

# 台湾海峡西部海域表层沉积物 氧化-还原环境探讨\*

郭育廷 何惠真

(国家海洋局第三海洋研究所, 厦门 361005)

**摘要** 本文根据 1984—1985 年国家海洋局第三海洋研究所对台湾海峡西部海域环境进行多学科综合调查的沉积化学和底栖生物的资料, 概述了该海区表层沉积物的有机质、Eh、 $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  分布特征。把该海区沉积物氧化-还原环境区划分为三种类型: 较强氧化区; 弱氧化区; 弱还原区。发现本区底栖生物在这三个区的分布差异是: 弱氧化区最高; 较强氧化区次之; 弱还原区最低。

**关键词** 台湾海峡 沉积物 氧化-还原环境 底栖生物

海洋沉积物中的有机质含量、氧化-还原电位 Eh,  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ , 反映了沉积环境的化学特性——氧化性或还原性。而沉积物的氧化-还原环境对于沉积物中自生矿物的形成、化学元素的地球化学过程、底栖生物的生长和分布等都有着密切的关系。

## 一、调查范围与方法

调查区范围为  $22^{\circ}24.5'—25^{\circ}43.0'N$ ,  $116^{\circ}30.0'—120^{\circ}30.0'E$  (图 1)。

Eh 用离子计现场测定,  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  用 EDTA 容量法现场测定<sup>1)</sup>。有机质样品现场低温冷藏保存, 室内  $70^{\circ}C$  以下烘干, 磨细 100 目过筛, 用丘林容量法测定。沉积物粒度用筛分法和吸管法测定<sup>1)</sup>。底栖生物用大型底栖生物调查方法<sup>1)</sup>。

## 二、有机质、Eh 和 $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 的分布特征

有机质含量变化范围为 0.06—1.32%, 平均为 0.37%。分布特征是南低北高, 岸边高外海低。66% 测站含量  $< 0.5%$ , 分布在中部和南部; 含量  $> 1.0%$  的测站只占 7%, 分布在平潭岛的北部、平海至深沪沿岸以及南部沿岸个别测站(图 2)。

Eh 变化范围在 17—369mV 之间, 平均为 221mV, 分布呈南高北低由东向西递减的趋势。东山岛以东的南部海域多数测站  $Eh > 300mV$ 。以北至  $24^{\circ}N$  的多数测站在

\* 国家海洋局重点课题。本文承蒙詹滨秋、陈承惠、江锦祥 3 位副研究员热情指导, 赖士敏同志绘图; 王庆春、柯经堂、黄剑霞、曾礞石、黄衍宽同志参加沉积化学样品测定, 谨志谢忱。

