

文章编号: 1000-0550(2003) 03-0434-07

陕西秃尾河晚三叠世孢粉植物群及其环境意义¹

王永栋¹ 江德昕² 谢小平^{3,4}

1(中国科学院南京地质古生物研究所 南京 210008) 2(中国科学院兰州地质研究所 兰州 730000)

3(华东师范大学河口海岸国家重点实验室 上海 200062) 4(曲阜师范大学地理系 山东曲阜 273165)

摘要 本文基于陕西北部秃尾河地区上三叠统发现的孢子花粉化石 31 属 48 种的研究,建立了研究区晚三叠世孢粉植物群。根据孢粉植物群的特征探讨了该区晚三叠世生态环境及其与石油和煤炭形成的关系。研究结果认为,暖湿(或湿热)气候条件下的湖泊和沼泽沉积环境有利于油气和煤炭的形成。

关键词 孢粉植物群 晚三叠世 古生态 古环境 陕北

第一作者简介 王永栋 男 1967 年出生 博士 研究员 古植物学与孢粉学

中图分类号 Q913.84 **文献标识码** A

陕西北部晚三叠世地层发育良好,并蕴藏丰富的石油和煤炭资源,历来为地质古生物学家所关注。潘钟祥早年研究了陕北延长层植物大化石 15 种,认为其地质时代属于晚三叠世考依波(Keuper)至瑞替(Rhaetian)期^[1];继之,斯行健详细研究了延长层植物大化石 65 种,建立了陕北延长植物群并确认其地质时代属于晚三叠世考依波至瑞替期^[2]。1980 年中国地质科学院地质研究所根据植物和孢粉化石将延长群下部(T_{3y}^1 至 T_{3y}^2)划归中三叠统,称铜川组,上部(T_{3y}^3 至 T_{3y}^5)称延长组,认为斯行健所称“延长植物群”是延长组植物群^[3]。1983 年《西北地区区域地层表》和 1989 年《陕西省区域地质志》将延长组划分为胡家村组(T_{3y}^3)、永坪组(T_{3y}^4)和瓦窑堡组(T_{3y}^5),1994 年《全国地层多重划分对比研究》将胡家村组归入永坪组($T_{3y}^3 + T_{3y}^4$)^[4]。王喜富自 1960 年以来多次赴陕北采集植物化石和孢粉分析样品,发现陕西新轮叶(*Neoannularia shanxiensis*)、陕西新孢穗(*Neostachya shanxiensis*)等新属新种^[5]。为了深入研究“延长植物群”的特性及其意义,笔者系统分析了植物化石产地的孢粉分析样品,全部样品均由王喜富提供。本文材料取自陕西佳(葭)县秃尾河高家川、刘家畔、七家子等植物化石产地,17 个样品经实验室处理后在其中 8 个样品中获得丰富的孢子花粉化石。基于高家川、刘家畔、七家子等地永坪组和瓦窑堡组 8 个样品中发现的孢粉化石的鉴定和统计,建立了秃尾河地区晚三叠世孢粉植物群,并根据孢粉植物群的特征探讨了当时的古生态、古气候、古环境及其与石油和煤炭形成的关系。

1 地质背景

陕北秃尾河地区位于鄂尔多斯盆地北部大理河以北,是盆地内三叠纪地层的主要分布区之一。鄂尔多斯盆地是华北地台上的大型内陆含油气盆地;位于华北板块的西部,是古生代以来长期稳定拗陷的沉积盆地;张恺^[6]将其作为我国克拉通盆地的代表。鄂尔多斯克拉通盆地属继承性拗陷型盆地,古生代主要为海相沉积(厚约 6,000 m),中生代为陆相沉积(厚约 3,000 m),沉积幅度和沉积速率较小,在漫长地质历史中形成了烃源岩、储集层和构造圈闭的最佳匹配,具有形成大中型油气田的地质条件^[7]。

永坪组($T_{3y}^3 + T_{3y}^4$)岩性为灰白、灰绿、黄绿色厚层中—细粒砂岩、粉砂岩与灰黑、蓝灰色泥岩互层,砂岩含黄铁矿结核,厚 99 m,与下伏铜川组和上覆瓦窑堡组均呈整合接触^[4]。瓦窑堡组(T_{3y}^5)岩性为黄绿、灰黑、灰黄色泥岩与砂岩、粉砂岩互层夹黑色页岩、煤层和煤线,厚 224 m,与下伏永坪组呈整合接触,与上覆下侏罗统富县组呈假整合接触^[4]。

2 孢粉植物群

陕北秃尾河地区上三叠统永坪组和瓦窑堡组发现的孢子花粉共有 31 属 48 种。其中蕨类植物孢子主要有粗缝斑点圆形孢(*Punctatisporites crassirimosus*)、那氏芦木孢(*Calamospora nathorstii*)、柔软芦木孢(*C. tener*)、粗糙凹边孢(*Concavisporites scabratus*)、哈氏拟网叶蕨孢(*Dictyophyllidites harrisi*)、莫顿拟网叶蕨孢(*D. mortoni*)。小金毛狗孢(*Cibotiumspora hu-*

