

浙江长兴栖霞组生物灰岩及其含油性

杨万容 江纳言

屈永隆 冯之尧

(中国科学院南京地质古生物研究所)

(浙江省石油地质大队)

浙江长兴地区的栖霞组, 主要出露于煤山向斜盆地的两翼。由于断层及覆土掩盖, 岩层出露不完整, 研究程度较差。

为了开展石油普查工作, 1979年5月笔者等¹⁾详细地测制了栖霞组出露较好的葡萄山—龙舌界剖面(图1)。其层段划分可与南京栖霞组层型剖面对比。

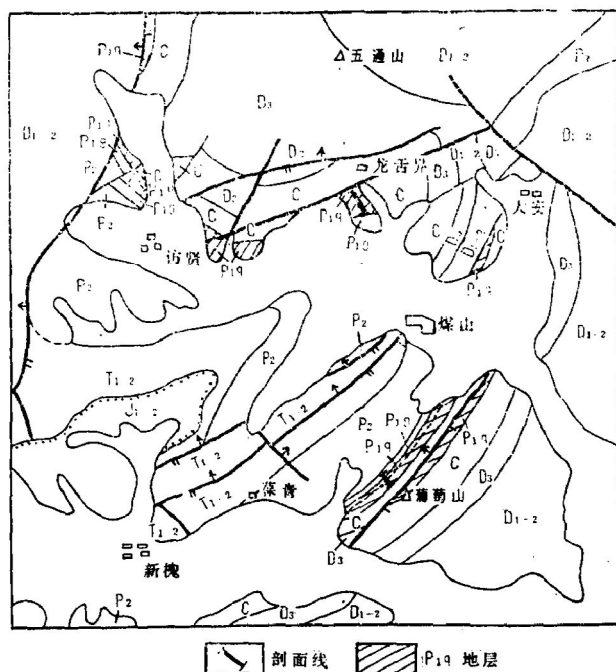


图1 长兴葡萄山—龙舌界剖面位置示意图

本文通过野外观察及室内研究, 结合X射线衍射分析、差热、电镜及元素的光谱、化学、有机分析, 对碳酸盐岩及硅质岩的岩石学特征、生物组分、沉积微相及有利的生储油相带、层段进行了初步分析、研究。

一 地层剖面简述

长兴葡萄山—龙舌界栖霞组总厚236.94米。自上而下划分为五个岩性段:
上覆地层: 下二叠统孤峰组

1) 参加这一工作的还有林国为、张均祥、陈继贤。

浅粉红色薄层状燧石层, 含丰富的化石。

整 合

5. 顶部灰岩段

18.11米

17) 上部为灰黑色含海绵骨针泥晶灰岩; 下部为灰黑色含红藻微晶灰岩, 薄—中层状, 顺层分布有燧石条带及团块, 产海绵骨针、翁格达藻 (*Ungdarella*)、棘皮类、筛串虫 (*Cribrogenerina*)、巴东虫 (*Badongia*)、厚壁虫 (*Pachyloie*)、三叶虫和管壳石 (*Tubiphytes*)。 11.80米

16) 上部为深灰色微—细晶灰岩, 夹硅质岩、生物屑灰岩和砾屑灰岩, 产珊瑚、筳 (*Schwagerina chihsiaensis* Var. *regularis* Chen)、苔藓虫、有孔虫、无窗贝, 发育次生溶蚀孔洞; 中部为生物屑微晶灰岩夹薄层含炭质灰岩, 水平层理发育, 产珊瑚 (*Chusenophyllum brevisseptatum* Tseng)、筳、棘皮类及有孔虫, 次生溶蚀孔洞发育; 下部为浅粉红色含生物屑微晶灰岩, 中层状, 水平层理发育, 产丰富的筳及有孔虫、苔藓虫及三叶虫碎片; 底部为灰黑色含生物屑泥晶灰岩, 中—厚层状, 含燧石团块, 产筳 (*Schwagerina* sp., *S. chihsiaensis*, *Parafusulina* sp., *Misellia*)、朱森珊瑚 (*Chusenophyllum*)、厚壁虫、古串珠虫 (*Palaeotularia*)、棘皮类、三叶虫、腹足类、腕足类、海绵骨针、介形类、窗格苔藓虫 (*Fenestella*), 岩石结构简单, 局部硅化。 6.31米

4. 上部硅质岩段

24.48米

15) 浅粉红色硅质岩, 薄层状, 裂隙发育, 为黄铁矿充填。 24.48米

3. 含燧石灰岩段

114.11米

14) 灰—深灰色含生物屑微晶灰岩, 厚层状, 含燧石团块, 产珊瑚、厚壁虫、假橡果虫、节房虫 (*Nodosaria*)、古串珠虫、苔藓虫、腕足类、半结线虫 (*Hemigordius*)、球旋虫 (*Glomospira*) 和海百合茎。 21.22米

13) 上部为深灰色含藻屑泥晶灰岩, 藻屑为裸海松藻及绿藻碎屑, 破碎厉害, 次为有孔虫、腹足类、腕足类, 含燧石团块; 中部为灰黑色含生物屑微—细晶灰岩; 下部为深灰色含棘屑泥晶灰岩, 产海百合茎。 8.40米

12) 上部为灰色含有孔虫泥—微晶灰岩, 夹珊瑚骨架砾屑灰岩, 产巴东虫、厚壁虫、格涅次虫、假橡果虫、节房虫、拟球瓣虫、棘皮类、藻钙球、腕足类、三叶虫、假蠕孔藻和窗格苔藓虫; 下部为灰黑色含燧石团块微晶灰岩, 局部含有微量萤石矿物, 生物含量不丰富, 产假蠕孔藻、球瓣虫、半结线虫、节房虫、厚壁虫、介形类、腹足类、棘皮类、窗格苔藓虫, 在燧石结核中见有海绵骨针及三叶虫碎片, 具次生溶蚀孔洞。 11.02米

11) 浅灰—灰色藻屑微晶灰岩, 上部以裸海松藻屑为主, 次为假蠕孔藻、米齐藻、管壳石、藻钙球、假橡果虫, 还有筛串虫、厚壁虫、巴东虫、古串珠虫、节房虫及腕足类、苔藓虫、筳和珊瑚, 含少量燧石结核; 下部以翁格达藻屑为主, 次为假蠕孔藻、藻钙球, 另有筛串虫、海百合茎、腕足类、窗格苔藓虫、筳和珊瑚。 4.75米

10) 上部为灰黑色含生物屑微晶灰岩; 中部为灰色含砾屑泥—微晶灰岩; 下部为灰黑色含生物屑泥—微晶灰岩, 块状, 产早坂珊瑚、南京筳 (*Nankinella* sp.)、翁格达藻、假蠕孔藻、厚壁虫、巴东虫、筛串虫、古串珠虫、苔藓虫和腕足类。 18.25米

9) 深灰色微晶灰岩, 生物不丰富, 产少量节房虫、球瓣虫、球旋虫、厚壁虫、假橡果虫、古串珠虫、筛串虫、假蠕孔藻、三叶虫、介形类、棘皮类和窗格苔藓虫。 17.15米

8) 上部为灰黑色含生物屑微晶灰岩; 中部为灰色层纹状含生物屑白云质微晶灰岩, 产翁格达藻、假蠕孔藻、厚壁虫、假橡果虫、节房虫、棘皮类和藻钙球。 15.17米

7) 深灰色含燧石团块微晶灰岩, 生物极少, 仅产少量巴东虫、节房虫、球瓣虫、苔藓虫、腕足类、介形虫、棘皮类。 4.20米

6) 深灰色含生物屑微晶灰岩, 夹裸海松藻泥—微晶灰岩, 产裸海松藻、棘皮类、介形类、筛串

虫、腕足类、三叶虫、腹足类和珊瑚碎片。向上燧石团块增加,而生物减少。	13.95米
2.下部硅质岩段	24.04米
5) 浅灰—深灰色薄层硅质岩,坚硬、易碎,裂隙发育。产腕足类、腹足类、介形类、海百合茎、海绵骨针。除海绵骨针可能原来就为硅质外,其它均被硅质交代。	24.04米
1.奥灰岩段	56.20米
4) 深灰色含裸海松藻泥晶灰岩,产裸海松藻、假蠕孔藻和少量节房虫、球旋虫、三叶虫、苔藓虫、棘皮类、腕足类。	14.70米
3) 深灰色裸海松藻泥晶灰岩,产丰富的裸海松藻、假蠕孔藻和少量节房虫、半结线虫、苔藓虫、腕足类、腹足类、棘皮类、海绵骨针,还有粪球粒。	9.05米
2) 上部为灰色含藻屑泥晶灰岩;下部为灰色裸海松藻泥晶灰岩;底部有一薄层灰黑色含铁质泥质细晶灰岩。产裸海松藻、假蠕孔藻、半结线虫、球瓣虫、苔藓虫、腕足类、三叶虫,还有粪球粒。	32.45米
————— 整 合 —————	
下伏地层:梁山组	
1) 灰黑色高岭石粘土岩,夹煤线。	1.70米
----- 假 整 合 -----	
上石炭统船山组:浅灰色含葛万藻球泥—微晶灰岩,产葛万藻、棘皮类、瓣、节房虫、球瓣虫。	

