

闽南—台湾浅滩大陆架海绿石的研究*

陈丽蓉 时英民 申顺喜 徐文强 李坤业

(中国科学院海洋研究所)

闽南—台湾浅滩大陆架位于东海与南海的交界处,是台湾海峡向开阔的南海的过渡区。调查范围界于 $116^{\circ}00'—118^{\circ}30'E$, $21^{\circ}20'—24^{\circ}00'N$ 之间。本文对表层沉积物中的海绿石进行了研究,共分析样品 76 个。

一、海绿石的矿物学特征

为研究调查区沉积物中海绿石的物质组成与形成过程,本文采用了镜下鉴定、X-射线粉晶照相、X-射线衍射分析、差热分析、透射电镜与扫描电镜照相、红外吸收光谱分析与化学全分析等方法,对海绿石进行了较为系统的矿物学研究。

闽南—台湾浅滩大陆架沉积物中的海绿石与东海一样可分成生物状海绿石、颗粒状海绿石与书页状海绿石三种^[1]。不同的是本区以生物状海绿石为主,颗粒状海绿石次之,书页状海绿石为数不多。海绿石主要富集于 0.25—0.063 毫米粒级中。所以本文选取 >0.25 毫米与 0.25—0.063 毫米两个粒级进行定量鉴定,每一粒级鉴定 400 颗粒,计算出各类型的颗粒数,绘制成 0.25—0.063 毫米粒级中各类海绿石的含量分布图。

(一) 生物状海绿石

生物状海绿石是填充于各种生物介壳中形成的,具有生物的外形,有的还保留着碳酸盐的外壳。调查区内,以填充于浮游有孔虫的虫室中形成的浮游有孔虫状海绿石为主。其它类型,如瓷质有孔虫状、钙质有孔虫状、砂质有孔虫状、苔藓虫状、介形虫状、前鳃类状和双壳类状等海绿石的含量均甚微(照片 1)。生物状海绿石的颜色以褐绿色为主,黑色次之,黄绿色占第三位,而浅黄色的不多。其它特征见表 1。值得指出的是,在表面具有裂纹的生物状海绿石的裂纹中均填充有白—黄色物质。浅黄色生物状海绿石的表面还可见到石英等碎屑颗粒镶嵌其间,但其它颜色的仅在薄片下见到少量微细的石英碎屑混入物。此外,黑、褐绿与黄绿色生物状海绿石的碳酸盐外壳绝大部分均已脱落,而浅黄色的外壳则保留较多。粒径大部分为 0.25—0.063 毫米,少数为 0.5—0.25 毫米。

本区海绿石的主要化学成分见表 2。

根据海绿石的化学分析结果,按索波列夫(B. C. Соболев)建议的公式进行化学式计算:

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 650 号。

本刊编辑部收到稿件日期: 1980 年 12 月 29 日。

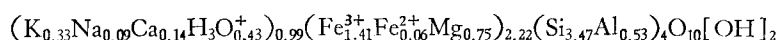
本所李安春同志参加了部分工作。李清、蒋孟荣同志绘图,特此致谢。

表 1 生物状海绿石的某些特征

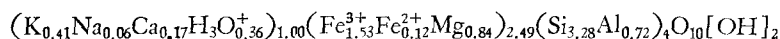
颜色	条痕	光泽	比重	薄片颜色	光性	表面结构	断面结构
黑	黄绿	油脂	2.56—2.72	绿	二轴负晶 ¹⁾ 2V~10° N~1.609	表面具裂纹的颗粒占 70%，表面光滑致密的(照片 2, 3)占 30%	呈迭片状，片理面挠曲，具柔软感，片理面间纯净，无杂质(照片 6) ¹⁾
褐绿	黄绿	蜡状	2.40—2.52	黄绿	N~1.609	表面裂纹发育好，几乎 100% 的颗粒表面具裂纹结构(照片 4)	基本呈迭片状，但片理面间不纯净
黄绿	黄绿	蜡状	2.42—2.63	黄绿	N~1.592	表面裂纹不发育。表面光滑致密的颗粒占 70%，具裂纹的占 30%	迭片状结构发育差，呈杂乱的迭片结构
浅黄	浅黄	无光泽	2.30—2.40	黄绿	N~1.599	表面粗糙，疏松，不具裂纹(照片 5)	呈絮状结构(照片 7)，仅在局部隐约可见迭片结构

1) 在定向切片上测得。照片 2—7, 15—16, 18 均为扫描电镜照片，由董太禄、黄求获与牟仁僕同志摄制，特此致谢。

褐绿色生物状海绿石的化学式：



黑色生物状海绿石的化学式：



从表 2 可知，本区海绿石具有现代海绿石的特征化学组成，其 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 与 K_2O 的平均百分含量分别为 5.08%、23.91% 与 3.28%。这种特点与东海海绿石的化学组成近似，东海海绿石的 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 与 K_2O 的平均百分含量分别为 7.00%、19.85% 与 3.35%。与太平洋、大西洋中的海绿石化学组成也基本相似^[5,8,9]。只是本区海绿石的 K_2O 含量略为偏低而已。所以，总的说来，本区海绿石的化学组成特点是 Al_2O_3 与 K_2O 的含量低， Fe_2O_3 的含量高。这也是世界各海区中海绿石的特征。从表 3 可知，一般现代海绿石的 Al_2O_3 含量均小于 10%， Fe_2O_3 约为 20%， K_2O 的含量不太稳定，一般小于 6%，但有的海区也可达 9%^[5]。此外，将现代海洋沉积物中填充于有孔虫的现代海绿石的平均化学组成与我国震旦系沉积岩中的海绿石相比^[2,3]，可以看出，现代海绿石与古代海绿石在化学组成上差别是较大的，古代海绿石的 Al_2O_3 与 K_2O 含量高，分别为 >10% 与 >6%， Fe_2O_3 含量低，一般 <15% (表 4)。