¹ 国家自然科学基金项目(No. 39900007)资助。

milis)、暗色瘤面圆形孢 (*Verrucosporites morulae*)、副华美瘤面圆形孢 (*V. parabellus*)、清晰瘤面圆形孢 (*V. lepidus*)、银色葡萄孢 (*Uvaesporites argenteaformis*)、多疣葡萄孢 (*U. verrucosus*)、突出葡萄孢 (*U. projectus*)、威尔曼拟紫萁孢 (*Osmundacidites wellmanii*)、圆刺锥刺圆形孢 (*Apiculatisporis globosus*)、棘状锥刺圆形孢 (*A. spiniger*)、微细锥刺圆形孢 (*A. parvispinosus*)、强状新叉瘤孢 (*Neoraistrickia valida*)、圆瘤阿赛孢 (*Asseretospora gyrata*)、中国厚角孢 (*Triquitrites sinensis*)、粗糙楔环孢 (*Camaronosporites rudis*)、纓状斑马纹孢 (*Zbrasporites fimbriatus*)、秃尾河拟套环孢 (*Densoisporites tuweiheensis*)、粗糙合囊蕨孢 (*Marattisporites scabratus*)、披篷离层单缝孢 (*Aratrisporites paenulatus*)、柔软离层单缝孢 (*A. flexibilis*)、薄壁离层单缝孢 (*A. strigosus*)、粗糙离层单缝孢 (*A. scabratus*) 等; 裸子植物花粉主要有三叠二肋粉 (*Lueckisporites triassicus*)、单肋单脊双囊粉 (*Chordasporites singulichorda*)、澳大利亚阿里粉 (*Alisporites australis*)、小阿里粉 (*A. parvus*)、聚囊粉 (*Vesicaspora* sp.)、正常双束松粉 (*Pinuspollenites normalis*)、萨氏原始云杉粉 (*Protopicea samoilovichiana*)、多凹拟罗汉松粉 (*Podocarpidites multesimus*)、昆士兰拟罗汉松粉 (*P. queenslandi*)、整洁拟罗汉松粉 (*P. nitidus*)、卡谢乌拟罗汉松粉 (*P. cacheutensis*)、精致皱体双囊粉 (*Rugubivesculites lepidus*)、张开宽沟粉 (*Chasmatosporites hians*)、整洁拟苏铁粉 (*Cycadopites nitidus*)、网纹拟苏铁粉 (*C. reticulatus*)、亚粒拟苏铁粉 (*C. subgranulosus*) 等 (表 1, 图版 iv, ⑤)。以上孢子花粉组成本区晚三叠世的孢粉组合, 它们在组合中的百分含量如表 1 所示。该组合以蕨类孢子占优势, 其含量一般占组合总数的 56.2% ~ 61.5%, 最高达 63.7%; 裸子植物花粉含量占组合总数的 38.5% ~ 43.8%, 最低为 36.3% (表 1)。

秃尾河地区永坪组和瓦窑堡组发现的孢子花粉化石均为国内外晚三叠世地层中常见的属种, 有些是晚三叠世特有的分子。根据孢粉化石的地质分布和孢粉组合与国内外孢粉组合对比结果^[3, 8~16], 本区永坪组和瓦窑堡组的地质时代应属晚三叠世早期至晚期, 相当于劳亚大陆考依波期和欧洲卡尼 (Carnian) 期至诺利 (Norian) 期或瑞替期。因此, 本区永坪组和瓦窑堡组孢粉植物群应属晚三叠世早期至晚期的产物。

随着原位孢子花粉的不断发现, 人们对中生代分散孢子花粉的植物学性质有了日益增多的认识。根据分散孢子花粉已知亲缘关系^[17~24], 陕西秃尾河晚三叠世孢粉植物群以蕨类植物略占优势, 蕨类中又以真

蕨纲为主, 石松纲次之, 楔叶纲不甚重要; 裸子植物以种子蕨纲和松柏纲为主, 苏铁纲占较小比例。现将该孢粉植物群的主要成员即构成该植物群的主要分散孢子花粉的分类位置及其含量列于表 2。

3 古生态与古气候

根据已知亲缘关系, 秃尾河地区上三叠统所产孢子大都属于真蕨纲薄囊蕨亚纲真蕨目 (Filicales), 其中拟紫萁孢属于紫萁科 (Osmundaceae), 金毛狗孢属于蚌壳蕨科 (Dicksoniaceae), 凹边孢和拟网叶蕨孢属于燕尾蕨科 (Cheiroleptiaceae) 或双扇蕨科 (Dipteridaceae) 或马通蕨科 (Matoniaceae); 属于真蕨纲厚囊蕨亚纲莲座蕨目 (Marattiales) 的有合囊蕨科 (Marattiaceae) 的合囊蕨孢; 其次为石松纲, 其中离层单缝孢属于肋木科 (Pleuromeiaceae), 楔环孢可能属于石松科 (Lycopodiaceae), 拟套环孢、葡萄孢、新叉瘤孢可能属于卷柏科 (Selaginellaceae); 属于楔叶纲的仅有木贼目 (Equisetales) 的芦木孢。本区上三叠统所产花粉大都属于种子蕨纲和松柏纲, 其中单脊双囊粉、聚囊粉、阿里粉属于种子蕨纲, 拟罗汉松粉属于松柏纲松柏目 (Coniferales) 罗汉松科 (Podocarpaceae), 双束松粉属于松柏纲松柏目松科 (Pinaceae), 原始云杉粉可能属于松柏纲; 其次为苏铁纲, 其中拟苏铁粉属于苏铁目 (Cycadales) 或银杏目 (Ginkgoales), 宽沟粉可能与本内苏铁目 (Bennettiales) 有亲缘关系。以上孢子花粉是构成本区晚三叠世孢粉植物群的主要成员, 其在组合中所占百分含量如表 2 所示。

