

# 台湾海峡西部沉积物中粘土 矿物的初步研究

游仲华 唐锦龙

(国家海洋局第三海洋研究所, 厦门)

**提要** 利用 X 射线衍射, 红外光谱, 电子显微镜和化学分析等手段, 综合分析和研究了台湾海峡西部海域的以水云母为主, 高岭石次之的粘土矿物组合特征。结果表明其含量变化和分布特点受物质来源, 沉积环境, 气候条件, 水动力条件所制约。高岭石系湿热气候风化型陆源次生矿物, 沿闽江和九龙江河口外迅速递减。绿泥石除少量陆源成因外, 主要是次生和自生的绿泥石。蒙脱石变以蚀变型自生蒙脱石为主。

粘土矿物含量的垂直变化能够为古气候和古沉积环境提供佐证

**关键词** 粘土矿物 沉积环境 古气候

**第一作者简介** 游仲华 男 52岁 高级工程师 海洋沉积及粘土矿物

为查明台湾海峡西部海域沉积物中主要粘土矿物含量变化与物质来源及沉积环境的关系, 笔者对台湾海峡和福建近岸海域的表层及部分柱状岩心沉积物样品 (图 1), 运用 X 射线衍射、红外光谱、电子显微镜、化学分析等手段, 进行了粘土矿物初步研究和综合分析 (藤俊男, 1974; 游仲华, 1985)

台湾海峡地区属闽东南燕山断拗带和大陆边缘拗陷带的延续。福建近岸海域沉积物以粉砂质粘土和粘土质粉砂为主。台湾海域沉积物北部以粘土质粉砂为主, 南部以细砂和中粗砂为主。台湾浅滩多为中粗砂, 不少站位缺失粘土样品。

## 一、粘土矿物组合类型和分布特征

X 射线衍射分析是采用 Scafe 和 Kunze (1971) 半定量方法。本区沉积物中主要粘土矿物为水云母, 其次为绿泥石和高岭石, 还含一定量的蒙脱石。从红外光谱 (图 2) 分析, 也可看出本区是以水云母为主的粘土矿物组合类型。除外, 结合电子显微镜照片等综合分析结果还表明, 台湾海峡西部沉积物中还含有少量埃洛石、蛭石、坡缕缟石和混层粘土矿物。

### 1. 水云母

一般含量为 60—70%。福建近岸海域的 9 水云母含量较低, 尤其在主要河流闽江和九龙江河口及口外海域的含量最低, 甚至小于 50%。含量最高值出现在平潭岛东北和惠安东南方向的台湾海峡中线附近, 其含量大于 75%。

