科学通报 2010 年 第 55 卷 第 32 期: 3158 ~ 3161
快 讯 www.scichina.com csb.scichina.com
《中国科学》杂志社
SCIENCE CHINA PRESS

辽西侏罗纪一块有营养羽片、生殖羽片和原位孢子的紫萁根茎化石

杨小菊[①], 张武[②], 郑少林[②③]

① 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008;
② 中国地质调查局沈阳地质调查中心, 沈阳 110034;
③ 沈阳师范大学古生物研究所, 沈阳 110034
E-mail: xjyang@nigpas.ac.cn

2010-07-19 收稿, 2010-09-07 接受
中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-154)和国家重点基础研究发展计划(2006CB701400)资助

摘要 简要报道辽宁北票长皋乡侏罗纪髫髻山组的一块保存有营养器官和生殖器官解剖构造的真蕨类紫萁科植物化石. 标本为一块高约 50 cm、直径 35~41 cm 的柱状体, 其中保存了根茎、营养羽片和生殖羽片及原位孢子等器官. 通过对茎的切片观察发现该化石应为紫萁科的 *Ashicaulis*. 紫萁科的根茎化石在世界各地、尤其是辽西及周边地区的中生代地层中时有产出, 但同时保存了根茎、营养羽片、生殖羽片及原位孢子的紫萁科化石迄今还未见报道. 这样一个保存比较完整的化石对正确恢复地史时期紫萁科植物的整体面貌, 全面研究这类植物的生物学性质、形态演化以及古环境和古气候的变迁都提供了重要和可靠的化石依据.

关键词
紫萁根茎
原位孢子
侏罗纪
辽宁
髫髻山组

紫萁科是真蕨类植物中一个古老而原始的科, 最繁盛的时期在晚三叠世至早白垩世, 世界各地广泛分布. 但地层中发现的化石经常是分散保存的不同器官: 或是渗矿化的根茎而缺乏叶, 或仅仅是营养叶和生殖叶的印痕和压型标本却没有发现保存有解剖构造的根茎. 渗矿化根茎化石一般归入 *Millerocaulis*, *Ashicaulis* 和 *Aurealcaulis* 等属[1~3]; 叶的印痕和压型化石则另外归入 *Todites*, *Osmundopsis* 和 *Cladophlebis* 等器官属和形态属或直接归入现生紫萁属 *Osmunda*[4~6]. 这一时期在北半球发现的根茎化石少而叶化石较多; 在南半球则相反[2]. 我国最早报道的紫萁科茎干化石是在贵州晚二叠世煤核中发现的[7], 中生代地层中也报道了几种, 皆产自辽西、冀北的中侏罗统, 但都没有发现和叶化石保存在一起的标本[8~12]. 这些化石产出的同一地层中也很少有归入紫萁科的可靠的营养叶或生殖叶化石, 只是分类位置不明的枝脉蕨类 *Cladophlebis* 的蕨叶却时有发现[13], 说明它们与紫萁科有一定的关系.

最近我们在辽西地区发现了保存有解剖构造的紫萁科根茎化石, 并且渗矿化的根茎和营养叶、生殖叶及原位孢子保存在一起. 该化石采自我国辽宁省北票市长皋乡的髫髻山组(也称蓝旗组). 髫髻山组以中性喷发岩和火山碎屑岩为主, 其中的沉积岩夹层含植物化石. 髫髻山组的时代根据该组所产的植物化石组合认为是中侏罗世中晚期[13,14], 而相邻的内蒙古宁城和辽宁凌源地区的髫髻山组 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年方法和 LA-ICP-MS 测年法得出的髫髻山组年龄为 153~165 Ma, 认为是中侏罗世晚期到晚侏罗世[15,16].