黑色生物状海绿石的 X-射线粉晶照相数据见表 5。

从表 5 可知，黑色生物状海绿石具有标准海绿石^[6]的特征谱线 4.54 Å 与 2.62 Å，但在未经处理的样品与甘油饱和样品中却缺失标准海绿石的特征谱线 10.1 Å，而把样品加热 700℃ 恒温二小时后，则出现了清晰的 9.9 Å 的特征谱线。这种现象是由于现代海绿石的结晶程度差而引起的。总的说来，黑色生物状海绿石具有一系列基面 (001) 反射， $d(001) = 9.9 \text{ Å}$ ， $d(002) = 5 \text{ Å}$ ， $d(003) = 3.35 \text{ Å}$ 。而其 $d(060) = 1.525 \text{ Å}$ 。所以此类矿物是属于二八面体与三八面体之间的云母型结构^[4]。

表 2 海绿石的主要化学成分

类型 经纬度 站号 化学组成	各种类型海绿石的混合样										褐色生物 状海绿石	黑色生物状 海绿石	平均含量
	116°20'E, 21°35'N					116°10'E, 21°30'N							
	M-15	M-15-1	M-15-2	M-10	M-10-1	M-10-2							
SiO ₂	37.58	45.15	44.93	42.75	46.18	47.23	47.32	42.43	44.20				
Fe ₂ O ₃	19.90	24.28	24.72	23.21	23.50	23.49	25.68	26.48	23.91				
FeO	1.36	1.03	0.77	1.09	1.00	0.93	1.12	1.99	1.16				
Al ₂ O ₃	4.77	6.04	5.17	5.59	5.59	4.98	4.17	4.35	5.08				
TiO ₂	0.18	0.21	0.17	0.14	0.15	0.17	0.11	0.13	0.16				
CaO	9.53	0.29	0.50	2.68	0.65	0.90	2.29	2.59	2.43				
MgO	5.82	5.61	5.49	5.40	5.15	5.03	6.85	7.37	5.84				
K ₂ O	2.64	2.94	3.06	3.49	3.18	3.20	3.53	4.22	3.28				
Na ₂ O	0.48	0.24	0.24	0.82	0.27	0.28	0.67	0.43	0.43				
P ₂ O ₅	0.16	0.111	0.119	0.093	0.104	0.103	0.14	0.15	0.12				
MnO	0.098	0.052	0.047	0.044	0.044	0.12			0.07				
CO ₂	7.14						1.23	1.65					
H ₂ O ⁺	5.53	7.43	7.33	4.76	7.01	6.89	6.35	7.48	6.6				
H ₂ O ⁻	4.31	6.01	5.26	3.61	5.65	5.29	9.58	6.99	5.84				
备 注	样品未经处理	样品经 5% 盐酸处理	样品经 10% 盐酸处理	样品未经处理	样品经 5% 盐酸处理	样品经 10% 盐酸处理		样品未经处理					

表 3 世界不同海区中海绿石的主要化学组成

海 区	样品数	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	K ₂ O	SiO ₂	MgO	Na ₂ O	P ₂ O ₅
东 海	7	6.94	19.85	1.68	3.85	44.73	6.31	0.60	0.17
南 海	9	5.31	23.91	1.16	3.71	45.07	5.63	0.39	0.12
太平洋	11	6.25	21.21	1.30	4.89	49.72	3.91	0.60	0.39
大西洋	11	5.19	21.91 ¹⁾		6.16	47.27	4.57	0.14	0.32

1) 为全铁的含量

表 4 不同时代海绿石的主要化学组成

时 代	样品数	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	K ₂ O	SiO ₂	MgO	Na ₂ O	P ₂ O ₅
现代(填充于有孔虫壳中)	7	5.51	19.68	1.7	4.54	43.67	5.67	0.24	0.31
震旦系	7	16.69	10.79	2.21	6.94	50.31	3.26	0.15	0.07

褐绿色生物状海绿石的X-射线粉晶照相数据与黑色生物状海绿石类似,也具有海绿石的特征谱线 $4.51 \text{ \AA}$ 与 $2.60 \text{ \AA}$ 。而缺失 $10.1 \text{ \AA}$ 特征线谱, $d(060)$ 为 $1.525 \text{ \AA}$ 。

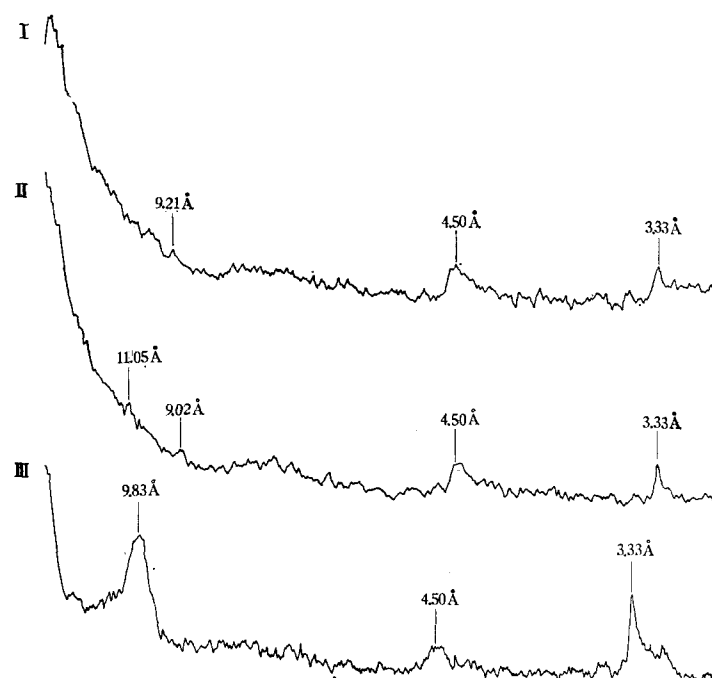


图 1 各类海绿石混合样的 X-射线衍射图

CuK α 40 千伏 18 毫安I——未经任何处理; II——甘油饱和处理; III——加热至 700°C 恒温 2 小时。

表 5 黑色生物状海绿石 X-射线粉晶照相数据

未经处理的样品		经甘油饱和的样品		加热 700℃ 恒温 2 小时后的样品	
$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I
				9.9	10
7.6	1				
4.98	1	5.0	1	5.0	4
4.54	9	4.54	2	4.53	7
3.89	1	3.86	3	3.85	1
3.70	1			3.69	1
3.53	9	3.53	10	3.53	5
3.36	5	3.35	5	3.35	9
3.05	5	3.04	4		
2.89	1				
2.62	10	2.61	7	2.60	8
2.44	2			2.44	1
2.38	2	2.38	2	2.38	1
2.30	2				
2.10	1			2.13	1
1.915	1			1.93	5
1.898	3	1.89	4	1.895	2
1.879	1			1.85	1
1.70	2	1.697	3	1.699	1
1.669	2	1.665	3	1.665	1
1.525	6	1.525	4	1.525	6
1.480	1	1.48	3		
1.34	1				
1.32	1				
1.265	1				
1.165	1				