接受日期: 1990 年 4 月 5 日。

1) 国家海洋局, 1975, 海洋调查规范。

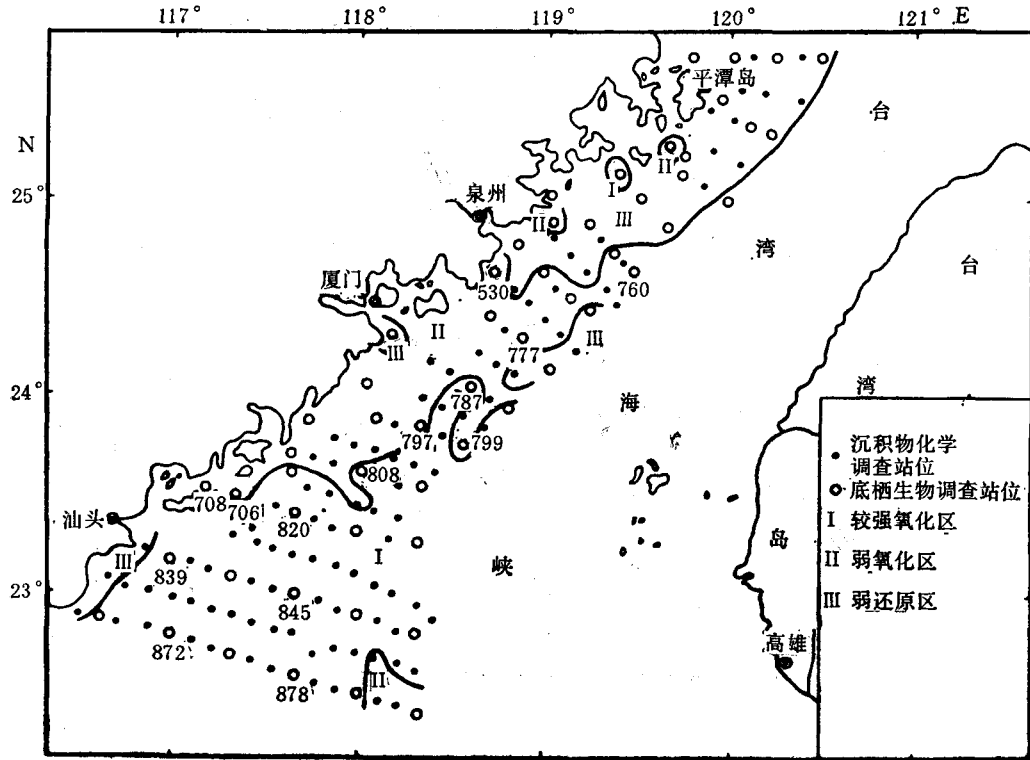


图1 调查站位及氧化-还原环境分区

Fig. 1 Station locations and divisions of the oxidation-reduction environment

200mV 左右。24—25°N 的多数测站在 110—150mV，25°N 以北及近岸区 < 100mV (图3)。

表1 不同调查海区有机质含量、Eh、 $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  比较Tab. 1 Comparison of organic materials, Eh and  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  in different investigated areas

海 区	有机质含量(%)	Eh(mV)	$Fe^{3+}/Fe^{2+}$
台湾海峡西部海域	0.06—1.32	17—369	0.37—31.67
	0.37	221	4.89
福建海岸带	0.06—2.19	-22—548	0.34—20.00
	0.92	208	1.55
厦门港	0—3.05	-231—436	0.29—14.67
	1.18	63	1.49

注：表中数据，上行为变化范围；下行为平均值。

$Fe^{3+}/Fe^{2+}$  变化范围为 0.37—31.67，平均为 4.89。分布趋势同 Eh 相似。其与 Eh 的相关系数为 0.870 ( $n = 136$ )。它们之间关系用一元回归方程表示为  $Eh = 144 + 85.1 \ln [Fe^{3+}/Fe^{2+}]$ 。位于 24°N 的 787 测站以南广大海域，大部分测站  $Fe^{3+}/Fe^{2+} > 3$ ，北部

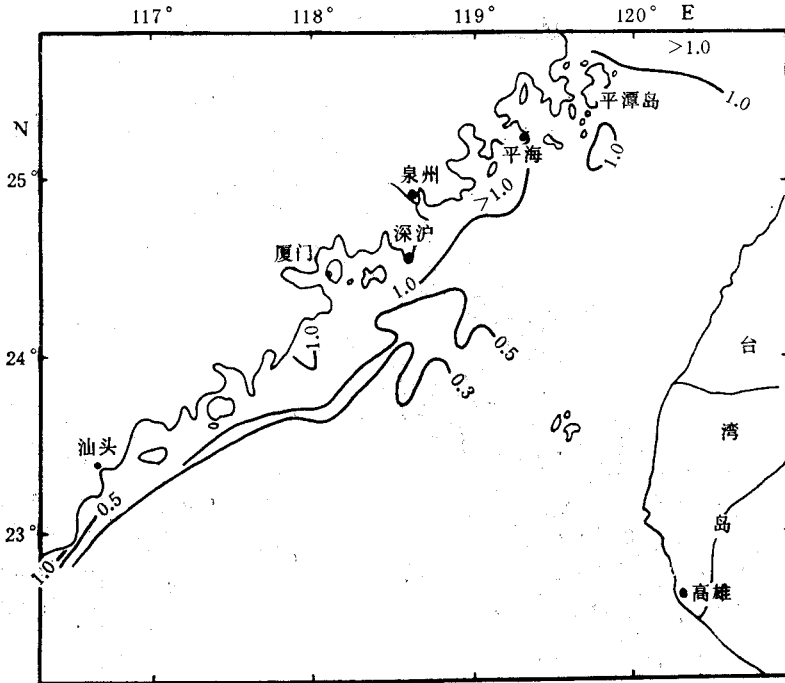


图2 有机质含量(%)分布

Fig. 2 Distribution of organic materials (%)