### 2. 绿泥石

一般含量为 15%左右。兴化湾和龙海—东山岛近岸海域含量较高, 大于 17.5%; 而闽江

和九龙江等河口外海域及台湾海峡中线附近其含量小于15%。

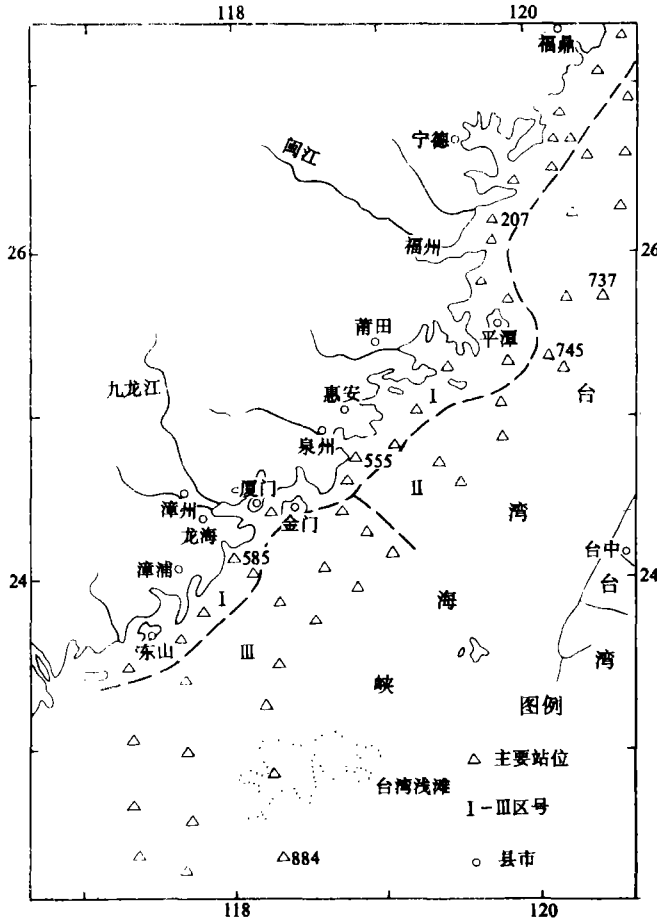


图 1 取样范围及粘土矿物组合分区

Fig 1 Sampling sites and the division of clay mineral assemblages

### 3、高岭石

一般含量为10-15%，近岸海域含量大于15%；九龙江、闽江等河口及口外附近和闽南沿岸的小海湾内含量则大于20%；台湾海峡中线附近的海域，高岭石含量较低，往往小于7.5%。

### 4.蒙脱石

本区蒙脱石含量较低，一般为5-10%。尤其平潭岛以东和泉州-厦门以东的海峡中线附近海域的蒙脱石含量出现最低值，小于5%。而厦门港湾以南的近岸海域其含量则较高，大于12%。

## 二、粘土矿物组合分区和含量变化

台湾海峡沉积物中粘土矿物的含量随物质来源、沉积环境、沿岸流及海流的水动力条件

的不同，具有较为明显的区域特征和变化规律。I 区为福建近岸海域；II 区是以厦门港湾为界的台湾海峡北部海域；III 区系台湾海峡南部海域（图 1）。

各区主要粘土矿物含量列于表 1。从表中可看出，水云母的含量是 II > III > I；而高岭石、绿泥石和蒙脱石的含量则是 II < III < I。

### 1.高岭石

高岭石系次生矿物，含量随着与陆地物质来源地距离的增加有明显减少的趋势，亦即具有显著的陆源效应。因此，自河口到口外，从近岸海域到海峡中线附近，高岭石含量逐渐降低。一方面说明了高岭石是陆源次生矿物外，另一方面也表现出高岭石较其它粘土矿物易于在电解质突变的楔形流区迅速聚沉的特征。（游仲华，唐锦龙；1986）

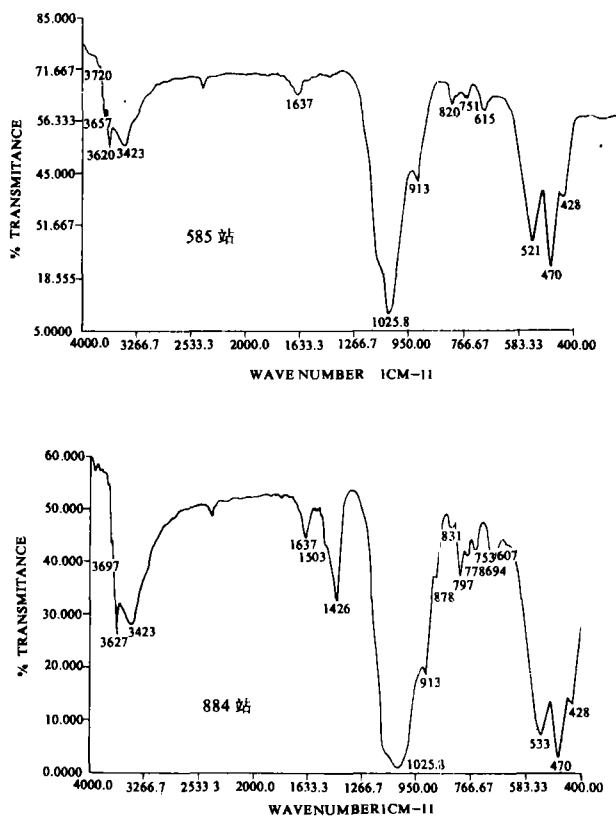


图 2 红外吸收光谱

Fig. 2 Infrared absorption spectrogram

厦门港湾以南的沿岸地区由于地处亚热带，气候湿热，化学风化作用强烈，砖红壤十分发育，说明高岭石的物质来源比北部地区较为丰富，所以台湾海峡南部海域的高岭石含量大于北部海域。

