

Lythraipolles (Fossil) and Its Evolution

拟千屈菜粉类（化石） 及其演化

周山富 赵晓华 包德宪 著



浙江大学出版社

拟千屈菜粉类(化石)及其演化

Lythraipolles (Fossil) and Its Evolution

周山富 赵晓华 包德宪 著
Zhou Shanfu Zhao Xiaohua Bao Dexian

浙江大學出版社

责任编辑 吴月珍
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州浙大路 38 号 邮政编码 310027)
(E-mail: zupress@mail. hz. zj. cn)
(网址: <http://www. zjupress. com>)
排 版 杭州好友排版工作室
印 刷 浙江印刷集团有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 6.75
字 数 200 千字
版 印 次 2005 年 8 月第 1 版 2005 年 8 月第 1 次印刷
印 数 0001—1000
书 号 ISBN 7-89490-053-2/G·313
定 价 25.00 元

前 言

苏北盆地位于江苏省北部,东临南黄海,南临长江下游,北和西与山东省、安徽省相邻,是苏北-南黄海盆地的陆上部分。盆内沉积了很厚的中、新生界陆相地层,仅上白垩统的较全沉积,厚度可达 6000m 以上,对于研究上白垩统具有十分有利的地质条件。

我们长期在江苏的石油地质、化验分析和孢粉学方面的生产鉴定和研究工作中,积累了丰富的第一手资料和感性、理性知识。1977 年,我们就开展了淮安地区晚白垩世的孢粉分析鉴定工作。1993 年前后,在苏北盆地建湖隆起以北的盐阜拗陷区,因找石油和综合找矿的需要,我们在盐矿地区的本系统和外单位的连续取芯钻井剖面中,连续系统采样、分析研究,获得了丰富的孢粉化石。尤其是发现了较多的个体较大的扁球形、超扁球形的三孔合沟花粉。其中有较多的花粉化石,其特殊的萌发器结构,在化石和现代花粉研究中未见报道,这引起了我们的重视。经多次反复鉴定研究后,我们将这类有“亲缘”关系的扁球形、超扁球形的个体较大的具三孔合沟的花粉,以余静贤等(1980)创立的拟千屈菜粉属(*Lythraites* Yu, Guo et Mao, 1980)来命名,命名为拟千屈菜粉类(*Lythraipolles*)。拟千屈菜粉类包括拟千屈菜粉属(*Lythraipollis* Yu, Guo et Mao, 1980)和淮安粉新属(*Huaianipollis* gen. nov.)、三叶粉新属(*Triphylopollis* gen. nov.)。本文对拟千屈菜粉属的属征进行了修正,共研究描述了上述 3 属的 47 种,其中包括 2 新属和 38 新种。

在淮安地区完整、连续的地层剖面中,对其所产的拟千屈菜粉类的多次反复鉴定、研究后,发现拟千屈菜粉类从未见,到稀少出现,至大量多类型出现,再减少、消失的完整发育过程,这对其演化的研究,奠定了丰富、可靠的实物基础。对与其共生的、零星报道于我国黑龙江、江西、湖北和新疆等省、自治区的塞内加尔孢(*Senegalosporites*)、泉头粉属(*Quantonenpollenites*)、克氏粉属(*Cramwellia*)、新疆粉属(*Xinjiangpollis*)、英吉莎粉属(*Yenjisapollis*)和北方粉属(*Borealiipollis*)等晚白垩世的典型化石的地史分布和相互间的序列关系的研究,经与本区的对比后,进一步明确了这些共生孢粉的地史分布和新老排列序列。2 新属和 38 新种的创建,将对孢粉学、古气候探讨和孢粉微植物区的划分等产生重要影响。

本著作是许多同志辛勤劳动的结晶,地质研究、化验分析、孢粉分析鉴定和一线钻探的本系统职工和地质矿产部第三地质大队的有关职工,均为本著作的发表作过一些基础性的有益工作。杨学英、徐淑娟、曹莉萍、王连元和刘祥祺等同志,在孢粉分析处理和鉴定工作中,曾作过一些有关工作。崔加怡同志为本著作的编写和出版作了许多辅助性的工作。尤为中国石油化工股份有限公司华东分公司的领导和分公司规划设计研究院的领导,在本著作编写过程中对有关资料的收集、整理和出版,提供了必要的支持和方便。在此出版之际,我们对他们深表谢忱。

目 录

第一章 研究概况及其意义	1
第一节 研究区位置和地质概况	1
第二节 材料和方法	3
第三节 研究拟千屈菜粉类演化的意义	5
第二章 孢粉组合带和地质时代归属	7
第一节 孢粉组合带及其划分	7
第二节 第1孢粉组合带	17
第三节 第2孢粉组合带	18
第四节 第3孢粉组合带	20
第五节 第4孢粉组合带	22
第六节 第5孢粉组合带	24
第七节 第6孢粉组合带	25
第三章 拟千屈菜粉类的发育规律	31
第一节 拟千屈菜粉类的发育规律	31
第二节 拟千屈菜粉类花粉粒个体大小的变化规律 和德帕锐-裴文中定律	33
第四章 拟千屈菜粉类的演化	35
第一节 拟千屈菜粉类的演化	35
第二节 拟千屈菜粉类结构演化的共性	40
第三节 拟千屈菜粉类结构演化的机制和功能	42
第五章 拟千屈菜粉类的演化与环境	49
第一节 欧亚地区气温变化	49
第二节 世界性的海平面变化	50
第六章 花粉属种描述	51
第一节 淮安粉属种描述	51
第二节 拟千屈菜粉属种描述	62
第三节 三叶粉属种描述	68
参考文献	74
外文摘要	79
新属种外文描述	80
图版及说明	103

第一章 研究概况及其意义

第一节 研究区位置和地质概况

一、地理构造位置

本文主要研究淮1井、淮2井、黄浦5井、N参1井、苏131井、苏123井和淮普1井的7口钻井中岩芯所产的6组孢粉组合带及其地质时代归属,着重研究其中的拟千屈菜粉类3属各种的演化。上述7口钻井均分布于苏北北部的淮安地区,位于京杭运河和苏北灌溉总渠交汇处附近的黄淮平原上,地处东经119°,北纬33°30'一带。7口钻井相距较近(图I-1)。

