

编者按:本期选登了1997年中国古生物学会四川·西藏联合组与四川地质学会地层古生物专业委员会举办的地层古生物学术研讨会六篇论文,是作者近期在该学科领域内的最新研究成果,具有较高水平的学术价值,特别是对区调、地层古生物等基础学科的野外和室内工作,以及科研等具有参考意义。

四川盆地南北缘志留纪Ⅲ型干酪根 及其地质意义

张廷山 陈晓慧 兰光志 边立曾 俞剑华

(西南石油学院勘探系)

(南京大学地球科学系)

[内容提要] 从四川盆地南北缘近古陆的下志留统中所获干酪根显示,主要以Ⅲ型为主,其中含有管胞、木质素、纤维素等维管植物成分,而在盆地内的远离古陆地区干酪根则表现出以Ⅰ型为主。据此不仅说明在早志留世早期本区古陆上已出现有维管植物,而且进一步证实环境因素对植物演化具有重要影响。

关键词: Ⅲ型干酪根 维管植物 四川盆地南北缘 早志留世

早志留世时,大量具管胞、木栓质及纤维体的植物碎屑沉积在四川盆地南北缘海相环境中,形成了Ⅲ型干酪根。这一事实证明当时古陆上可能已具有目前世界上所知的最早的维管植物,而维管植物的演化受古地理格局的控制。

1 地质背景

上扬子板块内部大地构造稳定,早志留世沉积环境和分布,与板块内部古隆起有着极为密切的关系,由古隆起控制局部地区古地理格局来影响生物礁的分布及发育。早志留世时,代表该区受古隆起控制的沉积环境有四川盆地南北缘的川西北地区以及川东南、黔北地区。

1.1 川西北地区(四川盆地北缘)

本区分属四川广元和陕西宁强所管辖,志留纪地层沿后龙门山大断裂东侧呈北东-南西向呈条带状分布。除局部地区可能有上志留统地层外,主要出露兰德维里(Llandovery)至文罗克(Wenlock)统,最大厚度达1328m。根据底栖生物和笔石的生态组合特征显示,本区当时的沉积水深主要处于BA₂-BA₃和BA₃带,少数有BA₁至BA₃带的深度分带位置,推测水深主要在30~60m左右(陈旭,1990),为正常波基面之下的浅海环境。

在古地理位置上,该区位于汉南古陆西南及碧口古陆东南面(图1),其沉积环境的古地

① 本文1998年1月11日收修改稿。

② 本文由“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室开放基金资助(四川盆地志留纪生物礁及有机岩石学研究,编号:95079712005)

③ 本文为1997年地层古生物学术研讨会论文。

理格局及其发育与演化,主要受该两个古陆的控制。汉南古陆及碧口古陆为扬子板块北部边缘海沟组合体靠陆一侧,为中新元古代所形成的岛弧山系(陶洪祥等,1993)。早古生代时构造稳定,至早志留世时古陆南面发育一宽缓的陆表海,在川西北地区发育向板块内部倾斜的陆源碎屑—碳酸盐岩沉积匀斜缓坡—盆地沉积环境^[1](图2)。

