

广西上二叠统 含煤建造和藻坪沼泽成煤模式

谌建国 李有亮

(地质矿产部宜昌地质矿产研究所)

广西上二叠统包括合山组和长兴组,岩性以石灰岩为主,夹有少量泥岩、硅质岩,含海相化石,极少见高等植物化石,煤层的顶底板和夹矸多是石灰岩或硅质岩。煤层结构复杂,厚度变化大。煤质呈现高灰份、高硫份的特征。因此对这种海相煤系和煤层的生成条件,引起了人们的兴趣。早在六十年代刘焕杰等就提出过滨海红树成煤的看法^[1],近年来,由于碳酸盐理论的广泛应用,以及对现代沉积的考察,对它的研究又有了新的进展,黄迺和等^[2]深入地进行了合山剖面的岩石学研究,详细描述岩石类型,系统分析了该区碳酸盐的浅水成因标志。李有亮等^[3]进而提出潮坪沼泽成煤的论点。卓越提出与海南岛红树林和红树泥炭类比,认为它们是合山组煤层形成条件的自然模拟^[4, 5]。作者最近大量观察合山组岩石薄片,发现煤层顶板和底板的裸松藻极为发育,从而提出藻坪沼泽成煤模式。

一、含煤建造类型

合山组的含煤建造都和灰岩有密切关系(图1)。盆地相硅质岩建造和火山灰流建造都不含煤或无可采煤层。广西二叠统含煤建造,主要有四种,其中以风化壳含煤建造和藻坪含煤建造分布最广,不同的含煤建造分布于特定的岩相区。

1. 风化壳含煤建造

发育在上二叠统底部,岩石组成是铁铝质岩—高岭石、水铝石粘土岩—煤层—炭质泥灰岩序列。铁铝质岩或高岭石粘土岩多为灰黑色、块状,局部地区含植物根茎印痕化石或海相动物化石,还含有菱铁矿和黄铁矿,具鲕状构造。底部常见茅口灰岩角砾。这种建造类型不仅在广西发育,同时在鄂西、黔东、湘西和粤北的吴家坪组底部广泛发育,含较重要的可采煤层。均产自早二叠世茅口灰岩的风化侵蚀面上,形成于晚二叠世海浸初期。对于成煤沼泽的古地理背景有不同看法。一种是根据粘土岩(或铝土岩)中含黄铁矿和具鲕状构造,而认为是海湾泻湖环境。一种认为属湖泊相,因为这种建造类型的沉积基底无一例外均为下二叠统茅口灰岩,灰岩中岩溶化现象很普遍,粘土岩中植物根茎印痕化石常见,解释为淡水环境下的潜溶作用更为合理。大陆风化壳发生于沼泽化湖泊淡水环境中,由于Fe、Al、Si元素溶解的pH值不同,沉淀的次序也不同,以致于在陆解潜蚀作用过程中形成 $Fe \rightarrow Al \rightarrow CaCO_3 \cdot Si$ 的天然序列,最后出现湖泊沼泽

