

# 辽东早石炭世植物群埋藏 类型及生存环境

金 建 华

(中山大学生物系, 广州 510275)

**摘 要** 通过对植物化石的保存及分选情况、植物体自身的抗破坏能力及分类群特征以及沉积环境的分析得出, 辽东早石炭世植物群埋藏类型属原地埋藏或亚原地埋藏, 其生存环境为湿热的淡水滨岸沼泽环境。

**关键词** 埋藏类型 生存环境 植物群 早石炭世

## 1 植物群组成特征

辽东太子河流域早石炭世植物群分布于桓仁县木孟子、本溪县田师付以及本溪市牛心台、高台子等地, 经作者等研究, 共计 21 属 42 种, 其中以石松纲占优势, 次为真蕨纲和种子蕨纲, 此外, 还有少量楔叶纲、种子及科达纲等(米家榕等 1990; 金建华, 1992)。根据这一植物群在不同地点的组成分子及丰富程度的差异, 可划分为 4 个植物组合, 即桓仁木孟子早石炭世植物组合、本溪田师付早石炭世植物组合、本溪牛心台早石炭世植物组合和本溪高台子早石炭世植物组合(见表 1)。

## 2 植物群埋藏类型及生存环境分析

在古植物生态研究中, 为了恢复古植物群落的面貌, 首先必须对植物化石的埋藏特征进行分析。根据植物化石是否经过搬运, 总的可分为原地埋藏和异地埋藏两种类型, 如经过一定距离的搬运, 但距离较短则可视作亚原地埋藏。原地埋藏和亚原地埋藏的植物化石大致可反映古植物群落的组成特征, 其埋藏环境则反映了当时植物群的生存环境。

本文根据植物化石的保存和分选情况、植物体自身的抗破坏能力、古植物分类群生态学特征以及沉积环境特征等方面(刘宝珺等, 1985; 同济大学海洋地质系, 1980; Scott, 1977; 1979)对上述辽东太子河流域 4 个早石炭世植物组合的埋藏类型及生存环境分析如下。

### 2.1 桓仁木孟子早石炭世植物组合埋藏特征和生存环境

桓仁木孟子早石炭世植物组合含括 14 属 25 种, 以石松纲、真蕨纲和种子蕨纲占优势。石松纲一般为沼泽植物, 其中原始鳞木目亚鳞木属分子保存状况良好, 叶座轮廓清晰, 拱形痕明显, 其小枝化石较丰富, 常与叶保存在一起, 反映了原地埋藏的特征。鳞木目鳞木属分子保存一般, 叶座轮廓比较清晰, 但维管束痕及侧痕一般不很明显, 而且保存了鳞木类植物表皮和皮层脱落后茎干内部的形态, 即周皮相 *Bergeria* 和内模相 *Knorria*, 此

表 1 辽东太子河流域早石炭世植物群地区组合的划分  
Table 1 Regional society differentiating of early carboniferous flora form Eastern Liaoning

