科学通报 2009 年 第 54 卷 第 13 期: 1937 ~ 1939
快 讯 www.scichina.com csb.scichina.com
《中国科学》杂志社
SCIENCE IN CHINA PRESS

辽西上三叠统大型完整苏铁类化石的发现及意义

王鑫[①], 李楠[②], 王永栋[①], 郑少林[③]

① 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008;
② 深圳市中国科学院仙湖植物园, 深圳 518004;
③ 中国地质调查局沈阳地质调查中心, 沈阳 110034
* 联系人, E-mail: brandonhuijunwang@gmail.com

2009-04-08 收稿, 2009-04-27 接受
国家自然科学基金(批准号: 40772006, 40372008, 40632010, J0630967)、中国科学院知识创新工程重要方向性项目(编号: KZCX2-YW-154)和国家重点基础研究发展计划(编号: 2006CB701401)资助

摘要 简要报道辽西地区新近发现的保存完整的大型苏铁类植物化石标本. 化石采自北票地区常河营晚三叠世的羊草沟组, 且完整保存在一整块砂岩上, 高 89 cm, 宽 130 cm, 包括有长达 82 cm 的羽状叶、茎顶及着生其上的雄性球果. 通过对羽叶和小羽片的形态及其着生方式、叶脉、球果及其着生状态等与现生苏铁类植物的对比, 表明当前化石材料与现存苏铁目的泽米科有着密切的系统学关系. 这是目前化石记录中保存最完整且同时具有营养和生殖器官的大型苏铁类化石, 对于研究化石苏铁类的总体形貌、形态演化以及古气候环境变迁等具有重要的科学意义.

关键词
苏铁化石
泽米科
整体植物
晚三叠世
辽西

苏铁类是一种古老的子遗裸子植物, 在植物系统发生和演化谱系中占有十分重要的地位. 最早的苏铁类化石记录出现于二叠纪 [1,2], 在中生代达到顶盛时期 [3~8]. 到了白垩纪, 随着被子植物的兴起和环境变迁, 苏铁类的分异度大为降低. 现代苏铁类仅剩 11 个属, 约 305 种 [9]. 由于苏铁类植物具有久远的化石记录和演化历史, 因而成为古植物学、植物系统学以及演化生物学等学科领域的重要研究对象. 但是迄今为止, 前人对于生殖器官和叶片、茎干有机相连的苏铁类化石标本鲜有报道. 近年来, 我国东北侏罗系相继发现了保存较为完好的苏铁类植物标本. Wang等 [7]、Zhang等人 [10]先后研究了产自辽西北票地区中侏罗世保存有解剖构造的矿化苏铁类植物茎干化石—辽宁李氏木(*Lioxylon liaoningense*). Wang等人 [8]报道了内蒙古早侏罗世的一个雄性苏铁类植株 *Jurastrobus*, 其中包括一枚雄球果和相连的部分羽叶, 初步显示了化石苏铁植物器官间的着生关系, 但是由于该标本较小且保存不够完整, 无法进行进一步的复原和重建. 因此保存完好且能够提供植物完整面貌的化石此前仍然非常少见. 最近, 我们在辽西北票羊草沟地区的晚三叠世沉积中发现了保存完整的大型苏铁类化石标本, 并且羽枝、羽叶、茎干以及球果直接连生, 这对于深入探究苏铁类化石的形态和系统演化, 以及了解当地的环境气候变迁等提供了新的化石证据.

该化石标本(初步定名为洪涛全泽米 *Holozamites hongtaoi*, 详细的分类学研究结果将另文发表)产自辽宁省北票市常河营乡羊草沟村, 化石产出的地层为羊草沟组. 关于该组的地质时代略存争议, 叶肢介化石研究认为该组时代为晚三叠世至早侏罗世 [11], 而古植物研究认为其时代为晚三叠世 [12]. 与当前苏铁类化石标本伴生的其他植物化石包括 *Neocalamites, Annulariopsis, Dictyophyllum, Danaeopsis, Todites, Cladophlebis, Glossophyllum, Baiera, Sphenobaiera, Ginkgoites, Nilssonia, Pterophyllum, Podozamites, Pityophyllum, Cycadocarpidium, Umkomasia, Leptostrobus*等 [12~14], 该植物组合显示晚三叠世的特征 [12]. 该植物体高 89 cm, 宽 130 cm, 保留了植物茎干的顶部, 1 枚雄性生殖器官, 以及多大 8 枚的羽叶, 重要的是这些部分均有机相连(图 1(a)). 羽状叶长 66~82 cm,