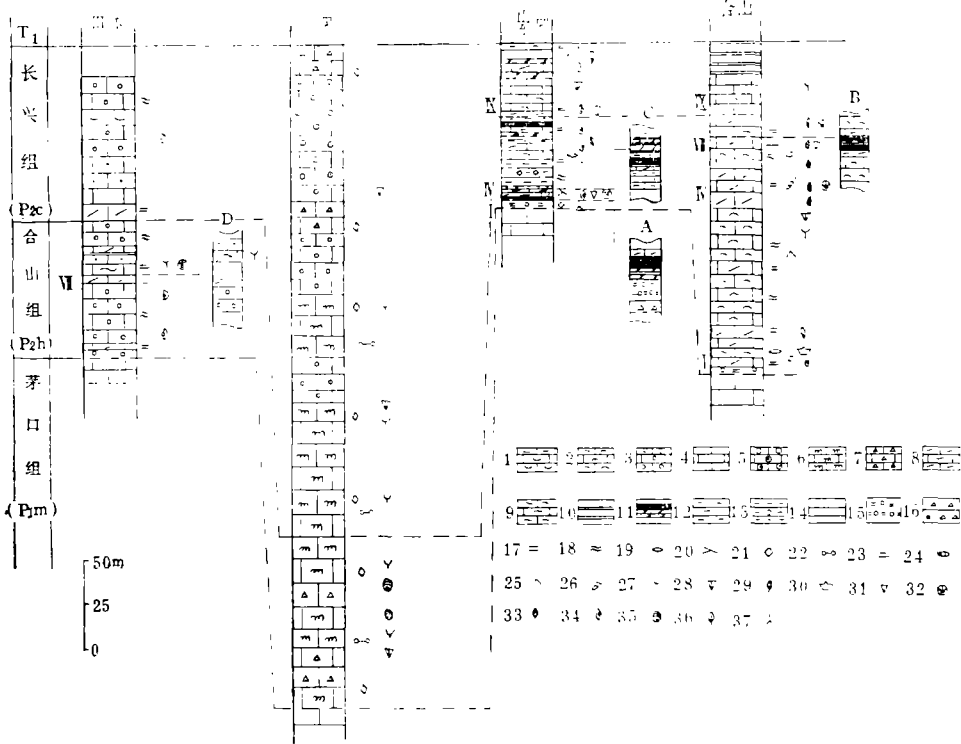


图1 广西上二叠统含煤建造类型

Fig. 1 The coal-bearing formation types of upper permian, GuanXi

A. 风化石含煤建造 B. 藻坪含煤建造 C. 混合潮坪含煤建造 D. 台地边缘状含煤建造
 I—K 煤层代号 1. 生物亮晶灰岩 2. 生物泥晶灰岩 3. 砂屑亮晶灰岩 4. 砂屑泥晶灰岩 5. 粒状亮晶灰岩 6. 礁灰岩 7. 亮晶海绵砾屑灰岩 8. 泥晶海绵藻灰岩 9. 深位藻岩 10. 硅质岩
 11. 灰及炭质页岩 12. 砂质泥岩 13. 泥岩及菱铁矿泥岩 14. 钙质砂岩 15. 粗砂岩 16. 角砾岩
 17. 水平层理 18. 波状层理 19. 透镜状层理 20. 低角度交错层理 21. 块状构造 22. 层状构造
 23. “藻薄层”构造 24. 鸟眼构造 25. 介壳堆 26. 虫孔 27. 钙质砂岩 28. 珊瑚 29. 笔石
 30. 海扇类 31. 介形虫 32. 伞藻 33. 玻纤结构有孔虫 34. 柱状有孔虫 35. 块形石 36. 笔石
 化石 37. 根化石 煤层柱状比例只比地层柱状大六倍

化〔6〕。湖泊沉积中有黄铁矿出现，常有鲕状和豆状结构。因此这种建造的相序列就是风化石→湖泊→沼泽→潮坪的海进序列。

这种建造中的煤层受底板岩溶作用的影响，厚度变化较大，但局部地区仍可形成有价值的工业矿床。煤岩中凝胶化基质很高，偶见树皮体和角质层。这种建造类型的煤层可以索罗 I 煤为代表(图 1)。

2. 藻坪含煤建造

其岩石类型和成因标志已经有过详细的论述〔2、5〕。作者认为应当强调这些特点：(1)岩石的层理主要是水平的和微波状。岩石中的内碎屑主要是生物，如藻类、有孔虫中的球旋虫、介形虫等，基质是泥晶方解石(图版 I. 3)，极少出现亮晶方解石。生物屑分选极差，包括完整个体(图版 I. 2)，或自行解体以致碎屑，碎屑具棱角，极少磨蚀

现象。因此主要反映低能的间歇动荡水环境。藻类在成岩作用中的地位极为重要,几乎每种岩石中都有一定的含量,直至形成完全由裸松藻构成的藻灰岩,具有微细的薄层状构造,因为它不同于蓝绿藻构成的藻迭层,故名“藻薄层”构造(图版 I, 1)。(2)具有典型的向上变浅序列,或称海退序列。序列的相组成是开阔海台地→藻坪→藻坪沼泽→藻坪(图 2)。裸松藻在向上变浅的作用中,起着重要的作用。当台地处于浅水潮下环境时,裸松藻开始繁盛,其他底栖和游泳生物也很发育,大量生物遗体堆积在台地上,

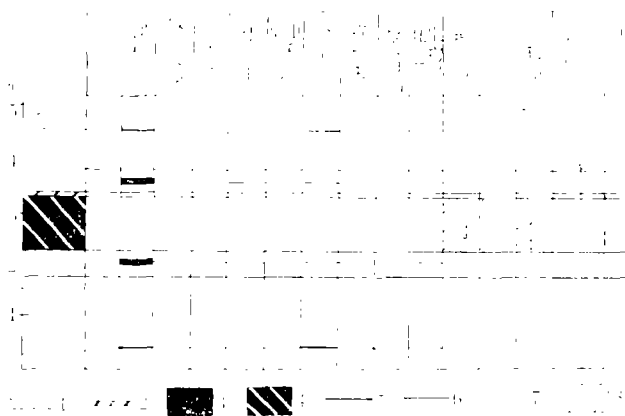


图 2 广西合山合山组上段灰岩——Ⅶ煤层向上变浅序列

Fig. 2 Limestone of the upper member of Heshan formation,

Guangxi—the upward shallowing sequence of the VII coal bed

1. 灰岩, 薄层状为泥质藻灰岩, 厚层状为生物泥质灰岩 2. 优质泥岩, 粘土成份是高岭石混有水云母 3. 高灰份泥岩 4. 高灰份钙质泥岩 5. 生物屑含量: 大量、中等、少量 6. 煤岩组份百分含量

