

山西晚二叠世微古植物—孢子花粉组合基本特征

高联达

中国地质科学院地质研究所, 北京 100037

摘要 山西晚二叠世微古植物—孢子花粉非常丰富, 属种众多, 共发现孢子花粉 60 余属, 140 余种(包括变种和未定种)。山西上石盒子组微古植物—孢子花粉主要以华夏微古植物群—孢子花粉为特征, 并出现较多的欧洲和北美石炭纪和早二叠世(欧美植物群)的微古植物—孢子花粉分子; 有少量安加拉(Angara)和冈瓦纳(Gondwana)微古植物群—孢子花粉出现其中, 形成了十分独特的华夏微古植物群—孢子花粉。

根据孢子花粉在地层中的分布和演化规律, 自下而上可分为 3 个孢子带: 3. *Cordiatina subrotata*-*Complexisporites polymorphus* (SP) 带; 2. *Vitreisporites signatus*-*Lueckisporites virkkiae* (SV) 带; 1. *Brialatisporites incundus*-*Nuskoisporites dulbuntyi* (ID) 带。依据孢子花粉在地层中的变化, 详尽的讨论与国内和国外(包括欧洲、美洲和南半球的澳大利亚和南极地区)比较研究。

关键词 微古植物; 孢子带; 晚二叠世; 山西

中图分类号: P534.46; Q913.84

文献标识码: A

文章编号: 1006-3021(2008)01-18-13

Characteristics of the Late Permian Palynoflora—Spore and Pollen from Shanxi

GAO Lianda

Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037

Abstract Well-preserved pollen and spores were found in Late Permian samples from Shanxi Province. The assemblages include approximately 140 species or forms (60 genera) of microspores. The microflora composed chiefly of typical elements of Late Cathaysia microflora is also associated with a few forms of Permian Angara and Gondwana Land microflora. The Palynoflora of Shanxi Province is basically different from that of Angara Province in the absence of many typical elements. It seemed that a small number of Gondwana elements moved to the Shanxi Province. There existed Carboniferous and early spores including genera of typical Western European and Northern America Carboniferous assemblages in Upper Permian in North China.

Three microfloral assemblage zones have been recognized. In ascending order they are: 3. *Cordiatina subrotata*—*Complexisporites polymorphus* (SP) zone; 2. *Vitreisporites signatus*—*Lueckisporites virkkiae* (SV) zone; 1. *Brialatisporites incundus*—*Nuskoisporites dulbuntyi* (ID) zone. This is based on a comparative study of stratigraphic ranges of the pollen and spores recovered, in comparison with those from other regions in China, European, North America and South Hemisphere.

Key words palynoflora; spore zonation; Late Permian; Shanxi

山西二叠系地层发育良好, 分布广泛, 化石保存完美, 研究历史悠久, 是我国非海相二叠系主要研究地区。山西太原西山的二叠系剖面露头良好, 层序清楚, 诺琳(Norin, 1922)根据植物化石群和岩性变

化将山西太原地区的石炭—二叠系划分为月门沟煤系, 石盒子系和石千峰系。诺琳(Norin, 1922, 1924)所创立的石盒子系的命名地点是太原东山陈家峪的石盒子沟, 此后, 诺琳(Norin, 1924)重新厘定

收稿日期: 2007-10-12; 改回日期: 2007-11-24。责任编辑: 魏乐军。

作者简介: 高联达, 1933 年生, 研究员, 从事中国古生代地层和孢粉学研究。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街 26 号, 电话: 010-68999701; E-mail: liandagao@sohu.com。

的石盒子系界线,将原来放在石千峰系下部的“银杏带”(Ginkgo zone)划入石盒子系,而以一层石髓层(Chalacedong)为上界。

1959年山西现场会议上,刘鸿允等将山西石炭—二叠系地层重新划分并厘定其界线,将石盒子系分为五个岩性段,第一、二岩性段主要为黄绿、灰绿色中、细粒砂岩、泥岩、粉砂泥岩及炭质泥岩;上石盒子组根据岩性分为三部分,下部为黄绿、灰绿色中细粒砂岩、粉砂岩与紫红、紫灰色泥岩、粉砂质泥岩互层;中部以黄绿、灰白色含砾中、粗粒砂岩为主;上部以紫红、暗紫、杂色泥岩及粉砂质泥岩为主。上石盒子组在各地变化很大。根据李星学(1963)研究,上石盒子组植物群和下石盒子组虽有不少共同的属种,但有一个最明显的特征,就是华夏植物群的许多最典型的属种已达到登峰造极的繁盛状态,烟叶大羽羊齿及瓣轮木(*Lobatannularia*)一属的许多种特别如此。上石盒子组出现较多银杏植物 *Rhipidopsis lobata* Halle, *Pseudorhipidopsis brevicaulis* (Kaw.), *Pelordea reflexa* Halle, *Tingia crassineris* Halle, 及 *Saporteca norvosa* Halle 及其他一些植物如 *Chiropteris*, *Walchia*, *Yuania* 为主要特征,组成晚期华夏植物群(*Gigantonoclea hallei*—*Spp.*—*Lobatannularia ensifolia* 亚系)。

此外,上石盒子组植物群还包括不少常见于欧美下二叠统甚至于中、上石炭纪的属种和一些中生代的属种出现。

1 孢子花粉组合带

山西中、北部晚二叠世孢子花粉非常丰富,属种众多,计有60余属,140余种。本文图示主要出现在晚二叠世的44属,74个种和变种,根据孢子花粉在地层中的演化和分布规律,自下而上可分为3个孢子花粉带:

1.1 *Brialatisporites incundus*—*Nuskoisporites dulbuntyi* (ID)带

本带主要出现在宁武盆地孙家沟剖面的上石盒子组的下段,宁武宣轩岗煤田、在保德扒楼沟、太原附近的古交煤田均有出现。该带一出现 *Brialatisporites incundus* (Kaiser) Gao 和 *Nuskoisporites dulbuntyi* Potonie and Klaus 为特征,主要特征如下:

1.1.1 早二叠世山西组合下石盒子组上部的 *Patellisporites meishanensis*—*Macrotorispora media* (MM)带许多种继续出现,如 *Patellisporites meishanensis* Ouyang, *Macrotorispora media* (Ouyang)

Chen, *Cycadosporites cymbutus* Balme and Hennelly, *Columinisporites ovalis* Peppers, *Potonieisporites novices* Bharadwaj 等种。

1.1.2 古松柏类和种子蕨的双气囊花粉含量增加,可占孢子花粉总含量的40%~50%或更多,植物演化进入新的阶段;其中类似古松柏类花粉的小型双气囊花粉 *Vitreisporites signatus* Leschik (= *V. pellidus* Reiss)可占总含量5%~10%,有的样品更多,非常典型。

1.1.3 早二叠世的特有属和种消失和基本消失,这些属有: *Sinulatisporites* Gao, *Stremmatosporites* Gao, *Gulisporites* Imgrund, *Strialatosporites* Gao, *Torispora* (Balme) Alpern and Doubinger 和 *Thymospora* (Wilson and Venkatachala) Alpern, Doubinger et Horst 等及有关种。

1.1.4 该组合带主要特征种有 *Reticulatisporites mirabilis* Gao, *Knoxisporites instarratula* (Horst) Potonie and Kremp, *Schopfipollenites ellipsoides* var. *corporens* Neves, *Triquitrites tribullatus* (Ibrahim) Schopf, Wilson et Bentall, *Protohaploxylinus limpidus* (Balme and Hennelly) Balme, *Guthoerlisporites magnificus* Bharadwaj, *Crucissaccites monoletus* Maithy, *Columinisporites ovalis* Peppers, *Vittatina cincinnata* (Luber) Hart, *Valiosaccites validus* Bose and Kar 等。