二 岩石类型特征

煤山栖霞组由碳酸盐岩及硅质岩组成。前者占79.52%,后者为20.48%。而碳酸盐岩中95%以上为含有生物灰岩,交代形成的白云岩<5%。本文主要讨论碳酸盐岩。栖霞组碳酸盐岩主要结构组分为钙质生物骨骸及节片,局部见少量砾屑,胶结物以泥—微晶方解石为主,亮晶极少。据成因、结构、成分及次生变化可分三大类,18种类型。其各类岩石特征及化学组分平均含量见表1、2。

1. 三大类岩石特征

生物碎屑灰岩 生物含量均>10%,一般>25%。这些钙质生物,尤其是钙质藻类在二叠纪的发育达到了高峰,它们不但分泌大量的碳酸钙,而且也沉淀碳酸钙构成自身的骨骸,因此,它们是直接参与造岩作用的。主要造岩生物为藻类、有孔虫、棘皮类、介形类、珊瑚、海绵骨针。有时单门类生物超过生物总含量的1/2时,则构成单门类生物灰岩。从表1、2中看出,这类灰岩纯度较高,方解石含量一般>95%,硅质、白云石含量低,CaO平均含量在54%,MgO平均<0.3%,酸不溶物均较其它两类岩石低,而生油地球化学指标(有机炭、还原硫、二价铁等)显著增加。这类岩石占碳酸盐岩的64.38%。

泥晶灰岩(重结晶后为微晶灰岩、细晶灰岩) 生物极少,含量一般<5%。但通过透射电子显微镜分析,显示出蓝藻类植物碎片。岩石应主要为生物化学作用形成,其中的方解石含量>90%,含有燧石团块和不规则的硅质条带。常单独成岩,构成晶粒灰岩(泥晶—微晶—细晶灰岩)。这一类岩石是在沉积速度快、而水动力条件极弱的情况下堆积的,因此,沉积了碳酸盐泥,并混入了陆源泥质组分。从表2中可看出,酸不溶物及Al的含量均较生物碎屑灰岩高,水的混浊度增大,透光性降低,因而也就阻碍了食悬浮物的底栖生物及行光合作用的藻类植物繁殖、生长,因此在这类岩石中,不但生

表1 浙江长兴栖霞组岩石类型特征

岩石类型		占碳酸盐岩类 %	矿物组分 (%)					生物组分		沉积微相	分布层段	
			方解石	白云石	硅质	泥质	含量 (%)	主要生物	共生生物			
碳酸盐岩	碎屑灰岩	虫屑微晶灰岩	3.3	98.74	0.14	<1	>20	筛串虫、古串珠虫、巴东虫	假蠕孔藻、海百合茎	滩注过渡	含燧石灰岩段下部	
		棘屑泥晶灰岩	6.2	99.17	0.05	<1	>25	海百合茎、海胆、管壳虫	半结线虫、假蠕孔藻	"	"	
		红藻亮晶灰岩	1.3	95.00	0.30		>30	翁格达藻、棘皮类	筛串虫、巴东虫	生物滩	含燧石灰岩段上部	
		裸海松藻泥晶灰岩	19.48	92.50	0.74	<1	>35	裸海松藻、假蠕孔藻	球旋虫、粪球粒	低能滩	臭灰岩段	
		裸海松藻微晶灰岩	4.30	97.11	0.64	<1	>35	裸海松藻、假蠕孔藻	假橡果虫、节房虫、三叶虫	"	"	
		藻屑泥晶灰岩	5.20	95.21	1.26	<1	>25	裸海松藻、假蠕孔藻	粗枝藻、管壳石、藻钙球	滩注过渡	含燧石灰岩段下部	
		藻屑微晶灰岩	4.00	96.84	1.33	<1	>25	翁格达藻、筛串虫	海百合茎、苔藓虫、腕足类	"	"	
		介屑泥晶灰岩	2.50	87.14	0.78	3	<2	>20	介形虫、筛串虫	腹足类、腕足类、节房虫	"	"
		海绵骨针泥晶灰岩	1.30	66.71	4.28	>10	<2	>25	钙质海绵骨针	球旋虫	"	顶部灰岩段
	泥晶—细晶灰岩	珊瑚骨架灰岩	2.6	94.82	3.86	<2	>25	珊瑚、棘皮类	筴、海百合茎	生物滩	含燧石灰岩段上部	
		生物屑微晶灰岩	11.6	94.62	2.94	5	<1	>20	半结线虫、球旋虫	假蠕孔藻、棘皮类	滩注过渡	含燧石灰岩段下部
		生物砾屑灰岩	2.6	95.55	1.98	<2	>20	珊瑚、棘皮类	管壳石、假蠕孔藻	生物滩	含燧石灰岩段上部	
		泥晶灰岩	7.3	90.13	4.00	2	<2	<5	球旋虫、球解虫	半结线虫	滩注过渡	含燧石灰岩段下部
		微晶灰岩	16.63	97.05	1.15	2	<1	<5	半结线虫、球旋虫		"	和顶部灰岩段上部
70.52% 交代白云岩及不纯灰岩	细晶灰岩	6.49	92.65	2.35	2	<1	<5	巴东虫、节房虫	腕足类、棘皮类	静水洼地		
	含铁泥质细晶灰岩	1.3	75.65	0.97	>10	5	<5	假蠕孔藻	棘皮类、腕足类	滩注过渡	臭灰岩段底部	
	含硅质白云质灰岩	2.6	62.49	21.62	>10	2	<10	棘皮类、腕足类		"	含燧石灰岩段	
	含硅质灰质白云岩	1.3	23.61	46.27	>10	2	<5	介形类、三叶虫		"	"	
	硅质岩 20.48%		0.18	0.37	>95			海百合茎、腕足类	介形类、有孔虫	静水洼地	硅质岩段	

物的多样性减少,就是生物数量也显著降低。这类岩石占碳酸盐岩类的30%。

不纯灰岩及交代白云岩 这里所指不纯灰岩,系指灰岩中含有>10%的非方解石矿物组分,如硅质、白云石和铁质,而方解石含量<90%。这些硅质或白云石系成岩早期被含硅或含铁的溶液在一定的介质条件下交代方解石而成。由于介质的物理(主要是水的温度)、化学(主要是含盐度和酸碱度)条件变化较大,对在正常盐度下生活的生物很不利。因此岩石中生物极少。这类岩石占碳酸盐岩类的5.2%。

2. 几种主要生物碎屑灰岩的特征

裸海松藻泥晶灰岩 岩石中裸海松藻>40%,而其它生物极少,多为泥晶方解石充填(图版I—1)。共生生物多数是具隐粒结构的生物,如假蠕孔藻、管壳石、球旋虫、球解虫、半结线虫,还有粪球粒;虽也有玻纤结构的有孔虫,但量少,个小壳薄,如巴东虫、节房虫,大小仅0.32—0.16毫米。裸海松藻为红藻,但其习性与属绿藻的假蠕孔藻相近,因此它们总是相伴出现,并成线性增长。CaO含量较高,方解石>95%,MgO、酸不溶物、Al、Si含量很低,未见陆源碎屑物(表2)。说明这类岩石的纯度是很高的,

表2 浙江长兴栖霞组各类岩石化学元素平均含量

岩石类型	化学分析(%)			光谱分析(%)							生油地化指标分析				
	CaO	MgO	酸不溶物	Al	Mn	Cu	Ba	Sr	Si	B	有机C(%)	还原S(%)	Fe ²⁺ (%)	Fe ³⁺ (%)	Fe ²⁺ /Fe ³⁺
虫屑微晶灰岩	55.2	0.03	1.5	0.02	0.002	0.0001	0.01	0.05	0.5	0.001	0.06	0.01	0.05	/	
棘屑泥晶灰岩	55.2	0.01	1.17	0.13	0.004	0.0001	0.01	0.13	1.0	0.0013	0.06	0.05	0.02	/	
红藻亮晶灰岩					0.1	0.0003	<0.01	0.05	0.5	0.01					
裸海松藻泥晶灰岩	53.91	0.16	2.6	0.21	0.02	0.0004	0.01	0.047	0.7	0.0126	0.16	0.045	0.06	0.05	1.2
裸海松藻微晶灰岩	55.01	0.14	1.4	0.04	0.03	0.002	0.01	0.05	0.3	0.001	0.24	0.07	0.02	/	
藻屑泥晶灰岩	54.48	0.26	1.77	0.31	0.012	0.0003	0.01	0.12	0.75	0.0134	0.10	0.04	0.03	0.02	1.5
藻屑微晶灰岩	54.59	0.29	1.45	0.17	0.0045	0.0005	0.01	0.10	0.65	0.0015	0.11	0.03	0.03	0.05	0.6
介屑泥晶灰岩	54.24	0.17	3.05	0.03	0.10	0.0003	0.01	0.15	0.5	0.001	0.1	0.02	0.03	0.02	1.5
海绵骨针泥晶灰岩	38.33	0.93	28.33	0.30	0.60	0.0001	0.01	0.05	>10	0.0015	0.01	0.03	0.05	0.01	5.0
珊瑚骨架灰岩	54.01	0.84	3.03	0.1	0.1	0.0007	0.01	0.05	1.00	0.001					
生物屑微晶灰岩	53.75	0.64	2.21	0.48	0.41	0.0017	0.01	0.19	5.0	0.001	0.085	0.04	0.02	0.014	1.4
生物砾屑灰岩	53.98	0.43	2.20	0.12	0.012	0.0003	0.01	0.18	0.75	0.001	0.16	0.01	0.03	0.02	1.5
泥晶灰岩	51.57	0.87	4.75	0.3	0.6	0.0008	0.01	0.06	0.3	0.05	0.26	0.05	0.04	0.19	0.21
微晶灰岩	54.57	0.25	2.1	0.2	0.015	0.0005	0.01	0.07	1.0	0.001	0.13	0.03	0.02	0.03	0.67
细晶灰岩	52.48	0.51	5.1	0.39	0.015	0.002	0.01	0.14	0.62	0.011	0.09	0.02	0.04	0.04	1.0
含铁泥质细晶灰岩	43.01	0.21	19.21	8.0	0.1	0.001	0.02	0.03	>10	0.02					
含硅质白云质灰岩	41.57	4.70	15.0	0.8	0.8	0.0005	0.01	0.1	>10	0.001	0.12	0.01	0.02	0.05	
含硅质灰质白云岩	27.30	10.06	29.1	1.50	0.018	0.0005	0.01	0.07	>10	0.001	1.06	0.22	0.23	0.07	3.29
硅质岩	0.12	0.08	SiO ₂ 96.32	1.0	0.005	0.0001	0.01	0.33	>10	0.008					

