

浙江长广煤田树皮残植煤的 成因及其沉积环境

韩德馨 任德贻 郭敏泰

(中国矿业学院北京研究生部) (山西矿业学院)

我国南方晚二叠世煤层含有大量木栓质体, 长期以来为地质学者所关注。其中以浙江长广煤田最有特色。长广煤田的C煤层不仅富含木栓质体, 而且夹有丰富海相动物碎屑灰岩和介壳灰岩的透镜体。因此, 研究该煤田树皮煤煤层的成因和沉积环境, 探讨这一特殊煤种的成煤植物以及木栓质体的富集原因与沉积环境的关系, 这对了解我国煤层的聚积环境、特殊煤种的形成, 是有重要意义的。

三十年代谢家荣曾首次探讨江西乐平煤的成因。解放后, 阎俊峰等对江西乐平, 任德贻、朱绍隆、朱德寿、骆善胜等相继从不同角度对江西、浙江等地树皮煤及其成因进行了研究。尤其对于长广煤田C煤层中发现的海相动物化石与煤层形成的关系进行了探讨。

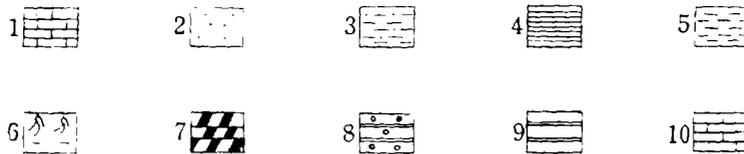
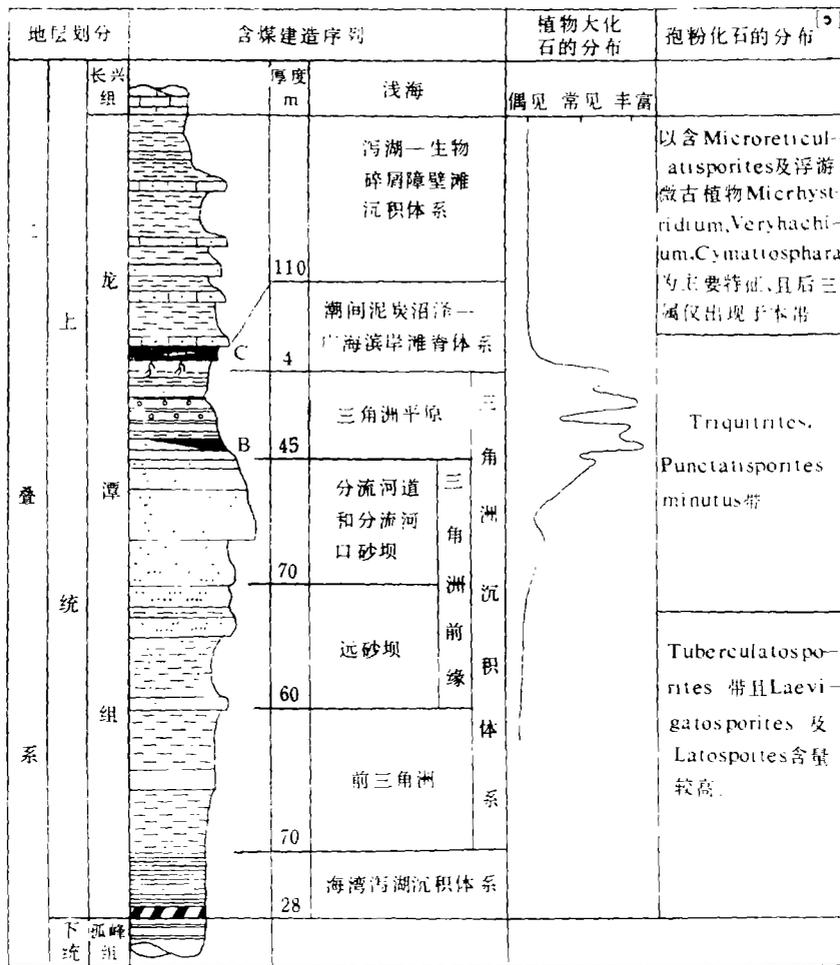
1980和1981年, 作者在长广煤田南部的牛头山、独山等八个矿井中对晚二叠世含煤建造和C煤层进行了较详细的调查。根据C煤层和夹矸及其顶底板这一完整的沉积体系的空间变化, 试图从沉积学、煤岩学、古生态学等方面的综合分析, 阐述C煤层的沉积环境; 根据海相化石生态特点及煤化植物器官的显微观察, 说明C煤层成煤植物的特性及煤层沉积特色, 分析本区树皮残植煤的成因和沉积环境, 提出了初步看法。

一、含煤建造的沉积特征

长广煤田晚二叠世含煤建造即一般所称的龙潭煤系, 代表海陆交互的含煤沉积, 在本区出露完整, 厚约400余米。上覆地层为沥青质灰岩“长兴组”, 下伏地层为黑色硅质页岩夹灰岩透镜体。龙潭组系由砂质页岩、粉砂岩、泥岩、灰岩、砂质泥岩、煤层等组成, 同向斜层理、波状层理、水平层理、交错波状层理的发育, 旋回结构清晰, 表现为海退到海侵的沉积旋回, 从沉积相序来看, 晚二叠世龙潭组由四个沉积体系组成(图1)。

1. 底部为闭塞海湾泻湖环境的黑色泥岩和炭质泥岩, 水平层理、递变层理发育, 含较多分散的黄铁矿细晶, 产小个体海相腕足类和瓣鳃类等化石。

2. 三角洲沉积体系: 垂向上旋回不明显, 可能是一个单瓣三角洲。前三角洲沉积为深灰色、灰绿色粉砂质泥岩, 发育水平层理。三角洲前缘沉积为深灰色含泥质粉砂岩和浅灰色粗-中粒长石石英砂岩, 后者含少量自生海绿石, 发育极好的大中型楔形交错层理。分流河道沉积中常有冲刷面和深灰色泥砾, 其粒度概率累积曲线为含有一个跳跃总体的三段型, 分流河口沉积的粒度概率累积曲线为含有两个不同跳跃次总体的四段型。三角



1. 中细砂级生物碎屑灰岩 2. 砂岩 3. 粉砂质泥岩 4. 泥岩 5. 深灰色粘土岩 6. 灰白色含根化石泥岩 7. 炭质泥岩 8. 紫红色含钙泥岩 9. 硅质泥岩 10. 粉屑灰岩

图1 研究区含煤建造的沉积特征

Fig.1 Coal measures in Changguang coalfield

洲平原的亚环境有：天然堤（沉积物具波状层面和中小型斜波状层理等），流水沼泽、浅水湖泊、泥炭沼泽（形成不稳定薄层亮煤，称为B煤层，显微煤岩类型属于微镜惰煤，未见木栓质体），各亚环境沉积的复合关系比较复杂，整个三角洲平原沉积以流水沼泽的浅灰色细粉砂岩为主，富产大羽羊齿植物群化石。三角洲沉积体系缺少海洋水体作用的迹象，表现出特征的高建设性。

