

# 东海 DC-2 孔岩芯粘土矿物组合及其分布特征\*

时英民 李坤业 杨惠兰  
张秀莲 何丽娟  
(中国科学院海洋研究所)

**提要** DC-2 孔柱状岩芯取样深度为 48.6m, 粘土矿物组分以伊利石为主, 其次为绿泥石、高岭石和蒙脱石。岩芯共分 6 个粘土矿物组合层, 参考 Mn/Fe 计算结果, 0—29.46m 为浅海相; 33.42—33.46m 为淡水相; 38.44—38.46m 为浅海相; 44.0—48.06m 为淡水相沉积。综合研究表明该沉积段出现二次海进和一次海退。

柱状岩芯的粘土矿物组合及其变化规律, 对沉积层位对比和认识沉积环境的变迁, 具有重要意义。

DC-2 孔位于长江南侧, 北纬 29°30', 东经 122°30', 采样深度近 50m, 取样 21 个。对粘土样品进行了 X 射线、X 射线荧光能谱和红外吸收光谱等方法的分析和研究。

## 一、DC-2 孔岩芯的粘土矿物组合

### (一) X 射线衍射分析

根据分析资料, 岩芯粘土矿物组分, 是以伊利石为主, 其次为绿泥石、高岭石和蒙脱石, 此外还有少量的石英和方解石等矿物(图 1)。

### (二) 红外吸收光谱分析

分析结果见图 2。分析图谱主要呈现 6 种矿物的系列吸收带, 见表 1。伊利石的主要吸收带均处于红外图谱的叠加位置, 依各叠加吸收带宽大谷形的特征, 表明伊利石在粘土矿物组合中的含量占主导地位。根据吸收带 450  $\text{cm}^{-1}$ 、370  $\text{cm}^{-1}$ 、560  $\text{cm}^{-1}$ 、800  $\text{cm}^{-1}$  和 163  $\text{cm}^{-1}$ 、430  $\text{cm}^{-1}$ 、708  $\text{cm}^{-1}$  等波数, 确定有绿泥石、高岭石、蒙脱石和方解石等矿物。

## 二、DC-2 孔粘土矿物组合层的划分

### (一) DC-2 孔岩芯粘土矿物的含量及其

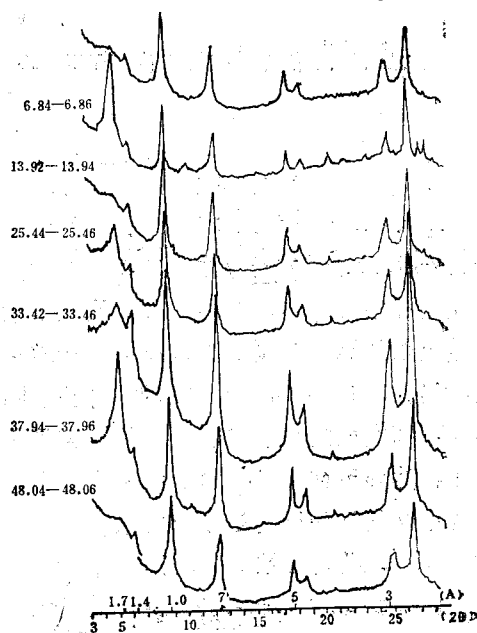


图 1 DC-2 孔岩芯粘土矿物 X 射线衍射图谱  
Fig. 1 X-ray diffraction pattern of clay mineral in core DC-2

### 变化特征

X 射线分析资料定量计算结果见表 2。

粘土矿物组合是认识沉积环境的重要标志之一。由于自然界中各种铝硅酸盐矿物在风化

\* 图件由高淑贤、张弘同志清绘; 红外分析由陈群梯同志完成, 在此一并致谢。



表 2 DC-2 孔岩芯粘土矿物相对百分含量  
Tab. 2 Relative contents of clay mineral in core DC-2

粘土矿物 种类	取 样 深 度 (m)																					
	0.0	3.97	4.00	5.34	6.84	10.04	10.54	13.92	15.94	21.44	25.44	27.44	29.44	31.54	33.44	37.94	38.44	40.90	41.90	44.00	44.44	48.04
伊利石	70.4	72.9	73.1	73.1	45.1	69.0	75.1	78.4	74.4	76.3	63.0	74.3	71.8	68.4	62.0	58.7	69.4	67.0	61.0	68.7	58.5	73.3
绿泥石	13.0	13.6	15.6	15.6	6.5	14.2	10.7	8.0	11.2	12.1	12.6	14.7	17.0	16.4	17.1	9.2	18.2	17.2	19.8	17.9	21.1	10.9
高岭石	10.9	10.3	9.0	10.8	10.8	10.2	8.0	10.7	8.0	9.6	7.1	7.7	4.5	9.5	12.4	7.5	9.2	11.7	13.1	11.4	17.4	10.4
蒙脱石	5.7	3.2	2.3	37.6	6.4	6.6	6.2	2.8	6.4	<2	17.3	3.3	6.8	5.7	8.5	24.6	3.2	4.1	5.3	<2	2.9	5.4