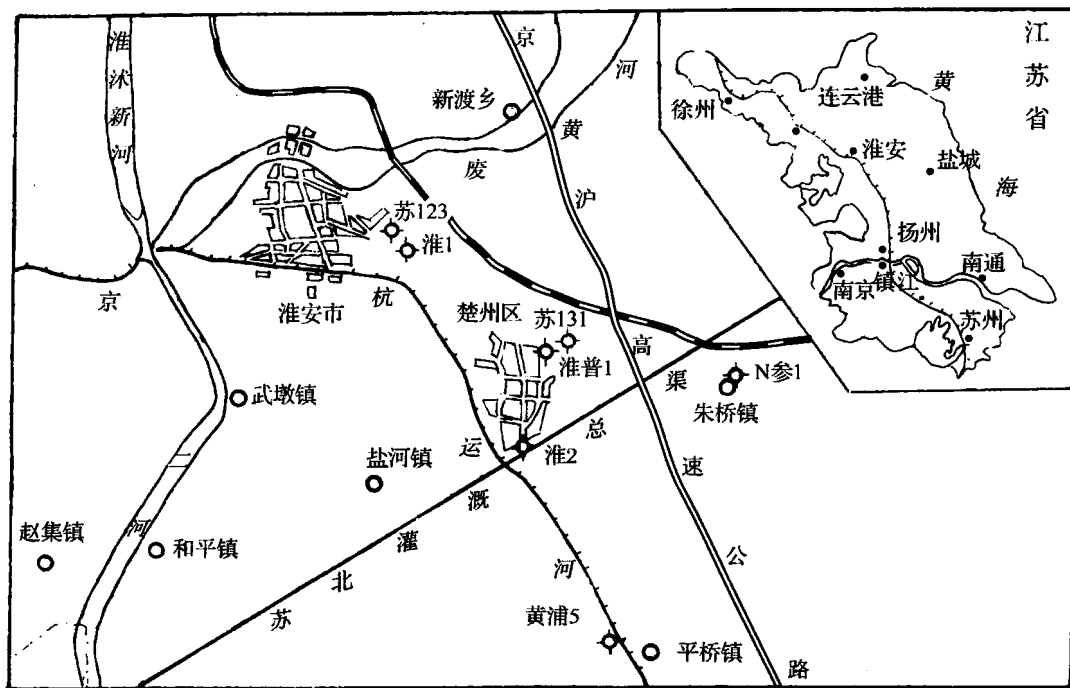


图 I-1 地理位置图

苏北盆地是苏北-南黄海盆地的陆上部分,建湖隆起将盆地分割成南、北两拗陷,南部为东台拗陷,北部为盐阜拗陷。盐阜拗陷的西南部为淮安凸起,凸起西部紧挨鲁苏隆起。该凸起将其东北部的涟水凹陷、阜宁凹陷与其西南部的洪泽凹陷隔离。本文研究的7口钻井,除

早、晚白垩世间的燕山运动四幕,使本区北部的淮安-响水断裂强烈活动,断裂西北侧明显上升,东南侧明显下降,两侧形成了明显的高差。苏北南部的晚白垩世沉降中心向北转移至淮安-建湖一带。淮安、建湖和射阳范围内的淮安-建湖残留凹陷,成为苏北北部上白垩统的最大残留凹陷,面积约 4100km²。

二、地层简介

在淮安-建湖残留凹陷中,上白垩统的盐岩地层均有分布,沉降中心在淮安一带,钻井揭

示“淮安组”视厚达 3000m 以上。

“淮安组”与下伏不同时代的较老地层呈角度不整合接触。在建湖隆起中部,与下寒武系中统炮台山组的深灰—灰黑色细粉晶含泥灰岩和浅灰色细粉晶硅化灰岩呈角度不整合接触。在淮安地区,在 N 参 1 井,“淮安组”与寒武系灰岩呈角度不整合接触。与上覆新近系中至上新统的盐城群底部的砂岩或含砾砂岩呈角度不整合接触。以 N 参 1 井、淮 1 井和淮 2 井为代表,自下而上,“淮安组”可分三段:

“淮一段”(K_{2h}¹),见于淮 1 井(未见底)和 N 参 1 井,视厚近 750m。

上部:棕色泥质粉砂岩与粉砂质泥岩不等厚互层,含硬石膏斑点或夹灰白色硬石膏薄层。

中部:棕色粉砂质泥岩、细砂岩和泥质粉砂岩组成若干正韵律层。

下部:褐色或杂色砂砾岩为主,夹棕色、褐色泥岩、含粉砂泥岩和含灰泥质粉砂岩。

“淮二段”(K_{2h}²)

底部(K_{2h}²⁻¹):见于淮 1 井,视厚 172.9m。

上段灰—浅灰色石盐岩与钙芒硝岩互层,夹粉砂质泥岩和薄层灰黄—深绿色凝灰岩;下段为灰—浅褐色钙芒硝岩夹泥岩、灰色石盐岩。

下部(K_{2h}²⁻²):见于淮 1 井,视厚 287.7m。

棕色泥质粉砂岩、浅棕色细砂岩与粉砂质泥岩呈不等厚互层,夹浅棕色长石细砂岩、灰色泥质硬石膏岩、泥质钙芒硝岩和薄层灰黄—深绿色凝灰岩。

中、上部(K_{2h}²⁻³):见于淮 1 井、淮 2 井(未见底),视厚大于 1607.5m。

浅灰—灰色石盐岩与浅灰—灰—褐灰色钙芒硝岩呈不等厚互层,频繁夹有深灰、绿灰色局部为棕色泥岩、粉砂质泥岩或棕色粉砂岩、泥质粉砂岩和多层凝灰岩薄层。顶部碎屑岩增多,往西北部钙芒硝岩和硬石膏薄层增多,往东南,在建湖隆起北坡仅残留中部地层,以灰—深灰色泥岩和浅灰色粉砂岩为主,含硬石膏斑、团块。

“淮三段”(K_{2h}³),见于淮 2 井等,视厚 473.5m。

上部:棕红色泥岩、粉砂质泥岩为主与灰绿色细砂岩不等厚频繁互层,夹次生纤维状石膏薄层。

中部:棕—暗棕色泥岩夹细砂岩、粉砂岩。

下部:暗棕色泥岩为主,夹少量粉砂岩。

第二节 材料和方法

地质矿产部华东石油局在苏北盆地坚持普查勘探石油为主,结合综合找矿。地质矿产部第三地质大队和华东石油局因勘探盐矿等的需要,在含盐地区钻探了若干全取芯的钻探剖面。其中全取芯的黄浦 5 井,与淮 2 井、淮 1 井自东南至西北组成一条地面剖面。我们对该 3 口钻井,进行了系统连续采样,分别采岩芯样 14、67、43 块,共 124 块,其中有 91 块产有丰富的孢粉化石(图 I-3)。在这 91 块孢粉资料的基础上,我们又补充了 N 参 1 井、苏 123 井、苏 131 井和淮普 1 井中的有关岩芯的孢粉资料。对于这 4 口井的较多的岩屑的孢粉资料,我们仅作为辅助参考,不作孢粉组合的统计数据应用。这样,本文在对 448 块(包)样品(其中岩芯样品 188 块)的分析鉴定基础上,以 N 参 1 井底部的岩芯样和淮 1 井、淮 2 井、黄

