

四川后高坪地区晚泥盆世植物和遗迹化石的新发现^①

张立军¹⁾ 龚一鸣^{1) 2)}

1) 中国地质大学生物地质与环境地质教育部重点实验室,地质过程与矿产资源国家重点实验室 湖北武汉 430074;
2) 河南理工大学资源环境学院,生物遗迹与沉积矿产河南省重点实验室 河南焦作 454003

摘 要:在扬子板块西缘后高坪地区新发现植物化石 *Cyclostigma kiltorkense* (平圆印木) 和 *Lepidodendropsis hirmeri* (希氏拟鳞木), 以及遗迹化石 *Zoophycos* (动藻迹) 和 *Chondrites* (丛藻迹), 据此及相关地层和沉积相标志, 确定该地层时代为晚泥盆世, 沉积环境为由早期为滨岸较粗碎屑岩和浅海中上部细碎屑岩沉积, 晚期为碳酸盐台地相。
关 键 词:植物化石, 遗迹化石, 晚泥盆世, 扬子板块, 广元, 四川
中图法分类号: P 534. 44 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-4959(2009)02-0138-09

20 世纪 60 年代以来随着全国地层古生物工作者的积极探索与研究, 在扬子板块泥盆纪地层中发现了大量的植物化石且分布广泛(方瑞濂, 1965; 李星学、王洪峰, 1982; 耿宝印, 1990; 金建华、吴起俊, 2001; 王洪峰, 2003; Wang Qi *et al.*, 2003; 金建华等, 2006), 这对于恢复泥盆纪古地理、古环境及古气候起到了重要的支撑作用。扬子板块西缘四川广元后高坪地区(图 1)在 20 世纪 80 年代之前一直被认为发育平驿铺组的碎屑岩(四川省区域地层表编写组, 1978), 而李星学、王洪峰(1982)在后高坪泥

盆纪碎屑岩地层中发现了斜方薄皮木、古芦木等化石, *Leptophloeum rhombicum* (斜方薄皮木) 是晚泥盆世的标志性植物化石, 推断后高坪地区的碎屑岩地层属于晚泥盆世土桥子组。笔者于 2007 年 7 月到后高坪地区进行野外地质工作, 在后高坪泥盆系碎屑岩中发现了 *Cyclostigma kiltorkense* (平圆印木化石) 及 *Lepidodendropsis hirmeri* (希氏拟鳞木化石), 这两个化石的发现肯定了李星学、王洪峰(1982)在后高坪地区工作的正确性。同时, 在碎屑岩层位上部的粉砂岩中, 发现了遗迹化石 *Zoophycos*

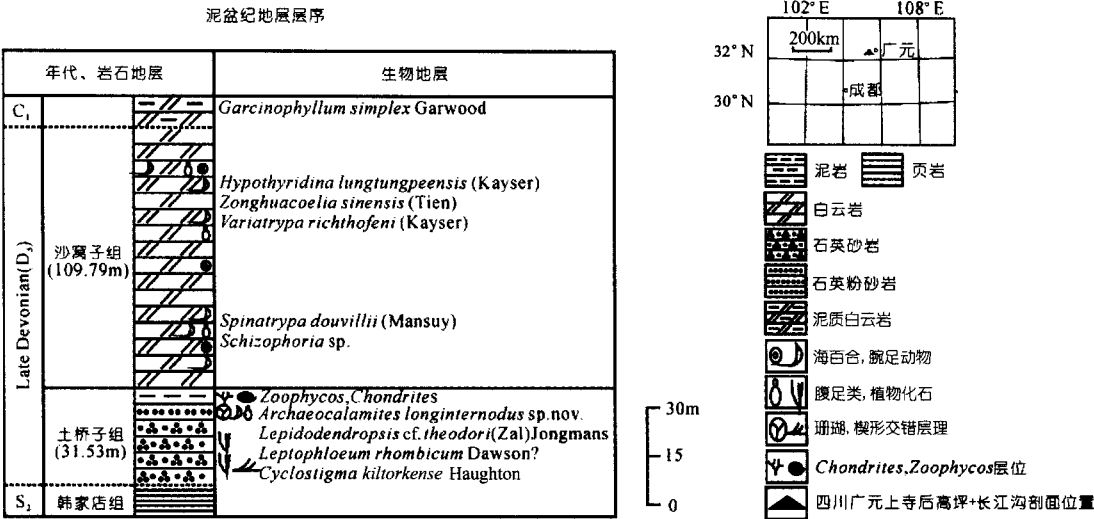


图 1 后高坪剖面晚泥盆世地层层序、化石产出层位及交通位置图(据李星学、王洪峰, 1982 改编)

Fig. 1 The locality, horizons and stratigraphic succession of the Late Devonian plant and trace fossils in Hougaoping section, Guangyuan, Sichuan (Modified from Li Xing-xue & Wang Hong-feng, 1982)

① 国家自然科学基金项目 (No. 40812001, 10172020, 10621002) 和高等学校学科创新引智计划项目等 (B08030, IRT0316, 20610191506, G080006ZS319) 联合资助。
文稿接受日期: 2008-10-10; 修改稿收到日期: 2008-11-02, 2009-02-15。
第一作者简介: 1982 年 9 月生, 男, 汉族, 辽宁朝阳人, 博士研究生, 主要从事遗迹化石及生物地层研究; E-mail: nzhangcng@gmail.com

(动藻迹)和 *Chondrites*(丛藻迹)。综合植物化石及遗迹化石的古环境指示意义及沉积相标志,扬子西缘后高坪地区碎屑岩的沉积为晚泥盆世滨岸较粗碎屑岩和浅海中上部细碎屑岩沉积。而在此之前,一些学者(董榕生,1992;陈源仁、李祥辉,1994;刘文均等,1999;邹光富、贾宝江,2002)普遍认为扬子西缘晚泥盆世为碳酸盐岩台地环境(图 1)。该发现为扬子西缘晚古生代沉积环境、古地理和构造古地理演化分析提供了新资料。

一、材 料

1 剖面描述

广元上寺后高坪剖面位于四川广元市长江沟佛三村后高坪(图 1),即 $N32^{\circ}20.155'$, $E105^{\circ}26.535'$ 。一条盘山路直通山腰,剖面处于路的尽头,露头良好,便于开展工作。后高坪地层描述据李星学、王洪峰(1982)修改、补充。