2. 15.96—29.46m 的伊利石-绿泥石-蒙脱石-高岭石组合层。伊利石含量为 63—76.3%，绿泥石含量为 12.1—17%，蒙脱石含量为 2—17.3%，高岭石含量为 4.5—9.6%。该层蒙脱石和高岭石含量变化趋势与上层相同，但其值均明显下降，与上层相比，表生作用条件较差，水量减少，风化作用较弱，处于弱碱性的介质条件。

3. 29.46—37.94m 的伊利石-绿泥石-高岭石-蒙脱石组合层。伊利石含量为 62—68.4%，绿泥石含量为 16.4—17.1%，高岭石含量为 9.2—12.4%，蒙脱石含量为 5.7—8.5%。该层高岭石含量显著升高，超过蒙脱石的含量。这象征着风化作用较强，水量较充分，有利于高岭石形成的偏中—弱酸性的沉积环境。

4. 37.94—40.90m 的伊利石-绿泥石-蒙脱石-高岭石组合层。伊利石含量为 58.7—69.4%，绿泥石含量为 9.2—18.2%，高岭石含量为 7.5—9.2%，蒙脱石含量 3.2—24.66%。该层高岭石的含量下降并低于蒙脱石的含量，标志处于弱碱性沉积环境，致使蒙脱石的含量升高。

5. 40.90—44.00m 的伊利石-绿泥石-高岭石-蒙脱石组合层 (I)。伊利石含量为 61—68.7%，绿泥石含量为 17.2—19.8%，高岭石含量 11.4—13.1%，蒙脱石含量 2—5.3%。该层高岭石含量转而高于蒙脱石。由于沉积环境的改变，介质条件偏中—弱酸性条件下，才导致高岭石含量的升高。

6. 44.00—48.06m 的伊利石-绿泥石-高岭石-蒙脱石组合层 (II)。伊利石含量 58.5—73.2%，绿泥石含量 10.9—21.1%，高岭石含量 10.4—17.4%，蒙脱石含量 2.9—5.4%。本层为 DC-2 孔岩芯粘土矿物组分中高岭石的最高含量层，它具备处于风化作用最佳时期的近于淡水相沉积环境的特征。

综上所述，在 DC-2 孔岩芯 48—0m 沉积段，蒙脱石和高岭石的含量相应出现二次上升和下降；即从 48.06—37.94 m，蒙脱石含量从 17.4% 下降到 7.5%，又从 37.94—0m，蒙脱石含量由 8.5% 上升至 37.6%，相应高岭石则由