如前所述, 本区晚三叠世孢粉植物群以蕨类植物较裸子植物略占优势为特点, 蕨类中又以真蕨纲为主, 石松纲次之; 裸子植物以种子蕨纲和松柏纲为主, 苏铁纲次之。该植物群中真蕨纲的主要成员有莲座蕨目的合囊蕨科、真蕨目的紫萁科、蚌壳蕨科、燕尾蕨科、双扇蕨科等; 石松纲的主要成员有石松科、卷柏科、肋木科; 松柏纲主要有罗汉松科和松科, 苏铁纲有苏铁目、银杏目或本内苏铁目植物。这些陆生植物对于反映生态环境相当灵敏, 无疑可以作为讨论古生态、古气候和古环境的依据。

现代真蕨纲莲座蕨目广布于世界热带和亚热带森林中, 其中莲座蕨属 (*Angiopteris*) 为陆生大型植物; 真蕨目植物大都分布于热带和亚热带, 其中蚌壳蕨科为高大树蕨, 生长于热带潮湿地区; 紫萁科为中型植物, 生长于热带、亚热带或温带沼泽湿地或林下溪边; 燕尾蕨科生长于热带和亚热带林下石灰岩上^[22]。石松纲石松科现今分布于热带、亚热带和温带, 生长于湿润气候下的酸性土壤; 卷柏科分布于热带、亚热带和温带,

表1 陕西秃尾河晚三叠世孢子花粉主要种的分布及其化石粒数和百分含量
 Table 1 Distribution of main species of spores and pollen and number (percentage) of specimens identified in samples from Yongping and Wayaopu Formations of Tuweihe, Shaanxi

