ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

第 33 卷 第 2 期 Vol.33 No.2 2013

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版

中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第33卷 第2期　　2013年1月　(半月刊)

目　　次

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 352 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 38 * 2013-01

封面图说:科尔沁沙地榆树——榆树疏林草原属温带典型草原地带,适应半干旱半湿润气候的隐域性沙地顶级植物群落,具有极强的适应性、稳定性,生物产量较高。在我国仅见于科尔沁沙地和浑善达克沙地。是防风固沙、保护沙区生态环境和周边土地资源的一种重要的植物群落类型,是耐旱沙生植物的重要物种基因库和荒漠野生动物的重要避难所和栖息地。这些年来,由于人类毁林开荒、过度放牧、甚至片面地建立人工林群落等的干扰,不同程度地破坏了榆树疏林的生态环境,影响了其特有的生态作用。

彩图提供:陈建伟教授　北京林业大学　E-mail:cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201111251801
王小谷, 周亚东, 张东声,洪丽莎,王春生.2005 年夏季东太平洋中国多金属结核区小型底栖生物研究.生态学报,2013,33(2):0492-0500.
Wang Xiaogu[1,2], Zhou Yadong[1,2], Zhang Dongsheng[1,2], Hong Lisha[1,2],Wang C S. A study of meiofauna in the COMRA′s contracted area during the summer of 2005. Acta Ecologica Sinica,2013,33(2):0492-0500.

2005 年夏季东太平洋中国多金属结核区小型底栖生物研究

王小谷[1,2,*], 周亚东[1,2], 张东声[1,2],洪丽莎[1,2],王春生[1,2]
(1. 国家海洋局第二海洋研究所,杭州　310012; 2. 国家海洋局海洋生态系统与生物地球化学重点实验室, 杭州　310012)

摘要:“大洋一号”调查船于 2005 年 7 月在太平洋结核区中国合同区东、西小区调查中共进行了 12 个站位的小型底栖生物的取样。研究表明:调查区域小型底栖生物共有 13 个类群。东、西两小区小型底栖生物平均密度分别为(104.4±20.48)个/10 cm^2,(40.26±25.84)个/10 cm^2,线虫平均生物量分别为(5.25±0.99)(μg·干重)/10 cm^2,(1.68±0.77)(μg·干重)/10 cm^2,东小区小型底栖生物平均密度、线虫生物量明显高于西小区。线虫是绝对优势类群,分别占东、西小区小型底栖生物总密度的 93.13% 和 91.36%,其它优势类群有桡足类,多毛类,介形类等。小型底栖生物密度随着沉积物深度的增加而减少,其数量的 75% 以上分布在 0—2 cm 层,东小区深层的小型底栖生物所占比例比西小区要大。与环境因子相关分析表明:调查区域的小型底栖生物密度,线虫密度,线虫生物量,桡足类密度,多毛类密度与经、纬度呈显著负相关,与脱镁叶绿素呈显著正相关,与沉积物微型生物生物量相关性不显著。小型底栖生物密度,线虫密度,线虫生物量,多毛类密度与叶绿素 a 呈显著正相关,桡足类与叶绿素 a 相关性不显著。脱镁叶绿素与沉积物微型生物生物量呈显著正相关。

关键词:小型底栖生物;群落结构;密度;生物量;中国多金属结核区

A study of meiofauna in the COMRA′s contracted area during the summer of 2005

WANG Xiaogu[1,2,*], ZHOU Yadong[1,2], ZHANG Dongsheng[1,2], HONG Lisha[1,2],WANG Chunsheng[1,2]
1 *The Second Institute of Oceanography, SOA Hangzhou* 310012, *China*
2 *Laboratory of Marine Ecosystem and Biogeocheistry, SOA Hangzhou* 310012, *China*

Abstract: Polymetallic nodules were discovered on the Pacific Ocean in 1891. They exist at the sediment surface, sometimes in upper layers of sediments, and cover more than 50% of the sea floor at Clarion-Clipperton fracture Zone (CCFZ) in the north Pacific. The huge economic value from nodule mining has brought to many research programs dedicated to resource evaluation and design of collecting tools in the 1970s. China has carried out surveys on polymetallic nodules and sediment in the CCFZ for many years. Since the late 1980s, China has already got 75000 km^2 exclusive pioneer areas in COMRA′s contracted area. One of the potential impacts of nodule mining is the destruction of the fauna attached to the partial covering of surrounding epifauna by sediment blanketing. Meiofauna, the important components of benthic ecosystem, are considered to be energetically important in benthic food web. as they play a critical role in the recycling of nutrients. In order to manage and mitigate these impacts, we need to better understand the composition and the distribution of meiofauna and its relationship to the environment.

A quantitative study was carried out on “Dayang Yihao” in July 2005. The meiofauna samples were collected from 12

基金项目:国家专项资助项目(DY125-14-E-02, DY125-14-E-01)
收稿日期:2011-11-25;　　**修订日期**:2012-05-29
* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wangxiaogu1968@162.com

stations in eastern and western sub-area at COMRA's contracted areas, Samples were collected using a multiple corer with four tubes of 9.5cm in diameter, and only undisturbed cores with clear overlying water were used. Thirteen benthic groups were found from the surveyed area,. The average density of meiofaunal were (104.4±20.48) ind/10cm^2 and (40.26±25.84) ind/10cm^2 in eastern and western sub-area, respectively. The average biomass of nematode were (5.25±0.99) (μg · Dry) /10cm^2 and(1.68±0.77)(μg · Dry) /10cm^2 in each sub-area. The analysis of spatial distribution has shown that the density of meiofauna and the biomass of nematode in eastern sub-area were substantially higher than that in western sub-area. Nematodes, copepods, polychaeta, and ostracoda were found to be the dominant taxa, and nematodes were the predominant one, constituting 93.13% and 91.36% of total density of meiofauna in eastern and western sub-area, respectively. The analysis of vertical distribution has shown that the density of meiofauna decreased with the depth in the sediment. The top 0—2cm layer of sediment accounted for over 75% of meiofauna. The proportion of meiofauna distributed in the deeper sediment was higher in eastern sub-area than that in western sub-area.

