

新近系谢家阶层型剖面的孢粉植物群及其意义*

王伟铭¹⁾ 邓涛²⁾

1) 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008, wmwang@nigpas.ac.cn;

2) 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044

摘要 在中国新近系建阶研究中, 文章作者对中新统最下部的一个阶谢家阶层型剖面开展了古地磁、孢粉等方面的综合研究工作。文中是在磁性地层学的时间标尺上, 着重讨论孢粉植物群的变化规律。谢家阶层型剖面中发现的孢粉组合特征, 总体上与我国中新世早期的孢粉植物群变化规律相一致。但裸子植物花粉, 尤其是云杉(*Picea*)花粉的含量在两个含孢粉丰富的样品中, 由下到上明显增加, 反映出研究区早中新世气候具有趋冷特征, 与同期深海氧同位素变化规律可相对比。而耐旱植物, 尤其是藜科(*Chenopodiaceae*)和蒺藜科(*Zygophyllaceae*)白刺属(*Nitraria*)花粉的含量明显降低, 反映谢家期后期孢粉组合所指示的湿度具有较明显的增加, 推测与东亚季风在新近纪的发展存在着一定的耦合关系。此外, 蒿属(*Artemisia*)花粉在样品中时有见到, 与其在我国新近纪地层中的分布规律相一致, 与车头沟剖面古地磁的测量结果相吻合。

关键词 孢粉植物群 古气候 新近纪谢家阶

1 前言

地球上现有生物的分布格局在很大程度上受到过去全球变化的影响和控制, 如果说新生代早期温暖适宜的气候环境曾导致被子植物和哺乳动物的快速辐射和发展的话, 那么, 晚新生代全球性大规模的气候波动和区域性环境变更有可能对现今生物多样性和生物区系产生更加直接的影响。地球环境在晚新生代发生了剧烈的变化, 其中, 古近纪与新近纪之交时期的气候变化, 尤为受到大家的重视, 因为其对中国现代气候格局的形成具有重大的影响(王伟铭, 1990^{**}; Wang, 1991)。汪品先(Wang, 1984)曾根据中国古近纪和新近纪气候带的分布变化, 认为古近纪横贯中国东部的干旱带在新近纪已移向中国的西北部, 说明中国东部在新近纪开始的时候, 已经受到季风湿润气候的影响。这一结论与现有的古植物和岩石资料相一致(Sun and Wang, 2005)。

中国早中新世孢粉植物群虽然多有报道, 但所

涵盖的地层时代大多缺乏具体的非生物证据。在“中国区域年代地层(地质年代)表”中, 谢家阶为新近系最下面的一个阶, 与国际地层表中的阿启坦阶(Aquitanian Stage)相对应(全国地层委员会, 2001), 其天文年代学年龄为23.03 Ma (Steiniger *et al.*, 1997)。谢家期一名最初由李传夔等(1984)提出, 其层型剖面位于青海省湟中县田家寨乡谢家村北1km处的车头沟。李传夔、邱铸鼎(1980)将在谢家组中发现的一批小哺乳动物为主的化石命名为谢家动物群, 成为在中国发现的第一个早中新世哺乳动物群。1999年第二届全国地层委员会正式提出依据谢家期所建立的年代地层单位——谢家阶, 阶名源自同名岩石地层单位谢家组。为建全符合国际地层学规范的谢家阶, 笔者在全国地层委员会的倡议和资助下, 对谢家阶层型剖面开展了古地磁、孢粉等方面的综合研究。本文是在磁性地层学的时间标尺上, 着重讨论孢粉植物群的变化规律及意义, 以期促进我国同期孢粉植物群和古环境等方面的研究。

收稿日期: 2008-12-29

* 国家自然科学基金重点项目(No. 40730210)、全国地层委员会中国新近纪地层建阶研究项目(No. 14)和国家重点基础研究发展规划项目(2006CB806400)联合资助。

** Wang Wei-ming (王伟铭), 1990. Researches on Cenozoic vegetational environment and Neogene palynology in China. Thesis for Ph. D., Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, the Chinese Academy of Sciences. 1-176 (in Chinese with English summary).