3. 潮坪泥炭沼泽—广海滨岸生物碎屑滩脊沉积体系：与三角洲平原沉积逐渐过渡。

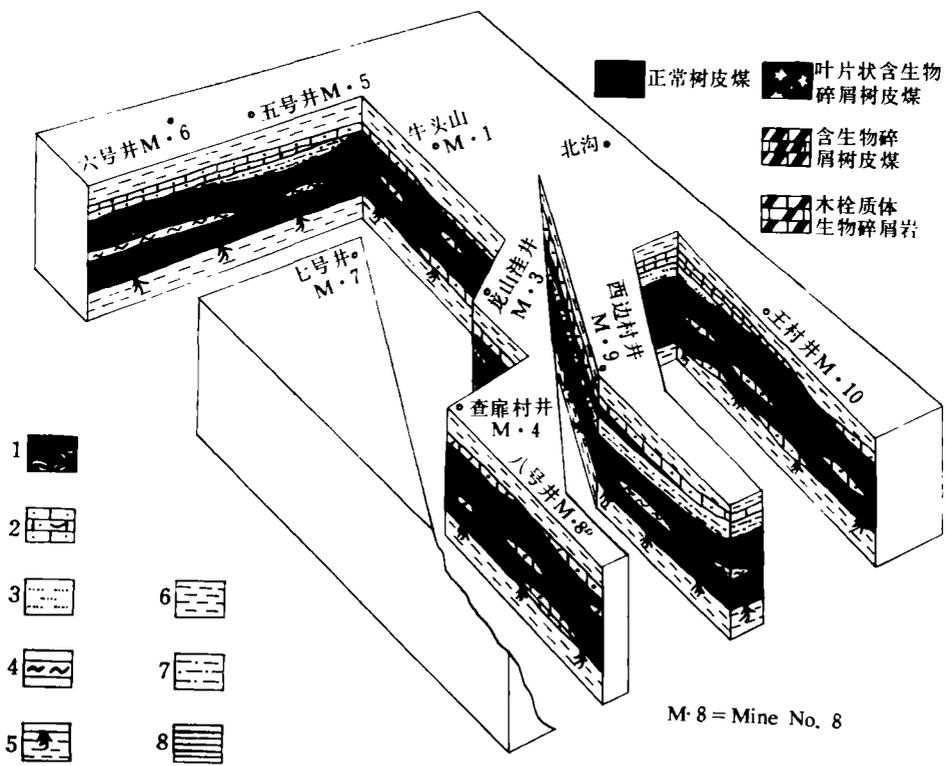
包括C煤层底板灰白色淡水沼泽泥质沉积，夹有潮道生物碎屑沉积的稳定的树皮残植煤——C煤层，以及C煤层顶板中-细粒级纯生物碎屑滩脊沉积。

4.泻湖-生物碎屑障壁滩沉积体系：为泻湖与其障壁滩沉积构成的完整层序在纵向上的交替组合，这种交替现象反映了海水多次进退。每一层障壁滩沉积物均为中-细砂级生物碎屑灰岩，厚度0.5—1米，泻湖沉积为深灰色粘土岩和粉砂质泥岩，具水平层理，含小个体薄壳动物化石，夹断续层状分布的巨大菱铁矿结核。

上述沉积体系的垂向关系表明，本区在含煤建造形成过程中一直位于缓慢沉降的滨海地区，三角洲的快速进积和过补偿作用曾引起海岸线的后退。三角洲发育末期，由于河流活动的衰退和陆源碎屑供应的减少，引起平缓的三角洲平原普遍沼泽化，从而为C煤层的形成提供了古地理条件。

二、煤层形成环境的分析

龙潭组含煤建造共含A、B、C、D四个煤组，其中C煤层系龙潭组主要可采煤层，煤层稳定，结构较简单，位于含煤建造中上部。C煤层（包括夹矸）与其顶底板所构成的沉积体系的空间变化具有一定的规律性（图2）。



1.介壳岩 2.中-细砂级生物碎屑灰岩 3.砂岩 4.褐色粘土岩 5.灰白色含根化石泥岩 6.灰黑色粘土岩 7.粉砂质泥岩 8.细纹层状粉砂级生物碎屑灰岩或木栓质体生物碎屑灰岩。

图2 C煤层沉积体系空间变化示意图

Fig.2 Schematic block diagram of C seam depositional system in Changguang Coalfield, based on observation records of underground coal exposures

C煤层底板厚1.5—4米,为灰白色泥岩-粉砂质泥岩,粉砂级石英含量 $<40\%$,杂基含量 $>60\%$,块状无层理,含大量木本植物根印模化石,未见叶茎化石,全区岩性稳定,与煤层明显接触。这种颜色很浅、有机质含量极少、不显沉积构造的极细陆源沉积反映较清静的淡水沼泽环境。

C煤层以树皮煤为主体,在局部地段夹有海相动物骨屑沉积,煤层厚度全区稳定,大多厚1.3—2.3米,煤中含有大量木栓质体(图版 I, 10, 11)。在六号井田、五号井田和西边村井田,仅在煤层中上部有一层似层状或透镜状褐色粘土岩夹矸,厚0.2—0.4米,与煤分层明显接触,主要由伊利石组成,混有少量高岭石。在牛头山一号井田、龙山洼井田、查扉村井田和王村井田C煤层剖面上(见图 3, 4, 5, 6, 7),除薄层粘土

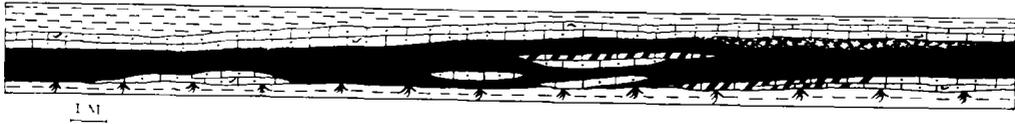


图3 王村矿—120水平南大巷煤层剖面素描(图例同图2)

Fig. 3 Sketch of coal seam from south lateral road side wall of mine No.10

岩夹矸外,有一到三层砂粒级生物碎屑灰岩透镜体和少量生物介壳灰岩透镜体。透镜体一般厚0.1—0.8米,长20—50米。在横向上,透镜体的间距多为数百米,甚至千米以上。无论横向上还是纵向上,透镜体之间多为不含生物碎屑的树皮煤(图版 I, 10)与其明显接触,也有些透镜体则与树皮煤逐渐过渡(图版 I, 2)。

海相动物化石夹矸的主要岩石特征:1.生物介壳灰岩(图版 I, 2):灰黑色,介壳含量70%左右,其中腕足类与瓣鳃类壳瓣占90%,均为单壳单瓣,壳体直径1.5—3厘米,大小相近,并有少量菊石壳片;壳体边缘破损严重,壳面光滑或纹饰微弱,仅个别壳瓣具有壳刺。壳瓣大多水平排列,紧密叠置,凸面向上或向下,少部分直立或倾斜。壳体间充填砂粒级生物碎屑或以木栓质体为主的煤岩组分,而无亮晶或泥晶等组分。2.生物碎屑灰岩:灰色,生物碎屑含量90%左右(图版 I, 1, 3)粒径0.1—0.4毫米,平均0.25毫米,分选中等或差,颗粒支撑;泥晶、亮晶含量 $<5\%$;常含 $<5\%$ 分散的粉砂级石英,夹有可鉴定种属的单壳单瓣化石。生物碎屑灰岩的岩石组成比较稳定,有时混有散布的木栓质体,而成为含木栓质体生物碎屑灰岩。

