

# 中国晚始新世—早渐新世地层孢粉组合及其古气候特征

王晓梅<sup>1</sup>, 王明镇<sup>2</sup>, 张锡麒<sup>2</sup>

1. 同济大学海洋地质教育部重点实验室, 上海 200092

2. 山东科技大学地球信息科学与工程学院, 山东泰安 271019

**摘要:** 始新世—渐新世是从 65 Ma 恐龙绝灭以来新生代地球历史上最重要的事件, 此时地球从“暖室”过渡到“冰室”, 全球气候突变, 南极冰首次出现, 气候突变引起生物的大绝灭, 而我国的孢粉组合也有明显的变化特征。根据我国各个区始新世晚期—渐新世早期地层中孢粉组合的演化规律来探讨当时我国的古气候变化规律, 研究认为中国从始新世晚期到渐新世早期总体上亚热带、热带植物成分丰度和分异度都降低, 温带植物如桦科和榆科花粉大增, 耐寒山地针叶植物大量发育, 干旱类型植物增加, 草本植物开始繁盛。这些反映了从始新世晚期到渐新世早期植被组成由热带亚热带常绿阔叶树为主的针阔叶林转变为落叶树为主的针阔混交林, 说明晚始新世气候温暖湿润过渡到早渐新世气候变干变冷。孢粉植物群所反映的我国气候变化趋势与全球气候变化趋势一致, 说明我国的陆地也受全球构造的演变和南极大陆冰盖的影响。

**关键词:** 始新世; 渐新世; 孢粉组合; 古气候; 中国。

中图分类号: P52

文章编号: 1000-2383(2005)03-0309-08

收稿日期: 2004-05-23

## Palynology Assemblages and Paleoclimatic Character of the Late Eocene to the Early Oligocene in China

WANG Xiao-mei<sup>1</sup>, WANG Ming-zhen<sup>2</sup>, ZHANG Xi-qi<sup>2</sup>

1. Key Laboratory of Marine Geology, Ministry of Education, Tongji University, Shanghai 200092, China

2. Shandong University of Science and Technology, Tai'an 271019, China

**Abstract:** The transition from the Eocene to the Oligocene is the most significant interval in Earth history since the dinosaurs died out around 65 Ma. During this interval the earth's climate changed from a “greenhouse” to an “icehouse”. Global temperature plummeted and the first Antarctic icecap appeared. These climatic stresses triggered plant and animal extinction. The palynology in China also reflects these trends. Based on a study of the development of palynology and the flora from the Late Eocene to Early Oligocene in China, it is suggested that the diversity and abundance of tropical and subtropical plants significantly decreased, and temperate plants such as Betulaceae and Ulmaceae increased. Montane conifers also greatly increased, and at the same time the abundance of arid plants and herbaceous plants rose. The palynological assemblages from the Late Eocene to Early Oligocene reflect the floral changes that occurred, from coniferous and broad-leaved forest dominated by tropical and subtropical evergreen plants to coniferous and broad-leaved forest dominated by deciduous plants. The paleoclimate conditions in the Late Eocene to Early Oligocene changed from warm and wet to drier and cooler. This trend coincides with world climate at that time, which means that the Chinese mainland was influenced by the global transition and the development of the continental icecap over Antarctica.

**Key words:** Eocene; Oligocene; palynological assemblage; paleoclimate; China.

新生代地球从“暖室”期到“冰室”期是以始新世—渐新世转换期为界线,而这“冰室”期的出现是以南极首次出现大规模冰盖为导火线,同时伴随有气候和海洋系统的重组(Zachos *et al.*, 2001),包括全球海洋生物沉积物的分布模式和整个海洋生产力的增长。始新世—渐新世之交南极大陆最大冰盖事件(EOGM)被认为是地质历史上最重要的事件之一。那么我国广阔的陆地又有哪些与此事件遥相呼应的变化呢?

我国的第三系分布广泛,它最大的特点是以陆相沉积为主,沉积类型复杂。地质工作者做了很多古生物地层、岩石地层和年代的工作,发现了丰富的孢粉、沟鞭藻、绿藻和疑源类化石,先后取得了大批研究成果(孙湘君等,1981;张一勇,1981, 1995;宋之琛和刘耕武,1982;宋之琛和李曼英,1982;赵英娘等,1982, 1995;刘牧灵,1987, 1990;雷作淇和方青,1990;张一勇和兰琇,2000)。但对于始新世—渐新世之交我国陆地孢粉组合的变化与海洋的关系尚无系统的讨论。

植被能随气候及生长地区的纬度、高度变化而发生快速的更替和迁移,所以植物历来有自动“温度计”之称(王伟铭和张大华,1990),即一定的植物群落反映一定的气候,气候的变化会导致植物的分布和演替发生变化。鉴定地层中孢粉种类,统计其数量和比例可以确定孢粉组合,利用孢粉组合又可以恢复其母体植物群,故研究地层中的孢粉组合是恢复古气候的有效手段。本文从中国各区始新世晚期到渐新世早期孢粉植物群成分变化情况来探讨我国这时段古气候特征,并探讨我国的陆地环境及气候的演变与全球构造及海洋氧同位素变化的关系。