Spores and pollen	Yongping Formation						Wayaopu Formation	
	TW-4	TW-5	TW-6	TW-8	TW-10	TW-13	TW-16	TW-17
<i>Punctatisporites crassimosus</i> Qu 1980		3(0.8)			7(2.8)	2(0.7)		3(1.2)
<i>Calamospora nathorsti</i> (Halle) Klaus 1960	7(2.8)	5(1.3)	8(3.0)	3(1.2)	5(2.0)	8(3.0)	5(2.0)	7(2.8)
<i>C. tener</i> (Leschik) Mäddler 1964	5(2.0)			4(1.6)				
<i>Concavisporites scabratus</i> (sp. nov.)	5(2.0)	9(2.4)	17(6.4)	5(2.0)	9(3.6)	12(4.5)	6(2.4)	5(2.0)
<i>Dictyophyllidites harrisii</i> Couper 1958	15(6.0)	16(4.3)	12(4.5)	4(1.6)	8(3.2)	9(3.4)	17(6.7)	18(7.1)
<i>D. mortoni</i> (de Jersey) Playford et Dettmann 1965	4(1.6)	12(3.2)	11(4.1)	5(2.0)	7(2.8)	8(3.0)	11(4.4)	9(3.6)
<i>Cibotiumspora humilis</i> Zhang 1984	5(2.0)	8(2.2)	5(1.9)	3(1.2)	4(1.6)	5(1.9)		3(1.2)
<i>Verrucosporites morulae</i> Klaus 1960	5(2.0)	12(3.2)	7(2.6)	9(3.6)	5(2.0)	6(2.2)	4(1.6)	5(2.0)
<i>V. parabellus</i> Qu 1980	6(2.4)	17(4.6)	12(4.5)	11(4.4)	7(2.8)	9(3.4)	15(6.0)	14(5.6)
<i>V. lepidus</i> Qu 1980	4(1.6)	9(2.4)	6(2.2)	4(1.6)	3(1.2)	7(2.6)	4(1.6)	4(1.6)
<i>Uvaesporites argenteaformis</i> (Bolch.) Schulz 1967	9(3.6)	6(1.6)	5(1.9)	4(1.6)	5(2.0)	5(1.9)	2(0.8)	
<i>U. verrucosus</i> (de Jersey) Helby 1971	5(2.0)			4(1.6)			2(0.8)	
<i>U. projectus</i> Zhang 1997	7(2.8)	11(3.0)	7(2.6)	4(1.6)	5(2.0)	5(1.9)	4(1.6)	3(1.2)
<i>Osmundacidites wellmanii</i> Couper 1953	4(1.6)	8(2.2)	5(1.9)	4(1.6)	3(1.2)	8(3.0)	7(2.8)	9(3.6)
<i>Apiculatisporis globosus</i> (Leschik) Playford et Dettmann 1965	9(3.6)	12(3.2)	6(2.2)	5(2.0)	4(1.6)	14(5.2)	4(1.6)	14(5.6)
<i>A. spiniger</i> (Leschik) Qu 1980	7(2.8)	14(3.8)	5(1.9)	5(2.0)	8(3.2)	12(4.5)	7(2.8)	15(6.0)
<i>A. parvispinosus</i> (Leschik) Qu 1980	7(2.8)			7(2.8)	5(2.0)		4(1.6)	
<i>Nærastrichia valida</i> Qu 1980	3(1.2)	9(2.4)	7(2.6)	6(2.4)	4(1.6)	5(1.9)	3(1.2)	5(2.0)
<i>Asseretospora gyrata</i> (Playford et Dettmann) Schuurm 1977	7(2.8)	17(4.6)	13(4.9)	8(3.2)	7(2.8)	7(2.6)	7(2.8)	8(3.2)
<i>Striatella seebergensis</i> Mäddler 1964						7(2.6)		
<i>Rogalskaiasporites bujargiensis</i> (Bolch.) Zhang 1997	5(2.0)	8(2.2)	7(2.6)	5(2.0)	4(1.6)	5(1.9)	4(1.6)	3(1.2)
<i>Triquitrites sinensis</i> Ouyang 1962	4(1.6)	6(1.6)	5(1.9)	4(1.6)	2(0.8)	4(1.5)	4(1.6)	2(0.8)
<i>Tribosporites major</i> (sp. nov.)	5(2.0)	12(3.2)	5(1.9)	3(1.2)	2(0.8)	3(1.1)	4(1.6)	3(1.2)
<i>Camarozonosporites rudis</i> Klaus 1960		3(0.8)	2(0.7)	4(1.6)	5(2.0)	4(1.5)	2(0.8)	5(2.0)
<i>Zbrasporites fimbriatus</i> Klaus 1960	3(1.2)	1(0.3)	3(1.1)	8(3.2)	4(1.6)	3(1.1)	4(1.6)	3(1.2)
<i>Densoisporites tuweiheensis</i> (sp. nov.)	4(1.6)	12(3.2)	5(1.9)	4(1.6)	3(1.2)	4(1.5)	5(2.0)	7(2.8)
<i>Maratisporites scabratus</i> Couper 1958	5(2.0)			9(3.6)	8(3.2)		4(1.6)	
<i>Aratisporites paenulatus</i> Playford et Dettmann 1965	4(1.6)	5(1.3)	7(2.6)	6(2.4)	5(2.0)	7(2.6)	4(1.6)	3(1.2)
<i>A. flexibilis</i> Playford et Dettmann 1965	3(1.2)	2(0.5)	3(1.1)	4(1.6)	5(2.0)			
<i>A. strigosus</i> Playford 1965	4(1.6)	7(1.9)	4(1.5)	4(1.6)	5(2.0)	3(1.1)	4(1.6)	3(1.2)
<i>A. scabratus</i> Klaus 1960	3(1.2)	4(1.1)	3(1.1)	3(1.2)	2(0.8)	3(1.1)	4(1.6)	
<i>Chordasporites singulichorda</i> Klaus 1960	9(3.6)	19(5.1)	9(3.4)	7(2.8)	7(2.8)	8(3.0)	17(6.7)	17(6.7)
<i>Lueckisporites triassicus</i> Clarke 1965	8(3.2)	12(3.2)	5(1.9)	5(2.0)	8(3.2)	9(3.4)	8(3.2)	9(3.6)
<i>Ovalipollis rurus</i> Klaus, 1960	7(2.8)			7(2.8)	5(2.0)	5(1.9)	7(2.8)	
<i>Pityosporites neomundanus</i> Leschik, 1955	14(5.6)			17(6.7)	14(5.6)	5(1.9)	18(7.1)	
<i>Alisporites australis</i> de Jersey 1962	7(2.8)	14(3.8)	15(5.6)	7(2.8)	6(2.4)	7(2.6)	5(2.0)	7(2.8)
<i>A. parvus</i> de Jersey 1962	6(2.4)	7(1.9)	5(1.9)	9(3.6)	7(2.8)	8(3.0)	7(2.8)	4(1.6)
<i>Pinuspollenites normalis</i> Qu 1986	8(3.2)	14(3.8)	11(4.1)	6(2.4)	5(2.0)	6(2.2)	10(4.0)	9(3.6)
<i>Protopicea samoilovichiana</i> (Rovn.) Pocock 1970	4(1.6)	7(1.9)	5(1.9)	5(2.0)	9(3.6)	7(2.6)	4(1.6)	7(2.8)
<i>Podocarpidites multesimus</i> (Bolch.) Pocock 1962	4(1.6)	8(2.2)	6(2.2)	5(2.0)	5(2.0)	5(1.9)	4(1.6)	7(2.8)
<i>P. queenslandi</i> (de Jersey) Qu 1980	5(2.0)	12(3.2)	9(3.4)	6(2.4)	7(2.8)	6(2.2)	5(2.0)	8(3.2)
<i>P. nitidus</i> (Pautsch) Qu 1980	9(3.6)	17(4.6)	10(3.7)	7(2.8)	11(4.4)	9(3.4)	7(2.8)	11(4.4)
<i>P. cacheutensis</i> (Jain) Qu 1980	3(1.2)	6(1.6)	5(1.9)		5(2.0)	6(2.2)		5(2.0)
<i>Rugubivesiculites lepidus</i> Bai 1983	5(2.0)	8(2.2)	4(1.5)	5(2.0)	7(2.8)	2(0.7)		5(2.0)
<i>Chasmatosporites hians</i> Nilsson 1958	4(1.6)	9(2.4)	4(1.5)	3(1.2)	3(1.2)	8(3.0)	3(1.2)	7(2.8)
<i>Cycadopites nitidus</i> (Balme) Pocock 1970	2(0.8)	5(1.3)	5(1.9)	4(1.6)	3(1.2)	4(1.5)	3(1.2)	
<i>C. reticulatus</i> (Nilsson) Li et Shang 1980	4(1.6)	5(1.3)	4(1.5)	4(1.6)	4(1.6)	5(1.9)	4(1.6)	5(2.0)
<i>C. subgranulosus</i> (Couper) Clarke 1965	4(1.6)			5(2.0)	4(1.6)	3(1.1)	7(2.8)	
Sum of spores	154(59.9)	228(61.5)	170(63.7)	149(59.4)	141(56.2)	165(61.5)	141(56.4)	151(60.0)
Sum of pollen grains	103(40.1)	143(38.5)	97(36.3)	102(40.6)	110(43.8)	103(38.5)	109(43.6)	101(40.0)
Total	257(100)	371(100)	267(100)	251(100)	251(100)	268(100)	250(100)	252(100)