1.2 *Vitreisporites signatus*—*Lueckisporites virkkiae* (SV)带

本组合相当上石盒子组中段,该带与下伏的上石盒子组下段孢子花粉有很多相似之处,裸子植物和种子植物的小孢子(花粉)占优势,占孢子花粉总含量的50%~60%,有的样品可占60%或更多,主要特征有:

1.2.1 该带的底界以出现 *Lueckisporites virkkiae* Potonie and Klaus, *Crucissaccites monoletus* Maithy, *Alisporites splendens* (Leschik) Foster, *Vesicaspora Wsilsonii* (Schemel) Wilson and Venkatachala, *Limitisporites rectus* Leschik, *Shanisporites saariensis* Bharadwaj, *Vesiculatisporites meristus* Gao, *V. undulates* Gao, *Schweitzerisporites maculatus* Kaiser, *Kosankeisporites elegans* (Kosanke) Bharadwaj, *Potonieisporites shanxiensis* Gao *P. bharadwaji* Remy, *P. grandis* Tschudy and Kosanke, *Candidispora* sp. cf. *C. candida* Venkatachala 等。

1.2.2 科达狄花粉和分类位置不明的多型花粉出

现较多,这些花粉有:*Cordiatina spongiosa* (Luber) Samolovich, *C. subrotata* (Luber) Samolovich, *C. rugulifer* (Luber) Samolovich, *C. uralensis* (Luber) Samolovich, *Vittatina cincinnata* (Luber) Hart, *V. costabilis*, *V. striata* Luber var. *cribrata* Samolovich, *V. ovalis* Klaus, *V. vitifer* f. *minor* Samolovich.

1.2.3 双气囊花粉和具肋纹的双气囊花粉含量较多,可占孢子花粉总含量的5%~10%左右,这些种有:*Limitisporites rectus* Leschik, *L. oblongus* Gao, *Anticapipollis ganusus* Gao, *Sulcatisporites ovalis* (Balme and Hennelly) Balme, *Platysaccus shanzenensis* Gao, *Primuspollenites levicus* Tiwari, *Protohaploxylinus enigmaticus* (Maheshwar) Jardine, *P. limpidus* (Balme and Hennelly) Balme, *Striatopodocarpites cancellatus* (Balme and Hennelly) Hart, *Corisaccites alatus* Venkatachala and Kar 等。

1.2.4 具环单气囊花粉有 *Bascanisporites undosus* Balme and Hennelly 和少数的单气囊花粉 *Florinites* spp. 等。

1.3 *Cordiatina subrotata* -*Complexisporites polymorphus* (SP) 带

本带相当于山西北部地区宁武盆地和保德扒楼沟上石盒子组上部沉积,该带孢子花粉十分丰富,计有40余属,80余种,其中裸子植物花粉(包括种子植物的小孢子)和科达植物花粉以及分类位置不明的多型花粉可占孢子花粉总含量的60%左右,有的样品可达80%,处于高度繁荣状态,主要特征是:

1.3.1 下伏地层孢子花粉组合中的一些种都出现在本带

1.3.2 本带双气囊花粉显著增加,主要种有 *Alisporites splendens* (Leschik) Forster, *A. ovatus* (Balme and Hennelly) Balme, *Vesicasporites wilsonii* Schemel, *Vitreisporites signatus* (= *V. pellidus* Reiss) Leschik, *Alisporites methallensis* Leschik, *Westigisporites methoris* Hart, *Sahanisporites insectus* Kaiser, *Lueckoisporites virkkiae* Potonie and Klaus, *L. sejuntus* Gao, *L. permianus* Gao, *Striatites minutus* Gao 和 *Gondisporites* spp.

1.3.3 本带出现一些气环室的花粉,而这些都是南半球的较典型花粉,它们有: *Plicatipollenites triangularis* Lele, *Parasaccites* sp. cf. *P. distinctus* Bharadwaj and Tiwari, 和 *Potonieisporites grandis* Tschudy and Kosanke.

1.3.4 具肋条的双气囊花粉出现较多,它们是: *Protohaploxylinus parvietensisaccus*, *Complexipollenites polymorphus*, *p. enigmaticus* (Maheshwari) Jardine, *P. varius*, *P. limpidus* 和 *P. amplus* 等。

1.3.5 科达狄花粉和分类不明的花粉属种较多,并含量丰富,占孢子花粉总含量的10~15左右,它们是: *Cordiatina sinensis* Gao, *C. rugulifer* (Luber) Samolovich, *C. subrotata* (Luber) Samolovich, *C. uralensis* (Luber) Samolovich, *C. ornata* (Luber) Samolovich, *Vittatina vittifer* Luber, *V. vittifer* Luber var. *cribrata* Samolovich, *V. ovalis* Klaus, *V. cincinnata* (Luber) Hart 和 *Paravitantinalacifer* (Bharadwaj and Sulujha) Balme 等。

2 比较和讨论

2.1 与国内有关方面比较

近一些年来,国内外学者对我国华北地区二叠系孢子花粉研究从事了许多工作,伊木格隆德(Imgrund 1952, 1960)对河北唐山地区开平盆地石炭—二叠系的孢子花粉描述了34属,76种孢子花粉,皮拉特(Pierart, 1952)报道了华北地区的7个大孢子,其中有5个新种;凯塞尔(Kaiser, 1976)根据王竹泉(1922)采自山西北部宝德扒楼沟二叠系的8个植物层(王竹泉的8个植物层包括F. A. (山西组), G. L. H. (下石盒子组), J. K. L. (上石盒子组)的标本中分析出59属,133种(包括变种和未定种),并建立了3个孢子带,山西组是 *Radiizonates solaris* Zone, 下石盒子组是 *Columinisporites ovalis* Zone, 上石盒子组是 *Callirisporites* Zone。

本文笔者(高联达,王素娟,1984,高联达,1997, Gao Lianda, 1983)在山西宁武盆地、轩岗煤田以及内蒙古自治区的清水河煤田和河北开平煤田进行了较多工作,二叠系共发现孢子化粉96属,234种,其中71属,150个种仅出现在晚二叠世的上石盒子组,并建立华北地区二叠系7个孢子花粉带。本文是在此基础上并新增加太原西山剖面,古交煤田和保德扒楼沟剖面等许多孢子花粉材料,作了一些较深入研究,丰富了原来的孢子带内容,使华北地区二叠系华夏微古植物群的内容更加丰富,更为全面和更为完整。孢子花粉所研究的材料可以为大区域地层对比,特别是为国内外研究华北地区二叠系地层和微古植物群提供更加可靠的微古植物—孢子花粉研究成果。

自石炭纪开始,古地理环境发生了巨大变化,与此相适应的古植物也发生了变化,古植物化石发生分异,导致古植物地理区的形成和发展。根据古植物学家的研究,在石炭纪末形成四个古植物地理区,它们是:欧美植物地理区,安加拉古植物地理区,冈瓦纳植物地理区和华夏植物地理区,中国大部分地区属华夏植物地理区。

在华北地区地区,特别在山西地区,早二叠世末至晚二叠世气候干旱,原来在早二叠世繁盛的芦木类植物,种子蕨类植物和科达类植物仍继续存在,但属种和数量都有很大变化,原来的一些植物被新出现的植物分子所代替,这些分子中,有一些中生带色彩的植物,如大羽羊齿、带羊齿类和属于苏铁类、银杏类松柏类的裸子植物的小孢子(花粉)等。在晚二叠世的孢子花粉中,显示出原来属于石炭纪的典型属种多数消失,但有属种仍继续存在,直到二叠纪末完全消失。与此相对应的是出现一些新型的种子蕨类和松柏类植物的小孢子(花粉)和一些分类位置不明的花粉大量出现,并占重要位置。