## 1 晚始新世—早渐新世全球构造格局

距今约 34 Ma 的始新世—渐新世之交为一急速变冷时期,当时南极洲和澳大利亚之间的塔斯曼尼亚海道打开(图 1),继而南极洲和南美洲之间的德雷克海峡也开启,环南极流最终形成。赤道流渐受限制,于是热量无法传递到南极大陆,造成南极大陆产生“热隔绝”(Exon, 2002),气候由较温暖湿润转为寒冷干燥,南极大陆首次出现大规模冰盖。它对新生代全球气候和全球生物界产生了深刻的影响(Ehrmann, 1998),是新生代最重要的地质事件之一。亚南极海域、热带太平洋及其他一些海域深

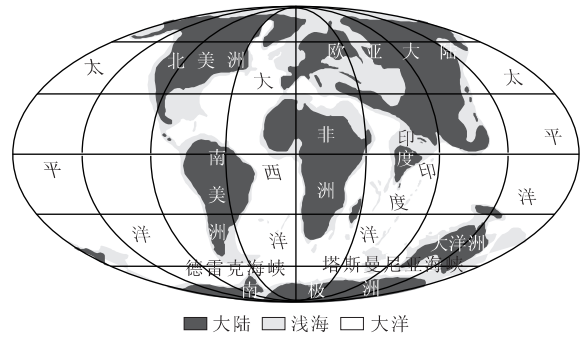


图 1 晚始新世—早渐新世全球构造格局

Fig. 1 Paleogeographic setting for the Late Eocene to the Early Oligocene

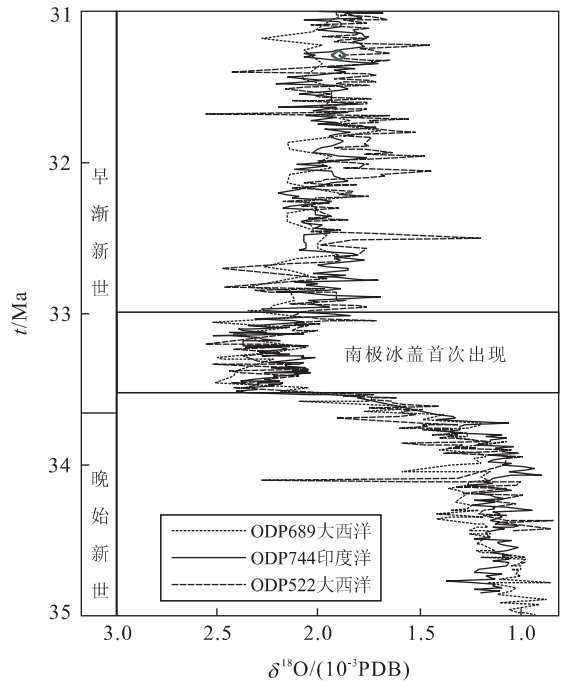


图 2 65 Ma 以来全球深海底栖有孔虫氧同位素曲线(据 Zachos *et al.* (2001)修改)

Fig. 2 Deep-sea benthic oxygen isotope curve over the past 65 Ma

水底栖有孔虫的氧同位素表明当时底层水温骤减 4~5 °C,浮游有孔虫的氧同位素表明,近南海海域表层水的温度也同时降低(Shackleton and Kennett, 1975; Keigwin, 1980),在北大西洋从晚始新世到早渐新世  $\delta^{18}\text{O}$  增加约  $1.4 \times 10^{-3}$  PDB. DS-DP119 和 401 钻孔经 Kennet(1982)研究发现在北大西洋从始新世晚期到渐新世早期增加  $1.4 \times 10^{-3}$  PDB(Kennet, 1982). Zachos *et al.* (2001)汇总了深海/大洋钻探计划(DSDP/ODP)40 多个站位的底栖

有孔虫稳定氧同位素数据,取得了 65 Ma 以来全球深海稳定氧同位素的变化曲线,该曲线表明从中始新世到晚始新世一直到渐新世气候变冷是长期渐进的,  $\delta^{18}\text{O}$  值正偏达 3.0‰,特别是在 E/O 界线附近,  $\delta^{18}\text{O}$  值大幅度正偏,在短期内由  $1.2 \times 10^{-3}$  PDB 迅速增加到  $3.0 \times 10^{-3}$  PDB,底层水温从 12 °C 降到 4.5 °C (图 2)。来自大西洋、印度洋及太平洋的分析数据表明,大洋碳酸盐补偿深度 (CCD) 下降幅度达 600~1 000 m (Kennet, 1982)。海洋始新世末期至渐新世早期全球气候时间的重要发现为陆地老第三纪古气候研究提供了良好的背景依据。