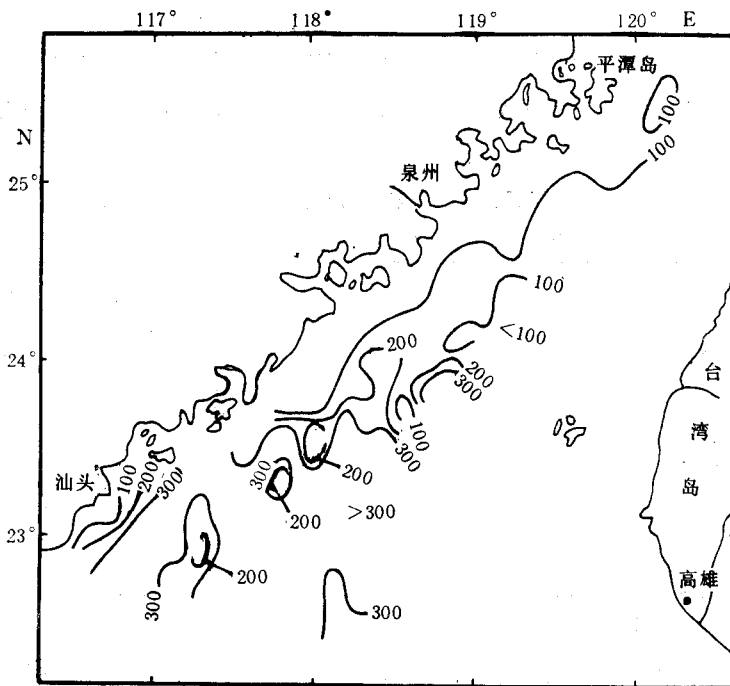
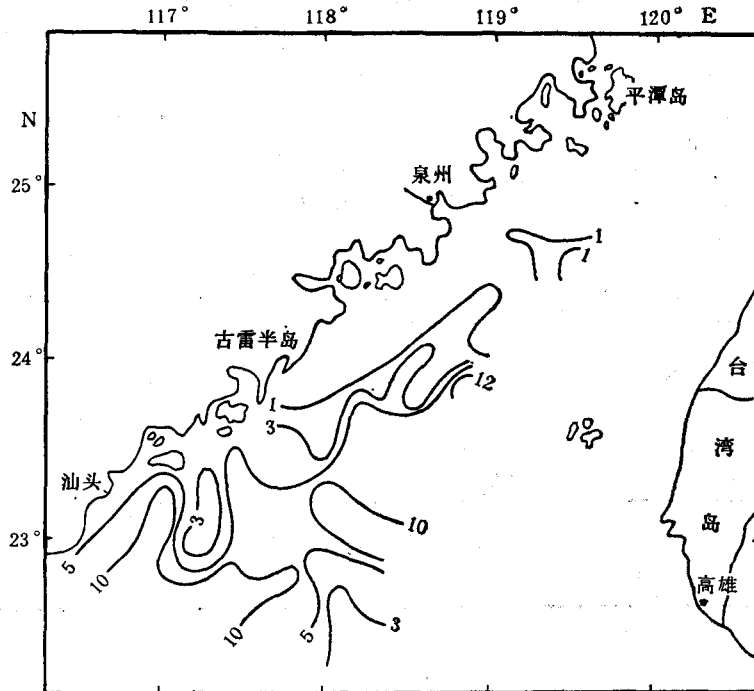


图3 Eh值(mV)分布

Fig. 3 Distribution of Eh (mV)

图 4  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  分布Fig. 4 Distribution of  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$ 

及平潭岛至古雷半岛近岸区  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  均  $< 1$  (图 4)。有机质含量、Eh 及  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  同沉积物类型密切相关。细粒沉积物中, 有机质含量高, Eh,  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  低; 粗粒沉积物中, 有机质含量低, Eh,  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  高。有机质含量与粘土含量呈明显线性关系, 以  $Y_{\text{有机质}(\%) } = 0.3428 + 0.02117X_{\text{粘土}(\%)}$  关系式表示, 且呈正相关, 相关系数为 0.921,  $n = 51$ 。