为清水碳酸盐沉积; 由于裸海松藻呈枝状, 具晶粒结构, 易碎, 因此水动力条件不会太强, 否则就不易保存。剖面中臭灰岩段所产裸海松藻, 不但数量较多, 且节片也保存较好, 壁间孔构造很清楚, 重结晶也很弱, 显示出一种浅水低能藻滩相沉积特征。

棘屑泥晶灰岩 棘屑为破碎了的海百合茎及少量海胆刺碎片。一般碎片磨圆度较好, 常与同生砾屑一起。共生生物有较高能环境中出现的翁格达藻、早坂珊瑚, 也有常出现于低能条件下的半结线虫、管壳石和球旋虫等, 充填物为泥晶方解石。显示出一种滩注过渡相的沉积特征。

藻屑泥晶灰岩 藻屑主要为红藻、绿藻破碎而成。以裸海松藻为主的藻屑, 为泥晶充填。共生生物有二叠钙藻、假蠕孔藻、管壳石、米齐藻及少量筛串虫、藻钙球等, 而翁格达藻少见; 若以翁格达藻为主的藻屑, 则为微晶或亮晶胶结。共生生物有管壳石、筛串虫、节房虫、海百合茎、苔藓虫、腕足类, 而裸海松藻极为少见。裸海松藻和翁格达藻虽同属红藻, 但由于两者生态不同, 因此对环境的要求也就不同, 从前者为泥晶充填, 后者为亮晶胶结, 以及它们不同共生生物组合特征, 说明前者要求的水动能量较低,

而后的水动能较高。

介屑泥晶灰岩 这里所指介屑,主要为介形类、三叶虫及腕足类的壳屑,以前者为主,总量 $>10\%$,全为泥晶充填。酸不溶物含量较高,含有较多的硅质和泥质物(表2)。因此抑制了底栖生物及藻类的生长,生物种类单调。岩石中介屑多破碎,常显定向排列,显示出有流水作用。具滩洼过渡相沉积特征(图版I—3)。

生物砾屑灰岩 砾屑为盆地内生物灰岩破碎而成,基本上未经搬运,而就地碎解,稍加移动而堆积下来的。砾屑大小为5—10厘米,成分为灰岩、含生物屑灰岩和珊瑚骨架灰岩,泥晶方解石充填。主要分布于含燧石灰岩段的上部,为生物滩相的沉积特征。

三 一些主要造岩生物¹⁾的生态、 组合特征与环境的关系

煤山盆地碳酸盐岩中,生物组分占相当重要的地位,不仅是主要的造岩组分,而且是油气生成的物质基础。碳酸盐岩的60%以上为生物碎屑灰岩,其中生物门类繁多,含量也很丰富。计有藻类、有孔虫、鲎、棘皮类、腕足类、苔藓虫、介形类、三叶虫、腹足类、海绵骨针、珊瑚等十多个门类(图2)。

栖霞组中生物群的生态以底栖固着为主,少数为底栖移动和行漂浮生活。骨骸成分绝大多数为钙质,极少数海绵骨针为硅质。代表一种气候温暖、盐度正常的浅海环境。其中以藻类、有孔虫、棘皮类和珊瑚为多。

1. 藻类 二叠纪是藻类的繁盛时期,剖面中常见的为钙质红藻及绿藻,但透射电镜分析(放大2000倍),见有蓝藻门中的色球藻²⁾(图版I—5)。

藻类大量繁殖于浅水、清澈、温暖的浅海环境。钙质藻在生长过程中,既能粘结碳酸盐泥,又能分泌碳酸钙,造成自身的骨骼,并形成大量碳酸盐岩;在藻类灰岩中,有机炭、还原硫及二价铁的含量都比其它生物碎屑岩类要高(表2),因此,这种钙质藻类也是油气生成的物源之一。栖霞组碳酸盐岩中生物含量的50%以上为藻类,其中以裸海松藻为主,集中分布于臭灰岩段(图2)。

红藻 主要是裸松藻及翁格达藻。因它们的生态习性不同,对环境的要求也就不同。裸松藻其叶状体呈分节状,藻体直立分枝,髓丝分出侧枝。保存下来的化石多为节片(图版I—1)。其纵切面呈卵圆形。从图中可清楚看出壁间有孔,节片中空,具晶粒结构,故较易破碎,因此,其大量生长时,应是水动条件较弱的浅水环境。翁格达藻,多呈树枝状、包壳状(图版I—6),横格板与丝状体一样粗,在水平方向上连起来,因而纵切面形成格子状。其围岩常为亮晶。当其大量生长繁殖时,反映水动条件较强。

绿藻 主要是伞藻科中的假蠕孔藻及米齐藻(图版I—5、8)。化石均以节片保存下来,中央茎呈圆柱形,分枝由中央茎向外发育,常呈辐射状。伞藻科内植物一般多生活在较平静的浅水环境中,水深不超过10—15米(据J.D.Milliman, 1974, Marine carbonates)。它们常与裸海松藻共生。