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

2 自然地理概况

湟中县位于青海省东部,属青海省东部农业区湟水流域中上游。地理坐标为北纬 $36^{\circ}13'32''-37^{\circ}03'19''$,东经 $101^{\circ}09'32''-101^{\circ}54'50''$,总面积为 2606km^2 。年均温 $0-5^{\circ}\text{C}$,年均降水量 $360-650\text{mm}$,年均日照时数 2588.3 小时,年蒸发量 $900-1000\text{mm}$,无霜期 $150-190$ 天,属高原大陆性气候。自然环境地势南、西、北高而东南略低,海拔 $2225-4488\text{m}$,最低点是田家寨乡谢家村,最高点是群加藏族乡的果石摘山峰。地处湟水谷地及两侧山地,由滩地、丘陵中山和高山 3 种地形组成,除湟水河自西向东流经县境北部外,大南川、小南川、康缠川、云谷川等 13 条河流呈扇形汇集湟水河,唯群加河自北向南流入黄河。自然植被属暖温草原区典型草原带的西北部(侯学煜, 1988)。

3 谢家阶层型剖面和孢粉样品位置

谢家组的命名剖面位于谢家村北的车头沟内,

谢家村属青海省湟中县田家寨乡,位于湟中县城东 26km 处,距西宁市直线距离仅 13km (插图 1)。谢家动物群发现于谢家组下部的灰绿色泥岩透镜体中。谢家组在西宁盆地分布比较广泛,岩性稳定,厚度变化不大,一般 $100-150\text{m}$ (李云通等, 1984)。谢家阶的层型剖面位于车头沟北端尽头陡立的山坡处,剖面中点位置的地理坐标为 $36^{\circ}31'44.0''\text{N}$, $101^{\circ}50'58.9''\text{E}$,海拔 2388m (邓涛等, 2006),从坡脚到山顶依次发育马哈拉沟组、谢家组、车头沟组和咸水河组(插图 2)。谢家组与马哈拉沟组和车头沟组均为整合接触。地层分布所属的西宁盆地,是青藏高原东北缘一个东西向延伸的拉分盆地,位于青海省东端,往东从民和伸入甘肃,西达日月山麓,南以拉脊山为界,北至乐都—互助一线。新近纪的喜马拉雅运动使该地区弱隆起,中新世以后构造活动强烈,陆内汇聚作用加剧,形成了断裂控制下的盆地,堆积了偏红色的厚层新生代冲积湖—盐湖相沉积,厚度超过 2500m (李传夔等, 1981)。