本文研究的标本保存为一块不十分规则的圆柱体, 高约 45~50 cm, 直径约 35~41 cm, 圆柱体的四周表面可以看到很多叶柄(图 1(a))和枝脉蕨型(*Cladophlebis*-Type)的叶(图 1(a), (c)), 横断面可以看到很多同心圆状排列的、椭圆形的叶柄基(图 1(b)). 将标本切割、磨片后观察发现, 茎的解剖构造保存良好, 生殖羽片上还保存了孢子囊和原位孢子. 茎的直径约 8 mm

英文版见: Yang X J, Zhang W, Zheng S L. An osmundaceous rhizome with sterile and fertile fronds and *in situ* spores from the Jurassic of western Liaoning. Chinese Sci Bull, 2010, 55, doi: 10.1007/s11434-010-4191-3

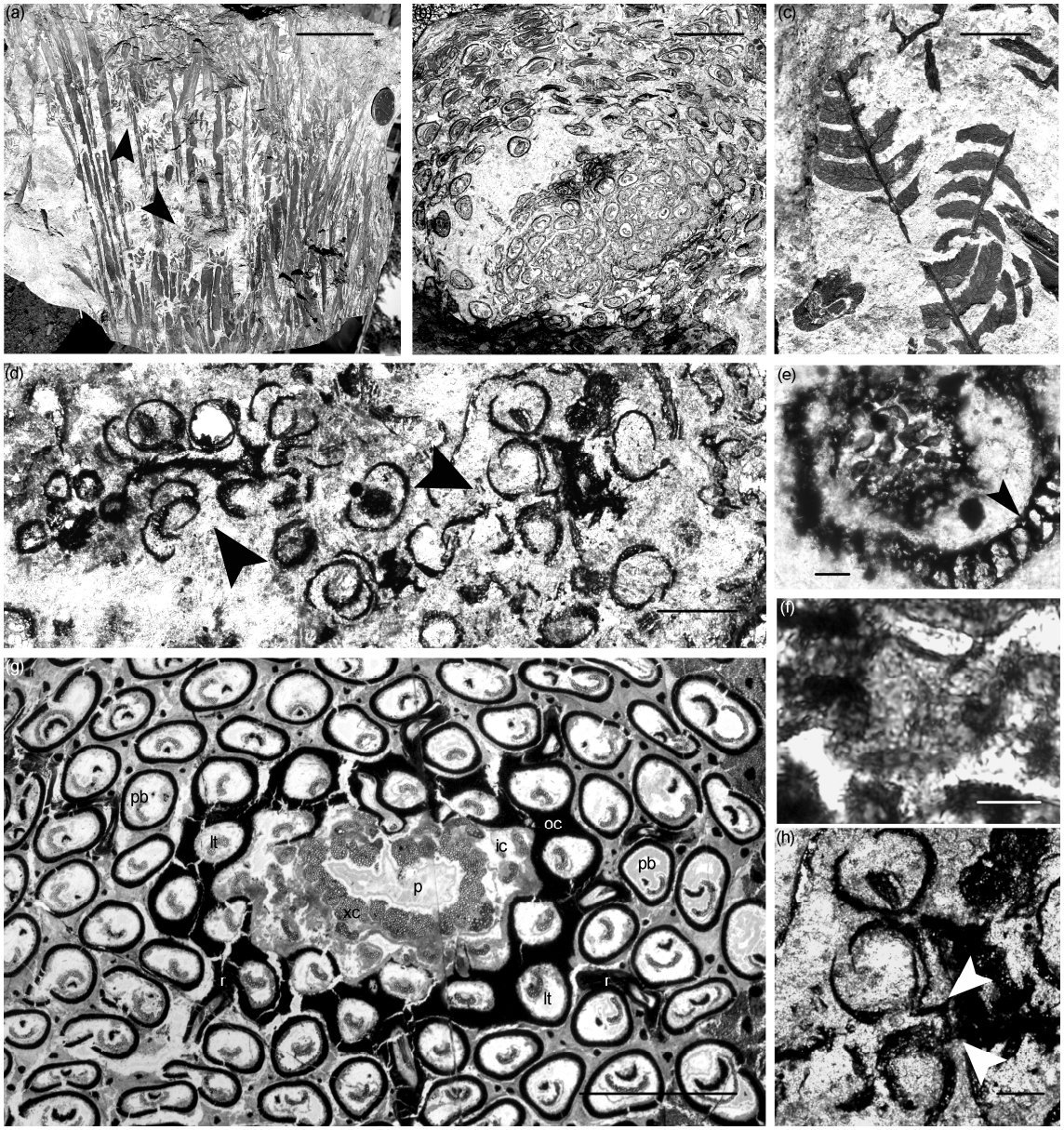

图 1　保存有营养羽片、生殖羽片、孢子囊和孢子的紫茸根茎

(a) 标本侧面观, 周围可见大量叶柄及营养羽片(箭头). PB21394, 比例尺: 5 cm. (b) 标本截面观, 可见大量叶柄基. PB21394, 比例尺: 10 mm. (c) 枝脉蕨型的营养羽片. PB21394-A, 比例尺: 5 mm. (d) 两个部分保存的生殖羽片(箭头). PB21394-B, 比例尺: 500 μm. (e) 具环带(箭头)和孢子的孢子囊. PB21394-B, 比例尺: 40 μm. (f) 具三射线缝的孢子. PB21394-C, 比例尺: 10 μm. (g) 根茎的横切面, 示髓(p)、木质部圆筒(xc)、内皮层(ic)、外皮层(oc)、叶迹(lt)、叶柄基(pb)及不定根(r). PB21394-D, 比例尺: 5 mm. (h) 生殖羽片的一部分, 示孢子囊以短柄(箭头)着生在羽轴上. PB21394-B, 比例尺: 200 μm

