

偶脉羊齿类的始现时间和迁移扩散问题*

李星学¹⁾ 沈光隆²⁾ 吴秀元¹⁾

1) 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008

2) 兰州大学地质系, 兰州 730001

内 容 提 要

本文简单回顾了脉羊齿类植物的分类, 详细统计了脉羊齿类植物在中国及世界各地开始出现的时间和衰亡时间, 大量事实表明, 偶脉羊齿类(也许包括全部脉羊齿类)起源于中国并向西欧, 北美地区迁移和扩散。

关键词 偶脉羊齿类 迁移和扩散 古地理复原 纳谟尔期

《甘肃靖远石炭纪生物地层》一文的发表(李星学等, 1974), 不仅促成一批论述北祁连山地区纳谟尔期生物地层研究成果的陆续发表, 更因报道了包括具网状叶脉 *Linopteris* 属在内的偶脉羊齿类(parippterids)植物化石, 存在于纳谟尔早期地层中而引起中外地质古生物界的广泛重视。1987年秋, 国外许多知名古生物地质学家, 趁第11届国际石炭纪地层和地质大会在我国召开之际, 亲赴靖远现场采集标本, 核实地层层序, 确认了偶脉羊齿类植物在中国始现于纳谟尔早期的结论(I. U. G. S., 1988)。近年来, Laveine 等(Laveine *et al.*, 1989)和 Babin 等(Babin *et al.*, 1990)基于我国的一些零星材料, 分别撰文论述了脉羊齿类(neuropterids)**植物的迁移扩散问题。由于 Babin 等和 Laveine 等对我国的古植物学和地层学资料了解不多, 文中某些观点尚值得进一步商榷。笔者根据近年来在西北地区, 主要是甘肃的石炭纪含煤地层中所获得的新成果***, 结合我国华南各地早石炭世含煤地层中的有关古生物地层资料, 对偶脉羊齿类的始现时间和迁移扩散途径问题以及对前人的上述观点作进一步的探讨。

一、脉羊齿类植物分类的回顾

脉羊齿类是北半球石炭纪分布极为广泛的一类种子蕨植物, 常被当成欧美植物区的典型代表分子看待。这类植物中的常见代表包括叶化石属的 *Neuropteris*, *Linopteris*, *Neuralethopteris* 等, 雄性繁殖器官化石属的 *Whittleseyia*, *Potonia* 和 *Psaliangium* 等, 种子化石属的 *Hexagonocarpus* 和 *Trigonocarpus* 等。有关本类植物的分类沿革, Laveine (1967, 1987)曾作过较详的介绍, 为行文方便, 这里仅对脉羊齿类植物分类中较重要且常用的3个方案作一简略的回顾。

W. Gothan (1913) 首先根据蕨叶结构将脉羊齿类植物划分为:

* 国家自然科学基金总 853581 号资助项目研究成果之一。

** 此处引注为常用的英文术语; 下文 Gothan 用的德文 Neuropterides 和 Laveine 用的法文 Neuropteridees 等, 只是在相应的词尾上稍有变化。

*** 李星学等(待刊): 甘肃靖远纳谟尔早期 E 带植物群。

I. 奇脉羊齿类 *Neuropterides imparipinnatae*

a. 普通奇脉羊齿类 *Imparipinnatae communes*

(奇数羽状复叶, 不具间羽片)

b. 间羽奇脉羊齿类 *Imparipinnatae intercalatae*

(奇数羽状复叶, 具间羽片)

II. 偶脉羊齿类 *Neuropterides paripinnatae*

1941 年, Gothan 对他的上述分类作了增补, 其修订后的分类如下:

I. 奇脉羊齿类 *Neuropterides imparipinnatae*

a. 叶脉羽状——奇脉羊齿属 *Imparipteris* Gothan

b. 叶脉网状——麻羊齿属 *Reticulopteris* Gothan

II. 偶脉羊齿类 *Neuropterides paripinnatae*

a. 叶脉羽状——偶脉羊齿属 *Paripteris* Gothan

b. 叶脉网状——罍羊齿属 *Dictyopteris* Gutbier

后来发现, *Dictyopteris* 是现今地中海中生存的一种褐藻植物的晚出同名, 不宜继续使用; 而且 1822 年 Brongniart 建立 *Neuropteris* 的模式标本是奇数羽状的, *Imparipteris* 一名也没有存在的必要。为此 Gothan 在 1953 年改用 *Neuropteris* 代替 *Imparipteris*, 同时又用 *Linopteris* 代替 *Dictyopteris*, 其它方面仍保留了他 1941 年的划分方案。

此外, 在 Gothan 最早分类的基础上, Bertrand (1930), Havlena (1953), Crookall (1929, 1959), Wagner (1963), Laveine (1966, 1967, 1987) 等, 都提出过与 Gothan 分类大同小异的方案, 现在受到普遍赞同的是 Laveine 的如下分类:

脉羊齿群 *Neuropteridees*

I. 脉延羊齿类 *Neuraethospermae*

叶部代表属为 *Neuraethopteris* Cremer 1895, 其雄性繁殖器官属为 *Whittleseya*。这类植物的共同特征是: 奇数羽状半裂, 不具间小羽片和圆异叶, 大致相当于 Gothan 的普通奇脉羊齿类 (*Imparipinnatae communes*)。

II. 脉齿羊齿类 *Neurodontospermae*

叶部代表属有: *Neuropteris* Brongniart 1822, *Reticulopteris* Gothan 1941, *Odontopteris* Brongniart 1822, *Anastomopteris* Wagner 1958, 等。雄性繁殖器官属为 *Psaliangium* Remy 1953。本类为多次奇数羽状复叶, 不具间小羽片, 但高序次羽轴和主轴上有间羽片(或间羽片堆)。这类大致相当于 Gothan 1913 年的 *Imparipinnatae intercalatae*; 根据 Doubinger 等 (1975) 的意见, *Mixoneura* Weiss 1870 属亦应归属于这一大类。

III. 偶脉羊齿类 *Parispermae*

包括 *Paripteris* Gothan 1941 和 *Linopteris* Presl, 1838 两个叶部化石属。本类与 Gothan 的 *Paripinnatae* 相当, 其雄性繁殖器官属为 *Potoniea* Zeiller 1899, 种子为 *Hexagonocarpus* 型。这一类的共同特点是: 具偶数羽状复叶与间小羽片, 二歧合轴式分枝, 主轴上无圆异叶 (*Cyclopteris*)。

Halle (1933) 研究了石炭纪植物中的一些雄性繁殖器官后, 建立了 *Whittleseyineae* 和 *Potonieineae* 两亚科, 均置于 *Medullosaceae* 科中; 他并指出 *Aulacotheca* Halle 1933, *Boulaya* Carpentier 1911, *Dolerotheca* Halle 1933, *Codonothea* Sellaros 1903, *Golden-*

bergia Halle 1933 和 *Whittleseyia* Newberry 1853 等繁殖器官属, 常与 *Alethopteris* 及 *Neuropteris* 等叶化石共生, 而 *Potonia* 则经常和 *Paripteris gigantea* (Sternberg) 一道发现。这表明 *Alethopteris* 和 *Neuropteris* 的关系较密切, 而 *Potonia* 则可能是属于 *Paripteris* 的。此外, Potonie (1962) 根据 *Reticulopteris germari* Gothan 常和 Remy (1953) 建立的 *Psaliangium* 雄性繁殖器官属共生的事实, 又另建 *Psaliangineae* 亚科, 并置于 *Medullosaceae* 科内。这样, *Medullosaceae* 科的 3 个亚科, 与 Laveine 建立的 3 个脉羊齿类植物有如下的对应关系:

Whittleseyineae → *Neuraethospermae*

Psaliangineae → *Neurodontospermae*

Potonieineae → *Parispermae*

由上看来, Halle 和 Potonie 建立的是自然分类; Laveine 的方案接近于自然分类; Gothan 的方案则属人为的形态分类。由于植物的繁殖器官保存极少, 并常单独出现, 偶尔与叶部化石的共生关系并不能肯定它们之间具有真正的亲缘关系, 因而 Halle 等建立的自然分类系统难以实际应用。基于同样的原因, 在蕨叶保存不全时, Laveine 的分类方案也无法验证。因此, 地质古生物学界目前多采用 Gothan 的分类方案。

按照顶校学说 (Zimmermann, 1959) 的原理, 偶数羽状复叶较奇数羽状复叶要原始。同时, *Potonia* 型的小花粉囊内部构造也比 *Whittleseyia* 型的要简单一些。长期以来, 欧美地区已知的化石记录是, 脉羊齿类植物在地层中的始现层位, *Paripteris* 与 *Linopteris* 一般都比 *Neuropteris*, *Neuraethopteris* 和 *Reticulopteris* 的高一些。为什么会发生这种较原始的植物出现稍晚, 较进化的植物反而出现较早的现象呢? 这一问题常萦绕在欧美古植物学家的脑际而没有很好的解决, 虽然 Daber (1963) 曾用 Watson 的镶嵌学说探讨过这一问题, 但不能令人满意。从我们近十年来获得的实际材料看, 偶脉羊齿类的出现并不比脉延羊齿类和脉齿羊齿类出现得晚。这一事实表明, 脉羊齿类植物在中国首先出现, 随着地质时代的推移, 后来才由中国逐渐扩散迁移至欧美地区。

二、偶脉羊齿类的地质地理分布及其始现层位

在中国南方的早石炭世含煤地层中, 偶脉羊齿类植物也屡见不鲜, 它们出现的层位大致是维宪中晚期地层。

广东: 韶关芙蓉山剖面芙蓉山组上段 14 层内产 *Paripteris gigantea* (Sternberg) (吴望始等, 1980), 芙蓉山组下段产 *Cardiopteridium spetsbergense* Nathorst, *Archaeocalamites scrobiculatus* Seward 等, 而芙蓉山组属维宪期是无疑的, 因为在芙蓉山剖面上, 芙蓉山组被含珊瑚 *Lithostrotion asiaticum* (Yabe et Hayasaka), *Yuanophyllum kansuense* Yü 及腕足类 *Gigantoproductus edelburgensis* (Phillips), *Kansuella maximus* McCoy 等无脊椎动物化石的梓门桥组所整合覆盖。据冯少南等 (1982) 资料表明, 广东西北部及粤东一带的测水组上段或忠信组中段, 都有较多的 *Paripteris gigantea* (Sternberg), *P. pseudogigantea* (Potonie), *P. kaipingiana* (Sze) 和 *Potonia* spp. 产出。赵修祜等 (1982) 也证实 *Paripteris gigantea* (Sternberg) 出现在广东连平忠信组的上部。

湖南: 据赵修祜等 (1982) 报道, 湖南酃县测水组顶部产 *Paripteris gigantea* (Sternberg) 和 *Neuropteris* sp.。而湘中的测水组中, 吴秀元等 (1986) 认为, 也有 *P. cf. gigantea*

(Sternberg) 和 *Neuropteris* sp. 出现。湘中和湘南的测水组, 普遍夹有海相灰岩, 内产筴类 *Eostaffella endothyoidea* Chang, *E. hohsienica* Chang; 腕足类 *Gigantoproductus moderatus* (Schwetzow), *Semiplanus semiplanus* (Schwetzow), *Kansuella* sp. 等; 珊瑚 *Yuanophyllum hunanense* Wu 等。凡此均表明, 测水组属维宪中—晚期沉积。

江西: 江西于都、丰城、进贤、乐平等地的梓山群中, 据斯行健等 (1942), 斯行健 (1958) 和赵修祜等 (1982) 研究, 产 *Paripteris gigantea* (Sternberg), *P. cf. pseudogigantea* (Potonie) 等。梓山群的地质时代虽有争议, 但从产有植物化石 *Sphenophyllum tenerimum* (Ett.), *Adiantites gothani* (Sze), *Karinopteris acuta* f. *obtus* (Gothan), *Sigillaria brardii* Brongniart 等判断, 可能属维宪晚期至纳谟尔早期。

浙江: 浙江西部的叶家塘群, 断断续续出露在江山、常山至富阳、杭州一带。据赵修祜等 (1986)、陈其爽等 (1987) 研究, 在江山县何家山、荷塘及常山县球川一带, 该群有 *Paripteris gigantea* (Sternberg), *P. cf. pseudogigantea* (Potonie), *P. cf. kaipingiana* (Sze), *Neuralethopteris schlehanii* f. *rectinervis* Kidston 等发现, 并共生有脉羊齿类的种子化石 *Hexagonocarpus ellipticus* Zhao et Wu 及雄性繁殖器官 *Whittleseya* 等。在开化叶家塘标准剖面上也产 *Paripteris gigantea* (Sternberg), *P. otozamioides* (Sze et Lee) 等; 在建德仙姑洞所产 *Neuropteris* sp., *Hexagonocarpus ellipticus* Zhao et Wu 和在衢县上方、建德石码头发现的 *Linopteris* sp. 大致都出于同一地层中。浙西的叶家塘群在层序上, 常被老虎洞组白云岩假整合覆盖。而近年据牙形石资料, 上、下石炭统的界线正在老虎洞组白云岩内部通过。由此看来, 叶家塘群应代表维宪晚期至纳谟尔早期的沉积。

江苏: 江苏句容花山的高骊山组内, 曾有 *Neuropteris* sp. (Gruppe paripinnatae) 发现 (Gothan and Sze, 1933)。宁镇山脉一带的高骊山组的时代, 近年来有腕足类 *Pugilis hunanensis* (Ozaki), *Vetiliproductus gröberi* (Krenkel), *Echinoconchus elegans* (McCoy), 珊瑚 *Herocaninis* 和 *Kueichouphyllum* 等发现, 确证属维宪期无疑。

在中国的西北地区, 北祁连山东段, 靖远磁窑煤矿榆树梁东沟一带, 发现的脉羊齿类植物特别多, 在 E_1 亚带地层中计有 *Paripteris gigantea* (Sternberg), *P. linguaeifolia* (Bertrand), *P. otozamioides* (Sze et Lee), *Linopteris neuropteroides* (Gutb.), *L. cf. intracata* Gu et Zhi, *L. jingyuanensis* Li et al. 等, 在 E_2 亚带有 *Neuralethopteris* aff. *schlehanii* (Stur), *Neuropteris tenuifolia* Brongniart, *Paripteris gigantea* (Sternberg), *Paripteris pseudogigantea*, *P. kaipingiana*, *P. cardiopteroides* (Bohlin), *P. linguaeifolia*, *Linopteris neuropteroides*, *L. brongniarti* Gutb., *L. lepida* Gu et Zhi, *L. intracata* Gu et Zhi, *L. densissima* Gu et Zhi, *L. linearis* Wagner, *L. cf. neuropteroides*, 还有 *Potoniea adiantiformis* Zeiller 等。此外与 E_2 亚带共生的其它植物有 *Eleutherophyllum waldenburgerense* (Stur), *Eleutherophyllum drepanophyciforme* Remy et Remy, *Sphenophyllum tenerimum* (Ett.), *Cardiopteridium spetsbergense* Nathorst 等。很显然, 这一植物群的时代与纳谟尔 A 期 E 带相当。

在靖远组的灰岩夹层中产菊石 *Eumorphoceras bisulcatum* Girty, *Cravenoceras leionoides* Ruzhencev et Bogoslovskaya 等, 含牙形石 *Gnathodus bilineatus bilineatus* (Roundy), *Gn. bilineatus bollandensis* Higgins et Bouckaert, *Paragnathodus commutatus* (Branson et Mehl.), *Paragnathodus nodosus* Bischoff 等。这些动物化石也进一步证明靖远