1) 主要根据薄片中生体碎片鉴定。

2) 尹磊明鉴定。

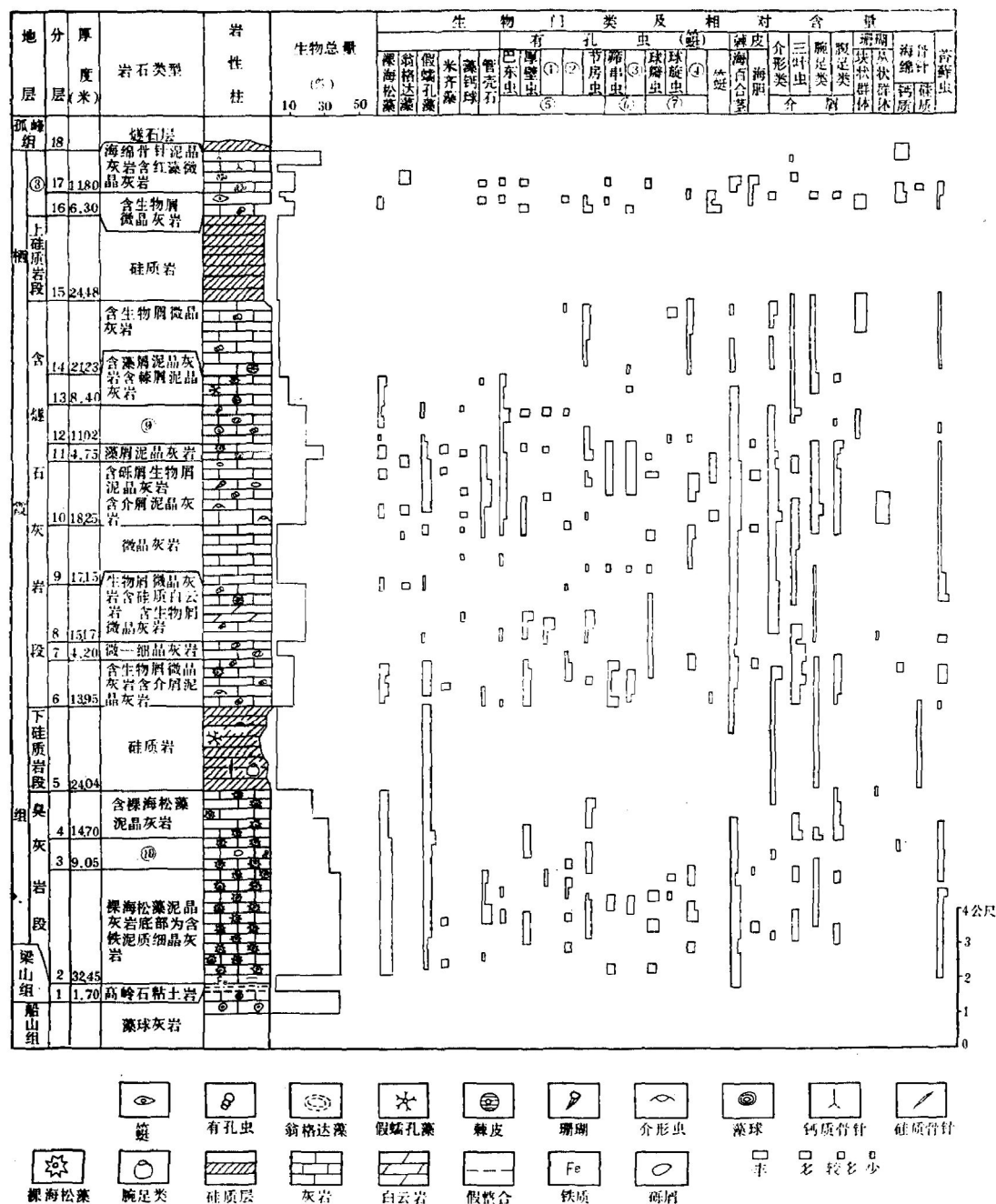


图2 浙江长兴煤山栖霞组生物相对含量及分布

①格涅次虫 ②假橡果虫 ③古串珠虫 ④半结线虫 ⑤单层壳玻纤结构 ⑥双层壳 ⑦单层壳隐粒结构
⑧顶部灰岩段 ⑨含有孔虫泥晶灰岩, 含礁石团块 ⑩裸海松藻泥晶灰岩夹含砾屑生物屑泥晶灰岩

还有一种是分类位置未定的藻钙球及管壳石(图版Ⅱ—9)。藻钙球(图版Ⅱ—11),在薄片中共呈圆形,径0.1毫米左右。常见的球面上有尖锐的刺。双层壁,其内有一个球形腔。经常与介形类、管壳石共生。从生物组合、岩石类型及结构分析,它显然是生活在一种水体较静的低能环境中。

2. 有孔虫 属浅海底栖生活的分子。由于个体小(通常 <1 毫米),数量多,因此在薄片巾见及的,多数为个体完好的不同切面。加之壳层微细结构清楚,易于鉴定。由于不同的种属其壳层微细结构不同,而不同类型的微细结构,其形成可能与环境有一定关系。因此用不同壳层的微细结构作为一种环境指标,来分析沉积环境是值得重视和深入研究的。根据剖面中所见有孔虫壳层微细结构的种类,大致有三种。有时也观察到相同种类的有孔虫,当其环境改变时,壳层的微细结构也相应发生了变化,这也表明环境对生物微细结构的形成起了一定的控制作用。明显地表现在节房虫、叶片虫的壳层,一般为玻纤结构,但当水体变静,水动力条件减弱,沉积速度加快,水的浊度增大时,就不可能形成玻纤结构,而形成隐粒结构或泥晶化了。甚至在含有有机质丰富时,它们又很易被有机质交代。像这种由于条件改变,壳层微细结构也发生变化的有孔虫,目前仅见及具玻纤结构的有孔虫中,而且又都是出现在壳层不厚的叶片虫、节房虫、假橡果虫和格涅次虫中。分析这类具玻纤结构的有孔虫,其壳层微细结构的变化,不仅与环境有关,可能与其原始成分也是有一定关系的。很有可能这类有孔虫的壳层,其原始成分就是文石质的,在成岩早期,或在碳酸盐泥开始堆积时,文石很快就被方解石交代,而成了粒状结构。现将有孔虫常见的三种微细结构特征简述如下:

具玻纤结构的有孔虫 从薄片巾观察到的均属于节房虫科中的一些分子,如节房虫(图版Ⅱ—3)、巴东虫(图版Ⅱ—2)、假橡果虫、格涅次虫及厚壁虫(图版Ⅱ—1)。这种结构形成的条件,要求沉积速度慢,水体清、盐度正常。因此,当这类有孔虫富集时,则反映当时的沉积环境是具有一定能量的浅海台地。

具双层壳结构的有孔虫 外层隐粒结构,内层层纤结构。剖面巾出现最多的是筛串虫科巾的筛串虫(图版Ⅱ—4),四排虫科巾的四排虫(图版Ⅱ—5)。它们的个体较大,一般为0.5—1毫米,在成岩后生作用巾,内层层纤易被硅质交代。这类有孔虫,既出现在浅海高能带巾,也出现在浅海低能带巾,但多数是富集在这两种相带之间的过渡地带,或偏向高能。一般很少出现在半封闭的洼地相巾。

具隐粒结构的有孔虫 壳层为单层,为泥晶方解石构成,含有机成分较高,常见的有双列虫科的砂盘虫、球旋虫(图版Ⅱ—6)和古盘虫科的半结线虫(图版Ⅱ—7)。它们共同的特征是壳层为隐粒,颜色深,含有机成分,个体小,均富集在泥晶灰岩巾,并常与沥青相伴出现,较多情况下为沥青交代。共生的生物组合,多是低能环境或静水洼地相巾的一些分子。如管壳石、海绵骨针、还有粪球粒等,因此,这种类型的有孔虫出现多时,正常盐度的有孔虫及大的底栖生物就大大减少。显示出一种还原性较强的潮下低能盐度较小的静水洼地环境。

3. 珊瑚 剖面巾常见的为块状群体的朱森珊瑚(图版Ⅱ—1)和丛状群体的早坂珊瑚,它们营底栖固着,要求底质坚硬、盐度正常、水体清澈、富氧的浅海环境,因此,沉积速度要慢。但不同种属的珊瑚,其生态不同,因而对环境的适应能力也有差异。如早坂珊瑚,为丛状群,由许多细而长的个体组成,由横枝相连,个体之间的间隙就成了流水的通道,当水流太大,水动力条件较强时,细而长的个体则易破碎。因此这种呈丛状群体的珊瑚,抗浪能力较弱,常破碎成滩,而朱森珊瑚呈块状群体,每个珊瑚个体的外壁完全消失,个体与个体之间为泡沫板相连(图版Ⅱ—1),而成块状复体,抗浪能力较强,

这种珊瑚可以成礁。

4. 棘皮类 常见为海百合茎和海胆刺碎片,具磨圆的痕迹。海百合茎孔清楚,为泥晶方解石充填,茎板具放射状及同心状有机质痕迹。呈连生单晶结构(图版Ⅱ—13)。海百合茎属有茎亚纲,为底栖固着,喜清洁海水,为浅水地区的生物。海胆属无茎亚纲,行底栖移动生活,不同深度的海底都可以有,但在浅海区内常见。

5. 腕足类 镜下观察到的常为壳层的碎片和长生贝的棘刺。壳层多具双层结构,即外层平行片状结构,内层纤状结构,但一般保存下来最多的为单层的平行片状结构(图版Ⅱ—14)。从壳层及棘刺的微细结构及少数保存完好的个体化石分析,可看出都是一些有较纲腕足类,或为肉茎固着底栖,或底栖躺卧。从出现较多的长生贝,也说明当时是水动条件不强的浅水环境。

6. 介形类 这是一类对环境适应性很强的生物,在不同盐度、深度、水动条件的环境中都可生存,但一般喜欢在水体较静、盐度不大、光的透射度差、水的浊度较大的环境中生活。

7. 海绵骨针 为海绵的硬体部份,营漂浮生活。成分有钙质及硅质,前者产在灰岩中,后者产在硅质岩中。常见的为一轴骨针,晶粒结构。当其富集成岩时,则共生生物门类极为单调。仅偶见小的球旋虫。充填物为泥晶方解石。从共生的生物组合及岩石的结构分析,在栖霞组中显示出一种潮下低能洼地相或滩洼过渡相的沉积特征。

四 微相划分及沉积模式

综合上述岩石类型、结构构造、生物生态及其共生组合,以及矿物元素地球化学等特征,表明煤山栖霞组的沉积,是以生物和生物化学成因形成的生物灰岩为主,夹层状的,由化学沉淀形成的硅质岩。碳酸盐岩中较为普遍地含有成岩期形成的燧石团块及结核,缺乏碳酸盐粒屑、陆源碎屑和亮晶胶结物,未发现潮上一潮间,以及蒸发岩相的岩石类型和沉积构造。从生物门类的多样性及数量的丰富,尤其营底栖食悬浮物的无脊椎动物和行光合作用的藻类植物的繁盛,均显示出煤山盆地栖霞组沉积时,为一正常盐度的陆表浅海中稍受限制的潮下低能带环境。当时古气候应是温暖潮湿。这种环境对油气生成有利。其微相带的划分如下:

1. 潮下低能藻滩相 潮下带向岸一方的浅水带,水动力条件较弱,盐度正常,光照较好。主要生物为裸海松藻,共生生物为假蠕孔藻、海百合茎、窗格苔藓虫及具隐粒结构的球瓣虫、球旋虫。岩石为裸海松藻泥晶灰岩。有机炭、二价铁含量相对较高,为还原环境,有利于油气的生成。其代表层段为臭灰岩段。