同福建海岸带、厦门港两海区调查资料对比(表 1) 可看出: 台湾海峡西部海域的有机质含量、Eh 变化较小, 说明本区沉积类型、水动力条件等影响因素的差异和变化较简单; 本区有机质含量平均值较低, Eh、 $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  平均值较高, 表明该区的氧化-还原环境比其它两海区具有较强的氧化性。

### 三、氧化-还原环境分区<sup>1)</sup>

海洋沉积物中的有机质、Eh、 $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  等化学指标, 反映了沉积环境的化学特性-氧化性或还原性。沉积物中有机质含量多寡是沉积物化学环境的可靠指标之一, 它一方面反映有机质的来源, 另一方面显示了保存的条件。弱的水动力条件和粘土质含量多的还原环境, 有利于有机质的保存, 反之利于有机质的分解; 自然界的铁分布既广又多, 且两种价态 ( $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ) 的铁随环境 Eh 值变化而改变。当  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  比值大于 1 时呈氧化环境, 小于 1 时为还原环境。 $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  值也是环境分区的可靠指标之一, 通常氧化还原分

1) 环境分区及其与底栖生物分布关系的讨论包括福建海岸带的 14 个测站。

界 Eh 等于零,但由于影响氧化还原电位 Eh 的因素很多,加之测示技术上的不足,测得的 Eh 值会与原始 Eh 值产生一定的误差。因而,据实测数据,基本上+100 mV Eh 可作为氧化还原分界值<sup>1)</sup>。

依照表 2 标准,以有机质含量、Eh 及  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  的实测数据为划分氧化-还原沉积环境的主要指标,结合沉积物类型、水动力条件,将本区大致分为三种类型: I. 较强氧化区; II. 弱氧化区; III. 弱还原区(图 1,表 2,表 3)。

表 2 氧化-还原环境划分标准<sup>[2]</sup>

Tab. 2 The standard for dividing oxidation-reduction environment

环境类型	有机质含量(%)	Eh(mV)	$Fe^{3+}/Fe^{2+}$
较强氧化区	<0.5	>200	>1.5
弱氧化区	0.5—1.0	100—200	1.0—1.5
弱还原区	1.0—1.5	0—100	<1.0

表 3 各环境区实测参数

Tab. 3 The actual parameters from each environment section

环境类型和站数	有机质含量(%)	Eh(mV)	$Fe^{3+}/Fe^{2+}$	中值粒径 ( $Md\phi$ )
较强氧化区 76	0.06—0.30	182—369	1.63—31.67	0.01—2.44
	0.15	324	8.54	1.32
弱氧化区 39	0.24—0.74	61—283	0.52—2.05	0.27—7.58
	0.50	158	1.11	3.01
弱还原区 35	0.38—1.32	17—137	0.37—1.00	2.64—7.95
	0.87	78	0.65	5.11

注:表中数据,上行为变化范围;下行为平均值。

**I. 较强氧化区** 位于台湾海峡南部,属残留沉积区。沉积物以中粗砂、细砂、中细砂为主,平均中值粒径为 1.32。本区处于现代外洋水系控制下,主要是强大的东北流向的南海水,水动力条件强<sup>[4,5]</sup>。该区有机质含量低,均小于 0.5%,87%测站小于 0.2%; Eh 值高,均大于 200mV, 88%测站大于 300mV;  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  也高,均大于 1.5,88%测站 > 3,为较强氧化区。

**II. 弱氧化区** 位于台湾海峡中北部和闽南近海,属过渡沉积区<sup>[3]</sup>。沉积物为粉砂质砂、砂质粉砂、砂-粉砂-粘土,平均中值粒径为 3.01。该区 61%测站有机质含量在 0.5—0.7%,68%测站 Eh 值在 100—200mV,62%测站  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  在 0.8—1.5,为弱氧化区。

**III. 弱还原区** 位于台湾海峡北部及闽中近海。属现代滨岸沉积区。地处近岸水下岸坡及北接东海大陆架,地形平坦,水动力条件相对较弱。在携带大量泥沙的闽浙沿岸流作用下,沉积物为粉砂质粘土和粘土质粉砂等细粒物质<sup>[3]</sup>,平均中值粒径为 5.11。该区