浦5井的系统岩芯样所产的孢粉,进行了地层和孢粉组合对比,建立了“淮安组”的6组有序的孢粉组合带(图Ⅱ-1、图Ⅱ-2)。

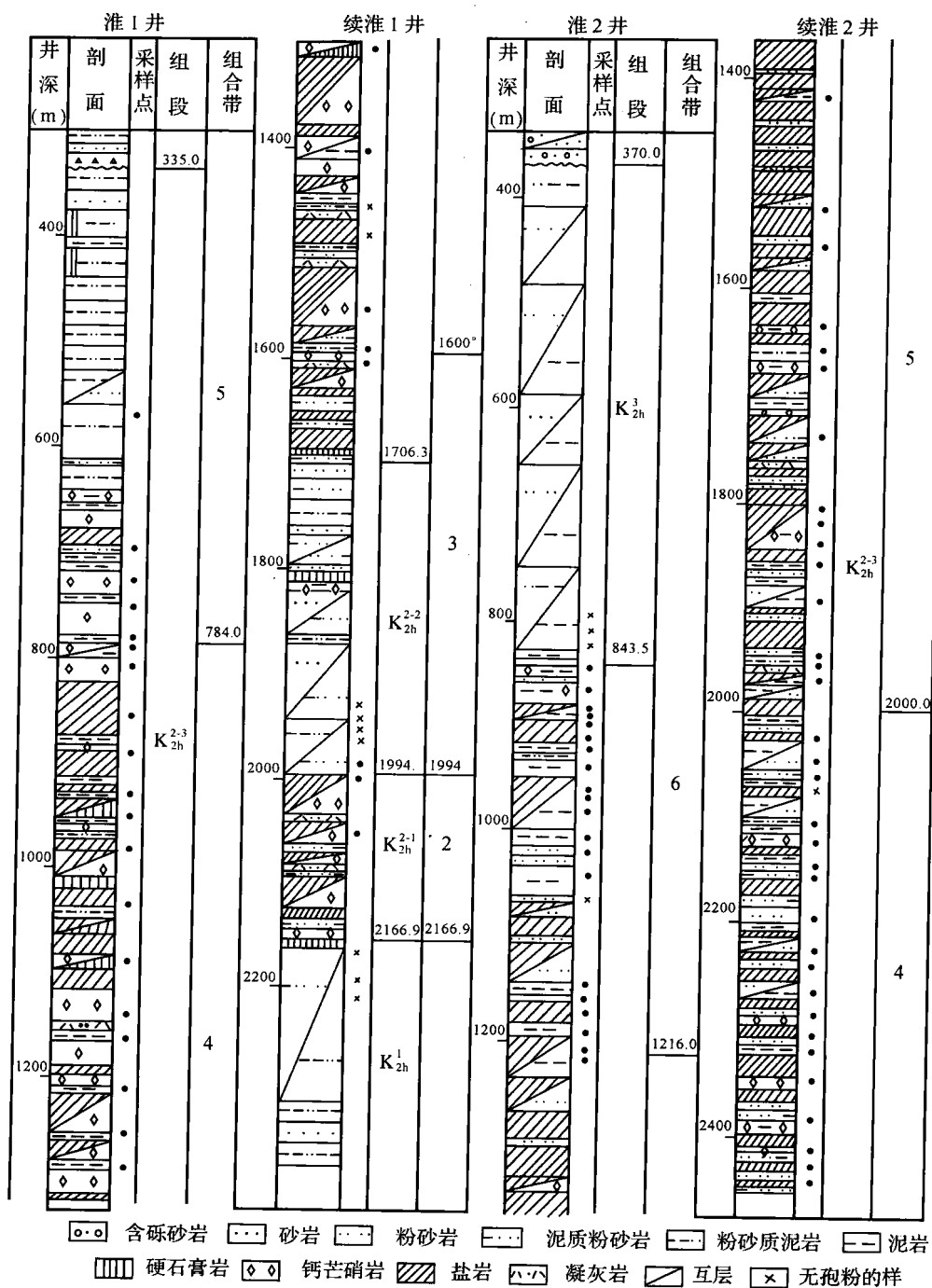


图 I-3 样品剖面分布图

在岩芯样品的采集中,我们不仅采用灰—灰黑色的泥质岩、泥质粉砂岩,还采了一些棕

至咖啡色的泥质岩和盐岩,也采了较纯盐岩、钙芒硝岩中的一些被包含的泥质团块。主要应用酸、碱处理法和镉重液浮选法等,获得了较丰富的孢粉化石。

要更详细、更正确地研究孢粉组合带和拟千屈菜粉类的演化,按国内的生产常规,鉴定100粒左右的孢粉数量是不够的,且仅用固定玻片鉴定,也存在对某些化石观察不到结构的多方向特征而鉴定不够确切的缺陷。我们采用固定玻片和活动玻片相结合的鉴定方法,统计孢粉粒至240—300粒左右,作为基数,然后,全面观察4至7片($18 \times 18 \text{mm}^2$ 或 $20 \times 20 \text{mm}^2$)玻片,统观了上千至数千粒孢粉化石,并补充前面基数中未统计到的属种。在探索拟千屈菜粉类的演化过程中,我们甚至多次反复观察,专门鉴定拟千屈菜粉类花粉3属的种和其始现、终止的样品号,并测量花粉粒的直径。最后,每块岩芯样的孢粉组合,除极少数为240—260粒孢粉外,极大多数在270粒以上,最多的统计达366粒。这样鉴定,虽耗工时,但它既具有前苏联的孢粉学者在鉴定统计孢粉组合上强调孢粉粒的量,又具有欧、美孢粉学者在鉴定孢粉组合上强调在属、种类型方面的质,使应用的孢粉组合在量和质方面均有了保证。

第三节 研究拟千屈菜粉类演化的意义

拟千屈菜粉类仅是众多的孢粉化石中的极少部分。我们在分析、鉴定和研究等方面花了很多的时间和精力,那末,是否值得呢?回答是肯定的,因为研究其演化有如下意义。

一、更精确地探讨孢粉组合的地质时代归属

植物产出的孢粉甚多,因而在地层中产出和分析获得的机遇较多。孢粉个体微小,分布较广,便于孢粉组合和地层的对比。孢粉质较稳定,较能耐酸、耐碱和抗高温、高压,不易矿化,有利于在地层中保存并与现生的对比。这使孢粉化石成为陆相地层化石研究中的佼佼者。孢粉化石几乎全产于陆相沉积地层中,由于陆相沉积盆地的间隔和环境的差异,导致其时代归属和地层对比中的困难。虽在较宽时代跨度的地质时代归属中,较其它化石更能发挥其优势,但对某一时期的早、中、晚的时段判断时,孢粉学者们常依其下、中、上的序列来断定,带有一定的随意性。因为一个时期早、中、晚时段的划分,在国际上均有一定的绝对年龄值限定,且有不同的海相化石带控制。没有海相地层和较大面积分布的海相化石,仅陆相孢粉化石的研究,就很难精确地确定地质时代的归属。如果根据某一类孢粉化石来研究演化,了解其演化旋回或演化阶段(如本文的拟千屈菜粉类的4个演化旋回等),而每一个演化旋回和演化阶段必与环境的变化和“事件”的发生有关。这样来划分时段的早、中、晚,就有了一定的依据,防止随意性,且更接近国际上按海相化石带控制的、包含一定绝对年龄值的地质时代。

二、为共生化石的地史分布树立一个较完善的时代序列

与拟千屈菜粉类共生的孢粉很多,如美丽粉、北方粉、泉头粉、克氏粉和英吉莎粉等。因地壳运动在各地的发生时间和活动形式不同,各地不同时期或同一时期不同地区的环境不同,因而与拟千屈菜粉类共生的孢粉,常常仅出现于其发育的某一阶段或某一旋回中的一部分时期。这就很难了解它们的出现序列和地质时代归属,如新疆地区见到的新疆粉和英吉

莎粉、江西地区见到的克氏粉、黑龙江地区见到的泉头粉、美丽粉和北方粉等。它们出现和繁盛于拟千屈菜粉类演化的不同旋回期。这样,它们的出现序列和时代归属也就迎刃而解了。

