

东太平洋洋底沉积物的物质组成 与物理化学特征

牛作民

(地质矿产部广州海洋地质调查局实验室)

提要 作者通过研究,发现东太平洋洋底沉积物主要是由 $<0.063\text{mm}$ 的伊利石、蒙脱石加混层矿物、高岭石、绿泥石粘土矿物和放射虫、硅藻等组成。具有碱性、比表面积大,离子交换容量大的特点。该成果无异为东太平洋多金属结核分布区的大洋地质学的研究,提供了可贵的环境地质资料。

关键词 东太平洋洋底沉积物 物质组成 物理化学特征

第一作者简介 牛作民 男 53岁 高级工程师 海洋地质学

研究区位于 $7^{\circ}-15^{\circ}\text{N}$ 、 $138^{\circ}45'-153^{\circ}30'\text{W}$,即东太平洋海盆富含放射虫带的北缘(图1)。东以太平洋海山为界,西接东太平洋山脉,北靠克拉里昂转换断层,南接克里帕顿转换断层。洋底地形主体走向是NEE—SWW成条带状分布,它具有东高西低、北陡南缓的特征。该区尖底沉积物主要有深海粘土、硅质粘土、硅质软泥、含硅质钙质软泥、钙质软泥、含钙质硅质软泥,其中以硅质软泥分布最广,约占研究区的50%。根据洋底沉积物的化石鉴定,古地磁测定、 ^{10}Be 测定,它们主要属第四系。上第三系下中新统仅在研究区西南部局部出露,渐新统偶见于研究区西北角。这些第四系以前的沉积地层的出露,可能与南极底层水的侵蚀作用有关(许东禹,1986),根据洋底沉积物的钙质超微化石和有孔虫鉴定结果,研究区碳酸钙补偿深度CCD在4800—4900m。

1 物质组成

1.1 粒度成分

作者对13个站位的洋底沉积物做了颗粒分析,颗粒分析分别采用a、加偏磷酸钠分散剂,b、加蒸馏水不加分散剂,c、加海水不加分散剂三种方法,以查明研究区洋底沉积物的颗粒和团粒特征。

1.1.1 颗粒特征

从表1看出,硅质软泥、硅质粘土、含钙质硅质软泥、深海粘土颗粒经充分分散后,其平均粒径 M_1 介于 $7.49\phi-12.2\phi$,中值粒径 ϕ_{50} 介于 $7.11\phi-9.44\phi$,都属于细粉砂和粘土粒级。分散度介于1.27—16.67,说明这四种洋底沉积物粒度成分不太均一。

表 1 太平洋中部 CC 区洋底表层沉积物粒度特征^{*}

Table 1 Grain Size Features of the Surficial Seafloor Sediments in the CC-Zone of the Eastern Pacific Ocean

沉积物 类 型	取样深度 (cm)	细砂	粉砂	粘土	粒 度 系 数 (φ 值)		
		0.25—0.063	>0.004	<0.004	M_{11}	B_1	φ_{50}
		(mm)		(%)			
硅质软泥	0—25	0.28—2.21	21.72—78.21	77.89—19.57	7.86—9.2	1.27—3.16	7.11—9.25
	25—50	0.27—1.44	23.81—78.63	75.92—19.93	9.55—12.21	2.19—16.67	9.44—7.38
硅质粘土	0—25	0.38—0.58	74.68—20.74	24.94—78.68	7.49—9.36	1.45—1.70	7.32—9.34
含钙质硅 质软泥	0—35	1.57	62.91	35.51	7.75	1.75	7.38
深海粘土	0—15	1.13	33.50	65.14	8.71	1.76	8.94

* 蒸馏水加分散剂

1.1.2 团粒特征

从表 2、表 3 以蒸馏水和海水作为介质进行粒度分析结果来看, 洋底沉积物由于没有充分分散, 所以颗粒之间仍保持一定的吸附粘结, 形成团粒, 故各种沉积类型的砂和粉砂粒级含量普遍增高, 粘土粒级含量减少, 颗粒平均粒径 M_{11} 、中值粒径 φ_{50} 的值都减小。

表 2 太平洋中部 CC 区洋底表层沉积物粒度特征[†]

Table 2 Grain Size Features of the Surficial Seafloor Sediments in the CC-Zone of the Eastern Pacific Ocean

沉积物 类 型	取样深度 (cm)	细砂	粉砂	粘土	粒 度 系 数 (φ 值)		
		0.25—0.063	>0.004	<0.004	M_{11}	B_1	φ_{50}
		(mm)		(%)			
硅质软泥	0—25	0.12—2.82	92.94—82.46	6.88—14.73	5.5—6.9	1.29—5.27	5.55—6.90
	25—50	0.31—1.46	90.66—82.19	9.03—16.34	6.07—6.52	1.11—11.52	5.52—5.58
硅质粘土	0—25	0.44	89.66	9.97	6.94	2.00	6.9
含钙质硅 质软泥	0—35	3.96	87.69	8.35	4.6	4.71	4.48
深海粘土	0—15	0.4	90.57	9.03	5.51	2.12	5.37