从碎屑的原生方解石显微结构和收集(非随机取样)的较完整化石的形态两方面,对生物碎屑灰岩、介壳灰岩以及生物碎屑树皮煤中海相动物化石组合的门类成分及相对丰度进行统计分析,结果表明(见表1、2):动物群物种多样性高,而且个体数量大,绝大部分门类属于窄盐度的表生固着底栖滤食性生态类型,生态环境为正常盐度开阔温暖的浅海。化石组合中均为成年个体而未发现幼体,也未发现完整的双壳连结的腕足类与瓣鳃类个体和萼、腕、柄未脱节的海百合个体,壳瓣和基板受强烈的磨损,一部分仅有几十微米的有孔虫壳体也同样受磨蚀破碎(图版 I, 12),介壳的紧密叠置显示搬运分选和混合堆积特征。因此,从化石组合特色表明是一个经过搬运的异地埋藏群落,并不代表原地埋藏的生活群落。

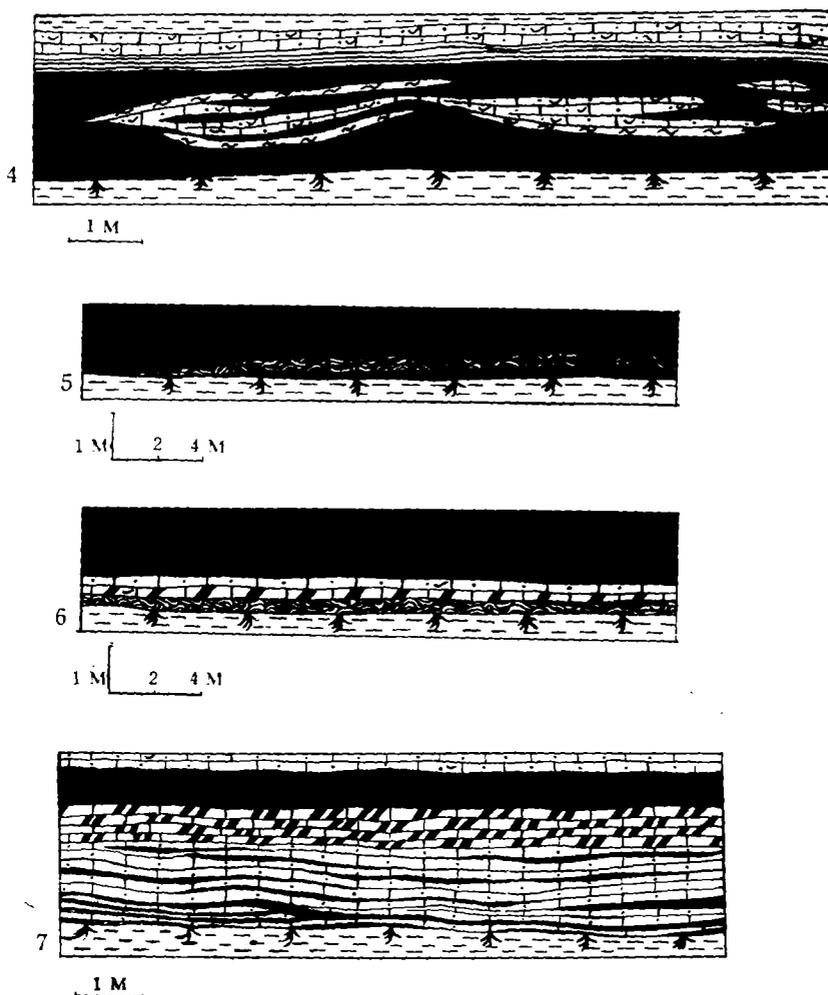


图 4 牛头山一号井2107工作面迎头煤层剖面素描 (图例同图 2)

Fig. 4 Sketch of 2107 coal face of mine No. 1

图 5 八号井—160水平(南区)中间巷侧邦素描(图例同图 2)

Fig. 5 Sketch of coal seam from branch road side wall of Mine No. 8 (shell limestone lens are shown)

图 6 八号井南区—120水平煤巷素描(图例同图 2)

Fig. 6 Sketch of coal seam from coal road side wall of Mine No. 8

图 7 牛头山一号井—300水平2307回风巷素描(图例同图 2)

Fig. 7 Sketch of coal seam from wind road of 2307 face of Mine No. 1

综上所述, 可以发现C煤层的主要特征是: 1. 主要由树皮煤组成, 表明其形成环境是较大面积堆积高等植物遗体的泥炭沼泽。2. 煤层中的异地化石由浅海搬运而来, 形成C煤层的泥炭沼泽靠近海洋, 并且受到潮汐活动的影响。3. 生物碎屑夹矸的形态、规模及数量反映出泥炭沼泽发展过程中海水侵漫的影响, 生物碎屑经搬运沉积于沼泽中的低洼地带。根据介壳和介屑粒度, 从尤斯特隆图解求得的潮汐流速(起动流速)为0.35—1米/秒。煤层不同层位的生物碎屑夹矸的出现, 揭示了海水通道的经常变化与位置变更。4. 从生物碎屑夹矸与树皮煤的接触关系来看, 海水的流动使泥炭物质搬运并导致生

表1 由生物碎屑显微结构鉴定的门类及其频度

Table 1 Phyla of fossil fragments in the lenses of skeletal limestone and their frequencies

主要门类	骨 骸	平均出现频度		出现频度范围		生态特征
		夹研(le)%	顶板(ro)%	夹研(le)%	顶板(ro)%	
腕足类 (Br)	刺(sp), 有疹壳(en), 无疹壳(im), 假疹壳(ps)	35	33	5—60	10—60	底栖固着、滤食性、狭盐度
瓣鳃类 (Pe)	瓣(va)	15	20	5—30	5—40	移动底栖
海百合 (Cr)	茎板(co)	41	34	11—60	5—60	同腕足类似
海 胆 (Ec)	骨板(pl) 刺 (sp)	13	10	5—30	5—30	狭盐度
有孔虫* (Fo)	完整的和破碎的	12	15	5—30	5—50	
笔 管 (Fu)	完整的和破碎的	6	7	<10	<10	
偶见门类	单体珊瑚、苔藓虫、介形虫、三叶虫、海绵、藻					

*有孔虫有圆盘虫、厚壁虫、球旋虫、扁豆虫等属

Br-Brachiopoda	Fu-Fusulinida	va-valve
Pe-Pelecypoda	Sp-spine	co-columnal
Cr-Crinoidea	Ps-pseudopunctate	pl-plate
Ec-Echinoidea	en-endopunctate	le-lenses
Fo-Foraminifera	im-imopunctate	ro-roof