三、简化对比和时代探讨的方法

通过孢粉组合或组合带的对比等来了解地质时代的归属和进行地层对比,所化工作量较大,所需时间较多,往往赶不上生产的需要而显被动。有了拟千屈菜粉类的4个旋回性演化序列,对含拟千屈菜粉类的孢粉组合,我们仅看拟千屈菜粉类的纹饰、萌发器等结构或属种多少,就能很快了解其时代归属,既节省时间,又赶上了生产的需要。如果有相当一部份的孢粉,建立了其演化发展旋回,就可达到既快又好的对比效果,充分发挥孢粉化石在探讨地质时代和地层对比中的优势。

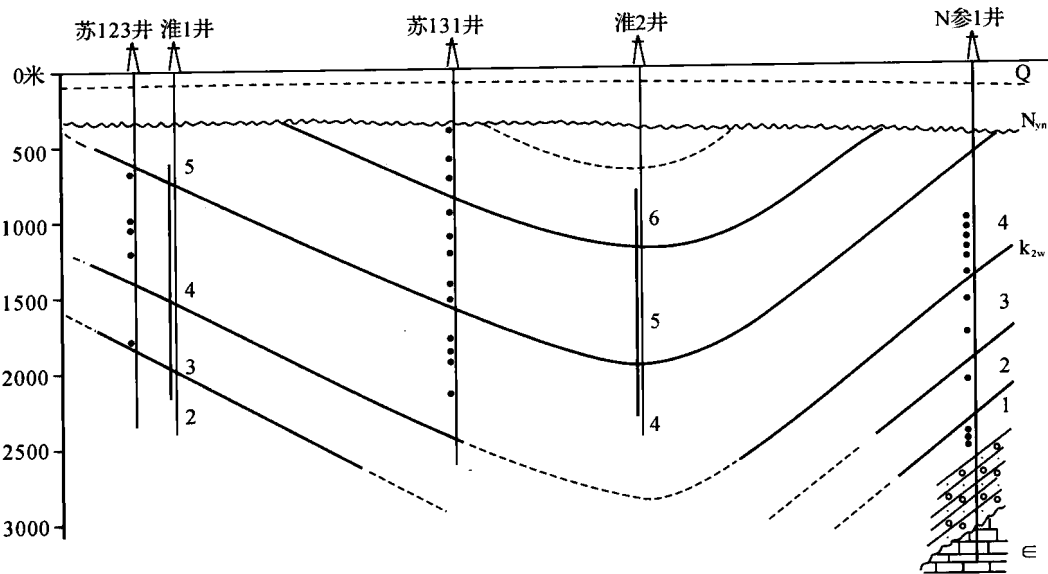
四、补充和完善经现代孢粉研究的进化序列

现代植物花粉的原始与进化是由植物结构构造的原始与进化序列而确定的。这样,现代花粉结构构造的进化系列也相应地得出来了。对现代花粉的研究,为我们提供了方向和方法。但是地史时期的植物进化有快有慢,且同一种植物中的不同器官,其进化速度也是不等时的。现代植物的原始与进化的序列,有些科属种与地史时期是一致的,另一些科属种可能是不一致的。地史时期较原始的植物由于环境的压力,演化较快,可以超过曾较它进化的科属或种。所以现代植物结构构造特征的原始与进化,仅代表当今的存在,并不代表其地史时期的原始与进化。只有当化石的演化序列与其一致时,该演化序列才是正确可靠的。孢粉化石的演化序列及结构构造的进化方向,对经现代花粉研究的演化序列和进化方向,是一个有效的验证、补充和完善。

第二章 孢粉组合带和地质时代归属

第一节 孢粉组合带及其划分

对研究区的淮1井、淮2井、黄浦5井、N参1井、苏123井、苏131井和淮普1井的孢粉组合的研究,通过孢粉百分比曲线图的曲线变化和地层、孢粉组合的对比,我们综合考虑了孢粉组合中优势分子、主要分子的变化和典型分子的分布,尤为被子植物花粉的典型分子的兴衰等,划分出6组孢粉组合带(图Ⅱ-1,图Ⅱ-2)。



图Ⅱ-1 苏123井—N参1井孢粉组合带对比图
• 孢粉分布点 — 孢粉连续分布层段

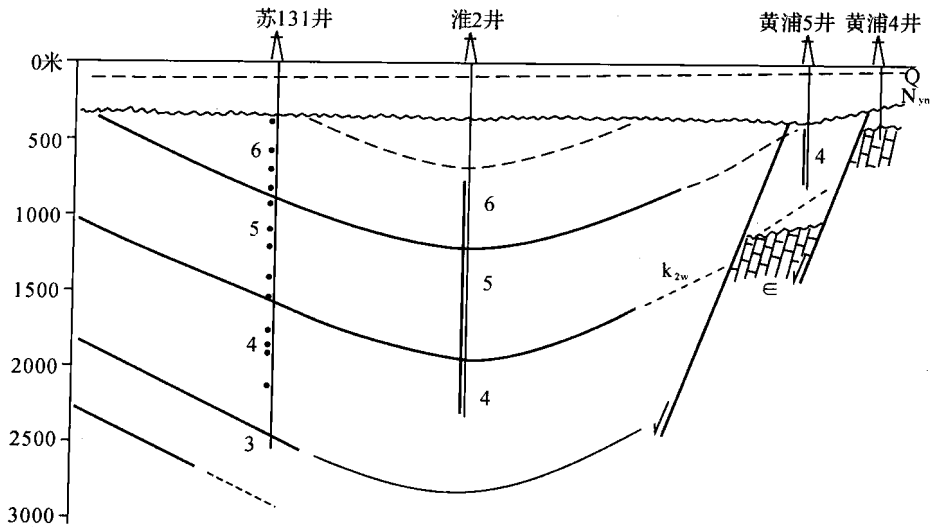


图 II-2 苏131井—黄浦5井孢粉组合带对比图

•孢粉分布点 —孢粉连续分布层段

从图 II-1 和图 II-2 的 6 组孢粉组合带中,我们选择连续产孢粉的钻井,综合为 6 组孢粉组合带组合,以 N 参 1 井、淮 1 井、淮 2 井和黄浦 5 井为代表,列表(表 1)如下:

表 1 孢粉组合带组合表

含 量 %	组 合 带	1	2	3	4	5	6
化石							
蕨类植物孢子 Spores		12.8(16.9)19.9	70.2(71.0)71.8	32.3(46.2)60.0	14.7(33.9)60.8	17.3(38.9)73.3	28.5(56.9)75.0
裸子植物花粉 Gymnospermous Pollen		71.8(74.5)79.8	18.9(20.6)22.3	26.8(42.2)57.6	14.1(59.6)79.9	13.0(51.8)77.3	13.7(33.1)49.6
被子植物花粉 Angiospermous Pollen		7.4(8.6)10.2	7.5(8.4)9.3	10.1(11.7)13.2	4.3(6.4)14.6	5.2(9.2)22.7	5.0(10.3)17.2
圆形锥瘤孢 <i>Apiculatisporites</i> sp.					0(+)0.4		
满江红 <i>Azolla</i> sp.						0(+)0.32	
角刺孢 <i>Ceratosporites</i> sp.			0(0.2)0.4				
无突肋纹孢 <i>Cicatricosisporites</i> spp.	0(0.4)0.8			0(0.3)0.7	0(0.1)0.7	0(0.2)0.4	0(0.2)0.7
带环孢 <i>Cingulatisporites</i> sp.					0(+)0.4		
顶突孢 <i>Corniculatisporites</i> spp.			0(0.2)0.4		0(+)0.8	0(0.1)0.4	0(0.2)0.7
球形顶突孢 <i>C. globosus</i>					0(+)0.4	0(0.1)0.7	0(0.4)1.1
小型顶突孢 <i>C. mini formis</i>							0(+)0.4
隐藏孢 <i>Crybelosporites</i> sp.					0(+)0.4		
杪罗孢 <i>Cyathidites</i> sp.	0(0.1)0.4				0(+)0.4		
圆形粒面孢 <i>Cyclogranisporites</i> sp.				0(0.2)0.3			
三角孢 <i>Deltoidospora</i> spp.	0(0.1)0.4	0.3(0.3)0.4			0(+)0.4	0(+)0.4	0(0.1)0.7
叉缝孢 <i>Divisisporites</i>		0(0.2)0.3	0(0.3)0.7				0(+)0.3
套环孢 <i>Densoisporites</i> sp.		0(0.2)0.4					
棘刺孢 <i>Echinatisporites</i> sp.		0(0.4)0.7			0(+)0.7	0(+)0.4	
杯状加蓬孢 <i>Gabonisporites bacariculus</i>							0(+)0.4
黑白孢 <i>Gleicheniidites</i> sp.						0(+)0.4	
徐氏孢 <i>Hsuisporites</i> sp.	0(0.1)0.4				0(+)0.4		
内裂瘤纹孢 <i>Interulobites</i> sp.			0(0.2)0.3	0(+)0.4	0(+)0.3		
库里孢 <i>Kylisporites</i> sp.		0(0.2)0.3					
瘤面海金沙孢 <i>Lygodiosporites</i> spp.		0.3(0.3)0.4		0(+)0.4			0(+)0.4
海金沙孢 <i>Lygodiumsporites</i> spp.	0(0.3)0.4	0(0.2)0.4		0(+)0.4			0(+)0.3

续表 1

含 量 % 组 合 带 化石	1	2	3	4	5	6
穆瑞孢 <i>Muerrigerisporites</i> sp.				0(+)0.4		
新叉瑞孢 <i>Neoraistrickia</i> sp.				0(+)0.4		
辐射三花孢 <i>Nevesisporites radiatus</i>				0(+)1.0	0(+)0.3	0(+)0.3
紫萁孢 <i>Osmundacidites</i> spp.		0(0.2)0.3	0(0.3)0.7	0(+)0.4	0(+)0.4	0(+)0.3
周壁孢 <i>Peratrilites</i> sp.				0(+)0.4	0(+)0.4	0(+)0.4
多环孢 <i>Polycingulatisporites</i> sp.				0(+)0.4	0(+)0.4	
规则多环孢 <i>P. reduncus</i>		0.3(0.3)0.4	0(0.3)0.7	0(+)0.4		
凤尾蕨孢 <i>Pterisporites</i> spp.	0(0.4)0.8	0.3(0.3)0.4		0(+)0.4		0(0.1)0.4
疤心凤尾蕨孢 <i>P. medirhaptis medirhaptis</i>				0(+)0.4		0(0.1)0.4
圆形光面孢 <i>Punctatisporites</i> spp.			0(0.2)0.3		0(+)0.3	
叉瘤孢 <i>Raistrickia</i> sp.			0(0.2)0.3			
皱面孢 <i>Rugulatisporites</i> sp.			0(0.2)0.3			
刺环孢 <i>Spinonotriletes</i> sp.		0(0.2)0.4			0(+)0.3	
坚实孢 <i>Stereisporites</i> sp.				0(+)0.4		
具唇孢 <i>Toroisporis</i> sp.	0(0.1)0.4	0(0.2)0.3	0.3(0.4)0.4	0(+)0.4	0(+)0.4	0(0.2)0.7
小三瓣孢 <i>Trilobosporites minor</i>				0(+)0.3		
波缝孢 <i>Undulatisporites</i> sp.						0(+)0.3
圆形块瘤孢 <i>Verrucosisporites</i> spp.				0(+)0.4		
大网孢 <i>Zlivisporites</i> sp.				0(+)0.3		
希指蕨孢属 <i>Schizaeisporites</i>	11.6(14.7)17.8	65.9(66.9)67.9	30.4(42.5)54.6	14.4(32.5)66.1	16.2(37.7)71.6	25.9(54.2)73.0
希指蕨孢 <i>S. spp.</i>	3.3(5.2)6.6	13.1(18.5)23.9	8.0(9.1)10.2	1.0(6.4)19.2	2.8(8.0)19.3	3.4(7.5)11.0
棒形希指蕨孢 <i>S. baculi formis</i>				0(0.2)0.7	0(0.2)1.1	0(0.4)1.4
短希指蕨孢 <i>S. brevis</i>		0(0.2)0.4		0(+)0.4	0(+)0.3	0(0.1)0.7
空心希指蕨孢 <i>S. carus</i>		0(0.2)0.3		0(+)0.4	0(+)0.3	0(+)0.4
瓜形希指蕨孢 <i>S. certus</i>	0(0.5)0.8	1.4(1.5)1.6	0.7(0.9)1.0	0(0.9)2.3	0.3(1.1)2.8	0(1.7)4.0
链状希指蕨孢(比较种) <i>S. cf. concatenatus</i>		0(0.3)0.7		0(+)0.4	0(+)0.3	
扭转希指蕨孢 <i>S. contaxtus</i>				0(+)0.4	0(+)0.4	0(+)0.3
隆背希指蕨孢 <i>S. costalis</i>		0(0.3)0.7		0(0.1)0.7	0(0.1)0.8	0(0.2)0.7
加厚希指蕨孢 <i>S. crassus</i>			0(0.2)0.3	0(0.1)0.6	0(0.2)0.7	0(0.1)0.4
白垩希指蕨孢 <i>S. cretaceus</i>	0(0.1)0.4	0.4(0.7)1.0	0(0.7)1.4	0(0.5)1.7	0(0.2)0.7	0(0.3)1.0
多环希指蕨孢 <i>S. dicertus</i>	0(0.3)0.4	0.3(0.3)0.4	0.7(0.7)0.7	0(0.3)1.6	0(0.3)0.6	0(0.7)1.4
锦致希指蕨孢 <i>S. evidens</i>	1.2(1.2)1.2	4.6(6.4)8.2	2.9(5.0)7.1	1.4(4.1)13.6	2.2(5.5)10.0	3.9(9.3)17.4
强壮希指蕨孢 <i>S. fortis</i>		0(0.5)1.1		0(0.3)1.8	0(+)0.7	0(0.2)0.7
甘肃希指蕨孢 <i>S. gansuensis</i>				0(+)0.4	0(+)0.3	0(+)0.3
巨形希指蕨孢 <i>S. grandus</i>					0(+)0.3	0(+)0.4
夹关希指蕨孢 <i>S. jiaguanensis</i>						0(+)0.3
库兰德希指蕨孢 <i>S. kulandyensis</i>	0.8(0.8)0.8	11.4(14.1)16.7	5.4(7.0)8.8	0.7(3.1)9.1	1.8(5.1)11.9	3.1(9.4)14.7
光型段指蕨孢 <i>S. laevigatae formis</i>	2.1(4.4)6.2	16.4(17.1)17.9	10.9(14.3)17.6	3.6(10.2)25.2	5.0(11.7)23.2	7.6(15.6)25.9
光型希指蕨孢(比较种) <i>S. cf. laevigatae formis</i>		1.8(2.4)3.0	0(1.0)2.0	0(2.2)10.5	0(1.1)2.5	0.7(2.6)4.4
宽肋希指蕨孢 <i>S. lativibis</i>		0.3(0.5)0.7	0(0.2)0.3	0(+)0.4	0(+)0.4	0(+)0.7
长形希指蕨孢 <i>S. longus</i>	0.4(0.7)0.8	0.7(0.9)1.1	0.4(0.5)0.7	0(0.6)2.3	0(0.5)2.0	0(0.9)2.0
小球希指蕨孢 <i>S. microsphaericus</i>		0.4(0.5)0.7	0(0.2)0.3	0(0.3)1.5	0(0.3)1.3	0(0.6)2.1
微小希指蕨孢 <i>S. minimus</i>		0(0.3)0.7	0.4(0.7)1.0	0(0.6)2.0	0(0.7)1.4	0(0.9)2.6
小希指蕨孢 <i>S. minor</i>			0.4(0.5)0.7	0(0.2)1.0	0(0.4)1.3	0(0.4)1.0
细肋希指蕨孢 <i>S. minutaeistriatus</i>			0(0.2)0.3	0(+)0.4	0(0.1)0.7	0(0.1)0.7
扁球希指蕨孢 <i>S. oblatas</i>	0(0.1)0.4			0(+)0.4		0(+)0.3
古新希指蕨孢 <i>S. palaeocenicus</i>		0(0.1)0.3	0(0.2)0.3	0(+)0.6		0(+)0.4
宽极希指蕨孢 <i>S. perlatus</i>		0(0.3)0.4		0(+)0.4	0(+)0.4	0(+)0.4
极希指蕨孢 <i>S. polaris</i>				0(+)0.4	0(+)0.3	0(+)0.4