桓仁孟子早石炭世植物组合	本溪田师付早石炭世植物组合	本溪牛心台早石炭世植物组合	本溪高台子早石炭世植物组合
<p><i>Sublepidodendron bicostae</i>  <i>S. mirabile</i>  <i>S. sp.</i>  shoots of <i>Sublepidodendron</i>  <i>Lepidodendron ninghsiaense</i>  <i>L. sp. 1</i>  <i>Bergeria sp.</i>  <i>Knorria sp.</i>  <i>Lepidostrobus grabau</i>  <i>Lepidostrobohyllum sp.</i>  <i>Asterophyllites?</i> sp.  <i>Conchophyllum richthofeni</i>  <i>Cardiopteridium spetsbergense</i>  <i>Sphenopteris obusiloba</i>  <i>Sph. cf. schatzlarensis</i>  <i>Rhedeopteridium hstanghsiangensis</i>  <i>Rh. sp.</i>  <i>Allotopteris sp.</i>  <i>Pecopteris aspera</i>  <i>Neuropteris gigantea</i>  <i>N. cf. antecedens</i>  <i>N. cf. pseudoblissi</i>  <i>Cordaites cf. principalis</i>  <i>Trigonocarpus sp.</i></p>	<p><i>Lepidodendropsis?</i> sp.  <i>Sublepidodendron mirabile</i>  <i>S. robertii</i>  <i>S. sp.</i>  shoots of <i>Sublepidodendron</i>  <i>Sigillaria sp. 1</i>  <i>S. sp. 2</i>  <i>Lepidostrobus grabau</i>  <i>L. sp.</i>  <i>Lepidostrobohyllum sp.</i>  <i>Lepidophylloides sp.</i>  <i>Archaeocalamites scrobiculatus</i>  <i>Mesocalamites cistiformis</i>  <i>Cardiopteridium spetsbergense</i>  <i>Neuropteris gigantea</i>  <i>Cordaites cf. principalis</i>  <i>Hexagonocarpus sp.</i>  <i>Trigonocarpus schultzeanus</i>  <i>Tr. sp.</i></p>	<p><i>Sublepidodendron bicostae</i>  shoots of <i>Sublepidodendron</i>  <i>Lepidostrobohyllum cf. ovatifolium</i>  <i>Conchophyllum richthofeni</i>  <i>Sphenopteris changdaensis</i>  <i>Allotopteris sp.</i>  <i>Neuropteris gigantea</i>  <i>Cordaites cf. principalis</i>  <i>Trigonocarpus sp.</i></p>	<p><i>Sublepidodendron benxiense</i>  <i>S. bicostae</i>  <i>S. tangshanense</i>  shoots of <i>Sublepidodendron</i>  <i>Lepidodendron ninghsiaense</i>  <i>L. cf. volkmannianum</i>  <i>L. sp. 2</i>  <i>Lepidostrobus grabau</i>  <i>Lepidostrobohyllum cf. ovatifolium</i>  <i>L. sp.</i>  <i>Stigmara ficoides</i>  <i>Conchophyllum richthofeni</i>  <i>Neuropteris gigantea</i>  <i>N. cf. antecedens</i>  <i>Cordaites cf. principalis</i>  <i>Trigonocarpus sp.</i></p>

外,还保存有鳞木类孢子叶穗和孢子叶化石,其中, *Lepidostrobus grabau* 孢子囊形状不清楚, *Lepidostrobophyllum* sp. 仅保存为孢子叶的上半部分,未发现根部化石,上述特征反映了鳞木目植物可能经历了短距离搬运的亚原地埋藏特征。真蕨纲和种子蕨纲植物一般蕨叶都很小, *Neuropteris*、 *Cardiopteridium* 属的分子均仅保存为单独的小羽片,其中, *Neuropteris* 属小羽片基部呈心形,与末级羽轴的联系非常弱,很容易脱落; *Cardiopteridium* 属小羽片基部具有一短柄,以此着生在羽轴上,也较容易脱落。 *Sphenopteris*、 *Alloiopteris*、 *Pecopteris* 属的分子保存比较破碎,标本体积小,叶脉也不很清晰。 *Rhodopteridium hsianghsiensis* 保存较好,须状小羽片非常清晰。此外,还有一些不能鉴定的蕨类植物碎片。从上述真蕨纲和种子蕨纲植物的埋藏情况可以看出,有些保存较好,如 *Rhodopteridium hsianghsiensis* 可能为原地埋藏,有些保存欠佳或仅单独保存为小羽片,这一方面反映了早期蕨类植物蕨叶较小,叶质比较柔弱,植物体自身抗破坏能力还很弱以及植物体自身的结构特征,导致小羽片易脱落而分散保存,另一方面也反映了这些蕨类植物可能经历了较短距离的搬运,为原地埋藏或亚原地埋藏。楔叶纲植物 *Asierophyllites?* sp. 保存为小枝,叶子已脱落;飘叶目 *Conchophyllum richthofenii* 叶质较厚,一般保存为带羽叶的枝条,保存状况尚好,但也有些仅保存为小叶片,上述特征反映了楔叶纲可能经历了较短距离的搬运,属亚原地埋藏类型。科达纲中的 *Cordaites* 属分子叶保存较长,叶脉清晰,反映了原地埋藏的特征。种子化石 *Trigonocarpus* 虽然全为单独保存,没有发现与母体植物保存在一起的情况,但保存完整,轮廓清晰,可能成熟后脱离母体而在原地埋藏,也可能随母体植物经历短距离的搬运而脱落,属亚原地埋藏。