由于古植物地理区的出现,各大植物地理区植物演化和植物地理的差异,晚二叠世孢子花粉的大区域对比有较大困难,但从总的孢子花粉特征显示出山西地区晚二叠世的孢子花粉与欧美植物地理区相同时代孢子花粉有一些相似,与安加拉植物地理区和冈瓦纳植物地理区的孢子花粉差异较大,除少数属种可比较外,而大部分属种是不同的,难以比较。

中国华北地区,石炭—二叠世为连续沉积,气候和环境有许多变化,是渐变而不是突变,因此属植物化石一部分的孢子花粉与此相适应也产生变化,在华北地区早二叠世时,一些属于石炭纪分子出现在早二叠世和晚二叠世早期,与西欧和北美也有相类似之处。但到晚二叠世时,气候和环境发生较大变化,因而古植物也发生大的变化,原来喜暖的石松类、古蕨类和种子蕨类的孢子和花粉逐渐减少,代之而发展的是与此相适应干旱和耐寒的属裸子植物古松柏类花粉大量出现并占有明显优势。

2.1.1 在华南和西南地区,晚二叠世早期代表地层是龙潭组,欧阳舒(1962),谌建国(1978)和笔者在浙江长兴、湖南邵东保和堂、江西乐平和丰城以及四川、贵州、云南等地上二叠统下部龙潭组(乐平煤系)与华北一样均出现西欧和北美属于石炭纪的孢子花粉属种,其中有: *Triquitrites* 属的一些种, *Lycospora pseudoanulatus* Kosanke, *L. rotunda* Bharadwaj, *Trinidulus dismphidius* Felex and Paden, *Den-*

sosporites anulatus (Loose) Butterworth et al., *Torispora secures* Balme, *T. verrucosa* Apleern, 以及周囊粉 *Florinites antiquus* Schopf, *F. elegans* Wilson and Kosanke, 双气囊花粉 *Lueckisporites virkkiae* (Potonie and Klaus) Clarke 等。

华南和西南地区上二叠统龙潭组出现较多而又十分典型的华夏微古植物群分子,其中主要有 *Patellisporites meishanensis* Ouyang, *Macrotrisorispora gigantea* (Ouyang) Gao, *M. laevigata* Gao, *M. media* (Ouyang) Shen (= *Torispora media* Ouyang, 1962), *M. ovata* Chen 等最为特征,含量很多,一般 15%~20%,有的煤层含量高达 50%。上述华夏微古植物分子在长江以北的淮南、淮北煤田、徐州、河南杨山、河南平顶山煤田、陕西、山东、河北、内蒙清水河煤田、准格尔煤田,往东直至辽西地区上述属、种都有出现,但数量和种有所减少,直至消失。

2.1.2 根据欧阳舒等(1993, 2003)研究在新疆北部地区属安加拉植物地理区,许多欧美—华夏植物地理区石炭—二叠纪典型孢子花粉没有出现,如: *Waltzispora*, *Murospora*, *Reinschospora*, *Knoxisporites*, *Lycospora*, *Densosporites*, *Thymospora*, *Torispora*, *Alatisporites* 和 *Schopfipollenites* 等未见于新疆北部, *Triquitrites* 也只见于托里县柳树沟二叠系沉积。

新疆北部地区的孢子花粉与华夏微古植物群相同的分子极少,仅有 *Lueckisporites virkkiae*, *Vitreisporites* spp. 和 *Cryptocarpus* spp. 等种。

新疆北部吉木萨尔县三台大龙口上二叠统泉子街祖和锅底坑组,前者孢子花粉带称 *Kraeuselisporites spinulosus*-*Potonieisporites furpanensis* (ST) 组合,后者称 *Lueckisporites virkkiae*-*Klausisporites schanbergeri* (VS) 组合,除个别种外,几乎完全不同。

2.2 与国外同时期孢子和花粉比较

大区域的孢子花粉对比,主要是一些主要属种对比,其中有一些世界性的属种,也有一些地区性的属种和一些仅存在很小区域的种,如 *Vitreisporites signatus* (= *V. pallidus* Reiss) Leschik 是 Leschik (1955) 发现于德国晚二叠世并建立的种,巴尔姆(Balme, 1970)从巴基斯坦盐岭早二叠世发现该花粉化石,该化石是世界性的种,在南、北半球均有出现,并均出现在二叠纪,特别是晚二叠世。因此许多古生代孢粉学者都将该种作为划分早、晚二叠世

的典型化石。该化石在中国主要出现在二叠纪,并主要出现在晚二叠世,类似的花粉形态再宁夏晚石炭世也有个别出现(高联达,1993)。

Lueckisporites virkkiae 是波托尼等(Potonie and Klaus(1955)从德国二叠纪发现并建立的种,该种主要出现在欧美植物地理区的晚二叠世沉积中,但根据 Teteiuk(1976)报道,类似的种在顿尼兹盆地晚石炭世维斯发阶(Westphalian)有发现,该种出现早于其他地区。在中国南部和西部该种主要出现在晚二叠世,还没有早于晚二叠世的报道,与山西出现的时代相同。

科达狄类的 *Cordiatina* 花粉是萨莫洛维奇(Samolovich,1953)从俄罗斯乌拉尔地区二叠纪建立的属,在此之前,柳伯尔(Luber,1938,1941)在俄罗斯东部地区发现的,命名为 *Circella*, *Lubemella* 或 *Zonoletes* (部分),其后由萨莫洛维奇(Samolovich,1953)改变为 *Cordiatina*。在俄罗斯地台和乌拉尔地区该种主要出现在二叠纪,特别是早二叠世亚丁斯克阶(Artinskian)和晚二叠世孔谷阶(Kungurian)。该种在北美加拿大北极地区在晚石炭世的巴

什基尔阶(Bashkirian)和莫斯科阶(Moscovian)有发现个别标本的报道(Utting,1985,1989),顿尼兹盆地有相类似的报道(Teteriuk,1976)。在西欧的法国,阿尔宾(Alpern,1956)发现相类似的标本出现在晚石炭世斯特发阶(Stephanjian),并命名为 *Latensina* 属。在中国华北地区该种主要见于晚二叠世的上石盒子组,但也有个别类似标本出现在晚石炭世的太原组(高联达,1996)。

分类位置不明的多型花粉 *Vittatina*,该属是柳伯尔(Luber,1940)从俄罗斯地台的乌拉尔地区发现并建立的属,该属的地质历程时从早二叠世晚期至晚二叠世末,该属在加拿大北极地区可以从早期晚石炭世巴什基尔阶(Bashkirian)至莫斯科阶(Moscovian)(Utting,1985,1989),在中国该属主要见于晚二叠世。

从上述花粉属可以看出,*Lueckisporites*, *Vitreisporites*, *Cordiatina*, *Vittatina* 是欧美植物地理区的属,但它们的地质历程和地理分布都有一些变化,个别种也可在其他植物地理区出现,因此只能大致对比,很难准确比较。

表 1 山西晚二叠世孢子带与其他地区孢子花粉带对比表
Table 1 Comparison of the Late Permian spores zones in Shanxi with those in other areas of China, West Europe and North America