2. 静水洼地相 为生物滩及低能藻滩相之间的低洼部分,水体相对较深较闭塞,盐度较小。岩石为硅质岩及泥晶灰岩。生物极少,主要见有海绵骨针、介形类和棘皮类。其代表层段以硅质岩段为主。

3. 滩洼过渡相 为生物滩及静水洼地之间的浅水地带,水流作用明显,水体有一定的搅动,因此介壳破碎,并显定向排列。盐度不稳定,从小盐度—正常—微咸化都有出现。生物及岩石都显示出多样性。岩石有含燧石团块灰岩,含海绵骨针泥晶灰岩和白云岩化白云岩。生物既有广盐度、能量较低条件下的介形类、腹足类、球瓣虫,也有在一

定搅动条件下营底栖生活的筛串虫、巴东虫、鲎、腕足类,还有三叶虫。这些岩石类型和生物组合,显示出一种过渡带的沉积特征,其代表层段为含燧石灰岩段下部。

4. 生物滩相 位于潮下带向海一方的稍高的平坦地带,水体极浅而清澈,沉积速度较慢,富氧。岩石类型为红藻亮晶灰岩、生物砾屑泥晶灰岩;生物组合以一些狭盐度的底栖生物为主。如珊瑚、鲎、翁格达藻、棘皮类,及具玻纤结构的,而个体稍大的巴东虫、厚壁虫和双层结构的筛串虫、古串珠虫,并伴有生物灰岩砾屑堆积。对环境适应性较强的介形类、腹足类及具隐粒结构的有孔虫,如球瓣虫、半结线虫等,则很少出现。具晶粒结构易碎的裸海松藻基本未见。后生的溶蚀孔洞很发育。从岩石类型及生物组合特征,显示出一种正常浅海、水动力条件较强的浅滩相沉积。其代表层段为含燧石灰岩段上部。

以上所划分的微相带,其沉积模式见图3。

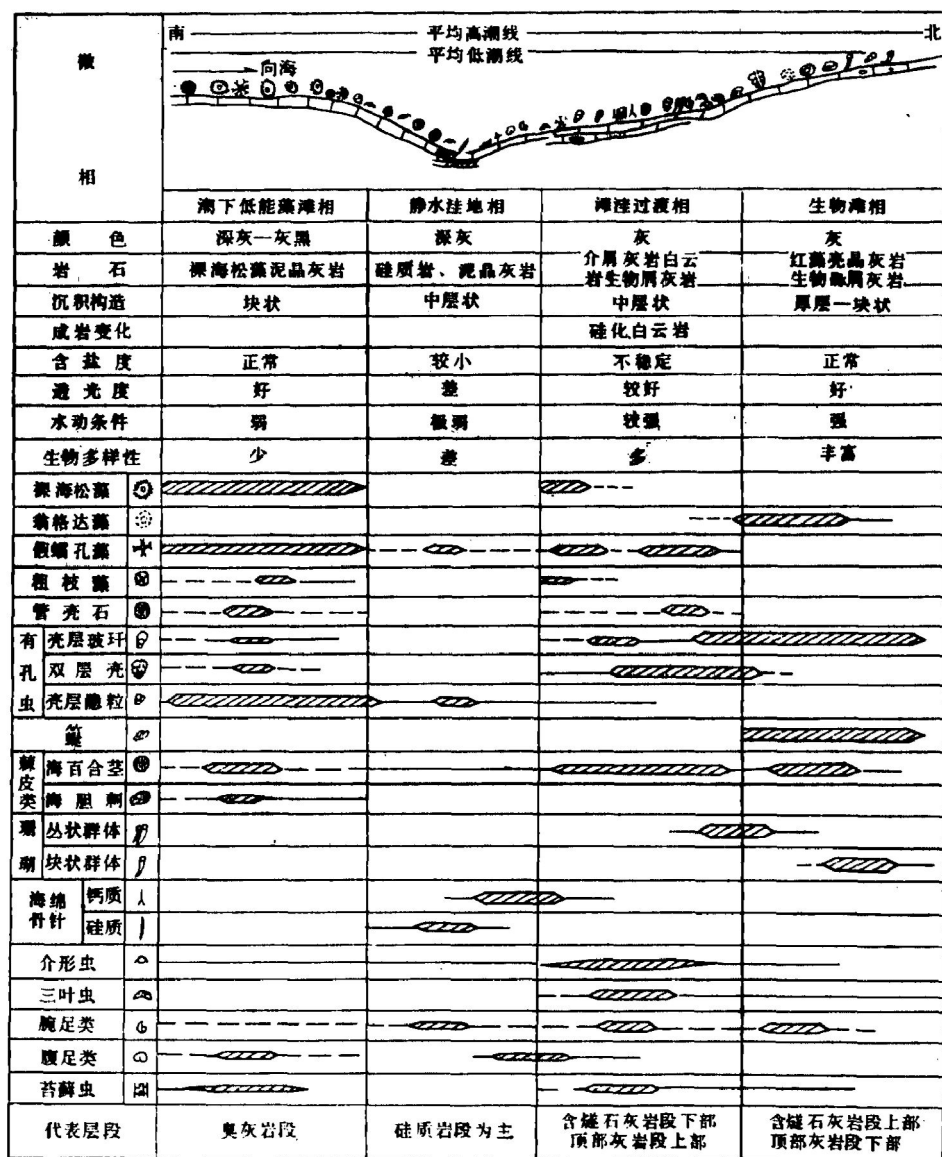


图3 浙江长兴栖霞组沉积模式图

五 含 油 性

煤山盆地栖霞组为以生物碎屑灰岩为主夹硅质岩的浅海相沉积，厚度较大，沉积稳定，生物丰富，富含有机质。后生的骨内溶孔、晶间溶孔及裂隙均较发育，并见有油气显示。既具有对油气生成有利的低能藻滩相，又具有对油气储集较有利的较高能量生物滩相，这给油气生成、储集提供了丰富的物质基础和有利的相带。

1. 生油条件 如表3，煤山盆地栖霞组的有机炭平均含量为0.3797%，超过一般碳酸盐岩生油层的有机炭含量（>0.2%）。据还原系数和还原硫测定，其沉积应属还原—强还原环境。灰岩普遍具有沥青味，并多处发现油苗，特别是沥青转化系数高达0.105，说明本区转化条件也是良好的。

表3 浙江长兴煤山盆地栖霞组生油地球化学指标

环 境 指 标		数 量 及 转 化 指 标		
还 原 系 数 (K)	还 原 硫 (S%)	有 机 炭 (C%)	氯 仿 沥 青 (A%)	转 化 系 数 (A/C)
0.6110 (76)	0.1338 (76)	0.3797 (76)	0.04 (9)	0.105 (9)

注：括号内为分析样品的数量。 资料来源：浙江省石油地质大队

对栖霞组的岩石，生物和微相研究，以及地球化学指标分析，表明臭灰岩段裸海松藻泥晶灰岩形成的低能藻滩，具有更好的生油条件。臭灰岩段中不但藻类丰富，有机炭含量较其它层段要高，具浓郁的硫化氢味和油味，并具有为有机质保存、转化所必需的潮下低能环境，而且在这一层段中普遍见有油气显示。

2. 储集条件 栖霞组各段的孔隙度为0.25—0.44%，渗透率一般<0.05毫达西，说明栖霞组是属低孔隙、低渗透地层。这种储层条件，反映在油苗的产状上，主要表现为构造裂隙及方解石晶洞含油。就栖霞组整体来说，不是好的储层，但从多方面资料分析，还是存在一些有利的储集层和因素，值得今后工作中注意。

①煤山—独山一带，在含燧石灰岩段上部有一套富含翁格达藻亮晶灰岩和珊瑚骨架砾屑灰岩，其有机炭含量和环境指标均较其它层段低，具有次生白云岩和含灰岩砾屑及亮晶胶结物。为较高能量水动条件下的生物滩沉积，可视为较有利的储层。

