, 2002, **32**(2):251~258.
- [24] 国家技术监督局. 海洋调查规范、海洋生物调查, 中华人民共和国国家标准 GB. 北京: 中国标准出版社, 1991.
- [25] 刘录三,李心正. 东海春秋大型底栖动物分布现状. *生物多样性*, 2002, **10**(4):351~358.
- [26] 刘录三,李心正. 南黄海春秋大型底栖动物分布现状. *海洋与湖沼*, 2003, **34**(1):26~32.