表2 陕西秃尾河晚三叠世孢粉植物群组成及含量

Table 2 Members (constituents) of the Late Triassic palynoflora and their abundance in Tuweihe region of Shaanxi

Botanical relationships	Abundance %	Botanical relationships	Abundance %
Pteridophyta		Gymnospermae	
iv Sphenopsida		iv Pteridospermopsida	
Equisetales <i>Calamospora</i>	1.3~ 4.8	Incertae sedis <i>Chordasporites</i>	2.8~ 6.7
⊕ Lycopsidea		<i>Vesicaspora</i>	1.9~ 7.1
Pleuroleptaceae <i>Aratrisporites</i>	2.4~ 6.8	<i>Alisporites</i>	4.4~ 7.5
Lycopodiaceae <i>Camarozonosporites</i>	0.7~ 2.0	⊕ Cycadopsida	
Selaginellaceae <i>Densosporites</i>	1.5~ 3.2	Cycadales or Ginkgoales <i>Cycadopsites</i>	2.0~ 5.6
<i>Uvaesporites</i>	1.2~ 8.4	Bennettiales(?) <i>Chasmatosporites</i>	1.2~ 3.0
<i>Neoraietrichia</i>	1.2~ 2.6	⊖ Coniferopsida	
⊖ Filicopsida		Podocarpaceae <i>Podocarpidites</i>	6.4~ 12.4
Marattiaceae <i>Marattisporites</i>	1.6~ 3.6	Pinaceae <i>Pinuspollenites</i>	2.0~ 4.1
Osmundaceae <i>Osmundacidites</i>	1.2~ 3.6	Incertae sedis <i>Protopicea</i>	1.6~ 3.6
Dicksoniaceae <i>Cibotiumspora</i>	1.2~ 2.2		
Cheiroleptiaceae or Dipteridaceae			
or Matoniaceae <i>Concavisporites</i>	2.0~ 6.4		
<i>Dictyophyllidites</i>	3.6~ 11.1		

生长于林下或溪边湿地^[22]。松柏纲罗汉松科为常绿乔木或灌木, 现今分布于热带、亚热带和南温带, 在我国产于长江以南和台湾; 松科植物大都为常绿乔木, 稀为灌木, 广布于北半球温带^[23]。此外, 苏铁类为典型热带和亚热带植物。

从孢粉植物群主要成员的现代分布看来, 秃尾河地区晚三叠世气候温暖潮湿或相当湿热, 属于温带—亚热带暖湿或湿热气候。

4 古环境与油气和煤炭形成的关系

沉积岩中孢子花粉母体植物现今的生长环境为我们推断沉积时的古气候和古地理环境提供了科学依据。陕北秃尾河地区上三叠统永坪组和瓦窑堡组有大量喜暖喜湿植物的孢子花粉化石, 反映沉积时气候温暖潮湿, 植物繁盛, 在湖泊周围生长着喜暖树木, 或有蚌壳蕨科高大树蕨; 在沼泽湿地有紫萁科植物成丛生长, 并有真蕨目草本植物伴生; 湖泊外围丘陵地带分布着罗汉松科和松科针叶林, 林下和溪边生长着石松、卷柏、紫萁等灌木和草本。当时的植被景观反映暖湿或湿热气候下的湖泊和沼泽沉积环境。本区上三叠统永坪组主要为内陆湖相沉积。当时生长茂盛的植物无疑为石油的形成提供了丰富的有机质。油源岩孢粉研究结果说明, 湿热或暖湿气候条件下的湖泊沉积有利于石油和石油气的形成^[25], 陕西北部上三叠统湖相沉积发育良好的油气源岩确认了这一论点。沼泽湿地是喜暖喜湿生物生长繁衍的有利场所, 松柏类植物是重要的造煤植物, 本区上三叠统瓦窑堡组沼泽相沉积发育, 为形成煤和煤成气提供了有利条件, 同时也说明暖湿气候下的沼泽沉积有利于煤炭和煤成气的形成。永坪组为陕北重要的含油岩系, 瓦窑堡组为著名的含煤

岩系, 充分说明本区晚三叠世的沉积环境确实有利于石油和煤炭的形成。

致谢 国土资源部高级工程师王喜富(原中国科学院兰州地质研究所古植物学家)提供孢粉分析样品和地质资料, 中国科学院兰州地质研究所杨惠秋教授完成显微照相并提供宝贵意见, 杜金娥和来常玉两位实验师分析处理样品, 笔者谨致深切谢忱。

参考文献(References)