组产脉羊齿类化石的层位属纳谟尔早期 E 带。

磁窑煤矿大水沟: 臭牛沟组中部的黑色砂页岩夹薄煤地层中, 亦产 *Neuropteris* cf. *antecedens* Stur, *Paripteris gigantea* (Sternberg), *Neuropteris* cf. *lunata* White, *Trigonocarpus* sp., 其它的共生植物化石有 *Lepidodendron losseni* Weiss, *Lep. Volkmannianum* Sternberg, *Cardiopteridium speisbergense* Nathorst 等。大水沟剖面上, 臭牛沟组整合于含杜内期菊石 *Kazakhstania* sp. 和腕足类 *Rugosochonetes laguessianum* (Koninck) 的前黑山组之上; 而臭牛沟组上段灰岩内又产维宪期牙形石 *Gnathodus girtyi* Hass, *Gn. bilineatus bilineatus* (Roundy), *Neoprionoides peracutus* (Hinde) 和腕足类 *Gigantoproductus geniculatus* Yang et Ting, *Rugosochonetes hardrensis* (Phillips), *Marginifera viseeniana* Chao, 以及鲑类 *Eostaffella* cf. *galinae* Ganelina, *Mediocris breviscula* Ganelina 等, 显然, 这里的臭牛沟组属维宪期沉积是无疑的。近几年来, 我们又在 大水沟的臭牛沟组中段 29 层中(李星学等, 1974, Shen et al., 1987), 采获 *Linopteris* sp. (图版 II, 图 10), 此外, 甘肃地矿局地质研究所王德旭曾在景泰县陈家湾的臭牛沟组中亦发现网羊齿, 拟名为 *Linopteris intercarbonica**)。根据我国脉羊齿类植物的地质地理分布现状, 可以看出, 其始现情况: 在粤北湖南一带, *Paripteris gigantea* (Sternberg) 和 *Potoniea* 始现于测水组(或芙蓉山组、忠信组)的中部, 但未见 *Linopteris*。在江西, *Paripteris gigantea* 始现于梓山群中段, 大体相当于湖南的测水组或梓门桥组。在浙江, 包括 *Paripteris gigantea*, *Linopteris*, *Hexagonocarpus* 在内的偶脉羊齿类, 始现于叶家塘群中段, 大体处于维宪—纳谟尔早期交界部位。在江苏, 可能属偶羽组的脉羊齿类植物始现于高骊山组, 时代属维宪期中期。北祁连山东段, 含 *Linopteris*, *Paripteris gigantea* (Sternberg) 在内的偶脉羊齿类, 始现于臭牛沟组中段的中部, 大体相当于维宪期中期。而且, 在这一带从 E₁ 亚带开始, 偶脉羊齿类出现骤然急增趋势。

脉羊齿类植物在国外的分布情况大致如下:

苏联: 苏联顿涅茨盆地是石炭纪含煤地层较发育的地区, 植物化石十分丰富并经长期研究。据 HoBuk (1952) 的总结, 脉羊齿类植物在这一地区的始现情况是: *Neurallethopteris schleghani* (Stur) 始现于 C₂¹—C₁¹ (相当于西欧的维宪晚期至纳谟尔 A 期 E 带), *Paripteris gigantea* (Sternberg) 始现于 C₂¹, 共生植物有 *Mesocalamites cistiformis* Stur, *Sphenophyllum tenerrimum* (Ett.) 等, 相当于比利时安登砂岩 (Assiese d' Andenne) 的下部, 可与 Dix 的英国第二植物带对比, 大体相当于 R₁—R₂ 亚带。*Reticulopteris münsteri* Potonie, 在顿涅茨盆地始现于 C₂² 层, 大致相当于维斯发 B 期的层位。*Linopteris obliqua* Zeiller 和 *L. neuropteroides* (Gutb.) 在苏联地层上的分布情况, 与 *Reticulopteris münsteri* Gothan 大体一致, 始现于 C₂² 层, 同属维斯发 B 期。在顿涅茨煤田, 也有 *Hexagonocarpus* 的发现, 其层位相当于 C₂²—C₂³, 属维斯发 A 期—B 期。

小亚细亚地区: 包括土耳其在内的小亚细亚一带, 在植物地理区系的研究上, 是最令人感兴趣的地区之一, 因在这里的二叠纪地层中, 曾多处发现华夏、欧美和冈瓦纳植物群的混生现象 (Wagner, 1962; Vakhrameev et al., 1978; Chaloner et al., 1973; El-Khayal, 1980; Li Xingxue, 1986)。据 Zeiller (1899) 研究, 土耳其 Haraclee 地区的石炭纪植物化石比较丰富, 而且是偶脉羊齿类雄性繁殖器官代表属 *Potoniea* 的模式标本产地。根据 Zeiller 的资

* 王德旭: 北祁连—走廊区石炭纪具网状脉植物化石(未刊稿)。

料,在 Haraclee 地区的 Coslou 阶 (Etagé des Coslou) 产 *Paripteris gigantea* (Sternberg), *Potonies adiantiformis* Zeiller 和 *Neuralethopteris schlehanii* (Stur); Caradens 阶 (Etagé des Caradens) 则产 *Reticulopteris münsteri* (Potonie), *Linopteris obliqua* Zeiller 和 *Linopteris elongata* Zeiller。当年的 Coslou 阶大致相当于维斯发阶的下部,而 Caradens 阶相当于维斯发阶的中上部。从 Zeiller 描述的化石看,Heraclee 植物群很可能包括有维宪晚期和整个纳谟尔期的成员在内,因为其中还发现有大量的鳞木及 *Archaeocalamites scrobiculatus* Seward, *Mesocalamites ramifer* (Stur), *Calamites suckowii* Brongniart, *Asterophyllites* spp., *Sphenophyllum tenerrimum* (Ett.), *Sphenophyllum emarginatum* Koenig, *Sph. oblongifolium* Germar, *Annularia stellata* Wood, *Adiantites* sp., *Rhedeopteridium* spp., *Alloiopteris sternbergii* Potonie, *Diplotmema* spp., *Eusphenopteris obtusiloba* Novik, *Lyginopteris hoeeninghausii* Gropp, *L. bermudensis formis* (Brongniart), *L. bacumleri* Gothan, *Pecopteris aspera* Brongniart。

西里西亚:波、捷边境的西里西亚煤田,植物化石异常丰富,含煤地层中有许多富产菊石的灰岩夹层,植物化石的层位分布界线清楚。据 Havlena (1969) 研究, *Paripteris gigantea* (Sternberg) 在西里西亚始现于 R_2 带,并有 *Reticuloceras gracile* Gothan 伴生。随后他又指出 (Havlena, 1982, 117 页), *Neuralethopteris schlehani* (Stur) 在该煤田从 E_2 亚带上部少量出现,并在 E_2 亚带顶部至 R 带内最为富集。据 Purkynova (1970) 意见, *Neuralethopteris schlehani* (Stur) 在上西里西亚煤田始现于含 *Eumorphoceras bisulcatum* Girty 的 E_2 亚带,即 Ostrava 群的 Jaklovec 组。还值得注意的是,在 Purkynova 系统描述的脉羊齿类植物中,没有一个是偶脉羊齿类的代表。但她所描述的 *Neuropteris reticulopteroides*, 如种名所示,叶脉是简单网状的。这似乎是由于具网状叶脉的化石出现在尚无前例的如此低的层位 (E_2 带 Hrusov 组) 中,使她不得不将她的新种归属于 *Neuropteris* 属中。我们建议,将这一化石改名为 *Reticulopteris reticulopteroides* (Purkynova) 似更合适。看来, *R. reticulopteroides* 出现于 E_2 亚带的 Hrusov 组应当是目前国外所知的具网状叶脉的脉羊齿类的最低层位。