时代			山西(本文)	华北地区 高联达(1984,1985)	陕西保德 Kaiser(1976)	西欧 Clayton et al. ,(1977)	加拿大 Utting(1989)	阶			
二叠纪	上统	石千峰组		VI I 带			Taenisporites sp. 带	达旦阶			
		上石盒子组	<i>Cordiatina subrolata</i> <i>Complexisporites polymorphus</i> (SP)带	VI 带	<i>Callirisporites</i> 带						
			<i>Vitreisporites signatus</i> <i>Lueckoisporites virkkiae</i> (SV)带	V 带							
			<i>Brialatisporites incundus</i> <i>Nuskiisporites dubuntyi</i> (CD)带	IV 带							
	下统	下石盒子组	<i>Patellisporites meishanensis</i> <i>Macrotrisoris media</i> (MM)带	III 带	<i>Columinisporites ovalis</i> 带	<i>Disaccites striatiti</i> (DS)带	<i>Alisporites insignis</i> <i>Triadispora</i> Sp. 带	孔谷阶			
			<i>Radiizonates solaris</i> <i>Potonieisporites bharadwaji</i> (SB)带	II 带			<i>Limitisporites mustuosus</i> <i>Vittatina costabilis</i> 带	亚丁斯克阶			
			山西组	<i>Sinulatisporites sinensis</i> <i>Gulisporites cochlearis</i> (SC)带			<i>Sinulatisporites Sinensis</i> <i>Gulisporites cochlearis</i> (SC)带	<i>Radiizonates solaris</i> 带	<i>Vittatina costabilis</i> (VC)带	<i>Weylandites striates</i> <i>Ptotohaplexypinus perfectus</i> 带	萨克马尔阶

3 山西晚二叠世微古植物群基本特征

孢子和花粉 (Spores, Pollen), 又称微古植物 (Microflora 或 Palynoflora), 是陆生植物的繁殖器官孢子囊中的孢子和显生植物花粉囊中的花粉。由于孢子和花粉个体小, 含量丰富、易保存、和抗酸、抗碱、抗变质等特点, 可以在各种沉积物保存, 因此孢子和花粉最能反应植物生长、分布和演化等特点。由于古气候和古地理变化, 植物开始发生分异, 导致古植物地理区的形成和发展, 在石炭纪末, 全球开始出现四个植物地理区, 即安加那植物地理区、欧美植物地理区、冈瓦纳植物地理区和华夏植物地理区。

华夏植物群—华夏植物地理区地理区的植物化石经许多中外古植物学家深入研究, 特别是李星学 (1964) 提出: 华夏植物群组合内容, 随着地质时间的发展, 愈到晚期植物和欧美植物群的差别愈为显著。早华夏植物群是一欧美植物分子为主, 到中期或山西组或石盒子组沉积物中, 华夏植物分子逐渐增加并开始取得优势, 到晚期或上石盒子组时已经占绝对优势。孢子和花粉也有与此大致相似的结论。

3.1 山西晚二叠世孢子带保存一些石炭纪孢子花粉

华北地区的二叠纪地层, 下、上石盒子组的大植物化石研究证明, 保存少量石炭纪植物化石和出现一些中生代植物化石, 在华北地区化石孢子花粉研究证明也是十分明显, 如 *Columinisporites* 属的孢子, 该属孢子最早是 Peppers (1964) 在美国伊利诺斯 (Illinois) 煤田上石炭统宾夕法尼亚系的 Carbonade 和 Spoon 组的 Murphysboro 煤层发现并建立的属, 属型种是 *Columinisporite ovalis* Peppers, 在中国该属孢子主要出现在河北开平煤田上石炭统赵各庄组 (8 煤下—4), 在开平盆地二叠统下部大苗庄组较为丰富。山西北部轩岗煤田和宁武盆地和内蒙古清水河煤田的上石炭统太原组出现, 并可上延至晚二叠世。与此相类似种 *Columinisporites reylari* (Doubinger) Alpern and Doubinger 发现在法国奥托盆地的下二叠统 Autunien (早二叠世), 澳大利亚昆士兰州二叠纪沉积中也有发现 (Foster 1979)。

小一头沉 *Torispora* 是巴尔姆 (Balme, 1952) 从法国中部 Massif 盆地晚石炭世维斯发 B (Westphalian B) 至上斯特发阶 (Stephanian) 发现并建立的属, 属型种是 *Torispora securis* Balme, 该种在欧洲的西班牙, 法国, 比利时, 波兰, 土耳其和北美的加拿大, 美国的伊利诺斯煤田, 可能还有澳大利亚 (?) 上

石炭纪沉积物中出现, 是石炭纪典型种。在中国, 该种不仅可以出现在晚石炭世, 并可上延至晚二叠世早期, 这在西欧、北美和南半球是十分罕见的。

Thymospora 是柯桑克 (Kosanke) 1950 年在美国伊利诺斯煤田上石炭统宾夕法尼亚亚系的新 Haven 煤层发现并建立的书, 当时划归光面单缝孢 *Laevigatosporites* 属内的一个种, 后经威尔松等 (Wilson and Venkatachala, 1963) 改变为现在的属, 该属是西欧和北美晚石炭世的典型属, 该属在中国不仅出现在晚石炭世, 并可上延至早二叠世, 华北地区在下二叠统下部山西组含量丰富, 直至晚二叠世早期均有出现。

3.2 华夏植物地理区的典型属种

华北地区二叠纪共发现孢子花粉 91 属 235 种, 其中属欧美植物地理区 79 属 141 种, 华夏植物地理区特有分子 11 属 94 种, 在晚二叠世时欧美植物地理区分子有相当大的减少, 代之而起的是华夏植物地理区分子增加。

山西地区二叠纪孢子花粉含量变化可以看出其变化, 二叠纪中欧美植物群的微古植物分子约占 50%~70%, 华夏微古植物群占 30%~50%, 但晚二叠世时华夏微古植物群—孢子花粉 60% 左右, 有的样品含量更多。

本文要特别关注的是大一头沉孢 *Macrotorispora* 属孢子, 该孢子是笔者最早从安徽淮南煤田下石合子组发现的孢子, 后命名为 *Macrotorispora* (高联达, 1984)。该属是华夏微古植物群特征性属, 目前所知, 世界各地均未有报道。在中国, 该属有广泛分布, 华北地区的安徽淮南和淮北煤田、安徽安庆地区上二叠统地层、河南平顶山煤田、河北开平盆地的唐山煤田、内蒙古清水河煤田、山西轩岗煤田、宁武盆地和古交煤田的石合子组有广泛分布。在华南地区的浙江、江西、湖南、贵州、四川等地几乎有二叠纪地层的地方均有较多出现, 在西北和东北地区至今尚未发现, 种的形态变化很大。

Gulisporites 孢子是依木格隆德 (Imgrund, 1952, 1960) 从开平煤田早二叠世大苗庄发现并建立的属, 它的属型种是 *Gulisporites cohlearius*, 在中国华北地区早二叠世出现, 晚二叠世减少并逐渐消失。华南地区二叠纪也有出现, 但数量不丰。

Sinulatisporites Gao, *Patellisporites* Ouyang, *Striolatosporites* Gao *Vesiculatisporites* Gao, *Striolatosporites* Ouyang, *Brialatisporites* Gao, *Anticapipollus* Ouyang, *Callitisporites* Gao, 等一些属和

有关种都是华夏植物地理区典型的属和种。

除上述外,二叠系华夏微古植物群的主要典型属还有: *Kaipingispora* Gao, *Pachetisporites* Gao, *Striolatosporites* Ouyang, *Vesiculatisporites* Gao, *Brialatisporites* Gao, *Yunnanospora* Ouyang, *Cal-lisporites* Gao, *Stremmatosporites* Gao, *Patel-lisporites* Ouyang, 等及其所属种在世界其他地区尚未见到。

3.3 一些分布广泛的世界性(Cosmopolitan)的属种, 如 *Calamospora*, *Raistrickia*, *Granulatisporites*, *Laevigatosporites*, *Punctatosporites*, *Verrucosisporites*, *Florinites*, *Potonieisporites*, *Pityosporites*, *Alisporites* 等有广泛出现和分布, 但时限和分布范围有一些变化。