当堆积速度超过台地沉降速度时,海水进一步变浅,成为潮间环境,光照充足,裸松藻进一步繁盛而占统治地位,即为藻坪。最后终使海底接近高潮面,以至升出水面。(3)关于障壁。有人提到过潮坪沼泽的形成同外海有障壁有关,我们研究过桂中地区很多合山组含煤建造,所见的边缘礁和滩的组分是很少的。因此认为成煤藻坪与外海是畅通的。但是在边缘礁或滩上形成的沼泽,礁和滩坝是有重要作用的。它阻隔海水,造成低能环境,有利于沼泽的形成。(4)关于暴露成因标志,很多作者都认为形成这种含煤建造的沼泽是发育在上潮间带和潮上带。煤系中的暴露标志如鸟眼(图版 I, 5)、干裂等构造较为少见。粪粒构造(图版 I, 4)在宜山见及。黄迺和^[2]提到过合山煤田Ⅳ煤底板所见的“臃丘”和“臃丘”之上的灰岩砾石,是短期暴露水上的剥蚀标志。我们认为这和其他类型的含煤建造形成的条件一样,沼泽和形成沼泽的前后,都曾长期暴露水面,但暴露标志并不多见,因为煤系都形成在多雨和潮湿的地区,由于植被覆盖,沼泽表面始终保持湿润的环境,不易形成暴露标志。也和我们在海南岛观察到的现代潮坪沉积一样,红树林下的沉积物,几乎看不到龟裂等暴露标志。

氧同位素分析资料,提供了二叠纪海水温、盐度的参考数据,也从一个方面说明碳酸盐煤系的浅水成因。以平果海域海绵礁的海绵体测定的 $\delta^{18}\text{O} = 1.91$,假定海水盐

度34‰，则水温 $T = 26.09^{\circ}\text{C}$ ，而潮坪相多种类型岩石 $\delta^{18}\text{O}$ 值都在 -2.52 至 -6.42 ，如假定盐度仍为34‰，则平均水温达 44.6°C ，显然太高，如果假定盐度为33.2—32.0‰，则海水温度是 $31^{\circ}\text{C} \pm$ ，这个平均温度仍比世界二叠纪海的水温为高，这就说明潮坪上海水极浅，受阳光照射，水温高于正常海。只有假定盐度低于32‰，才有可能计算出较低的水温，显示海水有淡化征象，预示潮坪有向沼泽转化的趋势。这种煤层的稳定性优于前者，煤岩中凝胶化组分较高，局部丝炭含量亦较高，煤中灰份为20—36%，含硫为6.5—9.7%。煤灰中的氧化钙、镁的含量比前者要高10%，常有藻灰岩夹矸存在于煤层中。这种建造类型的煤层可以桂中地区的Ⅳ煤Ⅵ煤为代表，是重要的可采层。

3. 混合潮坪含煤建造

在广西主要见于扶绥崇罗，以合山组Ⅳ煤为代表。岩石序列是钙质石英砂岩—菱铁质泥岩夹泥灰岩（含植物化石碎片）—煤层—粘土岩。构成混合坪—沼泽—混坪相序列，形成在海退的初期。煤层不稳定。和藻坪含煤建造不同的是，沼泽形成在有少量陆源碎屑输入的古陆边缘，碎屑岩与碳酸盐岩共生的混合潮坪上。建造中常夹钙质石英砂岩，见低角度交错层理，泥岩中富含黄铁矿和植物化石，泥岩的矿物成分为蒙脱石和高岭石兼而有之，近海相。

4. 台地边缘浅滩(礁)含煤建造

目前的资料见于田林高龙矿区的礁后。岩石组成序列为亮晶砂屑灰岩—含炭藻灰岩—煤层—泥晶海绵藻灰岩。组成滩—潮坪—沼泽—潮坪的相序列。亮晶砂屑灰岩（图版 I, 7）中的泥晶砂屑多为半圆状，以粗砂级（0.5—1毫米）居多，内碎屑中还含具玻纤结构的有孔虫（厚壁虫）等，分造较好，大多分洗完全，主要由亮晶方解石胶结，具带壳结构。能量指数 $E1 = 4$ ，是一种典型的台地边缘浅滩相，为中等动荡水浅滩环境。这种含煤建造形成在开阔海台地的局部隆起区，当砂屑在周围形成滩坝时，滩坝内侧造成低能环境，有利于沼泽的形成。煤层极不稳定。平果海域的海绵礁由亮晶海绵灰岩（图版 I. 6）和藻粘结海绵岩组成，岩石浅灰色、质纯、不含燧石，呈巨大的块状产出，不显层理，具块状构造和角砾构造。为原地生长的粘结灰岩和礁砾状灰岩。在高能的礁体上没有煤层产出，但在平果定江海绵礁的礁后有规模很小的薄煤层。由于礁的障壁作用造成发育沼泽的低能环境。

