新疆塔北二叠纪的柯坪稀囊蕨及其原位孢子

王永栋 吴秀元
(中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008)

摘要 描述产自新疆塔北下二叠统的一种里白科植物化石——柯坪稀囊蕨. 材料包括保存较好的实羽片、孢子囊群、原位孢子以及共生的 *Sphenopteris* 型营养羽片. 实小羽片中脉两侧规则排列有 1~ 3 个(通常为 2 个)圆形的孢子囊群. 每个囊群由 4~ 6 个孢子囊组成, 具横列环带, 无囊群盖. 单个孢子囊中的孢子产量约为 256 个. 原位孢子圆三角形, 具三射线, 表面光滑, 可与分散孢子 *Leiotriletes* 相比较. 通过与相关化石及现生类型生殖结构的比较, 支持将 *Oligocarpia* 归入里白科的观点.

关键词 稀囊蕨(*Oligocarpia*) 里白科 原位孢子 二叠纪 新疆

广泛分布于北半球石炭、二叠纪的真蕨类植物稀囊蕨(*Oligocarpia*)是已知里白科最古老的代表分子[1]. 该类植物的营养叶一般呈 *Sphenopteris* 型或*Pecopteris* 型, 生殖羽片的孢子囊群圆形, 通常由 4~ 6 个孢子囊组成(个别为 17 个), 孢子囊具横列环带. 由于稀囊蕨在了解里白科早期系统发育和进化方面有重要意义, 对其生殖器官微细构造的研究也倍受关注.

Oligocarpia 在中国最早记述于山西早二叠世下石盒子组[2], 并被后来的文献广泛引用[3, 4]. 但上述材料由于保存欠佳, 未能更多地提供有关生殖器官的微细构造信息, 对其原位孢子的细节也无法了解, 以至有人对其分类位置持保留态度[1]. 最近在新疆塔里木盆地西北缘二叠纪地层[5]中发现了生殖构造保存完好的一种稀囊蕨属植物, 经研究确立为一新种——柯坪稀囊蕨(*Oligocarpia kepingensis* sp. nov.). 这一植物不仅保存了囊群、孢子囊及环带的细节, 而且还分析出了具三射线的原位孢子, 从而为研究稀囊蕨的分类和进化过程提供了新资料.

1 材料与方法

植物化石采自塔里木盆地西北缘的柯坪县四石厂煤矿(东经 79.0°, 北纬 40.5°), 层位为下二叠统开派兹雷克组底部的碎屑岩. 植物化石保存为压缩标本, 共 2 件, 为正反面, 营养叶与生殖叶共同保存于同一岩块上. 实验过程如下: 生殖羽片的孢子囊群经移离后, 先用氢氟酸处理, 然后用舒氏液浸解 5~ 6 h; 水洗至中性后用 5% 氨水处理. 用作扫描电子显微镜观察的囊群及孢子囊样品经蒸馏水清洗, 移放于样品座上, 经脱水、喷镀后在 JSM 6300 型扫描电子显微镜下进行观察与照像. 对部分保存完好的囊群印痕, 移取一小块, 不需进行上述浸解处理, 直接喷镀后作扫描观察.

2 系统描述

真蕨目 Filicales

里白科 Gleicheniaceae

稀囊蕨属 Genus *Oligocarpia* (Goeppert) emend. Abbott, 1954

柯坪稀囊蕨(新种) *Oligocarpia kepingensis* Wang and Wu sp. nov.
(图版 iv-1~ 17)

特征. 至少 2 次羽状复叶. 末二级羽轴较宽, 为 1~ 2.5 mm, 末级羽轴细. 末次羽片互生, 线形至披针形. 小羽片卵三角形, 基部较宽, 全缘或波状. 孢子囊群呈单行规则排列于小羽片中脉两侧, 每侧各有 1~ 3 个孢子囊群, 通常为 2 个. 孢子囊群圆形, 直径 0.6~ 0.8 mm, 每个囊群由 4~ 6 个孢子囊环绕组成, 通常为 5 个, 无囊群盖. 孢子囊卵圆形, 直径 0.3~ 0.4 mm, 具横列环带. 每个孢子囊产约 256 个原位孢子(变化范围为 200~ 300 个). 孢子圆三角形, 具三射线, 表面光滑, 平均直径为 38 μm. 在形态和大小方面相当于分散孢子 *Leiotriletes* (光面三缝孢属).