西欧其它地区:据 Josten (1983) 归纳, *Paripteris gigantea* 在鲁尔煤田始现于纳谟尔中期的 Hagener 组 (R_2 亚带);在亚森煤田始现于 R_2 亚带与 G_1 亚带的交界处;在比利时首现于 R_2 亚带上部的 Baulet 段;在英国出现的最低层位为维斯发 A 期;在荷兰始现于 R_2 亚带。在法国,过去本种记录的最低层位为纳谟尔 C 期的 G_1 亚带;但 Delvolve 和 Laveine (1985) 报道,本种在法国 Ryrenee 地区也始现于 R_1 亚带,并有菊石伴生 (Kullmann *et al.*, 1985), 这是西欧目前所知 *Paripteris gigantea* 分布的最低层位。

北美地区:美国和加拿大东部地区,也有较多脉羊齿类植物化石发现。据 Darrah (1970) 总结, *Neuralethopteris schlehani* (Stur) (= *Neuropteris pocahontas* White) 始现于 Pottsville 组下部,相当于维斯发 A 期; *Paripteris gigantea* (Sternberg) 首见于 Pottsville 组中部,相当于维斯发 B 期; *Reticulopteris münsteri* Gothan 始现于 Pottsville 组上部,相当于维斯发 C 期; *Linopteris* 首见于 Conemaugh 组的下部,相当于维斯发 D 期。美国古植物学家在宾夕法尼亚统中发现过较多的保存于煤核中的种子蕨类的雄性繁殖器官,其地层分布与 Darrah 的总结大体相同。

加拿大的石炭纪植物群演替序列已经 Bell (1944, 1966) 总结,脉羊齿类植物在地层上

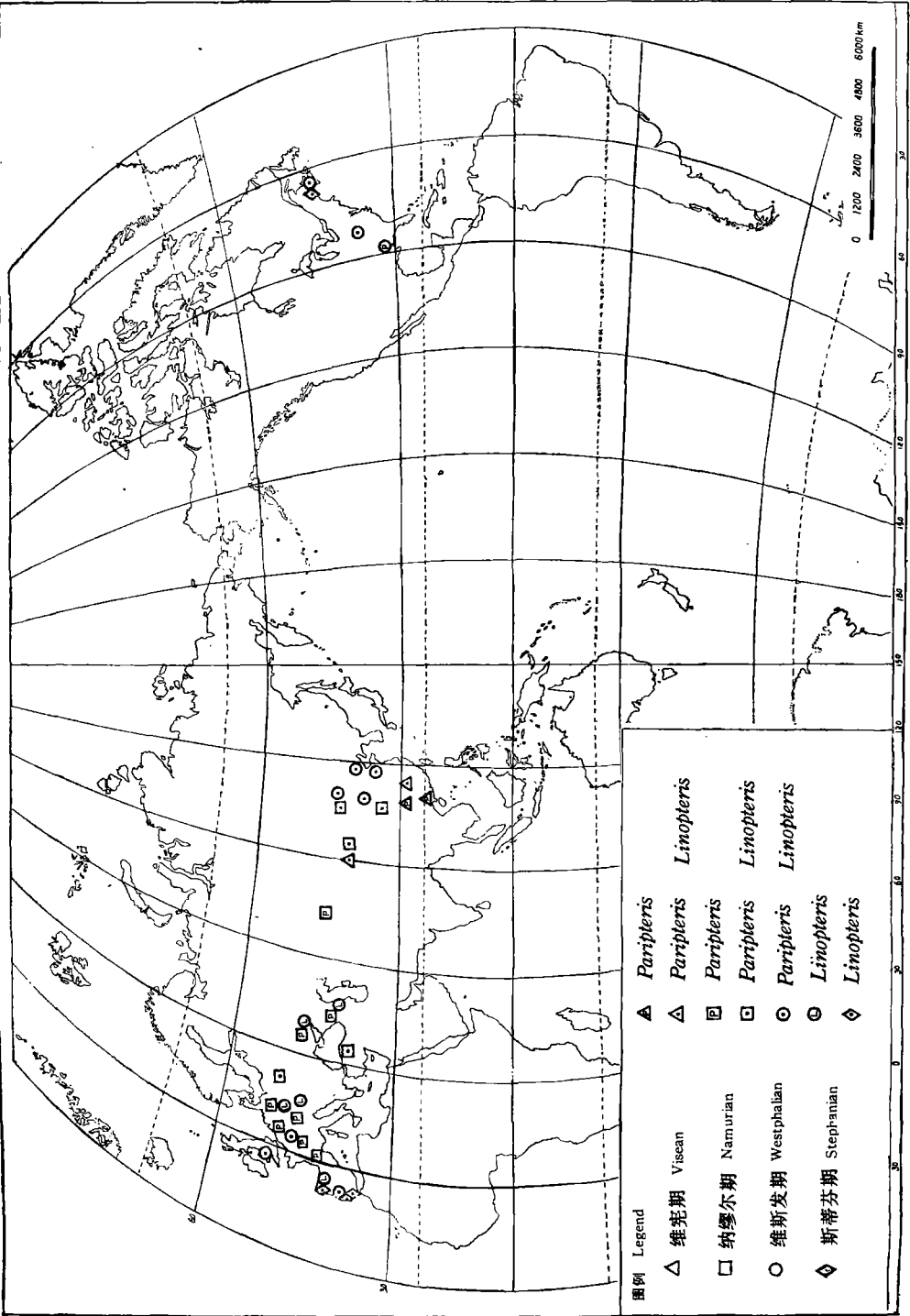


插图 1 偶脉羊齿类的地质地理分布
Map showing the Geological and Geographical distribution of *Pariapteris* in China, Europe and North America

的分布与美国阿巴拉契亚山区的情况基本一致,且两地属于同一植物地理区系 (Pfefferkorn *et al.*, 1980.)。通常认为,脉延羊齿类雄性繁殖器官的 *Whittleseya* 属的模式标本,就源于加拿大,其层位大致相当于维斯发 B—C 期。

三、有关脉羊齿类植物扩散迁移的探讨

目前古植物学家尽管还缺乏足够的材料来阐明脉羊齿类植物起源的细节,但本文所列脉羊齿类植物化石在各地的始现层位,应有助于探讨此类植物的扩散与迁移途径。同时,这些记录在某种程度上也是对以往各大陆古地理位置复原图合理性的一次检验。脉羊齿类植物主要类群和属种在世界各地始现的最低层位表示于插图 1, 2。插图 3 则分别显示出偶脉羊齿类植物在中国、西欧和北美的顶峰带及其相互消长的趋势。

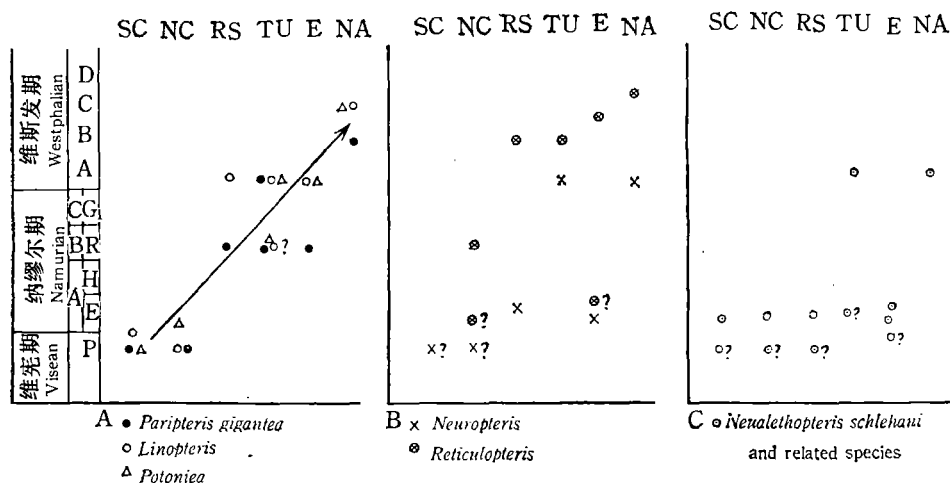


插图 2 脉羊齿类植物三大类主要代表在世界各地的始现层位

Showing the first occurrences in stratigraphic levels of the three important forms of [Neuropterids]