二、藻坪沼泽成煤模式

我们以桂中合山组上段为例，讨论藻坪含煤建造的成因，模拟藻坪沼泽的成煤模式。

1. 古构造背景

桂中地区即所称的广西山字型盾地，晚古生代沉积了近万米的沉积物，中泥盆世以后主要是碳酸盐岩，显示较稳定的沉降。东西向构造是加里东运动在桂中和桂西的主要构造格架线方向，海西期继承性地发展这一构造格局。对桂中影响较深的是发育在广东北纬 24° 南侧的佛岗—姑婆山东西向花岗岩带（南岭的一部分），西延入广西，构成云开隆起的一部分，通过桂中，西延至巴马、田林。它在沉积凹陷中，起着上隆的补偿作用。在桂中它减缓了桂中凹陷的沉降速度，使沉降更为平稳，沉积更为稳定，始终保持

台地沉积环境。桂中晚二叠世含煤建造厚度趋势分析^[7]，也表明东西向构造一直继承地发展到晚二叠世。从桂中晚古生代的沉积厚度和沉积速率来看，如图所示，每个统的沉积厚度都在1,000米以上，而上二叠统厚度不及200米，沉积速率从中泥盆统118米/百万年，降至上二叠统的13米/百万年。这就说明桂中凹陷上古生界保持着较大的沉积厚度

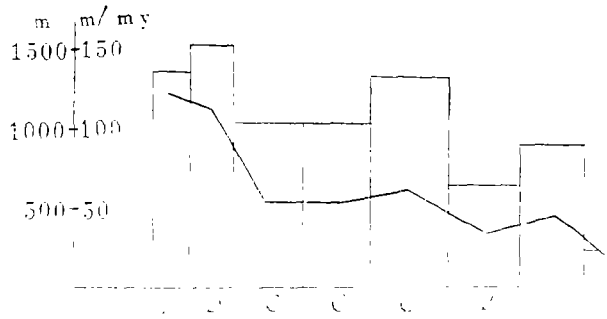


图3 桂中上古生界沉积厚度和沉积速率

Fig. 3 Sedimentary thickness and rate of the Upper Palaeozoic group in the central Guangxi

纵坐标左侧示沉积厚度(米)，右侧示沉积速率(米/百万年)。横坐标为地质年代和距今百万年。
图中矩形为沉积厚度，曲线为沉积速率。

和沉积速率，但是在上二叠统，二者明显减小，显示出较强的相对上隆作用。因此，凹陷盆地中的上隆是碳酸盐岩煤系生成的有利背景。

2. 古地理条件

桂中地区构造上稳定，茅口期后东吴运动使其一度上升为陆，地壳被侵蚀夷平，是为陆表海生成的地形条件。桂中的地势，四面环陆，西面向广海敞开。北面的江南古陆南延部分和南面的大明山古陆，长期上隆，老化夷平，很少向沉积盆地供给陆源物质。东面的云开古陆仍有上升趋势，但在它的西缘，有较深水近岸盆地，承受了来自古陆的陆源碎屑，因此，台地上很少有陆源碎屑输入，海水保持清澈。

海侵主要来自滇东南，然后侵入广西和贵州，在海侵通道上主要是开阔海台地，台地的中央，受深断裂的影响，有些规模不大的盆地，有火山灰流浊积。黔桂边境的海绵礁沿北东向延伸，经包普群组作用后，礁后即由海洋一半果的海绵礁带出体的浅滩岩层，其很小。

大规模的潮坪沉积发育在桂中，在气候温暖的条件下，清澈的海水中生物繁盛，碳酸盐台地迅速发育成长。地壳振荡运动和潮汐的作用，使海底波动力高潮面上下，有时位于潮下低能环境。这种稳定宽广的碳酸盐台地就是含山组煤系形成的特定环境。此外由于台地和外海无所阻隔，仅仅由于地势的缓倾斜，造成不同水深环境，海水进退自如，因此在宽广平缓的台地上，地势常有差异即出现阶变，再加之潮渠的作用，因而微相变化较著。煤层可以在不远离海向过渡为海相层或二者共生，煤层和海相层，虽然反映两种不同的环境，但在时间上是相当的，横向上是连续的。这种时间和空间上更杂的变换，是煤系和煤层不稳定的因素。