续表 1

化石	含量 %	组合带	1	2	3	4	5	6
显著希指蕨孢 <i>S. praeclarus</i>			0(0.1)0.4	0(0.2)0.4	0(0.2)0.4	0(0.2)0.8	0(0.1)1.0	0(+)0.4
稀少希指蕨孢 <i>S. rarus</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	0(+)0.3
网形希指蕨孢 <i>S. retiformis</i>						0(+)0.4	0(+)0.4	0(+)0.4
圆形希指蕨孢 <i>S. rotundus</i>			0(0.7)1.2	1.3(1.4)1.4	0.4(0.5)0.7	0(0.5)1.6	0(0.5)1.0	0(0.9)2.5
散生希指蕨孢 <i>S. sparsus</i>						0(+)0.4	0(0.3)1.9	0(0.2)1.0
球形希指蕨孢 <i>S. sphaericus</i>						0(+)0.3	0(+)0.3	0(+)0.3
柱状希指蕨孢 <i>S. stylatus</i>			0(0.5)0.8	0(0.1)0.3		0(0.4)1.6	0(0.6)1.7	0(1.0)1.8
亚圆希指蕨孢 <i>S. subrotundus</i>				0(0.2)0.4		0(+)0.7	0(0.1)0.4	0(0.2)0.7
乌依塔克希指蕨孢 <i>S. wuyitakensis</i>					0(0.2)0.3	0(0.2)0.4	0(0.1)0.4	0(0.1)0.3
枣形希指蕨孢 <i>S. zizyphinus</i>					0(0.2)0.3	0(0.1)0.7	0(0.1)0.4	0(0.2)1.0
塞内加尔孢属 <i>Senegalosporites</i>						0(0.1)0.7	0(0.3)2.0	0(1.0)2.5
塞内加尔孢属 <i>S. spp.</i>						0(+)0.4	0(0.2)0.7	0(0.4)1.4
白垩塞内加尔孢 <i>S. cretaceus</i>						0(+)0.4	0(+)0.4	0(0.1)0.4
宽带塞内加尔孢 <i>S. latizonus</i>						0(+)0.4	0(+)0.4	0(0.1)0.4
乳头塞内加尔孢 <i>S. papillatus</i>						0(+)0.4	0(+)0.4	0(0.2)0.7
珍珠塞内加尔孢 <i>S. perlarius</i>						0(+)0.4		0(+)0.3
圆形塞内加尔孢 <i>S. rotundus</i>						0(+)0.3	0(+)0.3	0(+)0.4
王城塞内加尔孢 <i>S. wangchengensis</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	0(+)0.4
八列薄片孢 <i>Histiosporites octostichus</i>					0(0.2)0.3	0(0.1)0.6		
其它 others			0.4(0.7)0.8	0(0.3)0.8	1.0(1.0)1.0	0(0.4)2.6	0(0.2)0.6	0(0.2)0.7
单束松粉 <i>Abietinae pollenites spp.</i>				0(0.2)0.4		0(+)0.8	0(+)0.3	0(0.1)0.7
开通粉 <i>Caytonipollenites sp.</i>			0(0.3)0.8			0(+)0.4	0(+)0.6	
雪松粉 <i>Cedripites spp.</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	0(0.1)0.7
小囊雪松粉 <i>C. microsaccoides</i>								0(+)0.3
三囊罗汉松粉 <i>Dacrycarpites sp.</i>							0(+)0.3	
古松柏类 <i>Palaeocomerus</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	
锥囊粉 <i>Parcisporites sp.</i>			0(0.7)1.6	0.3(0.5)0.7		0(0.1)0.7	0(+)0.3	0(0.1)0.7
枝叶粉 <i>Phyllocladidites sp.</i>						0(0.1)0.7	0(0.1)0.7	0(0.1)0.3
松科 <i>pinaceae</i>			1.2(1.5)2.0		0(0.4)0.7	0(0.2)0.7	0(0.2)1.1	0(+)0.3
双束松粉 <i>Pinuspollenites spp.</i>					0(0.2)0.4	0(0.3)0.8	0(0.1)0.7	0(0.1)0.4
罗汉松粉 <i>Podocarpidites spp.</i>			0(0.1)0.4	0(0.2)0.4		0(0.2)0.7	0(0.2)0.7	0(0.2)0.7
安定型罗汉松粉 <i>P. andini formis</i>					0(0.2)0.4	0(0.1)0.7	0(+)0.4	0(0.1)0.3
竹柏型罗汉松粉 <i>P. nageia formis</i>						0(+)0.4	0(+)0.4	0(+)0.3
微小罗汉松粉 <i>P. minutus</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	0(+)0.4
鞍型罗汉松粉 <i>P. sellowii formis</i>							0(+)0.3	
原始松柏粉 <i>Protoconiferus sp.</i>							0(+)0.4	
原始松粉 <i>Protopinus sp.</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	0(0.1)0.4
原始罗汉松粉 <i>Protopodocarpus sp.</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	0(+)0.3
假松粉 <i>Pseudopinus sp.</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	
假罗汉松粉 <i>Pseudopodocarpus sp.</i>						0(+)0.4		
皱体双囊粉 <i>Rugubivesiculites spp.</i>						0(+)0.4	0(+)0.4	0(0.1)0.4
围皱皱体双囊粉 <i>R. fluens</i>								0(+)0.3
小皱体双囊粉(比较种) <i>R. cf. mirificus</i>						0(+)0.4		
罗汉松型皱体双囊粉 <i>R. podocarpites</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	0(0.1)0.4
临时皱体双囊粉 <i>R. providus</i>						0(+)0.4		
退化皱体双囊粉 <i>R. reductus</i>						0(+)0.4		0(+)0.3
多皱皱体双囊粉 <i>R. rugosus</i>						0(+)0.4		0(+)0.3
条纹皱体双囊粉 <i>R. striatus</i>						0(+)0.4		
三囊皱体双囊粉 <i>R. trisaccatus</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	