综上所述,桓仁木孟子早石炭世植物化石基本反映了原地埋藏或亚原地埋藏的特征,其埋藏环境大致可反映它们当时的生活环境。值得指出的是,与植物化石共生的还有空棘鱼类的鱼鳞化石,保存状况较好,同心纹及放射纹很清晰,表明搬运距离不会太远。据王念忠等(1981)研究,空棘鱼类化石分布于欧洲、北美和亚洲等地中泥盆世至晚二叠世地层中,主要生活于大陆环境,晚二叠世逐渐向海洋环境发展。当前空棘鱼类的鱼鳞化石与植物化石共生,产出层位为黑色页岩,其中有一层很薄的煤线,显示泥炭沼泽相的特征。根据微量元素<sup>1)</sup>分析,硼(B)的含量为  $74.4W(B) \times 10^{-9}$ , 硼镓比值(B/Ga)为 1.8, 锶钡比值(Sr/Ba)为 0.60, 均显示淡水沉积的特征。上述特征反映了这些空棘鱼类分子可能生活于水分充足的沼泽环境中,而植物则生活于水体的附近。

## 2.2 本溪田师付早石炭世植物组合埋藏特征和生存环境

本溪田师付早石炭世植物组合包括 13 属 19 种,以石松纲植物占绝对优势,这类植物一般生活于沼泽环境中。其中原始鳞木目拟鳞木属分子 *Lepidodendropsis?* sp. 保存较好,叶座清晰,常与叶保存在一起;亚鳞木属分子保存亦较好,叶座及拱形痕均清晰, *Sublepidodendron robertii* 一种叶座下部的横皱纹非常明显。上述特征反映了原始鳞木目分子基本为原地埋藏。封印木属的茎干表面如果在石化以前受到侵蚀时,则会变成另外的形状,如保存为笛封印木(*Syringodendron*)式的印痕,在这种印痕上通气组织痕显得特征清楚(克里什托弗维奇,1957)。当前封印木属的 2 种虽然表皮均脱落,仅保存茎干内部的状态

1) 本文中的微量元素均由长春地质学院分析测试中心测试。

态,但维管束痕十分清晰,呈纵向排列,而且茎干保存体积大,长达 10cm 以上,最宽近 10 cm;不大可能经历较长距离的搬运。根据扫描电镜对粘土矿物的分析表明,此层矿物基本为高岭石,这一粘土矿物常形成于潮湿气候酸性介质中岩石被强烈淋滤的条件下。因此,封印木表皮的脱落很可能是在埋藏石化前遭受水介质的侵蚀所致,而非经历较长距离的搬运,埋藏类型属原地埋藏。*Lepidostrobus grabau* 保存一般,孢子囊形状不明;孢子叶仅保存为上半部分,营养叶保存亦不全,上述特征表明这些孢子叶穗、孢子叶和营养叶可能经过较短距离的搬运,属亚原地埋藏。楔叶纲中 *Archaeocalamites scrobiculatus* 保存欠佳,仅有一个节线,节间长度不清楚,反映经过短距离的搬运破坏。*Mesocalamites cistiformis* 保存有 11 个节线,沟和肋特征非常明显,反映了原地埋藏的特征。真蕨纲和种子蕨纲中 *Neuropteris gigantea* 均为单独保存的小羽片,小羽片非常多,堆积重叠杂乱无章,分选差,反映这些小羽片基本在原地脱落后埋藏形成的。种达纲 *Cordaites* 分子保存较破碎,反映经历了短距离搬运的亚原地埋藏特征。种子化石较多,但大多保存较好,基本属原地埋藏类型。

综上所述,本溪田师付早石炭世植物化石基本反映了原地埋藏或亚原地埋藏的特征,埋藏环境基本可以代表植物的生存环境。根据对植物化石产出层位的微量元素分析, B 的含量为  $30.0W(B) \times 10^{-6}$ , B/Ga 为 1.50, Sr/Ba 为 0.51,反映了淡水沉积的特征。因此,本溪田师付早石炭世植物的生存环境为淡水滨岸沼泽环境。