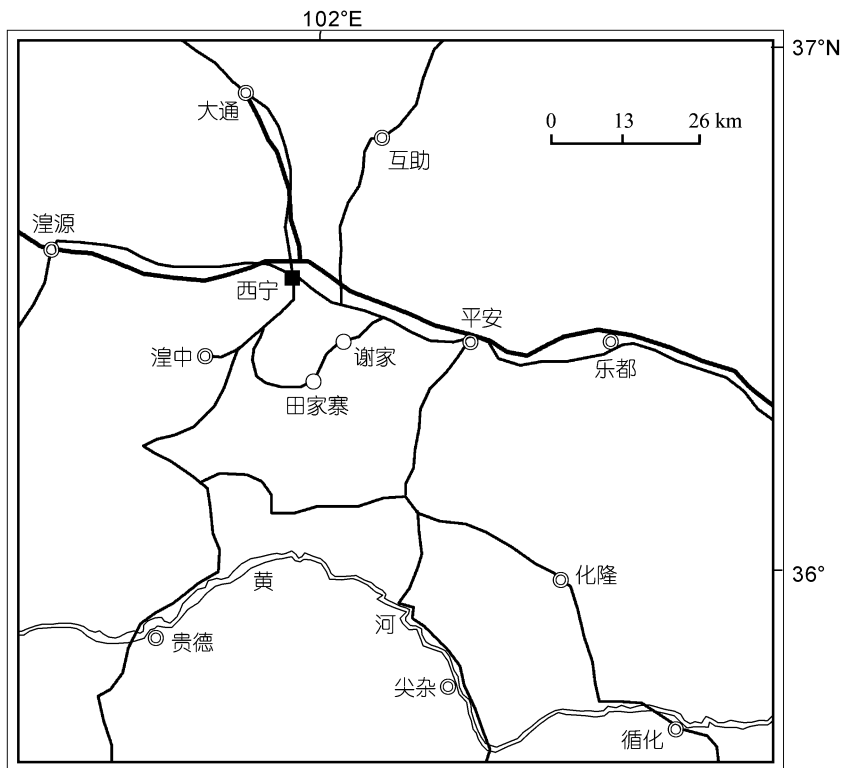


插图 1 青海湟中谢家地点的地理位置(据邓涛等, 2006)

Geographic location of Xiejia in Huangzhong, Qinghai (after Deng *et al.*, 2006)

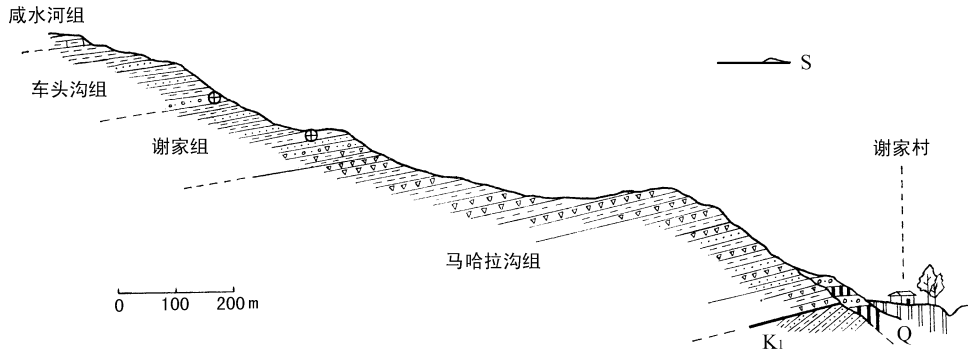


插图 2 青海湟中谢家村车头沟第三系剖面(据李传夔、邱铸鼎, 1980)

Tertiary section at Chetougou near Xiejia village in Huangzhong, Qinghai (after Li and Qiu, 1980)

谢家阶的层型剖面描述和孢粉样品分布位置

层倾斜逐渐加剧, 倾角可达 60° 左右。 21.6m

如下:

- 车头沟组(下部)
- 10. 浅灰绿色、棕灰色粉砂岩。 1.8m
- 9. 棕红色、浅棕色块状泥岩, 少量泥岩中见青灰色泥岩团块, 夹有青灰色泥岩条带。中部见似结核状椭圆形泥岩块。 27.8m
- 8. 青灰色、棕灰色粉砂岩与棕色、棕红色块状泥岩互层。棕色泥岩中含石膏晶粒。 1.0m
- 7. 浅棕色、浅黄棕色块状泥岩, 夹有青灰色泥岩条带(孢粉样品 12 号: 采自近底部棕色泥岩层)。 24.4m
- 6. 棕灰色细砂岩, 具平行层理。 2.4m

