

文章编号: 1000-0550(2010) 02-0324-07

四川盆地西缘地区上三叠统须家河组化石木年轮的古气候意义¹

钱利军 时志强 李智武 欧莉华

(成都理工大学沉积地质研究院 成都 610059)

摘 要 四川盆地西缘上三叠统须家河组植物化石丰富,在最近的地质调查中新发现保存完好、年轮清晰的化石木。通过对化石木年轮的研究分析,初步探讨了四川盆地西缘晚三叠世须家河组沉积期的古气候特征。研究表明:须家河组沉积时期气候温暖,化石木中明显的年轮表明大气降水呈季节性波动,这与盛行于二叠纪至三叠纪的巨型季风密切相关;化石木的平均敏感度小于 0.3,说明植物生长过程中年水分供给均衡;化石木年轮的早材带与晚材带宽度变化大,显示植物的生长受到了晚三叠世巨型季风的强烈影响。

关键词 巨型季风 化石木 年轮 古气候 晚三叠世 须家河组

第一作者简介 钱利军 男 1985 年出生 硕士研究生 沉积学 E-mail: q1j0321@163.com

中图分类号 Q914.2 P532 **文献标识码** A

0 前言

全球三叠纪古气候以干旱为特征,到晚三叠世泛大陆开始裂解,全球开始变冷,而且更加潮湿^[1]。冈瓦纳大陆与欧亚板块碰撞拼合,气候产生突变,盛行于二叠纪到三叠纪的巨型季风处在转折时期^[2]。在晚三叠世四川盆地西缘地区处于东特提斯洋边缘,从卡尼期到瑞替期处在由海向陆的剧烈转换的过程中,古环境、古气候、古生物反映的古生态以及沉积物类型都发生了剧烈变化;该地区是否受到巨型季风的影响?黄其胜实测了川北地区六条剖面,对须家河组植物化石统计分析认为须家河组整个沉积阶段气候温暖,潮湿与干旱(或半干旱)气候交替出现^[3]。

化石木具有较固定的形成环境,对其研究有助于分析古沉积环境、古气候^[4]。对现代树木年代学的研究表明,年轮的生长及变化幅度,主要受当时的温度、降雨量、日照时间、土质营养等多种因素影响,蕴含着大量的气象信息^[5]。

早在 19 世纪初就有国外学者利用年轮宽度重建气候的变化^[5]。Douglass 确立了树木年代学的原理和方法以来,树木年轮宽度一直都是树木年代学的主要研究对象,国外有很多学者做了这方面的研究,Arbabe 对阿根廷 Mendoza 省 Rio Blanco 组的 150 个化

石木研究,反演晚三叠世森林的生态环境^[6];Pires 利用年轮年代学的证据证明巴西最南部的 Parana 盆地晚三叠世的古气候为季节性气候^[7];Brisson 统计中生代化石木生长轮的形状样式来判断其树木生长的古纬度,是化石木研究的新领域^[8]。而国内对这方面的研究主要是利用年轮宽度来重建过去上百甚至几千年的降雨量和温度变化,以弥补气象资料的不足^[9],以化石木来研究晚三叠世古气候在国内尚属空白。

在新近的野外工作中,笔者在四川盆地西缘须家河组中发现了保存完好、年轮清晰的化石木;通过对化石木年轮的研究,无疑将有助于揭示该地区晚三叠世的古气候,为我们研究巨型季风在古亚洲的影响打开一个窗口。

1 化石木产出位置及特征

化石木样品产出于四川盆地西缘什邡以西约 24 km,都江堰北西方向的八角场附近,野外采样地点经纬度座标: N31° 15' 08", E103° 58' 37", 高程 839 m (图 1)。产出地层为上三叠统须家河组中段(根据 1:20 万灌县幅区域地质调查报告^[10],将须家河组三分为下段、中段和上段)顶部,为一套灰色厚层一块状长石石英砂岩、粉砂岩夹页岩、薄煤层(图 2A、D)。