### 2.水云母

水云母亦为陆源粘土矿物。本区样品经醋酸镁处理后 1.4nm 衍射峰并无增强，1nm 衍

射峰变无明显变化,说明本区水云母脱钾程度差,未遭强烈破坏,仍属结晶化学特性稳定的水化白云母。

表1 各分区主要粘土矿物的含量

Table 1 Percentage of main clay minerals in each Subarea

含 量 ( % ) 粘 土 矿 物 类 型	区 别	I	II	III	分区比较
I		50-65	70-75	65-70	II > III > I
CH		10-20	10-15	13-16	I > III > II
K		15-30	7-9	9-12	I > III > II
M		9-12	4-8	5-10	I > III > II

根据样品(多为黑灰色,个别红黄色者先进行去除游离氧化铁的处理)化学分析结果(以表2两站所列为例),Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>分别为5-10%和11-17%,含量较高,说明本区水云母隶属Fe-Al质水化白云母。

表2 585站和884站表层沉积物化学分析数据

Table 2 Chemical analytical data of surface sediments from stations 585 and 884

站号	分析类型	沉积物类型	Md <sub>x</sub>	pH	Eh	Fe <sup>3+</sup> / Fe <sup>2+</sup>	氧化锰 %	氧化钙 %	氧化镁 %	碳酸盐 %	有机质 %	氧化铁 %	氧化铝 %	氧化钛 %	氧化硅 %	主要矿物 %			
																I	ch	k	M
585	全样	STY		7.39	273	0.78				5.50	1.26								
	<2μ						0.05	3.39	1.68		0.92	5.59	13.27	0.23	47.45	57.2	14.7	11.3	16.6
884	全样	FS	3.46	7.66	175	1.28	0.05	6.10	1.80	11.04	0.32	4.13	8.01	0.42	70.81				
	<2μ						0.05	2.07	1.66		1.59	5.78	11.08	0.56	46.13	62.8	16.4	8.9	11.9

水云母含量变化与高岭石变化趋势正相反,随着与海岸距离增加而增加。从九龙江、闽江河口到口外,水云母含量逐渐增高,除了受高岭石稀释作用影响外,还与水云母较高岭石易于悬浮和搬运有关。这也正如Griffin J.J. (1968)所指出水云母还借助风力搬运的可能。

3.蒙脱石

按魏弗尔法对小于  $0.5\mu$  样品进行 1N 氯化钾处理, 在 X 射线衍射图上还可以清楚地看到 1.4nm 衍射峰大为减弱, 而在 1.1-1.2nm 附近出现一系列扩散状衍射峰, 同时 1nm 衍射峰并无增强, 说明本区沉积物中的蒙脱石主要来自基性火山岩类的风化物和海底火山物质在海水的碱性环境中蚀变而成的自生蒙脱石。

蒙脱石含量等值线呈斑块状, 龙海-东山一带近岸海域为高含量区。由于这一带沿岸新生代基性火山物质和海底火山物质来源丰富, 以及气候较热风化作用强烈。而表 2 的化学分析结果说明了 585 站的 pH 值和  $\text{SiO}_2$  含量均比 884 站高,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  则偏低, 因此  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  比值高, 有利于含硅高的粘土矿物——蒙脱石的形成。由此可见, 粘土矿物的含量变化, 除了与物质来源、风化作用等因素有关外, 还与环境条件 (含化学环境条件) 密切相关。

至于台湾海峡中线附近蒙脱石含量低, 笔者认为物质来源贫乏的缘故, 而九龙江和闽江河口附近蒙脱石含量低, 则可用高岭石的稀释作用来解释。

#### 4. 绿泥石

本区的绿泥石除部分来自陆源变质岩类中的碎屑绿泥石外, 还有自生和次生绿泥石。在海水碱性环境中基性火山岩的风化物和海底火山物质以及黑云母、蒙脱石等都可以风化蚀变为绿泥石。(游仲华, 1985; 游仲华, 唐锦龙, 1986; Dei Yuancheng, 1973)

闽东北近岸海域、兴化湾和台湾海峡西南部海域绿泥石含量较高, 一般为 15-20%, 这是由于上述海域周围地区变质岩和混合岩类发育以及基性火山物质来源丰富之缘故。而闽江、九龙江口外附近和台湾海峡中线附近绿泥石含量低, 小于 15%, 系高岭石稀释作用和火山物质来源贫乏的原因。