×12 mm, 由髓、中柱、内皮层、外皮层组成(图 1(g)). 中柱为外韧式网管中柱; 木质部圆筒厚约 0.5~0.8 mm, 由 13~17 个木质部束组成; 原生木质部为中始式, 管胞径向壁具梯纹孔; 叶隙宽或窄; 髓的直径约 3~4 mm; 皮层分内皮层和外皮层两部分: 内皮层厚约 1~2 mm, 含 15~20 个叶迹, 外皮层厚约 1.5~2.5 mm, 含 15~24 个叶迹; 叶迹的木质部束向近轴面方向弯曲成“C”形; 叶柄基的数量很多, 其横切面多呈椭圆形; 叶柄基近轴面与木质部束相对的一侧有一团呈新月形的厚壁组织(厚壁细胞群), 在叶柄基两侧的托叶翼中也各有一个椭圆形的、约 0.15~0.2 mm×0.2~0.3 mm 的厚壁细胞群(图 1(g)). 不定根相当发育, 经由皮层发出(图 1(g)).

营养羽片完整的形态不明. 叶柄粗壮, 直径可达 6~7 mm; 末二级羽轴宽 3~4.5 mm; 末次羽片以近直角从羽轴伸出; 羽片为枝脉蕨型; 小羽片基部略收缩, 近乎对生, 呈镰刀形, 顶端略尖, 长约 5~6 mm, 宽约 1.5~2.2 mm, 中脉清楚, 侧脉细弱一般分叉一次(图 1(c)). 生殖羽片整体形态不明, 小羽片很小, 中脉明显, 孢子囊密集着生在中脉两侧. 孢子囊卵圆形至球形, 直径 250~500 μm, 囊柄短而粗(图 1(h)); 环带侧生, 孢子囊壁仅有一层细胞, 容易开裂, 环带部分明显增厚(图 1(e)); 孢子囊内的孢子大小约(15~27) 22 μm × (25~35) 30 μm, 具三射线, 射线细长, 孢子表面具瘤状纹饰(图 1(f)), 有些孢子在孢子囊内已经开裂.