- 1 潘钟祥. 陕北古期中生代植物化石. 中国古生物志, 甲种[J]. 1936, 4(2): 1~ 49 [Pan C H. Older Mesozoic plants from North Shensi[J]. Palaeontologia Sinica Series A, 1936, 4(2): 1~ 9]
- 2 斯行健. 陕北中生代延长层植物群. 中国古生物志, 新甲种[J]. 1956, 5: 1~ 127 [Sze H C. Mesozoic plants from the Yanchang Formation, Northern Shensi[J]. Palaeontologia Sinica New Series A, 1956, 5: 1~ 217]
- 3 中国地质科学院地质研究所. 陕甘宁盆地中生代地层古生物[M]. 北京: 地质出版社, 1980. 212 [Geological Institute of the Geological Academy of China. Mesozoic stratigraphy and paleontology of Shannan Basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1980. 212]
- 4 中国地层典编委会. 中国地层典 三叠系[M]. 北京: 地质出版社, 2000. 139 [Editorial committee of stratigraphic dictionary of China. Stratigraphic dictionary of China: Triassic system[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000. 139]
- 5 王喜富. 川陕地区晚三叠世轮叶状植物一新属[J]. 古生物学报, 1977, 16(2): 185~ 190 [Wang Xifu. On the new genera of Annularia-like plants from the Upper Triassic in Sichuan-Shanxi Area[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1977, 16(2): 185~ 190]
- 6 张恺. 中国大陆板块构造与含油气盆地评价[M]. 北京: 石油工业出版社, 1995. 282 [Zhang Kai. Chinese continental plate-tectonics and petroliferous basin prospective evaluation[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995. 282]
- 7 马宝林, 彭作林, 史基安, 黄华芳, 王琪, 汪集日. 天然气形成的地质基础条件[M]. 北京: 科学出版社, 2000. 212 [Ma Baolin, Peng

- Zuolin, Shi Ji'an, Huang Huafang, Wang Qi, Wang Jiyang. Geological fundamental conditions for the formation of natural gas[M]. Beijing: Sciences Press, 2000. 212]
- 8 Leschik G. Die Keuper Flora von Neuwelt bei Basel. ③. Die Iso- und Mikrosporen[J]. Schweiz Palaeont., 1955, 72: 1~ 7
- 9 Klaus W. Sporen der karnischen Stufe der ostalpinen Trias[J]. J Geol Bundesanst (Austria) Sonderber., 1960, 5: 107~ 184
- 10 Clarke R F A. Keuper miospores from Worcestershire, England[J]. Palaeontology, 1965, 8(2): 294~ 321
- 11 张望平, Grant-Mackie J A, 姚华舟. 中国和新西兰环太平洋区晚三叠世—早侏罗世地层古生物(2)[M]. 北京: 地震出版社, 1997. 131 [Zhang Wangping, Grant Mackie J A, Yao Huazhou. Late Triassic and Early Jurassic stratigraphy and paleontology around Pacific Ocean Area of China and New Zealand(2) [M]. Beijing: Earthquake Publishing House, 1997. 131]
- 12 张璐瑾. 川中晚三叠世孢粉. 中国古生物志, 新甲种[J]. 1984, 8: 1~ 100 [Zhang Lujin. Late Triassic spores and pollen from central Sichuan[J]. Palaeontologia Sinica New Series A, 1984, 8: 1~ 100]
- 13 黎文本, 尚玉珂. 鄂西中生代含煤地层中的孢粉组合[J]. 古生物学报, 1980, 19: 201~ 219 [Li Wenben, Shang Yuke. Spore pollen assemblages of the Mesozoic Coal Series of Western Hubei [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1980, 19(3): 201~ 219]
- 14 张振来, 孟繁松. 长江三峡地区生物地层学(4). 三叠纪—侏罗纪分册[M]. 北京: 地质出版社, 1987. 369 [Zhang Zhenlai, Meng Fansong. Biostratigraphy of the Yangtze Gorges Area, (4) Triassic and Jurassic[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987. 369]
- 15 钱丽君, 赵承华, 吴景钧. 湘赣地区中生代含煤地层化石. 第三分册: 孢子花粉组合[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1983. 95 [Qian Lijun, Zhao Chenghua, Wu Jingjun. Mesozoic coal bearing strata and fossils from Hunan and Jiangxi. (③) Spore-pollen Assemblages [M]. Beijing: Coal Industry Publishing House, 1983. 93]
- 16 白云洪, 卢孟凝, 陈乐尧, 龙瑞华. 中生代孢子花粉[A]. 见: 地质矿产部成都地质矿产研究所编“西南地区古生物图册”微体古生物分册[C]. 北京: 地质出版社, 1983. 520~ 791 [Bai Yunhong, Lu Mengning, Chen Leyao, Long Ruihua. Mesozoic spores and pollen [A]. In: Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, ed. Palaeontological atlas of southwest China (Volume of Microfossils [C]. Beijing: Geological Publishing House, 1983. 520~ 791]
- 17 Couper R A. British Mesozoic microspores and pollen grains. A systematic and stratigraphic study[J]. Palaeontographica, B, 1958, 103: 75~ 179
- 18 Litwin R J. Fertile organs and in situ spores of ferns from the Late Triassic Chinle Formation of Arizona and New Mexico, with discussion of the associated dispersed spores[J]. Rev. Palaeobot. Palynol., 1985, 44: 101~ 146
- 19 Balme B E. Fossil in situ spores and pollen grains: an annotated catalogue[J]. Rev. Palaeobot. Palynol., 1995, 87: 81~ 323
- 20 Wang Yongdong. Fertile organs and in situ spores of Marattia asiatica (Kawasaki) Harris (Marattiales) from the Lower Jurassic Hsiangchi Formation in Hubei, China[J]. Rev. Palaeobot. Palynol., 1999, 107: 125~ 144
- 21 Wang Yongdong, Mei Shengwu. Fertile organs and in situ spores of a matoniaceous fern from the Lower Jurassic of West Hubei[J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44: 1333~ 1337
- 22 中国科学院北京植物研究所. 中国蕨类植物孢子形态[M]. 北京: 科学出版社, 1976. 451 [Beijing Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences. Sporae Pteridophytorum Siniconum [M]. Beijing: Science Press, 1976. 451]
- 23 王伏雄, 钱南芬, 张玉龙, 杨惠秋. 中国植物花粉形态(第二版)[M]. 北京: 科学出版社, 1995. 461 [Wang Fuxiong, Qian Nanfen, Zhang Yulong, Yang Huiqiu. Pollen flora of China (Second Edition) [M]. Beijing: Science Press, 1995. 164]
- 24 Traverse A. Paleopalynology [M]. Boston: Unwin Hyman, 1988. 600
- 25 Jiang Dexin. Spores and pollen in oils as indicators of lacustrine source rocks[J]. Geol. Soci. Spec. Publ., 1988, 40: 159~ 169