† 仅加蒸馏水不加分散剂

1.2 矿物成分

1.2.1 碎屑矿物和其它物质

洋底沉积物主要由粘土矿物、放射虫、钙质生物遗体组成。辉石、磁铁矿、长石、石英、沸石、火山玻璃、宇宙尘、鱼齿、骨针等含量都很少, 小于 1%。CC 区所测 13 个站位的洋底沉积物, 除 CCA56 站含钙质硅质软泥由于水深仅 4759m, 位于 CCD 深度以上, 所

以洋底沉积物中的钙质生物含量高达 15% 外。其它 12 个站位的洋底沉积物由于都位于 CCD4800—4900m 之下, 故这 12 个站位的洋底沉积物钙质生物含量都很少, 小于 1%。

表 3 太平洋中部 CC 区洋底表层沉积物粒度特征对比

Table 3 Comparison of the Grain Size Features of Surficial Seafloor Sediments in the CC-Zone of the Eastern Pacific Ocean

样号	水深 (m)	取样 深度 (cm)	试 验 介 质	细砂	粉砂	粘土	中值粒径	沉积物类型
				0.25—0.063	>0.004	<0.004	ϕ_{50}	
				(mm)		(%)	ϕ 值	
CCA49	4910	0—25	海水	2.0	80	18	5.72	硅质软泥
			蒸馏水					
			加	1.1	31.5	67.5	9.25	
			分散剂					
			蒸馏水	1.8	90.8	7.5	6.64	
CCB53	5100	0—30	海水	13.8	73.2	13	4.84	硅质软泥
			蒸馏水					
			加	0.5	29.7	69.8	8.57	
			分散剂					
			蒸馏水	0.3	88.4	11.4	5.27	

1.2.2 粘土矿物

东太平洋 CC 区洋底沉积物粘土矿物具有以伊利石、蒙脱石加混层矿物为主, 绿泥石、高岭石为 2 次要成分的组合特征。伊利石含量最高, 各类洋底沉积物伊利石平均含量为 41—47%, 几乎占了一半; 蒙脱石加混层矿物平均含量是 32—35.6(%); 绿泥石平均含量为 12.5—16(%); 高岭石平均含量是 9—12(%)。这种粘土矿物组合特征相差则较大 (蒙脱石+混层矿物 53%、伊利石 26%、绿泥石 13%、高岭石 8%), 说明 CO 区洋底沉积物来源和北太平洋海盆沉积物来源相似, 即是主要通过大气搬运来源于北半球大陆和海底火山喷发的大气粉尘。

1.3 化学成分

1.3.1 氧化物

根据 CC 区硅质软泥、硅质粘土、含钙质硅质软泥、深海粘土分析资料 (表 4), 其化学成分主要有 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Na_2O 、 K_2O 、 CaO 、 MgO 组成。其它含量都小于 1%。其中 SiO_2 (48.55%)、 Al_2O_3 (11.69%) 含量最高, 占 60% 以上, 说明研究区洋底沉积物都是硅酸盐物质。其中 SiO_2 平均含量达 48.55—51.27(%), 大大超过大洋沉积物 SiO_2 平均含量 42.72%, 而 CC 区洋底沉积物中放射虫含量普遍在 5—35(%) 之间, 因此 CC 区洋底沉积物 SiO_2 含量高, 可能与它们富含放射虫有密切的关系。

1.3.2 可溶盐

充满洋底沉积物孔隙中的海水, 含有各种易溶的氯化物盐类、硫酸盐类、碳酸盐类、碳

酸盐类、以及少量较难溶的碳酸钙等盐类。这些溶解于孔隙溶液中的阳离子与土粒表面吸附的阳离子、可以相互置换,并形成动平衡状态。因此洋底沉积物中可溶盐的含量、成分和状态及其变化,对沉积物颗粒表面扩散双电层的性状和结构联结特性等,都有较大的影响。笔者对CC区8个站洋底沉积物,用它们的浸出液和压榨出的孔隙水溶液进行了可溶盐的分析研究(表5)。从表5明显看出,洋底沉积物孔隙水中的可溶盐成分与含量除决定于沉积物的物质成分外,也和洋底沉积物分布区的碳酸钙补偿深度CC有着密切的关系。在CCD深度以上的洋底沉积物中,较难溶解于水的 CaCO_3 就很少在洋底沉积物的孔隙中出现,往往成固态(钙质生物化石)出现在沉积物中。相反,位于CCD深度以下的洋底沉积物中,难溶于水的钙盐、镁盐含量也较少(表5),它们主要溶于海水。如位于CC区碳酸钙补偿深度CCD4900m以下的硅质软泥、硅质粘土、深海粘土等沉积物,它们可溶盐中的Ca的含量仅万分之几。