上覆地层:下石炭统 浅褐黄色泥质中粗白云岩,产 *Carcinophyllum simplex* Garwood

-----假 整合-----

上泥盆统:

土桥子组上部碳酸盐岩段 109.79m

8. 上部浅灰色块状细晶残余团粒白云岩,含浅紫红色细晶白云岩斑块及一些粗晶白云石脉。下部为浅紫红色块状细晶残余团粒白云岩。底部夹灰黄色泥质条纹或条带,且含不规则粗晶白云石脉。近顶部产 *Spononaria* cf. *parallela* Glinski 48.39m

7. 浅灰色块状含残余团粒细晶白云岩,被很多粗晶白云石脉分割成不规则小块。底部产腕足动物、腹足类、海百合茎等化石 31.83m

6. 黄灰色中厚层细晶白云岩。顶部富含腕足

动物化石 2.83m

5. 浅黄灰色中—中厚层残余团粒细晶白云岩,盛产腕足动物化石: *Hypothyridina lungtungpeensis* (Kayser), *Zonghuacoelia sinensis* (Tien), *Variartypa richthofeni* (Kayser), *Spinatrypa douvillii* (Mansuy), *Schizophoria* sp. 以及节甲鱼目? 的 *Kiangyosteus* sp. 及腹足类,大量海百合茎等 26.74m

土桥子组下部石英砂岩段 31.53m

4. 褐黄色泥岩,底部 0.5m 左右为泥质粉砂岩,产遗迹化石 *Zoophycos cirinnatus*, *Zoophycos brianteus*, *Chondrites maqianensis*

4.15m

3. 灰白色中—中厚层中粒石英砂岩间夹黄灰色具强烈生物搅动构造的含泥质石英砂岩。产较丰富的植物化石: *Archaeocalamites longinternodus*, *Archaeocalamites* sp., *Lepidodendropsis theodori* (Zal.) Jongmans, *Lepidodendropsis* sp. (cf. *Lep. dzungariensis* Sze), *Lepidosigillaria?* *sichuanensis*, *Syringodendron* (? *Lepidosigillaria*) sp. 1, *S.* (? *L.*) sp. 2, *Aspidaria* sp., *Knorria* sp., *Knorria?* sp. 3.96m

2. 灰白色块状硅质中粒石英砂岩,具大型交错层理。产植物化石: *Archaeocalamites longinternodus*, *Lepidodendropsis* cf. *theodori* (Zal.) Jongmans, *Leptophloeum rhombicum* Dawson?, *Cyclostigma Kiltorkense* Haught 19.03m

1. 浅黄白色厚层粗—中粒石英砂岩,近底部夹一层厚 1m 的黄灰色细粒铁质石英砂岩,均具低角度中型楔状交错层理 4.39m

-----假 整合-----

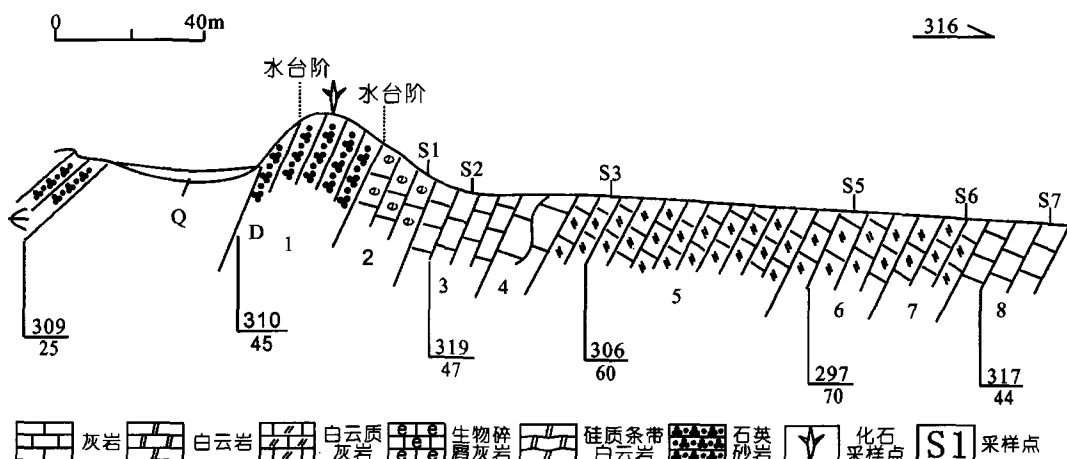


图 2 广元上寺长江沟佛三村晚泥盆世信手地层剖面图

Fig. 2 The sketch of the Late Devonian stratigraphic section from Fosancun of Changjianggou, Shangsi in Guangyuan City, Sichuan

下伏地层:志留系兰多维列统韩家店组 黄灰

色页岩,含笔石和三叶虫化石

广元上寺长江沟佛三村剖面位于通往后高坪路的山脚下(图 2),即 $N32^{\circ}29.589'$, $E105^{\circ}26.985'$ 。剖面出露良好。