Late Triassic Palynoflora and Its Environmental Significance of Tuweihe, Shaanxi

WANG Yong-dong¹ JIANG De-xin² XIE Xiao-ping^{3,4}

1(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

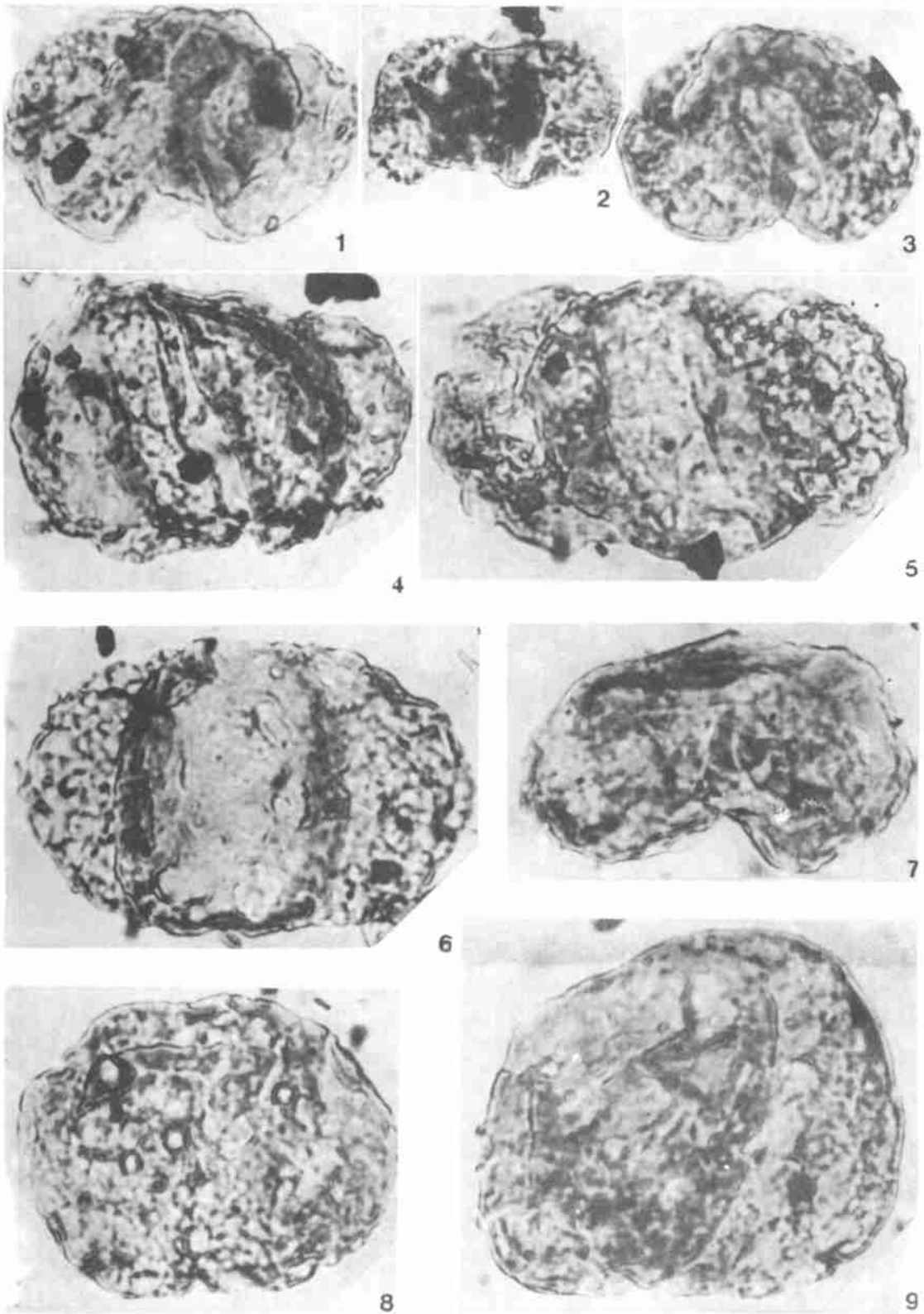
2(Lanzhou Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

3(State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062)