1) 国家海洋局,1987,中国海洋自然环境图集,上集(渤、黄、东海),第四分册,地质、地球物理图册说明书,53—55。

有机质含量高, 65%测站在 0.7—1.4%; Eh 值低, < 100mV, 64%测站在 60—90mV;  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  也低, < 1, 74%测站在 0.3—0.7, 为弱还原区。

从表 3 各参数比较也可看出, 上述三个区的氧化-还原环境指标有明显的差别。

#### 四、底栖生物分布与氧化-还原环境的关系

底栖生物分布同其所在沉积物氧化-还原环境有一定关系。不同的氧化-还原环境, 其底栖生物量<sup>1)</sup>和栖息密度存在着较大差别(表 4)。从表 4 可以看出: 弱氧化区总生物量和

表 4 各环境区总生物量和总栖息密度比较

Tab. 4 Comparison of total biomass and population density in the environmental sections

环境分区和站数	年平均总生物量 ( $g/m^2$ )	年平均总栖息密度(个/ $m^2$ )
较强氧化区 19	26.89	154
弱氧化区 19	28.39	185
弱还原区 17	17.31	118

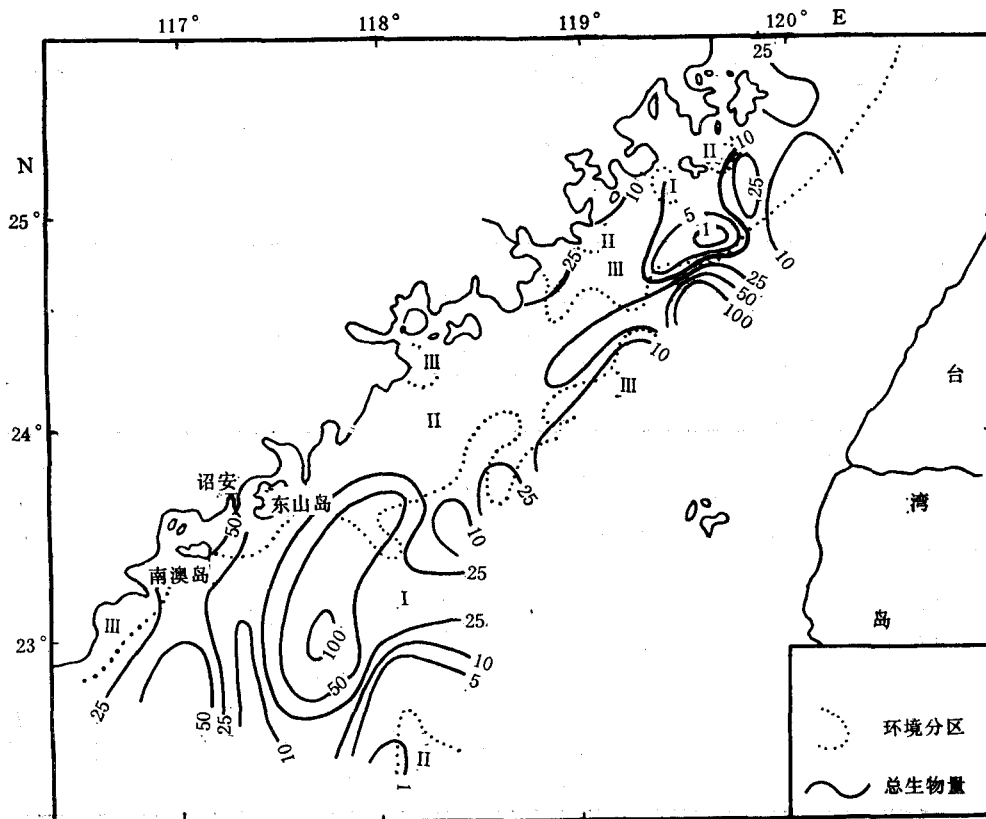


图 5 年平均总生物量 ( $g/m^2$ ) 分布

Fig. 5 Distribution of the average of total biomass per year ( $g/m^2$ )