上泥盆统

土桥子组

1. 灰黄色中厚层中粒石英砂岩夹间灰色薄层

泥岩,产植物化石:*Lepidodendropsis hirmeri* 21m

沙窝子组

2. 灰黑色中层灰岩,含腕足化石碎片 15m

3. 灰黑色中层灰岩,含较多的方解石脉体 12m

4. 灰黑色中层硅质条带白云岩 10m

5. 灰黑色中薄层白云岩,含晶洞及方解石晶体 45m

6. 灰白色中层隐晶白云岩 30m

7. 灰白色中厚层白云岩,含晶洞及方解石脉体 10m

8. 灰黑色中层灰岩,含较多的方解石单晶 18m

2 化石描述

作为晚泥盆世标志性植物化石的希氏拟鳞木 *Lepidodendropsis hirmeri* Lutz, 1933(图 3, 1a)长 6cm, 茎宽 3.5cm, 叶座细小, 狭长, 不分叉, 长约 6—7mm, 最宽外 0.5—1.5mm, 排列紧密, 狭斜方形至纺锤形, 叶座呈假轮状排列, 上下交错, 叶痕不明显; 另一个 *Lepidodendropsis hirmeri* (图 3, 1b), 长 16cm, 茎宽 2.6cm, 叶座细小, 狭长, 不分叉, 长约 3—4mm, 最宽处 0.6—1.5mm, 排列紧密, 狭斜方形至纺锤形, 叶座呈假轮状排列, 上下交错, 每一轮有 14 个叶座, 叶痕不明显。两者呈交切关系, 因保存在石英砂岩中, 叶痕不是很明显, 同杨关秀、黄其胜(1985, 图 2, 11) 及产自江苏南京龙潭五通组的 *Lepidodendropsis hirmeri* (《中国古生代植物》编写小组, 1974, 图版 4 图 9) 描述特征基本相同, 具备了希氏拟鳞木的特点。而在后高坪白色粗粒石英砂岩中的平圆印木 *Cyclostigma kiltorkense*, 为茎干印痕化石, 保存较差, 呈尖角状, 底部最宽处约 2.8cm, 长约 18.6cm, 叶痕宽 2mm, 长约 2.5mm, 呈纺锤形, 顶部较尖, 底部钝圆, 排列成, 无明显叶座。由于是印痕化石, 叶痕上的束痕及侧痕不清楚, 但同杨关秀、黄其胜标本(1985, 图 2, 9) 描述特征相似, 排列成形, 符合 *Cyclostigma kiltorkense* 的特点。

四川广元后高坪地区粉砂质泥岩中发现指示缺氧环境的遗迹化石 *Zoophycos* (动藻迹) 及 *Chondrites* (丛藻迹), 通过室内工作鉴定为 *Chondrites maqianensis* Yang, 1988 (玛沁丛藻迹) (图 4, 1, 1a), 呈全浮雕产出, 与层面平行、至少可见两次分枝的树冠状潜穴系统, 潜穴管较为细小, 每一分枝的

潜穴粗细近于一致, 分枝外的潜穴较粗, 潜穴管直径约 1mm, 长约 7.0—8.0cm, 分枝间距 0.4—0.7cm, 分枝角度为 30° 。分枝明显且较多, 至少可见两次分枝, 直径细小, 与杨式溥(1988)描述相似。*Zoophycos brianteus* Villa, 1844 (强健动藻迹) (图 4, 3), 与层面平行、具有密集连续蹼状构造的纵长椭圆形潜穴。潜穴充填物与围岩不同。纵切面上, 可见蹼状构造密集成纹理形, 斜切风化面上, 可见边缘管, 宽约 1—2mm, 边缘管充填物为浅灰白色。遗迹整体长 6.5cm, 宽 3.0cm。蹼状构造密集连续, 充填物不同围岩且颜色较围岩浅。*Zoophycos cirinatus* Brogniart, 1828 (旋卷动藻迹) (图 4, 2, 2a, 4), 呈全浮雕产出, 与层面平行、具有蹼状构造。蹼状构造清晰, 潜穴表面光滑, 充填物与围岩不同。在纵切面上, 可见细密的蹼层构成的纹理。

二、讨论与结论

古植物学在研究地质历史时期的古地理、古环境(孙克勤, 2002)、古生态、古气候、划分地层界线(冯少南、张仁杰, 2000)等方面都有着重要的作用。陆生植物自晚志留世登陆以来, 经过早、中泥盆世的发展, 至晚泥盆世—石炭纪陆生植物达到了一个初步的繁盛期, 其中斜方薄皮木(*Leptophloeum rhombicum* Dawson)是广泛分布于全球晚泥盆世的标志性植物化石, 在我国发现数量最多、分布最广(方瑞濂, 1965; 蔡重阳、秦慧贞, 1986; 李星学等, 1986; 耿宝印, 1990; 金建华、吴起俊, 2001; 梁诗经, 2003)。李星学、蔡重阳(1979)将中国晚泥盆世 *Leptophloeum rhombicum* 植物群分为早期的 *Leptophloeum rhombicum-Cyclostigma kiltorkense* 组合和晚期的 *Leptophloeum rhombicum-Sublepidodendron mirabile* 组合, 蔡重阳和李星学(Cai Chong-yang & Li Xing-xue, 1994)将这一植物群改称为 *Leptophloeum-Archaeopteris* 植物群, 二个组合改称为早期的 *Leptophloeum rhombicum-Archaeopteris macilentia* 组合和晚期的 *Sublepidodendron mirabile-Lepidodendropsis hirmeri-Hamato-phyton verticillutum* 组合。李星学、王洪峰(1982)在后高坪剖面中发现的 *Archaeocalamites longinternodus* (古芦木), *Leptophloeum rhombicum* (斜方薄皮木)等植物化石, 并据此推断后高坪碎屑岩地层为晚泥盆世, 从而推翻了上世纪 80 年代的以前的普遍观点即认为扬子西缘后高坪地区的碎屑岩是早泥盆世平驿铺组的沉积(四川省区域地层表编写组, 1978)。笔者于 2007 年 7 月在后高坪碎