———整合———

- 谢家组
- 5. 棕色、红棕色块状泥岩, 局部见青灰色泥岩团块, 含石膏晶粒, 具次生石膏岩脉, 夹灰绿色泥岩条带; 顶部为灰绿色泥岩与红棕色泥岩互层(孢粉样品 11 号: 采自近顶部红棕色泥岩层)。 47.5m
- 4. 灰绿色、黄绿色泥岩, 夹大量小石膏晶粒(孢粉样品 9 号, 10 号: 采自灰绿色泥岩层)。 5.14m
- 3. 棕红色、浅棕色、棕黄色块状泥岩, 表面多现黑色铁锰质薄膜, 内部偶尔可见青灰色泥岩团块、石膏小晶粒, 发育有柱状次生石膏岩脉; 底部为青灰色泥岩条带(厚约 5—10cm), 板状、浅红色、透明一半透明、参差不齐石膏层(孢粉样品 5—8 号: 分别采自棕红色、棕黄色泥岩和青灰色泥岩层)。 59.9m

———整合———

- 马哈拉沟组(上部)
- 2. 棕红色块状泥岩, 内部发育柱状次生石膏岩脉(孢粉样品 1—4 号: 采自上部泥岩层) 60m
- 1. 浅灰色、灰绿色石膏岩夹浅棕红色、灰绿色泥岩, 石膏晶质泥岩。局部见板状石膏岩脉。地

4 谢家阶层型剖面磁性地层年代框架

根据定义, 中国新近系下中新统谢家阶应与国际地层年代表中的阿基坦阶(Aquitainian)对比(邓涛, 2002)。阿基坦阶是中新统的第一个阶, 其底界即新近系底界, 或新近系/古近系界线。阿基坦阶的全球界线层型剖面 and 层型点(GSSP)的古地磁标志为 C6Cn. 2n 的底界, 其经修订的年龄为 23.03Ma (Steiniger *et al.*, 1997; Lourens *et al.*, 2004; 王伟铭、邓涛, 2005)。在欧洲, 陆相阿让阶(Agenian)与标准年代表中海相阿基坦阶完全对应, 其底界的古地磁标志也是 C6Cn. 2n 的底界。

对马哈拉沟组、谢家组和车头沟组的古地磁测定表明, 车头沟剖面共记录了 18 个正极性段与 17 个负极性段(武力超等, 2006)。剖面的 6—10 层即车头沟组(0—57.4 m), 共计录了 4 个正极性段与 4 个负极性段, 其中正极性段分别对应于 C5Bn. 2n、C5Cn. 1n、C5Cn. 2n 和 C5Cn. 3n, 负极性段对应于 C5Br、C5Cn. 1r、C5Cn. 2r 和 C5Cr, 年龄约为 15.01—17.32Ma; 剖面的 3—5 层即谢家组共记录了 7 个正极性段和 6 个负极性段, 分别与 C5Dn、C5En、C6n、C6An. 1n、C6An. 2n、C6AA n、C6AAr. 1n 上部和其中的负极性期相对应, 年龄为 17.32—21.58Ma。剖面的第 1、2 层马哈拉沟组记录了 7 个正极性段和 7 个负极性段, 分别与 C6AAr. 1n 下部、C6AAr. 2n、C6Bn. 1n、C6Bn. 2n、C6Cn. 1n、C6Cn. 2n、C6Cn. 3n 和其相间的负极性期对应, 年龄约为 21.58—24.22Ma (Lourens *et al.*, 2004)。综上所述, 车头沟剖面新近系地层的时间跨度约为 9.21Ma (15.01—24.22Ma) (邓涛等, 2006)。

定义谢家阶底界的古地磁标志 C6Cn. 2n, 在车头沟剖面位于第 2 层, 即马哈拉沟组上部的棕红色块状泥岩连续沉积中, 距谢家组底部 48m、距车头沟组底部 160m。谢家动物群的层位相当于古地磁的 C6Ar, 与欧洲的 MN2 中部相当 (Steininger,

1999), 年龄约为 21Ma。与此同时, 山旺阶的底界以 C6r 底部作为古地磁标志 (邓涛等, 2003), 这条界线在本剖面位于第 4 层, 即谢家组中部的灰绿色、黄绿色泥岩连续沉积中, 距车头沟组底部 52m。因此, 青海湟中的第三系剖面包含了完整的谢家阶地层。