Fe 靶辐射,电压 35 千伏,电流 10 毫安,相机直径 114.6 毫米,曝光 15 小时。

对调查区中各类海绿石的混合样进行了 X-射线衍射分析¹⁾。从图 1 可知,未经处理的海绿石的衍射峰为 9.21 $\text{\AA}$ 、4.50 $\text{\AA}$ 与 3.33 $\text{\AA}$,其中 9.21 $\text{\AA}$ 的衍射峰不清晰。经甘油饱和后的样品则可见到 11.05 $\text{\AA}$ 、9.02 $\text{\AA}$ 、4.50 $\text{\AA}$ 与 3.33 $\text{\AA}$ 的衍射峰,但 11.05 $\text{\AA}$ 与 9.02 $\text{\AA}$ 的衍射峰仍不清晰,11.05 $\text{\AA}$ 衍射峰可说明调查区的海绿石具有膨胀晶层与非膨胀晶层所组成的无序混合层结构。当样品加热至 700℃ 恒温 2 小时后则获得十分清晰的 9.83 $\text{\AA}$ 、4.50 $\text{\AA}$ 与 3.33 $\text{\AA}$ 三个衍射峰。

综合上述资料得知,本区海绿石的 X-射线分析数据基本上与东海大陆架中的海绿石相似,即其 10 $\text{\AA}$ 谱线不清楚,有时宽化,弥散,甚至缺失, $d(060)$ 的数值较大,一般为 1.525 $\text{\AA}$ —1.519 $\text{\AA}$ 。这些特征与古代海绿石有明显差别,一般古代海绿石的 10 $\text{\AA}$ 谱线清晰, $d(060)$ 的数值较小,一般在 1.50 $\text{\AA}$ 左右。这是由于现代海绿石正在生长过程中,结晶程度差,发育不成熟所致。现将古代的与现代的海绿石 X-射线粉晶数据列于表 6,以

1) X-射线衍射图谱,由郑开云同志分析,特此致谢。

表 6 各时代海绿石的 X-射线粉晶照相数据

震旦纪 ^[3]		寒武纪 ^[3]		白垩纪 ^[2]		第三纪 ^[2]		现 代	
$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I	$d(\text{\AA})$	I
10.13	3	10.02	9	10.1	10	9.7	10	7.6	1
4.97	3	4.97	3	4.98	1	4.98	1	4.98	1
4.50	10	4.50	6	4.55	5	4.45	4	4.54	9
								3.89	1
3.67	3			3.65	8	3.62	5	3.70	1
								3.53	9
3.36	10	3.34	10	3.32	8	3.30	4	3.36	5
				3.09	6	3.07	3	3.05	5
2.853	1	2.97	1			2.85	4	2.89	1
				2.66	3	2.67	1	2.62	10
2.577	9	2.584	9	2.58	10	2.57	8	2.44	2
2.388	4	2.406	2	2.40	7	2.38	6	2.38	2
				2.26	1	2.20	1	2.30	2
				2.16	1	2.14	2	2.10	1
		1.99	2	1.99	2	1.99	1	1.915	1
								1.898	3
								1.879	1
								1.70	2
				1.65	3	1.66	5	1.669	2
1.510	2	1.510	2	1.512	8	1.51	9	1.525	6
								1.480	1
								1.34	1
								1.32	1
								1.265	1
								1.165	1

示区别。从此表可见,古代海绿石由于成分较纯,反射谱线较少,而现代海绿石由于发育不成熟,成分复杂,反射谱线较多。

从图 2 可见调查区中,黑色与褐绿色生物状海绿石分别在 100℃、455℃ 和 100℃、475℃ 处有吸热反应,而 655℃ 的吸热谷则为碳酸盐成分所引起的,但黑色的吸热反应比褐绿色的明显。与东海海绿石相比,本区海绿石在 100℃ 与 500℃ 附近的吸热谷的温度均比东海低,东海海绿石的吸热谷位于 110℃—115℃ 与 500℃—545℃ 处。与河北蓟县,唐山及云南玉溪震旦纪的海绿石相比^[3],也显示了本区海绿石吸热谷的温度较低。

从透射电镜照片可见,本区生物状海绿石主要呈细小的鳞片状集合体(照片 8),与云母类的粘土矿物晶形相类似。其中含有蒙脱石(照片 9)与高岭石,此间的蒙脱石呈片状集合体,集合体的厚薄不均,部分边缘呈棉絮状。高岭石呈较为完好的假六方片状,但有的晶角已变钝(照片 10)。在扫描电镜下,则可见到生物状海绿石具迭片状与棉絮状结构(照片 6, 7)。

本区生物状海绿石红外吸收曲线见图 3。根据 1000—1015 厘米⁻¹区间的吸收谱带的

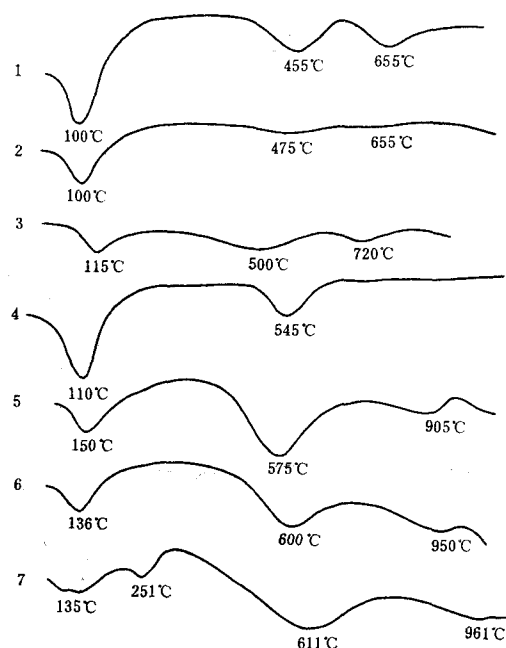


图2 海绿石的差热曲线

1. 闽南—台湾浅滩大陆架黑色生物状海绿石; 2. 闽南—台湾浅滩大陆架褐绿色生物状海绿石;
3. 东海大陆架黑色具网格状裂隙的黑色颗粒状海绿石; 4. 东海大陆架黑色书页状海绿石; 5. 河北蓟县震旦纪海绿石; 6. 河北唐山震旦纪海绿石; 7. 云南玉溪震旦纪海绿石。