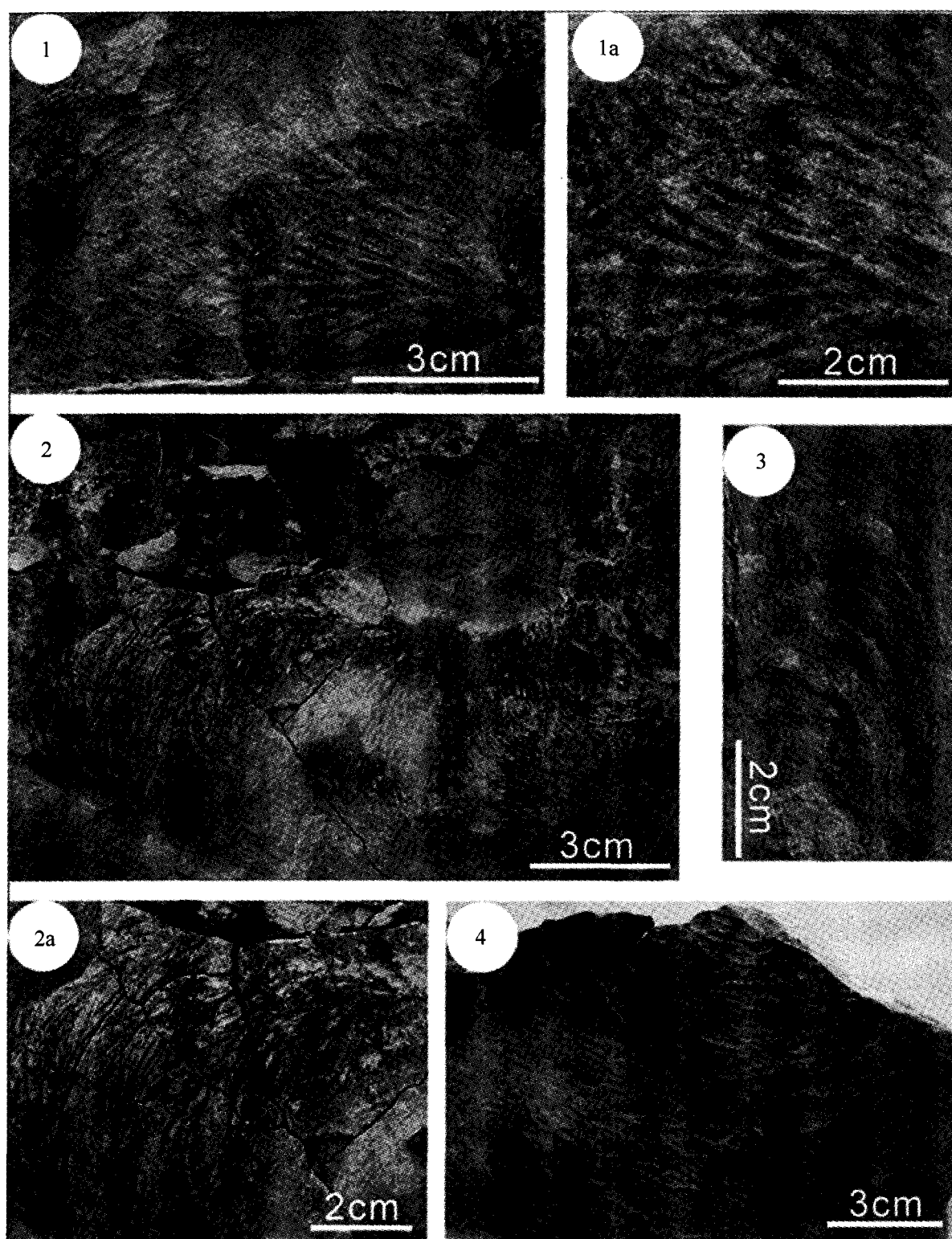


图 3 广元上寺后高坪地区晚泥盆世遗迹化石

Fig. 3 The Late Devonian trace fossils preserved in sandstone from Shangsi of Guangyuan, Sichuan

1. 玛沁丛藻迹 *Chondrites maqianensis* Yang, 1988, 正视, 登记号: D3-H-2, 土桥子组下部四川广元上寺后高坪; 1a. 局部放大;
 2. 旋卷动藻迹 *Zoophycos cirinnatus* Brogniart, 1828, 正视, 登记号: D3-H-1, 土桥子组下部四川广元上寺后高坪; 2a. 局部放大;
 3. 强健动藻迹 *Zoophycos brianteus* Villa, 1844, 正视, 登记号: D3-H-3, 土桥子组下部四川广元上寺后高坪;
 4. 旋卷动藻迹 *Zoophycos cirinnatus* Brogniart, 1828, 正视, 登记号: D3-H-4, 土桥子组下部四川广元上寺后高坪;
1. *Chondrites maqianensis* Yang, 1988, Head sight, the lower part of the Tuqiaozi Formation; 1a. The close-up of *Chondrites maqianensis* in 1; 2. *Zoophycos cirinnatus* Brogniart, 1828, Head sight, the lower part of the Tuqiaozi Formation; 2a. The close-ups of *Zoophycos cirinnatus* in 2; 3. *Zoophycos brianteus* Villa, 1844, Head sight, the lower part of the Tuqiaozi Formation; 4. *Zoophycos cirinnatus* Brogniart, 1828, Head sight, the lower part of the Tuqiaozi Formation