物碎屑与煤岩组分的混杂(图版Ⅰ, 12), 但对煤层沉积并没有造成明显的冲蚀现象。这也说明泥炭沼泽位于潮坪的上部, 并受到某种障壁的保护。

C煤层之上普遍存在一层浅灰色砂粒级生物碎屑灰岩, 厚度约0.3—1.5米, 在多数井田(如牛头山、查扉村、王村井田)直接与煤层明显接触, 接触处呈现薄层生物碎屑灰岩, 含木栓质体, 具缓波状、透镜状或纹层状层理。在西边村井田, 则见与煤层之间隔有一层厚3米的深灰色含植物碎片化石的粉砂质泥岩。在五号井田, 可以见到与煤层之间隔有一层厚1.5米的灰色含细小镜煤透镜体的石英细粉砂岩, 这些细粒陆源沉积中未发现海相动物化石。顶板生物碎屑灰岩的岩性与夹研生物碎屑灰岩类似(图版Ⅰ, 6, 7)但可见极少的(<1%)砾屑和砂屑组分, 其生物特征与夹研基本一致(表1、2),

表 2 由形态鉴定的大化石门类

Table 2, Phyla of some fossils in the lenses of C seam and roof

门	类	属	种	数	量
腕足类	(Br)	13属	19种		
瓣鳃类	(Pe)	15属	27种		
头足类	(Ce)		5种		
腹足类	(Ga)		3种		
珊瑚	(An)		1种		
苔藓虫	(Br)		1种		

Ce-Cephalopoda

An-Anthozoa

Ga-Gastropoda

Br-Bryozoa

表明不是原地埋藏的生活群落。这种稳定层状、具有纯净砂粒级颗粒支撑结构、缺乏泥晶基质的生物碎屑灰岩，标志高能量浅海-滨海环境，而生物的生态特征反映其生态环境为正常盐度的广阔浅海。

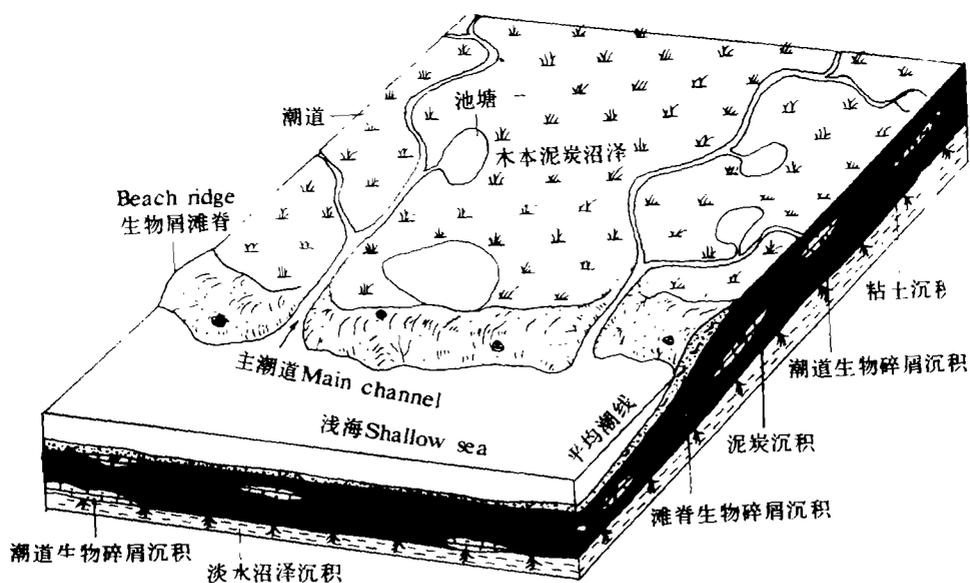


图 8 C煤层的沉积环境模式图

Fig. 8 Model illustrating relationship between swampy lowland and formation of coal seam (including roof and floor)

综上所述，C煤层形成于滨海的三角洲沉积体系。泥炭沼泽与浅海相沟通，具有海

退至海侵型沉积序列。根据相序连续性原理和现实主义原则重建沉积模式,显示其空间的变化(图8),并了解在浅海附近岸流、波浪及潮汐活动将海洋生物从栖息地点搬运到他处,其遗体由于反复搬运、磨蚀成为碎片和碎屑,并在岸线附近堆积成生物碎屑滩或滩脊。大潮期间,海水可能越过滩脊,携带生物碎屑进入泥炭沼泽低洼地区,特别在潮汐渠道地带,形成生物碎屑沉积以及生物碎屑与泥炭物质的混杂沉积;退潮时,海水活动也可将泥炭物质,包括木栓组织搬运到沼泽以外。海侵时,生物碎屑滩脊不断向陆地推进,在其后侧形成毯状披覆,将泥炭沉积埋藏在生物碎屑沉积之下。图8的沉积模式说明C煤层沉积体系的物质来源、沉积环境及其形成过程,从成因角度分析,这一体系似可称为广海滨岸生物碎屑滩脊——潮坪泥炭沼泽沉积体系。

综观世界上若干滨海地区分布着受潮汐影响的现代泥炭沼泽,如美国密西西比河三角洲地区,废弃的三角洲平原上发育有大片海岸咸水及微咸水草本沼泽和红树林沼泽,佛罗里达半岛西南海岸也有较大面积的红树林沼泽,这些沼泽向陆侧与淡水沼泽连成一片,靠海一侧,有时有稍稍高出海面的砂质海滩或贝壳贝屑海滩保护,沼泽地区分布着潮道、与潮道相连的微咸水池塘、小湖及森林内湾。涨潮时,海水冲破或越过海滩进入沼泽并形成含有介屑、有孔虫和钙质软泥的泥炭,退出的潮汐流也可将植物遗体搬运到沼泽之外形成异地泥炭。佛罗里达半岛西南部岸线附近的部分红树林沼泽由于海滩向陆方推进,已被滩脊沉积所掩埋。这些地区与长广煤田含煤建造形成时的地质发展过程以及外海环境虽然各有差异,但泥炭沼泽的特征却有不少相似之处。

三、C煤层的煤岩煤质特征

C煤层树皮煤煤化程度较低,如牛头山一号井田镜质组反射率 $R^{\circ}_{\max} = 0.77\%$,木栓质体 $R^{\circ}_{\max} = 0.23\%$,其细胞结构清晰,六号井田可能由于受小型侵入岩的影响,煤化程度增高,镜质组 $R^{\circ}_{\max} = 1.06\%$,木栓质体 $R^{\circ}_{\max} = 0.67\%$,细胞结构已经模糊。

C煤层煤质的特点是挥发分、氢含量、焦油产率及全硫含量均较高。牛头山一号井等四个井田全煤层的 $A^{\text{E}}16.91\text{—}34.15\%$, $S^{\text{E}}3.70\text{—}5.67\%$, $T^{\text{F}}7.12\text{—}13.88\%$, $V^{\text{F}}47.30\text{—}51.89\%$;六号井田由于煤化程度稍高,全煤层 $V^{\text{F}} = 38.08\%$ 。牛头山一种含木栓质体80%以上而不含生物碎屑的典型树皮煤煤样的 $V^{\text{F}}55.86\%$, $H^{\text{F}}7.11\%$, $S^{\text{E}}3.85\%$, $S^{\text{E}}_{\text{I}}2.35\%$, $A^{\text{E}}12.19\%$ 。