波数位置推测本区各类海绿石的膨胀层含量为 10—17%^[7]。

上述资料分析,说明闽南—台湾浅滩大陆架沉积物中,生物状海绿石是一高铁、低铝、含钾、含水的硅酸盐矿物,具有二八面体与三八面体之间的云母型结构。属于无序混层结构,含膨胀层约为 10—17%。晶形呈细小鳞片状,断面呈迭片与絮状结构,结晶程度差,含有少量的蒙脱石、绿泥石、高岭石、石英与长石等混入物。

(二) 颗粒状与书页状海绿石

这两种海绿石由于在本区含量少,不能全面地对其矿物学特征进行系统分析,仅对某些特征作了研究。

颗粒状海绿石有黑色与褐绿色两种,以黑色的居多。但两者的粉末均为绿色,一般呈次圆与椭圆形,而圆形的较少,表面具裂纹,发育程度不一,有的发育呈网格状(照片 11),其中填充有白色物质,有的仅呈一般裂纹(照片 12)。粒径以 0.5—0.25 毫米为主,0.25—0.063 毫米次之。具油脂—蜡状光泽,比重为 2.55—2.62。薄片为中为绿—褐绿色,具集合偏光,含有石英等混入物, $N \sim 1.611$ 。在透射电镜下呈细小的鳞片状(照片 13),有时还可见假六方晶形,仅稜角略磨钝(照片 14)。在扫描电镜下,颗粒状海绿石断面呈清晰的层状,层面比生物状海绿石平整,但无柔软感(照片 15)。红外吸收曲线的特征基本上与生物状海绿石相似,其含膨胀层约在 12% 左右^[7](图 3)。

书页状海绿石主要呈黑色,部分为褐色。但粉末均为绿色。解理沿 (001) 极完全,在

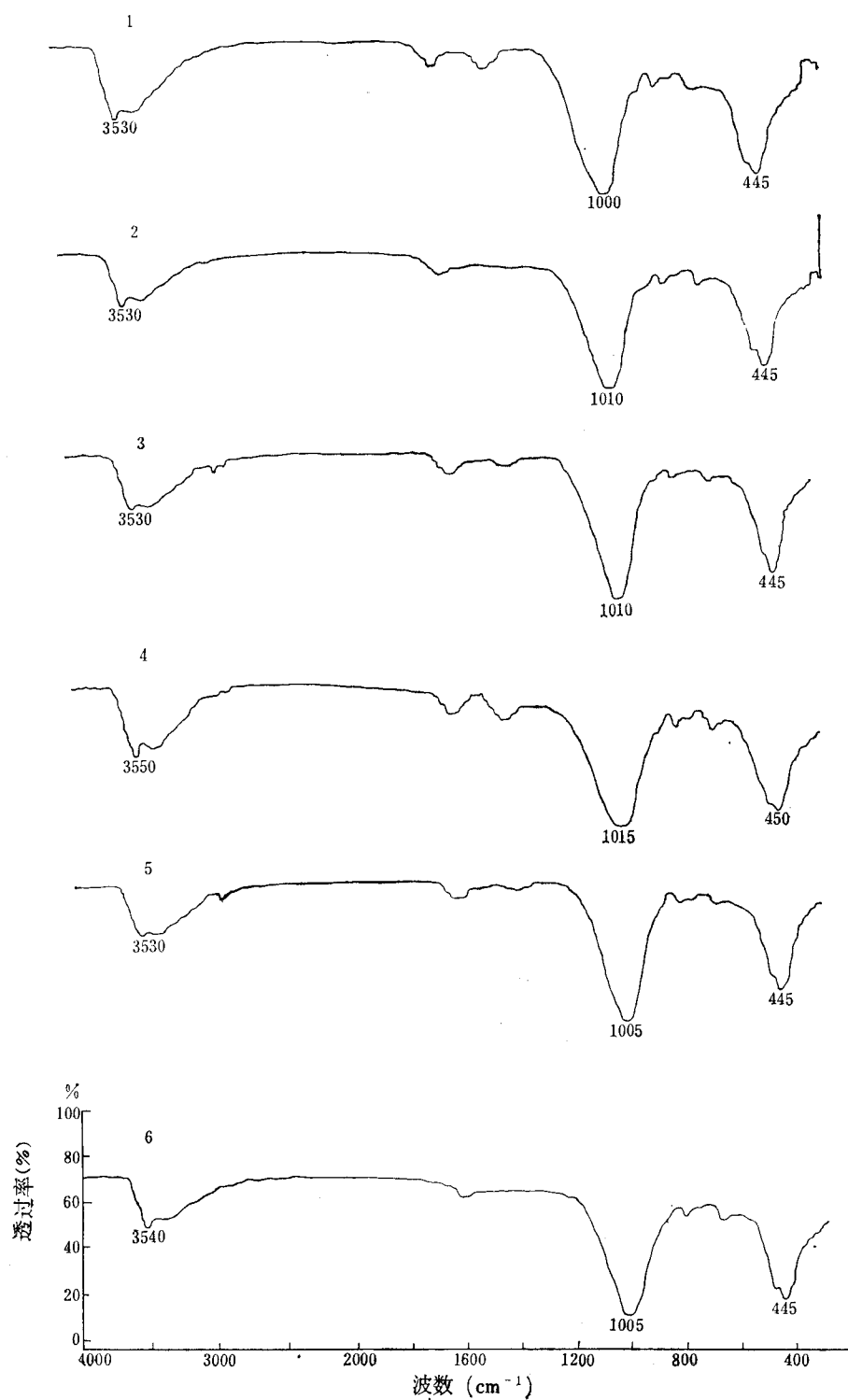


图3 海绿石的红外吸收曲线

1. 黑色生物状海绿石； 2. 褐绿色生物状海绿石； 3. 黄绿色生物状海绿石； 4. 浅黄色生物状海绿石； 5. 黑色具裂纹颗粒状海绿石； 6. 黑色书页状海绿石。