## 2 中国各区始新世晚期到渐新世早期孢粉组合特征及古气候

在探讨孢粉组合特征所反映的气候特征时,往往选择一些母体植物具有明显生态特征的花粉类型作为气候的代用指标。一般情况下,松科植物中的云杉粉 (*Piceapollenites*)、雪松粉 (*Cedripites*)、冷杉粉 (*Abiespollenite*) 和铁杉粉 (*Tsugaepollenites*) 等山地针叶乔木指示寒冷气候,而栗粉 (*Cupuliferopollenites*)、黄杞粉 (*Engelhardtoidites*)、山核桃粉 (*Caryapollenites*)、桃金娘粉 (*Myrtaceidites*)、漆树粉 (*Rhoipites*)、枫香粉 (*Liquidambarpollenites*)、芸香粉 (*Rutaceoidites*) 和紫树粉 (*Nyssapollenites*) 等则指示热带、亚热带气候,桦科花粉 (*Betulaceae*) 和榆科花粉 (*Ulmaceae*) 等植被指示暖温带气候,蕨藜科 (*Zygophyllaceae*)、藜科 (*Chenopollenites*) 和麻黄 (*Ephedra*) 花粉的高含量则反映干旱气候。现根据老第三纪古生物特征,把中国大陆分为 6 个孢粉区探讨始新世晚期到渐新世早期孢粉组合所反映的古气候变化 (图 3)。

### 2.1 东北区

东北区位于大兴安岭以东、沈阳以北的中国东部地区,比较典型的是三江盆地的珲春组 (刘牧灵, 1987)。孢粉组合对比确定其下部组合地质年代是始新世晚期,上部组合地质年代是渐新世早期。

珲春组下段孢粉组合中,热带亚热带植物花粉有很高的含量,如苏铁粉 (*Cycadopites*)、银杏粉 (*Ginkgo*)、杉粉 (*Taxodiaceapollenites*)、罗汉松粉 (*Podocarpidites*)、栎粉 (*Quercoidites*)、黄杞粉、山核桃粉、桃金娘粉和紫树粉等;也有相当含量的温带植物成分,如桧木粉 (*Alnipollenites*) 和榆粉 (*Ulmipollenites*) 等;

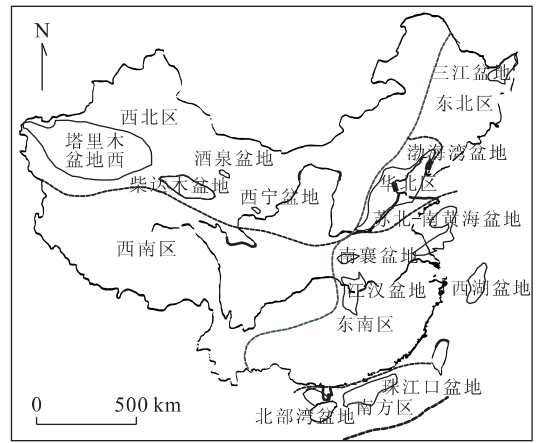


图 3 中国晚始新世—早渐新世孢粉点区 (据张一勇和兰琇, 2000 修改)

Fig. 3 Palynology site in China for the Late Eocene to the Early Oligocene

见有零星的草本植物如,旋花属 (*Convolvulus*) 和百合粉属 (*Liliacidites*)。

过渡到珲春组上段,热带、亚热带植物丰度和分异度均明显降低;温带植物成分如桧木粉、榆粉和胡桃粉相对上部组合含量增高,特别是桧木粉平均为 20%,个别达 40% 以上;耐寒松科花粉如雪松粉和云杉粉含量大大增加,平均为 35%;草本和水生植物与上部组合相比丰度和分异度也有所增高,见有眼子菜粉 (*Sparganaceapollenites*)、黑三棱粉 (*Potamogeton*) 和山萝卜粉 (*Scabiosa pollis*) 等。所以珲春组从始新世晚期过渡到渐新世早期,孢粉植被类型反映了气候正处于由温暖、湿润的亚热带向潮湿的温带气候的过渡期,反映气温下降。

黑龙江依兰—依通地嵌晚始新世达连河组 (刘牧灵, 1990) 过渡到早渐新世的永昌组孢粉组合特征的变化也与珲春组孢粉组合特征变化趋势相一致,晚始新世 (孢粉组合确定地质年代) 达连河组以被子植物壳斗科占优势,桦科和榆科的含量也很高,亚热带分子如枫香、山核桃、芸香和漆树在组合中也很重要,裸子植物以杉柏为主;渐新世 (孢粉组合确定地质年代) 永昌组以松科花粉如松科和杉、柏科花粉的明显出现为标志,耐寒铁杉、云杉也开始普遍出现,草本植物开始繁盛。这标志着始新世晚期到渐新世气温下降。