In such an oligotrophic environment, low food supply may limit meiofaunal abundance, biomass, ,and to a lesser extent species richness.. In eastern sub-area, the average concentrations of chlorophyll *a* and phaeopigment in the top 6cm sediment were 0.004 μg/cm^2 and 0.169 μg/cm^2 respectively. In western sub-area, the average concentrations of chlorophyll *a* and phaeopigment in the top 6cm sediment were 0.002 μg/cm^2 and 0.082 μg/cm^2, respectively. There were significant positive relationships between chlorophyll *a* and phaeopigment in the surface sediment. The correlation between the meiofauna distribution and the environmental factors was investigated. The results indicated that (1) the density of the dominant groups (i.e. nematode, copepods, polychaetes) and the biomass of nematodes were significantly negatively correlated with the latitude and longitude; (2) but were significantly positively correlated with the amount of phaeopigment; (3) the biomass in the sediment had no significant impact on the density of meiofauna and their major groups, but was significantly positively correlated with the amount of phaeopigment; (4) the density of meiofauna, nematodes and polychaetes and the biomass of nematodes were significantly positive correlated with the amount of chlorophyll *a*; (5) the density of copepods has no sigifnicant correlation with the amount of chlorophyll a.

Key Words: meiofauna; community structure; abundance; biomass; COMRA's poly-metallic nodule

东北太平洋海底蕴藏大量多金属结核,其主要存在于热带东北太平洋克拉里昂—克里帕顿断裂带(Clarion-Clipperton Fracture Zones,CCFZ)的表层沉积物中间,结核覆盖面积超过 50%[1-2]。20 世纪 70 年代开始,多国为了获取结核区巨大的矿产资源,开始在该区进行大面积的勘探[3-4],我国从 20 世纪 80 年代末期开始,对位于 CCFZ 的多金属结核以及沉积物进行了多年调查,现已在 CCFZ 区获得 7.5 万 km^2 的专属开辟区—中国多金属结核区合同区(The COMRA's Contract Area)。

小型底栖生物作为底栖生态系统的重要组成部分,是构成底栖食物网的基本环节,对整个底栖群落(种类,密度,新陈代谢)作出巨大贡献[5-7]。多年来,人们对近岸、陆架以及深海边缘的小型底栖生物已经进行了广泛的研究[8-15]。从 20 世纪 70 年代开始,基于采矿势必给深海生物及环境带来破坏的共同认识[16-20],国际上为了控制和减轻采矿所带来的影响,保护矿区生物多样性,开始在 CCFZ 进行深海环境及生物基线的调查,并取得了一定成果[21-28]。目前我国仅高爱根,杨俊毅等[29-30]对我国多金属结核合同区的小型底栖生物进行过研究。本项研究的主要目的是加深对结核区小型底栖生物的认识,评估小型底栖生物的群落组成,密度,生物量以及分布特征,以便将来采矿后对海洋环境的持续管理。

1　材料和方法

1.1　调查区域和站位

研究样品由“大洋一号”调查船于 2005 年夏季采自东太平洋中国多金属结核开辟区东、西两小区(以下简称东、西小区)内(图 1),东、西两小区各设 6 个采样站位,具体站位经纬度及深度见表 1。

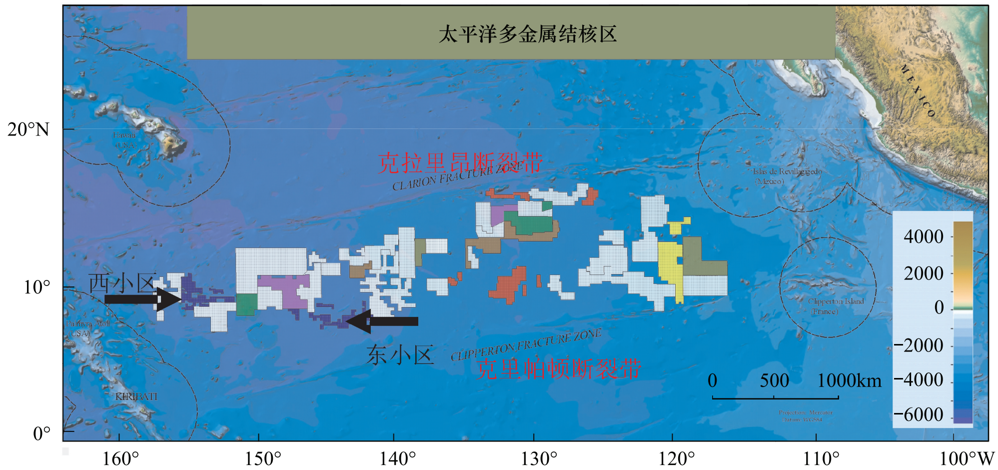

图 1 研究海域图

Fig. 1 Map of the study area

表 1 中国多金属结核区小型底栖生物采样站位及深度

Table 1 Locations and depth of sampling stations

区块 Area	站位 Stations	经度 WLongitude/(°)	纬度 NLatitude/(°)	深度 Depth/m
东小区 Eastern area	ES0501	145.3968	8.3916	5329
	ES0502	145.3968	8.3251	5307
	ES0503	145.3967	8.3583	5322
	ES0504	145.3530	8.3916	5236
	ES0505	145.3514	8.3740	5257
	ES0506	145.3530	8.3581	5263
西小区 Western area	WS0501	154.0444	10.0690	5147
	WS0502	154.0562	10.0556	5159
	WS0503	154.0700	10.0456	5149
	WS0504	154.0037	10.0501	5074
	WS0505	154.0169	10.0688	5120
	WS0506	154.0275	10.0266	5139