3. 藻类的作用

藻类、特别是裸松藻 (*Gymnocodium*), 在合山组岩石中占很大比例。有时构成藻灰岩, 大部分煤层的底板和顶板都是裸松藻灰岩。它在成岩中的地位是可想而知的。裸松藻层红藻类, 是人们根据形态和构造特征比较而推测的〔8〕。从它和若干粗枝藻科藻类、瓷质有孔虫、介形虫的共生来看, 和一般红藻喜较深水的习性有所不同。它喜温暖; 可生活于潮下环境, 更多的生长于潮间。从氧同位素的资料分析看, 它在水体很浅的淡化海水中, 生长旺盛。淡水的补给, 大气降水可能是主要的。

从合山组岩石结构看, 凡出现裸松藻, 基质几乎都是泥晶方解石和炭质, 而当出现亮晶方解石胶结物和其他高能碎屑时, 裸松藻含量趋减, 以至匿迹。如田林高龙剖面的砂屑灰岩中, 平果海域的礁灰岩中几乎找不到它的踪迹。而在由裸松藻组成的藻灰岩中, 生物个体完整或仅解体, 有的介形虫还保存直立状态。说明水体十分安静(图版 I, 2)。裸松藻个体中常见莓状黄铁矿, 因而是一个还原环境。藻体死亡后, 大多在原地堆积, 成层地平铺于海底。我们把这种地形平缓, 由藻类沉积补偿造成的浅水潮坪, 叫做藻坪。藻坪没于水下时, 成为许多底栖和游泳生物的栖息和摄食场所, 由于藻类的沉积补偿作用和小规模的海退配合, 藻坪上水体变浅至低潮面以上, 植物开始扎根生长。藻坪就是植物扎根的土壤。藻类及其他生物机体的腐解, 又供给植物以养料。植物的大量繁盛, 藻坪转化为沼泽。所以, 向上变浅序列的上部就是煤层。

4. 成煤的原始物质及沼泽的转化

藻坪沼泽上的植物组成, 目前尚无直接证据。若比较以碳酸盐岩或以碎屑岩为顶底板(含植物化石)的煤层, 煤层组份和煤化学性质相差不大, 都应属腐植煤。但是相当多的这种类型的煤样和顶底板中(包括低变质的气煤和肥煤)都没有分析出孢子花粉。煤岩组份中形态分子极少, 数百个煤岩样品中, 仅在河池龙友的一个样品中隐约见到过小孢子, 以及抑城大埔和凤山等地少数样品中见树皮体和角质层, 也已凝胶化。除混合潮坪含煤建造的煤层顶底板外, 均不见植物化石。六十年代以来, 人们不断地提出了许多推测〔1、4〕。认为海南岛红树林和红树林泥炭的生成环境可视为合山组煤层的自然模拟。从目前资料看, 还是比较合理的。

毛树珍等调查研究海南岛海岸红树林以后曾报道, 潮间一潮上环境, 可以有大量植物生长。植物生长的环境比较多样, 如底质可以是粉砂质软泥、砂粒以至砾石, 最有利的底质是粉砂质软泥。表层 pH 值为 7—8; 潮坪上海水含盐度平均为 30‰, 低于正常海, 而红树植物对盐度适应范围很广(2.17—34.52‰)。红树在潮坪上生长, 涨潮时, 树干、支持根没于水中, 仅有一些树冠缀于水面。红树的幼苗可在海水中漂泊两个月以至一年, 插入土中几小时即可生根。我们采自海南岛演丰的一种红树——红茄冬树上的幼苗, 辗转运输一个多月后, 育于淡盐水中, 很快长出树叶, 成活很好。红树的成树有支持根、板状根和呼吸根, 以适应于沼泽多水环境, 所以它的适应能力很强。我们认为, 古生代碳酸潮坪上有大量植物生长, 以至沼泽很发育, 导致泥炭堆积是完全可能的。

合山组煤层全硫含量高, 桂中多数煤层为 6—9%, 其中有机硫占全硫量 87—95%。这种含有有机硫高的煤, 洗选后全硫量降低, 而有机硫含量相对增高, 这就说明有机硫主

要不是在灰份中，而是紧密地结合于植物有机体内，成煤后结合于煤的分子中。有机硫的来源主要是植物和微生物的蛋白质，在高等植物中又以水生植物和红树等盐生植物的硫含量高。合山组煤层的铈钒比值平均可达4.5，比其他类型煤层要高，说明它和海水的亲密关系。这些材料都说明合山组煤层的造煤植物是类似当今红树的喜盐生植物。

但是，当我们注意到广西扶绥那全等地的含煤剖面时，合山组上段距离藻坪沼泽的煤层很近的层位，有较多的植物化石，如带羊齿 (*Taeniopteris*)，栉羊齿 (*Pecopteris*) 和大羽羊齿 (*Gigantopteris*) 等。它们和正常晚古生代沼泽植物无异。因此我们认为合山组煤层的造煤植物不仅有盐生的类红树植物，还有许多陆生的正常沼泽植物，也许它们在向上变浅序列的上部，即一层泥炭形成过程的中及晚期，占有更重要的位置。这就是说，当藻坪沼泽波动于潮间时，海水在沼泽中占有重要地位，只有类红树植物可以生长。而向上变浅序列进一步变浅，以至上升于潮上，水体变为淡水，类红树植物即为陆生高等植物取代，藻坪沼泽转化为陆上沼泽。