引用格式: 王鑫, 李楠, 王永栋, 等. 辽西上三叠统大型完整苏铁类化石的发现及意义. 科学通报, 2009, 54: 1937~1939
Wang X, Li N, Wang Y D, et al. The discovery of whole-plant fossil cycad from the Upper Triassic in western Liaoning and its significance. Chinese Sci Bull, 2009, 54, doi: 10.1007/s11434-009-0384-z

宽可达 18 cm, 每条羽叶着生有多达 60 对的小羽片(图 1(a), (b)). 羽轴基部宽 2.3 cm, 腹面具一条宽 5 mm的纵沟, 二者向上均变狭窄(图 1(d), (e)). 小羽片大小随着着生部位呈现明显变化, 长为 5 mm至 13 cm, 宽为 5~10 mm, 为长三角形至披针形. 小羽片着生于羽轴的腹面两侧, 最大的小羽片靠近羽叶中上部, 向两端渐小(图 1 (b)). 最基部的小羽片呈短三角形, 几乎垂直着生于羽轴上, 具 5~6 条平行叶脉, 叶脉仅在基部分叉(图 1(b), (e)). 中部的小羽片呈披针形, 以 50°~60°的角度着生于羽轴上, 具 16~18 条脉, 基部下延(图 1(d)). 顶部小羽片呈披针形, 与羽轴成锐角. 叶脉平行, 宽约 270 μm, 脉间宽约 180~420 μm, 每厘米大约有 18 条叶脉. 叶脉在小羽片基部偶有分叉, 其余部位大部分呈平行分布, 稀有叶脉相连形成网格(图 1 (d)). 雄性球果 1 枚, 呈长椭球-圆柱形, 长约 11.2 cm, 宽 4.3 cm, 顶端钝尖, 具 1 条粗壮的柄, 约 6 cm长, 2 cm宽(图 1 (c)).

苏铁类和本内苏铁类是在中生代繁盛的化石植物类群. 虽然在叶形上二者有些类似, 但是二者在生殖器官上迥然不同: 本内苏铁类的生殖器官可以是单性或两性的, 苏铁类的生殖器官只有单性的; 本内苏铁类的雄性生殖器官由散生成一圈、腹面有小孢子囊群的小孢子叶组成, 从来不会形成球果, 而苏铁类的雄性生殖器官则是由背面长有小孢子囊群的小孢子叶围绕中轴螺旋排列组成带柄的球果(这与本文报道的化石特征相一致). 通过与已知化石的对比研究, 我们认为, 当前产自辽西地区的化石标本代表了苏铁类的一个雄性植株. 而在苏铁类中, 该化石的叶部特征(叶形、小羽片的着生方式、叶脉等)排除了其属于苏铁科和蕨铁科的可能性, 而表现出与泽米科之间的系统学一致性.

当前产自辽西的化石标本包括完整保存的羽叶、花粉器官及茎, 这为与现生苏铁类群进行对比提供了珍贵的材料. 现存苏铁目包括苏铁科、蕨铁科和泽米科 3 个科, 其中泽米科有 2 个亚科、8 个属、140 余种. 我们的化石植物羽叶属于 *Pseudoctenis* 类型, 羽轴基部两侧具有两排小羽片退化成的小刺, 小羽片由基部向上逐渐变大, 在羽叶中上部达到最大, 向上又逐渐变小, 与羽轴夹角向上变小. 小羽片着生于羽轴的腹侧面, 有 5~18 条脉从羽片基部平行发出, 偶尔有间脉相连. 这些形态特征和现生的 *Lepidozamia* (Zamiaceae)较为接近. 另外, 我们化石标本的花粉器官和茎、羽叶之间的连生关系也与大部分的现生 Zamiaceae 颇为相似. 现生 Zamiaceae 外形似棕榈状, 具地下生的茎、球茎或直立的柱状茎干, 茎干一般不分枝; 大型羽状叶螺旋状排列, 集生于茎干顶部; 小羽片具多数纵向平行脉, 平行脉偶有分叉, 无中脉; 雄性孢子叶球呈长球状, 着生于茎顶端. 当前产自辽西北票地区晚三叠世的化石展现的主要特征与上述现生类型的性状特征基本吻合, 因此表明了二者之间具有更加密切的系统学关系.