1) 文中生物量均指湿重。

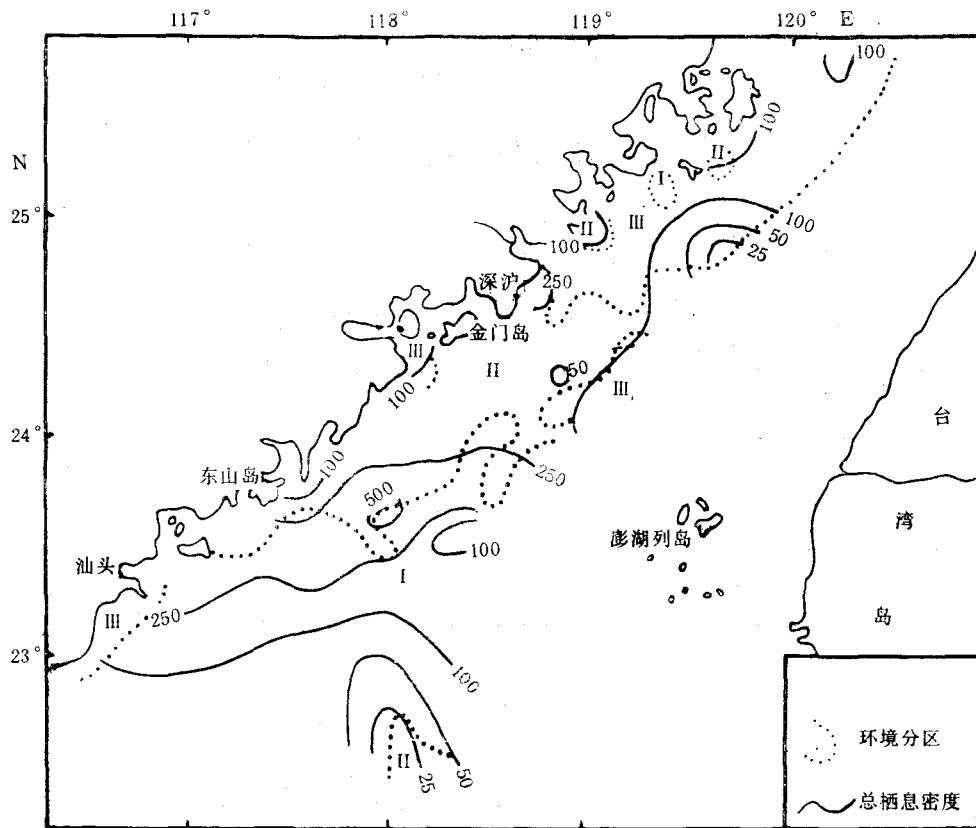
图6 年平均总栖息密度(个/m<sup>2</sup>) 分布Fig. 6 Distribution of the average population density per year (ind./m<sup>2</sup>)

表5 高生物量区

Tab. 5 The high biomass sections

位置	测站	年平均生物量(g/m <sup>2</sup> )	环境类型
东山岛东南部(范围大)	845	73.93	较强氧化区
	808		
	820		
台湾海峡中部偏北(范围小)	760	212.03	弱氧化区
调查海区南端(范围小)	872	96.03	较强氧化区
南澳岛至诏安湾(范围小)	708	70.49	弱氧化区

总栖息密度最高,弱还原区最低。

调查区6个高生物量( $>50\text{g}/\text{m}^2$ )测站的分布,有4个在较强氧化区,两个在弱氧化区。9个高栖息密度( $>250\text{个}/\text{m}^2$ )测站的分布,有6个在弱氧化区,3个在较强氧化区。弱还原区均无高生物量和高栖息密度测站分布。从图5、图6和表5、表6可清楚地看出,

高生物量区和高栖息密度区分布在较强氧化区和弱氧化区这类氧化性环境。

表 6 高栖息密度区

Tab. 6 The high population density sections

位 置	测 站	年平均栖息密度(个/m <sup>2</sup> )	环境类型
汕头、东山岛往东偏北至澎湖列岛西海域(范围大)	808,820,839, 706,708,797,799	441 346	较强氧化区 弱氧化区
台湾海峡中部(深沪湾至金門岛东面)(范围小)	777,530	282	弱氧化区