生殖羽片. 图版 iv-1 中 A 为至少 2 次羽状复叶的生殖叶, 末二级羽轴(图版 iv-2, 4) 较宽(0.8~ 1.2 mm), 近光滑, 或略具纵纹. 末级羽轴细(宽度为 0.3~ 0.4 mm), 末次羽片互生, 以6.0~ 8.0 mm 间距伸出, 与轴部成 40°~ 70°着生于羽轴腹面两侧, 线形至披针形, 长度可达40 mm, 宽为 3.0~ 4.0 mm, 向羽片顶部逐渐变狭细. 小羽片卵三角形至卵圆形, 基部较宽, 顶端钝圆, 全缘或微波状. 每个小羽片中密集排布着相互紧挤的孢子囊群, 囊群呈两行规则排列于中脉两侧, 每侧各有 1~ 3 个孢子囊群(通常为 2 个) (图版 iv-3, 6, 7). 营养羽片为 *Sphenopteris* 型, 与生殖羽片共同保存于同一岩面上(图版 iv-1 中 B).

孢子囊群. 囊群圆形, 直径为 0.6~ 0.8 mm, 一般靠近小羽片基部近轴面的一对囊群稍大(直径 0.8 mm), 位于小羽片顶端的囊群稍小(直径 0.6 mm) (图版 iv-5~ 7), 无囊群盖. 每个囊群由 4~ 6 个孢子囊环绕组成(图版 iv-9~ 11). 孢子囊卵圆形, 直径为 0.3~ 0.4 mm. 围绕孢子囊的赤道面上具完全的横列环带, 由 20~ 30 个单列的长形厚壁细胞组成(图版 iv-9~ 12). 每个孢子囊中含有密集堆积的孢子(图版 iv-13, 14). 根据对 8 个孢子囊的统计, 其孢子产量的变化范围约为 200~ 300 个, 其均值约为 256 个.

原位孢子. 孢子赤道面观三角形至亚三角形, 角部浑圆, 三边微凹或微凸 (图版 iv-15~ 17). 孢子直径为 32.5~ 41.0 μm, 平均为 38.5 μm. 三射线直, 突起呈脊状, 射线伸达孢子半径的 2/3~ 3/4, 射线间具有与孢子边缘近平行的带状隆起. 近极面及远极面光滑, 无周壁, 外壁薄, 厚度为 0.5~ 0.8 μm.

模式标本. 图版 iv-1 中 A; 采集号: AET1158, No. 19; 登记号: PB17658a.

副模标本. 图版 iv-4; 采集号: AET1158, No. 20; 登记号: PB17658b.

产地与层位. 新疆柯坪县四石厂煤矿, 下二叠统开派兹雷克组.

词源. 拉丁化词 *kepingensis* 意指标本的模式产地为中国新疆的柯坪县(Keping County).

3 比较

新疆标本其实羽片的孢子囊成环状聚集为孢子囊群, 位于小羽片中脉两侧, 囊群无盖, 孢子囊具横列环带等特征均表明应归属于 *Oligocarpia*. 该属自建立以来, 正式描述的种已达 15 个左右. Abbott[1] 曾根据囊群、孢子囊以及环带等特征对其中欧美等地的 10 个有效种进行了分类比较. *Oligocarpia kepingensis* 的孢子囊群因不含中央孢子囊 (central sporangia) 而明显区别于 *O. brongniarti* (Stur) emend. Abbott, *O. pulcherrima* Stur 和 *O. beyrichi* Stur,

这 3 个种分别含有 1~ 3 个、1 个及 4~ 5 个中央孢子囊. 另外, 当前的新种因生殖小羽片中囊群规则排列而与囊群不规则散生排列的 *O. mixta* (Schimper) Abbott 和 *O. gutbieri* Goeppert 易于区分.