植物群落中有过现代沼泽的演替是不难观察到的，如West^[9]和毛树珍等都将热带地区的红树林海岸划分为平行海岸的四个带，由海向陆分别是：1)浅滩和泥滩带，低潮面以下，不长红树。2)不连续的沙滩带，低潮面附近，为潮沟分隔的浅滩。3)红树林海滩沼泽带。4)半红树沼泽或干地带。淡水潮汐沼泽或干地，后缘逐渐过渡到热带雨林。毛树珍还观察到，涨潮时带来的物质在红树林潮坪上沉积，地形升高从而改变土壤水分、盐份状况，植物群落一个被另一个所代替，使岸滩逐渐演变为陆地，最后被热带季风风雨所代替。因此潮坪的升高（或泥炭堆积、或淤积、或地壳抬升），潮坪上即淡化，

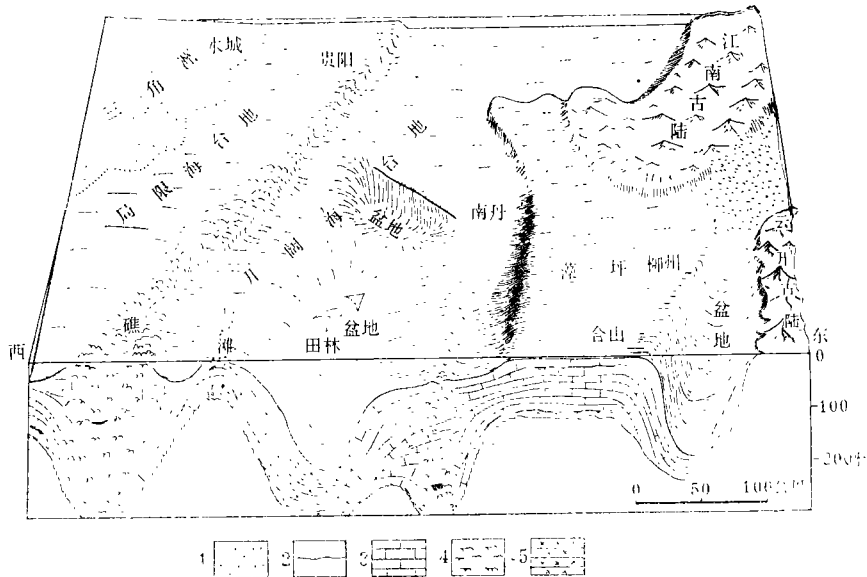


图4 广西及邻区合山晚期成煤模式

Fig. 4 Incoalation model of the late Heshan period in Guangxi and its adjacent area

1.碎屑岩, 水城三角洲含煤层 2.煤层 3.泥晶灰岩及藻灰岩 4.礁灰岩 5.凝灰岩 (图示藻坪与外海通畅, 无陆源碎屑输入, 显然不同于水城三角洲的成煤环境)

红树植被也就为陆生植物群落所代替，红树沼泽代之以正常淡水沼泽。这种景观之变迁，也就是本文论述的藻坪沼泽转化为陆上沼泽的自然模拟。

概括地说，藻坪含煤建造形成于稳定凹陷区的上隆部分，地形极为平缓的陆表海潮坪上(图4)，较少陆源物质输入，海水能量低。地壳的缓慢上升和藻类植物的沉积补偿作用，形成向上变浅的相序列。海水变浅至潮间环境时，即为藻坪。具红树习性的高等植物得以生长，泥炭开始形成。海水继续变浅，潮坪上升至潮上，陆生高等植物繁生，藻坪沼泽转化为陆上沼泽，藻坪沼泽在海相碳酸盐岩煤系和煤层形成中，起着重要的作用。

(收稿日期：1982年6月17日)

参 考 文 献

- [1] 刘焕杰, 1962, 广西二叠系合山组含煤建造成煤环境的研究, 中国地质学会第三十二届学术年会论文选集
- [2] 黄迺和、温显端, 广西合山碳酸盐岩型煤组沉积环境, 煤田地质与勘探, 1980年第2期。
- [3] 李有亮等, 1980, 广西上二叠统合山组煤系、煤层生成条件(兼论潮上沼泽相和主要煤层聚集环境), 煤炭科学技术, 第72、73期。
- [4] 卓越, 桂中晚二叠世合山组沉积特征和成煤环境, 煤田地质与勘探, 1980年第3期。
- [5] 卓越, 略论桂中晚二叠世合山组碳酸盐岩潮坪沉积及其与成煤的关系, 中国矿业学院学报, 1981年第1期。
- [6] 孟祥化, 1979, 沉积建造及其共生矿床分析, 地质出版社。
- [7] 韩金炎, 桂中晚二叠世含煤建造厚度趋势面分析, 中国矿业学院学报, 1980年第二期。
- [8] Johnson, J. H., 1963, Pennsylvanian and Permian algae, *Quart. Colo. School Mines*, 58(3).
- [9] West, R. G., 1956, Mangrove swamps of the Pacific coast of Colombia, *Annal. Assoc. Amer. Geog.*, XIX.