3.4 有极少数安加拉植物地理区和冈瓦纳植物地理区微古植物分子出现

肯普(Kemp et al. 1977)在总结澳大利亚和南极石炭-二叠纪孢粉地层中的孢子-花粉带时, 将石炭-二叠纪划分8个孢子-花粉带, 晚二叠世早期 *Liveringo* 群分 VII 和 VIII 带, VII 带以多肋纹和气囊花粉为主, 即 *Dulhuntyispora*, *Indospora*, *Didecilites*, *Procolpatites*, *Densipollenites* 出现为特征; VIII 带以出现 *Weylandites*, *Vitreisporites*, *Tigrisporites playfordi* 为特征, 上述属种中除 *Vitreisporites pallidus* (= *V. signatus*) 外, 均无相似种。

笔者(Gao Lianda, 1996, 高联达, 1998)要特别提到的是在云南西部保山地区的云端街和卧牛寺的丁家寨组出现较丰富的属于冈瓦纳微古植物群分子, 重要的种有: *Microbaculispora tentula* (Foster) Foster, *M. fentula* Tiwari, *Interradispora daedala* Foster, *Horriditriteles ramosus* (Balme and Hennelly) Bharadwaj and Salujha, *Bipartitisporis* sp. cf. *Verrucosisporites trisecatus* Balme and Hennelly, *Lundbladispota spingsurensis* De Jersey, *Parasaccites distinctus* Tiwari, *Barakarites rotatus* (Balme and Hennelly) Bharadwaj, *Potonieisporites magnus* Lele and Karim, *Plicatipollenites densus* Srivastava, *Primupollenites obsurus* Tiwari, *Scheuringipollenites oxatus* (Balme and Hennelly) Foster, *Pteruchipollenites gracilis* (Segnovos) Foster 等。此外, 还出现一些欧美植物地理区和华夏植物地理区分子, 甚至安加拉微古植物群分子, 如 *Vittatina minor* Gao, *V. costabilis* Wilson, *V. vittifer* Lubert, *Cordiatina uralensis* f. *striata* Samolovich, *Viterisporites signatus* (= *V.*

pallidus Reiss.) Leschik, *Florinites minutus* Bharadwaj, *Wilsonites delicatus* Kosanke 和 *Triquitrites* spp. 等。至目前为止, 是一个典型的以冈瓦纳微古植物群为主, 其中有华夏微古植物群、欧美微古植物群、安加拉微古植物群分子的混生的微古植物群。

山西晚二叠世微古植物群中有少数冈瓦纳微古植物群分子, 如? *Plicatipollenites triangularis* Lele, ? *Parasaccites* cf. *distinctus* Tiwari, *Baxanispores undosus* Balme and Hennelly 等, 但数量甚少。

综上所述, 山西晚二叠世华夏微古植物群一孢子花粉特征, 由欧美微古植物群为主的分子逐步转变为华夏微古植物群分子孢子花粉占优势的变化, 并有极少数安加拉微古植物群分子和冈瓦纳微古植物群一孢子花粉出现其中。

参考文献

- 李星学. 1963. 中国晚古生代陆相地层. 科学出版社. 1~144 页.
- 欧阳舒. 1962. 浙江长兴龙潭组孢子花粉组合. 古生物学报, 10(1): 76~119.
- 欧阳舒, 王智, 詹家桢, 周宇星. 2003. 新疆北部石炭纪-二叠纪孢子花粉研究. 新疆石油管理局勘探开发研究院, 中国科学院南京地质古生物研究所编. 合肥, 中国科学技术大学出版社. 1~700.
- 高联达, 王素娟. 1984. 华北二叠纪孢子花粉. 华北地区古生物图册(三)微体古生物分册. 地质出版社. 313~439.
- 高联达. 1994. 宁夏石炭纪, 早二叠世孢子带和石炭-二叠系界线. 甘肃地质学报. 第3卷, 第1期, 11~24.
- 高联达. 1987. 甘肃靖远纳缪尔阶孢子带和石炭纪中界. 中国地质科学院地质研究所所刊, 第16号, 193~237.
- 高联达. 1994. 甘肃靖远石炭统羊虎沟组孢子花粉组合. 地层古生物论文集, 第24辑, 118~126.
- 高联达. 1997. 山西早二叠世微古植物基本特征. 华北地质矿产杂志. 第12卷, 第1期. 103~113.
- 高联达. 1998. 滇西亲冈瓦纳微古植物群的发现及其地质意义. 地球学报. 19卷, 1期, 105~112.
- 高联达. 1998. 中国早石炭世小孢子和微古植物地理区. 甘肃地质学报, 第7卷, 第1期, 48~58.
- 高联达, 沈志达等. 1989. 贵州都匀地区早二叠世孢子花粉的发现及其地质意义. 贵州地质, 第6卷, 第2期, 1~12.
- 湛建国. 1978. 二叠纪孢子花粉. 见湖北湖北科学研究所编, 中南地区古生物图册(四)微体古生物部分. 北京地质出版社, 393~459.

References

- Balme B C. 1970. Palynology of Permian and Triassic Strata in the Salt Range and Surgher Range, West Pakistan; in Kummel, B & Teichert(eds.), Stratigraphic Problems: Permian and Triassic of West Pakistan, Univ. of Kansas, Spec. Publ. 4: 36~453.