C煤层宏观煤岩类型以暗淡型-半暗型为主,仅少数分层为半亮-半暗型。有机显微组分¹⁾中,木栓质体含量平均达67%,在一些分层中可达80—95%,壳质组其它组分极少,仅西边村井田底部分层的孢子体可达1%。镜质组含量低于木栓质体,以基质镜质体为主,有少量均质镜质体和结构镜质体。惰性组分含量最低,多为百分之几,以粗粒体和丝质体为主。此外,还可见充填于无结构镜质体内生裂隙中的次生显微组分——变渗出沥青体。无机组分主要是散布在基质镜质体中的粘土矿物微粒和呈微晶与显微莓粒状散布于镜质组中的黄铁矿(图版I, 1、4)。

C煤层树皮煤中的木栓质体外形分明,内部细胞清晰。木栓质体的透光色为橙黄色,

1) 本文显微煤岩术语除作者补充的木栓质体外,其它均系1975年国际硬煤显微组分分类系统。

正交偏光下具波状消光；油浸反光下呈深灰色，微突起；具橙黄色的弱荧光（图版 I，8~11）。

采用煤化学分析、红外光谱、紫外光谱、X衍射、差热分析等手段对分离提纯的木栓质体和同生镜质组进行了对比研究，结果表明二者的物理、化学性质有明显差别，木栓质体的特点是：硬度小、韧性大、挥发分高、软化温度低、胶质体多而稀薄、粘结性较差；氢含量高，而碳、氮含量较低；基本结构单元芳香核小，面网间距大，芳烃取代程度高，双环芳烃含量高，烷烃结构较多，有机分子侧链较多。这说明木栓质体的原始物质组成不同于木质部、韧皮部等木质纤维组织。

按照解剖结构的不同，C煤层的木栓质体可分为三种：

1. 茎部或根部的木栓组织最常见。木栓组织呈片状块体，厚0.04—0.1毫米，可达0.45毫米，长度一般为0.5—2.5毫米，可达5.2毫米。横切面上，块体外缘平滑，内缘有时呈齿状。木栓细胞呈砖形，厚10—30微米，长20—70微米，排列整齐紧密，呈叠瓦状。木栓组织块体中常见3—5排细胞（图版 I，8~11）。弦切面上，细胞呈矩形或不规则多边形，厚40—67微米，长48—117微米（图版 I，12）。

2. 木栓化的细根，多数井田均有发现。细根为柱状体，纵切面上细胞壁显示螺旋或梯纹加厚。横切面上（图版 I，4、5、14）外形近圆或扁圆，直径大多小于0.6—1毫米，内部构造保存较好，多为直径6—16微米的内皮层薄壁细胞，其中心分布着细胞较小、胞壁较厚（一微米左右）的初生木质部。初生木质部有外始的二出式和三出式，这和外始多出式的辉木（*Psaronius*）细根极为相似，也有与石松纲细根内始的单出式相似的。所有细胞，都有橙黄色（透光色）的内含物。

3. 属于有细根穿过的根部木栓组织。这种木栓质体的体态和大小与第一种相似（图版 I，13），细根特征与第二种类似，细根排列相当规则，间距170—350微米，基部直径200—300微米。图版 I，15的三角形初生木质部（原生木质部管胞位于右下角）为内始的单出式，与 *Stigmaria* 细根相似。

现代植物和第三纪褐煤中的木栓组织的细胞，壁较厚且栓质化，细胞腔空或有少量的树脂及鞣酸化合物。而C煤层的木栓质体的特点是细胞大多充满了橙黄色（透光色）的木栓质，虽然其形成机理尚有待于深入研究，但是C煤层的木栓质体的细胞形态、排列方式及组成物质的性质与木质部或其他木质纤维素组织不同，表明它是一种性质稳定不易分解的保护组织。

四、关于成煤植物

成煤植物系指生活在泥炭沼泽中的植物群落。这种特定环境的植物组合并不等于一套含煤地层所包含的全部植物，它的主要分子也不一定是煤系中植物群落的主要分子。沼泽植物遗体由于堆积环境的影响，某些部分可能保存在煤层和煤系地层中。

在C煤层顶板生物碎屑灰岩中仅找到少量表面具有炭膜的猫眼鳞木茎干化石，煤层相邻层位尚未发现其他叶茎化石。C煤层直接底板为灰白色泥岩，含有大量的木本植物根印模化石，其形态有三种类型：

1. 宽2—4厘米，直而无节，少数二歧式分叉，表面光滑或具皱纹，有细根向两

侧伸出(图版Ⅰ, 8a)。2. 宽2—4厘米, 未见分叉, 表面通常平, 有些有脐状根痕, 往往被认作*Stigmaria ficoides*(图版Ⅰ, 8b)。3. 宽小于1厘米, 常密集共生, 表面光滑, 无皱无痕(图版Ⅰ, 8C)。这三种类型的根都保持原生状态, 表面常被以炭膜。

按照沉积岩中分散有机质的成因理论, 植物化石表面的炭膜是埋藏在沉积物中的单个植物器官的煤化转变物, 炭膜的煤岩组成可以从物质组成方面揭示植物器官中不同组织的情况。显而易见, 与C煤层在层位上接近, 同时又含有木栓质体的煤化植物, 是C煤层的成煤植物。将C煤层顶底板中的煤化鳞木茎和各种形态类型的根化石, 分别制成粉煤光片、粉煤薄片, 将含煤化植物的岩石制成薄片, 在油浸反光镜下和透光镜下进行了煤岩鉴定。煤化鳞木茎和第二、第三种形态类型的根化石中主要为无结构镜质体(图版Ⅰ, 6), 而没有发现木栓质体。第一种形态类型的根化石和一些形态不明的根化石中则含有10—30%的木栓质体(图版Ⅰ, 5), 与70%以上的无结构镜质体, 以上木栓质体的主要特征与C煤层中的木栓质体完全相似, 在完整煤化根的横切面薄片中可以看到, 木栓质体呈环状分布在根的外缘。显然, 此根可能以有比较丰富的木栓化组织著称。

从C煤层底板保存的根化石的原生状态、解剖结构以及形态类型来看, 形成C煤层系多样的木本植物群落, 其主要分子具有较丰富的木栓组织, 为C煤层的形成提供了可靠的物质基础。总之, C煤层成煤植物群落是一种特殊的群落, 其中包括富含木栓质体的石松纲和蕨类植物。

以往将鳞木等石松纲植物的木栓质体归属于周皮组织。近年来, 许多古植物学家根据煤核的研究, 认为鳞木的周皮组织是一种生活组织, 其性质和功能不同于现代植物的周皮, 并建议称之为次生皮层(Secondary cortex)。鉴于煤核中石化植物研究的局限性, 对比尚须进行多方面的深入研究。

五、树皮残植煤的成因类型

由于泥炭沼泽沉积环境的不同, 树皮残植煤可以分为两种成因类型。

1. 树皮残植煤(原地生成)