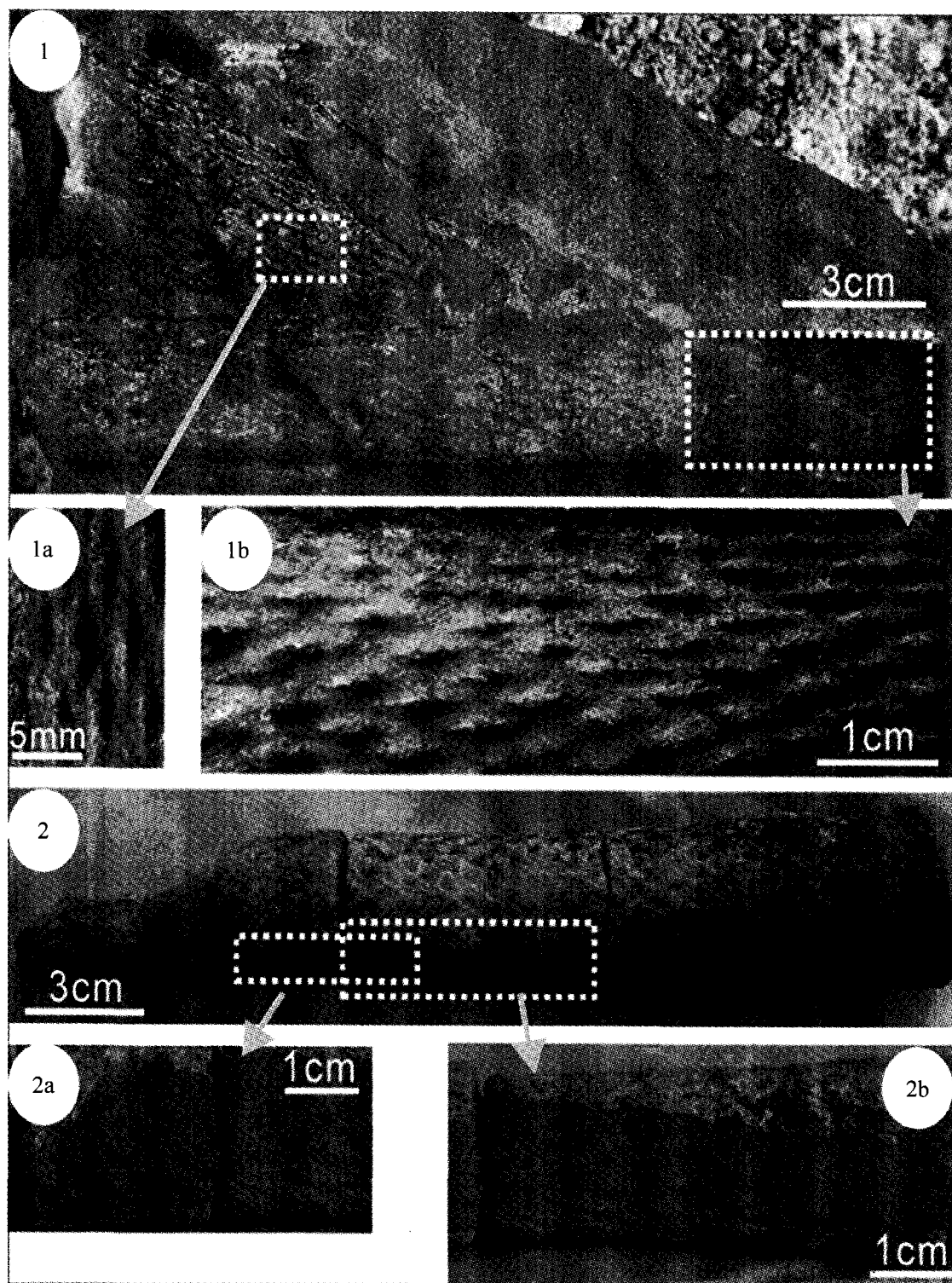


图 4 广元上寺后高坪地区晚泥盆世植物化石

Fig. 4 The Late Devonian plant fossils preserved in sandstone from Shangsi of Guangyuan, Sichuan

1. 希氏拟鳞木 *Lepidodendropsis hirmeri* Lutz, 1933, 正视, 登记号: D3-S-0, 土桥子组, 四川广元上寺长江沟剖面; 1a、1b. 局部放大;

2. 平圆印木 *Cyclostigma kiltorkense* Haught, 1860, 正视, 登记号: D3-H-5, 土桥子组下部, 四川广元上寺后高坪剖面; 2a、2b. 局部放大

1. *Lepidodendropsis hirmeri* Lutz, 1933, Head sight, Tuqiaozi Formation, the Shangsi Changjianggou Section, Guangyuan city; 1a, 1b. The close-ups of *Lepidodendropsis hirmeri* Lutz in 1; 2. *Cyclostigma kiltorkense* Haught, 1960, Head sight, The lower part of the Tuqiaozi Formation, the Hougaopin Section, Guangyuan city; 2a, 2b. The close-ups of *Cyclostigma kiltorkense* Haught in 2

屑岩地层所发现的 *Cyclostigma kiltorkense* (平圆印木) 和 *Lepidodendropsis hirmeri* (希氏拟鳞木) 植物化石都应属于晚泥盆世早期, 即 *Leptophloeum rhombicum*-*Archaeopteris macilentata* 组合, 从而进一步印证了李星学、王洪峰(1982)的观点。

在后高坪剖面碎屑岩地层上部粉砂质泥岩中, 发现保存完好的 *Zoophycos* (动藻迹)、*Chondrites* (丛藻迹) 遗迹化石, 根据两者形态结构特征可将其归为 *Zoophycos* 遗迹相。Seilacher(1967)最初定义的 *Zoophycos* 遗迹相位于浪基面以下、深海沉积之上, 那里沉积作用缓慢而宁静, 有机质丰富, 含氧量低, 其位置介于 *Cruziana* 遗迹相和 *Nereites* 遗迹相之间, 大致与大陆斜坡相对应 (Seilacher, 1967), 分异度低是该遗迹相的重要特征。大量的研究表明 *Zoophycos* 遗迹化石在地质历史各时代分布的范围不一 (杨式溥, 1999), 在晚泥盆世主要出现在滨、浅海环境的深阶层中 (Bottjer & Droser, 1992)。据研究, *Zoophycos* 及 *Chondrites* 的复杂系统因具有与沉积界面保持沟通的开口, 可将底水中的氧带入潜穴内, 所以其造迹生物对贫氧环境有较大的耐受力 (Ekdale & Mason, 1988), 可以认为 *Zoophycos* 遗迹相主要的控制因素为有机质丰度和含氧量。在后高坪地层遗迹化石群落中, *Chondrites* 直径细小 (约 0.1 cm), 寄主的颜色较深, 指示一种缺氧、水动力较弱、滞流的沉积环境 (龚一鸣, 2004), *Zoophycos* 体形较小, 蹼状构造连续, 也指示了水动力较弱、滞流缺氧的沉积环境。综上所述, 单独从遗迹相的环境指示意义的角度, 后高坪地区富含 *Zoophycos* 的地层代表了水动力较弱、滞流缺氧的沉积环境。

在后高坪剖面植物化石产出层位发育了中型的楔状交错层理, 表明当时的海侵方向为 NW-SE 向 (图 5), 而在碎屑岩地层上部主要出露以细晶白云岩为主的上泥盆统沙窝子组的沉积, 同时位于后高坪山脚下的长江沟剖面, 底部也为晚泥盆世土桥子组的碎屑岩, 上部为晚泥盆世沙窝子组的白云岩。综合植物化石的年代地层意义、遗迹化石及沉积构造的古环境指示意义, 我们认为后高坪地区晚泥盆世为由早期滨岸较粗碎屑岩和浅海中上部细碎屑岩沉积至晚期碳酸盐台地相的沉积环境。形成这种沉积环境的主要原因是由于龙门山断陷作用及全球海侵双重叠加作用的结果。龙门山断陷带是沿走向 NE 断陷, 海侵则是自西北向东南侵入扬子西缘, 而龙门山断陷的速度在各段、各阶不是很均一 (刘文均等, 1999)。加之龙门山地区古生代地形东高西低的影响, 在晚泥盆世土桥子期, 后高坪地区为碎屑岩的