### 2.3 本溪牛心台早石炭世植物组合埋藏特征和生存环境

本溪牛心台早石炭世植物组合包括的属种较少,仅有 8 属 9 种。*Sublepidodendron bicostae* 保存体积较小,但叶座轮廓及拱形痕尚清晰,亚鳞木小枝化石保存欠佳,但保存为二歧分叉的顶部,反映这些植物化石虽经搬运,但搬运距离不会太远。孢子叶在本区保存的亦为其上半部分,与下半部分脱离。*Conchophyllum richthofenii* 保存的虽为带羽叶的枝条,但保存长度很短,小叶片仅有 2~3 个。*Sphenopteris changduensis*, *Alloiopteris* sp. 保存的为末次羽片,但保存长度也很短,而且叶脉不很清晰。上述特征反映了这些植物经历了较短距离的搬运,属亚原地埋藏。*Neuropteris gigantea* 虽为单独保存的小羽片,但小羽片保存完整,叶脉清晰,可能为小羽片原地脱落后埋藏形成。*Cordaites* cf. *principalis* 叶子保存比较破碎,但叶脉清楚。种子化石 *Trigonocarpus* 虽单独保存,但轮廓完整。上述两种反映了亚原地埋藏或原地埋藏的特征。

综上所述,本溪牛心台早石炭世植物化石主要为亚原地埋藏,也有少量属原地埋藏类型,因此,植物化石的埋藏环境基本可反映植物当时的生存环境。根据植物化石层的微量元素分析, B 的含量为  $15.3W(B) \times 10^{-6}$ , B/Ga 为 1.0, Sr/Ba 为 0.54,反映了淡水沉积环境。根据植物组合特征,可以判断本溪牛心台早石炭世植物生活于淡水滨岸沼泽环境。

### 2.4 本溪高台子早石炭世植物组合埋藏特征和生存环境

本溪高台子早石炭世植物组合包括 9 属 16 种,以石松纲占绝对优势。其中,原始鳞木目亚鳞木属分子较多,保存较好,叶座及拱形痕保存清晰,小枝化石尚与叶保存在一起,反映了原地埋藏的特征。鳞木目鳞木属分子一般叶座、叶痕轮廓均较清晰,维管束痕和侧痕也清晰可辨。此外,尚保存有鳞木类的根部化石——*Stigmaria ficoides*。上述特征反映了鳞木目植物为原地埋藏。鳞木类的孢子叶穗及孢子叶化石在本区保存一般, *Lepido-*

*strobilus grabau* 保存了孢子叶穗的顶部,孢子叶细如毛发,未脱落,但孢子囊形态不明。*Lepidostrobophyllum* cf. *ovatifolium* 保存较好,*L. sp.* 仅保存孢子叶的上半部分。上述特征反映了本区孢子叶穗和孢子叶化石可能经历较短距离的搬运,属亚原地埋藏。楔叶纲瓢叶目分子 *Conchophyllum richthofenii* 一般保存为带羽叶的枝条,但亦有保存为单独的小叶片,属原地埋藏或亚原地埋藏。真蕨纲和种子蕨纲植物仅有 *Neuropteris* 一属,均保存为单独的小羽片。*Neuropteris gigantea* 边缘常受到磨损,导致保存不全,但叶脉清晰;*Neuropteris* cf. *antecedens* 的小羽片很小,一般保存较完整。上述特征反映了 *Neuropteris* 属的分子可能经历了较短距离的搬运,搬运过程中,体积较大的小羽片易受到破坏,而体积较小的则不易遭受磨损,埋藏类型属亚原地埋藏。科达纲植物 *Cordaites* 叶子保存较破碎,但叶脉清晰,反映了亚原地埋藏的特征。种子化石——*Trigonocarpus* 单独保存,种子轮廓及其上的脊保存清晰,可能为原地脱落埋藏而形成。