节理缝间亦填充有白色物质(照片 16)。粒径与颗粒状海绿石相似。具油脂光泽。比重为 2.36—2.61, 薄片呈绿色, 多色性明显, N_g ——褐绿, N_p ——浅黄绿, 但吸收性不显著。 $N \sim 1.593$, 不具集合偏光, 干涉色为 1 级—2 级, 不鲜艳。平行消光, 正延长, 二轴负晶, $2V \sim 0^\circ$ 。所以从光学性质上说, 其特性与黑云母很相近似, 仅吸收性变弱, 折光率与干涉色较低。但比重比黑云母降低甚多。在透射电镜下呈叶片状和分散的鳞片状(照片 17)。在扫描电镜下观察其纵断面, 则可见清晰的层状结构(照片 18)。红外吸收曲线特征与颗粒状海绿石相似, 其膨胀层约占 12% (图 3)。

据上述资料的分析, 说明闽南—台湾浅滩大陆架与东海大陆架沉积物中的海绿石的相同点即在于: 均有生物状、颗粒状与书页状等三种类型; 均为高铁、低铝、含钾、含水的硅酸盐矿物; 具有二八面体与三八面体之间的云母型结构, 并属无序混层结构。其相异点则列入表 7。

表 7 闽南—台湾浅滩大陆架与东海大陆架海绿石的差异性

海 区	闽南—台湾浅滩大陆架	东海大陆架
类 型	以生物状海绿石为主	以颗粒状海绿石为主
颜 色	以褐绿色为主	以黑色为主
粒 径	以 0.25—0.063 毫米为主	以 0.5—0.25 毫米为主
外 壳	生物状海绿石的碳酸钙生物状外壳大部分均已脱落	生物状海绿石的碳酸钙生物外壳大部分保留
富 集 度	高	低

二、海绿石的分布与形成环境

调查区沉积物中的海绿石分布尚属广泛, 但含量变化幅度较大, 在 76 个样品中仅在 10 个样品中未发现海绿石。其含量变化可从 0—35% (系占沉积物的重量百分比)。大部分测站的沉积物中, 海绿石含量甚少, 有的测站仅出现几个颗粒, 而调查区西南角的大陆架外缘与大陆坡上部 ($116^\circ 00'—117^\circ 00'E$, $21^\circ 20'—21^\circ 50'N$) 海绿石的含量则较高, 其中如测站 M-5、M-10 与 M-15 中海绿石占沉积物的含量分别为 27%、35% 与 25% (均系重量百分比)。在调查区内, 生物状海绿石、颗粒状海绿石与书页状海绿石的分布趋势基本上是一致的。从图 4—6 可知, 其富集区均位于调查区的西南角。

调查区西南角海绿石在某些站位的富集状况及沉积环境参数见表 8。由此可见, 海绿石富集的测站沉积物均属于分选好的砂质沉积。除 M-5 测站外, 其中泥的含量均为零值, 粉砂含量 $< 10\%$, 而粗、中、细砂的含量可达 90—97%。值得提出的是, M-5 测站沉积物的粒度组成却独居一格, 在此测站上沉积物的分选性差, 其中泥的含量为 20.09%, 粉砂占 23.66%, 砂粒级仅占 50% 左右, 组成了特有的混合沉积物。

富含海绿石的沉积物在粒度组成及物质组成上均有其独特性。从表 8 可见, 在海绿

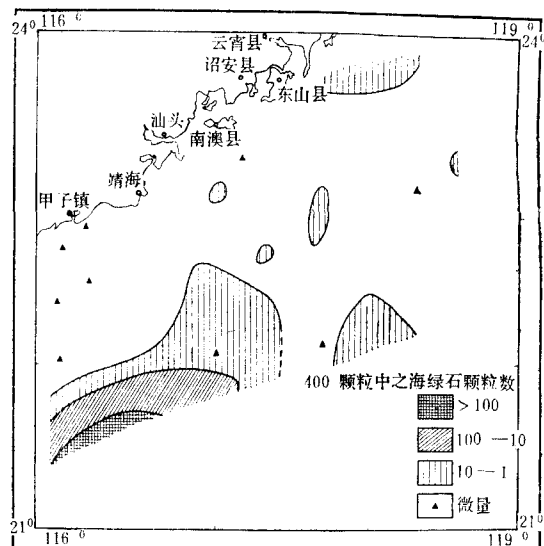


图4 生物状海绿石含量分布图
(粒级: 0.25—0.063 毫米)

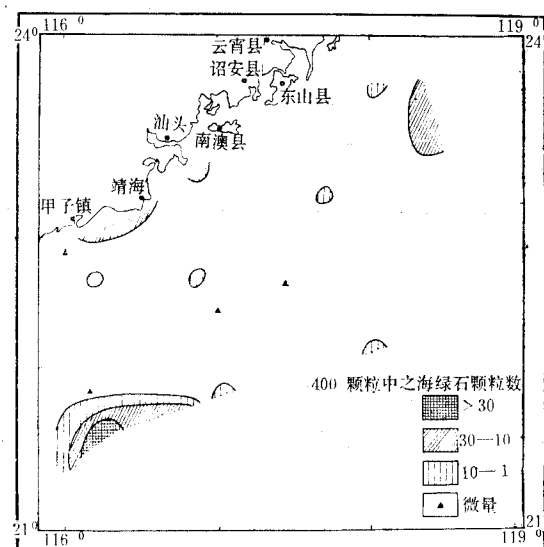


图5 颗粒状海绿石含量分布图
(粒级: 0.25—0.063 毫米)

石富集的测站上, 陆源组分的含量均甚少, 如 M-10 测站的陆源组分仅为 2%, 有孔虫含量为 53%, 其它生物贝壳碎屑为 10%, 自生海绿石占 35%, 这些海绿石中有孔虫状海绿石占 95%, 所以此测站的沉积物类型为有孔虫贝壳砂。在 M-15 测站上陆源组分为 25%, 有孔虫占 40%, 其它生物贝壳为 10%, 自生海绿石占 25%, 这些海绿石中有孔虫状海绿石又占 90%, 所以此测站亦为有孔虫贝壳砂。而其它测站中陆源碎屑 >50%, 其中的自生海绿石含量就大大减少。由此可见, 海绿石富集地区要求陆源物质稀少, 沉积作