A. 偶脉羊齿类 (Parispermaceae), B. 脉齿羊齿类 (Neurodontospermaceae), C. 脉延羊齿类 (Neuraethospermaceae), SC——中国南部 (South China); NC, 中国北部 (North China); RS, 苏联 (USSR); TU, 土耳其 (Turkey); E, 欧洲 (Europe); NA, 北美 (North America)

从插图 1, 2, 表 I 可见,脉羊齿类植物 3 个亚类的主要属级代表,尤其是有繁殖器官佐证的偶脉羊齿类的最低始现层位均在我国。据此可以推想,脉羊齿类植物起源于中国,然后由中国向西迁移、经小亚细亚向西北至西欧,并进而由西欧迁移至北美,另一支由小亚细亚向北至苏联欧洲部分并扩散至东欧和中亚。插图 3 显示的偶脉羊齿类植物的顶峰带,由中国→西欧→北美呈相互消长之势,也是脉羊齿类植物由东而西迁移扩散的体现。这一结论不仅符合偶脉羊齿类的始现层位,同时也验证和局部订正了当时泛大陆的形成过程。

早石炭世(杜内—维斯发期),南方冈瓦纳大陆的北缘已临近赤道,并与北方欧亚大陆连接或十分靠近。纳穆尔—维斯发期,冈瓦纳大陆作顺时针方向旋转,北非和南美洲的北端在更加靠近赤道处与欧亚大陆连接,当时泛大陆 (Pangaea) 的雏形得已形成。晚石炭世早、中期(纳穆尔—维斯发期),华北和华南地块似处于赤道附近的低纬度地带,并和土耳其地块与欧美地块呈近东西向伸展。由于这些地块均位于赤道或低纬度附近,其上发育了性质相同的热带亚热带

表 I 石炭纪时中国和欧美地区脉羊齿类主要属种的时代分布
Carboniferous floral ranges of Neuropterids in China and Euramerica

维宪期 Visean	纳缪尔期 Namurian A B C	维斯发期 Westphalian A B C D	斯蒂芬期 Stephanian A B C D	地质时代	地区
				主要属种	
—— <i>Neuropteris</i> cf. <i>antecedens</i>					中国
—— <i>Neuropteris</i> sp. (? sp. nov.)					
—— <i>Potoniea</i> sp. (sp. nov.)					
—— <i>Potoniea</i> <i>adiantiformis</i>					
—— <i>Paripteris</i> <i>gigantea</i>					
—— <i>Paripteris</i> <i>kaipingiana</i>					
—— <i>Paripteris</i> <i>pseudogigantea</i>					
—— <i>Paripteris</i> <i>linguaeifolia</i>					
—— <i>Paripteris</i> <i>otozamoides</i>					
—— <i>Linopteris</i> cf. <i>intricata</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>neuropteroides</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>jingyuanensis</i>					
—— <i>Neuropteris</i> <i>macrophylla</i>					
—— <i>Neuropteris</i> <i>tenuifolia</i>					
—— <i>Neuralethopteris</i> aff. <i>schlehani</i>					
—— <i>Neuropteris</i> <i>suborbiculata</i>					
—— <i>Paripteris</i> <i>cardiopteroides</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>brongniarti</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>lepida</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>intricata</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>densissima</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>linearis</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>simplex</i>					
—— <i>Linopteris</i> cf. <i>germarii</i>					
—— <i>Neuropteris</i> <i>ovata</i>					
—— <i>Neuropteris</i> <i>plicata</i>					
—— <i>Neuropteris</i> <i>antecedens</i>					欧洲和北美
—— <i>Neuropteris</i> spp.					
—— <i>Neuralethopteris</i> <i>schlehani</i>					
—— <i>Paripteris</i> <i>gigantea</i>					
—— <i>Neurodontopteris</i> <i>obliqua</i>					
—— <i>Potoniea</i> <i>adiantiformis</i>					
—— <i>Neuropteris</i> <i>tenuifolia</i>					
—— <i>Neuropteris</i> <i>hollandica</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>neuropteroides</i>					
—— <i>Neuropteris</i> <i>macrophylla</i>					
—— <i>Paripteris</i> <i>linguaeifolia</i>					
—— <i>Paripteris</i> <i>pseudogigantea</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>linearis</i>					
—— <i>Reticulopteris</i> <i>muensteri</i>					
—— <i>Neuropteris</i> <i>rarinervis</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>subbrongniarti</i>					
—— <i>Linopt.</i> <i>obliqua</i> var. <i>bunburii</i>					
—— <i>Neuropteris</i> <i>flexuosa</i>					
—— <i>Neuropteris</i> <i>ovata</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>palentina</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>germarii</i>					
—— <i>Linopteris</i> <i>florini</i>					

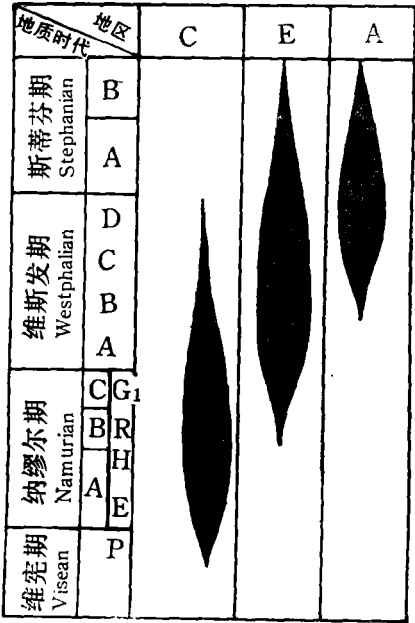


插图 3 偶脉羊齿类在中国 (C)、西欧 (E)、和北美 (A) 的盛衰演替概况
Showing the appearance period and acme zone of *Parispermia* in China, Europe and North America
C—China, E—Europe, A—North America

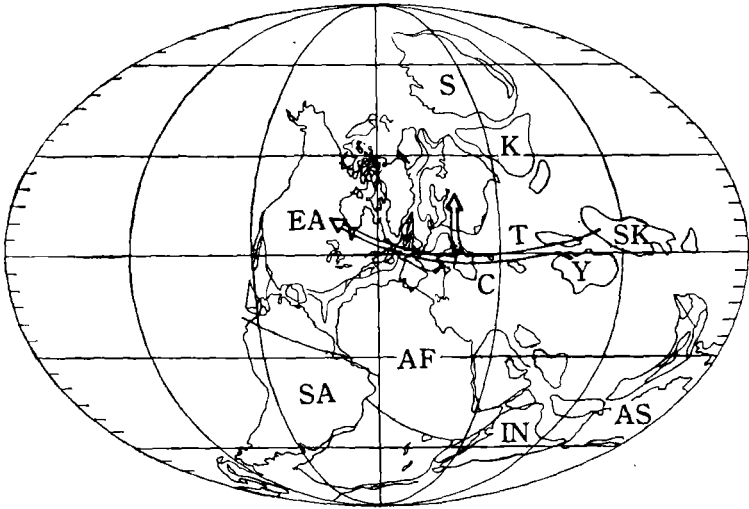


插图 4 脉羊齿类植物的迁移扩散示意图(古地理复原图主要依据 Scotese(1986) 及林金录等(1985), 并作适当修改)
A sketch map showing the migration and dispersion of *Neuropterids*

SK——中朝板块 (Sino-Korean Plate), Y——扬子板块 (Yangtze Plate), K——哈萨克 (Kazakhstan), S——西伯利亚 (Siberia), C——基麦利地体群 (Cimmeria terranes), T——塔里木地块 (Tarim plate), AF——非洲 (Africa), AS——澳大利亚 (Australia), SA——南美洲 (South America), EA——欧美大陆 (Euramerican continents), IN——印度板块 (Indian)。

带植物群。可能起源于中国的脉羊齿类植物, 通过介于欧美地块与华南和华北地块之间的一些更小的地体(如 Cimmerian terranes 等), 由东向西扩散。西窄东宽的古特提斯洋, 也利于