综上所述,本溪高台子早石炭世植物化石反映了原地埋藏或亚原地埋藏的特征,其埋藏环境大致可代表植物在当时的生存环境。从植物化石层的岩石微量元素分析可以看出, B 的含量为  $40.5W(B) \times 10^{-8}$ , B/Ga 为 0.90, Sr/Ba 为 0.50, 反映了淡水沉积的特征。从植物组合以石松纲占绝对优势可知, 本溪高台子早石炭世植物的生存环境为淡水滨岸沼泽环境。

### 3 结 论

从上述对辽东太子河流域 4 个地点早石炭世植物化石的埋藏特征分析表明, 本区植物化石基本为亚原地埋藏或原地埋藏, 因此, 埋藏环境也大致反映了植物的生存环境。从 4 个地点的植物组合可以看出, 虽然各地面貌不尽相同, 但总体特征相似, 均以石松纲占优势, 其次为真蕨纲和种子蕨纲以及楔叶纲等。一般认为, 根据植物群中的各类植物比例可大致反映植物的生存环境, 低地植物群可分两种类型, 沼泽环境中低地植物群是以石松纲和楔叶纲植物占优势, 而洪积或冲积平原环境中的低地植物群以真蕨纲和种子蕨纲以及楔叶纲植物最繁盛; 高地植物群则以银杏纲和松柏纲植物占优势。显然, 当前辽东太子河流域早石炭世植物群应是生活于沼泽环境中的低地植物群。这与本区当时的古地理特征是一致的。辽东太子河流域在经历了早奥陶世上马家沟期沉积以后, 长期以来处于风化剥蚀状态, 致使地表凹凸不平, 直至早石炭世晚期, 随着海水的侵入, 首先在一些低洼地段的风化面上接受了铁铝质沉积。随着海水的退出和河流砂体的带入, 这些低洼地段逐渐发生淤积, 发展成滨岸沼泽环境, 促使植物大量生长。从当前植物群的组成可以看出, 主要为拟鳞木、亚鳞木、鳞木、古芦木、中芦木以及真蕨纲和种子蕨纲等分子, 这些植物一般认为反映了湿热的气候条件。从粘土矿物分析看, 主要为高岭石, 岩石中石英含量高, 长石很少, 表明成熟度较高, 反映当时为气温较高的湿热环境。从上述对 4 个地点植物化石层的微量元素分析可知, 它们均反映了淡水沉积的特征。因此, 辽东太子河流域早石炭世植物群的生存环境为湿热的淡水滨岸沼泽环境。

## 参 考 文 献

- 米家裕、孙克勤、金建华, 1990: 辽宁本溪早石炭世植物化石, 长春地质学院学报, 20(4)。  
 金建华, 1992: 辽东太子河流域早石炭世植物群, 长春地质学院学报, 博士生论文集。  
 刘宝瑄等, 1985: 岩相古地理基础和工作方法, 北京: 地质出版社。  
 同济大学海洋地质系, 1980: 海陆相地层辨, 认标志, 北京: 科学出版社。  
 王念忠、刘宪亭, 1981: 浙江长兴组的空棘鱼化石, 古脊椎动物与古人类, 19(4)。  
 克里什托弗维奇, A. H. 著, 1957: 古植物学, 北京: 中国工业出版社。  
 Scott, A. C., 1977: A review of the ecology of Upper Carboniferous plant assemblages, with new data from Strathclyde. *Palaeontology*, 20.  
 -----, 1979: The ecology of coal measure flouras from northern Britain. *Geol. Assoc. (London) Proc.* 90(3).

## BURIAL TYPE AND LIVING ENVIRONMENT OF EARLY CARBONIFEROUS FLORA FORM EASTERN LIAONING

Jin Jian-hua

(Department of Biology, Zhongshan University, Guangzhou 510275)

### Abstract

Based on retention and sorting characters of fossil plants, plants resistance to crushing, fossil assemblage and analysis of the sedimentary environment, the burial type of Early Carboniferous flora form eastern Liaoning was autochthonous burial or hypautochthonous burial, and its living environment was a coastal freshwater swamp environment.

**Key words** Burial type, Living environment, Flora, Early Carboniferous