1.2 采样及样品处理

小型底栖生物样品使用 MCS-1 型沉积物多管取样器采集,每根取样管长 61 cm,内径 9.5 cm,每站取 2 根取样管样品进行小型底栖生物分样。每根样现场处理如下:(1)将上覆水虹吸入 32 μm 孔径的网筛,滤取其中的小型底栖动物,(2)用分样器把每根样按 0—1 cm、1—2 cm、2—4 cm 和 4—6 cm 分层装瓶,上覆水滤样与 0—1 cm 层合装一瓶,用 7% 的中性福尔马林溶液固定。回实验室后样品经 250μm,125μm,63μm,38μm 孔径的网筛过滤后,采用改进后的 ludox 离心法进行离心分选[31],虎红染色后在显微镜下鉴定并计数。

小型底栖生物生物量的测定步骤:

(1)在显微镜下利用 Leica QWin 软件测量生物体最大体宽和体长(线虫包括细尾),并由公式计算体积:

$$V = L \times W^2 \times C$$

式中,L 为体长(mm),W 为直径(mm),系数 C。

(2)体积 V 到湿重生物量(g)的换算系数为 1.13,湿重生物量到干重乘以系数 0.25[32]。另取一根芯样按 0—1 cm、1—2 cm、2—4 cm 和 4—6 cm 分层,分取现场参数测定子样,叶绿素和脱镁叶绿素现场采用唐纳荧光法进行测定[33]。沉积物中微型生物的生物量用 ATP 法(三磷酸腺苷)测定计算[34-35]。

1.3 数据处理

小型底栖生物密度和生物量分布图采用 Surfer8.0 软件绘制。小型底栖生物密度和生物量与环境因子相

关性分析使用 primer 6.0 软件。

2　结果

2.1　沉积物叶绿素 a 和脱镁叶绿素的水平分布

中国开辟区东小区和西小区沉积物(0—6cm)叶绿素 a 含量极低,变化范围为 0.001—0.007 μg/cm^2,平均值为 0.003 μg/cm^2,其中东小区沉积物叶绿素 a 平均值为 0.004 μg/cm^2,西小区为 0.002 μg/cm^2;东、西小区沉积物(0—6cm)脱镁叶绿素变化范围为 0.074—0.199 μg/cm^2,平均值为 0.125 μg/cm^2,其中东小区沉积物脱镁叶绿素平均值为 0.169 μg/cm^2,西小区为 0.082 μg/cm^2。

中国开辟区东区和西区之间的沉积物叶绿素含量显然有所差异,东小区沉积物叶绿素 a 含量、脱镁叶绿素含量均高于西小区(图 2),表明上层水体有机碎屑沉降于两个区域的通量是不同的。

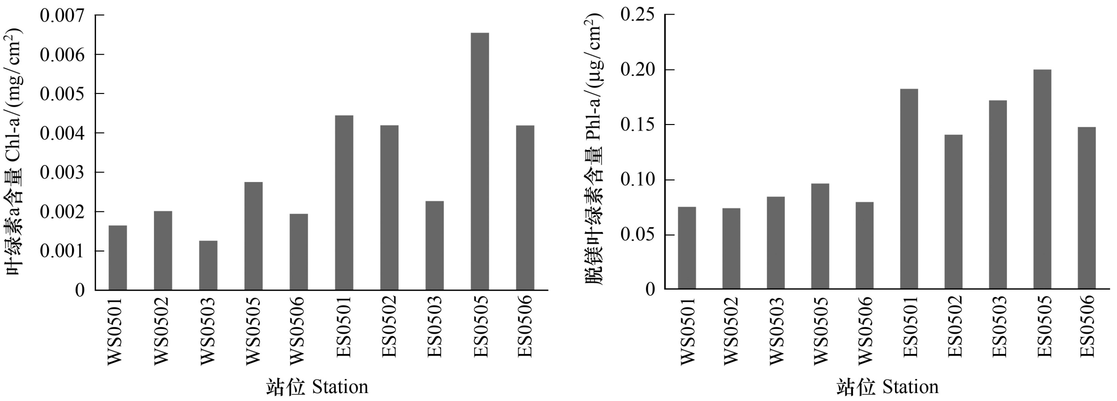

图 2　各站位沉积物(0—6cm)叶绿素和脱镁叶绿素

Fig.2　Top 6cm sediment Chl-a and Phl-a of the survey stations

2.2　沉积物微型生物生物量水平分布

中国开辟区东小区和西小区沉积物(0—6 cm)微型生物生物量变化范围为 0.043—0.477 μg/cm^2,平均值为 0.163 μg/cm^2,其中东小区沉积物叶绿素 a 平均值为 0.252 μg/cm^2,西小区为 0.074 μg/cm^2。中国开辟区东小区沉积物微型生物生物量明显高于西小区(图 3)。