X 射线衍射图上 001 与 003 衍射强度弱, 002 与 004 衍射强度高; 又应用生沼郁法 (1.4nm、0.7nm、0.47nm 三角图解法), 其分析结果均表明本区绿泥石属 Fe-Mg 质三八面体绿泥石。

### 四、粘土矿物含量变化与沉积环境

粘土矿物含量的变化, 除了与物质来源密切相关外, 还与沉积环境的水动力条件有关, 因此可以根据粘土矿物含量的变化来探讨沿岸流常年余流总方向和泥砂运移及扩散途径。

(1) 从高岭石和水云母含量等值线的舌形方向来看, 本区沿岸流余流悬浮泥沙主要是向南和向东搬运和扩散的, 这与径流往东入海以及本区盛行东北风的情况相一致。

然而, 东山岛以东的高岭石含量变化舌状带方向是向东再偏北拐弯, 说明了台湾海峡南部沉积物受到北向沿岸余流或北向逆风暖流较为强烈的影响。

(2) 闽东北近岸海域的水云母含量略高于其它近岩海域, 认为这是多种因素综合作用的结果, 一方面该区气候较为凉爽, 化学风化作用较弱, 因此高岭石含量较低。而该海域水动力条件较为稳定, 有利于水云母的沉积; 另外, 还存在有从浙江沿岸悬浮泥沙带来的水云母。

(3) 虽然闽东北近岸和海域的基性火山物质也较为丰富, 然而蒙脱石的含量却偏低, 显然与该海域水动力条件较为稳定, 海底风化蚀变作用不如闽南近岸海域强烈有关。

## 五、粘土矿物含量的垂向变化

根柱状样品中, 555井和207井柱长只有232cm和270cm, 沉积相变化少。因此, 笔者将阿江口东南海域的737井(距岸近百公里, 水深60m)的粘土质粉砂的柱状岩心(柱长652cm), 分21层进行粘土矿物方面初步分析和研究, 并结合硅藻分析和 $^{14}\text{C}$ 分析资料进行综合评述。

1. 737井柱的表层0-20cm沉积物中蒙脱石含量特别低, 仅占4.5%; 伊利石含量较高为72.5%; 系冰后期暖和气候的产物

2. 20-160cm, 蒙脱石和高岭石含量均较低(分别为6-8%和5-8%), 而伊利石含量则较高, 达73.7%。根据0.80-1.05m $^{14}\text{C}$ 测年结果为 $9538 \pm 174$  (B.P), 隶属中全新世大西洋海进期(周慕林, 1985), 气候较为温暖, 水深较大, 离岸仍较远的沉积环境。硅藻分析表明广温种卵形菱形藻和辐射圆筛藻数量较大。

3. 160-540m, 蒙脱石含量高, 平均为12.9%, 伊利石含量较低平均为67.1%。根据 $^{14}\text{C}$ 测年2.60-2.86m为 $9553 \pm 224$  (B.P), 属早全新世北方期冷期的沉积。星野通平(1974)指出, 在寒冷的冰期或亚冰期, 火活动特别剧烈, 基性火山物质来源丰富, 因此自生蒙脱石含量特别高。同时由于气候寒冷, 不利于岩石风化为高岭石, 因此高岭石的含量仍较低(平均7.0%)。

表3 757站柱状样品粘土矿物组合

Table 3 Data from the pillar Samples of the station 737 in the middle of the Pacific ocean

取样深度(cm)	粘土	矿物	组合	(%)	$^{14}\text{C}$ 年代
	M	I	CH	K	
0-20	4.5	72.5	16.8	6.2	
35-40	7.9	70.9	12.9	8.5	
75-80	7.7	73.2	11.8	7.4	
115-120	7.9	78.4	8.7	5.0	
155-160	6.3	71.6	15.4	6.6	
195-200	12.5	68.8	11.4	7.3	
235-240	13.5	69.8	10.0	6.8	
275-280	15.6	63.9	13.3	7.1	$9553 \pm 224$ 年
315-320	14.9	63.2	15.9	5.9	
355-360	14.1	65.2	14.1	6.7	
395-400	13.1	63.5	14.9	8.5	
435-440	9.3	70.1	13.9	6.7	
475-480	12.2	69.6	12.0	6.2	
515-520	9.0	71.0	13.0	7.0	
535-540	14.3	65.6	14.1	6.0	
555-560	11.0	68.0	14.0	7.0	
575-580	10.5	73.2	11.1	6.2	$10120 \pm 201$ 年
595-600	12.9	69.1	11.0	7.0	
615-620	11.0	69.6	12.5	6.5	
635-640	11.2	68.3	14.3	6.2	
642-652	8.9	70.5	13.8	6.8	