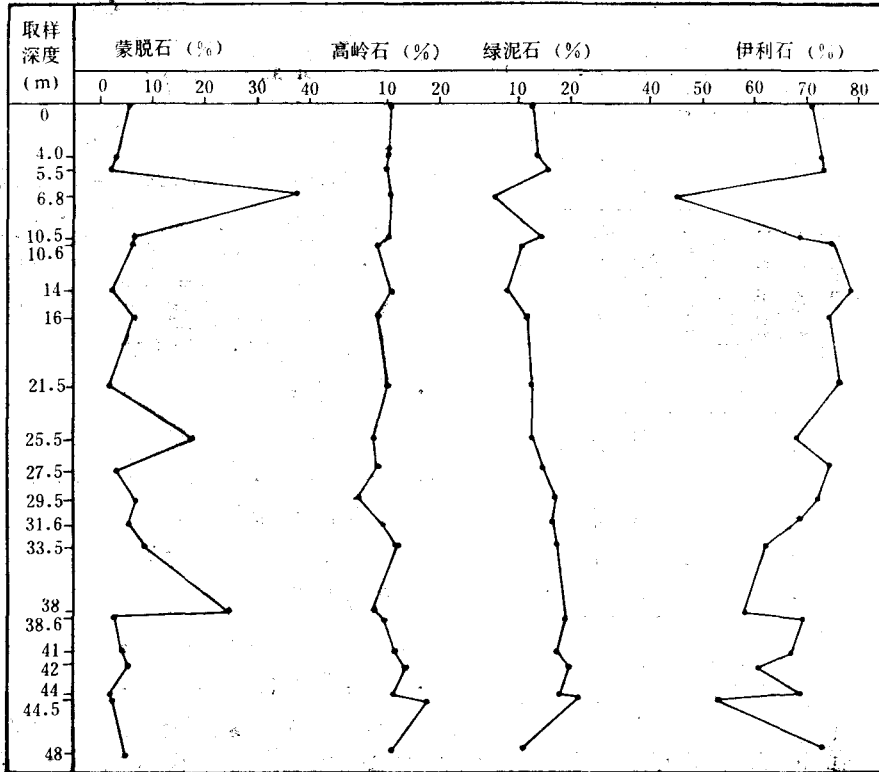


图3 DC-2 孔岩芯粘土矿物相对百分含量垂向变化

Fig. 3 Vertical change of relative (%) of clay mineral in core DC-2

表3 DC-2 孔岩芯粘土样品分析元素含量

Tab. 3 Elemental contents of clays in core DC-2

取样深度 (m)	Mn	K	Ca	Ti	Fe	Rb	Sr	Zn	Pb
	(%)					(ppm)			
0.00	0.082	2.94	1.53	0.55	6.80	182	82	131	34
1.92—2.00	0.100	3.18	1.52	0.56	7.07	185	85	142	39
4.90—4.95	0.090	2.90	1.68	0.53	6.78	185	91	136	42
6.40—6.46	0.083	3.17	1.62	0.52	6.62	184	88	165	32
10.54—10.56	0.081	3.13	0.92	0.53	6.72	192	84	138	45
15.94—15.96	0.076	3.34	0.82	1.48	6.58	190	79	126	32
21.44—21.46	0.110	3.34	0.81	0.57	6.72	194	83	169	44
25.44—25.46	0.081	2.95	0.81	0.56	6.45	185	88	149	32
27.44—27.46	0.100	2.92	0.84	0.57	6.24	191	88	147	40
29.44—29.46	0.094	3.12	0.77	0.59	7.55	191	82	132	38
33.42—33.46	0.052	2.93	0.66	0.63	5.74	191	74	140	42
38.44—38.46	0.076	3.12	0.80	0.68	6.80	204	80	137	36
44.00—44.02	0.029	2.13	0.54	0.62	5.28	184	58	133	33
48.04—48.06	0.040	3.45	0.73	0.53	4.20	178	117	185	35

12.4% 下降至 7.1%。这标志着沉积环境出现二次大的变迁, 自下而上均由中—酸性转变为弱碱性的沉积条件, 导致蒙脱石含量的升高; 而高岭石相应下降。说明在这个地质时期中, 中—酸性沉积条件应为河流、沼泽等淡水沉积相, 而弱碱性沉积条件应属浅海相。由此不难看出, 蒙脱石和高岭石含量变化标志着 DC-2 孔岩芯沉积段出现二次海进和一次海退。

### (二) 红外分析特征

依其吸收带  $1630\text{cm}^{-1}$ 、 $1430\text{cm}^{-1}$  和  $870\text{cm}^{-1}$  形态变化特征, 将岩芯划分以下四层。

1. 0—15.96m 红外图谱形态特征为吸收带  $1630\text{cm}^{-1}$  的谷形小于  $1430\text{cm}^{-1}$ , 吸收带  $870\text{cm}^{-1}$  呈明显肩形小谷, 表明该层碳酸盐含量较高。

2. 15.96—29.46 m 图谱形态与上层相反, 吸收带  $1630\text{cm}^{-1}$  谷形大于  $1430\text{cm}^{-1}$  谷形, 而且谷形均变小, 而吸收带  $870\text{cm}^{-1}$  仅略显示或消失。

3. 29.46—40.90m 的吸收带  $1630\text{cm}^{-1}$  谷形仍较大, 而  $1430\text{cm}^{-1}$  吸收带呈肩形略有显示。

4. 40.90—48.06m 的吸收带  $1630\text{cm}^{-1}$  谷形变小, 但仍明显存在, 吸收带  $1430\text{cm}^{-1}$  则完全消失。