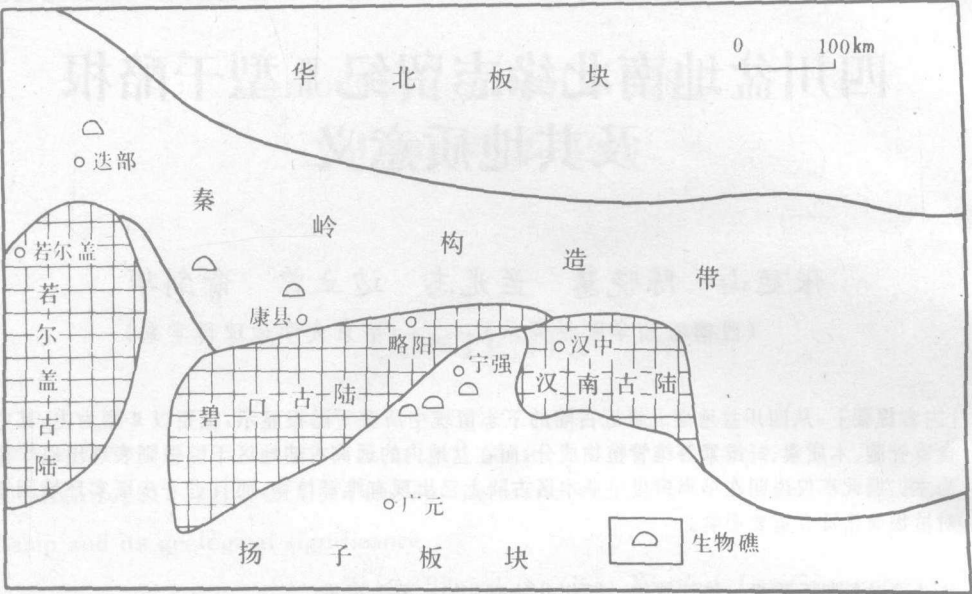


图1 上扬子板块北部西侧志留纪早期古地貌示意图
Fig. 1 Sketch to show the palaeogeomorphy of the western side in the northern part of the Upper Yangtze plate during the Early Silurian

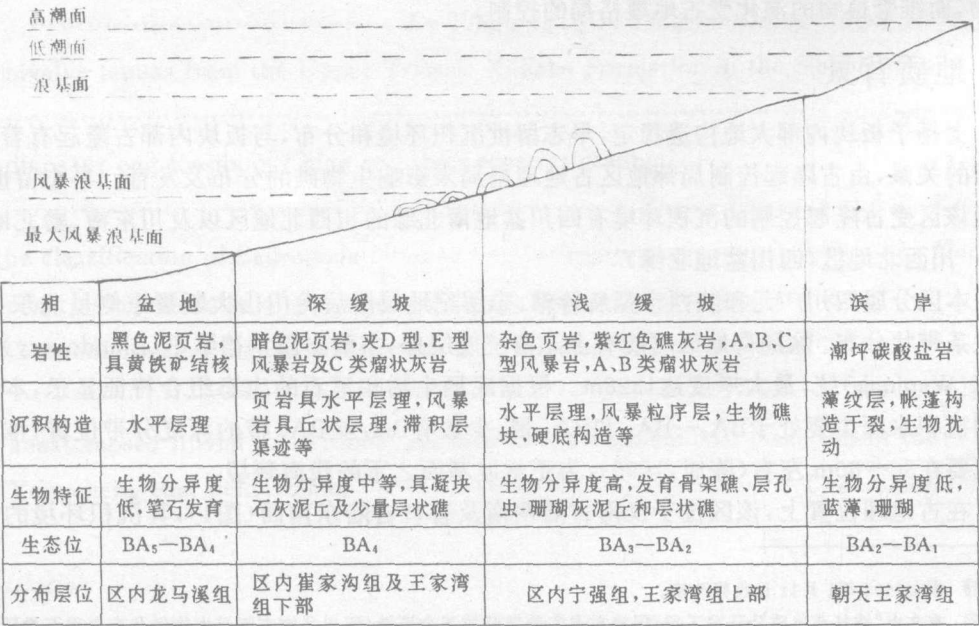


图2 川西北地区志留纪沉积模式
Fig. 2 Sedimentary model for northwestern Sichuan during Silurian time

1.2 川东南、黔北地区(四川盆地南缘)

该区位于贵州遵义以北以及四川綦江至酉阳一线以南地区,石牛栏期时(Llandovery 中晚期),发育有较好的点礁、小型灰泥丘以及生物层状礁。早奥陶世宁国晚期至晚奥陶世石口期发生大范围海退,贵州地区的中部和西部变为陆地,形成黔中古隆起。至早志留世时,黔中古隆起成为控制本区古地理格局的主要因素。由于受古隆起的影响,早志留世时,在黔中古隆起北面及其东北面都形成有与川西北地区相似的陆源碎屑—碳酸盐岩混积缓坡环境。于石牛栏早中期,在近古隆起的浅水区发育生物礁及生物层状礁,而远离古隆起区,地层厚度逐渐加大且生物礁及生物层状礁分布范围和规模逐渐减小,最终为泥页岩所代替(图3、图4)。同时,石牛栏组上、下的韩家店组和龙马溪组也具有随着远离古隆起,厚度逐渐增加的现象,反映出当时的古地形特征。由于古隆起的存在,志留纪沉积大致环该古隆起分布(贵州省地质矿产局,1987)。大量的Ⅲ型干酪根就发现于四川盆地南北缘近古陆的龙马溪组和王家湾组的下志留统地层中。