这种煤宏观致密坚韧, 多呈块状, 柱状节理发育, 具似贝壳状断口, 略显线理状结构, 不含海相动物碎屑, 木栓质体占有机显微组分的60%—70%, 多为大的块体, 与煤层层面平行, 保存较完整, 交替叠置构成树皮煤的骨架(图版Ⅰ, 10), 呈叠片构造; 大块的木栓质体之间充填着基质镜质体及碎屑木栓质体、粗粒体、粘土微粒构成的基质。以上特征表明形成时环境的水动力条件较弱, 木栓质体是离潮道较远的地区原地堆积形成树皮煤。

2. 微异地树皮残植煤

产状呈透镜体。含有海相动物碎屑; 片状木栓质体占有机显微组分80%以上, 碎屑木栓质体很多; 镜质组含量低, 基质以粉砂级生物碎屑和分散的粘土矿物为主。有时, 木栓质体显示一定的平行排列(图版Ⅰ, 11), 宏观上呈疏松叶片状(图版Ⅰ, 7、2)。潮汐流较强时, 由于搬运生物碎屑增多, 木栓质体排列杂乱, 分选很差, 具碎屑岩特征, 呈杂碎构造(图版Ⅰ, 12)和微波状层理(图版Ⅰ, 9)。以上特征表明, 植物木质纤维素分解成腐植质被流水搬运而流失, 木栓质体受到沼泽内部潮汐流的搬作用而

富集，形成微异地树皮煤。

六、树皮残植煤的形成过程

长广煤田C煤层的煤岩特征是稳定组分木栓质体大量富集，含量平均达67%以上，高的可达80—95%。煤的基质则以基质镜质体为主，也即是没有反映氧化环境的标志。显而易见，C煤层由木栓质体富集所形成的树皮残植煤本身具有一定特色。常见C煤层中夹有介屑灰岩透镜体或薄层，有时和煤的分层频繁互层，相互过渡，在介壳灰岩中保存着网格长身贝、戟贝、海扇等海相化石。在C煤中，尤其是近顶底板的煤中，腕足类、有孔虫，海胆刺介屑等化石遗体、分选较好的石英细砂粒与木栓质体互层，这些表明聚煤泥炭沼泽很可能发育在平缓的潮坪，成煤的植物群落木栓质体比较发育。由于海水经常漫进沼泽，在覆水较深的情况下，植物遗体遭受生物化学作用的分解、破坏，木栓组织经受不同程度的膨化，细胞结构往往较模糊，特别是木栓组织中散布着黄铁矿微晶，很少有木质纤维组织，其他仅有一些基质镜质体，少量粗粒体，这些标志说明煤层的聚积环境是一种还原环境。由于受海水的影响，介质呈弱碱性，由木质纤维组织形成的腐植质在碱性介质中溶解度大，其中不少随着与海水交换过程的进行而流失，而稳定性较强、比较坚韧的木栓组织相对富集，导致形成树皮残植煤。由于聚积环境的不同，有原地形成的树皮残植煤，也有在潮坪泥炭沼泽动荡的水体中，经过流水搬运，不断破裂碎化而再次聚积的微异地树皮残植煤，它具有某些与碎屑岩相似的特征（图版Ⅰ，11、12）。长广煤田C煤层的树皮残植煤能单独构成具有工业价值的煤层，这是植物遗体在潮坪泥炭沼泽的特定环境下长期分解和分选的结果。它的形成不仅受到沉积环境的影响，同时也受到特定的成煤植物群落、聚积方式和细菌活动程度的影响。

结 语

长广煤田晚二叠世含煤建造发育完整，其中C煤层木栓质体大量富集，形成有工业价值的树皮残植煤。煤层中常有生物碎屑灰岩透镜体，海相化石丰富，因此树皮残植煤的成因和沉积环境引起广泛的重视。沉积学和煤岩学的研究表明：

1. 长广煤田位于江南隆折带苏皖隆起的东南部。晚古生代时，多次遭受海侵、海退。在平缓滨海地区，气候湿润，植物繁茂。这种古地理环境为形成海陆交互的含煤建造提供了良好的场所。

2. 根据沉积学的研究，长广煤田晚二叠世含煤建造代表泻湖海湾、三角洲沉积体系。C煤层以下以三角洲环境碎屑沉积为主，C煤层之上以泻湖海湾、生物碎屑障壁滩环境的泥质岩、粉砂岩、生物碎屑灰岩为主。C煤层则形成于潮坪泥炭沼泽环境，煤层稳定，分布较广。在我国皖南、浙北、苏南等地均有相应的层位出现，因此C煤层具有工业价值。

3. 树皮残植煤系覆水较深的还原环境的产物。煤岩特征是光泽暗淡、韧性较大、常呈块状，属半暗或暗淡型。其显微组成以木栓质体为主，木栓组织具叠瓦状结构，常见基质镜质体条带和粗粒体为主的透镜条带与木栓质体交互成层。木栓组织和基质中黄铁矿较多。化学工艺性质的特点是挥发分高、氢含量高、焦油产率高。所以它是值得重

视的有经济价值的特殊煤种。

工作过程中曾得到浙江省长广煤矿公司、浙江省煤田地质勘探公司的领导和地质人员的支持和帮助,得到中国矿院领导及苏美德、田宝霖、金奎励、殷宗昌、何楚育等的热情帮助,在此谨致衷心的感谢。

(收稿日期1983年3月16日)

参 考 文 献

- 谢家荣, 1933, 江西乐平煤—中国煤之一新种, 中国地质学会志, 第12卷第4期。
- 阎俊峰、李广有, 1958, 乐平附近煤田地质及乐平煤, 地质学报, 第38卷第3期。
- 任德贻等, 1963, 江西萍乐凹陷乐平组含煤建造煤岩煤质特征, 中国地质学会第32届学术年会论文集(地层、煤田地质)。
- 杨起、韩德馨, 1979, 中国煤田地质学(上册), 煤炭工业出版社。
- 朱绍隆、朱德寿, 1979, 浙北龙潭组主采煤层(C₂)特征及树皮煤的成因, 1979年全国第一届煤田会议交流文件。
- 骆善胜, 1980, 长广煤田C煤层海相成煤的初步认识, 煤炭学报, 1980, 第3期。
- 西安煤田地质勘探研究所, 浙江长广煤田新杭矿区龙潭组孢粉组合, 煤田地质与勘探, 1976, 第2期
- E. Stach et al., 1975, Stach's Textbook of Coal Petrology
- W. Spackman, D. W. Scholl, W.H. Taft, 1964, Environments of Coal Formation
- E. C. Dapples, M. E. Hopkins, 1969, Environments of Coal Deposition, Boulder
- M. L. Shirley et al., 1966, Deltas in Their Geologic Framework, Houston Geological Society,
- R. A. Davis, Jr. (ed.), 1978, Coastal Sedimentary Environments, New York Heidelberg, Berlin, Springer-Verlag
- J. M. Erankenberg and D. A. Eggerr, 1969, Petrified Stigmara from North America; Part I, Stigmara ficoides, the Underground Portions of Lepidodendraceae, Palaeontographica, Abt. B, Band 128, Lfg. 1—2, 1—47
- D. H. Scott, 1962, Studies in Fossil Botany, 3rd edition, Hafner Publishing Company, New York
- H. N. Andrews, 1961, Studies in Palaeobotany, New York.
- B. A. Thomas, 1978, Carboniferous Lepidodendraceae and Lepidocarpaceae, The Botanical Review, Vol. 44, No. 3, 321—364
- A. D. Cohen, W. Spackman, 1980, Phytogenic Organic Sediments and Sedimentary Environments in the Everglades-Mangrove Complex of Florida, Part III., The Alteration of Plant Material in Peats and the Origin of Coal Macerals, Palaeontographica, Abt. B, Band 172, Lfg. 5—6, P. 125—149, Stuttgart
- A. D. Cohen, W. Spackman, 1977, Phytogenic Organic Sediments and Sedimentary Environments in the Everglades-Mangrove Complex of Florida, Part II., The Origin, Description and Classification of the Peats of Southern Florida, Palaeontographica, Abt. B, Band 162, Lfg.4—6, P. 71—114, Stuttgart