THE COAL-BEARING FORMATION AND THE INCOALATION MODEL OF ALGAE-FLAT SWAMPS OF THE UPPER PERMIAN IN GUANGXI

Chen Jianguo Li Youliang

(Yichang Institute of Geology and Mineral Resources,
Ministry of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The upper Permian of Guangxi may be divided into two formations: Heshan and Changxing, including four types of coal-bearing formation of carbonate: residuum, algae-flat, mixed tide flat and winnowed platform edge sands.

A. The residuum coal-bearing formation is of transgressive facies sequence—the residuum—the lacustrine—the bog—the tide flat, which consists of ferro-beauxite—empholite clay—coal bed—carbonaceous algae limestone. It appears at the bottom of the Heshan formation. The thickness of coal bed is labile.

B. The algae-flat coal-bearing formation is of regressive facies sequence—open marine platform—the algae flat—the algae-flat swamp and the littoral marsh—the algae flat, which consists of biomicrite—Gymnocodium limestone—coal bed—Gymnocodium limestone. Most of them expose at the upper of the Heshan formation. The thickness of coal bed is thinner and more stable.

C. The mixed tide flat coal-bearing formation is of regressive facies sequence—the mixed tide flat—the swamp—the mud flat, which consists of calcareous sandstone, mud stone and sparry iron, intercalating marlite (containing palaeophyte)—coal bed—clay bed. The coal bed is more unstable.

D. The winnowed platform edge sands coal-bearing formation is of the tide flat facies sequence—the winnowed platform edge sands—the tide flat—the algae-flat swamp—the tide flat, which consists of calcarenite—carbonaceous algae limestone—coal bed—micrite spongia algae limestone. The coal bed is most unstable.

This paper will discuss the incoaltion model of algae-flat swamp, taking the coal bed of the upper Heshan formation in central Guangxi as an example.

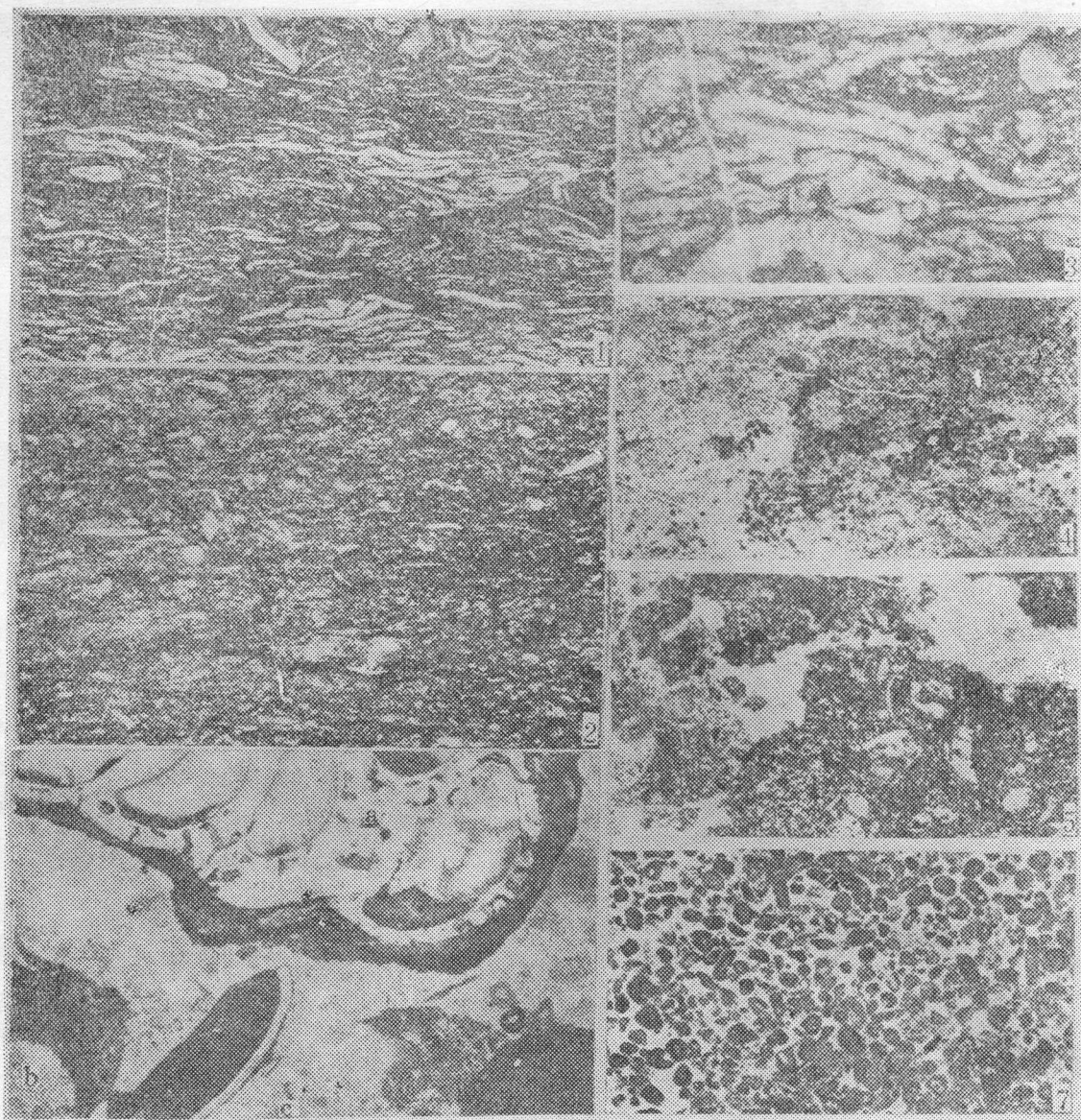
1. Palaeotectonic settings. The formation was formed on the stable settle platform. The E-W structure piling in this area played an upward well-fed part. The platform acquired more stable subsidence.