### 2.2 华北区

华北区位于沈阳以南、太行山以东、连云港以北的中国东部及渤海湾,主要是渤海湾盆地。

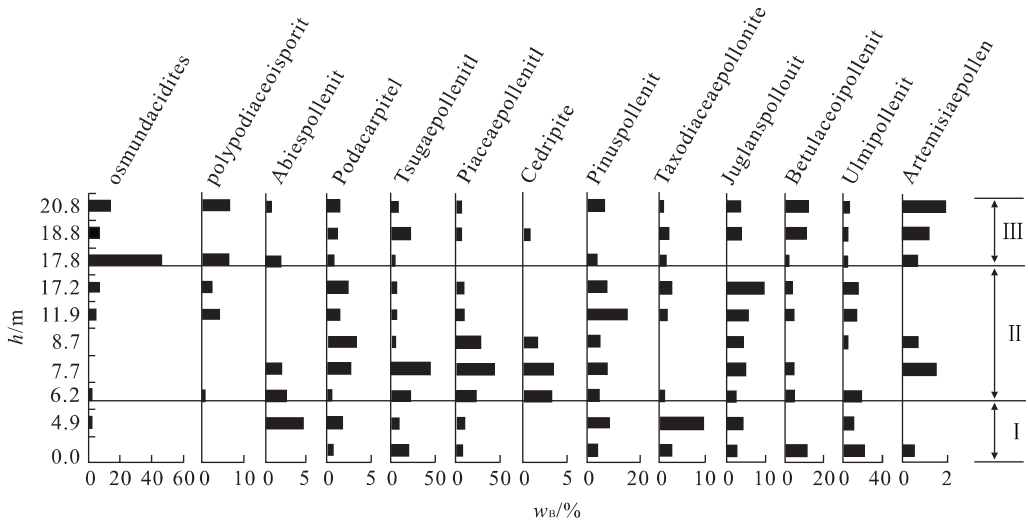


图 4 山西繁峙组孢粉图谱(王晓梅等,2003)

Fig. 4 Pollen diagram of Fanzhi Formation, Shanxi

根据同位素和古地磁测年(姚益民等,1994)得出沙二段下亚段归于晚始新统,沙二段上亚段(石油化学工业石油勘探开发规划研究院和中国科学院南京地质古生物研究所,1978)置于早渐新统。晚始新世孢粉组合特征是热带、亚热带分子如栎粉、山核桃粉、枫香粉、漆树粉、紫树粉、木兰粉等常见;温带成分含量不高,见有榆粉、桦科花粉和少量椴粉。蕨类植物孢子主要为水龙骨孢。

到早渐新世孢粉组合特征是热带、亚热带植物含量大大降低;温带成分如榆科花粉略有增加;耐寒松柏类如云杉和铁杉常见,耐旱灌木麻黄粉含量增加到 17%,且有很高的分异度;蕨类植物孢子极少(石油化学工业石油勘探开发规划研究院和中国科学院南京地质古生物研究所,1978)。综上所述,下部孢粉组合反映的植被面貌是温暖、湿润的亚热带、热带气候,过渡到上部植物面貌变为干燥的暖温带气候,表明从晚始新世到早渐新世气候变冷变干。

王晓梅等(2003)在山西省繁峙地区繁峙组采集孢粉样品分析鉴定得出 3 个孢粉组合(图 4),下部组合特征为:热带亚热带分子如山核桃粉和枫杨粉(*Pterocarya pollenites*)等有较高的含量;温带成分如榆科花粉、桦粉和桤木粉等也有较高的含量;山地针叶植被有铁杉粉以及少量云杉粉、松粉和冷杉粉等;草本植物花粉极少见之。通过孢粉组合对比确定其地质时代为晚始新世。这代表了一个以暖温带阔叶林为主的针阔混交林植被。

中部组合孢粉类型发生了很大的变化,该组合

中热带、亚热带分子几乎完全消失;山地针叶植被云杉粉和铁杉粉占据主导地位,平均含量占 60%~80%,还有一定的松粉、雪松粉、罗汉松粉等;草本植物花粉如藜粉和唇型粉(*Labitricolpites*)含量较上一组合有所增加。蕨类植物孢子很少。通过孢粉组合对比确定其地质时代是渐新世早期,这一孢粉组合反映了其植被类型是针叶林森林植被。从上述 2 组合可得从晚始新世到早渐新世气温明显下降。

到上部组合中山地针叶植被仍有很高的含量,以铁杉粉和云杉粉为主;又出现了一定数量的热带—亚热带分子和温带植物成分;蕨类植物孢子含量和分异度均大增。孢粉组合对比确定其地质时代是渐新世的中期,反映了含有喜暖常绿成分的暖温带针叶阔叶混交林植被面貌,表明气温又回升。

### 2.3 东南区

东南区位于伏牛山—云台山以南、横断山以东、南至两广的中国东南部及东海南部陆架和台湾地区。

东海陆架(孙孟蓉等,1989)受海洋潮湿气候及暖流的影响,从晚始新世到渐新世形成了一个有过渡性质的植物群,既有北方植物群的温带型植物属种,又有南方喜湿热植物类型。平湖组(根据孢粉组合对比,结合有孔虫资料确定其地质时代是始新世中晚期)孢粉组合特征是热带亚热带成分有一定的含量,其中有的成为优势分子,如海金沙孢含量达 25%,杉粉含量平均为 16%,栎粉平均为 13%;也含有少量松科花粉,其中铁杉粉开始零星出现。