ORIGIN OF BARK LIPTOBIOLITE AND ITS DEPOSITIONAL ENVIRONMENT OF CHANGGUANG COALFIELD, ZHEJIANG PROVINCE

Han Dexin,

Ren Deyi

(Graduate School, China Institute of Mining Technology)

Guo Mintai

(Shanxi College of Mining)

Abstract

Changuang coalfield is located in northwestern Zhejiang. The coal-bearing formations of the Late Permian are widely distributed in the lower Yangtze region and have long been known as the Longtan formation with depositional features and great amount of bark in coal seams. This paper deals mainly with the origin of bark liptobiolite and its depositional environment.

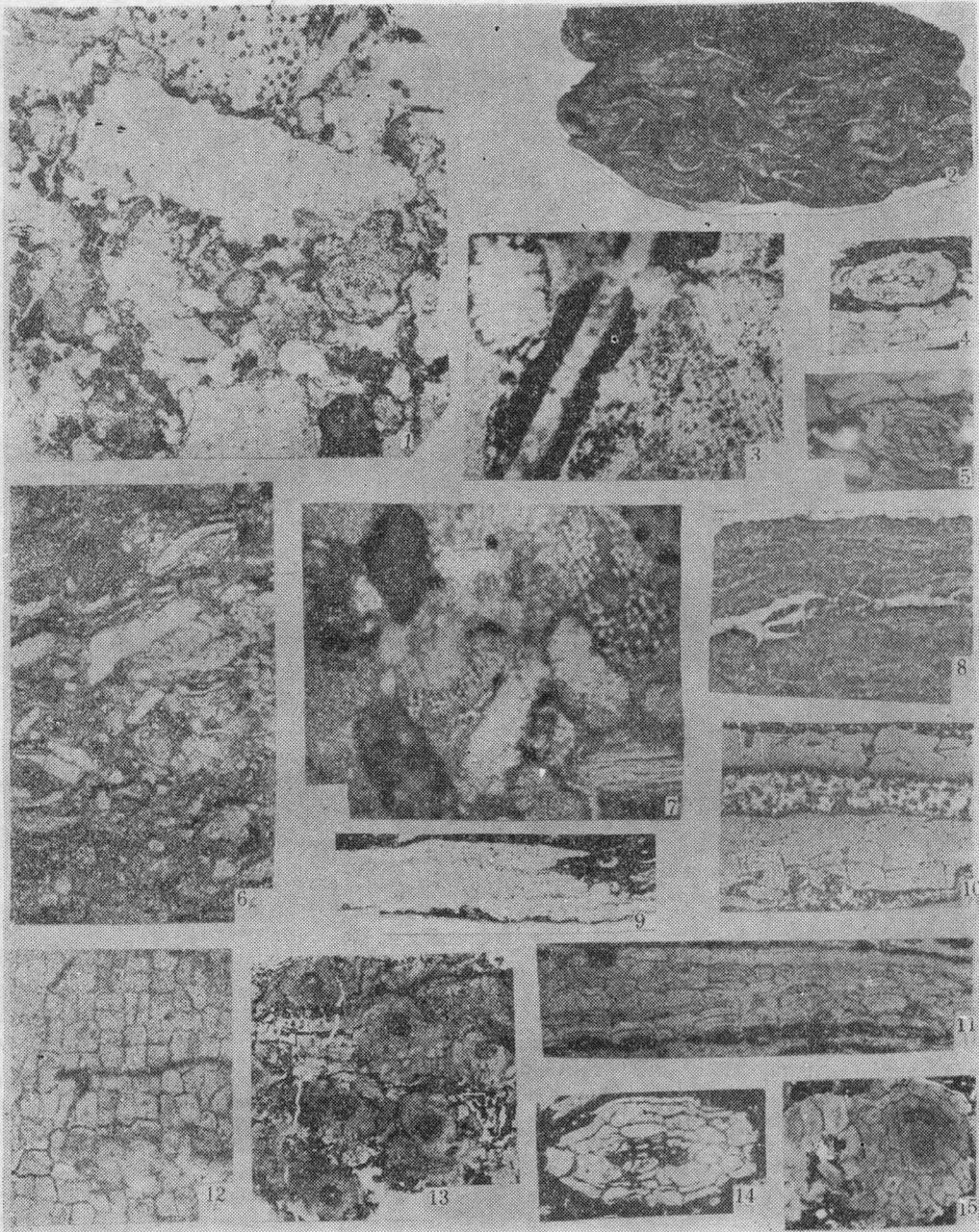
As a result of the Permian tectonic movement, many large and small basins came into existence in South China where were deposited sandstone, siltstone, shale, thin-bedded limestone and coal seams. Most of the valuable coalfields were formed during this time. The coal-bearing formation in Changuang basin contains chiefly four coal groups A, B, C and D, in which C coal seam is rather thick, its thickness may reach 1.3—2 m and especially its western part can be mined. C coal seam is usually interspersed with some lenses of skeletal limestone or shell limestone. Both these limestones consist of abundant marine fossils such as brachiopods, pelecypods, crinoids, etc. It is evident that these beds of skeletal limestone bearing marine fossils represent temporary inundation of coastal swamp by the sea. Based on the sedimentary analysis, a set of sediments including C coal seam show the depositional features of the marine swampy lowlands.

C coal seam is mainly dull bituminous coal whose structure is rather simple. It contains a large percentage of suberinite (average 67%) sometimes up to 80—95%, which indicates that there is a close relationship between the depositional environment and the Permian coal-forming plant communities. It is more important to note that the bark coals originate from the selective decomposition of plant materials, that other materials such as lignin, cellulose, protein and their diagenesis products are wholly decomposed and drifted by flowing water and that resistant materials become concentrated under a reducing condition. Hence the bark coal may also be called bark liptobiolite.