表4 CC区洋底表层沉积物化学全分析(%)

Table 4 Chemical Analysis of the Surficial Seafloor Sediments in the CC-Zone of the Eastern Pacific Ocean

沉积物类型	水深 m	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	MnO	TiO_2	P_2O_5	烧 失 量	有 机 碳
硅质软泥	4910 / 5390	53.11	12.59	6.46	1.82	3.51	4.92	2.61	0.46	0.70	0.71	13.05	0.14
硅质粘土	5038 / 5177	53.65	13.87	6.61	1.49	3.46	4.24	2.92	0.71	0.75	0.52	11.63	0.15
含钙质硅质软泥	4759	40.26	8.51	4.62	16.29	2.52	3.54	1.82	0.51	0.58	0.42	21.11	0.24
深海粘土	5040	47.17	11.69	8.06	2.30	3.52	4.89	2.42	3.46	0.45	1.00	11.90	0.154
CC区上述四种类型 沉积物平均值		48.55	11.67	6.44	5.48	3.25	4.40	2.44	1.29	0.62	0.66	14.42	0.17
CC区沉积物平均值		51.27	12.39	6.17	3.84	3.37	4.59	2.60	0.45	0.70	0.63	14.06	0.14
太平洋深海粘土平均值 ¹		54.90	16.6	7.7	0.7	3.4	1.3	2.7	0.56	0.78	0.25		0.27
大洋沉积物平均值 ²		42.72	12.29	4.89	0.6	2.18	1.10	2.10	0.41	0.59	0.16		0.27

¹ 据 Bischoff 等人 (1979) ² 据 EL Wakeel and Riley (1961)

表 5 CC 区洋底表层沉积物可溶盐分析 (%)

Table 5 Analysis (%) of Dissoluble Salt in the Surficial Seafloor Sediments in the CC-Zone of the Eastern Pacific Ocean

样号	水深 (m)	取样 深度 (cm)	沉积物类型	可 溶 盐	可溶盐溶液的含量*					
					K	Na	Ca	Mg	Cl ⁻	SO ₄ ⁻
CCA49	4910	0-25	硅质软泥	5.405	0.105	1.900	0.035	0.035	2.700	0.825
CCC2	5212	0-50	硅质软泥	12.80	0.280	4.440	0.040	0.050	6.965	1.495
CCC5	5210	0-20	硅质软泥	6.935	0.170	2.125	0.040	0.030	3.185	0.845
CCC11	5000	0-25	硅质软泥	6.965	0.180	2.235	0.040	0.040	3.140	0.915
CCB53	5100	0-30	硅质粘土	8.390	0.207	2.743	0.063	0.097	4.110	0.867
CCC6	5117	0-25	硅质粘土	6.467	0.160	2.113	0.033	0.043	2.960	0.720
CCA56	4759	0-35	钙硅质软泥	6.167	0.180	2.197	0.157	0.050	3.153	0.663
CCA86	5040	0-15	深海粘土	7.490	0.220	2.840	0.075	0.060	3.915	0.940

* 可溶盐试液的制备是采用 1g 干样用 100ml 蒸馏水在 35℃ 水温下恒温一小时后过滤, 所得滤液即为试液。

1.3.3 有机质

细粒沉积物中的有机质是以碳、氮、氢、氧为主体, 还有少量的硫、磷以及金属元素组成的有机化合物的通称。笔者仅测其中的有机碳, 再乘以经验系数 1.724 换算成有机质。CC 区洋底沉积物除 CCA49 (0.742%)、CCC5 (0.564%) 有机质含量大以外, 其它站位的洋底沉积物的有机质含量 (0.209—0.412%) 都小于太平洋深海粘土 (0.465%) 和大洋沉积物 (0.465%) 有机质的平均含量。

2 物理化学特征

2.1 pH 值

CC 区洋底沉积物的 pH 值都大于 7, 最高达 8.18 (CCC2 硅质软泥), 呈碱性。这种特征的沉积物土粒表面易形成较扩展的扩散双电层, 使它们趋于分散状态。

2.2 离子交换

东太平洋洋底沉积物是一个含粘土矿物和微生物壳体及海水电介质的组合系统。它所含的阳离子的类型和数量和它的粒度成分、粘土矿物的种类和数量、以及介质溶液的 pH 值、离子属性及浓度等, 都有很大关系。同时也对双电层相互作用产生很大影响。海洋沉积物中, 最常见的阳离子是 Ca⁺⁺、Mg⁺⁺、Na⁺、K⁺。由于 CC 区洋底沉积物中含有以伊利石、蒙脱石加混层矿物为主并含有高岭石、绿泥石的粘土矿物, 因此它们的离子交换量一般都在 45.98—102.41(me/100g) 之间。该数值都大于伊利石离子交换量 10—40(me/100g), 小于蒙脱石离子交换量 80—150(me/100g)。太平洋中部洋底沉积物交换阳离子和其它海洋沉积物一样, 仍然主要是 Ca⁺⁺、Mg⁺⁺、K⁺、Na⁺, 它们大多被粘土矿物表面负电荷紧紧吸引。