脉羊齿类植物随着大气环流由东而西逐渐散布,大致造就了脉羊齿类植物的迁移扩散格局。脉羊齿类植物的这一散布途径,并不支持 Scotese (1986) 提供的石炭纪古地理复原图。在 Scotese 的图上,华北地块石炭纪时尚处于北纬中高纬度地带,并与华南地块相距较远。这种古大陆分布格局,不仅与我国众多构造地质学家积累的古地磁资料相矛盾,而且也与脉羊齿类植物的散布迁移途径和石炭纪植物群的地理分布格局及其它地层古生物资料相抵触。插图 4 所示的脉羊齿类植物扩散迁移途径,尽管对各个地块的确切古地理的位置分布上仍有待进一步明确,但它已较好地解释了石炭纪时的植物地理区系,并有利于对石炭纪以后在小亚细亚、北非等地出现的欧美、华夏和冈瓦纳混生植物群的较合理的解释。

这里应当强调,从插图 1,2,表 I 看出,也许整个脉羊齿类植物的扩散和迁移,都是由东而西逐步进行的,并非像 Laveine 等(1990)指出的那样,脉延羊齿类和脉齿羊齿类植物是由西而东迁移扩散。Laveine 等认为中国境内除 *Neuropteris ovata* 外,没有真正的 *Neuropteris* 存在,这一意见还有待于今后更多实际材料的验证。另外, Laveine (1989, p. 118, Text-fig. 2) 以及 Babin, C. (1990, p. 35, Text-fig. 4) 的插图中,认为在中国相当于维斯发期 (Weistphalian) 的沉积中(本溪组, 羊虎沟组)是否有 *Paripteris* 和 *Linopteris* 两属存在还有疑问,这是与事实不相符的(李星学, 1956; 吴秀元等, 1987; 中国古生代植物, 1974)。

颇饶兴趣的是,在脉羊齿类植物中,羽状叶脉和网状叶脉总是成对出现的,而且网状叶脉的始现时间,总较羽状叶脉者稍晚。最为明显的成对出现的例子是 *Paripteris-Linopteris*, *Neuropteris-Reticulopteris*, *Alethopteris-Lonchopteris*, *Odontopteris-Anatomopteris*。但在脉延羊齿类植物中, *Neuraethopteris* 至今还没有发现与它成对的具网状叶脉的姊妹属。如果羽状叶脉和网状叶脉的成对出现是脉羊齿类植物演替中的一种规律,那我们可以大胆设想,斯行健(1933)描述的甘肃景泰红水堡纳缪尔期的 *Palaeoweichselia? yuani* Sze 或许是脉延羊齿类植物中与 *Neuraethopteris* 相对应的具网状叶脉的 1 个新属。斯行健描述的这种植物的小羽片,其基部时而收缩成心形,时而沿轴下延,且小羽片常常融合成 1 枚较大的羽片,这些特征都是与 *Neuraethopteris* 十分相似的,而与局限于西欧萨尔-洛林盆地的 *Palaeoweichselia* 相差甚远。此外,斯行健描述的这种植物在地层中的分布,也与 *Neuraethopteris* 的层位大体相当。关于这一问题,拟在另一短文中详加讨论。

主要参考文献

- 王志浩、王成源, 1983: 甘肃靖远地区石炭系靖远组的牙形刺。古生物学报, 22(4): 437—448。
 冯少南、胡雨帆、朱家楠, 1982: 广东早石炭世植物化石新资料及其组合序列。植物学报, 24(4): 374—382。
 史美良、赵治信, 1985: 北祁连山石炭系牙形石序列。科学通报, 15: 1179—1182。
 李星学、姚兆奇、蔡重阳、吴秀元, 1974: 甘肃靖远石炭纪生物地层。中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 第六号, 99—118 页。科学出版社。
 吴秀元、赵修祜, 1982: 中国石炭纪陆相地层的划分与对比。中国各纪地层对比表及说明书, 137—147 页。科学出版社。
 ——、邓 宝, 1983: 陕西凤县草凉组植物化石, 古生物学报, 22(2): 183—192。
 ——、陆天德、杨立祥, 1986: 湘中涟源-冷水江地区的测水组及植物群新资料。古生物学报, 25(4): 406—415。
 ——、赵修祜, 1987: 宁夏纳缪尔期植物。《宁夏纳缪尔期地层和古生物》, 21—54 页。南京大学出版社。
 ——、李星学、沈光隆、梁希洛、张遵信、王志浩、朱怀诚、武安斌、佟再三、李 兰, 1987: 甘肃靖远石炭系研究新进展。地层学杂志, 11(3): 163—179。
 吴望始、赵修祜、赵嘉明、王克良、吴秀元、戎嘉余、夏凤生, 1980: 广东韶关、连县和连平的早石炭世地层。中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, 第 1 号。99—118 页。江苏科技出版社。
 陈其爽、吴秀元、赵修祜, 1987: 浙江西部早石炭世地层。浙江地质, 3(2): 1—11。
 赵修祜、吴秀元, 1982: 湖南、广东早石炭世植物群及含煤地层。中国科学院南京地质古生物研究所丛刊, 第 5 号, 1—40 页。江苏科技出版社。