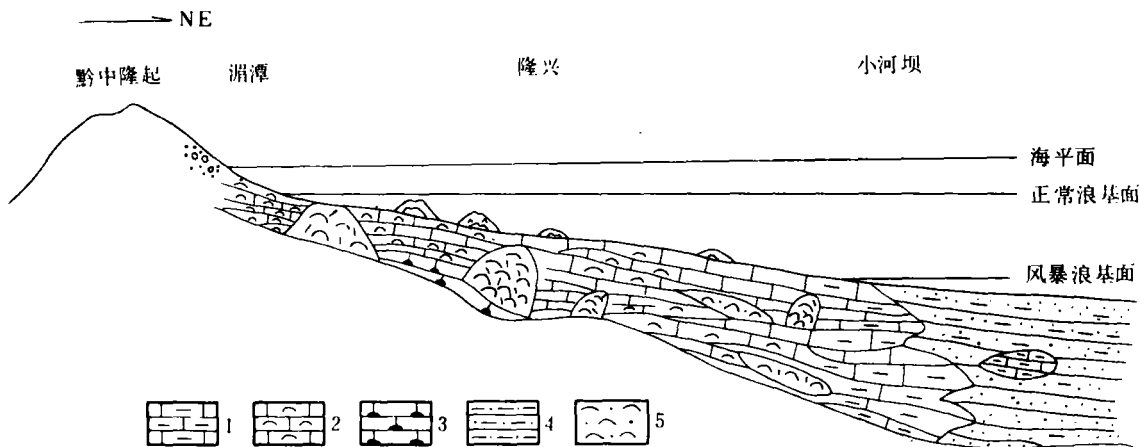


图3 四川盆地南缘志留系石牛栏组沉积模式图

1. 泥质灰岩; 2. 生物屑灰岩; 3. 瘤状灰岩; 4. 砂页岩; 5. 生物礁

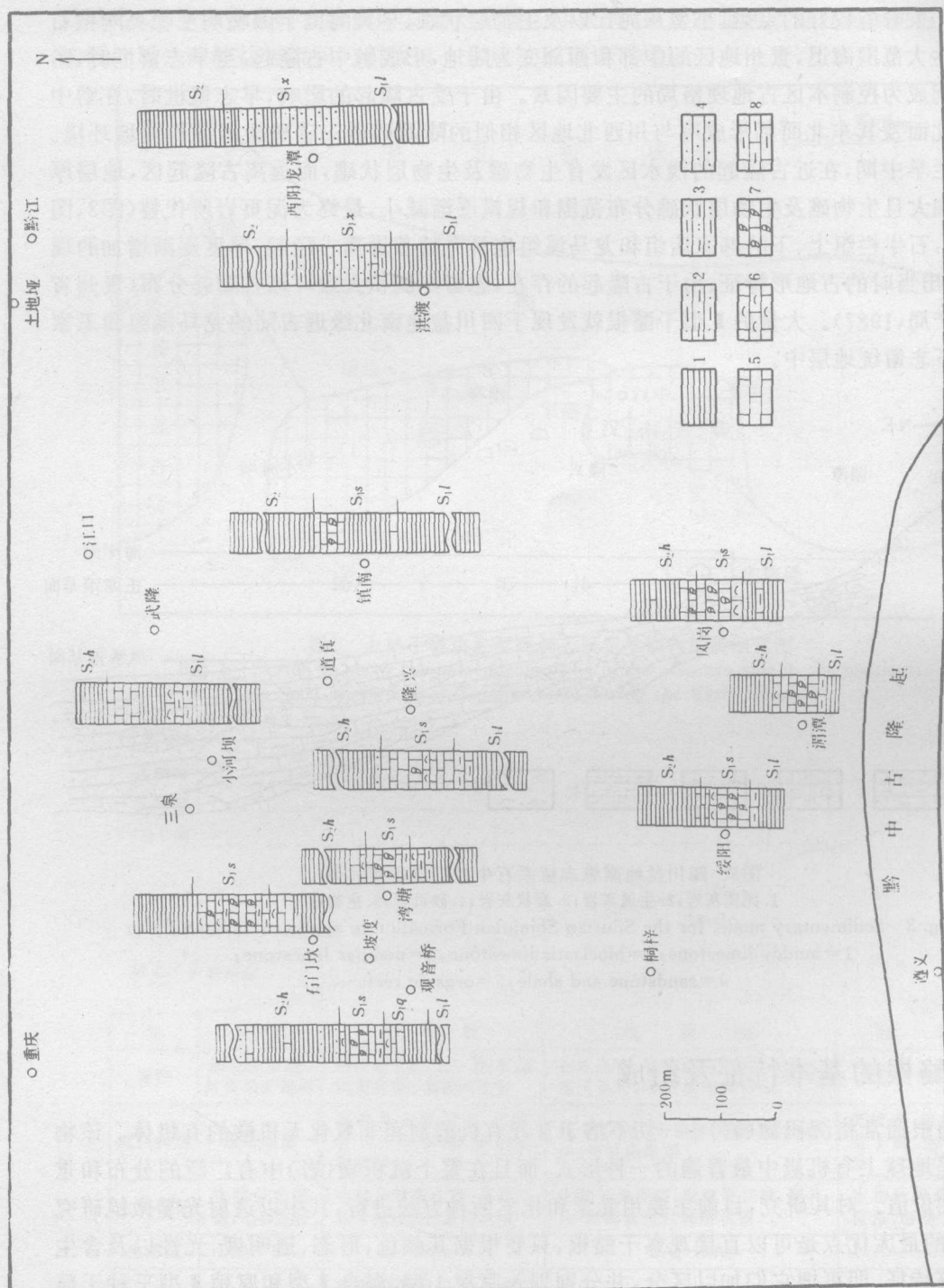
Fig. 3 Sedimentary model for the Silurian Shiniulan Formation in southern Sichuan Basin