过渡到渐新世花港组下段,热带亚热带成分含

量变少;温带落叶阔叶树种如榆粉和桤木粉属等大量出现,分别为13%和30%;山地针叶植被松科花粉如云杉粉等大量增加,并成为组合的优势分子;陆生草本植物(如蒿粉等)和水生草本植物(如黑三棱、睡莲等)丰度大增。

现代海金沙科为一类典型的热带、亚热带湿热气候条件下生长的植物,晚始新世它的大量存在以及本组合中频繁出现的热带亚热带成分,反映了湿热气候特征;渐新世山地植物含量的增加,亚热带热带成分的含量的减少和温带成分的增多以及草本植物增加都说明从晚始新世到早渐新世气温下降。这些变化与同纬度的大陆植物界变化一致,也与全球性的气温下降趋势基本同步。

童国榜等(2001, 2002)在研究江汉盆地明钾1井后发现从始新世晚期到渐新世早期(36 MaB. P.)孢粉谱上表现为热带、亚热带植物花粉减少,喜湿植物花粉增多,即相应的气候由热带、亚热带气候向温带气候转化。

#### 2.4 南方区

本区包括南海北部沿海和陆架。晚始新世孢粉植物群以雷琼—北部湾盆地流沙港组二段上部及一段(孙湘君等,1981;张一勇,1981)和珠江口盆地恩平组下部(雷作淇和方青,1990)为代表,渐新世孢粉植物群以雷琼—北部湾盆地涠洲组(孙湘君等,1981)和珠江口盆地恩平组上部及珠江组下部(雷作淇和方青,1990)为代表,它们的地质时代均根据孢粉组合对比而确定。尽管由于环境不同和时代不同而略有差异,但总体上从晚始新世到渐新世早期,孢粉植物群也有相似的变化趋势,晚始新世热带亚热带植物以栎粉为主,其他重要的有杉科、金缕梅科、桃金娘科、阿丁枫科和海桑科等花粉;也含有少量温带植物如桤木粉、胡桃粉;松科花粉含量不高。到渐新世早期热带亚热带植物含量略微减少;耐寒分子铁杉粉、雪松粉、云杉粉等和泪杉粉(*Dacrydium-ites*)等开始频繁出现。到中晚渐新世杉科、松科、罗汉松科大量繁盛,热带亚热带植物大大减少。晚始新世孢粉植物群反映的是热带亚热带湿生常绿阔叶林,过渡到早中渐新世孢粉植物类型是以热带亚热带常绿阔叶林为主的常绿阔叶和山地针阔叶混交林。

#### 2.5 西北区

西北区指昆仑山—巴颜喀拉山—秦岭以北,东接华北区、东北区,包括二连盆地、河套盆地、准噶尔盆地、柴达木盆地、塔里木盆地和吐鲁番盆地。此地

区早第三系地层厚度不大。

晚始新世孢粉植物群见于柴达木盆地西部巴什布拉克组(根据有孔虫组合对比确定地质时代)(李芝君,1999)、西北区中北部阿克苏温宿地区小库孜拜祖上端顶部及阿瓦特组下段和柴达木盆地干柴沟组中下部(地质时代由古地磁测年确定)(孙秀玉等,1984;喻建新等,2003)。尽管本区内孢粉植物群有一定的地区差异,但总体特征是热带、亚热带植物花粉主要为栎粉和栎粉,其平均质量分数分别为13%和14%;麻黄粉质量分数为14%,且分异度很大;蕨类孢子含量不高;蒺藜科花粉开始发育,草本植物管花菊粉和禾本植物花粉也开始少量出现。

渐新世孢粉植物群见于柴达木盆地干柴沟组上部和塔里木盆地西部克孜洛依组下部等(张一勇和詹家桢,1991),特点是热带、亚热带植物花粉几乎消失;温带植物如榆科花粉、桦科花粉和胡桃科花粉从上一组合的0.95%增加到8%;山地针叶植被如云杉粉和雪松粉大幅度增加,质量分数分别为24%和10%,冷杉粉开始出现;麻黄粉和蒺藜科花粉含量继续增加;藜科花粉含量达30%,也有其他草本植物花粉如菊科花粉、石竹粉、禾本粉、锦葵粉和蓼粉等,说明当时出现植被分带。这反映了从晚始新世到早渐新世孢粉植物群从旱生的亚热带稀树灌丛转变为旱生的具山地针叶林和针阔叶混交林特征的暖温带稀树灌丛,预示气候继续向干、冷的方向转变。