根据红外图谱形态变化规律, 随着深度的增加, 碳酸盐含量相应成阶段性下降, 表征出沉积环境的阶段性变化。

### (三) DC-2 孔粘土样品一些元素的含量及其分布特征

X 射线荧光能谱分析了 K、Ca、Ti、Mn、Fe、Rb、Sr、Zn 和 Pb 等元素, 其结果见表 3。

参照粘土矿物组合层的分界, 上述元素含量变化特征为: 在粘土矿物组合层分界的上、下层位, 均出现元素含量明显的升降变化, 依此特征亦可划分为以下几层。

1. 0—15.96m。分析元素中以 15.96m 为界, 上层 Mn(0.08%) 和 Ti(1.48%) 的含量高于下层 (Mn 0.076%, Ti 0.057%)。Zn

表 4 DC-2 孔岩芯 33.40—44.00m 分析元素含量对比

Tab. 4 Comparison of elemental content of 33.4—44 m in core DC-2

元素	深度 (m)		对比		44.00
	33.46	对比	38.46	对比	
K	2.93	<	3.12	>	2.13
Ca	0.66	<	0.80	>	0.54
Ti	0.63	<	0.68	>	0.62
Mn	0.052	<	0.076	>	0.029
Fe	5.74	<	6.80	>	5.28
Rb	0.0191	<	0.0204	>	0.0184
Sr	0.0074	<	0.0080	>	0.0058

(126ppm)、Pb (32ppm) 等元素上层的含量低于下层 (Zn 169 ppm, Pb 44ppm)。

2. 15.96—29.46m。在分析元素中以 Mn、Ti、Fe、Zn、Pb 等元素的含量在 29.46 m 界线的上、下层位均呈明显的升降变化, 其中 Mn (0.094%) 和 Fe (7.55%) 上层含量高于下层 (Mn 0.052%, Fe 5.74%) Ti (0.059%)、Zn

表 5 DC-2 孔岩芯中 Mn/Fe 比值与沉积相对比

Tab. 5 Comparison of Mn/Fe value with sedimentary facies in core DC-2

取样深度 (m)	Mn/Fe 比值	沉积相
0	0.012	咸海相
1.94—1.95	0.014	
4.90—4.95	0.013	
6.44—6.46	0.013	
10.54—10.56	0.012	
15.94—15.96	0.011	
21.44—21.46	0.016	
25.44—25.46	0.012	
27.44—27.46	0.016	
29.44—29.46	0.012	
33.42—33.46	0.009	淡水相
38.44—38.46	0.011	浅海相
44.00—44.02	0.005	咸水相
48.04—48.06	0.009	淡水相

(132ppm)、Pb (38ppm) 的上层含量低于下层 (Ti 0.63%, Zn 140ppm, Pb 42ppm)。

3. 29.46—44.00m。该层突出特点是 K、Ca、Ti、Mn、Fe、Rb 和 Sr 等元素在层位中部 38.44m 处的含量均高于上下部分, 依此规律又划分三个亚层, 见表 4。其中: ① 29.46—38.44m, 该沉积层分析元素中 K、Ca、Mn、Fe、Ti、Rb、Sr 的含量均低于下层。② 38.44—38.46m, 该沉积层粘土样品分析元素中 K、Ca、Ti、Mn、Fe、Rb、Sr 等的含量均高于上下层位。③ 38.46—44.00m, 上述元素的含量又均低于上层。