②煤山—独山一带，部分栖霞组灰岩重结晶为细晶灰岩，其孔隙度、渗透率虽较差（孔隙度小于1%，渗透率小于1毫达西），但其中生物碎屑结晶灰岩储集条件尚好，值得注意。

③溶洞和裂缝：

溶蚀孔洞 在成岩晚期由于局部介质发生变化，或有机质分解而发生溶蚀形成溶孔。

1) 生物骨内溶孔 主要表现在腕足类的壳层片状结构及海百合茎板内，由于水溶液的渗透发生溶解而形成的次生溶蚀孔洞。



图4 腕足类壳层片状结构中的次生溶孔

a 溶孔 b 壳层片状结构

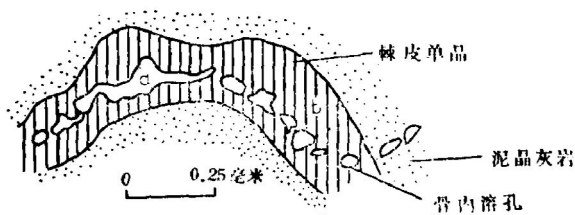


图5 海百合茎板中的次生溶孔

a 溶孔 b 棘皮单晶

2) 生物腔内溶孔 在生物体腔内充填的亮晶方解石, 被水溶液溶蚀而形成的次生溶孔。

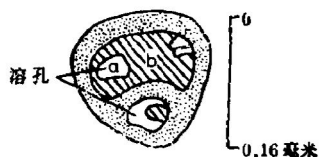


图6 巴东虫的腔内溶孔

a 溶孔 b 亮晶方解石

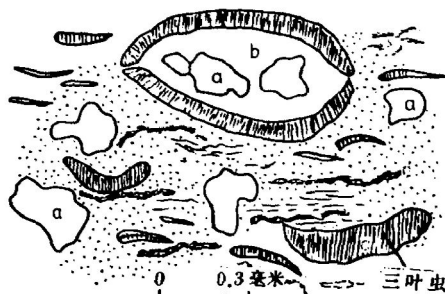


图7 一个介形虫的腔内溶孔

a 溶孔 b 亮晶方解石

3) 选择性溶孔 在含生物屑的泥—微晶灰岩中, 由于某些生物分解而形成溶孔, 或局部介质变化而形成的溶孔。

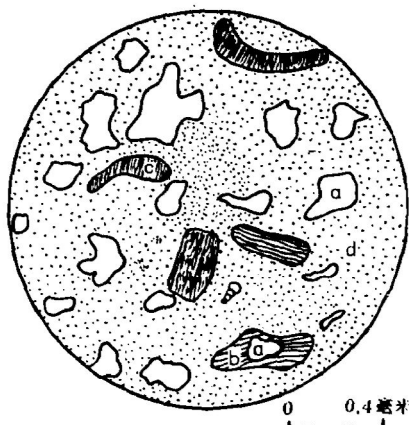


图8 介屑微晶灰岩中的溶蚀孔洞

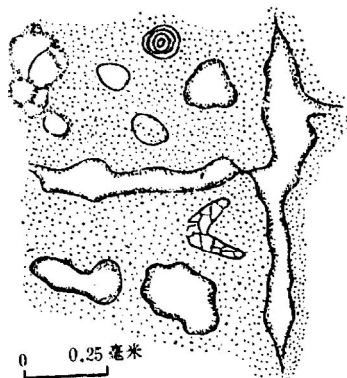
a 溶孔 b 腕足类碎片 c 介屑
d 微晶方解石和白云岩、硅质

图9 硅质岩中的溶蚀孔洞

裂缝

1) 压溶缝合线形成的裂缝 在成岩晚期, 由于岩石受到上部的压力, 在受压的地方产生溶解, 形成裂缝, 有的为铁质充填, 有的与空洞相连。

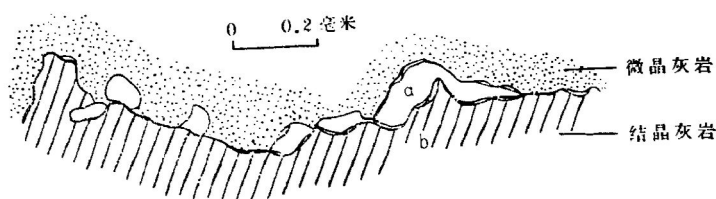


图10 两种结构不同的灰岩间产生的压溶缝合线

a 溶孔 b 缝合线

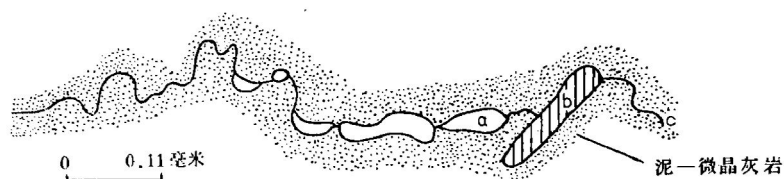


图11 同一结构的灰岩中产生的压溶缝合线

a 溶孔, 沿缝合线呈拉长状分布 b 石英, 物质重新分配形成

2) 硅质岩劈理发育形成的次生裂缝、溶孔。

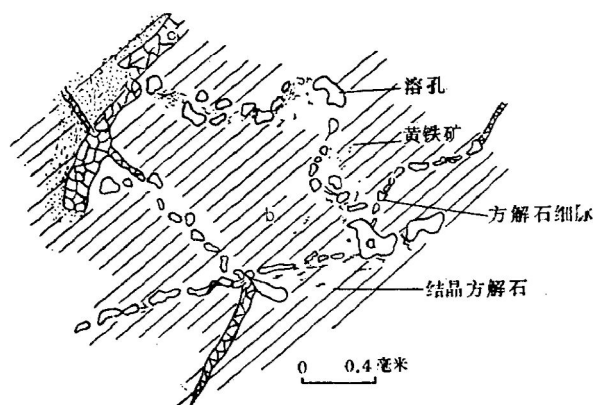


图12 硅质岩中的裂缝溶孔

a 溶孔 b 硅质岩

这些孔、洞、缝的发育, 应视为有利因素, 但从目前煤山一带已知的资料表明, 孔、洞、缝之间的连通性较差, 孔、洞多孤立地分布; 缝合线则多为铁泥质充填。目前所发现的油苗多是产在方解石脉及其晶洞和构造裂隙中, 尚未发现经过裂缝“通道”运移后聚集的迹象。虽然如此, 对这些孔、洞、缝的研究, 在今后该区的找油工作中仍需引起重视。

3. 油气显示 油气显示十分普遍。常在地面采石场或钻孔中见到油苗, 如葡萄山、煤山水泥厂、蒋家村等地, 均发现过油苗。蒋家村采石场曾在方解石晶洞中采获原油数百毫升; 煤3、煤7井内见到不同程度的油气显示, 特别是煤7井, 在施工过程中, 有10余个井段见到了不同程度的油气显示。见油气显示井段总厚达36.3米, 占该井栖霞组井段总厚的20%。原油多沿裂隙及方解石晶洞产出, 在钻进过程中也曾在泥浆槽内见到油花。

结 语

综合上述研究, 获得如下一些新认识:

1. 煤山栖霞组与南京栖霞组层型剖面对比, 上、下硅质岩段显著增厚(南京3—5米, 煤山24米多); 同时硅质岩中含有腕足类、苔藓虫、介形类、棘皮类、有孔虫、海绵骨针及藻类等多种门类的生物化石(已硅化)。

2. 煤山栖霞组沉积时, 为一浅海潮下稍受限制的低能还原环境。生物丰富, 藻类植物特别繁盛, 对油气的生成非常有利, 尤以裸海松藻形成的低能藻滩相(臭灰岩段)更佳。但储层条件较差, 仅在局部层段存在较有利的储集相带, 如含燧石灰岩段上部的生物滩相, 发育有红藻亮晶灰岩、生物砾屑灰岩、白云岩化白云岩和次生的溶蚀孔洞。

(收稿日期 1980年10月21日)

参 考 文 献

- [1] 业治铮、何起祥、孙国璋, 1965, 震旦纪藻碳酸盐岩石的沉积作用。地质学报, 第4期。
- [2] 杨万容、唐天福等, 1978, 我国西南地区震旦系灯影组碳酸盐岩石学特征及其储集性。地球化学, 第4期。
- [3] 范嘉松等, 1974, 四川南部三叠系嘉陵江组碳酸盐岩孔隙类型及其成因的初步研究。地质科学, 第4期。
- [4] 戴永定、李菊英等, 1976, 四川盆地南部二叠系茅口组碳酸盐岩石学与储集性。地质科学, 第3期。
- [5] 戴永定、蒋协光等, 1977, 生物化石钙质结构的分类与演化。地质科学, 第3期。
- [6] Bathurst, G. C., 1971, Carbonates and their diagenesis, Development in sedimentology, 12, Elsevier, Amsterdam.
- [7] Horowitz, A. S., and Potter, P. R., 1971, Introductory petrography of fossils, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- [8] Johnson, L. H., 1963, Pennsylvanian and Permian Algae, Quarterly of the Colorado School of Mines, Vol. 58, No. 3.
- [9] Millimen, J. D., 1973, Marine carbonates. (Recent sedimentary carbonates. Part 1). Springer-verlag, Berlin-Heidelberg-New York.
- [10] Kobayashi, T. and Toriyama, R., 1969, Geology and palaeontology of southeast Asia, University of Tokyo Press.
- [11] Wilson, J. L., 1975, Carbonate facies in geologic history. Springer-Verlag, Heidelberg-New York.

ON THE BIOLITHITE AND ITS OIL POTENTIAL FROM QIXIA FORMATION IN CHANGXING, ZHEJIANG

Yang Wanrong Jiang Nayan

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica)

Qu Yonglong Feng Zhiyao

(Zhejiang Brigade of Petroleum Geology)

Abstract

The Qixia Formation, outcropping on the flanks of the Meishan syncline in Changxing, Zhejiang Province, has a total thickness of 236.94 meters. It

Consists mainly of bioclastic limestone intercalated with two beds of siliceous rocks which were formed by chemical precipitation. This Formation may be divided into five lithologic members from top to bottom: the Top Limestone Member (18.11m); the Upper Siliceous Rock Member (24.48m); the Chert-bearing Limestone Member (114.11m); the Lower Siliceous Rock Member (24.04m) and the Stink Limestone Member (56.20m).