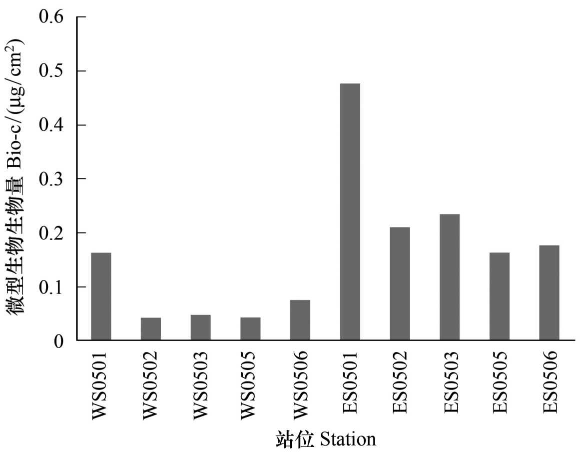

图 3　各站位沉积物(0—6 cm)微型生物生物量

Fig.3　Top 6cm sediment microbial biomass of the survey stations

2.3　小型底栖生物类群组成

调查海域共有 13 个类群的小型底栖生物,其中东小区 11 类,西小区 12 类。包括线虫(Nematoda)、腹毛类(Gastrotricha)、动吻类(Kinorhyncha)、多毛类(Polychaeta)、寡毛类(Oligochaeta)、介形类(Ostracoda)、桡足类(绝大部分为猛水蚤 Harpacticoida)、等足类(Isopoda)、缓步类(Tardigrada)、蜱螨类(Acari)、双壳类(Bivalvia)、铠甲类(Loricifera)、其他未鉴定种类(Other)。其中海洋线虫为绝对优势类群,其他较为重要的类群有底栖桡足类,多毛类,介形类等。东、西两小区小型底栖生物主要类群的密度见表 2。

2.4　小型底栖生物密度和生物量水平分布

调查海域东、西两小区小型底栖生物平均密度分别为(104.4±20.48)个/10 cm^2,(40.26±25.84)个/10 cm^2,密度占前五位的的类群依次为线虫、桡足类、多毛类、介型类和缓步类。东小区最高密度值出现在 ES0506 站,为 137.55 个/10 cm^2,最低密度出现在 ES0504 站,为 84.65 个/10 cm^2;西小区最高密度值出现在

WS0502 站,为 90.15 个/10 cm^2,最低密度出现在 WS0504,为 17.35 个/10 cm^2。线虫是小型底栖生物中的绝对优势种,东、西两小区平均密度分别为(97.23±19.51)个/10 cm^2 和(36.78±25.08)个/10 cm^2;桡足类东、西两小区平均密度分别为(4.21±1.05)个/10 cm^2 和(2.08±0.82)个/10 cm^2,东小区最高值出现在 ES0503 站,为 5.50 个/10 cm^2,最低值出现在 ES0502 站,为 2.82 个/10 cm^2;西小区最高值出现在 WS0502,为 3.1 个/10 cm^2,最低值出现在 WS0504,为 0.85 个/10 cm^2。多毛类在东小区平均密度较高,有(1.03±0.39)个/10 cm^2,而在西小区平均密度仅有 0.14 个/10 cm^2(图 4)。

表 2 东、西小区小型底栖生物各类群平均密度

Table 2 Abundanc of meiofaunal groups and nematode biomass

类群 Groups	东小区 平均密度 Abundance(个/10cm^2)	西小区 平均密度 Abundance(个/10cm^2)
线虫 Nematoda	97.23±19.51(93.13%)	36.78±25.08(91.36%)
腹毛类 Gastrotricha	-	0.02±0.06(0.06%)
桡足类 Copepoda	4.21±1.05(4.03%)	2.08±0.82(5.66%)
多毛类 Polychaeta	1.03±0.39(0.9%)	0.14±0(0.35%)
动吻类 Kinorhyncha	0.02±0.069(0.02%)	0.02±0.06(0.06%)
双壳类 Bivalvia	0.05±0.07(0.05%)	0.05±0.07(0.05%)
寡毛类 Oligochaeta	0.02±0.06(0.02%)	0.02±0.06(0.06%)
介形类 Ostracoda	0.19±0.17(0.07%)	0.21±0.23(0.53%)
缓步类 Tardigrada	0.11±0.14(0.11%)	0.14±0.23(0.35%)
蜱螨类 Acari	0.07±0.12(0.07%)	0.02±0.06(0.06%)
等足类 Isopoda	—	0.09±0.16(0.23%)
铠甲类 Loricifera	0.09±0.15(0.09%)	-
其他类 Others	0.23±0.26(0.22%)	0.05±0.07(0.12%)
总计 Total	104.40±20.48	40.26±25.84