4. 44.02—48.06m。该层突出特征为 DC-2 孔岩芯中 K、Zn、Sr 的最高含量层。

DC-2 孔岩芯粘土样品分析元素含量升降变化转折处与粘土矿物组合层的分界深度基本吻合, 所以元素含量出现较大梯度的变化, 也是沉积环境变迁的象征。

### 三、Mn/Fe 比值在 DC-2 孔岩芯中的指相意义

选用 Mn/Fe 的比值<sup>[4]</sup>, 探讨 DC-2 孔岩芯

的沉积环境具有指相意义, 其结果见表 5。

根据 Fe 与 Mn 的地球化学性质不同, Fe 极易氧化成  $Fe^{3+}$ , 在  $pH > 3$  时形成  $Fe(OH)_3$  沉淀, 所以 Fe 的化合物易于在浅海区凝聚沉积, 而 Mn 在海水环境中呈  $Mn^{2+}$  状态存在。因此, Mn 可运移到离海岸较远的地方。由于 Fe 和 Mn 在搬运过程中产生分异, 其 Mn/Fe 比值一般近岸带低于远岸区, 淡水相低于咸水相。依此规律, 对比 DC-2 孔岩芯粘土样品 Mn/Fe 比值变化特征基本与分层界线相吻合: 0—29.44 m 沉积段 Mn/Fe 比值为 0.011—0.016; 33.42—33.46m 沉积层 Mn/Fe 比值为 0.009; 38.44—38.46m 比值为 0.011; 44.00—44.02m 比值为 0.005; 48.04—48.06m 其比值为 0.009。DC-2 孔样品 Mn/Fe 比值变化特征, 与其海陆相层位划分界线一致<sup>[2]</sup>, 小于 0.009 比值者为淡水相 (属河流、沼泽相); 而 0.011—0.016 比值则为咸水相 (即浅海相、滨海相)。Mn/Fe 比值在 DC-2 孔岩芯的粘土样品中确有明显的指相意义, 但是否在海陆相沉积剖面中都适用, 还待研究。

表 6 DC-2 孔粘土矿物组合层与沉积相的划分

Tab. 6 The division of clay mineral assemblage with sedimentary facies in core DC-2

取样深度 (m)	粘土矿物组合层	蒙脱石最高含量	对比	相应高岭石含量	沉积环境介质条件	Mn/Fe 比值	沉积相	海平面变化
0   15.96	伊利石—蒙脱石—绿泥石—高岭石	37.6	>	10.8	弱碱性	0.012—0.014	浅海相	海
15.96   29.46	伊利石—绿泥石—蒙脱石—高岭石	17.3	>	7.1	次弱碱性	0.012—0.016	滨海相	浸
29.46   37.94	伊利石—绿泥石—高岭石—蒙脱石	8.5	<	12.4	中弱酸性	0.009	沼泽相	海退
37.94   40.90	伊利石—绿泥石—蒙脱石—高岭石	24.6	>	7.5	次弱碱性	0.011	滨海相	海浸
40.90   44.00	伊利石—绿泥石—高岭石—蒙脱石 (I)	5.8	<	13.1	中弱酸性	0.005	沼泽相	
44.00   48.06	伊利石—绿泥石—高岭石—蒙脱石 (II)	2.9	<	17.4	中弱酸性	0.009	河流相	

#### 四、DC-2 孔粘土矿物组合层 与沉积相的相关性

综上所述, DC-2 孔岩芯自下而上共分六个粘土矿物组合层, 恰与六个沉积相<sup>[2]</sup>分界相吻合, 见表 6。

粘土矿物组合层与沉积相的介质条件相一致, 其关系如下。

0—15.96m 的粘土矿物组合层, 蒙脱石含量高达 37.6%, 居于组合含量的第二位, 示意该组合层处于弱碱性介质条件, 则相当于沉积相的浅海相。

15.96—29.46m 的粘土矿物组合层, 蒙脱石含量居于第三位, 与上层相比, 碱性减弱, 其介质条件相当于滨海相。

29.46—37.94m 的粘土矿物组合层, 高岭石

含量高于蒙脱石, 其沉积的介质条件相当于弱酸性的沼泽相。

37.94—40.90m 的粘土矿物组合层, 蒙脱石的含量又高于高岭石, 说明介质条件变成弱碱性, 相当于滨海相。

40.90—44.00m 的粘土矿物组合层, 高岭石含量高于蒙脱石含量, 其介质条件与 29.40—37.94m 组合层相似, 属沼泽相。

44.00—48.06m 的粘土矿物组合层中, 高岭石是 DC-2 孔高岭石的高含量层, 其介质条件符合于河流相。

#### 参 考 文 献

- [1] 南京大学地质系编, 1979 年。地球化学。科学出版社, 第 357—358 页。  
[2] 黄庆福、苟淑名等, 1984。东海 DC-2 孔柱状岩芯的地质层划分。海洋地质与第四纪地质 4(1): 15。

### CLAY MINERAL ASSEMBLAGE AND THEIR DISTRIBUTION CHARACTERISTIC IN SEDIMENTS IN CORE DC-2 FROM THE EAST CHINA SEA

Shi Yingmin, Li Kunye, Yang Huilan Zhang Xiulian and He Lijuan

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

#### Abstract

The major constituent of clay minerals are illite, chlorite, kaolinite and montmorillonite in core DC-2. Six clay mineral assemblage form are recorded from bottom to top in the core according to their content of kaolinite and montmorillonite. In the sedimentary process, montmorillonite content had two stages of increase, kaolinite had two stages of decrease, Mn/Fe value changed regularly, which shows that there occurred two transgressions and one regression at about 50m depth.