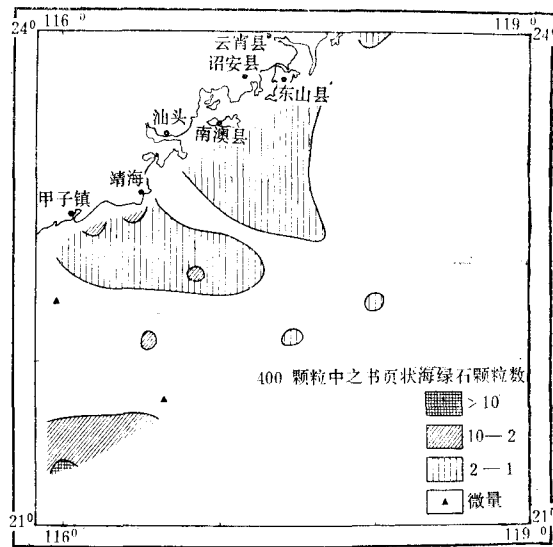


图 6 书页状海绿石含量分布图
(粒级: 0.25—0.063 毫米)

表 8 海绿石富集站位的沉积环境参数

站 位		M-5	M-10	M-14	M-15	M-19	M-25	M-36
经 纬 度		116°E 21°20'N	116°08'E 21°28'N	116°20'E 21°45'N	116°17'E 21°35'N	116°31'E 21°50'N	116°40'E 21°43'N	117°01'E 21°50'N
沉积物中海绿石的重量百分含量		27	35	7	25	5	4	3
400 颗粒中海绿石的颗粒数 (0.25—0.063 毫米)	生 物 状	282	330	90	212	36	50	24
	颗 粒 状	1	48	3	37	0	10	1
	书 页 状	13	2	0	4	0	微	0
水 深 (米)		242	243	105	211	85	233	222
沉积物的粒度组成	砾石 (>2 毫米)	4.65	1.05	2.33	0.93	0	0.75	4.05
	砂 (2—0.063 毫米)	51.60	94.64	88.15	94.34	97.36	96.72	92.43
	粉砂 (0.063—0.004 毫米)	23.66	4.31	9.52	4.73	2.64	2.53	3.52
	泥 (<0.004 毫米)	20.09	0	0	0	0	0	0
	沉 积 类 型	混合沉积	粗中砂	细砂	粗中砂	细砂	粗中砂	混合砂
	分选度 (QD ϕ)	2.85	0.55	0.83	0.60	0.30	0.60	0.95
	中值粒径 (Md ϕ)	2.30	1.65	2.5	1.65	2.85	1.25	2.00
沉积物的物质组成	陆源矿物(%)	22	2	80	25	80	75	85
	自生矿物(%)	27	35	7	25	5	4	3
	有孔虫(%)	45	53	10	40	10	10	5
	其它生物贝壳(%)	6	10	3	10	5	11	7

用缓慢,生物(尤其有孔虫)含量要丰富。

调查区水深从 22—304 米,这一水深范围内沉积物中或多或少均有海绿石出现,但总的来说,在水深 <100 米以内的海区中,海绿石分布不广,含量也少,在 10 个不含海绿石的测站中有 9 个测站均位于水深 <100 米处,其中又有 7 个测站的水深 <50 米。在水深 100—200 米处,海绿石出现较多,在 200—250 米处,则大量富集,致使本区的西南角成为海绿石的富集区(表 8)。

此外,海绿石的富集状况与海水的温度、盐度也有密切关系。本区底层水的年平均盐度在北区($22^{\circ}15'N$ 以北)为 $<34.5\text{‰}$ ($31.89\text{—}34.42\text{‰}$),南区($22^{\circ}15'N$ 以南)为 $>34.5\text{‰}$ ($34.58\text{—}34.62\text{‰}$)。本区海绿石富集的站位集中于南区,即位于底层水盐度 $>34.5\text{‰}$ 的区域。在盐度 $<34.5\text{‰}$ 的北区,海绿石出现较少。同时,底层水的温度对海绿石的形成也起制约作用。在海绿石富集的西南角,其底层水的温度为 $14\text{—}18^{\circ}\text{C}$,而其它地区则在 $20\text{—}23^{\circ}\text{C}$,所以就海水的温、盐度而言,一般底层水的年平均盐度为 $34.5\text{—}34.7\text{‰}$ 、年平均温度为 $14\text{—}18^{\circ}\text{C}$ 的海区中最有利于生物状海绿石的形成。

由于闽南—台湾浅滩大陆架沉积物中的海绿石以生物状海绿石为主,尤其在调查区海绿石富集的西南角地区中,生物状海绿石占各类海绿石的 $90\text{—}95\%$ 。所以上述海绿石的形成条件也就是生物状海绿石的形成条件。由此可知,富集条件是:水深为 200—250 米、底层水水温为 $14\text{—}18^{\circ}\text{C}$ 、盐度为 $34.5\text{—}34.7\text{‰}$ 、沉积类型为分选好的有孔虫贝壳砂以及沉积作用缓慢的残留沉积区。此外,通过对生物状海绿石的矿物学研究,在实体显微镜与偏光显微镜下可见到此类海绿石中含有少量的石英等碎屑矿物。透射电镜照相证实海绿石具有云母类粘土矿物的晶形,并有蒙脱石及高岭石等混入物。在扫描电镜下也可见到生物状海绿石均具有迭片状构造,仅在迭片的整齐程度上有所差别。X-射线粉晶照相与衍射分析均说明该矿物具有云母型结构,由于结晶程度较差,使 $10\text{ \AA}$ 谱线在加热至 700°C 恒温 2 小时后才清晰出现。差热曲线与红外吸收曲线的特征亦均类似于云母类粘土矿物。由此可知,生物状海绿石的原始物质为含少量碎屑矿物的云母类粘土矿物,这些物质进入有孔虫壳体及其它生物的壳体中,在有机质作用下,在上述的特定的沉积环境中,逐步转化而成海绿石的。另外,根据浅黄色海绿石结构疏松、含石英等碎屑矿物较多、碳酸钙生物外壳大部分保留及迭片结构差、比重与折光率均较小(表 1)等特点,初步推测浅黄色生物状海绿石是生物状海绿石发育的最初阶段,其成熟度最差,然后逐步发展成为较成熟的黄绿、褐绿与黑色生物状海绿石。后三种生物状海绿石的结构均较致密,含石英等碎屑矿物少,碳酸钙生物外壳大部分均已脱落,迭片状结构较整齐,比重与折光率较高(表 1)。所以总起来说,黑色、褐绿、黄绿色生物状海绿石与浅黄色生物状海绿石相比,是发育较为成熟的一种生物状海绿石。