过去, 一些古植物学家通过伴生在一起的不同植物器官或者共同的解剖特征来恢复地史时期的苏铁类原貌. 例如, Thomas和Harris[3]把 *Nilssonia tenuinervis*, *Androstrobus wonnacotti*, *Beania mamayi*和*Deltolepis* sp.组合成一种植物, 而把*Pseudoctenis lanei*, *Androstrobus wonnacotti*和*Beania mamayi*组合成另外一种植物. Florin[15], Harris[16,4], Mamay[1], Delevoryas和Hope[17], Delevoryas[18]也先后进行过类似的努力. 值得注意的是, 这些组合和复原是建立在伴

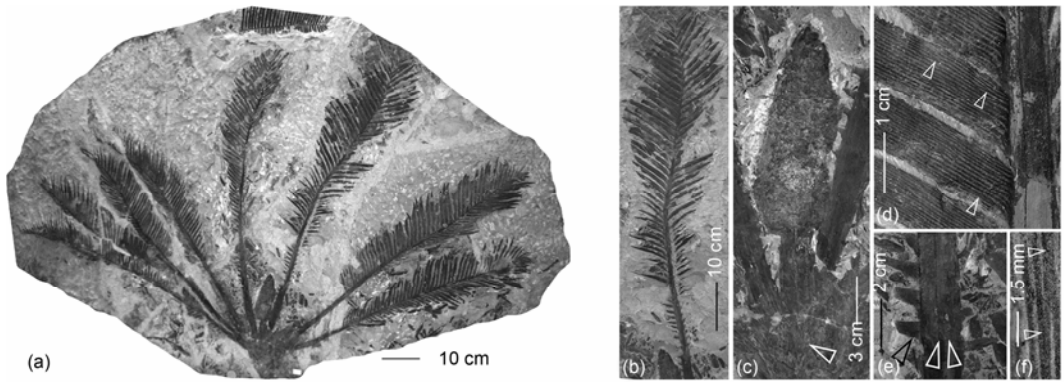

图 1 辽西北票羊草沟晚三叠世发现的大型苏铁类化石标本

标本编号: B0004, 保存于辽宁凌源洪涛古化石博物馆. (a) 化石全貌, 示其大小、叶、茎和球果之间的有机联系; (b) 羽叶之一, 示其形状、大小、小羽片的着生角度变化; (c) 球果形态及其与叶、茎之间的有机着生关系(箭头所示), 及羽轴上退化的小羽片; (d) 羽叶的部分放大, 小羽片着生于羽轴的腹面, 其基部下延, 平行叶脉及偶尔的分叉(下方箭头)和结网(上方箭头), 羽轴腹面有一纵沟; (e) 羽叶基部的放大, 示退化的小羽片着生于羽轴的两侧(黑色箭头), 羽轴腹面有一纵沟(白色箭头); (f) 小羽片平行叶脉及叶脉间偶尔的连接(箭头)

生关系或共有解剖特征基础上的，没有直接连生标本的佐证. 从严格意义上来讲，这些结果因为掺入了人为因素使其复原可靠性多少受到质疑[19]. 本文报道的化石标本保存完整、包括植物的营养器官和生殖器官，显示了植物的整体形貌，无需进行臆猜和重建. 这在目前已知苏铁类化石记录中是极为少见的，为了解苏铁这一古老植物的生活习性和形貌，并进行植物体的整体复原和重建提供了过去难以获得的、直接而确凿的化石证据.

现存泽米科分布于美洲、澳洲和非洲的热带、亚热带至暖温带地区. 该科最北分布于美国Georgia州的东南角，该地北纬 31°，年均气温 19.5℃，平均年最低温度–9.4℃. 而本文报道的化石标本产于辽西北票羊草沟地区，位于北纬 42°，年均气温 8.6℃，平均年最低温度–11.1℃. 如果现生Zamiaceae与其祖先类型生活于相近的生境中，那么可以推测晚三叠世时辽西地区的生态环境给Zamiaceae类的祖先生存提供了良好的生长条件，所以本文报道的化石苏铁植物才能够得到充分发育. 与当前苏铁类化石标本相伴生的其他大植物化石以蕨类占主导地位，银杏类为辅，其中苏铁类和松柏类较少[12]. 这种植物群组合指示当时的环境比较湿热. 这些推论表明，辽西地区的气候和环境较 2 亿多年前发生了很大的变化，这些证据和结论有助于揭示该地区中生代的气候和环境变迁.