1=muddy limestone; 2=bioclastic limestone; 3=nodular limestone;

4=sandstone and shale; 5=organic reefs

2 干酪根的基本特征及组成

干酪根通常指沉积物(岩)中一切不溶于常规有机溶剂和非氧化无机酸的有机体。该物质不仅是地球上有机炭中最普遍的一种形式,而且在整个沉积物(岩)中有广泛的分布和重要的生油价值。对其研究,目前主要用光学和化学两种方法进行,其中以透射光显微镜研究最多,它的最大优点是可以直接观察干酪根,只要根据其颜色、形态、透明度、光性以及含生物化石等特征,即可把它们加以区分,并分别划入腐泥Ⅰ型、混合Ⅱ型和腐殖Ⅲ型三种干酪根类型,其中Ⅰ型干酪根主要来源于海生浮游藻类和菌类等微小生物,而Ⅲ型干酪根主要来源于富含木质素、纤维素、丹宁等陆生高等植物。



前人曾对四川盆地志留系干酪根做过不少研究,大都认为主要含Ⅰ型干酪根,仅有少量Ⅰ型干酪根存在,未发现过木质素、纤维素之类的高等植物成分,其饱和烃/芳香烃平均值为3.08, $\delta^{13}\text{C}$ 值为 -27.43% 至 -28.49% ^[2]。但是,笔者在川西北广元井下Llandoverly早、中期地层的样品中,发现大量以木栓质体、情质体及纤维质为主的Ⅲ型干酪根,且植物的输导组织明显,显示了陆生高等植物的特点。另外,在四川盆地南缘的川南、川西南下志留统地层中,李文峰^[3]也发现有大量陆生植物管胞的Ⅲ型干酪根存在。在黔北的Telychian期地层中也发现有早期维管植物化石和孢子^[6]。笔者认为,上述发现决非偶然,他对植物演化和四川盆地早志留世沉积环境的分析具有重要意义。早志留世时,在上扬子板块内的古陆上就已有较为高等的陆生植物存在,而植物登陆的时间还可追索到古陆开始发育的奥陶纪。当时川西北、川南及川西南等地区为紧邻古陆的缓坡环境^[1],古陆上的风化剥蚀作用将大量陆生植物碎屑带入靠近古陆的缓坡环境中沉积下来,形成Ⅲ型干酪根。而远离古陆的海区,主要有有机质沉积为海相菌藻类,形成Ⅰ型干酪根。由于过去对含有干酪根样品的采集都集中在生油条件好的远离古陆地区(现今四川盆地内部),所以未发现Ⅲ型干酪根的存在。四川盆地南北缘Ⅲ型干酪根的发现对研究植物的演化史和认识四川盆地早志留世沉积环境都具有重要意义。