¹ 国家自然科学基金项目(批准号: 40872082)和四川省人事厅留学回国人员基金资助。

收稿日期: 2009-02-01; 收修改稿日期: 2009-05-29

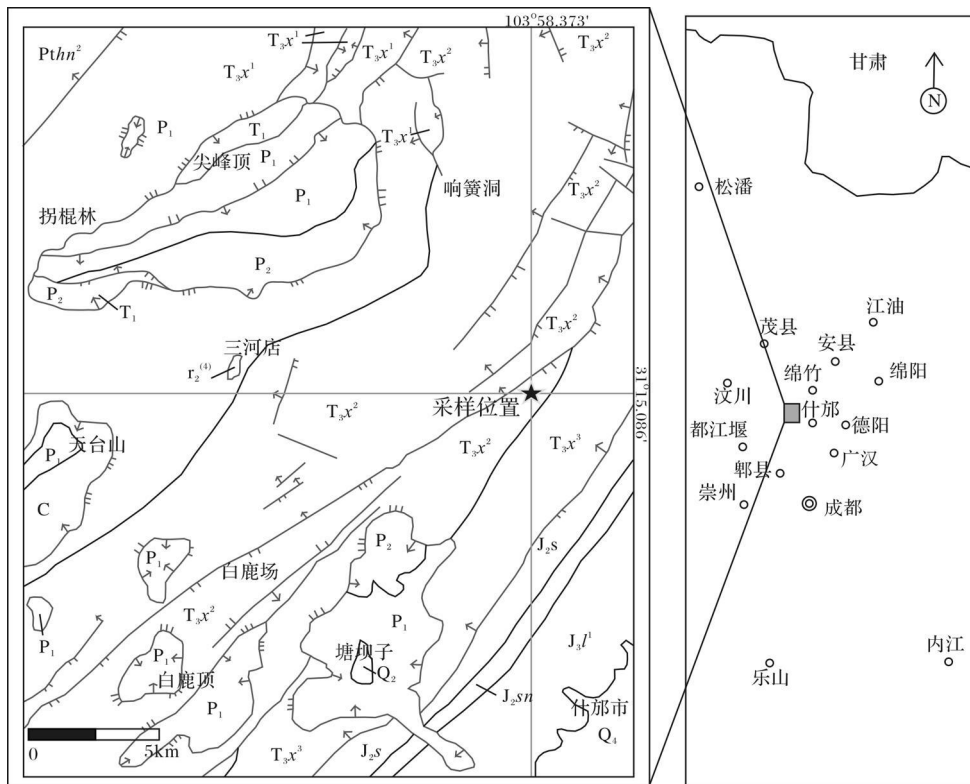


图 1 化石木产出位置及区域地质图(据参考文献[10])

Fig 1 Geological map and the location of the Upper Triassic fossil wood(M odified from reference [10])

化石木以整体枝干形式出现在沉积物夹层中,整体呈灰黑色,致密坚硬,比重较大,手标本上可见碳化的树皮的皮质结构,横切面上可看到清晰的年轮。磨玻片在显微镜下可看到清晰的年轮(图 2-B、C、E),年轮早材带宽度远大于晚材带宽度,反映出化石木生长时期年大气降水季节性变化大,显示当时的古气候具有明显的季节性波动。

2 化石木年轮的计算与结果分析

对化石木年轮分析主要是用来反演年轮生长时期的古气候^[11,12]。对于单个化石木年轮,通常采用年敏感度(AS)和平均敏感度(MS)这两个数值来反映化石木生长时期的古气候。下面分别是年敏感度(AS)和平均敏感度(MS)的计算公式:

$$(1) \text{年敏感度 } AS = |2(x_{t+1} - x_t) / (x_{t+1} + x_t)|$$

$$(2) \text{平均敏感度 } MS = 1 / (N - 1) \sum_{t=1}^{n-1} | [2(x_{t+1} - x_t) / (x_{t+1} + x_t)] |$$

x 为年轮宽度, t 为年轮序号, n 为年轮总数^[13~15]。

根据 Fritts 研究, MS 是一年年生长变化的量度,它代表了一系列年轮中年轮宽度的平均变化。变化范围一般在 0~2 之间。0.3 作为一个中间值被用来划分气候波动的强弱。MS 小于 0.3 说明树木生长的水分条件充足,水分供给较均衡。MS 大于 0.3 则说明树木生长水分条件敏感,水分供给各年不均衡,变化大^[13]。根据上面公式,我们对四川盆地西缘须家河组地层中的化石木样品做了计算(表 1)。