- , 1982: 江西于都梓山群植物化石. 古生物学报, 21(6): 699—708.
- , 陈其爽, 吴秀元, 1986: 浙西石炭纪植物群. 中国科学院南京地质古生物研究所集刊, 第 22 号, 1—49 页. 科学出版社.
- 高联达, 1987: 甘肃靖远石炭纪纳谿阶孢子带和石炭纪内部界线. 中国地质科学院地质矿产研究所所刊, 16 号, 193—237 页. 地质出版社.
- , 1988: 甘肃靖远下石炭统臭牛沟组孢子带. 地层古生物论文集, 22 辑, 181—212 页. 地质出版社.
- 盛怀斌, 1987: 甘肃靖远石炭纪菊石. 中国地质科学院地质矿产研究所所刊, 16 号, 143—192 页. 地质出版社.
- 斯行健, 1958: 江西乐平梓山煤系植物化石. 古生物学报, 6(4): 376—389.
- Babin, C., J. -p. Laveine, Y. Lemoigne, and Zhang, Shanzhen 1990: La Biostratigraphie du Paléozoïque et le Temps. Jour. Louis David, Docum. Lab. Géol. Lyon, H. S. 9: 23—45.
- Bell, W. A., 1944: Carboniferous rocks and fossil floras of northern Nova Scotia. Geol. Surv. Canada Mem., 238: 1—227.
- , 1966: Carboniferous plants of eastern Canada. Geol. Surv. Canada, Paper 66—11, 76pp.
- Bertrand, P., 1930: Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine. I. Flore fossile, 1er fasc., Neuropteridees. Etudes min. France, 1—58.
- Chaloner, W. G. and W. S. Lacey, 1973: The distribution of Late Paleozoic floras. Special Papers in Palaeontology, 12: 271—289.
- and S. V. Meyen, 1973: Carboniferous and Permian floras of the northern continents. In Hallam, A. (ed): Atlas of Paleobiogeography. Elsevier Amsterdam, pp. 169—186.
- Crookall, R., 1929: Coal Measure plants. London, 1—80.
- , 1959: Fossil plants of the Carboniferous rocks of Great Britain. 11d sections, Neuropteridae. Mem. Geol. Surv. Great Britain, Palaeont., 5(2): 85—216.
- Daber, R., 1963: Sind die imparipinnaten/Neuropteriden oder die paripinnaten Neuropteriden morphophylogenetisch fortgeschrittener? Geologie, Jahrg., 12, H. 10: 1210—1218.
- Darrah, W. C., 1970: A critical review of the Upper Pennsylvanian floras of Eastern United States, with notes on the Mazon Creek flora of Illinois, Gettysburg, Pa.: (Privately printed), 1—220.
- Delvolve, J. J. and J. P. Laveine, 1985: Sur quelques flores du Carbonifère des Pyrénées béarnaises. Geobios, 18(3): 281—304.
- Doubinger, J. and R. Germer, 1975: Beiträge zur Revision der Neuropteridischen Pteridospermen im Saar-Carbon. Palaeont. Abt. B, 153(1—3): 1—27.
- El-Khayal, A. A., W. G. Chaloner and C. R. Hill, 1980: Palaeozoic plants from Saudi Arabia. Nature, 285(5759): 33—34.
- Gothan, W., 1913: Die Oberschlesische Steinkohlenflora. Abh. d. k. preuss. Geol. Landesanst., I. Teil, 1—278.
- , 1941: Paläobotanische Mitteilungen. 5. Die Unterteilung der karbonischen Neuropteriden. Palaeont. Zeitsch., 22(3—4): 421—428.
- , 1953: Die Steinkohlenflora der westlichen Paratethyschen Steinkohlenreviere Deutschlands. Lief. 5. Beih. Geol. Jahrb., H. 10, 1—83.
- and Sze, H. C., 1933: Über die Paläozoische Flora der provinz Kiangsu. Mem. Nat. Res. Inst. Geol. Acad. Sin., 13: 1—40.
- Halle, T. G., 1933: The structure of certain fossil spore-bearing organs believed to belong to pteridosperms. K. Svensk. Vet.-Akad. Handl., 3 ser., XII (6): 1—103.
- Havlena, V., 1953: The Neuropterides of the Carboniferous and Permian of Bohemia. Nak. Ces. Akad. Věd., 1—168.
- , V., 1969: Stratigraphie und flözbildende Rolle der Arten *Neuropteris antedecens*, *Neuropteris schlegelii* (mit verwandten) und *Neuropteris gigantea* in Namurien des Ostrau-Karviner Steinkohlenreviers. Argumenta Palaeobotanica, 3: 43—56.
- , V., The Namurian of Upper Silesia: Floral Breaks, Lithological Variations and the Mid-Carboniferous Boundary Problem, in: Ramsbottom, W. H., Saunders, W. B. and Owens, B. (eds.): Biostratigraphic data for a Mid-Carboniferous boundary. Subcomm. Carbonif. Strat. Meeting, Leeds, 1982, 112—119.
- I. U. G. S., 1988: Subcommission on Carboniferous Stratigraphy, Newsletter on Carboniferous Stratigraphy. 6: 1—30.
- Josten, K. -H., 1983: Die fossilen floren in Namur des Ruhrkarbons. Fortschr. Geol. Rheinl. Westf., 31: 1—327.
- Kullmann, J. and J. J. Delvolve, 1985: Goniatites du Namurien des Pyrénées occidentales françaises. Implications stratigraphiques et paléogéographiques. Geobios, 18(1): 47—67.
- Laveine, J. P., 1966: A Propos de la classification des Neuropteridees. C. R. Acad. Sc. Paris, 262, Serie D: 1680—1683.
- , 1967: Contribution a l'étude de la flore du terrain houiller. Les Neuropteridees du Nord de la Fran-

- ce. Et. geol. Atlas Topogr. Souterr., 1(5): 1—344.
- , 1987: Importance of understanding of the architecture of frond for systematics of Neuropteridae and Callipteridae and its stratigraphic implications, *Acta Palaeont. Sinica*, 26(1): 71—79.
- , Zhang Shanzhen and Y. Lemoigne, 1989: Global Palaeobotany, as exemplified by some Upper Carboniferous Pteridosperms. *Bull. Soc. Belge Geol.*, 98(2): 115—125.
- Li Xingxue, 1986: The mixed Permian Cathaysia-Gondwana flora. *Palaeobotanist*, 35(2): 211—222.
- , Shen Guanglong, Wu Xiuyuan and Tong Zeishan, 1987: A proposed boundary stratotype in Jingyuan, eastern Gansu for the Upper and Lower Carboniferous of China. in: Wang Chengyuan (ed.): *Carboniferous Sci. press*, Beijing, pp. 69—88.
- Pfefferkorn, H. W., and W. H. Gollespie, 1980: Biostratigraphy and Biogeography of plant Compression Fossils in the Pennsylvanian of North America, in: Dilcher, D. L. and Taylor, T. N. (eds.): *Biostratigraphy of Fossil Plants*. Dowden, Hutchinson et Ross, Inc: 93—118.
- Potonié, R., 1962: Synopsis der Spore in situ, *Beih. Geol. Jahrb.*, H. 52: 1—204.
- Purkynova, E., 1970: Die Unternamurflora des Beckens von Horni Slezsko (ČSSR). *Palaeont. Abh. (B)*, 3(2): 129—268.
- Remy, W., 1953: *Reticulopteris* («*Linopteris*») *odonopteroides* n. sp. und die dazugehörige Fruktifikation. *Geologie*, 2(2): 146—149.
- Scotese, C. R., 1986: Phanerozoic reconstructions: a new look at the assembly of Asia. *Univ. Texas Inst. Geophys. Technical. Rep.* 66.
- Sze, H. C., 1933: On the occurrence of a new species of *Palaeoweichselia* in Kansu. *Mem. Nat. Res. Inst. Geol. Acad. Sin.* 1, 12: 59—64.
- and Chen Kukta, 1942: On the occurrence of *Neuropteris gigantea* Sternb. in Kiangsi. *Bull. Geol. Soc. China*, 22(1—2): 105—131.
- Vakhrameiv, V. A., I. A. Dobruskina, E. D. Zaklinskaia and S. V. Meyen, 1970: Paleozoic and Mesozoic floras of Eurasia and Phytogeography of this time. *Nauka Moscow*, 1—426.
- Wagner, R. H., 1959: Une flore Permian d'affinités Cathaysiennes et Gondwaniennes en Anatolie sud-orientale. *C. R. hebdom. Seanc. Acad. Sci. Paris*, 148: 1778—1781.
- , 1962: On a mixed Cathaysia-Gondwana flora from S. E. Anatolia (Turkey). *C. R. 4e Congr. Carbon. Heerlen*, 3: 745—752.
- , 1963: Stephanian B flora the Cinera-Matallana Coalfield (León) and neighbouring outliners. I. Introduction, *Neuropteris. Natas Y Common. Inst. Geol. Y. min. Espana*. 72: 1—69.
- Zeiller, R., 1899: Etude Sur la flore fossile du bassin houiller d'Heradee (Asie Mineure). *Mém. Soc. Geol. France, Paléontologie*, 21: 1—91.
- Zimmermann, W., 1959: Die Phylogenie der Pflanzen. *Stuttgart (Fischer)*, 1—777.
- Zhang, S., J. P. Laveine, V. Lemoigne and H. Ding, 1987: Fossil Plants from the Penchi Formation (Carboniferous) in Taiyuan area, Shanxi Province, North China. *Rev. Paleobiol.* 6(1): 5—17.
- Zhu Huaicheng, 1989: Palynology and Biostratigraphy of Namurian A in Jingyuan of Gansu. *XI^e Congres International de Stratigraphie et de Geologie du Carbonifere Beijing 1987*, Tome 3, 211—227, Nanjing University Press.

[1991年5月5日收到]

FIRST APPEARANCE OF PARISPERMAE AND THEIR MIGRATION AND DISPERSION

Li Xing-xue*, Shen Guang-long** and Wu Xiu-yuan*

Key words: neuropterids, migration and dispersion, palaeogeographical palinspastic map.

Summary

After having counted up at full length the first occurring horizons all over the world of the leading representative genera and species of the plant neuropterids it has been made known that these plants comprising *Neuraethospermae*, *Neurodontospermae* and *Parispermae*, all take the southwest margin (Mt. Qilian) of the crustal blocks of both South and North China as their lowest horizon of first occurrence. Based on the statistics in Text-fig. 1, China might have been the birthplace of neuropterids; with the elapse of time, this kind of plants migrated and dispersed from China westward, taking their route somewhat like this: South and North China Plates→Cimmerian Massif→Southwest Europe→North America. In their general pattern of migration and dispersion from east to west, one group of communities might have started from the North China Massif and migrated into Asia Minor by way of the Tarim Oldland, reaching further to the present Soviet territory in Europe, and E. Europe. As shown in Text-fig. 2, the succession between rise and fall of the plant neuropterids during the geological periods might help prove this conclusion.