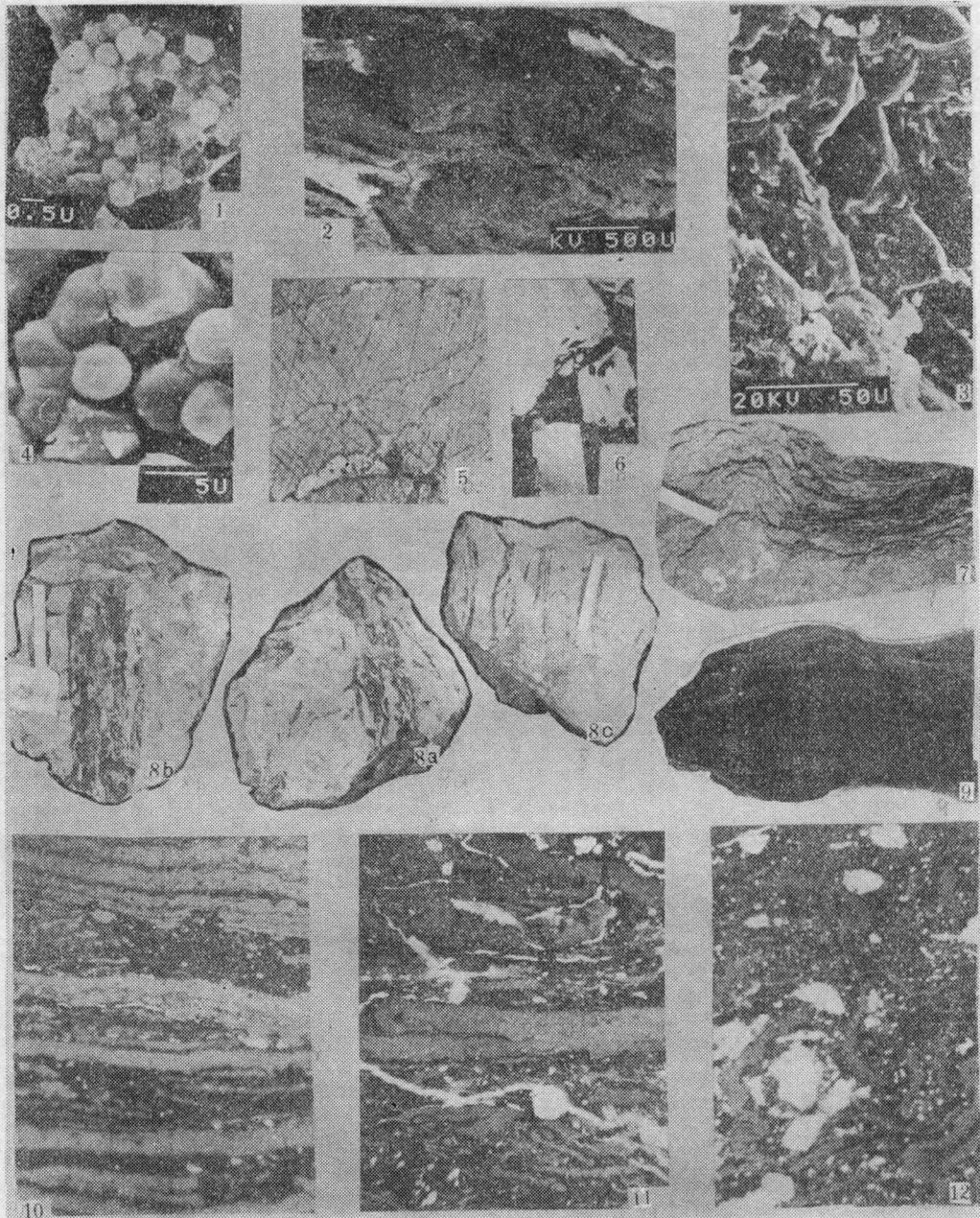
The bark liptobiolite in this region can be grouped into two types; the first one which develops from plants after decomposition, forms coal *in situ*, and the second one is hypautochthonous coal, which develops from plant remains transported not far from their original sites. These two types of coal occur more

often in this coal basin than in other regions. Under the microscope, subcrinite in reflected light is dark grey and usually shows orange-yellowish fluorescence. Location: Niutoushan No. 1. Vitrinite R_{\max}^0 0.77%, Suberinite R_{\max}^0 0.27%, Niutoushan No. 6. Vitrinite R_{\max}^0 1.06%, Suberinite R_{\max}^0 0.67%, typical bark coal (suberinite above 80%): V_1^r 55.86%, H_1^r 7.11%, S_Q^g 3.85%, A_1^g 12.19%. Besides, pyrite and clay minerals are usually scattered in coal seams and these bituminous coals influenced by the sea are characterized by the presence of high sulphur (3.8—6.6%).

The results suggest that these coal seams are formed in coastal marine swampy lowlands and the depositional environment is suitable for concentration of plant fragments. Obviously, the formation of bark coals may be affected generally by the following factors: depositional environment, the type of deposition and the coal-forming plant communities.



1. C煤层夹矸生物碎屑灰岩, 图中为海百合茎、腕足壳碎屑、石英等, $\times 50$ 、2. 夹矸生物碎屑介壳岩, 上部为生物碎屑树皮煤, $\times 1/8$ 、3. 夹矸生物碎屑灰岩, 图中为腕足无疹壳和假疹壳及海百合茎碎屑, $\times 100$ 、4. 木栓质体种 II 横切面, 原生木质部三出式外始, 透射光, $\times 270$ 、5. 木栓质体种 II、横切面, 原生木质部三出式外始, 透射光, $\times 200$ 、6. 顶板生物碎屑灰岩, 图中碎屑为腕足无疹壳, 海百合茎及破碎的有孔虫, $\times 100$ 、7. 顶板生物碎屑灰岩, 图中为腕足无疹壳, 海百合茎, 有孔虫碎屑, $\times 100$ 、8. 10. 木栓质体种 I、垂向切面, 油浸反光, $\times 314$ 、9. 木栓质体种 I, 横切面, 透射光, $\times 100$ 、11. 木栓质体种 I, 横切面, 透射光 $\times 200$ 、12. 木栓质体种 I, 弦切面, 透射光, $\times 130$ 、13. 木栓质体种 III, 弦切面, 透射光, $\times 30$ 、14. 木栓质体种 II, 横切面原生木质部二出式外始, 透射光 $\times 390$ 、15. 木栓质体种 III, 弦切面, 原生木质部(左下)单出式内始, 透射光, $\times 80$



1.煤中的莓状黄铁矿,扫描电镜,×10000、2、叶片状的树皮煤,垂直层面,扫描电镜×30、3、片状叠覆的木栓质体,树皮煤片叠构造,扫描电镜,×2500。4、煤中细柱状黄铁矿结核断面,扫描电镜,×2600、5、底板灰白色泥岩中煤化根化石(第一种形态)炭膜中的木栓质体(种I)、油浸反光×310、6、顶板生物碎屑灰岩中煤化鳞木茎化石炭膜,无结构镜质体,油浸反光,×157、7、叶片状含生物碎屑树皮煤,×1/4、8.底板中的根化石:a、第一种形态。b、第二种形态。c、第三种形态。9.微异地树皮残植煤,微波状层理。10.树皮残植煤(原地生成),透射光,×100。11.含生物碎屑树皮煤,碎屑木质体很多,中部的木栓质体(种I)已沿胞层间裂开,透射光,×100。12.微异地树皮残植煤,透射光,×100。