本次在上三叠统须家河组地层中发现的化石木样品由于形成时间较早,经历后期改造强烈,化石木已经完全被钙化,只有手标本表面还残留有碳化树皮。晚三叠世研究区处于海陆转化阶段,并开始碰撞造山的过程,构造活动强烈,导致化石木变形强烈,小裂缝发育,这促使笔者在研究化石木年轮时必须要求排除构造变形因素。因此,笔者在显微镜下一般选择早材带和晚材带较为清晰、没有变形的区域,首先测量早材带和晚材带细胞的大小,然后再分别数早材带和晚材带的细胞数来确定早材带和晚材带的宽度。

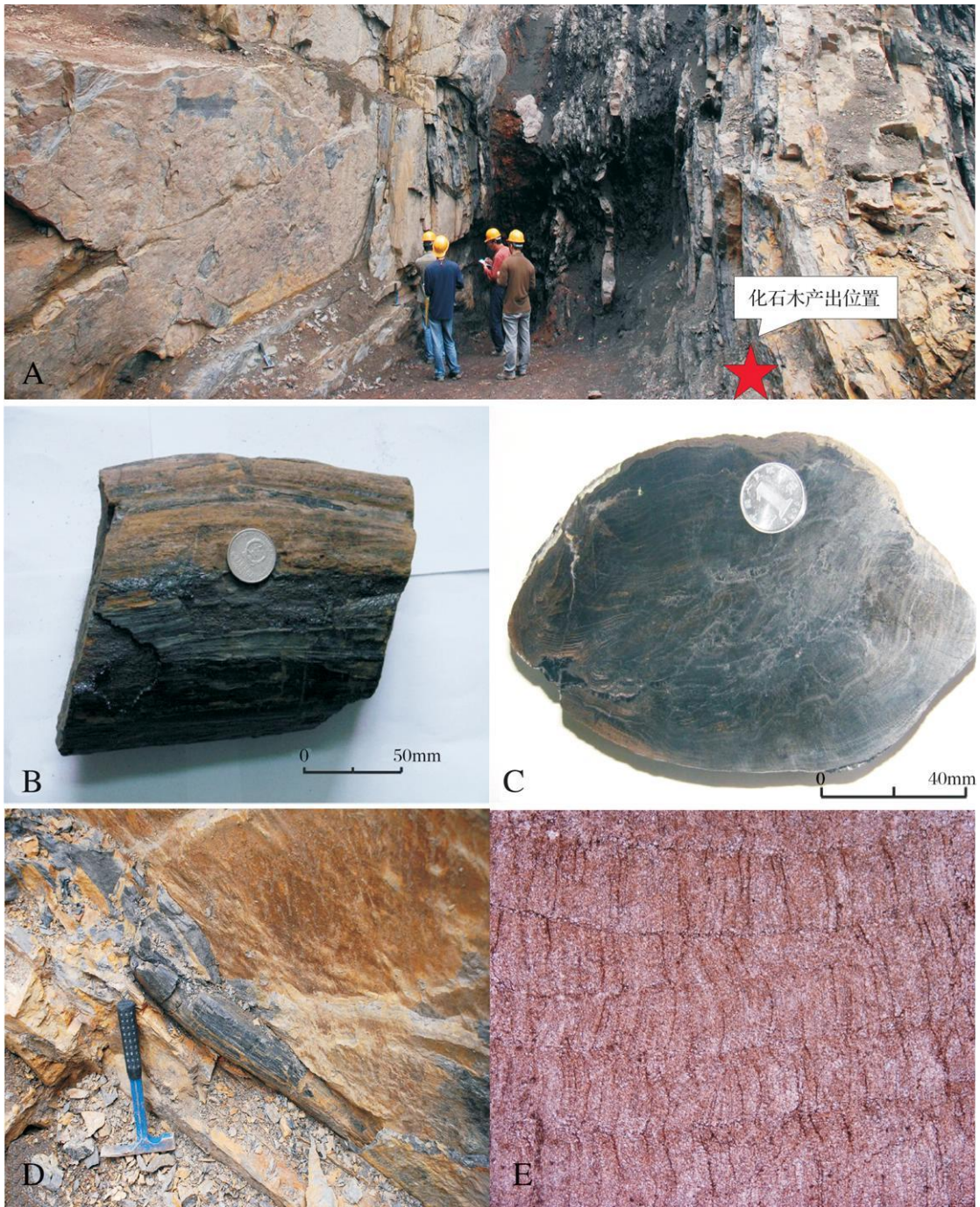


图 2 四川盆地西缘须家河组化石木样品

A. 化石木野外产出地层接触关系; B. 化石木样品纵面照片; C. 化石木样品横切面可看到清晰的年轮, 长 14 cm, 宽 9 cm; D. 化石木野外产出位置; E. 显微镜下见年轮, 单偏光, 对角线长度 8 mm, 具有明显年轮, 早材带细胞清晰可见, 早材带细胞与晚材带细胞相差悬殊。

Fig 2 Fossil wood found in Xujiache Formation on the western margin of Sichuan Basin

根据计算结果可以看出样品中年轮变化较大, 宽度 0.875~2.025 mm, 这表明生长速度的大范围的变化。在每一个年轮中可以看出, 早材带的细胞数要远远大于晚材带的细胞数, 早材带细胞的细胞壁薄, 细

胞个体大, 沿着年轮垂直方向可看到细胞的缓慢增加, 而晚材带细胞生长致密, 几乎看不到细胞形态, 和早材带细胞形成鲜明对比, 这样的特征与长期的生长环境的变化有关。MS 为 0.263 小于 0.3 表明化石

木生长环境年水分供给充足、均匀。

表 1 四川盆地西缘须家河组化石木年轮数据

Table 1 Growth ring information of fossil wood from Xujiahe Formation on western margin of Sichuan Basin