- Bamber E W., Henderson, C M., Jerzykiewicz J., Mamet B C and Utting J. 1989. A Summary of Carboniferous and Permian Biostratigraphy, Northern Yukon Territory and Northwest District of Mackenzie. In Current Research, part G, Geological Survey of Canada, Paper 89-1G:13~21.
- Bharadwaj D C. 1970. Palynological subdivisions of the Gondwana Sequence in India. Proc. 2nd Gondwana Symp. S. Afr. 531~536.
- Bose M N & Kar R K. 1966. Palaeozoic Sporae dispersae from Congo I-Kindu/Kalima and Walikale regiona. Annis Mus. R. Afr. Centr. Sér. 8vo, 53:1~168.
- Bose M N & Kar R K. 1976. Palaeozoic Sporae dispersae from Zaire (Congo), XI, Assises glaciaires et Périglaciaires from the Lukuga valley. Annls Mus. R. Afr. Centr., Sér. 8vo. 77:1~20.
- Broutin J and Doubinger J. 1985. Intered Stratigraphique et Paleogeographique des Palynoflores du Permien Inferieur de la Province de Seville(Espagne du Sul-Ouest). C. R. 10th Congr. Int. Strat. Geol. Carboniferous (Madrid) Vol. 2: 297~306.
- Clayton G., Coquel R., Doubinger J., Gueinn K J, Loboziak S., Owens B. and StreeL M. 1977. Carboniferous Miospores of Western Europe: Illustration and Zonation. Meded Rijks Geol. Dienst, n.s. 1~77.
- Doubinger J. 1968. Contribution à étude palynologique du Perno-Carbonifère De l'Autunien. Pollen et Spores, III. 2:353~372, pl. 2a VII, Paris.
- Foster C B. 1979. Permian Plant Microfossils of the Blair Athol Coal Measures, Baralaba Coal Measures, and Basal Rewan Formation of Queensland. Publ. Geol. Surv. Queensland (Brisbane), (372):1~244.
- Gao Lianda, 1979. Carboniferous Assemblages in China. C. R. 9th Congr. Int. Strati. Geol. Carb. Urbana. Vol. 2:103~108.
- Gao Lianda, 1983. Carboniferous and Early Permian Assemblages of North China and the Boundary of Carboniferous and Permian. C. R. 10th Congr. Int. Strati. Geol. Carb. (Madrid) Vol. 2: 409~424.
- Gao Lianda, 1987. Namurian Miospore Zonation from Jingyuan, Gansu and the Mid-Carboniferous Boundary. Bulletin of the Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences. Vol. 16: 193~237.
- Gao Lianda, 1994. Upper Carboniferous spore and pollen Assemblages of the Yanghukou Formation from Jingyuan, Gansu Province. Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology. No. 24:118~126.
- Gao Lianda, 1994. Carboniferous and Early Permian spore zonation and the boundary of the Carboniferous-Permian in Ningxia. Acta Geology of Gansu. Vol. 3, No. 1:11~26.
- Gao Lianda, 1996. On the Discovery of Gondwana affinity Microfloras and its significance in Geological and Palaeogeography. Newsletter on Carboniferous Stratigraphy, Vol. 14:15~16. Newcastle, NSW, Australia.
- Gao Lianda, 1997. The Character of the Early Permian Palynofloras from Shanxi. Jour. Geol. & Min. Res. North China. Vol. 12, No. 2, 103~111.
- Gao Lianda, 1997. Carboniferous spores sequence from the Southwest part of Tarim Basin, Xinjiang, China. Newsletter on Carboniferous Stratigraphy, Vol. 15: 38~39. Newcastle NSW Australia.
- Gao Lianda, 1998. On the Discovery of a Gondwana Affinity Microflora from Baoshan, West Yunnan and Its Geologic Significance. Bulletin of the Chinese Academy of Geological Sciences, Vol. 19, No. 1, 105~121.
- Gao Lianda, 1998. Early Carboniferous Miospores and Micropaleobotanic Zones in China. Acta of Gansu, Vol. 7 No. 1, 48~58.
- Gao Lianda and Fan Guoqing. 1998. Carboniferous and Early Permian of Liaoning, China. Newsletter on the Carboniferous Stratigraphy. Vol. 16: 43~44, Newcastle NSW Australia.
- Gao Lianda and Wang Sujuan. 1984. Permian spores and Pollen. Palaeontological Atlas of North China III. Micropaleontological Volume. Edited by Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, 313~439. Geological Publishing House Beijing, China.
- Gao Lianda, Shen Zhida and Qin Dianxi, 1989. Discovery of Early Permian Spore-Pollen Assemblages and their Stratigraphic significance. Geology of Guizhou. No. 2(Tol. 19): 1~13.
- Hart G F. 1964. The Systematic and Distribution of Permian Miospores. Witwatersr and Univ. Press. Johannesburg, 252pp.
- Imgrund A. 1960. Die Sporae dispersae des Kiapingbeddens, ihre Paläontologische und stratigraphische Bearbeitung im Hinblick auf eine Parallelisierung mit dem Ruhrkarbon und dem Pennsylvanian von Illinois. Geol. Jb. 77: 143~204.
- Inosova K I., Shvartmans F G & Krusian A K. 1971. Principles of distribution of spores and pollen and changes in their morphological peculiarities in section of Upper Carboniferous and Lower Permian deposits of Donets Basin. In Palynology of Proterophyte and Paleophyte. Proc. 3rd Int. Pal. Conf. (1971): 16~124, Pub. Office Nauka, Moskau.
- Kemp E M., Balme B E., Helby R J., Kyle R A., Playford G. and Price P I. 1977. Carboniferous and Permian Palynostratigraphy in Australia and Antarctica: a review. BMR. Journal of Australia Geology & Geophysics, 2(1977): 177~208.
- Kiaser H B. 1976. Die Permische Mikroflora der Cathaysia-Schichten von nordwest-Schansi, China. Palaeontographica, B 159(4~6): 83~157, Stuttgart.
- Kosanke RM. 1950. Pennsylvanian Spores of Illinois and their use in correlation. III. State Geol. Surv. Bull., 74, 129pp. Urbana, III.
- Li Xingxue(= Lee H. H.) 1963. Late Palaeozoic Continent of China. Sci. Rep. All. China Conf. Strat. 1959:1~168(in Chinese), Sci. Press. Peking.
- Luber A A. and Waltz I F. 1941. Atlas of Microspores and pollen of the Palaeozoic of U.S.S.R. Tudy Tsent. Nauchno-issled. Geologorazv. Inst. 139, 107pp(in Russian with English summary).
- Ouyang Shu and Utting, J. 1990. Palynology of Upper Permian and Lowest Triassic rocks, Meishan, Changxing County, Zhejiang Province, China. Review Palaeobot. Palynol, 66(1990): 65~103.
- Ouyang Shu, Wang Zhi, Zhan Jiazhan and Zhou Yuxing, 2003. Palynology of the Carboniferous and Permian strata of Northern Xinjiang, Northwestern China. Institute of Petroleum Exploration and

Development, the Xinjiang Petroleum Administration, Karamay, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, the Chinese Academy of Sciences, Nanjing, China, (eds.), University of Science and Technology of China Press, Hefei, China, 1~700.

Peppers R. A. 1964. Spores in strata of Late Pennsylvanian Cyclothem in the Illinois Basin. Ill. State Geol. Surv. Bull. 90, 89p. Urbana, III.

Playford G. 1990. Proterozoic and Paleozoic Palynology of Antarctica: A Review - Antarctica Paleobiology its Role in the Reconstructin of Gondwana. Taylor T. and Taylor, L. (eds), 1990 Springer-Verlag New York, Inc Printed in the United State of America, 51~70.

Samolovich S. R., 1953. Pollen and Spores from the Permian deposits of the Cherdyn and Aktyubinsk areas Cis-Urales. Paleobotanicheskii sbornik: Trudy Vses Nauchno-issled. Geol. razve. Inst. n. s., 75: 5~57 (in Russian).

Utting J. 1985. Preliminary result of Palynological studies of Permian and Lower Triassic sediments, Sabine Peninsula, Melville Island, Canadian Arctic. Archipelago: Current Research, Part B, Geological Survey Canada, Paper 85-1b: 231~238.

Utting J. 1989. Preliminary palynological zonation of surface and Subsurface section of Carboniferous, Permian and lowest Triassic rocks, Sverdrup Basin Canada Arctic Archipelago, in Current Research, Part G, Geological Survey of Canada, Paper, 89-1G: 223~240.

图版说明

(除注明外,全部标本放大 500 倍,全部标本保存在中国地质科学院地质研究所)

图版 I Plate I

1. *Calamospira brevibrachia* Kossanke, 1950; 2. *Cyclogranisporites microgana* Bharadwaj, 1957; 3. *Horriditrites concavus* Maheshwari, 1967; 4. *Verrucosporites donarii* Potonie and Kremp 1955; 5. *Raistrickia superbus* (Ibrahim) Schopf, Wilson and Bental, 1944; 6. *Raistrickia* sp.; 7. *Raistrickia stratuminis* Gao, 1984; 8. *Convolutisporia roboris* Gao, 1984; 9. *Triquirites reticulatus* Gao, 1984; 10. *Triquirites bacidus* Gao, 1984; 11. *Triquirites decorus* Gao, 1984; 12. *Patellisporites crispus* (Kaiser) Gao, 1984; 13. *Patellisporites meishanensis* Ouyang; 14. *Densosporites* sp.; 15. ? *Cirratiradites* sp.; 16. *Knoxisporites instarratula* (Horst) Potonie and Kremp, 1955; 17. *Reticulatisporites mirabilis* Gao, 1984; 18. *Callitisporites sinensis* Gao, 1984; 19. *Radiizonates solaris* Kaiser, 1976; 20. *Bialatisporites incundus* (Kaiser) Gao, 1984
- 1, 3, 7-11, 12, 15-18, 20—山西宁武孙家沟上石合子组; 4-6, 13-14, 19—山西保德扒楼沟上石合子组; 2—山西古交上石合子组

图版 II Plate II

1. *Endisporites globiformis* (Ibrahim) Schopf, Wilson and Bental, 1944;