The limestone contains abundant fossils of many species, but is lack of carbonate grains, terrigenous debris and sparry calcite cement. No rocks and sedimentary structures of supra-intertidal or evaporite facies are found. These features show a slightly restricted, subtidal, reducing and shallow-sea environment with low energy.

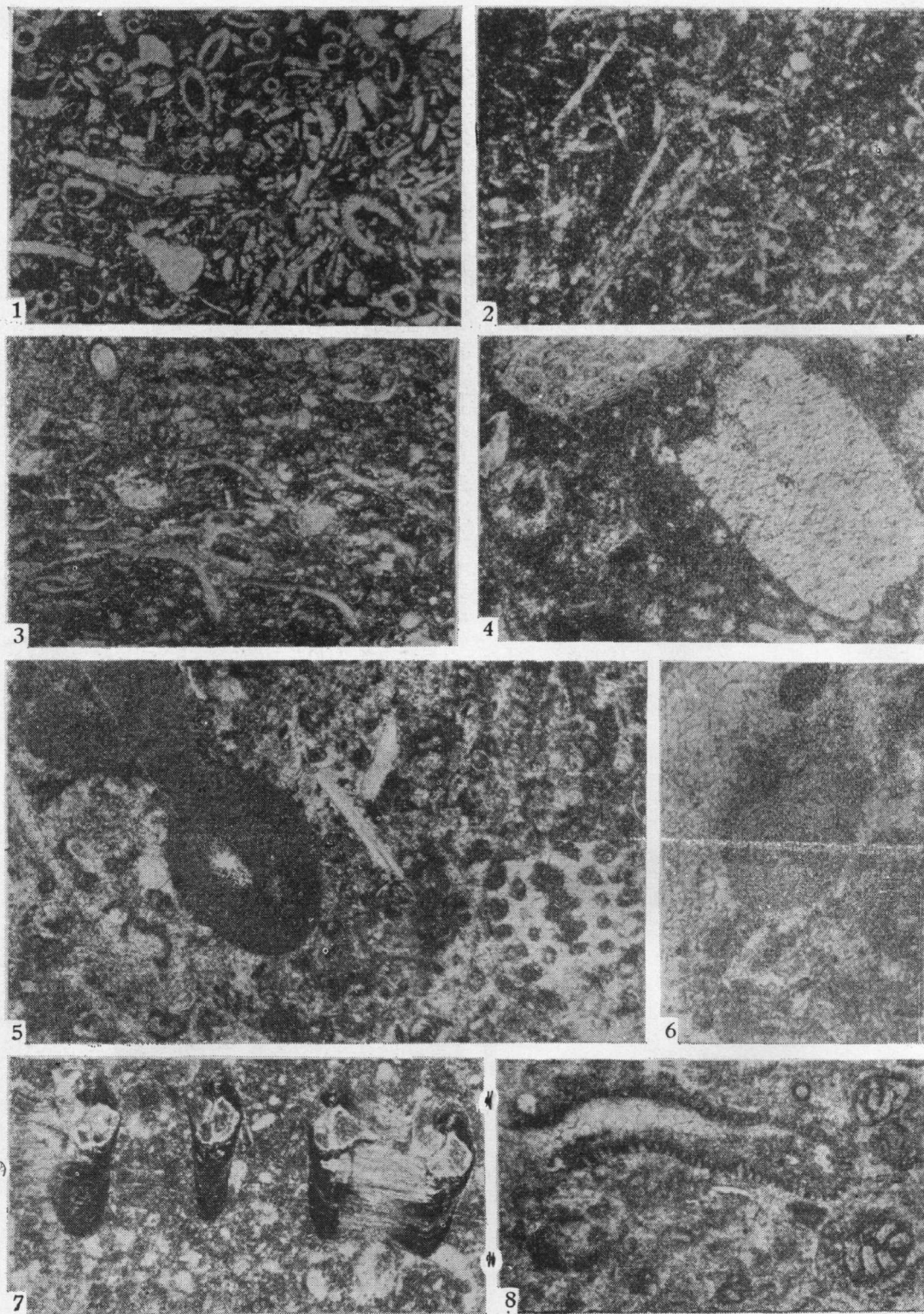
The biolithite contains plenty of organic matter with more than 3 percent of organic carbon. This limestone, especially that of the Stink Limestone Member, is a good oil-source rock. Generally, the oil-storing conditions of the biolithite are poor, but the suite of sparite and granular biolithite in the upper part of the Chert-bearing Limestone Member in Meishan-Dushan area can be considered as a favourable reservoir. According to the infrared spectrum, the oil and gas are in high degree of thermal evolution and oxidization.

《地球物理学报》(双月刊) 征订启事

《地球物理学报》是中国地球物理学会主办的有关地球物理科学的综合性学术刊物。读者对象主要是从事地震及地球内部物理学和地球化学、地磁及空间物理、重力及大地测量学、大地构造物理学、地球动力学、勘探地球物理、海洋及大气物理、以及与地球物理有关的其它学科的国内外科学技术工作者和大专院校师生。在国内外公开发行。

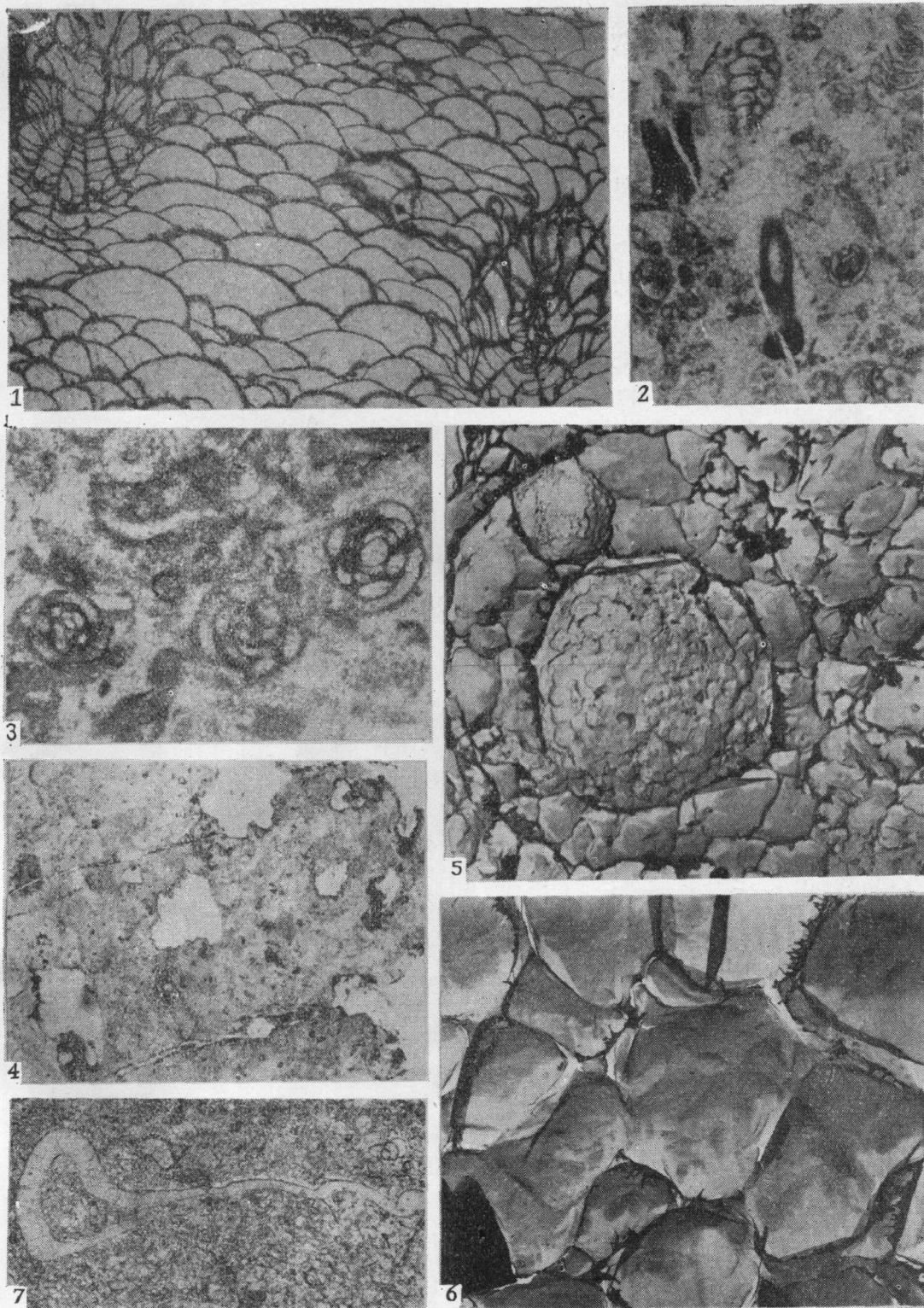
为了适应地球物理科学发展的形势,满足国内外广大读者的需要,本刊自1982年起将季刊改为双月刊。逢单月17日出版。每期国内定价:普通本为0.75元,刊号2~571。国内读者请向各地邮局订阅,国外读者请向中国国际书店(北京市2820信箱)订阅。如有临时需要的可直接与北京市928信箱本刊编辑部联系。