轮序 <i>t</i>	宽度 <i>x/mm</i>	年敏感度 <i>AS</i>	平均敏感度 <i>MS</i>
1	1	0.134	
2	0.875	0.526	
3	1.5	0.08	
4	1.625	0.6	
5	0.875	0.313	
6	1.2	0.233	
7	0.95	0.169	
8	1.125	0.105	
9	1.25	0.095	0.263
10	1.375	0.24	
11	1.75	0.222	
12	1.4	0.435	
13	0.9	0.08	
14	0.975	0.595	
15	1.8	0.118	
16	2.025		

3 讨论

树木的年轮普遍受到气候条件的影响,在温带地区或者具有季节性降水的地区植物发育年轮,并且随着季节性降水的变化树木年轮会有相应的反映,而在无季节性降水的热带等地区则不会发育年轮^[5]。植物生长受到潜水面变化的影响,年度季节性干旱使潜水面降低足以导致树木停止生长^[16]。一般情况下,具有窄的年轮的树木也有更多的假年轮,这表示树木季节性暂时生长停止。这也可能和这些树木对环境扰动强烈敏感有关,而假年轮可能指示了潮湿季节中的干旱间期^[7]。观察四川盆地西缘地区须家河组化石木样品可以发现,虽然受到的成岩时期构造挤压作用比较强烈,但年轮还是比较清楚的。晚材带一般比较窄,而早材带一般都比较宽且细胞清晰可见。每一轮早材带与晚材带宽度之比相差非常悬殊(图 2E),这一特征表明气候具有明显的季节性变化。从化石木样品的特征可知晚三叠世四川盆地西缘处在强烈的季风影响下,季节风带来的大气降水量有很大变化:当季节风从大陆吹向海洋时,研究区所处的热带雨林降雨量小;而当季节风从海洋吹向陆地时,降雨量大。这与美国科罗拉多高原上三叠统 Chinle 组地层的控制因素一致。四川盆地西缘晚三叠世须家河组发育海湾、湖泊、河流、三角洲沉积,并广泛发育含

煤沼泽沉积。从晚三叠世卡尼期到瑞替期,四川盆地西缘地区从海相沉积过渡到陆相沉积。须家河组是复杂的河流、湖泊系统沉积,砂岩、泥岩频繁交替沉积并夹有大量煤层,地层中多见冲刷构造和植物叶片;这都可能是由于间歇性或季节性水流输入造成。