2. *Schizaeisporites microrugosus* Tschudy and Kossabke, 1969; 3. *Laevigatosporites vulgaris* (Ibrahim) Alpern and Doubinger, 1973; 4. *Macrotrichospora media* (Ouyang) Shen, 1981; 5. *Columinisporites ovalis* Peppers, 1964; 6. *Expunctatosporites maximus* (Agrili and Alkyol) Alpern and Doubinger, 1973; 7. *Guthoerlisporites magnificus* Bharadwaj, 1957; 8. *Schopfipollenites ellipsoids* (Ibrahim) var. *corporens* Neves, 1958; 9. *Schopfipollenites shanxiensis* Ouyang, 1964; 10. *Schopfipollenites ellipsoids* (Ibrahim) Potonie and Klaus, 1956; 11. *Schopfipollenites* cf. *ellipsoids* (Ibrahim) Potonie and Klaus, 1956; 12. *Nukoisporites dubuntzi* Potonie and Klaus, 1954; 13. *Cycadopites cymbatus* Balme and Hennelly, 1956; 14. *Cordiatina sinensis* Gao, 1984;
- 1-5, 7, 10-11, 13-14—山西宁武孙家沟上石合子组; 6, 8-9—山西保德扒楼沟上石合子组; 12—山西古交上石合子组

图版 III Plate III

1. *Cordiatina rugulifer* (Luber) Samolovich, 1953; 2. *Cordiatina subrotata* (Luber) Samolovich, 1953; 4. *Cordiatina wulensis* (Luber) Samolovich, 1953; 3, 5 *Cordiatina spongiosa* (Luber) Samolovich, 1953; 6. *Cordiatina* sp.; 7. *Cordiatina ornata* (Luber) Samolovich, 1953; 8. *Florinites pumicosus* (Ibrahim) Potonie and Kremp, 1956; 9. *Wilsonites vesicatus* (Kossanke) Kossanke, 1969; 10. *Crucisaccites naktosus* Gao, 1984; 11. *Crisisaccites monoletus* Maithy, 1965; 12. *Corisaccites alutus* Venkatachala and Kar, 1966; 13. *Walikalesaccites pontiferrens* Kaiser, 1976; 14. *Limitisporites* sp.; 15. *Labiisporites* sp.; 16. *Potonieisporites bharadwaji* Remy, 1954; 17. *Potonieisporites grandis* Tschudy and Kossanke, 1969; 18. *Potonieisporites novicus* Bharadwaj, 1954
- 1-2, 4, 6-9, 12-13—山西保德上石合子组; 5, 10-11, 14-15, 17-18—山西宁武上石合子组; 3, 16—山西古交上石合子组

图版 IV Plate IV

1. *Lueckisporites virkkiae* Potonie and Klaus, 1954; 2. *Lueckisporites sejunctus* Gao, 1984; 3. *Protohaploxylinus enigmatus* (Maheshwari) Jardine, 1974; 4. *Protohaploxylinus varius* (Bharadwaj) Balme, 1970; 5. *Protohaploxylinus limpidus* (Balme and Hennelly) Balme and Playford, 1967; 6. *Protohaploxylinus* sp.; 7. *Basanisporites undulus* Balme and Hennelly, 1956; 8. *Limitisporites rectus* Leschik, 1956; 9-10. *Viterisporites signatus* Leschik, 1956; 11. *Anticapillitis ganusos* Gao, 1984; 12-13. *Protohaploxylinus amplus* (Balme and Hennelly, 1956; 14. *Sulcatissporites ovatus* Balme and Hennelly, 1956; 15. *Sahnisporites saariensis* Bharadwaj, 1954; 16. *Complexisporites polymorphus* Juzba, 1962; 17. *Valiasaccites* sp.; 18-19. *Valiasaccites validus* Bose and Kar, 1968; 20. *Platysaccites shanxiensis* Gao, 1984; 21-22. *Vittatina vittifer* Luber var. *cribrata* Samolovich, 1953; 23. *Vittatina striata* Luber, 1938; 24. *Vittatina ovalis* Klaus, 1963; 25-26. *Vittatina minor* Gao, 1984; 27. *Vittatina vittifer* Samolovich, 1953; 28. *Vittatina cincinnata* (Luber) Hart, 1964; 29-30. *Paravittatina lacifer* (Bharadwaj and Suljha) Balme, 1970;
- 1, 3-9, 11-14, 18, 20, 23, 25-30—山西宁武上石合子组; 2, 10, 15, 19, 22—山西保德上石合子组; 21, 24—山西古交上石合子组