至于表 3 中的 435–440cm 和 515–520cm 沉积物中蒙脱石含量稍低些, 可能是气候变暖, 水深变大的小沉积旋回。

4.540–652m 蒙脱石含量仍然比较高, 平均为 10%; 伊利石含量亦较低为 69.8%。根据  $^{14}\text{C}$  测年 5.80–6.05m 为  $10120 \pm 201$  (B.P), 系前北方期寒冷气候的沉积环境。

5. 根据  $^{14}\text{C}$  分析结果, 北方期 (9500Y.B.P) 以来沉积速率为  $0.30\text{mm/a}$ 。该期沉积物中蒙脱石含量低而伊利石含量高。同时各层位差异亦较小, 说明了全新世中晚期的沉积环境较为稳定, 与该孔现代的沉积环境较为接近。

而 9500–11000B.P 全新世早期即北方期冷期和前北方期情况则迥然不同。其沉积速率 (9553–10120B.P) 高达  $5.64\text{mm/a}$ , 属高沉积速率区。其粘土矿物沉积总量则较低 (63–71%), 且各层位的含量变化较大。一方面说明了全新世早期该孔处古闽江口动荡的沉积环境和沉积速率区。另一方面从粘土矿物组合特征也说明了全新世早期寒冷气候条件下的沉积环境。

承蒙许冀泉研究员审阅全稿, 谨表深切谢意!

收稿日期: 1990 年 10 月 19 日

### 参 考 文 献

- (1) 须藤俊男, 1974, 粘土矿物学, 岩波书店
- (2) 游仲华, 1985, 沉积学报, 3卷3期, 115–124页。
- (3) 游仲华, 唐锦龙, 1986, 台湾海峡, 5卷2期, 148–154页。
- (4) 周慕林, 海洋地质与第四纪地质, 5卷4期, 105–113页。
- (5) 星野通平, 海底堆积物的年代测定, 陈承惠译, 1974, 地质地球化学, 10期, 16–19页。
- (6) Griffin J. J.; 1968 Deep-sea Research V.15, N.4 p.433–459
- (7) Pei Yuan Chen 1973, Acta Oceanographica Tai Wanica V.3, p.25–64

## Preliminary study on clay minerals of sediments in Western Taiwan Strait

You Zhonghua    Tang Jinlong

(Third Institute of Oceanography, SOA, Xiamen)

### Abstract

The composition and distribution of main clay minerals from the sediments in the western Taiwan Strait have been determined by x-ray diffraction, infrared absorbtive spectroscopy and chemical methods and their origins are studied.

The conclusions are drawn as follows:

(1) Hydromica is the most abundant clay mineral of the sediments from the studied area, followed by kaolinite (for the Fujian alongshore waters) or chlorite.

(2) The content of hydromicatends to increase seaward, while kaolinite tends to decrease correspondingly. Kaolinite distribution obviously subjects to the terrestrial effects. Chlorite and

montmorillonite distributions show porphyritic pattern in the studied area.

(3) Most of the hydromica minerals in the studied area are of muscovite type. The kaolinite is a terrigenous secondary mineral. In addition to terrestrial origin, the chlorite is mainly alteration product of basic volcanic substance and of other clay minerals. Montmorillonite in this area is mainly authigenic mineral.

(4) The lobate contours of kaolinite content shows that the dispersive directions of the clay minerals are both southward with turning eastward in the Fujian alongshore waters and northeastward in the region to the east of Dongshan Island, which shows that the dispersive directions of the clay minerals have been influenced by Minzhe alongshore currents and the South China Sea warm current.

(5) The vertical changes of clay mineral content provide evidences of paleoclimate and ancient sedimentary environment. In Core 737, the sediments of 0–160cm are the product of warm climate in Atlantic stage of postglacial with low montmorillonite and high hydromica contents, and the sediments of 160–652cm are of cold climate in Boreal and Preboreal stages with high montmorillonite and low hydromica contents, while low montmorillonite contents at 435–440, 515–520 and 642–652cm show minor sedimentary cycles with warmer climate.