Robinson 将泛大陆的气候描述为季风气候^[17],这种描述也得到了 Parrish 等人的支持,他们研究了理想气候模型和泛大陆季风的驱动机制^[18]。地质学家普遍认为从石炭纪开始冈瓦纳大陆向北漂移,最终在三叠纪与北半球的欧亚大陆聚合,形成泛大陆^[2]。受到泛大陆的影响,二叠纪到三叠纪全球经历了巨型季风气候由形成、发展到衰退的演化^[2]。泛大陆巨型季风时期,特提斯洋和处于夏季的半球之间的温度差与现代夏季的亚洲季风期间印度洋和亚洲情况很相似^[16]。巨型季风在三叠纪达到了最大值^[18],这是由于泛大陆暴露地表的范围在三叠纪达到最大面积^[19]。而且,暴露的大陆从北半球到南半球在赤道两侧对称分布^[19,20],前人普遍认为这一时期巨型季风处在最强时期,而赤道地区以及中纬度的大陆内部地区的干旱可能达到了最大程度^[19]。二叠纪至三叠纪全球古地理的变化也导致了全球古洋流格局的重大调整,颜佳新认为这种变化深刻的影响了古气候的变化,特别是在位于古赤道地区中特提斯洋的发育和独立洋流体系的形成,这可能是将二叠纪至三叠纪巨型季风气候体系推向高潮的关键因素^[21]。到晚三叠世,泛大陆开始裂解,古气候又一次发生巨大的变化,全球变冷变潮湿^[1]。这种温度的降低和湿度的增加表现为从晚三叠世到早侏罗世蒸发岩突然的减

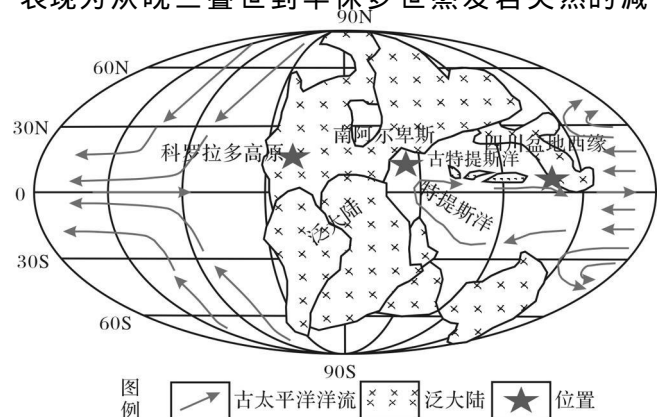


图 3 晚三叠世全球古地理分布及古太平洋洋流 (据参考文献 [25], [16], [20], [21] 有修改)

Fig 3 The global Late Triassic paleogeographic map and the ancient Pacific ocean currents (Modified from References [25], [16], [20], [21])

少^[22, 23]、含煤层的大量增加^[22, 24]。而在这一时期的全球巨型季风开始减弱,但是晚三叠世巨型季风气候是否完全瓦解而被圈层气候所取代还存在很多争论。