致谢　本文是 IGCP 506 项目成果的一部分. 感谢化石收藏家蔡洪涛先生和辽宁省凌源洪涛古化石博物馆提供珍贵的研究标本，感谢何翠玲女士在本次研究中提供的宝贵支持.

参考文献

1 Mamay S H. Cycads: fossil evidence of late Paleozoic origin. Science, 1969, 164: 295—296[DOI]
2 Zhu J N, Du X M. A new cycad—*Primocycas chinensis* gen. et sp. nov. discovered from the Lower Permian in Shanxi, China and its significance. Acta Bot Sin, 1981, 23: 401—404
3 Thomas H H, Harris T M. Cycadean cones of the Yorkshire Jurassic. Senckenberg Leth, 1960, 41: 139—161
4 Harris T M. Caytoniales, Cycadales & Pteridosperms. London: Trustees of the British Museum (Natural History), 1964. 191
5 Wang Z-Q. *Liulinia lacinulata*, a new male cone of cycads from latest Permian in Shanxi. Acta Palaeont Sin, 1986, 25: 610—616
6 Dower B L, Bateman R M, Stevenson D W. Systematics, ontogeny, and phylogenetic implications for exceptional anatomical preserved cycadophyte leaves from the middle Jurassic of Bearreraig Bay, Skye, Northwest Scotland. Bot Rev, 2004, 70: 105—120[DOI]
7 王永栋, 张武, 郑少林, 等. 辽西中侏罗世苏铁类植物的新发现. 科学通报, 2005, 50: 1794—1796
8 Wang X, Li N, Cui J Z, et al. *Jurastrobus chenii* gen. et sp. nov., a cycadalean pollen cone connected with vegetative parts from Inner Mongolia, China. Progr Nat Sci, 2006, 16: 213—221
9 Hill K D, Stevenson D W, Osborne R. The world list of cycads. Bot Rev, 2004, 70: 274—298[DOI]
10 Zhang W, Wang Y D, Saiki K, et al. A structurally preserved cycad-like stem, *Lioxylon liaoningense* gen et sp. nov., from the Middle Jurassic in western Liaoning, China. Progr Nat Sci, 2006, 16: 236—248
11 Liu S W. Conchostracan fossils from the Yangcaogou Formation in western Liaoning and their age significance. Geol Rev, 1987, 33: 115—121
12 Zhou H Q. Discovery of the Upper Triassic flora from Yangcaogou of Beipiao, Liaoning. In: Palaeontological Society of China, ed. Selected Papers from the 12th Annual Conference of the Palaeontological Society of China. Beijing: Science Press, 1981. 147—152
13 Liu X Q, Li C S, Wang Y F, et al. Plants of *Leptostrobus* Heer (Czekanowkiales) from the early Cretaceous and late Triassic of China, with discussion of the genus. J Integr Plant Biol, 2006, 48: 137—147[DOI]
14 Zan S, Axsmith B J, Fraser N C, et al. New evidence for laurasian corystosperms: *Umkomasia* from the Upper Triassic of Northern China. Rev Palaeobot Palyn, 2008, 149: 202—207[DOI]
15 Florin R. Studien über die Cycadales des Mesozoikums nebst Erörterungen über die Spaltöffnungsapparate der Bennettitales. Kungl Svenska Vetenskapsakad Handl, 1933, 12: 1—134
16 Harris T M. The fossil cycads. Palaeont, 1961, 4: 313—323
17 Delevoryas T, Hope R C. More evidence for a slender growth habit in Mesozoic cycadophytes. Rev Palaeobot Palynol, 1976, 21: 93—100[DOI]
18 Delevoryas T. Perspectives on the origin of cycads and cycadeoids. Rev Palaeobot Palyn, 1982, 37: 115—132[DOI]
19 Rothwell G W, Crepet W L, Stockey R A. Is the anthophyte hypothesis alive and well? New evidence from the reproductive structures of Bennettitales. Am J Bot, 2009, 96: 296—322[DOI]