图 版 I Plate I

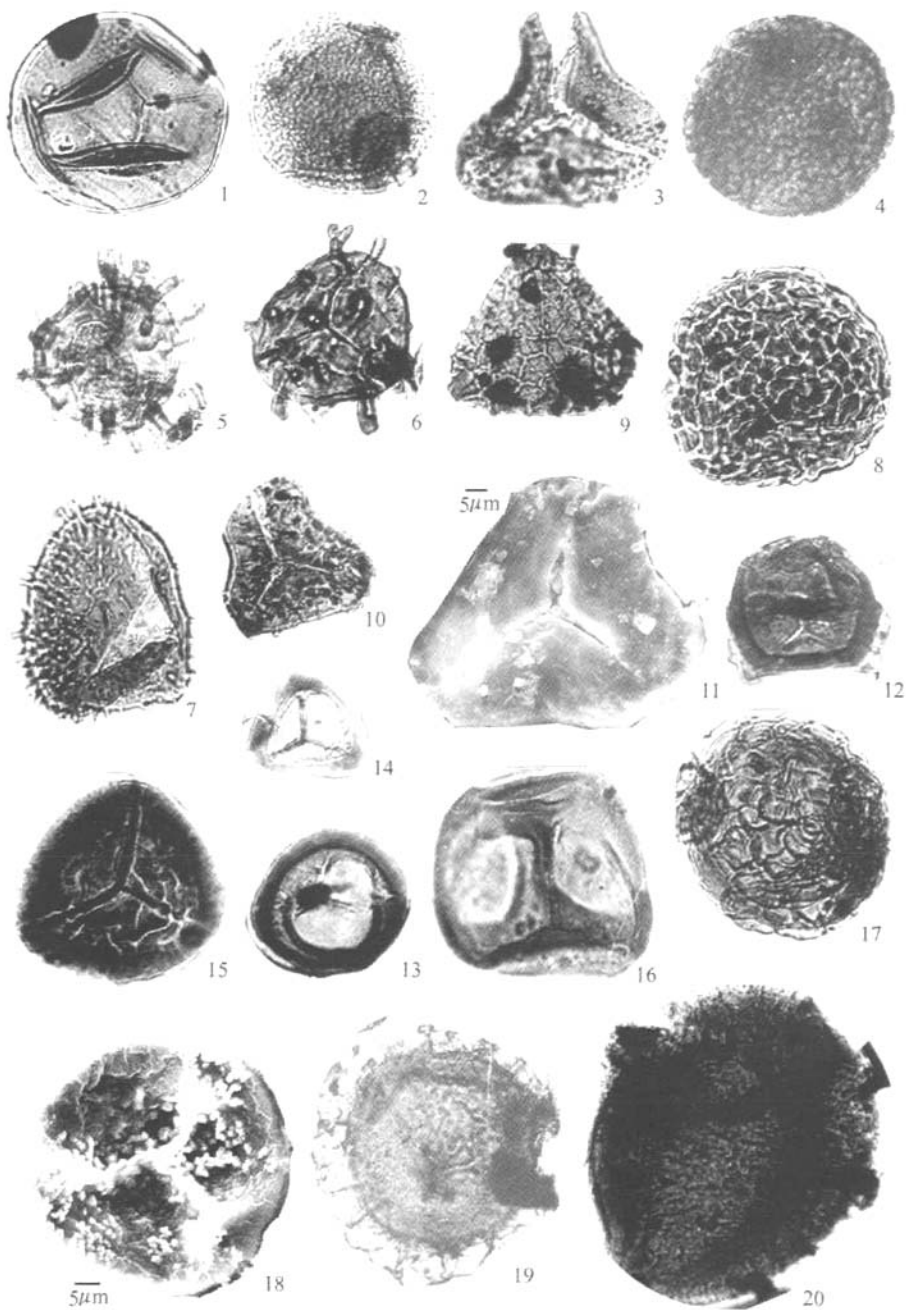
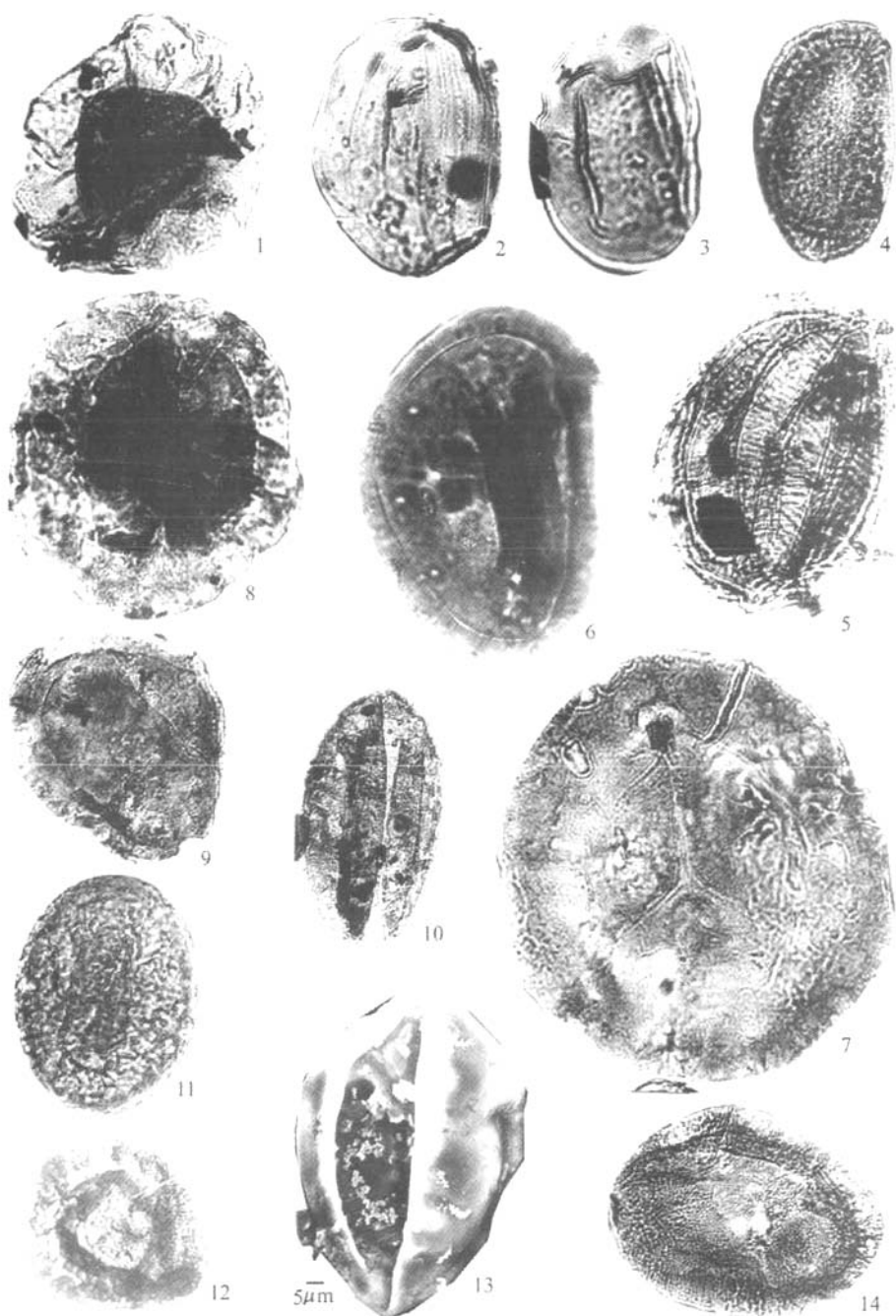


图 版 II Plate II



图版 III Plate III

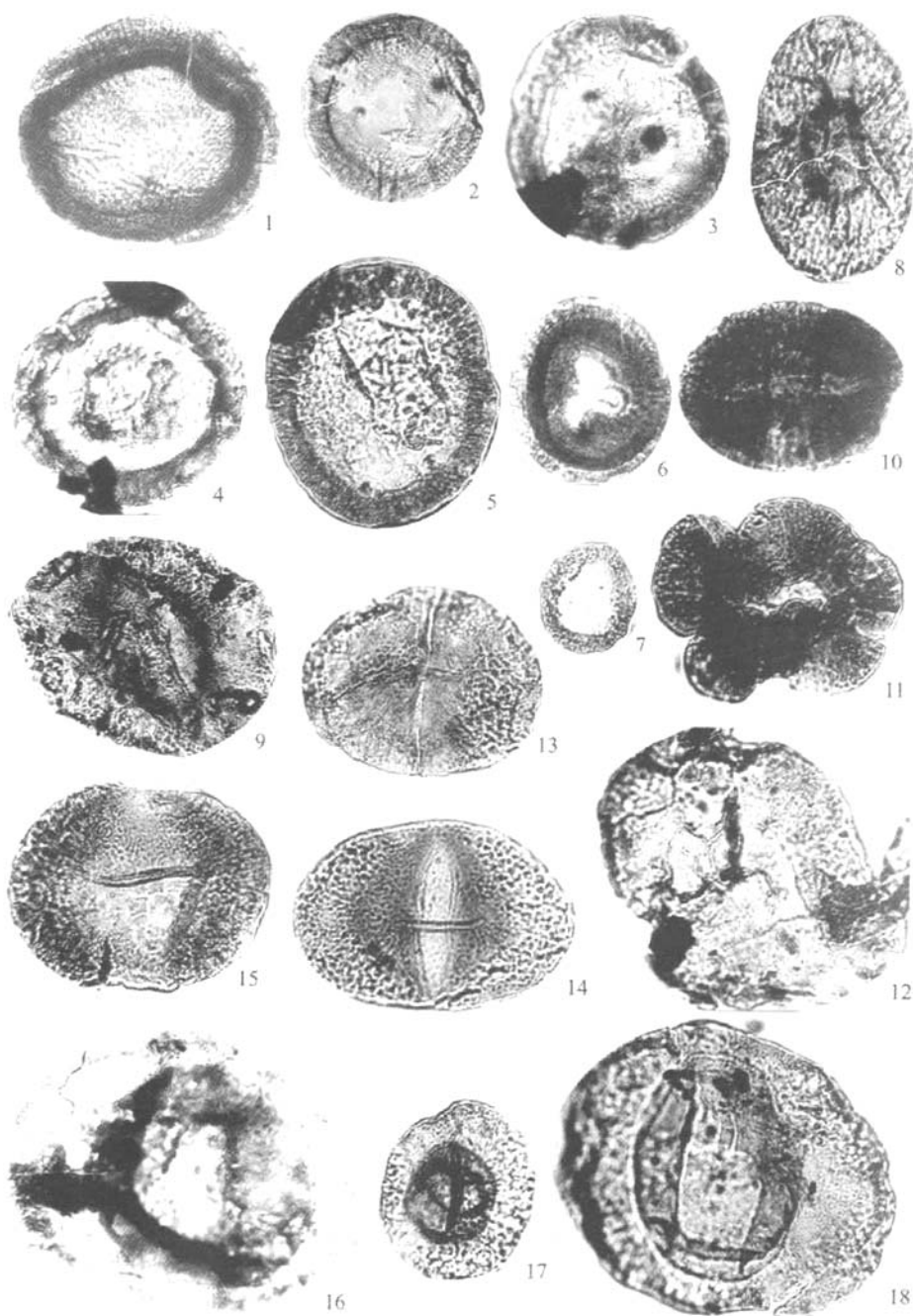


图 版 IV Plate IV