括号内的表示该类群生物丰度占总丰度的百分比;-表示未出现

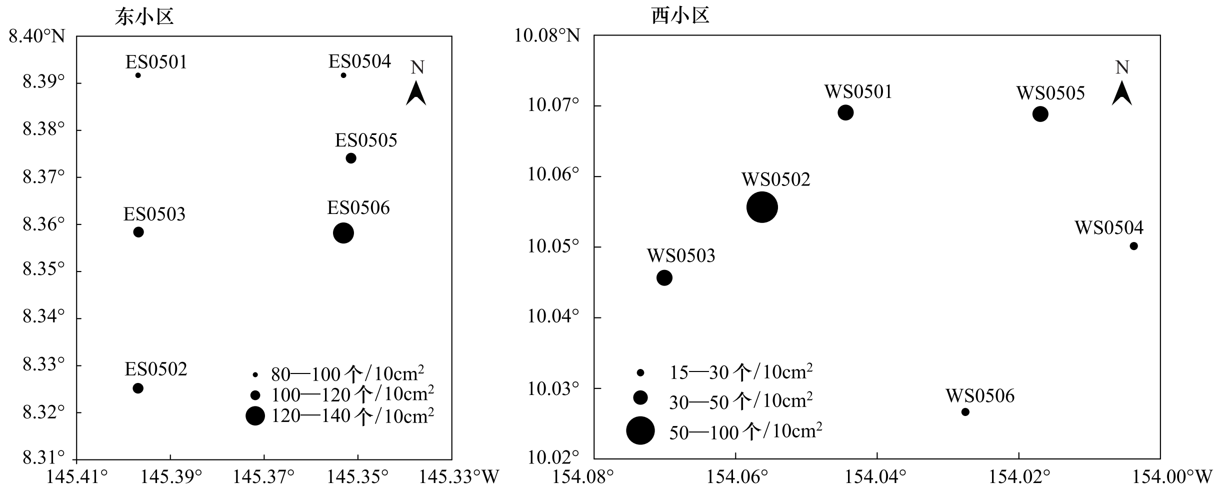

图 4 小型底栖生物密度水平分布

Fig. 4 horizontal distribution of the abundance of meiofauna

调查海域东、西两小区线虫平均生物量分别为(5.25±0.99)μg 干重/10 cm^2 和(1.68±0.77)μg 干重/10cm^2。东小区线虫最高生物量出现在 ES0506 站,为 6.57μg 干重/10cm^2,最低生物量出现在 ES0504 站,仅为 3.86 μg 干重/10cm^2;西小区线虫最高生物量出现在 WS0502,为 3.15 μg 干重/10cm^2;最低出现在 WS0504,为 0.96 μg 干重/10cm^2。深海线虫生物量较近岸低,与其个体小有一定关系。

2.5 小型底栖生物密度垂直分布

中国开辟区小型底栖生物密度的垂直分布趋势为:至表层向底层递减的趋势,小型底栖生物分布集中在沉积物表面 0—2 cm 层中,占总数的 75% 以上(图 5)。

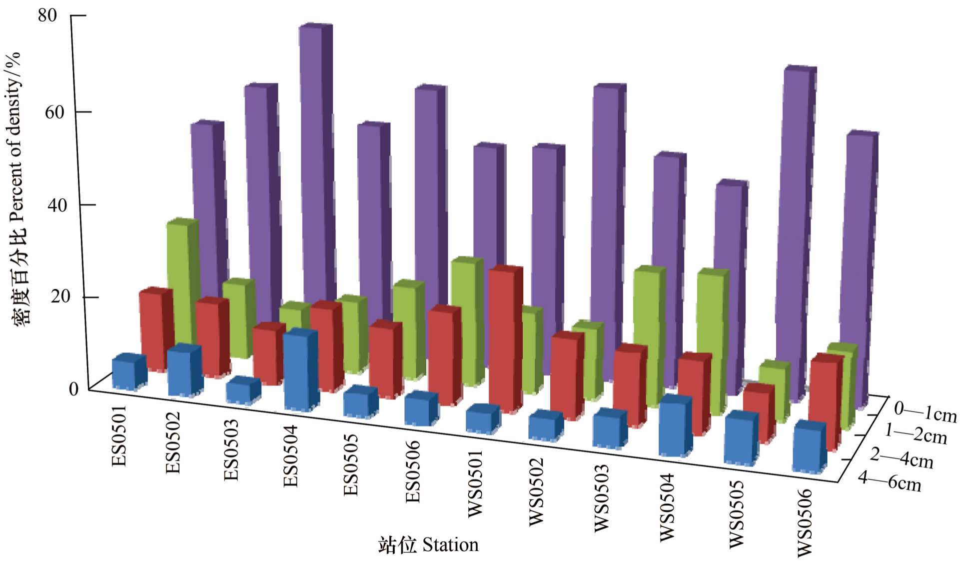

图 5　小型底栖生物垂直分布

Fig. 5　Vertical distribution of meiofauna abundance

2.6 小型底栖生物密度与环境变量的相关性

对 2005 年调查中同步测定的小型底栖生物密度,线虫密度,线虫生物量,桡足类密度,多毛类密度分别对各站位的经、纬度($n=12$),沉积物叶绿素含量($n=10$),沉积物微型生物生物量($n=10$)进行相关分析,分析结果见表 3。

表 3　小型底栖生物密度、生物量与环境因子的相关分析结果

Table 3　Correlationanalysis between miofuana abundance, biomass and environmental variables

	经度 Latitude	纬度 Longtitude	小型底栖生物总密度 Meiofauna abundance	线虫密度 Nematoda abundance	线虫生物量 Nematoda bomass	多毛类密度 Polychaeta abundance	桡足类密度 Copepoda abundance	沉积物叶绿素 a Chl-a	沉积物脱镁叶绿素 Phl-a
经度 Latitude	—								
纬度 Longtitude	0.99**								
小型底栖生物总密度 Abundance of meiofauna	−0.83**	−0.84**							
线虫密度 Abundance of Nematoda	−0.83**	−0.83**	0.99**						
线虫生物量 Bomass of Nematoda	−0.91**	−0.91**	0.97**	0.96**					
多毛类密度 Abundance of Polychaeta	−0.87**	−0.86**	0.74**	0.74**	0.78**				
桡足类密度 Abundance of Copepoda	−0.74**	−0.74**	0.81**	0.79**	0.83**	0.74**			
沉积物叶绿素 a Chl-a	−0.76**	−0.76**	0.65*	0.65*	0.68*	0.63*	0.30		
沉积物脱镁叶绿素 Phl-a	−0.93**	−0.93**	0.70*	0.70*	0.82**	0.86**	0.66*	0.82**	
微型生物生物量 bio-C	−0.71*	−0.70*	0.38	0.37	0.50	0.44	0.53	0.47	0.70*

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

结果显示:调查区域的小型底栖生物密度,线虫密度,线虫生物量,桡足类密度,多毛类密度与经、纬度呈

显著负相关,与脱镁叶绿素呈显著正相关,与沉积物微型生物生物量相关性不显著。小型底栖生物密度,线虫密度,线虫生物量,多毛类密度与叶绿素 a 呈显著正相关,桡足类与叶绿素 a 相关性不显著。脱镁叶绿素与沉积物微型生物生物量呈显著正相关。