#### 2.6 西南区

西南区主要包括西藏南部、广东南部、广西等西南地区。始新世晚期典型组合见于伦坡拉牛堡组(宋之琛和刘耕武,1982)下段上部和昌都地区贡觉组(宋之琛和李曼英,1982),牛堡组地质时代的确定是根据花粉对比,贡觉组上部火山岩锆石U-Pb测年确定为39 Ma(刘淑文,1999)。始新世中晚期孢粉植物群面貌无较大的差别,反映植被面貌为亚热带常绿阔叶林或常绿、落叶阔叶混交林。只是到晚始新世,蒺藜科和藜科含量略增,山地针叶植被松科花粉如云杉等继续增长。

见于伦坡拉盆地(宋之琛和刘耕武,1982)的早渐新世组合,其典型特征是山地针叶植被松科花粉含量大增,达50%,其中喜寒高山植被云杉粉和铁杉粉为主要组成部分;也含有少量温带植物花粉如桦科和胡桃科,耐干旱蒺藜科花粉含量也很高,有的高达40%。孢粉组合反映了植被为亚热带高山针叶林和针阔叶混交林,故本区始新世晚期到渐新世早期气候变

冷变干。

合浦盆地酒席坑组大化石被确定为始新世晚期到渐新世早期,根据孢粉组合划分为 2 段,下段热带亚热带植物柞粉属占绝对优势,过渡到上段则以带气囊的松粉为主。其以云杉、冷杉和铁杉大量增加为显著特点,与伦坡拉盆地的始新世晚期—渐新世早期的孢粉组合变化趋势相一致。

赵英娘等(1995)在总结本区后发现在始新世晚期山地针叶植物成分增多,山地植被扩展,平原地区的热带、亚热带森林退缩,气温下降。到渐新世,阔叶林面积大大缩减而针叶林面积扩展,平原地区小灌丛也开始繁盛,显示了阔叶林部分被更耐旱、耐凉的灌丛取代。这反映了从晚始新世到早渐新世温度、湿度均大大降低。

### 3 讨论与结论

整个中国除南部沿海地区外,孢粉所反映的植被类型显示始新世广阔区域内气候温暖湿润,热带、亚热带植物广泛分布,总体以常绿落叶阔叶林为主。过渡到渐新世早期气温下降,山地针叶林大量发育,亚热带、热带植物成分无论在数量上,还是在类型上都大大减少,且干旱类型植物增加,草本植物开始繁盛。说明气温下降,湿度降低,植被转变为落叶树为主的针阔混交林,气候由亚热带过渡到暖温带。而南方区在早渐新世只有少量耐寒分子如铁杉等开始出现,到渐新世中晚期气候变冷趋势才开始明显。这说明南方区的变冷相对于中国其他地区有滞后趋势,这或许与南方区靠近南海有关。综上所述,晚始新世—早渐新世全球气候由温暖湿润变为寒冷干燥在我国大部分陆相沉积孢粉组合中有很好的反映。

Wolfe(1978)在研究北美始新世末到早渐新世植被时认为,常绿阔叶林在短时间内变为温带阔叶落叶林,在北纬 60°阿拉斯加气温在短期内降低 12~13℃,在北纬 45°的太平洋西北部降低 10~11℃。这些变化与中国地层孢粉组合的变化趋势相一致。

存在的问题是在用花粉探讨老第三纪气候变化时,因为中国第三纪以陆相沉积为主,所以沉积时代的确定及盆地间地层对比存在很大的难度,本文所采用的地层年龄主要依据“中国油气区第三纪”在综合各门类化石的基础上提出的时代及对比方案。此外,我国老第三纪花粉资料时间分辨率均很低,因此,笔者的讨论是低分辨率的。

综上所述,我国晚始新世—早渐新世孢粉组合变化趋势与全球海洋始新世末期至渐新世早期地质背景演化趋势密切相关,即我国始新世晚期到渐新世早期气候变冷变干的趋势与全球范围内的海洋和气候变冷事件(Kennett and Borch, 1985)相一致。

### References

- Ehrmann, W., 1998. Implication of Late Eocene to Early Miocene clay mineral assemblages in McMurdo sound (Ross Sea, Antarctica) on paleoclimate and ice dynamics. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology*, 139: 213—223.
- Exon, N., 2002. Drilling reveals climate consequences of Tasmannian gateway operating. *EOS*, 83(23): 253—259.
- Keigwin, L. D. Jr., 1980. Palaeoceanographic change in the Pacific at the Eocene-Oligocene boundary. *Nature*, 287: 722—725.
- Kennet, G. M., 1982. Eocene to Oligocene benthic foraminiferal isotopic record in the Bay of Biscay. *Nature*, 296: 347—340.
- Kennett, J. P., Borch, C., 1985. Southwest Pacific Cenozoic paleoceanography initial reports of the deep sea drilling project. Research Report, 1493—1517.
- Lei, Z. Q., Fang, Q., 1990. The division of upper and lower Tertiary of Zhujiang Mouth basin. *China Offshore Oil and Gas (Geology)*, 4(4): 5—11 (in Chinese with English abstract).
- Li, Z. J., 1999. Chinese stratum—Tertiary. Geological Publishing House, Beijing, 22 (in Chinese).
- Liu, M. L., 1987. Early Tertiary palynological assemblages of Hunchun coalfield, Jilin Province. *Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology*, 17: 167—192 (in Chinese with English abstract).
- Liu, M. L., 1990. Eocene palynological assemblages of Dalianhe Group, Heilongjiang Province. *Shenyang Institute of Geology and Mineral Research Paper of Chinese Academy of Geological Sciences*, 20: 111—137 (in Chinese with English abstract).
- Liu, S. W., 1999. In: Zheng, J. J., He, X. X., Liu, S. W., et al., Chinese stratum—Tertiary. Geological Publishing House, Beijing, 45 (in Chinese).
- Oil Chemistry and Industry Research and Development Institute, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica, 1978. Early Tertiary spores and pollen grains from the coastal region of Bohak. Science Press, Beijing (in Chinese).