当前新种与美国石炭纪的 *O. capitata* (White) Abbott[1] 相比, 两者囊群的排列方式、形态、大小(圆形, 直径 0.6~ 0.8mm)、孢子囊数目(3~ 6 个, 通常为 5 个)以及小羽片边缘微缺等特征颇为相似: 后者末次羽片短而宽(长度为 7~ 11.4 mm, 宽度为 4~ 6 mm, 顶端宽仍为 1.4~ 2.0 mm), 而新疆的标本末次羽片十分狭细而修长. 新种与美国伊利诺斯的 *O. vera*[6] 相比, 二者囊群大小及孢子囊数目一致, 但后者整个末次羽片均呈 *Pecopteris* 型, 羽片宽大、全缘, 每个小羽片中含 4~ 17 个(通常为 7~ 10 个)囊群. 法国斯蒂芬阶的 *Oligocarpia (Sphenopteris) leptophylla* (Bunbury)[7] 孢子囊数目较多, 一般为 20 个, 最多可达 30 个. 这一数目远远超过了 Abbott[1] 为 *Oligocarpia* 所限定的属征, 而与我国二叠纪的里白科分子 *Szea*(天石蕨属)在每个囊群中所含的孢子囊数目上相似[8, 9]; 不过, 两者的生殖羽片形态并不相同 (*Szea* 的生殖羽片为 *Cladophlebis* 型).

我国华北下二叠统的 *Oligocarpia (Sphenopteris) gothanii* Halle[2] 与当前新种有诸多相似之处: 二者的蕨叶均为楔羊齿型, 每个囊群中孢子囊的数目(5~ 6 个) 以及环带横列等均相当, 但是 *O. gothanii* 小羽片中囊群的数目较少, 一般为 2 个, 仅在羽片基部的小羽片中为 5~ 6 个; 孢子囊群排列稀疏, 囊群之间相互分离, 从不紧靠, 囊群直径较小(仅为0.2 mm). 当前的 *O. kepingensis* 囊群在小羽片中排列紧密、相互靠拢, 囊群几乎占据了整个小羽片的面积, 而且囊群的直径也较 *O. gothanii* 大.

目前所知, *Oligocarpia* 属内约有 8 个种(包括当前的新种)作过原位孢子的观察与描述[1, 7, 10, 11]. 当前 *O. kepingensis* sp. nov. 的原位孢子在形态、射线特征以及表面光滑等方面, 可与晚古生代常见的分散孢子 *Leiotriletes* (Naumova) Potonie et Kremp (光面三缝孢属)相比较. 尤其与 *L. levis* (Kosanke) Potonie et Kremp 和模式种 *L. sphaerotriangulus* (Loose) Potonie et Kremp 颇为相似; 不过, 前一个种个体略小(平均为 32.5 μm), 而后一个种射线间的带状隆起不明显. 与此类似的原位孢子还见于 *Oligocarpia* 的其他种, 如 *O. gutbieri*, *O. capitata*, *O. mixta*, *O. vera* 以及 *O. cliveri* 等[1, 10, 11]. 法国石炭纪 *O. leptophylla* 的孢子为三角形, 具三射线, 孢子表面具颗粒状纹饰, 相当于分散孢子的 *Granulatisporites*(三角粒面孢属)[7], 这显然与当前的和上述的原位孢子不同. 尽管后来 Brousmiche[12] 的观察表明, 有些种, 如 *O. brongniarti*, *O. gutbieri* 和 *O. cliveri* 的孢子除了表面光滑者外, 似乎有颗粒状纹饰的存在, 但目前多数资料以及本文的研究均显示出, *Oligocarpia* 的原位孢子以光面三缝孢子占优势.

4 讨论

我国石炭-二叠纪已发现的里白科植物除了 *Oligocarpia* 外, 还包括 *Chansitheca* (晋囊蕨)和 *Szea*(天石蕨). 关于 *Szea* 生殖器官及原位孢子已有详细的研究和报道[8, 9]. 对 *Chansitheca* 的生殖器官和原位孢子则尚缺乏详细工作. 尽管 *Oligocarpia* 于本世纪 20 年代就已在山西二叠系中记述, 之后我国华北等地又有类似标本的发现与描述, 但由于材料所限, 长期以来, 对于该属植物的微细构造及原位孢子未能作深入的观察与了解. 发现于新疆塔北的 *Oligocarpia kepingensis* sp. nov. 其生殖羽片的孢子囊群圆形, 无囊群盖, 孢子囊较大, 环带