《地球物理学报》编辑部



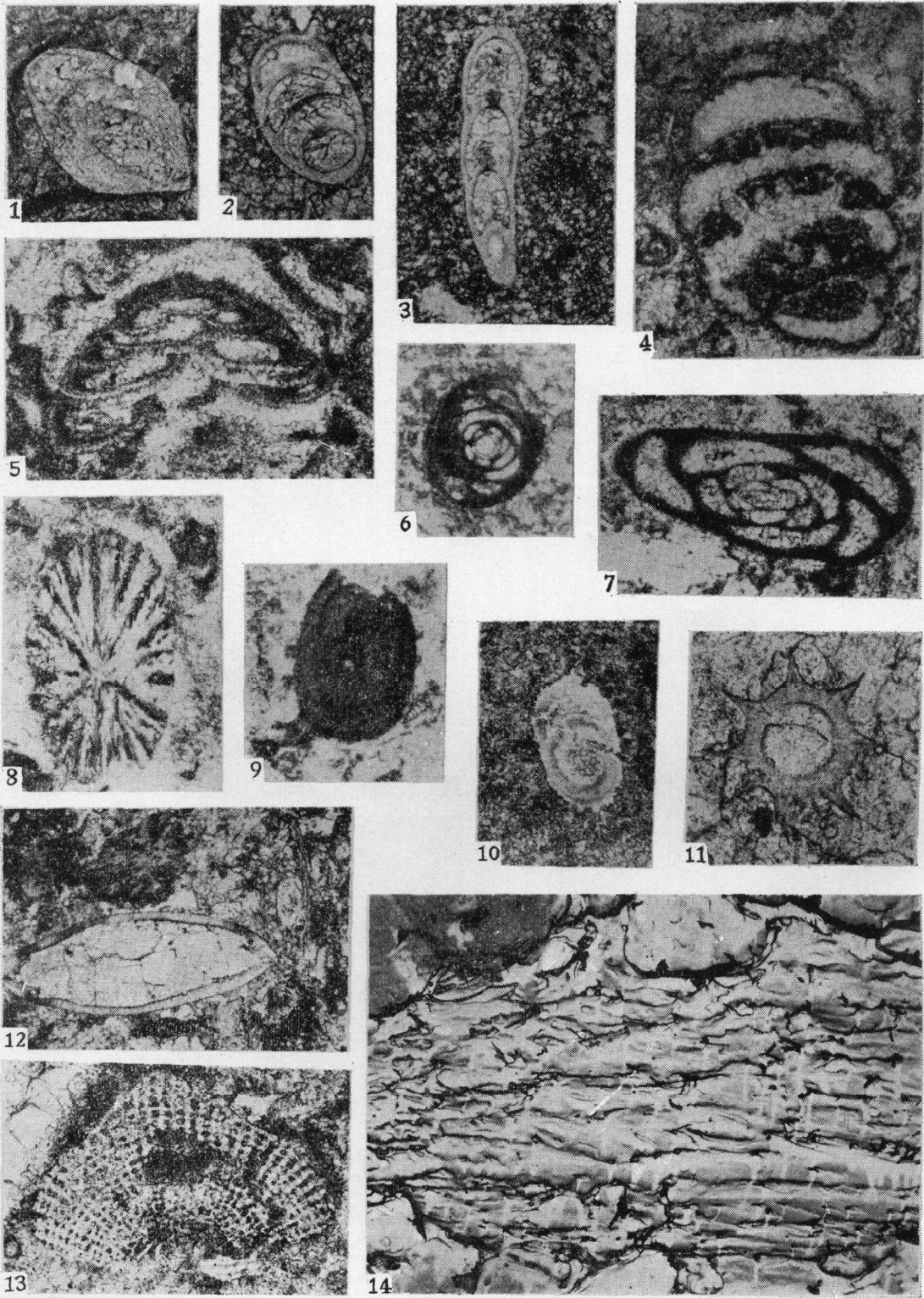
说明

1. 裸海松藻泥晶灰岩, 自然光 $\times 15$, Z670-2-F₅, 长兴葡萄山, 臭灰岩段。
2. 海绵骨针泥晶灰岩, 单偏光 $\times 50$, Z671-14-P₂, 长兴龙舌界, 顶部灰岩段。
3. 介屑泥晶灰岩, 单偏光 $\times 30$, Z671-4-P₇, 长兴龙舌界, 含燧石灰岩段下部。
4. 棘屑泥晶灰岩, 单偏光 $\times 30$, Z671-14-P₂, 长兴龙舌界, 顶部灰岩段。
5. 藻屑微晶灰岩, 主要由伞藻类、管壳石的骨屑组成, 微晶基质, 单偏光 $\times 30$, Z671-9-P₂, 长兴龙舌界, 含燧石灰岩段上部。
6. 含红藻亮晶灰岩, 单偏光 $\times 30$, Z671-9-P₁, 长兴龙舌界, 含燧石灰岩段上部。
7. 窗格苔藓虫, 横切面, 体壁平行片状结构。围岩基质泥晶。单偏光 $\times 30$, Z671-14-P₁, 长兴龙舌界, 顶部灰岩段。
8. 假蠕孔藻, 围岩基质微晶。单偏光 $\times 30$, Z671-8-P₄, 长兴龙舌界, 含燧石灰岩段上部。



说 明

1. 朱森珊瑚，斜横切面，两个珊瑚个体的外壁消失，而以泡沫板相连成块状群体。自然光 $\times 8$ ，Z671-14-古2-2，长兴龙舌界，顶部灰岩段。
2. 生物屑微晶灰岩，由有孔虫、假蠕孔藻、管壳石等组成。基质微晶。单偏光 $\times 20$ ，Z670-2-P₆，长兴葡萄山，臭灰岩段。
3. 有孔虫泥—微晶灰岩，图片中为三个球旋虫，壳层具隐粒结构。基质泥—微晶。单偏光 $\times 50$ ，Z670-2-P₆，长兴葡萄山，臭灰岩段。
4. 硅质岩中的溶蚀孔洞，单偏光 $\times 20$ ，Z670-5-P₁，长兴葡萄山，下硅质岩段。
5. 色球藻，圆形，由无数的圆形细胞群集。围岩基质微晶—泥晶，透射电镜 $\times 2600$ ，Z670-2-P₅，长兴葡萄山，臭灰岩段。
6. 微晶灰岩，电镜放大2600倍时，显示出粒状结构。透射电镜 $\times 2600$ ，Z671-5-P₁，长兴龙舌界，含燧石灰岩段下部。
7. 三叶虫碎片，玻纤结构，基质微晶，单偏光 $\times 15$ ，Z671-10-P₅，长兴龙舌界，含燧石灰岩段上部。



图版Ⅱ 说明

1. 厚壁虫，斜切面，壳层玻纤结构，围岩基质微晶。单偏×50，Z671-9-P₁，长兴龙舌界，含燧石灰岩段上部。
2. 巴东虫，纵切面，壳层玻纤结构，围岩基质微晶。单偏×50，Z671-7-P₂，长兴龙舌界，含燧石灰岩段中部。
3. 节房虫，纵切面，壳层玻纤结构，围岩基质微晶。单偏×30，Z671-7-P₂，长兴龙舌界，含燧石灰岩段中部。
4. 筛串虫，双层壳结构，外层隐粒，内层纤状，围岩泥晶方解石，单偏×30，Z671-8-P₄，长兴龙舌界，含燧石灰岩段中部。
5. 四排虫，双层壳结构，外层隐粒，内层纤状，围岩泥晶方解石，单偏×50，Z671-9-P₃，长兴龙舌界，含燧石灰岩段上部。
6. 球旋虫，中切面，壳层隐粒结构，基质微晶。单偏×30，Z671-4-P₄，长兴龙舌界，含燧石灰岩段下部。
7. 半线虫，壳层隐粒，围岩泥晶。单偏×50，Z670-2-P₆，长兴葡萄山，奥灰岩段。
8. 窗格苔藓虫根瘤的斜横切面，平行片状结构。围岩泥晶。单偏×30，Z671-4-P₁，长兴龙舌界，含燧石灰岩段下部。
9. 管壳虫，单偏光×30，Z670-2-P₆，长兴葡萄山，奥灰岩段。
10. 硅化巴东虫，壳层被硅质交代，保留纤状结构，围岩微晶。单偏×30，Z671-10-P₃，长兴龙舌界，含燧石灰岩段上部。
11. 藻钙球，双层壳壁，隐粒结构，壳面具尖锥状刺。体腔为亮晶方解石充填。单偏×100，Z671-7-P₄，长兴龙舌界，含燧石灰岩段中部。
12. 介形虫，壳层玻纤结构，体腔为亮晶方解石充填。单偏×30，Z671-10-P₃，长兴龙舌界，含燧石灰岩段上部。
13. 海百合茎碎片，单晶结构，围岩泥晶。单偏×60，Z670-2-P₁₀，长兴葡萄山，奥灰岩段。
14. 腕足类壳层，平行片状结构。透射电镜×2600，Z671-10-P₆，长兴龙舌界，含燧石灰岩段上部。