Text-fig. 3 shows the channels through which the plant neuropterids migrated and dispersed, giving support and verification to the forming process of the Pangaea at its earlier stage. In Late Devonian—Early Carboniferous, the Gondwana land drifted northward, while the West Gondwana land at its part close to the equator was rapidly approaching the European continent. In Namurian—Westphalian, the Gondwana land made a clockwise rotation, while the north margin of the West Gondwana land (North Africa and the northern part of South America) linked up with the European continent and the Pangaea began to take shape in its embryonic form. At that time, the Tethys Ocean, narrow in the west and broad in the east, came into being between the Pangaea and the Gondwana land. Such a palaeogeographical configuration created a favorable condition for the atmospheric circulation from east to west, for this plant to migrate and scatter gradually and smoothly from east to west. During the period from Late Carboniferous to Permian, the Gondwana land kept on drifting northward and the Tethys was increasingly shrinking in scope, bringing about the mixed phenomenon among the Euramerican, Cathaysian and Gondwana floras along the regions of North Africa and Asia Minor in the Permian.

In the evolutionary process of the plant *Neurospermae*, of particular interest was the occurrence in pairs of pinnate veins and reticulated veins, the former making their appearance as often as not somewhat later than the latter. Among the *Neurodontospermae* (including the *Alethopteridae* with relatively intimated affiliation) and the *Parispermae*, the corresponding sister genera of pinnate veins and reticulated veins are *Alethopteris* and *Lonchopteris*, *Odontopteris* and *Anastomopteris*.

* Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica, 210008, PRC.

** Department of Geology, Lanzhou University, 730001, PRC.

Neuropteris and *Reticulopteris*, as well as *Paripteris* and *Linopteris*. The appearance in pairs of pinnate veins and reticulated veins is considered as the evolutionary law of the plant *Neuropteris*, then it may be supposed that *Palaeoweichselia yuani* Sze described by Sze (1933) from the Namurian at Hongshuibao in Jingtai, Gansu, would be the sister genus bearing reticulated veins corresponding to those of *Neuraethopteris*. *P. yuani* Sze is roughly identical with *Neuraethopteris* in the period of occurrence; in addition, its small pinnule base also sometimes contracts like a heart, and sometimes protracts downward along the pinna rachis. Its pinnule has a conspicuous mid-vein and its small pinnules are often mixed together into a larger pinnule bearing a marked topmost small pinnule; such characters are quite similar to those of *Neuraethopteris*.

According to Laveine (1989), except for *Neuropteris ovata* Hoff. in the Stepharian of China, none of the real elements of *Neuropteris* have ever been found. Judged from the material available on hand, the typical specimens of *Neuropteris* from the Viséan—Westphalian strata in China are actually very few in number; such a fact does not indicate the absence of this genus in the older Carboniferous strata of China, but reflects its rather poor preservation. As revealed in this paper, the specimen of *Reticulopteris* was discovered from the Hongtuwa Formation at Xiaheyuan in Zhongwei, Ningxia (Zone R of Namurian B) demonstrating that even more forms of *Neuropteris*, a sister genus of *Reticulopteris*, should have come into existence in the strata of Namurian B or a slightly earlier time in China. As mentioned above, the first emergence time of the entire neuropterid community and its successional process between rise and fall in the strata highlight the fact that this kind of plants originated in China and then migrated and dispersed from east to west, rather than the fact, as Laveine *et al.* (1989) put it, that unlike *Parispermae*, *Neuraethospermae* and *Neurodontospermae* came originally from West Europe and then dispersed and migrated eastward into China.

图 版 说 明

除特别标明倍数外,所有照片均为×1;本图版的所有照片选自斯行健(1956,1958),赵修祜等(1982,1986),冯少南等(1982),李星学等(待刊)*,吴秀元等(1987)。

图 版 I

- 1—3. *Paripteris gigantea* (Sternberg)
 1. ×2, 示小羽片形态和叶脉型式,江西乐平王八山,梓山组。
 2. 甘肃靖远磁窑,靖远组上部 (E₂ 带);
 3. ×3, 产地和层位同 2。
4. *Linopteris* cf. *neuropteroides* (Gutb.) Potonie
 - ×3, 贺兰山石炭井,红土洼组。
5. *Paripteris kaipingiana* (Sze)
 - ×3, 甘肃靖远磁窑,靖远组上部 (E₂ 带)。
6. *Neuropteris tenuifolia* Brongniart
 - 甘肃靖远磁窑,靖远组上部 (E₂ 带)。
- 7—10. *Neuraethopteris schlehani* (Stur) f. *vectinervis* Kidston
 - 8, 10. 均×3, 图 10 的左上方为 *Whittleseyia* sp.。
 - 7, 8. 产于浙江江山荷塘;
 - 9, 10. 产于浙江江山何家山;叶家塘群上段。
11. *Neuraethopteris* aff. *schlehanii* (Stur)
 - ×3, 甘肃靖远磁窑,靖远组上部 (E₂ 带)。
12. *Codonospermum* sp.
 - 广东韶关芙蓉山,芙蓉山组下段。

* 李星学等: 祁连山北坡东段纳尔穆尔期地层和生物群。

图 版 II

- 1,2. *Paripteris* cf. *pseudogigantea* (Pot.)
示小羽片呈镰刀形但中脉很长。1.×3, 甘肃靖远磁窑, 靖远组下部 (E₁ 带)。2. 宁夏中卫校育川, 红土洼组。
- 3,4. *Paripteris otozamoides* (Sze et Lee)
4.×3, 甘肃靖远磁窑, 靖远组下部 (E₁ 带)。
- 5—7. *Paripteris cardiopteroides* (Bohlin)
5, 7.×3, 甘肃靖远磁窑, 靖远组上部 (E₂ 带); 6. 广东连平忠信, 忠信组上部。
- 8,9. *Linopteris* sp.
9.×3, 浙江衢县上方, 叶家塘中段。
- 10,11. *Linopteris* sp. (1)
11.×3, 甘肃靖远磁窑, 臭牛沟组中部。
- 12—14. *Linopteris brongniartii* Gutb.
12. 甘肃靖远磁窑, 靖远组上部 (E₂ 带)。
13. 宁夏中宁大石头井, 红土洼组。
14. 宁夏中卫校育川, 红土洼组。
- 15,16. *Potonia adiantiformis* Zeill.
16.×3, 甘肃靖远磁窑, 靖远组上部 (E₂ 带)。
- 17,18. *Potonia turbinata* Feng et al.
18.×2, 广东连平忠信, 忠信组中段。

图 版 III

1. *Paripteris linguacfolia* (Bertrand)
×3, 甘肃靖远磁窑, 靖远组上部 (E₂ 带)。
- 2—5. *Linopteris densissima* Gu et Zhi
5.×5, 甘肃靖远磁窑, 靖远组上部 (E₂ 带)
6. *Linopteris lepida* Gu et Zhi
×3, 甘肃靖远磁窑, 靖远组上部 (E₂ 带)。
- 7,8. *Linopteris intricata* Gu et Zhi
8.×3, 产地和层位同图 6。
- 9,10. *Potonia racemicarpa* Feng et al.
10.×3, 广东韶关芙蓉山, 芙蓉山组上段。

图 版 IV

- 1,2. *Linopteris neuropteroides* Pot.
各 ×3, 甘肃靖远磁窑, 靖远组上部 (E₂ 带)。
- 3—6. *Linopteris* cf. *neuropteroides* Pot.
4.×3, 6.×5, 产地同上, 靖远组下部 (E₁ 带)。
- 7,8. *Reticulopteris* sp.
8.×5, 宁夏中卫下河沿, 红土洼组。