沉积, 之后由于海侵的不断扩张, 形成以碳酸盐岩为主碳酸盐台地相的沉积环境。沉积相由滨岸带至潮坪相至台地相的转变, 并形成了沙窝子组的碳酸盐岩沉积。所以综合上述观点, 扬子西缘后高坪地区晚泥盆世为早期滨岸较粗碎屑岩和浅海中上部细碎屑岩沉积, 但在晚期转为碳酸盐岩台地相的沉积环境 (图 6)。

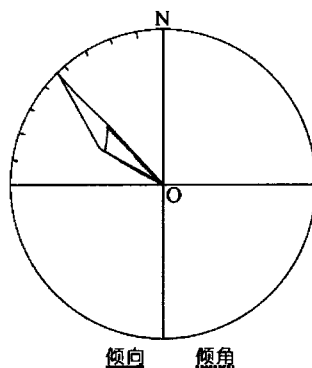


图 5 四川广元上寺后高坪石英砂岩中交错层理前积纹层玫瑰花图

Fig. 5 The rose diagram of crossbedding foresets hosted in quartz sandstone from Hougaoping of Guangyuan city, Sichuan

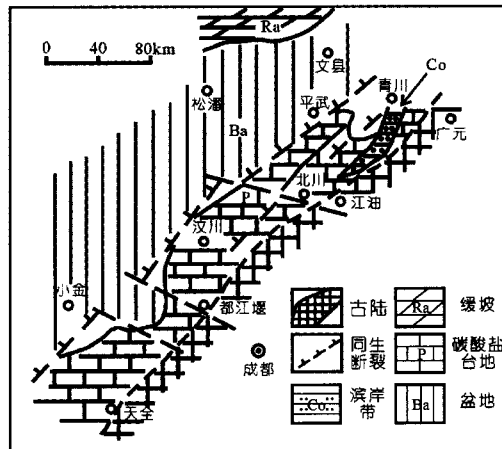


图 6 扬子板块西缘后高坪及邻区晚泥盆世古地理图 (据刘文均等, 1999 改编)

Fig. 6 Fig. 4 The Late Devonian palaeogeographical map of Hougaoping and its adjacent region on the west margin of the Yangtze Plate (Modified from Liu Wen-jun *et al.*, 1999)

20 世纪 80 年代, 一些学者 (侯鸿飞、王士涛, 1985; 陈源仁, 1990) 专门讨论了华南泥盆纪生物与龙门山地区生物群落相似的原因, 但直至今日仍没有一个统一的认识, 大部分学者大都从泥盆纪的生物面貌及古地理面貌的角度对此现象进行研究推理, 而没有从全球的、更宏观的角度加以分析。从运动机制来看, 整个地球是一个具有自我调节能力的

系统,由于本身的自转及科里奥利力的影响,全球的海洋都在进行着周而复始的循环。其中洋流对全球气候影响最为显著,洋流不仅可以调节地球表面的能量分布,还可以改变同纬度地区全球热的分布,而最为重要的是洋流影响着全球的海洋生物群落(Oczlon,1990;汪品先,1994)。世界的四大渔场都与洋流的作用密不可分,其中位于北美的纽芬兰渔场的形成,就是由于其处于北大西洋的拉不拉多寒流与湾流的交汇处(胡成龙,1998)。洋流作用的机制不会随时间的改变而改变,笔者利用将今论古的方法,利用这一观点,对华南泥盆纪生物群落与龙门山地区的生物群落的相似性进行分析。

扬子板块在泥盆纪时期与东冈瓦纳大陆分离(图7),向北运动,在晚泥盆世到达古赤道附近(张世红等,2001),从而在扬子板块与东冈瓦纳板块之

间形成了古特提斯洋,此后古特提斯洋不断扩大,到二叠纪达到最大。大洋只要初步形成就会有洋流的存在,而当时扬子板块位于南半球,由于科里奥利力和地球信风带的影响,古特提斯洋的洋流方向是逆时针,加之其位于古赤道附近,洋流为暖流。正是由于暖流的影响,使得华南地区的泥盆纪的生物群落沿海岸随洋流的迁移向西运动,这就使得扬子板块西缘与扬子板块南缘的生物群落面貌相似,而扬子西缘又处于被动大陆的边缘,加之海侵及断陷作用的影响,这就使得地层不断的超覆,而这样的不断超覆又使得龙门山地区海相的层位要比广西横县六景海相层位低一些。综合上述分析,龙门山地区的生物群落与华南生物群落相似的真正原因是由于生物群落随古洋流迁移。

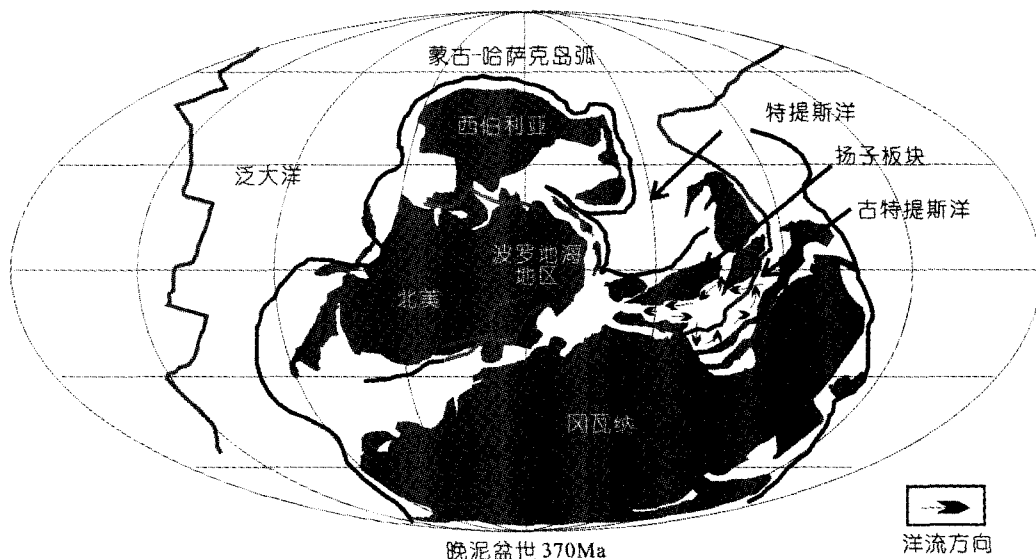


图7 晚泥盆世时世界古洋流及古地理图(据 Scotese & McKerrow,1990,略有改动)