从晚三叠世的古地理图(图3)中可以看到,北美科罗拉多高原位于泛大陆的西部赤道以北的位置,南阿尔卑斯地区位于泛大陆的东海岸赤道以北的位置,而研究区位于特提斯洋的东北岸,根据古地磁的数据,万天丰认为扬子板块在晚三叠世的古纬度为 27° ^[26],姜枚等对川东合川三叠剖面的古地磁进行测量,认为三叠纪的古纬度大致是北纬 18° 到 26° ^[27],所以研究区和北美科罗拉多高原、南阿尔卑斯地区所处的古纬度相当,都属于低纬度地区,且都受到了巨型季风的强烈影响。晚三叠世科罗拉多高原 Chinle 组沉积于 $5\sim 15^{\circ}\text{N}$ 的古纬度范围的泛大陆赤道西海岸地区^[16]。泛大陆超级大陆期间大约有 $2\ 500\text{ m}$ 厚度的风成沉积砂岩集中在美国西南部,而大部分沉积保存在科罗拉多高原^[28]。上三叠统 Chinle 组突出的特点是旱季的延长^[16]。Parrish 和 Peterson 根据风成沉积物的记录识别出了晚三叠世风向的主要变化,他们认为,季风循环在晚三叠世尤为强大,以致影响了泛大陆西部的循环^[29],巨型季风从泛大陆西部的古大洋带来水分,因此科罗拉多高原晚三叠世的气候总体上是潮湿的(但每年季节性降水是不均衡的)且风成沉积逐渐减少^[21]。在南阿尔卑斯地区,河流作用导致中、晚卡尼期和诺利期沉积中的钙质结核成为内碎屑后发生再沉积,因此蒸发岩在南阿尔卑斯地区分布不断增加,且发现了具变形构造的蒸发层^[30]。因此,泛大陆的赤道东部地区(南阿尔卑斯地区)在早、中三叠世可能是最干旱的,直到晚三叠世泛大陆开始裂解,巨型季风气候才逐渐减弱^[18]。位于东特提斯沿岸地区的上三叠统须家河组主要为砂岩、粉砂岩、炭质页岩及煤层的旋回层;颜佳新认为东特提斯低纬度地区发育的煤层表明该区为潮湿型为主的气候^[31];而根据黄其胜对须家河组植物化石的研究,认为该地层沉积时期的古气候为干、湿交替^[3]。根据川西地区化石木研究,我们认为在晚三叠世诺利期至瑞替期,巨型季风对东特提斯沿岸地区仍具有较大的影响,从岩石类型、古植物学等方面的特征可以看出川西地区发育季节性干、湿交替为主的古气候。研究区在三叠纪处于低纬度地区,如果处在圈层气候体制下,应该为热带雨林气候,水分的输入不会随季节波动,树木不可能存在年轮。但化石木显著的年轮反映出瑞替期的古气候是具有季节性的干湿交替,说明全

球性的季风性气候对研究区有影响。这在一定程度上支持了泛大陆巨型季风假说^[17],同时说明巨型季风在晚三叠世还在延续。

4 结论

(1) 化石木标本中明显的年轮是季节性气候的指示,从每一个年轮来看,早材带细胞明显大于晚材带,且细胞壁薄,生长范围大,而晚材带细胞壁厚,细胞小,个数少,这也是季节变化的反映,由此认为四川盆地西缘上三叠统须家河组在形成时期是受到强烈的季风性气候影响。

(2) 统计并计算川西地区上三叠统须家河组化石木年轮平均敏感度小于 0.3 说明当时年大气降水均衡。

(3) 研究区晚三叠世古气候与美国科罗拉多高原和南阿尔卑斯地区表现出很大的相似性,说明在这一时期三个地区的影响因素一致,都受控于强烈的全球性巨型季风。

参考文献 (References)

- 1 Manspeizer W. The breakup of Pangea and its impact on climate consequences of Variscan-Alleghanide orogenic collapse [C]// Klein G D, ed. Pangea: Paleoclimate, Tectonics and Sedimentation during Accretion, Zenith and Breakup of a Supercontinent. Geological Society of America Special Paper 288, 1994: 169-185.
- 2 Parrish J T. Climate of the Supercontinent Pangea [J]. The Journal of Geology, 1993, 101: 215-233.
- 3 黄其胜. 川北晚三叠世须家河期古气候及成煤特征 [J]. 地质论评, 1995, 41(1): 92-99 [Huang Qisheng. Paleoclimate and coal-forming characteristics of the late Triassic Xujiahe stage in northern Sichuan [J]. Geological Review, 1995, 41(1): 92-99].
- 4 丁秋红, 张武, 郑少林. 辽西下白垩统义县组化石木年轮的观察及其意义 [J]. 地质科技情报, 2004, 23(1): 38-41 [Ding Qihong, Zhang Wu, Zheng Shaolin. Growth rings observation fossil woods and their implication from Yixian formation of lower Cretaceous in western Liaoning province [J]. Geological Science and Technology Information, 2004, 23(1): 38-41].
- 5 吴祥定. 树木年轮与气候变化 [M]. 北京: 气象出版社, 1990: 1-17 [Wu Xiangding. Tree Rings and Climate Change [M]. Beijing: China Meteorological Press, 1990: 1-17].
- 6 Artabe A E, Spalletti L A, Brea M, et al. Structure of a conifer forest fossil forest from the late Triassic of Argentina [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2007, 243: 451-470.
- 7 Pires E F, Sommer M G, et al. Late Triassic climate in southernmost Parana Basin (Brazil): evidence from dendrochronological data [J]. Journal of South American Earth Sciences, 2005, 18: 213-221.
- 8 Brisson A L, Philippe M., Thevenard E. A late Mesozoic wood growth