- Shackleton, N. J., Kennett, G. M., 1975. Late Cenozoic oxygen and carbon isotopic change at DSDP site 284; Implication for glacial history of the northern hemisphere and Antarctica. *Initial Reports of the DSDP*, 29: 801—807.
- Song, Z. S., Li, M. Y., 1982. Eocene palynological assemblages of Gongjue Group in Changdu district, Tibet. Stratigraphy and palaeontology in east of Sichuan and east of Tibet. Sichuan People Press, Chengdu, 7—27 (in Chinese).
- Song, Z. S., Liu, G. W., 1982. Early Tertiary palynological assemblages and its paleogeography significance in Northeast Tibet Province. *Palaeontology of Tibet*. Science Press, Beijing (in Chinese).
- Sun, M. R., Sun, X. Y., Zhao, Y. N., et al., 1989. Cenozoic paleobiota of the continental shelf of the East China Sea (Dong Hai). Geological Publishing House, Beijing, 6—40 (in Chinese).
- Sun, X. J., Kong, Z. C., Li, P., et al., 1981. Early Tertiary spore-pollen assemblages of Chuzhou Formation in north South China Sea. *Plant Science*, 19(2): 186—194 (in Chinese with English abstract).
- Sun, X. Y., Zhao, Y. N., He, Z. S., 1984. Oligocene-Miocene palynology assemblages of Xining-Minhe basin, Qinghai Province. *Geological Review*, 20(3): 207—216 (in Chinese with English abstract).
- Tong, G. B., Jia, X. M., Zheng, M. P., et al., 2002. Palynological evidence of Middle-Late Eocene climatic cycles in Jianghan basin. *Acta Geoscientia Sinica*, 23(2): 159—164 (in Chinese with English abstract).
- Tong, G. B., Zheng, M. P., Yuan, H. R., et al., 2001. A study of Middle and Late Eocene palynological assemblages in Jianghan basin and their environment significance. *Acta Geoscientia Sinica*, 22(1): 73—78 (in Chinese with English abstract).
- Wang, W. M., Zhang, D. H., 1990. Tertiary spore-pollen assemblages from Shangdu-Huade basin, Inner Mongolia with discussion on the formation of steppe vegetation in China. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 7(3): 239—253 (in Chinese with English abstract).
- Wang, X. M., Zhang, X. Q., Wang, M. Z., et al., 2003. The palynoflora from Paleogene of Fanzhi, Shanxi, and discussion on their geological age. *Journal of Shandong University of Science and Technology*, 22(3): 26—32 (in Chinese with English abstract).
- Wolfe, J. A., 1978. A Paleobotanical interpretation of Tertiary climate in the northern hemisphere. *Am. Sci.*, 66: 694—703.
- Yao, Y. M., Liang, H. D., Cai, Z. G., et al., 1994. Tertiary in petroliferous region of China. Volume of Bohai Gulf basin. Petroleum Industry Press, Beijing, 48—76 (in Chinese).
- Yu, J. X., Zhang, H. F., Lin, Q. X., et al., 2003. Geological implications of sporopollenites flora from Tertiary Xining Group in Minhe County, Qinghai Province. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 28(4): 401—405 (in Chinese with English abstract).
- Zachos, J. C., Pagani, M., Sloan, L., et al., 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Am. Sci.*, 292: 686—693.
- Zhang, Y. Y., 1981. Tertiary palynology of Leizhou peninsula. *Acta Palaeontologica Sinica*, 20(5): 449—458 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Y. Y., 1995. Outline of paleogene palynofloras of China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 34(2): 212—227 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Y. Y., Lan, X., 2000. China Paleogene and Neogene biota strata. In: *Stratigraphical studies in China (1979—1999)*, 347—372 (in Chinese).
- Zhang, Y. Y., Zhan, J. Z., 1991. Late Cretaceous-Early Tertiary palynology of Tarim basin, Xinjiang. Science Press, Beijing (in Chinese).
- Zhao, Y. N., Sun, X. Y., Wang, D. N., 1982. Late Tertiary spore-pollen assemblages from Shache and Kuqa basins, Xinjiang. Geological Research Party Paper of Chinese Academy of Geological Sciences. 4. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Zhao, Y. N., Wang, D. N., Sun X. Y., 1995. Tertiary palynoflora; Its relation to paleoclimate, paleogeography and paleoecology of China. *Professional Papers of Stratigraphy and Palaeontology*, 26: 115—123 (in Chinese with English abstract).