Fig. 7 The Late Devonian palaeogeography and palaeocean currents of the world

(after Scotese & McKerrow, 1990, with minor revision)

通过对上述地层及沉积相标志、化石等描述及讨论分析,笔者得出以下结论:

1) 由于扬子西缘断陷作用和古特提斯洋海侵相互叠加作用,晚泥盆世扬子西缘后高坪地区从早期滨岸较粗碎屑岩和浅海中上部细碎屑岩沉积转为晚期碳酸盐岩台地相的沉积环境。

2) 龙门山地区的生物群落与华南生物群落相似的真正原因是由于生物群落随古洋流迁移。

在野外工作中得到中国地质大学(武汉)王永标教授、颜佳新教授的帮助,在植物化石鉴定过程中得到中国地质大学(武汉)黄其胜教授指导,在此一并表示感谢。

参 考 文 献

- 蔡重阳,秦慧贞.1986.斜方薄皮木茎干内部构造在新疆上泥盆统的首次发现.古生物学报,25(5):516—524
- 陈源仁.1990.四川龙门山泥盆纪海水来自何方.沉积与特提斯地质,(1):19—28
- 陈源仁,李祥辉.1994.泥盆纪腕足动物 *Athyrisina* 模式种正模标本的产地备考.古生物学报,33(5):646—650
- 董榕生.1992.中国南方大地构造演化及泥盆纪古构造格局.成都地质学院学报,19(2):58—64
- 方瑞濂.1965.广州西北郊上泥盆统植物化石.中山大学学报,(3):383—391
- 冯少南,张仁杰.2000.长江三峡地区中上泥盆统的分界.华南地质与矿产,(4):36—39
- 耿宝印.1990.湖北晚泥盆世斜方薄皮木的新观察.植物学报(英文)

- 版), **32**(12): 951—956
- 龚一鸣. 2004. 遗迹化石 *Chondrites* 的指相意义和阶层分布. *古生物学报*, **43**(1): 94—102
- 侯鸿飞, 王士涛. 1985. 中国泥盆纪古地理. *古生物学报*, **24**(2): 186—198
- 胡成龙. 1998. 洋流作用有几何. *海洋世界*, (9): 18—19
- 金建华, 廖文波, 彭少麟. 2006. 广东省地质时期植物区系的形成与演变. *生态环境*, **15**(4): 831—837
- 金建华, 吴起俊. 2001. 广州地区晚泥盆世至早石炭世地层及植物组合. *地层学杂志*, **25**(3): 166—173
- 李星学, 宴亚伟, 孙喆华. 1986. 论薄皮木属——据发现于新疆准噶尔地区的新资料. *古生物学报*, **25**(4): 349—379
- 李星学, 蔡重阳. 1979. 中国泥盆纪植物群. *地层学杂志*, **3**(2): 90—95
- 李星学, 王洪峰. 1982. 四川龙门山晚泥盆世植物的发现. *古生物学报*, **21**(1): 87—93
- 梁诗经. 2003. 福建地质时期植物群序列及特征. *福建地质*, **22**(3): 105—115
- 刘文均, 郑荣才, 李祥辉. 1999. 龙门山泥盆纪沉积盆地的地理和古构造重建. *地质学报*, **73**(2): 109—119
- 四川省区域地层表编写组. 1978. 西南地区区域地层表, 四川省分册. 北京: 地质出版社. 1—349
- 孙克勤. 2002. 华夏植物群及其与全球同期植物群的比较. *地学前缘*, **9**(3): 73—84
- 王洪峰. 2003. 龙门山区中泥盆世金宝石植物群. *成都理工大学学报* (自然科学版), **30**(5): 474—484
- 汪品先. 1994. 古海洋学. *地球科学进展*, **9**(4): 94—96
- 杨式溥. 1999. 遗迹化石的古环境和古地理意义. *古地理学报*, **1**(1): 7—19
- 杨式溥. 1988. 青海果洛、玉树地区二叠纪和三叠纪复理石相遗迹化石. *沉积学报*, **6**(1): 1—11
- 张世红, 朱 鸿, 孟小红. 2001. 扬子地块泥盆纪—石炭纪古地磁新结果及其古地磁意义. *地质学报*, **75**(3): 303—313
- 中国科学院南京地质古生物研究所, 中国科学院植物研究所《中国古生代植物》编写小组. 1974. 中国植物化石 (第一册) 中国古生代植物. 北京: 科学出版社. 19—21
- 邹光富, 贾宝江, 冯心涛, 楼雄英, 谭钦银. 2002. 四川广元一朝天地区推覆构造研究. *四川地质学报*, **22**(3): 133—138
- Bottjer D J & Droser M L. 1992. Paleoenvironmental patterns of biogenic sedimentary structures. In: Culver S J ed. *Trace Fossils. Short Courses in Paleontology*, (5): 130—144
- Cai Chong-yang & Li Xing-xue. 1994. A review of Silurian and Devonian macrofloras in China. *Palaeontologia Cathayana*, **6**: 167—214
- Cai Chong-yang & Qin Hui-zhen. 1986. First discovery of a stem with internal structure referable of *Leptophloeum rhombicum* from the Upper Devonian, Xinjiang. *Acta Palaeontologica Sinica*, **25**(5): 516—524
- Chen Yuan-ren. 1990. Where did sea water of the Longmen Mountain area come from during the Devonian? *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, (1): 19—28
- Chen Yuan-ren & Li Xiang-hui. 1994. On original locality of type specimens of *Athyrisina squamosa* Hayasaka. *Acta Palaeontologica Sinica*, **33**(5): 646—650
- Dong Rong-sheng. 1992. Geotectonic evolution and Devonian Palaeotectonic framework in South China. *Journal of Chengdu University of Technology* (Science & Technology Edition), **19**(2): 58—64
- Ekdale A A & Mason T R. 1988. Characteristic trace-fossil associations in oxygen-poor sedimentary environments. *Geology*, **16**(8): 720—723
- Fang Rui-lian. 1965. The plant fossils of Upper Devonian age in the Northwest Vicinity of Canton. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, (3): 383—391
- Feng Shao-nan & Zhang Ren-jie. 2000. The delimitation between Middle Devonian and Upper Devonian in Yangtze Gorges. *Geology and Mineral Resources of South China*, (4): 36—39
- Geng Bao-yin. 1990. New observations on *Leptophloeum rhombicum* from the Upper Devonian of Hubei, China. *Journal of Integrative Plant Biology*, **32**(12): 951—956
- Gong Yi-ming. 2004. Facies characteristics and tiering distributions of *Chondrites*. *Acta Palaeontologica Sinica*, **43**(1): 94—102
- Hou Hong-fei & Wang Shi-tao. 1985. Devonian palaeogeography of China. *Acta Palaeontologica Sinica*, **24**(2): 186—198
- Hu Cheng-long. 1998. The effect of ocean current. *Ocean World*, (9): 18—19
- Jin Jian-hua, Liao Wen-bo & Peng Shao-lin. 2006. The origin and evolution of Guangdong flora in geological period. *Ecology and Environment*, **15**(4): 831—837
- Jin Jian-hua & Wu Qi-jun. 2001. Late Devonian to Early Carboniferous strata and floral assemblages of the Guangzhou Area. *Journal of Stratigraphy*, **25**(3): 166—173
- Li Xing-xue, Dou Ya-wei & Sun Zhe-hua. 1986. The genus *Leptophloeum* Dawson based on a recent study of new material from the Junggar Basin, Xinjiang. *Acta Palaeontologica Sinica*, **25**(4): 349—379
- Li Xing-xue & Cai Chong-yang. 1979. The Devonian flora of China. *Journal of Stratigraphy*, **3**(2): 90—95
- Li Xing-xue & Wang Hong-feng. 1982. On the occurrence of Late Devonian plants from Mt. Longmenshan, North Sichuan. *Acta Palaeontologica Sinica*, **21**(1): 87—93
- Liang Shi-jing. 2003. Sequences and characters of flora in Fujian Province. *Geology of Fujian*, **22**(3): 105—115
- Liu Wen-jun, Zheng Rong-cai & Li Xiang-hui. 1999. Reconstruction of palaeogeography and palaeotectonics of a Devonian sedimentary basin in the Longmenshan Area, Sichuan. *Acta Geologica Sinica*, **73**(2): 109—119
- Oczlon M S. 1990. Ocean currents and unconformities, the North Gondwana Middle Devonian. *Geology*, **18**(6): 509—512
- Scotese C R & McKerrow W S. 1990. Revised world maps and introduction. *Geological Society London Memoirs*, **12**(1): 1—21
- Seilacher A. 1967. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, (5): 413—428
- Sun Ke-qin. 2002. The Cathaysia Flora and its comparison with global contemporaneous floras. *Earth Science Frontiers*, **9**(3): 73—84