2. Palaeogeographic conditions. Three parts of this area were surrounded by

land. The Neifeng land (North) and the Daminshan old land (South) had got aged. The uplifting Yunkai old land (East) transported its terrigenous clastics into the sea. But they were sustained by the bathyal basin at the margin of the old land. Therefore the water was shallow and clear on the platform, when the climate was warm and full of sunshine, organism was thriving and the carbonate platform was formed rapidly. The other part of the platform was open to the sea. The water came in and out freely. With difference of relief, the facies change occurred.

3. The effect of algae. The algae, especially the *Gymnocodium* were dominant in the roof and bottom of coal bed. Sometimes they formed the algae limestone. That the *Gymnocodium* always intergrew with some of algae colloid foraminifera and ostracod showed shallow water circumstance. It is somewhat difficult to sort the clastic of organism and it was intact individually, sometimes it could be disintegrated or broken. Their edge angles and less abrasion showed a lower energy and intermittent turbulent environment. After the depth of the *Gymnocodium*, most of them accumulated *in situ*, and spread to laminate on the floor. It is called the algae-flat. Accompanying the platform uplift, the *Gymnocodium* played an important role in the shallowing upward sequence. When the algae-flat rose above the low tide, the soil in which plants grew occurred.

4. Coal-forming substances. In the past people did not know the origin that coal bed cored on the limestone. When the present mangrove (eg. *Rhizophoraceae*) plants are observed in the intertidal zone, the view that peat could be formed by mangrove-like plants is put forward. It is imaginable that the plants of late palaeozoic era could live in saline or brackish water. Later we noticed that the fossils of normal swamp were found on the roof of coal bed as well. Therefore, in the in-coalation process, the coal-forming plants of coal bed of Heshan formation were mangrove-like plants in the earlier stage, and normal swamp plants in the middle and later stages and this was also the process of the algae-flat swamp transforming into the normal marsh.



1. 裸松藻灰岩“藻薄层”构造，潮坪相。个体完整之裸松藻顺层排列所构成，基质为泥晶方解石和炭质。广西扶绥崇岁，合山组上段Ⅵ煤之夹矸。
2. 泥晶生地灰岩，潮坪相。图右上、中及右下各有一个介形虫完整壳体，以直立状态埋藏，表示海水。能量很低。广西来宾合山、合山组上段。
3. 含炭藻泥晶灰岩，潮坪相。生地屑主要为裸松藻，广西扶绥崇岁，合山组上段
4. 粪粒（或掘穴物），潮坪相，颗粒为黑色、截面圆形或四方矩柱，富有机质，广西宜山河流，合山组下段。
5. 含生物泥晶灰岩，鸟眼构造，潮坪相。基质为泥晶方解石。鸟眼中充填亮晶方解石。广西宜山海河，合山组中段。
6. 亮晶海绵灰岩，台地边缘生地礁相。灰白色者为亮晶方解石胶结物，栉壳结构。广西平梁海城，合山组下段。
7. 亮晶粗砂屑灰岩，台地边缘浅滩相。亮晶方解石结构。广西田林高龙，合山组中段。