3 讨论

3.1 深海小型底栖生物密度的影响因子

深海海盆通常食物贫瘠,食物来源主要依靠表层水体中有机碎屑的沉降,有机碎屑沉降通量对深海沉积物中底栖生物密度,生物量高低起着决定性影响。调查结果显示,中国开辟区小型底栖生物密度及线虫生物量与沉积物中叶绿素 a 和脱镁叶绿素含量均呈显著正相关(表 2),这与以往相关研究结果相同[26,36-38]。此外,沉积物特性也对小型底栖生物密度、垂直分布有一定影响,中国开辟区内的沉积物以硅质粘土、硅质软泥和含硅质粘土为主。其中东小区表层沉积物以硅质粘土为主,硅质软泥和含硅质粘土次之,它们分别约占东区面积为 70%、26%、4%,沉积物松软[40];西小区表层沉积物硅质软泥含量偏低,占西区的 16%,硅质粘土占 79%,含硅质粘土占 4%,表明东区的沉积物组分更细,更松软,西区沉积物则较东区粗而硬,两区在沉积环境上存在着差异[39]。由于底质颗粒越细越有利于有机物的富集[40-41],底质越松软则越有利于小型底栖生物上下活动,向深层分布,从大面分布来看东区小型底栖生物的密度要高于西区,从垂直分布来看,东区小型底栖生物在深层的分布的比例要比西区的比例大一些。

3.2 与历史资料的比较

由于受到采样技术的限制,历史上对深海的小型底栖生物研究相对近海而言较少,特别是在太平洋 CCZ,加之不同的研究运用采样和室内分选的方法有所差异,因此要进行精确比较是相对困难的。从群落结构上来说,各项研究差异性不大,线虫,底栖桡足类,多毛类是小型底栖生物的优势类群,尤其是线虫,为深海小型底栖生物的绝对优势类群[23,42]。

表 4 记录了国际上关于太平洋 CCFZ 以及周边深海小型底栖生物的数据,由于沉积物样品的厚度以及研

表 4 本研究与历史资料比较

Table 4 Comparison between present study and history data

区域 Area	深度 Deep/m	样品厚度 Sampling depth/cm	小型底栖生物密度 Density of meiofauna /(个/10cm^2)	参考文献 Reference
东北太平洋海盆,克拉里昂-克里帕顿结核区,北纬 30 度 NE Pacific Basin,CCNP,30°N	5800	0—5	90±20	[27]
克拉里昂-克里帕顿断裂带,中,东太平洋 CCFZ,eastern,central Pacific	4905—5140	0—2.5	82±23	[23]
中太平洋夏威夷连续站 HOT Station,central Pacific	4871—4884	0—1	40±9(仅线虫)	[26]
全球海通量研究赤道太平洋断面北纬 0—5 度 JGOFS EqPac transect 0—5°N, Equatorial Pacific	4301—4447	0—1	72±36(仅线虫)	[26]
全球海通量研究赤道太平洋北纬 9 度 JGOFS EqPac transect 9°N, Equatorial Pacific	4986—4994	0—1	45±38(仅线虫)	[26]
赤道太平洋,克拉里昂-克里帕顿结核区,北纬 9 度 Equatorial Pacific,CCNP,9°N	5300	0—5	95	[28]
东北太平洋海盆,克拉里昂-克里帕顿结核区,北纬 14 度 NE Pacific Basin,CCNP,14°N,NB site(有结核站位)	4877—5046	0—5	69±19(仅线虫)	[25]
东北太平洋海盆,克拉里昂-克里帕顿结核区,北纬 14 度 NE Pacific Basin,CCNP,14°N,NN site(无结核站位)	4877—5046	0—5	137±28(仅线虫)	[25]
中国多金属结核区东小区 Eastern area of the COMRA's Contract Area	5100—5400	0—6	104.4±20.48	本次调查(2005)
中国多金属结核区西小区 Weastern area of the COMRA's Contract Area	5100—5400	0—6	40.26±25.84	本次调查(2005)

究的重点有所不同(Bown[26]等调查沉积物最表层线虫密度,Renaud-Mornant 等对沉积物 2.5 cm 厚度的线虫进行研究,Snider 等[27],A. Miljutina 等[25],Kaneko 等[28]对沉积物 5 cm 厚度的小型底栖生物进行研究),因此只能进行粗略的对比。A. Miljutina 等数据显示,CCFZ 沉积物表层 5 cm 线虫平均密度为 80 个/10 cm^2,与本次研究的中国合同区东小区线虫密度((97.23±19.51) 个/10 cm^2)相仿,但远高于中国合同区西小区的线虫密度((36.78±25.08) 个/10 cm^2)。总体而言,CCFZ 线虫密度要远低于 Mokievskij 等[43]2007 年所得到的全球深海线虫密度值((196±15) 个/10 cm^2)。这与 CCFZ 位于透光层初级生产力很低的中北太平洋寡营养区有直接关系[25]。

References:

[1] Smith C R, Demopoulos A W J. The deep pacific ocean floor // Tyler P A, ed. Ecosystems of the Deep Oceans 28. Amsterdam: Elsevier, 2003: 179-218.

[2] Thistle D. The deep-sea floor: an overview // Tyler P A, ed. Ecosystems of the Deep Ocean Ecosystems of the World 28. Amsterdam: Elsevier, 2003: 5-37.

[3] Glover A G, Smith C R. The deep-sea floor ecosystem: current status and prospects of anthropogenic change by the year 2025. Environmental Conservation, 2003, 30(3): 219-241.