本次研究所涉及的地区和样品主要为采自四川广元河湾场某井的粉砂岩、页岩岩心,相当于龙马溪组和王家湾组,其分布井深和组成详见表1。

表1 川西北早志留世干酪根类型及特征

Table 1 Types and characteristics of the Silurian kerogen from northwestern Sichuan

序号	层位	井深(m)	岩性	干酪根类型	代表化石	成熟度
1	王家湾组	4000.5	深灰色页岩	Ⅲ型	几丁虫	高一过成熟
2	王家湾组	4000.5	深灰色页岩	Ⅲ型	镜质体	高一过成熟
3	王家湾组	4000.5	深灰色页岩	Ⅲ型	孢子	高一过成熟
4	王家湾组	4000.5	深灰色页岩	Ⅲ型	纤维碎片	高一过成熟
5	王家湾组	4000.5	深灰色页岩	Ⅲ型	情质体	高一过成熟
6	王家湾组	4000.5	深灰色页岩	Ⅲ型	管胞	高一过成熟
7	龙马溪组	4226	深灰色粉砂岩	Ⅲ型	镜质体	过成熟
8	龙马溪组	4226	深灰色粉砂岩	Ⅲ型	孢子	过成熟
9	龙马溪组	4226	深灰色粉砂岩	Ⅲ型	降解孢子	过成熟
10	龙马溪组	4226	深灰色粉砂岩	Ⅲ型	木栓质碎片	过成熟

其中干酪根具大量高等植物输导组织化石碎片,常见有①植物管胞,具明显的纵行具缘纹孔,纹孔长卵圆形,颜色为棕黄色;②高等植物的木栓质体,其特征为具龟裂纹状块体,似树皮状,颜色为棕红色,外形具有一定的磨圆度,代表曾经过一定搬运作用改造的植物碎片;③高等植物纤维素成分,其特征为束状纤维体,呈棕黑色,代表植物的部分碎片;④孢子,共发现两种孢子,分别为近圆形和卵圆形,似具角质化层,颜色为棕黄色;⑤几丁虫(Chitinozoa),壳体为瓶形,具圆柱状颈,长约占壳体的1/4左右,底部圆,具短刺状附属物。整个化石体为黑色。几丁虫是在志留纪绝灭的海生动物。

川西北地区志留纪含干酪根化石的组合特征与李文峰^[3]所描述的川南及川西南志留纪含干酪根化石的组合特点基本相同(表2),说明四川盆地南北缘在早志留世时具有相似的沉积环境和沉积物来源。

表2 川南—川西南下志留统顶部干酪根组合特征及类型(据李文峰,1990)

Table 2 Types and characteristics of the kerogen associations from the uppermost part of the Lower Silurian strata in the southern and southwestern Sichuan(after Li Wenfeng,1990)

产地	层位	岩性	显微组分含量 (wt/%)				类型
			腐泥组	壳质组	镜质组	惰质组	
川南	S ₁	泥岩	16	14	15	55	腐殖型
川西南	S ₁	灰绿色页岩	19	19	14	48	腐殖型
川西南	S ₁	灰绿色页岩	14	20	12	54	腐殖型

3 意义

关于植物登陆的时间,一直为植物学家们争论的焦点。过去,人们认为最早陆生植物为早泥盆世裸蕨(*Psilophyton*)。它是一类生活于陆上淡水环境中的早期陆生维管植物类群^[4]。近年来,已有许多很好的证据说明维管植物是在晚志留世登陆的,如产于英国威尔士Ludlowian地层中的*Steganotheca* cf. 与产于南威尔士下泥盆统下部老红砂岩中的*Steganotheca striata* 极为相似,可以认为是最古老的陆生植物^[5]。初期登陆的植物为几类处于不发达阶段的植物集合体,不具木栓质和纤维组织,不能直立^[5]。四川盆地早志留世南北缘陆源Ⅲ型干酪根中的大量管胞、木栓质及纤维组织的发现,说明在上扬子区早志留世时,古陆上已有较为高等的陆生植物生活。由于具有具支持力的纤维组织、木栓质和管胞,推测植物体已可以直立,而植物登陆的时间有可能更早。早期登陆的植物,为不具输导组织和木质素的苔藓植物类群,在奥陶纪早中期地层中已有发现^[8,9]。