- rings climate-induced [J]. *Paleobiology*, 2001, 27(3): 531-538
- 9 王婷, 于丹, 李江风, 等. 树木年轮宽度与气候变化关系研究进展 [J]. *植物生态学报*, 2003, 27(1): 23-33 [Wang Ting, Yu Dan, Li Jiangfeng *et al.* Advances in research on the relationship between climatic change and tree-ring width [J]. *Journal of Plant Ecology*, 2003, 27(1): 23-33]
- 10 四川省地质局第二区域地质测量队. 1:20 万灌县幅地质图 [M]. 1976 [Geological Bureau of Sichuan Province. The second regional geological survey team. 1:200000 GuanXian Geological Map [M]. 1976]
- 11 Creber G T. Tree ring—a natural data-storage system [J]. *Biological Review*, 1977, 52(3): 349-383
- 12 Creber G T, Chaloner W G. Influence of environmental factors on the wood structure of living and fossil trees [J]. *Botanical Review*, 1984, 50(4): 357-448
- 13 Fritts H C. *Tree Rings and Climate* [M]. London: Academic Press, 1976: 567
- 14 Francis J E. The seasonal environment of the Purbeck (Upper Jurassic) fossil forests [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1984, 48: 285-307
- 15 Creber G T, Francis J E. Tree ring analysis: palaeodendrochronology [C] // Jones T, Rowe N, eds. *Fossil Plants and Spores* [M]. Modern Techniques Geological Society of London Special Publication, 1999: 245-250
- 16 Russell F D, Parrish J T, Parrish J M, *et al.* The Pangaeian megamonsoon—evidence from the upper Triassic Chinle Formation, Colorado plateau [J]. *Society for Sedimentary Geology*, 1991, 6: 347-370
- 17 Robinson P L. Paleoclimatology and continental drift [C] // Tarling D H, Runcom S K, eds. *Implications of Continental Drift to the Earth Sciences* [M]. London: Academic Press, 1973: 449-476
- 18 Parrish J M, Parrish J T, Ziegler A M. Permian-Triassic paleogeography and paleoclimatology and implications for therapsid distributions [C] // Hotton III N H, McLean P D, Roth J J, eds. *The Ecology and Biology of Mammal-like Reptiles*. Washington: Smithsonian Press, 1986: 109-132
- 19 Parrish J T. Latitudinal distribution of land and shelf and absorbed solar radiation during Phanerozoic [J]. U. S. Geological Survey, Open-File Report 85-31, 1985: 21
- 20 Mutti M, Wessert H. Triassic monsoonal climate and its signature in Ladinian-Carnian carbonate platforms (Southern Alps, Italy) [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 1995, 65(3): 357-367
- 21 颜佳新, 赵坤. 二叠—三叠纪东特提斯地区古地理—古气候和古海洋演化与地球表层多圈层事件耦合 [J]. *中国科学: D 辑*, 2002, 32(9): 751-759 [Yan Jiaxin, Zhao Kun. Permian-Triassic paleogeography of the East Tethyan region—the ancient climate and the evolution of ancient oceans and the Earth's surface-coupled multi-layer case [J]. *Science in China Series D*, 2002, 32(9): 751-759]
- 22 Frakes L A, Francis J E, Syktus J I. *Climate Modes of the Phanerozoic: The history of the Earth's climate over the past 600 million years* [M]. Cambridge University Press, 1992: 274
- 23 Iannace A, Frisia S. Changing dolomitization styles from Norian to Rhaetian in the southern Tethyan realm [C] // Purser B, Tucker M, Zenger D. *Dolomites*. International Association of Sedimentologists Special Publication 21, 1994: 75-89
- 24 Parrish J T, Curtis R L. Atmospheric circulation, upwelling and organic-rich rocks in the Mesozoic-Cenozoic eras [J]. *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1982, 40: 31-66
- 25 Goblanka J. Late Triassic and Early Jurassic paleogeography of the world [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2007, 244: 297-307
- 26 万天丰, 朱鸿. 古生代与三叠纪中国各陆块在全球古大陆再造中的位置与运动学特征 [J]. *现代地质*, 2007, 21(1): 1-13 [Wan Tianfeng, Zhu Hong. Position and kinematics of Chinese continental blocks in reconstruction of global paleocontinents for Paleozoic and Triassic [J]. *Geoscience*, 2007, 21(1): 1-13]
- 27 姜枚, 马开义, 李普. 四川盆地东部三叠纪含钾岩层古地磁及物性研究 [J]. *物探与化探*, 1987, 11(4): 266-274 [Jiang Meij, Ma Kaiyi, Li Pu, *et al.* A study on paleomagnetism and physical properties of Triassic potassium-bearing strata in eastern Sichuan basin [J]. *Geophysical and Geochemical Exploration*, 1987, 11(4): 266-274]
- 28 Blakey R C, Peterson F, Kocurek G. Synthesis of late Paleozoic and Mesozoic eolian deposits of the Western Interior of the United States [J]. *Sedimentary Geology*, 1988, 56: 3-126
- 29 Parrish J T, Peterson F. Wind directions predicted from global circulation models and wind directions determined from eolian sandstones of the western United States—A comparison [J]. *Sedimentary Geology*, 1988, 56: 261-282
- 30 Garzanti E. Petrography and diagenesis of Upper Triassic volcanic arenites (S. Giovanni Bianco, Gomo and Val Sabbia Formations, Bergamasca Alps) [J]. *Society Geologica Italiana*, 1985, 104: 3-20
- 31 颜佳新. 东特提斯地区二叠—三叠纪古气候特征及其古地理意义 [J]. *地球科学—中国地质大学学报*, 1999, 24(1): 13-20 [Yan Jiaxin. Permian-Triassic paleoclimate of eastern Tethys and its paleogeographic implication [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 1999, 24(1): 13-20]