[4] Thiel H. Anthropogenic impacts on the deep sea // Tyler P A, ed. Ecosystems of the World 28. Amsterdam: Elsevier, 2003: 427-472.

[5] Gerlach S A. On the importance of marine meiofauna for benthos communities. Oecologia, 1971, 6(2): 176-190.

[6] Heip C, Vincx M, Vranken G. The ecology of marine nematodes. Oceanography and Marine Biology Annual Review, 1985, 23: 399-489.

[7] Coull B C. Long-term variability of meiobenthos: value, synopsis, hypothesis generation and predictive modelling. Hydrobiologia, 1986, 142(1): 271-279.

[8] Zhang Z N, Li Y G, Tu L H, Yu Z S. Preliminary study on the ecology of the benthic meiofauna in the Huanghe river estuary and its adjacent waters. Oceanologia Et Limnologia Sinica, 1989, 20(3): 197-208.

[9] Zhang Z N, Gu F, 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): 11-18.

[10] Zhang Z N, Lin K X, Zhou H, et al. Abundance and biomass of meiobenthos in autumn and spring in the East China Sea and Yellow Sea. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(5): 997-1005.

[11] Wang X G, Wang C S, Zhang D S, Hong L S, Yang D. Abundance and biomass of meiofauna in the Changjiang Estuary and its adjacent continental shelf waters in spring, 2007. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(17): 4717-4727.

[12] Juario J V. Nematode species composition and seasonal fluctuation of a sublittoral meiofauna community in the German bight. Veroff Inst Mecresforsch Bremerh, 1975, 15(4): 283-337.

[13] Warwick R M, Gee J M. Community structure of estuarine meiobenthos. Marine Ecology Progress Series, 1984, 18: 97-111.

[14] Vanhove S, Vermeeren H, Vanreusel A. Meiofauna towards the South Sandwich Trench (750—6300 m) focus on nematodes. Deep Sea Research Part II, 2004, 51(14/16): 1665-1687.

[15] Shirayama Y, kojima S. Abundance of deep-sea meiobenthos off Sanriku, Northeastern Japan. Journal of Oceanography, 1994, 50(1): 109-117.

[16] Thiel H, Schriever G, Bussau C, Borowski C. Manganese nodule crevice fauna. Deep Sea Research Part I, 1993, 40(2): 419-423.

[17] Morgan C L, Odunton N A, Jones A T. Synthesis of environmental impacts of deep seabed mining. Marine Georesources and Geotechnology, 1999, 17(4): 307-356.

[18] Sharma R, Nagender N B, Parthiban G, Jai S S. Sediment redistribution during simulated benthic disturbance and its implications on deep seabed mining. Deep Sea Research Part II, 2001, 48(16): 3363-3380.

[19] Thiel H, Schriever G, Ahnert A, Bluhm H, Borowski C, Vopel K. The large-scale environmental impact experiment DISCOL-reflection and foresight. Deep Sea Research Part II, 2001, 48(17/18): 3869-3882.

[20] Wang C S, Zhou H Y. Assessment of potential impacts of deep-sea mining on marine ecosystem Ⅱ. Benthic ecosystem. Marin Environmental Science, 2001, 20(2): 32-37.

[21] Bernstein B B, Hessler R R, Smith R, Jumars P A. Spatial dispersion of benthic foraminifera in the abyssal central North Pacific. Limnology and Oceanography, 1978, 23(3): 401-416.

[22] Hecker B, Paul A Z. Benthic base-line survey of the DOMES area. NOAA, 1977: 115.

[23] Renaud-Mornant J, Gourbault N. Evaluation of abyssal meiobenthos in the eastern central Pacific (Clarion-Clipperton Fracture Zone). Progress in Oceanography, 1990, 24(1/4): 317-329.

[24] Wilson G D F. Biological evaluation of a preservational reserve area: faunal data and comparative analysis // The Biological Impact of Deep Ocean Manganese Nodule Mining. Report for National Oceanic and Atmospheric Administration Ocean Minerals and Energy Office contract number 50-DSNC-9-00108. Sydney: Australian Museum, 1992: 60-60.

[25] Miljutina M A, Miljutin D M, Mahatma R, Galéron J. Deep-sea nematode assemblages of the Clarion-Clipperton Nodule Province (Tropical North-Eastern Pacific). Marine Biodiversity, 2009, 40(1): 1-15.

[26] Brown C J, Lambshead P J D, Smith C R, Hawkins L E, Farley R. Phytodetritus and the abundance and biomass of abyssal nematodes in the central, equatorial Pacific. Deep Sea Research Part I, 2001, 48(2): 555-565.

[27] Snider L J, Burnett B R, Hessler R R. The composition and distribution of meiofauna and nanobiota in a central North Pacific deep-sea area. Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers, 1984, 31(10): 1225-1249.

[28] Kaneko (Sato) T, Maejima Y, Teishima H. The abundance and vertical distribution of abyssal benthic fauna in the Japan deep-sea impact experiment // Chung J S, Das B M, Matsui T M, Thiel H, eds. The Proceedings of the 7th International Offshore and Polar Engineering Conference. Honolulu, USA, 1997, 1: 475-480.

[29] Gao A G, Wang C S, Yang J Y, Wang Z P, He D H. Distribution of deep-sea meiobenthos of the eastern and western portions of the COMRA's Pioneer Area. Donghai Marine Science, 2002, 20(1): 28-35.

[30] Yang J Y, Wang C S, Liu Z S, Gao A G, Wang X G. The spacial distribution of tropical north Pacific deep-sea meiobenthos. Journal of Marine Sciences, 2005, 23(3): 23-29.

[31] Wang X G, Wang C S, Zhang D S, Hong L S. An improved method for separating meiofauna from deep-sea sediments using colloidal silica Ludox @HS-40. Journal of Marine Sciences, 2010, 28(3): 79-84.