- The Regional Stratigraphic Chart Compiling Group of Sichuan Province. 1978. The regional stratigraphic Chart of Southwest of China, the Sichuan fascicle. Beijing: Geological Publishing House. 349
- The Compiling Group of Paleozoic plants in China, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. 1974. Plants fossils in China, Paleozoic plants. Beijing: Science Press. 19—21
- Wang Qi, Hao Shou-gang, Wang De-ming, Wang Yi & Denk T. 2003. A Late Devonian arborescent lycopsid *Sublepidodendron songziense* Chen emend. (*Sublepidodendraceae* Krausel et Weyland 1949) from China, with a revision of the genus *Sublepidodendron* (Nathorst) Hirmer 1927. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **127**(3-4): 269—305
- Wang Hong-feng. 2003. The Middle Devonian Jinbaoshi Flora from Longmen Mountains, Northwest of Sichuan. *Journal of Chengdu University of Technology* (Science & Technology Edition), **30**(5): 474—484
- Wang Pin-xian. 1994. Palaeoceanography. *Advance in Earth Sciences*, **9**(4): 94—96
- Yang Shi-pu. 1988. Permian-Triassic flysch trace fossils from the Guoluo and Yushu regions, Qinghai. *Acta Sedimentologica Sinica*, **6**(1): 1—11
- Yang Shi-pu. 1999. Palaeoenvironmental and palaeogeographic significance of trace fossils. *Journal of Palaeogeography*, **1**(1): 7—10
- Zhang Shi-hong, Zhu Hong & Meng Xiao-hong. 2001. New paleomagnetic results from the Devonian-Carboniferous successions in the Southern Yangtze Block and their paleogeographic implications. *Acta Geologica Sinica*, **75**(3): 303—313
- Zou Guang-fu, Jia Bao-jiang, Feng Xin-tao, Lou Xiong-ying & Tan Qin-ying. 2002. A study of nappe structures in Guangyuan-Chaotian region, Sichuan. *Acta Geologica Sichuan*, **22**(3): 133—138

NEW DISCOVERY OF LATE DEVONIAN PLANT AND TRACE FOSSILS IN HOUGAOPING, GUANGYUAN, SICHUAN

ZHANG Li-jun¹⁾ and GONG Yi-ming^{1) 2)}

1) Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology of Ministry of Education & State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074;

2) Institute of Resources and Environment, Key Laboratory of Biogenic Traces & Sedimentary Minerals of Henan Province, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454003

Abstract Plant fossils *Cyclostigma kiltorkense* and *Lepidodendropsis hirmeri* as well as trace fossils *Zoophycos* and *Chondrites* have been found and described at Hougaoping, Guangyuan City, western Yangtze Plate. The new data and sedimentary facies data indicate that the host strata were deposited during the Late Devonian. The depositional setting evolved from littoral and upper neritic environments to carbonate platform environments.

Keywords plant fossils, trace fossils, Late Devonian, Yangtze Plate, Gaoping, Guangyuan, Sichuan