横列，由单列细胞组成，孢子同型等特征与里白科的其他分子具有相同的生殖性状. 现生里白科的 *Gleichenia* 和中新生代的 *Gleichenites* 均为 2~ 3 次羽状复叶，孢子囊聚集成囊群，位于小羽片中脉两侧，无囊群盖，每个囊群由 4~ 6 个(可达 15 个左右)孢子囊组成，环带完全，横列或微斜[13, 14]，这表明 *Oligocarpia* 囊群的结构与中、新生代的 *Gleichenites* 及现生的 *Gleichenia* 并无实质性的差别. 尽管有作者认为 *Oligocarpia* 的一些种的孢子囊环带由两列细胞构成[15]. 但已有的资料和本文的观察似并不支持这种观点. 另外，当前原位孢子与三叠纪以后的 *Gleicheniidites*(拟里白孢属) 三缝孢在形态、射线及表壁光滑等方面也存在一定相同之处. 现生 *Gleichenia* 的三缝孢子表面光滑，射线伸达孢子半径的 3/4，其形态与 *Oligocarpia* 的孢子颇为相似，主要区别在于 *Gleichenia* 的孢子表面具有一薄层周壁[16]. 尽管在古生代尚未发现过里白科典型的具原始中柱和呈假二歧分枝的蕨叶，但从生殖叶性状及原位孢子特征上看，将 *Oligocarpia* 归属于里白科具有较充分的理由.

总之，对新疆二叠纪发现的 *Oligocarpia kepingensis* 的研究揭示了其孢子囊群及孢子囊的微细结构以及原位孢子特征，为确定其系统分类位置提供了依据. 这也是自 1927 年 Halle 在山西记述 *Oligocarpia* 以来，我国对该属植物生殖叶构造细节及原位孢子的首次研究与记录.

致谢 研究过程中，周志炎院士给予多方指导与帮助，并仔细审阅初稿，提出了宝贵的修改意见，作者谨致衷心谢意. 本工作得到中国博士后科学基金和中国科学院现代古生物学及地层学开放实验室基金资助.

参 考 文 献

1 Abbott M L. Revision of the Paleozoic fern genus *Oligocarpia*. Palaeontographica, 1954, 96(B): 39~ 65
2 Halle T G. Palaeozoic plants from Central Shansi. Palaeont Sinica, Ser A, 1927, 2(1): 1~ 316
3 斯行健. 中国古生代植物图鉴. 北京: 中国科学院出版, 1953. 1~ 172 页, 图版 1-80
4 中国科学院南京地质古生物研究所、植物研究所编著. 中国古生代植物. 北京: 科学出版社, 1974. 1~ 227
5 吴秀元, 孙柏年, 沈光隆, 等. 塔里木盆地北缘二叠纪植物群. 古生物学报, 1997, 36 (增刊): 1~ 37
6 Darrah W C. A new gleicheniaceous fern from Illinois. Harvard Univ. Bot Mus Leaflets, 1938, 5(8): 145~ 160
7 Grauvogel-Stamm L, Doubinger J. Deux foug•res fertiles du St•phanien du Massif Central (France). Geobios, 1975, 8(6): 409~ 421
8 Yao Z Q, Taylor T N. On a new gleicheniaceous fern from the Permian of South China. Rev Palaeobot Palynol, 1988, 54: 121~ 134
9 杨关秀, 盛阿兴, 王洪山. 天石蕨属一新种(*Szea henanense* sp. nov.)在河南的发现及其演化意义. 科学通报, 1997, 42(9): 962~ 966
10 Remy W, Remy R. Durch Mazeration fertiler Frarne des Pal•eozoikums gewonnene Sporen. Palaeontol Z, 1957, 31: 55~ 65
11 Potoni• R. Synopsis der Gattungen der Sporae dispersae 1. Teil: Sporites. Beih Geol Jaharb, 1962, 23: 1~ 103
12 Brousmiche C. Les foug•res sph•nopt•ridinnes du Bassin Houiller Sarro-Lorrain (Syst•matique-Stratigraphie). Soc G•ol Nord Publ, 1983, 10: 1~ 480
13 Bower F O. The Ferns (Filicales). ⅳ~ ㈣ London: Cambridge Univ Press, 1923~ 1928
14 Kramer K U. Gleicheniaceae. In: Kubitzki K, ed. The Families and Genera of Vascular Plants. Vol I. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1990
15 Eggert D A, Delevoryas T. Studies of Paleozoic ferns: *Sermaya* gen. nov. and its bearing on filicalean evolution in the Paleozoic. Palaeontographica, 1967, 120(B): 169~ 180
16 Tryon A E, Lugardon B. Spores of the Pteridophyta. New York: Springer_Verlag, 1991

(1998_02_17 收稿, 1998_05_08 收修改稿)