Fossil Wood of the Upper Triassic Xujiahe Formation on the Western Margin of Sichuan Basin Implication for Palaeoclimate

QIAN Lijun SHI Zhongqiang LI Zhongwu OU Lihua

(Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract Abundant plant fossils were found in the Upper Triassic Xujiahe Formation outcropped in the Western margin of Sichuan Basin. Based on the recent geological investigation, we discovered well-preserved fossil woods with clear growth rings, which indicated that warm climate developed during the Xujiahe Formation deposited. The growth rings of fossil wood showed seasonal fluctuations. It was thought that the climate alternation was closely related to the megamonsoon which was prevalent from the Permian to the Triassic. Average sensitivity of the tree rings of fossil woods was calculated to less than 0.3, which showed the balanced water supply. The plant growth was strongly influenced by the megamonsoon developing during the Late Triassic.

Key words Megamonsoon, fossil wood, tree ring, palaeoclimatic, Late Triassic, Xujiahe Formation

(be continued from page 313)

0.14-0.10, and the minimum for the straight reach, which less than 0.10%. The flow velocity of the bankfull discharge is also larger for the braided, moderate for the meandering and least for the straight reaches. Its variational extent decreases downwards along the three channel patterns. The gross power of stream flow is decreases from the braided via meandering to straight reaches and its ratio is 2.31: 1.35: 1. The specific power of stream flow is minimum for the braided, maximum for the meandering and moderate for the straight reaches and its ratio is 0.52: 1.18: 1. The channel bed sediment is relatively fine and generally lacks the roll component. The median grain size is 3.0ϕ , 3.2ϕ and 3.67ϕ for the braided, meandering and straight reaches, respectively. Furthermore, the sediment sorting is also enhanced along the different channel reaches downwards. Be enslaved to the abovementioned depositional dynamics, the sedimentation rate on channel bed is different among the three channel pattern reaches. It is the minimum for the braided, maximum for the meandering and moderate for the straight reaches when discharge is moderate to large, and it is approximate among the three channel pattern reaches, but a decrease tendency downwards, when discharge is small. In addition, the sedimentation rate on braided channel bed evidently depends on the variation of discharge, and decreases with increasing discharge.

Key words depositional dynamics, sedimentation rate, braided channel, meandering channel, straight channel, Lower Yellow River