参 考 文 献

- [1] 陈丽蓉等, 1980. 东海沉积物中海绿石的研究. 地质科学 3: 205—217.
- [2] 陈瑞君, 1980. 我国某些地区的海绿石特征及其对相环境分析的意义. 地质科学 1: 65—75.
- [3] 彭琪瑞等, 1963. 中国粘土矿物研究. 科学出版社, 120—131 页.
- [4] Bentor, Y. K., 1965. Notes on the mineralogy and origin of glauconite. *J. Sediment Petrol.* 35(1): 155—166.
- [5] Birch, G. F., J. P. Willis and R. S. Rickard, 1976. An electron micro-probe study of glau-

- conites from the continental margin off the west coast of South Africa. *Mar. Geol.* **22**(4): 271—283.
- [6] Joint Committee on Power Diffraction Standards. 1974. Selected power diffraction data for minerals. p. 178.
- [7] Manghnani M. H. and J. Hower, 1964. Glauconites: cation exchange capacities and infrared spectra, Part II, *The American Mineralogist* **49**: 1631—1641.
- [8] Лисицына, Н. А., Б. П. Градусов, Г. Ю. Бутузова, 1976. Глауконит в осадках литологического профиля через Тихий Океан. Сб. «Палеонтология, Морская Геология» М., «Наука», стр. 166—176.
- [9] Логвиненко, Н. В., 1976. К проблеме глауконитообразования в океанах. Сб. «Палеонтология, Морская Геология» М., «Наука», стр. 176—190.

GLAUCONITE IN THE SEDIMENTS OFF THE SOUTHERN FUJIAN PROVINCE COAST TO THE CONTINENTAL SHELF OF TAIWAN PROVINCE*

Chen Lirong Shi Yingmin Shen Shunxi Xu Wenqiang and Li Kunye

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

ABSTRACT

Glauconite in 76 bottom samples from this region was studied. Most of glauconite is in the cavities of foraminiferal tests, ostracod shells, molluscal shells and bryozan zooecial chambers, but some are found in various forms of pellets and booklets. Most grains are brown-green, some are black, a few of them are yellow-green and light yellow.

Glauconite distributes chiefly in the southwestern part of the area investigated. The highest content of glauconite is 35% of the total sediment from the station 10 (116°08'E 21°28'N).

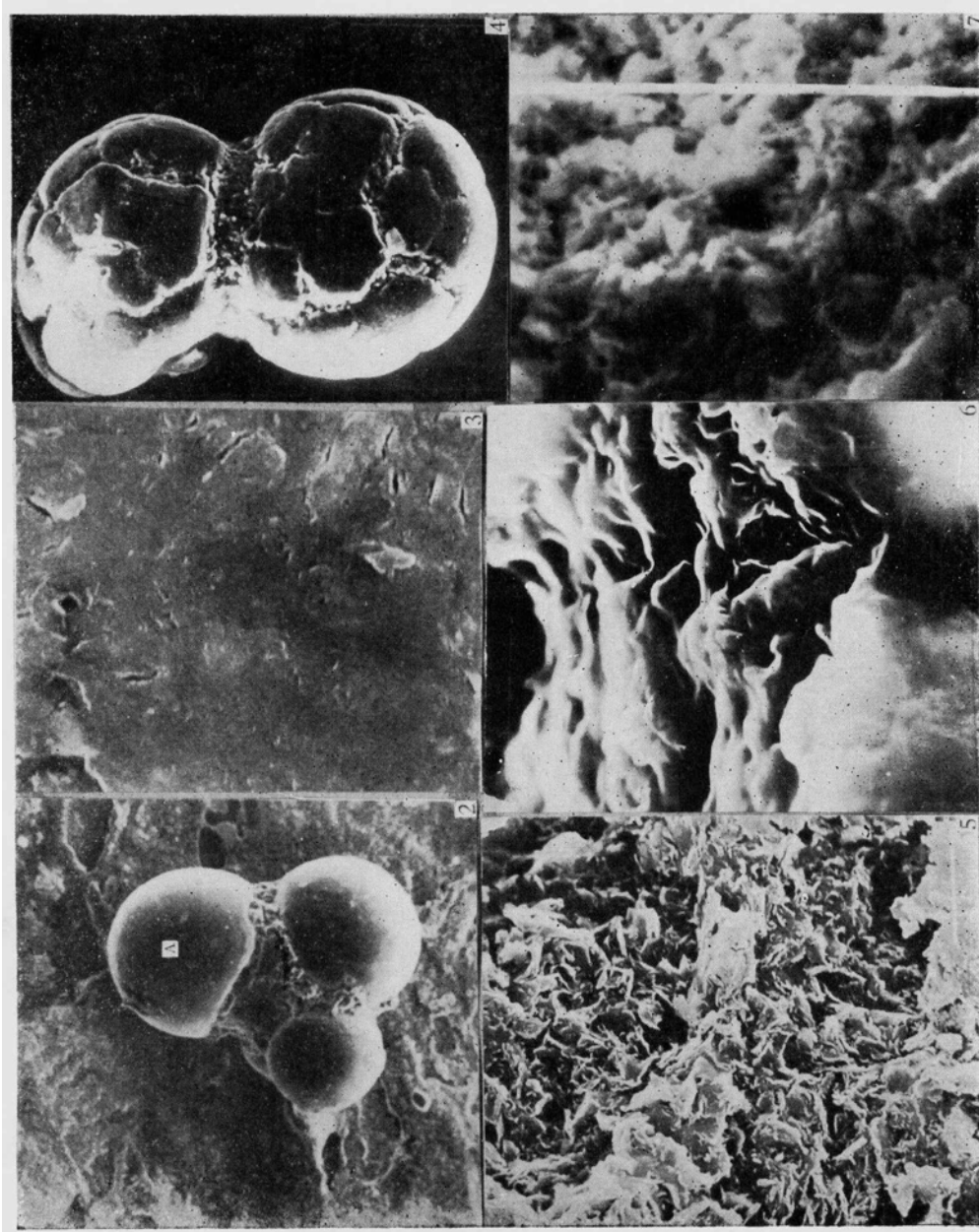
Our research shows that the well-sorted foraminiferal sands (2—0.063 mm) at a depth of 200—250 m and with a bottom temperature of 14—18 C, a salinity of 34.5—34.7‰, are favorable to the formation of glauconite as fillings of organisms.