当前根茎标本具有外韧式网管中柱、中始式原生木质部, 叶迹的木质部束向近轴面方向弯曲成"C"形; 椭圆形叶柄基, 叶柄基近轴面与木质部束相对一侧有一团呈新月形的厚壁细胞群, 从这些解剖特点来看, 这块化石无疑应归入紫萁科, 而且可归入 *Ashicaulis* 属. 营养叶小羽片基部略收缩, 形态与北半球中侏罗世常见的 *Cladophlebis denticulata* (Brongniart) Fontaine 很相似[4,5,17,18], 而且在英国约克郡植物群中, 已证明此种具有 *Todites* 型的孢子囊, 应归属于紫萁科的 *Todites denticulatus* (Brongniart)[4]. 当前标本从孢子囊的形态和着生情况来看也是属于紫萁科的, 但没有观察到整体的生殖羽片, 单从孢子囊密集着生在中脉两侧这一特点尚无法判断究竟是 *Todites* 型的还是羽片完全退缩的 *Osmundites* 型. 原位孢子具细长的三射线和表面的瘤状纹饰等特征与现代紫萁属的孢子特征很相似[19], 与已描述的紫萁科化石相比, 当前标本孢子比较小, 与北方中生代地层中常见的紫萁科孢子 *Osmundacidites alpinus* Klaus, *O. speciosus* (Verb.) Zhang, *O. densiornamentatus* (Klimko) Zhang, *O. wellmanii* Couper, *O. elegans* (Verb.) Xu et Zhang 都可以比较, 尤其是形态与大小与 *O. alpinus* 和 *O. densiornamentatus* 更接近[20,21].

国外已有不少研究者报道了原位孢子[4,6,22,23], 但我国迄今为止未见有关研究成果[24]. 而紫萁根茎化石我国已报道了 5 种: *Ashicaulis hebeiensis* (Wang) Tidwell, *A. liaoningensis* (Zhang et Zheng) Tidwell, *A. macromedullosus* Matsumoto, Saiki, Zheng, Zheng et Wang, *Millerocaulis sinica* Cheng et Li, *M. preosmunda* Cheng, Wang et Li[8~12]. 除了 *Ashicaulis hebeiensis* 发现在河北外, 其余 4 种都产于辽西中晚侏罗世髫髻山组. 这些化石都是单独保存的根茎化石, 没有发现任何可靠的营养叶与生殖叶一起保存, 甚至在同一层位中也只产出 2 个不完整的、通常归入到紫萁科的营养叶的印痕化石 *Todites denticulatus*, *T. williamsonii*[13]. 中生代保存有根茎、营养叶、生殖叶和原位孢子的完整的紫萁科化石从未见报道. 历来, 我们对中生代紫萁科植物的认识都是基于分散的、零碎的各个器官上, 难以获得一个整体的认识. 本文的化石标本, 根茎、营养羽片、生殖羽片及原位孢子等器官保存在同一块渗矿化的标本上, 从几个切面上观察到的茎、叶位置来看, 营养羽片和有原位孢子的生殖羽片是属于同一株植物的, 可以把它视为一株完整的植物体. 这对恢复和了解地史时期紫萁科植物的整体面貌, 全面研究这类植物的生物学性质、形态演化以及古环境和古气候的变迁都提供了重要的化石依据.

现生紫萁科包括 *Osmunda*, *Todea* 和 *Leptopteris* 3 个属, 除了紫萁属 *Osmunda* 是全球温带和热带地区分布外, 其余 2 属主要分布在南半球. 我国只有 3 个种 *Osmuda cinnamonea* L., *O. japonica* Thunb.和 *O. vachellii* Hook. 其中 *O. cinnamonea* 为世界广布的种, 在我国可以一直延伸到东北地区. 目前已在辽西地区已发现了 4 种紫萁科根茎化石, 其中 *Millerocaulis preosmunda* 还显示出与紫萁属有非常近的亲缘关系, 可能是现生各种 *Osmunda* 的直接祖先[12]. 初步研究显示该地区还有若干待研究的新类型(张武、程业明、田宁等私下交流). 结合所有发现的与紫萁科有关的叶化石, 可以推测, 中国燕辽地区为中生代紫萁科的一个重要的多样性分布中心.

致谢 感谢辽宁朝阳济赞堂木化石馆李海君先生提供珍贵的研究标本; 中国科学院南京地质古生物研究所周志炎院士和中国石油天然气股份有限公司石油勘探开发研究院邓胜徽博士对材料的研究提出宝贵意见.