[32] Higgins R P, Thiel H. Introduction to the Study of Meiofauna. Washington DC: Simithsonian Insitution Press, 1988.

[33] Specifications for Oceanographic Survey. The Standards of the People's Republic of China GB/T 13745-92. Beijing: Standards Press of China, 2007.

[34] Holm-hansen O, Booth C R. The measurement of adenosine triphosphate in the ocean and its ecological significance. Limnology & Oceanography, 1966, 11(4): 510-519.

[35] Zhang D S, Wang C S, Yang J Y. Distribution of sediment microbial biomass and their impact factors of COMRA's contract area in eastern pacific ocean. Journal of Marine Sciences, 2010, 28(1): 32-38.

[36] Pfannkuche O. The deep-sea meiofauna of the Porcupine Seabight and abyssal plain (NE Atlantic): population structure, distribution, standing stocks. Oceanologica Acta, 1985, 8(3): 343-353.

[37] Pfannkuche O, Thiel H. meiobenthic stocks and benthic activity on the NE-Svalbard Shelf and in the Nansen Basin. Polar Biology, 1987, 7(5): 253-266.

[38] De Bovée F, Guidi L D, Soyer J. Quantitative distribution of deep-sea meiobenthos in the northwestern Mediterranean (Gulf of Lions). Continental Shelf Research, 1990, 10(9/11): 1123-1145.

[39] Jin X L. Polymetallic Nodules in the Eastern Pacific Metallogenic Belt Marine Geology and Deposit Characteristics. beijing: Ocean Press, 1997.

[40] Mayer L M. Surface area control of organic carbon accumulation in continental shelf sediments. Geochemica Et Cosmochinica Acta, 1994, 58(4): 1271-1284.

[41] Keil R G, Tsamakis E, Fuh C B, Giddings J C, Hedges J I. Mineralogical and texture controls on the organic composition of coastal marine sediments: Hydrodynamic separation using SPLITT-fractionation. Geochemica Et Cosmochimica Acta, 1994, 58(2): 879-893.

[42] Pfannkuche O. The deep-sea meiofauna of the Porcupine Seabight and abyssal plain (NE Atlantic): population structure, distribution and standing stocks. Oceanologica Acta, 1985, 8: 343-354.

[43] Mokievskii V O, Udalov A A, Azovskii A I. Quantitative distribution of meiobenthos in deep-water zones of the World Ocean. Oceanology, 2007, 47(6): 797-813.

参考文献:

[8] 张志南, 李永贵, 图立红, 于子山. 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.

[9] 张志南, 谷峰, 于子山. 黄河口水下三角洲海洋线虫空间分布的研究. 海洋与湖沼, 1990, 21(1): 11-18.

[10] 张志南, 林岿旋, 周红, 韩洁, 王睿照, 田胜艳. 东、黄海春秋季小型底栖生物丰度和生物量研究. 生态学报, 2004, 24(5): 997-1005.

[11] 王小谷, 王春生, 张东声, 洪丽莎, 杨丹. 长江口及其陆架春季小型底栖生物丰度和生物量. 生态学报, 2010, 30(17): 4717-4727.

[20] 王春生, 周怀阳. 深海采矿对海洋生态系统影响的评价 II. 底层生态系统. 海洋环境科学, 2001, 20(2): 32-37.

[29] 高爱根, 王春生, 杨俊毅, 王自磐, 何德华. 中国多金属结核开辟区东、西两小区小型底栖动物的空间分布. 东海海洋, 2002, 20(1): 28-35.

[30] 杨俊毅, 王春生, 刘镇盛, 高爱根, 王小谷. 热带北太平洋深海小型底栖生物大尺度空间分布. 海洋学研究, 2005, 23(3): 23-29.

[31] 王小谷, 王春生, 张东声, 洪丽莎. 深海小型底栖生物 Ludox 离心分选方法的改进研究. 海洋学研究, 2010, 28(3): 79-84.

[33] 海洋调查规范. 中华人民共和国国家标准 GB/T 13745-92. 北京: 中国标准出版社, 2007.

[35] 张东声, 王春生, 杨俊毅. 东太平洋中国合同区沉积物微型生物生物量的分布特征及其影响因子. 海洋学研究, 2010, 28(1): 32-38.

[39] 金翔龙. 东太平洋多金属结核矿带海洋地质与矿床特征. 北京: 海洋出版社, 1997.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 2 January, 2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Resource and Industrial Ecology

Urban, Rural and Social Ecology

Research Notes

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933　　CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号　**电　　话**:(010)62941099;62843362

E-mail:shengtaixuebao@ rcees. ac. cn　**网　　址**:www. ecologica. cn

编辑部主任　孔红梅　　**执行编辑**　刘天星　段　靖

生　态　学　报
(SHENGTAI　XUEBAO)
(半月刊　1981 年 3 月创刊)
第 33 卷　第 2 期　(2013 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 33　No. 2 (January, 2013)

编　　辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www. ecologica. cn shengtaixuebao@ rcees. ac. cn	**Edited** by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www. ecologica. cn Shengtaixuebao@ rcees. ac. cn
主　　编	王如松	**Editor-in-chief**	WANG Rusong
主　　管	中国科学技术协会	**Supervised** by	China Association for Science and Technology
主　　办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	**Sponsored** by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出　　版	科学出版社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	**Published** by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing　100717, China
印　　刷	北京北林印刷厂	**Printed** by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发　　行	科学出版社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@ cspg. net	**Distributed** by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@ cspg. net
订　　购	全国各地邮局	**Domestic**	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	**Foreign**	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行　**国内邮发代号** 82-7　**国外发行代号** M670　**定价** 90. 00 元