2.3 比表面

东太平洋 CC 区洋底沉积物由于颗粒很细, 都小于 0.063mm。而且是以伊利石、蒙脱石加混层矿物为主的粘土矿物组成, 阳离子交换量也较高, 因此 CC 区洋底沉积物比表面积数值也较高, 变化较大, 介于 93.81—157.48(m²/g), 与蒙脱石 (810m²/g)、伊利石 (67—100m²/g)、高岭石 (7m²/g) 比表面积数值相比, 是介于蒙脱石与伊利石之间。

收稿日期: 1991 年 3 月 30 日

参 考 文 献

- (1) 朱佛宏, 马道修, 牛作民等, 1984, 西太平洋底质及其分区, 海洋地质与第四纪地质, 4卷2期, 23—39页。
- (2) 许东禹, 1986, 太平洋国际海底多金属结核的矿物化学成分分布规律和资源量资料的分析研究, 海洋地质与第四纪地质, 6卷, 增刊, 1—49页。
- (3) J.K Mitchell, 1976, Fundamentals of Soil Behaviour, John Wiley and Sons, Inc p.105—150.

Composition and Physicochemical Features of the Seafloor Sediments in the Eastern Pacific Ocean

Niu Zuomin

(Laboratory of Guangzhou Marine Geological Survey, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The study area is located at 7°—15° N, 13° 845'—153° 30' W, that is, at the northern edge of the radiolaria-rich zone in the Eastern Pacific Basin. To the east, it bordered with the Eastern Pacific Seamounts; to west, with the Clarion Transform Fault, and to South, with the Clipperton Transform Fault. Seafloor topography in this region mainly strikes NEE—SWW and is distributed in zonation. The relief appears high on the east and low on the west, steep on the north and gentle on the south. Seafloor sediments there chiefly include deep-sea siliceous clay, siliceous ooze, Si-bearing calcareous ooze, calcareous ooze and Ca-bearing siliceous ooze, among which siliceous ooze is most widely distributed, covering about 50% of the area. Based on fossil identification, palaeomagnetic measurement and ¹⁰Be determination of seafloor sediments in the Eastern Pacific Ocean, we come to conclude that these sediments are mainly of Quaternary age.

Lower Miocene of the upper Tertiary is only locally exposed in southwestern part of the study area, whilst Oligocene is only sparsely seen at the northwestern sector. The identification of calcareous nanofossils and foraminifera in the seafloor sediments suggests a carbonate compensation depth (CCD) of 4, 800—4, 900m.

Through studies of seafloor sediments in the Eastern Pacific Ocean, the author found that:

1) These sediments are mainly composed of minerals less than 0.063mm in grain size, such as illite, montmorillonite+mixed mineral layers, kaolinite, clayey green earth minerals, radiolaria and diatoms etc..

Their average grain size (M_1) ranges between $7.49-12.21\phi$ and medial grain size (ϕ_{50}) between $7.11-9.44\phi$, which indicates a fine silt and clay grade. The dispersion degree (δ_1) is between 1.27-16.67.

2) Chemical composition of these sediments mainly include SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , CaO and MgO among which SiO_2 (48.55%) and Al_2O_3 (11.69%) are dominant, totalling up above 60%. The content and composition of dissoluble salts in the seafloor sediment of the study area is not only dependent on the composition of sediments but also closely related to CCD in the region.

3) pH values of the seafloor sediments in the area all exceed 7, thus indicating an alkaline nature. A diffusive double-electric films are usually developed on the soil-grain surface of sediments with such a feature, that turns those sediments into a dispersive state.

4) As seafloor sediments in the study area are characterized by such a clay mineral assemblage with dominant illite and montmorillonite+mixed mineral layers and some kaolinite and green earth, their ion exchange volume is generally between $45.98-65.09\text{me}/100\text{g}$, which is larger than $10-40\text{me}/100\text{g}$ of the illite and smaller than $80-150\text{me}/100\text{g}$ of the montmorillonite. Same as those of other marine sediments, these ions include Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ and Na^+ .

5) Because of their above-mentioned features, seafloor sediments in the study area hold a relatively high and changeable surface ratio values ranging between $93.81-157.48\text{m}^2/\text{g}$, which again run intermediate compared with the surface ratio of montmorillonite clay ($810\text{m}^2/\text{g}$) and that of illite clay ($67-100\text{m}^2/\text{g}$)