参考文献

1 Miller C N. Evolution of fern family osmundaceae based on anatomical studies. Contrib: Mus Palaeontol Univ Mich, 1971, 23: 105—169
2 Tian N, Wang Y D, Jiang Z K. Permineralized rhizomes of the Osmundaceae (Filicales): Diversity and tempo-spatial distribution pattern. Palaeoworld, 2008, 17: 183—200
3 Tidwell W D. *Ashicaulis*, a new genus for some species of *Millerocaulis* (Osmundaceae). Sida Contrib Bot, 1994, 16: 253—261
4 Harris T M. The Yorkshire Jurassic Flora I Phallophyta-Pteridophyta. London: British Museum Natural History, 1961. 1—212
5 Samylina V A. The Mesozoic Flora of the area to the west of the Kolyma River (The Zyrianka coal-basin). 1. Equisetales, Filicales, Cycadales, Bennettitales (in Russian). Paleobot, 1964, 5: 40—79

6 Krassilov V. Mesozoic Lycopods and ferns from the Bureja Basin. Palaeontographica B, 1978, 166: 16—29
7 李中明. 古紫萁属的订正及两个新种. 植物分类学报, 1983, 21: 153—160
8 Wang Z Q. *Osmundacaulis hebeiensis*, a new species of fossil rhizomes from the Middle Jurassic of China. Rev Palaeobot Palyn, 1983, 39: 87—107
9 张武, 郑少林. 辽宁中侏罗世紫萁根茎化石一新种. 古生物学报, 1991, 30: 714—727
10 Matsumoto M, Saiki K, Zhang W, et al. A new species of osmundaceous fern rhizome, *Ashicaulis macromedullosus* sp. nov. from the Middle Jurassic, northern China. Paleont Res, 2006, 10: 195—205
11 Cheng Y M, Li C S. A new species of *Millerocaulis* (Osmundaceae, Filicales) from the Middle Jurassic of China. Rev Palaeobot Palyn, 2007, 144: 249—259
12 Cheng Y M, Wang Y F, Li C S. A new species of *Millerocaulis* (Osmundaceae) from the Middle Jurassic of China and its implication for evolution of *Osmunda*. Int J Plant Sci, 2007, 168: 1351—1358
13 张武, 郑少林. 辽宁西部地区早中生代植物化石. 见: 于希汉, 王五力, 刘宪亭, 等, 编. 辽宁西部中生代地层古生物 3. 北京: 地质出版社, 1987. 239—338
14 Wang Y D, Saiki K, Zhang W, et al. Biodiversity and palaeoclimate of the Middle Jurassic floras from the Tiaojishan Formation in western Liaoning, China. Prog Nat Sci, 2006, 16: 222—230
15 柳永清, 刘燕学, 姬书安, 等. 内蒙古宁城和辽西凌源热水汤地区道虎沟生物群与相关地层 SHRIMP 锆石 U-Pb 定年及有关问题的讨论. 科学通报, 2006, 51: 2273—2282
16 张宏, 王明新, 柳小明. LA-ICP-MS 测年对辽西-冀北地区髫髻山组火山岩上限年龄的限定. 科学通报, 2008, 53: 1815—1824
17 叶美娜, 刘兴义, 黄国清, 等. 川东北地区晚三叠世及早、中侏罗世植物. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1986. 1—141
18 李佩娟, 何元良, 吴向午, 等. 青海柴达木盆地东北缘早、中侏罗世地层及植物群. 南京: 南京大学出版社, 1988. 1—231
19 中国科学院北京植物研究所. 中国蕨类植物孢子形态. 北京: 科学出版社, 1976. 1—414
20 蒲荣干, 吴洪章. 黑龙江省东部晚中生代地层的孢子花粉. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊, 1982, 5: 383—456
21 宋之琛, 尚玉珂. 中国孢粉化石(第二卷) 中生代孢粉. 北京: 科学出版社, 2000. 1—710
22 Van Konijnenberg-van Cittert J H A. Osmundaceous spores *in situ* from the Jurassic of Yorkshire, England. Rev Plaeobot Palyn, 1978, 26: 125—141
23 Van Konijnenberg-van Cittert J H A. Two *Osmundopsis* species and their sterile foliage from the Middle Jurassic of Yorkshire. Palaeont, 1996, 39: 719—731
24 邓胜徽, 陈芬. 中国东北地区早白垩世真蕨类植物. 北京: 地质出版社, 2001. 1—249