续表 1

化石	含 量 %	组 合 带	1	2	3	4	5	6
乌特平皱体双囊粉 <i>R. woodbinensis</i>								0(+)0.4
脑纹粉 <i>Cerapollenites</i> sp.				0(0.2)0.4			0(+)0.3	
真蛟河粉 <i>Jiaohepollis verus</i>	0(0.4)0.8			0(0.2)0.4		0(+)0.7	0(+)0.3	0(+)0.4
四字粉 <i>Quadraculina</i> sp.								0(+)0.3
苏铁粉属 <i>Cycadopites</i>	9.1(9.7)10.6			2.1(2.2)2.3	1.0(1.2)1.4	0(1.4)3.4	0.3(1.4)2.5	0(1.5)2.6
苏铁粉 <i>C. spp.</i>	4.1(4.9)5.8			0.4(0.8)1.3	0(0.2)0.4	0(0.5)1.4	0(0.5)1.4	0(0.2)1.0
尖锐苏铁粉 <i>C. acerrimus</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	0(+)0.3
巴姆苏铁粉 <i>C. balmei</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	
卡乔特苏铁粉 <i>C. cackentensis</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	0(+)0.4
卡氏苏铁粉 <i>C. carpertieri</i>	0(0.1)0.4			0(0.2)0.4		0(0.1)1.3	0(+)0.4	
底泰尔苏铁粉 <i>C. deterius</i>							0(+)0.4	0(0.1)0.4
伸长苏铁粉 <i>C. elongatus</i>	0(0.1)0.4					0(+)0.3		0(+)0.3
不规则苏铁粉 <i>C. enormis</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	0(+)0.4
小型苏铁粉 <i>C. follicularis</i>						0(+)0.4	0(+)0.4	0(+)0.4
棱形苏铁粉 <i>C. fusiformis</i>	2.1(3.2)3.7			0.3(0.3)0.4	0(0.3)0.7	0(0.1)0.4	0(0.2)0.7	0(0.1)0.4
粒纹苏铁粉 <i>C. granulatus</i>						0(+)0.3	0(+)0.4	0(+)0.3
大苏铁粉 <i>C. magnus</i>								0(+)0.3
微小苏铁粉 <i>C. minimus</i>	0.8(0.9)1.2			0.4(0.5)0.7	0(0.2)0.4	0(0.2)0.8	0(0.2)0.7	0(0.6)1.4
整洁苏铁粉 <i>C. nitidus</i>	0(0.3)0.4			0(0.2)0.4	0.3(0.4)0.4	0(+)0.6	0(+)0.4	0(0.1)0.4
卵形苏铁粉 <i>C. ovatus</i>	0(0.1)0.4					0(+)0.4		0(0.1)0.4
网纹苏铁粉 <i>C. reticulatus</i>						0(+)0.3		
亚粒苏铁粉 <i>C. subgranulatus</i>						0(+)0.4		
浅黄苏铁粉 <i>C. sufflavus</i>						0(+)0.4	0(+)0.4	0(+)0.3
典型苏铁粉 <i>C. typicus</i>						0(0.1)0.7	0(+)0.4	0(0.1)0.4
肥大苏铁粉 <i>C. validus</i>	0(0.1)0.4					0(+)0.4	0(+)0.4	0(+)0.3
西界苏铁粉 <i>C. westfiedicus</i>				0(0.2)0.4	0(0.1)0.3	0(+)0.4	0(0.1)0.4	0(0.1)0.4
本内苏铁目? <i>Bennettitales?</i>	0(0.3)0.8			0.4(0.7)1.0	0(1.3)2.5	0(0.4)1.4	0(0.3)0.7	0(0.3)1.0
塔里木盔形粉 <i>Galeacornea tali-</i> <i>moensis</i>				0(0.2)0.4		0(+)0.4		
纵肋单沟粉 <i>Jugella</i> spp.	2.5(2.7)2.9			0.4(0.7)1.0	0(0.2)0.3	0(0.1)1.1	0(0.1)0.7	0(0.3)1.3
里海纵肋单沟粉 <i>J. caspica</i>				0(0.1)0.3	0(0.2)0.3	0(+)0.7	0(+)0.3	0(+)0.4
亮棒纵肋单沟粉 <i>J. claribaculata</i>				0(0.1)0.3	0(0.2)0.4	0(+)0.4	0(0.1)0.4	0(0.2)0.7
纤细纵肋单沟粉 <i>J. gracilis</i>						0(+)0.4		
巨大纵肋单沟粉 <i>J. granda</i>								0(+)0.3
宽肋纵肋单沟粉 <i>J. latus</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	0(+)0.3
细长纵肋单沟粉 <i>J. leptus</i>					0.3(0.4)0.4	0(+)0.4	0(+)0.4	0(+)0.4
最小纵肋单沟粉 <i>Jugella minica</i>				0(0.1)0.3			0(+)0.4	0(+)0.3
多肋纵肋单沟粉 <i>J. polygramma</i>						0(+)0.4	0(+)0.4	
薄纵肋单沟粉 <i>J. rallus</i>								0(+)0.3
膨胀纵肋单沟粉 <i>J. turgida</i>						0(+)0.4	0(+)0.3	
单远极沟粉 <i>Monosulcites</i> spp.	0.4(0.5)0.8			0.7(0.7)0.7		0(0.4)1.4	0(0.3)1.0	0(0.3)1.0
泉头粉属 <i>Quantonenpollenites</i>	0(0.1)0.4			0(0.2)0.4		0.3(1.4)4.2		
泉头粉 <i>Q. spp.</i>	0(0.1)0.4			0(0.2)0.4		0(1.0)3.5		
异极泉头粉 <i>Q. boehlensis</i>						0(0.1)0.4		
加厚泉头粉 <i>Q. crassatus</i>						0(0.1)0.6		
小泉头粉 <i>Q. minor</i>						0(0.1)0.7		
薄泉头粉 <i>Q. tenuis</i>						0(+)0.7		
瑞氏粉 <i>Regalipollenites</i> spp.						0(+)0.4	0(+)0.6	0(0.1)0.6
长颈瑞氏粉 <i>R. amphoriformis</i>				0(0.2)0.4		0(+)0.4	0(+)0.7	
奇异瑞氏粉 <i>R. mirificus</i>						0(+)0.3	0(+)0.7	
乳头瑞氏粉 <i>R. papillaris</i>						0(+)0.3		
横肋单沟粉 <i>Trabeculicollipites</i>				0(0.1)0.3		0(0.1)0.4	0(0.1)0.7	0(0.1)0.7