植物登陆与环境关系十分密切,其原因是由于志留纪晚期发生的造陆运动使地壳隆起,生活于海洋中的植物被迫从海洋中上陆,随着陆地面积的扩大,植物由水生生活方式变为时而离开水体,时而又进入水中,如此反复历经数十万年,使植物体内纤维组织、木栓质等能起支持作用的组织发育起来,植物能直立生活,产生了即使离开水体也能生活的适应体制。而我国上扬子区古生代大地构造环境特殊,在板块内部于奥陶纪时,发育一系列古陆,一直到早志留世。古陆控制了早志留世沉积环境的分布。由于汉南古陆、碧口古陆和黔中古隆起的存在,使川西北、川南及川西南等地区在早志留世时,发育了向板块内部倾斜的陆源碎屑—碳酸盐岩匀斜缓坡^[1]。由于该区古陆的发育早于志留纪,因此,可能迫使海生植物于奥陶纪时(中晚奥陶世)开始向陆地上迁移,至早志留世时,为了适应陆地生活,演化出具木栓质及纤维组织的维管植物类群。又由于早志留世时,上扬子板块基本上处于温暖潮湿的气候^[17],因此更有利于植物在古陆上发育。而在此气候条件下,风化剥蚀作用对古陆的影响很大,因而死亡的陆生植物体又会随剥蚀的陆源物质带入近古陆的陆表海缓坡环境沉积下来,而远离古陆的地区(现四川盆地内部),因无陆生植物碎屑沉积的影响,所以沉积物中干酪根以Ⅰ型为主。

本区Ⅲ型干酪根的发现,一方面证明早志留世时上扬子板块内陆上已存在较为高等的陆生植物,而植物开始登陆的时间可追索到古陆开始发育的奥陶纪;另一方面说明,植物登陆的原因与古陆形成密切相关,为研究植物的演化提供了新的证据。不足之处是,干酪根内化石大都为植物碎屑,故无法鉴别出植物的属种,尽管如此,但不影响其重要的地质及古生物意义。

参 考 文 献

- 1 张廷山、兰光志、陈晓慧、边立曾、俞剑华. 川西北地区早志留世陆源碎屑——碳酸盐混积缓坡. 沉积学报, 1995, V. 13, N. 4, P27—36
- 2 李天生. 四川盆地志留系生油层主要地质特征. 矿物岩石, 1991(3), P80—87
- 3 李文峰. 四川南部志留系干酪根样品中生物化石研究初探. 石油实验地质, 1990, V. 12, N. 3, P333—337
- 4 南京大学地质系古生物地史学教研室. 古生物学, 下册. 北京: 地质出版社, 1980, P683—687
- 5 浅间一男著. 谷祖纲、珊林译. 被子植物的起源. 北京: 海洋出版社, 1988
- 6 蔡重阳、欧阳舒、王烽. 志留纪杆物群. 李星学主编《中国地质时期植物群》, 广州: 广东科学出版社, 1996, P3—21
- 7 戎嘉余、马克思、约翰逊、赵元龙. 古喀斯特岩岸的地质意义——以黔中贵阳乌当志留纪岩岸为例. 地质论评, 1996, V. 12, N. 5, P448—458
- 8 Richardson. Lower and Middle Palaeozoic records of terrestrial palynomorphs. In: Jansonius, J. and McGragor, D. C. (eds), Palynology: principles and applications. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, 1996, 2: 555—574
- 9 Strother, Paul. K. , Said Al—Hajri, Aefred Traveyse. New evidence for land plants from the Lower Middle Ordovician of Saudi Arabia. Geology, 1996, 24(1): 55—58

The Silurian type Ⅲ kerogen from the northern and southern margins of the Sichuan Basin and its geological significance

Zhang Tingshan Chen Xiaohui Lan Guangzhi
Department of Exploration, Southwest China College of Petroleum
 Bian Lizeng Yu Jianhua
Department of Geosciences, Nanjing University

ABSTRACT

The analysis of the kerogen from the marine environments on the northern and southern margins of the Sichuan Basin shows that the type Ⅲ kerogen, which comprises the vascular plant compositions such as tracheid, lignin and cellulose, occurs in large quantities in the Lower Silurian strata near the old land, whereas type I kerogen has been found in the areas far away from the old land. The findings suggest that the vascular plants began to land in the study area even early in the Ordovician when the old land came into being, and abounded during the early Early Silurian, and that the environmental conditions may have exerted an important influence on the evolution of the plants.

Key words: type Ⅲ kerogen, vascular plant, northern and southern margins of the Sichuan Basin, Early Silurian