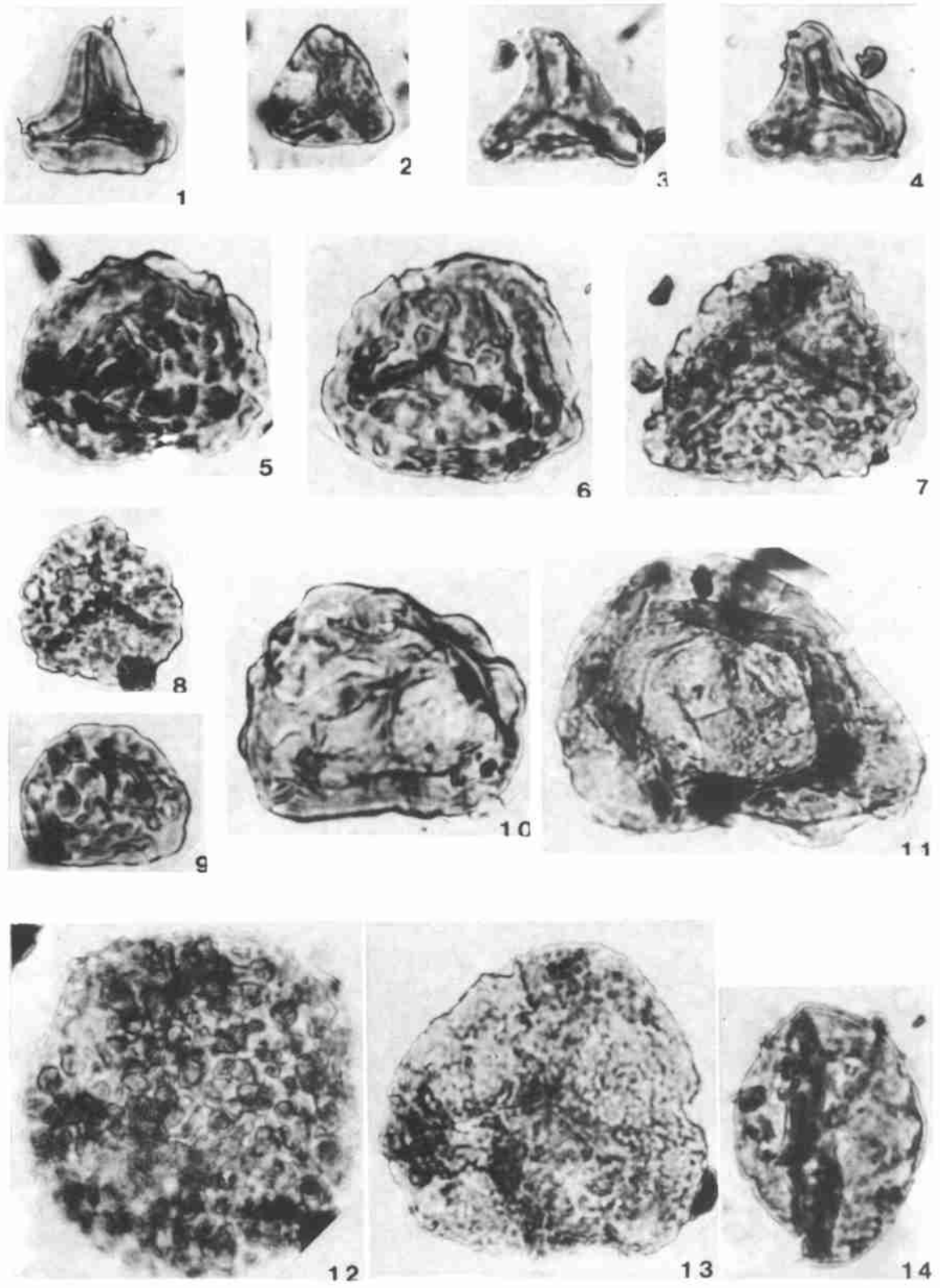
4(Department of Geography, Qufu Normal University, Qufu Shandong 273165)

Abstract Based on the investigations of 48 species of fossil spores and pollen referred to 31 genera found from the Upper Triassic Yongping and Wayaopu Formations in Tuweihe region of northern Shaanxi, the Late Triassic palynoflora in the region was established in this paper. In accordance with the character of the palynoflora, the Late Triassic paleoecological environment in the region was discussed. The relation between the origin of petroleum and coal and the environment was involved. The results of this study confirm that the lacustrine depositional environments under warm/hot and humid/wet climatic conditions might be favorable for the origin of petroleum, and the swamp/marsh depositional environments under warm/hot and humid/wet climatic conditions might be favorable for the origin of coal.

Key words Palynoflora, Late Triassic, paleoecology, paleoenvironment, North Shaanxi



图版 iv 说明(全部图影× 800) 1. *Dictyophyllidites mortoni* (de Jersey) Playford et Dettmann; 2. *Cibotiumspora humilis* Zhang; 3~ 4. *Concavisporites scabratus* (sp. nov.); 5~ 6. *Aseretospora gyrata* (Playford et Dettmann) Schuurm; 7. *Neoraistrickia valida* Qu; 8. *Uvaesporites projectus* Zhang; 9. *Uvaesporites argenteaformis* (Bolch.) Schulz; 10~ 11. *Densosporites tuweiheensis* (sp. nov.); 12. *Verrucosporites morulae* Klaus; 13. *Trilobosporites major* (sp. nov.); 14. *Arastrisporites pænulatus* Playford et Dettmann.



图版①说明(全部图影×800) 1. *Podocarpidites multesimus* (Bolch.) Pock; 2. *Podocarpidites queenslansi* (de Jersey) Qu; 3. *Rugubivesiculires lapidus* Bai; 4. *Podocarpidites nitidus* (Pautsch) Qu; 5. *Pinuspollenites normalis* Qu; 6. *Alisporites australis* de Jersey; 7~ 8. *Chordasporites singulidorda* Klaus; 9. *Pityosporite neomundanus* Leschik.