从表 7 可以看出底栖生物主要类群的分布:在总生物量中,棘皮动物居首位,占 46%;其次为多毛类,占 16%。栖息密度,多毛类占 40%;甲壳动物次之占 29%。从表 8 看出:棘皮动物的生物量,在弱氧化区最高,弱还原区最低;多毛类和甲壳动物的栖息密度,在弱氧化区最高。

表 7 各类群生物量和栖息密度

Tab. 7 The biomass and population density of each community

生物类群	多毛类	软体动物	甲壳动物	棘皮动物	鱼类	其他动物
生物量 (g/m <sup>2</sup> )	4.33	2.80	2.46	11.97	1.90	3.23
栖息密度(个/m <sup>2</sup> )	68	14	49	21	13	5

表 8 主要类群在不同环境区的生物量和栖息密度

Tab. 8 The biomass and population density of major species in different environment sections

环境类型	生物量 (g/m <sup>2</sup> )		栖息密度(个/m <sup>2</sup> )	
	棘皮动物	多毛类	多毛类	甲壳动物
较强氧化区	11.32	4.14	58	54
弱氧化区	15.92	4.19	80	57
弱还原区	6.61	4.11	58	29

综上所述,台湾海峡西部海域底栖生物在不同氧化-还原环境的分布差异,无论是总生物量、总栖息密度,或是主要类群棘皮动物生物量、多毛类栖息密度,均是弱氧化区最高,表明该海区弱氧化环境适于底栖生物棘皮动物和多毛类的生长。

沉积物是底栖生物生活的重要环境之一。不同营养方式的底栖生物对其生活的沉积物环境都有一定的选择和适应范围。因此,不同沉积物氧化-还原环境就会影响底栖生物种类和数量的分布。

调查海域有 60% 以上测站属砂质类型的较强氧化环境或弱氧化环境,主要分布于海峡南部和中部远离岸边的水域。在这种环境中栖息的底栖生物,主要属于底上生活和固着的种类,以滤食或肉食性的营养方式为主。而在调查海区北部和中部近岸绝大部分测



站属粘土质粉砂和粘土质砂的弱还原环境。栖息于该沉积环境的种类,大多数属于底内和潜居生物,它们主要摄取沉积物中的有机碎屑或吞食沉积物为生。

由于本区在其水文条件(温度、盐度、水深和海流等)影响下,适于氧化沉积环境生活的底栖生物(如棘皮动物和多毛类)大量生长,故调查海域底栖生物总生物量和总栖息密度分布,在弱氧化区最高,在弱还原区最低;高生物量区和高栖息密度区只分布在较强氧化区和弱氧化区这类氧化环境中。

沉积物中的底栖有孔虫同它所栖息的沉积物氧化-还原环境也有密切关系。本区底栖有孔虫的总量分布呈北高南低趋势(图7)。北部一般大于100,南部一般小于100,最低仅5。底栖有孔虫总量随有机质的增多而增高,它同有机质相关系数为0.603,  $n = 36$ 。由于北部的弱还原沉积环境中有机质含量较高,所以底栖有孔虫总量就较高(表9)。

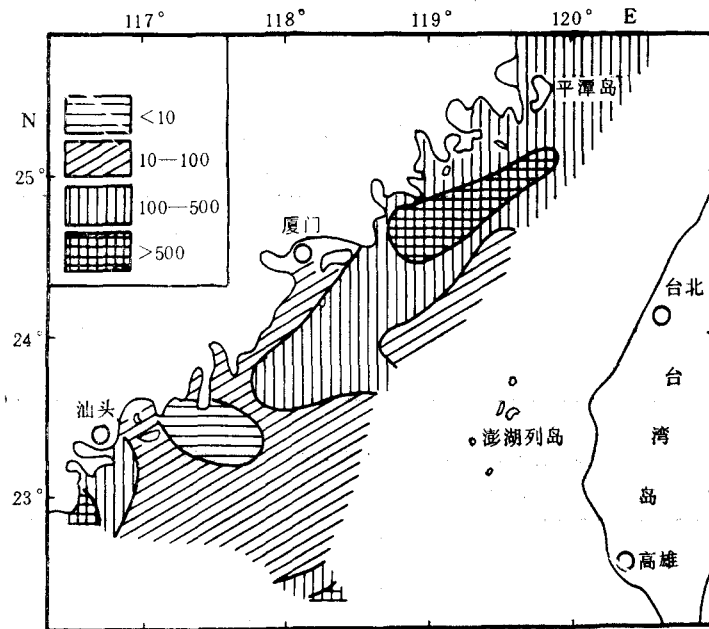


图7 底栖有孔虫总量(个数/g)分布

Fig. 7. Distribution of total population number of benthic foraminifera (ind./g)