续表 1

化石	含 量 %	组 合 带	1	2	3	4	5	6
中华粉 <i>Zhonghuapollis</i> sp.						0(+)0.3		
麻黄粉属 <i>Ephedripites</i>	0.4(0.7)0.8		3.9(4.6)5.3	2.0(2.6)3.3	0.7(1.8)3.8	1.0(1.9)3.0	1.1(2.2)3.8	
麻黄麻黄粉 <i>Ephedripites</i> (E.) spp.			0.7(1.5)2.3	0(0.3)0.7	0(0.5)1.8	0(0.3)1.0	0(0.2)1.4	
娇美麻黄粉 <i>E. (E.) amabilis</i>					0(+)0.4	0(+)0.3	0(+)0.4	
蒙它那麻黄粉 <i>E. (E.) montanaensis</i>						0(+)0.3		
微小麻黄粉 <i>E. (E.) minimus</i>					0(+)0.3	0(0.1)0.6	0(0.1)0.7	
诺特麻黄粉 <i>E. (E.) notensis</i>			0(0.2)0.3		0(0.1)0.7	0(+)0.4	0(0.2)0.7	
维辛麻黄粉 <i>E. (E.) viesensis</i>			0.4(0.5)0.7	0(0.4)0.7	0(0.2)1.0	0(0.2)1.1	0(0.5)0.7	
双穗麻黄粉 <i>Ephedripites</i> (D.) spp.			2.0(2.2)2.5	1.4(2.0)2.5	0(0.7)2.2	0(0.8)1.7	0.3(0.8)2.2	
明水麻黄粉 <i>E. (D.) mingshuiensis</i>			0(0.2)0.4		0(0.2)1.0	0(0.4)1.3	0(0.4)0.7	
肥胖麻黄粉 <i>E. (D.) obesus</i>						0(+)0.4		
粗糙麻黄粉 <i>E. (D.) scabridus</i>							0(+)0.4	
三肋麻黄粉 <i>E. (D.) trinata</i>					0(+)0.4	0(+)0.4		
南美杉粉 <i>Aracucaricites</i> sp.			0.3(0.7)1.1					
周壁粉 <i>Perinopollenites</i> sp.	0(0.3)0.8			0(0.2)0.3			0(+)0.3	
皱球粉 <i>Psophosphaera</i> spp.	1.6(2.1)2.9	1.0(1.2)1.4	0.3(0.5)0.7	0(0.5)1.4	0(0.4)0.7	0(0.3)1.0		
联合皱球粉 <i>P. cognata</i>		0.7(0.9)1.1	0.4(0.5)0.7	0(0.4)1.8	0(0.3)1.1	0(0.3)0.7		
小皱球粉 <i>P. minor</i>			0(0.2)0.4	0(0.2)2.1	0(0.1)0.7	0(0.2)0.7		
中国皱球粉 <i>P. zhongguoensis</i>				0(+)0.4				
伸长杉粉 <i>Taxodiaceapollenites elongus</i>			0.3(0.4)0.4	0(0.1)1.1	0(0.2)0.7	0(0.1)0.3		
破隙杉粉 <i>T. hiatus</i>	0.8(0.8)0.8	0(0.2)0.3	0(0.2)0.4	0(0.2)0.7	0(0.2)0.7	0(0.4)1.0		
克拉梭粉属 <i>Classopollis</i>	46.1(50.5)57.4	3.9(5.2)6.6	20.0(31.6)43.1	11.3(50.3)73.9	6.3(44.5)72.5	6.5(24.3)49.8		
克拉梭粉 <i>Classopollis</i> spp.	10.0(14.0)16.9	2.9(3.2)3.6	5.8(12.3)18.8	1.2(5.4)14.2	1.7(5.7)9.2	1.0(3.6)6.4		
环圈克拉梭粉 <i>C. annulatus</i>	13.2(15.1)16.6	1.1(1.8)2.6	8.8(12.6)16.3	1.9(29.7)54.7	3.2(25.1)43.0	4.5(15.5)35.7		
拟克拉梭粉 <i>C. classoides</i>		0(0.2)0.3	0.4(0.5)0.7	0.3(2.1)6.8	0.3(1.4)4.3	0(1.5)4.7		
粒纹克拉梭粉 <i>C. granulatus</i>				0(1.3)3.6	0.3(1.5)4.0	0(0.5)1.8		
伊藤克拉梭粉 <i>C. itunensis</i>				0(+)0.4	0(+)0.4			
微小克拉梭粉 <i>C. minimus</i>	13.8(19.2)25.6		3.1(3.9)4.7	1.3(8.7)20.4	0.4(8.5)19.0	0(2.0)6.5		
单条克拉梭粉 <i>C. monostriatus</i>	0.4(0.7)1.2		0(0.5)1.1	0(0.4)2.1	0(0.3)0.7	0(0.1)0.4		
祁阳克拉梭粉 <i>C. qiyangensis</i>	0(0.8)2.0		0.3(1.1)1.8	0(0.7)2.7	0(0.8)2.4	0(0.5)1.7		
网纹克拉梭粉 <i>C. reticulatus</i>				0(0.2)1.0				
三角克拉梭粉 <i>C. triangulus</i>	0(0.7)2.0		0(0.7)1.4	0(1.8)5.3	0(1.2)2.8	0(0.5)1.3		
隐孔粉 <i>Exesipollenites</i>	1.6(2.6)3.7	0.7(1.2)1.6	0.7(1.6)2.5	0(0.6)2.2	0(0.5)1.4	0(1.0)2.1		
其它 others	0.8(1.2)1.6							
古三孔粉 <i>Archaeotriporopollis</i> sp.			0(0.2)0.3	0(+)0.4	0(+)0.3	0(0.1)0.4		
桦粉 <i>Betulaceoiipollenites</i> sp.						0(+)0.3		
黄杞粉 <i>Engelhardtoidites</i> sp.					0(+)0.4	0(+)0.3		
来因苗榆粉 <i>Ostryoiipollenites rhena-</i> <i>nus</i>						0(+)0.4		
内褶粉 <i>Plicapollis</i> sp.				0(+)0.4				
小环内褶粉 <i>P. sarta</i>				0(+)0.4	0(+)0.4	0(+)0.3		
孢形粉 <i>Sporopollis</i> sp.				0(+)0.4	0(+)0.3			
假孢形粉 <i>S. pseudosporites</i>				0(+)0.4		0(+)0.3		
简单孢形粉 <i>S. singularis</i>				0(+)0.4	0(+)0.3			
三孔粉 <i>Triporopollenites</i> sp.	+					0(+)0.4		
小孔藜粉 <i>Chenopodiipollis micropo-</i> <i>ratus</i>				0(+)0.3				
缠结多孔粉 <i>Periporopollenites per-</i> <i>plexus</i>				0(+)0.7	0(+)0.3			
榆粉 <i>Ulmipollenites</i> spp.				0(+)0.4	0(+)0.7			
粒纹榆粉 <i>U. granulatus</i>			0(0.1)0.3	0(+)0.4	0(+)0.3			