### 附中中文参考文献

- 雷作淇, 方青, 1990. 珠江口盆地上、下第三系划分. *中国海上油气(地质)*, 4(4): 5—11.
- 李芝君, 1999. 见: 郑家坚, 何希贤, 刘淑文, 等编, *中国地层典—第三系*. 北京: 地质出版社, 22.
- 刘牧灵, 1987. 吉林珲春煤田下第三系孢粉组合. *地层古生物论文集*, 17: 167—192.
- 刘牧灵, 1990. 黑龙江依兰煤田始新世达连河组孢粉组合. *中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊*, 20: 111—137.
- 刘淑文, 1999. 见: 郑家坚, 何希贤, 刘淑文, 等编, *中国地层典*

—第三系. 北京:地质出版社,45.

石油化学工业石油勘探开发规划研究院,中国科学院南京地质古生物研究所,1978. 渤海湾沿岸地区老第三纪孢粉. 北京:科学出版社.

宋之琛,刘耕武,1982. 西藏东北部老第三纪孢粉组合及其古地理意义. 西藏古生物(第五分册). 北京:科学出版社.

宋之琛,李曼英,1982. 西藏昌都地区贡觉组始新世孢粉组合. 见:川西、藏东地区地层与古生物(第二册). 成都:四川人民出版社,7—27.

孙孟蓉,孙秀玉,赵英娘,等,1989. 东海陆架新生代古生物群(微体古植物分册). 北京:地质出版社,6—40.

孙湘君,孔昭宸,李彭,等,1981. 南海北部老第三纪涠洲组孢粉组合. 植物学报,19(2): 186—194.

孙秀玉,赵英娘,何卓生,1984. 青海西宁—民和盆地渐新世至中新世孢粉组合. 地质论评,20(3): 207—216.

童国榜,贾秀梅,郑绵平,等,2002. 江汉盆地始新世中、晚期气候变化周期性的孢粉学证据. 地球学报,23(2): 159—164.

童国榜,郑绵平,袁鹤然,等,2001. 江汉盆地始新世中、晚期孢粉组合特征及其环境意义. 地球学报,22(1): 73—78.

王伟铭,张大华,1990. 内蒙古商都—化德盆地第三纪孢粉组合——兼论中国草原植被的形成. 微体古生物学报,7

(3): 239—253.

王晓梅,张锡麒,王明镇,等,2003. 山西繁峙地区古近系孢粉植物群及其地质探讨. 山东科技大学学报,22(3): 26—32.

姚益民,梁鸿德,蔡治国,等,1994. 中国油气区第三系. 渤海湾盆地油气区分册. 北京:石油工业出版社,48—76.

喻建新,张海峰,林启祥,等,2003. 青海省民和县古近系西宁群孢粉植物群的地质意义. 地球科学——中国地质大学学报,28(4): 401—406.

张一勇,1981. 雷州半岛第三纪孢粉. 古生物学报,20(5): 449—458.

张一勇,1995. 中国老第三纪孢粉植物群纲要. 古生物学报,34(2): 212—227.

张一勇,兰琇,2000. 中国古近纪和新近纪生物地层. 见:中国地层研究二十年(1979—1999), 347—372.

张一勇,詹家桢,1991. 新疆塔里木盆地西部晚白垩纪至老第三纪孢粉. 北京:科学出版社.

赵英娘,孙秀玉,王大宁,1982. 新疆莎车和库车盆地老第三纪的孢粉组合. 中国地质科学院地质研究所所刊,第4号. 北京:地质出版社.

赵英娘,王大宁,孙秀玉,1995. 中国老第三纪孢粉植物群与古气候、古地理、古生态的关系. 地层古生物论文集, 26: 115—123.

\*\*\*\*\*

## 《地球科学——中国地质大学学报》

### 2005 年 第 30 卷 第 4 期 要目预告

浅地层剖面测量和海底摄像联合应用确定平顶海山富钴结壳分布界线 .....	何高文等
会泽铅锌矿床成矿流体浓缩机制探讨 .....	张振亮等
都龙—Song Chay 变质穹隆体变形与构造年代 .....	颜丹平等
王古 1 井奥陶系油气成因及其意义 .....	李素梅等
西藏南部晚白垩世厚壳蛤的锶同位素年龄标定 .....	黄思静等
冀北滦平、辽西凌源地区张家口组火山岩顶、底的单颗粒锆石 U-Pb 测年及意义 .....	张 宏等