The parent materials of glauconite as fillings of organisms are micaceous clay fraction with a small amount of mineral fragments such as quartz. The light yellow glauconite is in the earliest stage glauconite as fillings of organisms.

* Contribution No. 650 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.



1. 各种生物状海绿石



2. 黑色生物状海绿石(表面光滑致密)
167 ×

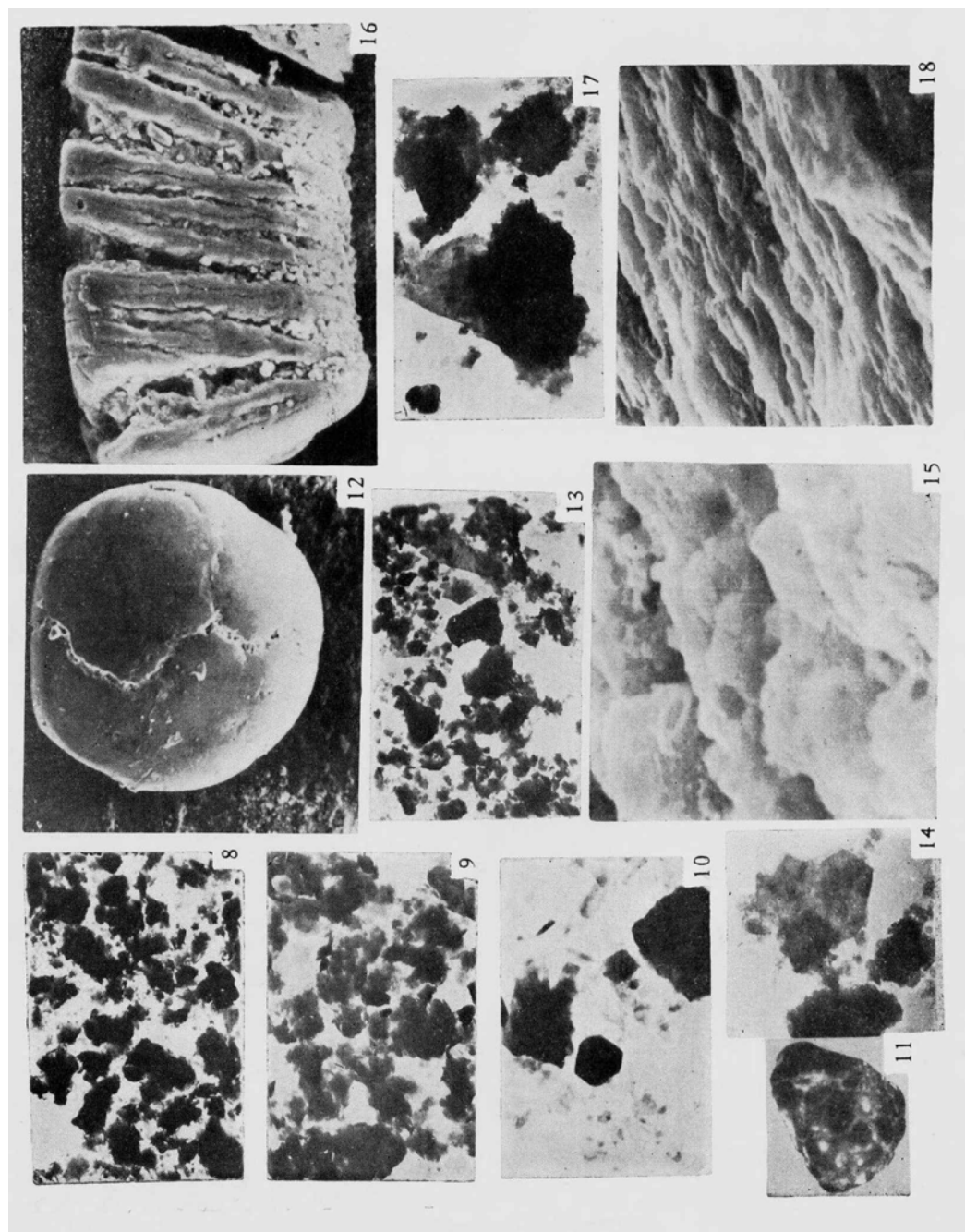
3. 照片 2 中 A 的放大部分(说明此海
绿石的表面光滑致密) 8333 ×

4. 褐绿色生物状海绿石(表面具裂纹)
333 ×

5. 浅黄色生物状海绿石之表面(粗糙
疏松) 8333 ×

6. 黑色生物状海绿石断面(呈迷片状
结构, 片理面挠曲, 柔软而纯净)
6666 ×

7. 浅黄色生物状海绿石断面(呈絮状
结构) 8333 ×



8.生物状海绿石的透射电镜照片
25000×

9.生物状海绿石中含有蒙脱石的
透射电镜照片 25000×

10.生物状海绿石中含有高岭石
的透射电镜照片 20000×

11.黑色具网格状裂纹的颗粒状
海绿石 83×

12.黑色一般裂纹的颗粒状海绿
石 183×

13.黑色颗粒状海绿石的透射电
镜照片 20000×

14.黑色颗粒状海绿石的透射电
镜照片 30000×

15.黑色颗粒状海绿石断面(呈层
状) 5000×

16.黑色书页状海绿石 500×

17.黑色书页状海绿石的透射电
镜照片 28333×

18.黑色书页状海绿石的纵断面
5000×