表9 底栖有孔虫总量在不同环境区的比较

Tab. 9 Comparison of total population number of benthic foraminifera in different environment sections

环境类型和站数	站平均底栖有孔虫总量(个数/g, 干重)
较强氧化区 9	66
弱氧化区 9	410
弱还原区 10	513

## 五、结 语

1. 本区有机质变化范围为0.06—1.32%,平均为0.37%;分布特征是南低北高,岸边

高外海低。Eh 变化范围为 17—369mV, 平均为 221mV。Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> 变化范围为 0.37—31.67, 平均为 4.89。Eh 和 Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> 分布呈南高北低、由东向西递减的趋势。三者同沉积物类型密切相关。细粒沉积物中, 有机质含量高, Eh, Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> 低; 粗粒沉积物中, 有机质含量低, Eh, Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> 高。

2. 本区有机质含量平均值低于邻近的福建海岸带和厦门港; Eh, Fe<sup>3+</sup>/Fe<sup>2+</sup> 平均值高于上述两个海区。表明本区的沉积物氧化-还原环境具有较强的氧化性。

3. 把台湾海峡西部海域沉积物氧化-还原环境分为三种类型区: 从南到北依次为较强氧化区, 弱氧化区, 弱还原区。

4. 底栖生物同其所在沉积物氧化-还原环境有一定关系。本区底栖生物年平均总生物量和总栖息密度均为弱氧化区最高, 较强氧化区次之, 弱还原区最低。主要类群棘皮动物的生物量和多毛类的栖息密度也是弱氧化区最高。底栖有孔虫总量在弱还原环境区较高。

#### 参 考 文 献

- [1] 伍伯瑜, 1982, 台湾海峡环流研究中的若干问题, 台湾海峡, 1(1): 6。
- [2] 黄剑震, 1987, 厦门港湾氧化-还原沉积环境的划分, 台湾海峡, 6(1): 31。
- [3] 曾成开等, 1982, 台湾海峡的底质类型与沉积分区, 台湾海峡, 1(1): 57—60。

## ON THE OXIDATION-REDUCTION ENVIRONMENT OF SURFACE SEDIMENT IN WEST AREA OF TAIWAN STRAIT

Guo Yuting and He Huizhen

(Third Institute of Oceanography, SOA, Xiamen 361005)

### ABSTRACT

This article shows the distributive characteristics of oxidation-reduction environment indexes such as organic materials,  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  and Eh on surface sediment in the west area of the Taiwan Strait. The change range for organic materials was 0.06—1.32% (average was 0.37%) and tended to be higher in the north, lower in the south, higher in the area near to, and lower in the area far from the coast.  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  ranged from 0.37—31.67 (average was 4.89). Eh ranged from 17—369mV (average was 221mV) and tended to be higher in the south and lower in the north, decreasing westward. The above distributive patterns had some relationship with the sediment types. The small sized particles had more organic materials, lower  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  and Eh; the large particles had opposite trend.

Based on the organic materials,  $Fe^{3+}/Fe^{2+}$  and Eh, the area was divided into three regions of oxidation-reduction environment: I. stronger oxidation region; II. weaker oxidation region; III. weaker reduction region.

The different oxidation-reduction environments in sediment affected the population and species number of benthic organisms. The biomass and population density of the main benthic organisms (Echinoderm, Polychaeta) in the area were the highest in the weaker oxidation region, the second highest in the stronger oxidation region, the lowest in the weaker reduction region. This showed that the weaker oxidation region of the area is suitable for Echinoderm and Polychaeta growth. The total biomass of benthic foraminifera is the highest in the weaker reduction region.

**Key words** Taiwan Strait, Sediment, Oxidation-Reduction environment, Benthic organisms.