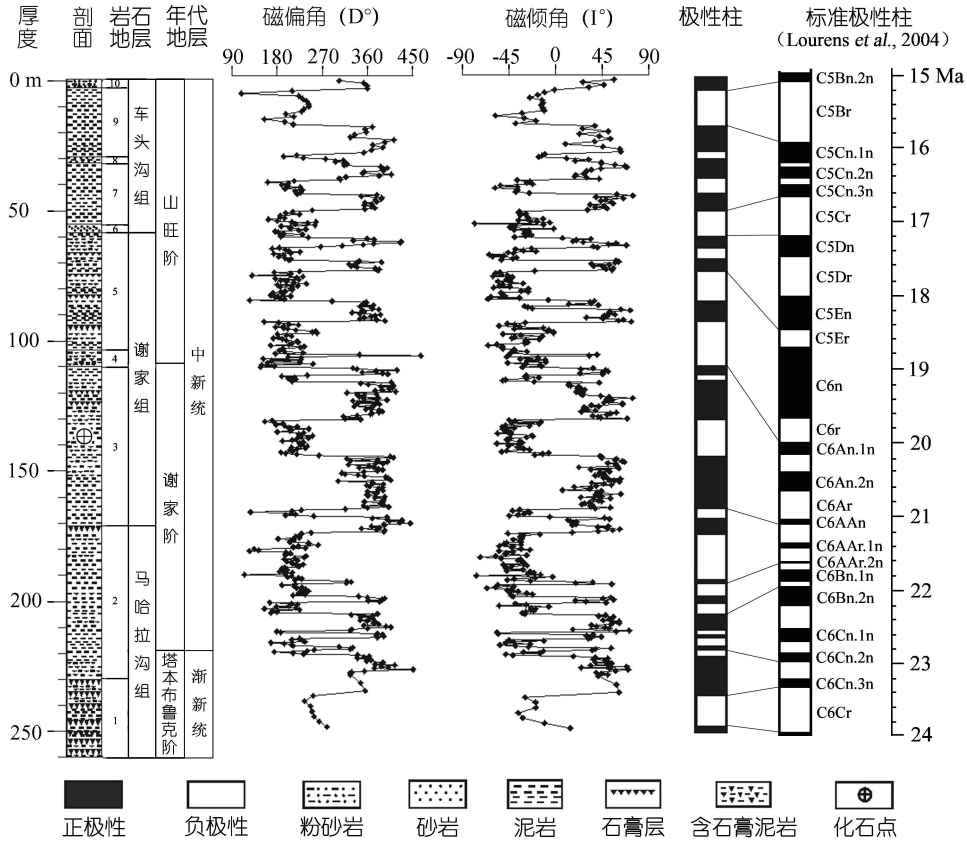


插图 3 车头沟剖面古地磁测量结果 (据武力超等, 2006)

Results of paleomagnetic measurements in the Chetougou profile (after Wu *et al.*, 2006)

5 谢家阶孢粉植物群特征

笔者在谢家村北的车头沟剖面, 马哈拉沟组上部、谢家组和车头沟组底部共分析 12 个样品, 其中 1—4 号样片采自马哈拉沟组, 5—11 号样片采自谢家组, 12 号样片为车头沟组底部。根据上述古地磁测量结果, 1—8 号样品属谢家阶范畴, 9—12 号样品代表山旺阶下部。

除 7 号样品中没有发现化石外, 其它样品中多少都见到了孢粉, 其中第 5 和 8 号样品中的孢粉含量相对丰富 (表 I)。第 5 号样品孢粉组合以被子植物花粉为主 (58.0%), 其次是裸子植物花粉 (39.8%), 蕨类植物孢子含量低 (2.2%)。木本被子植物以榆科 (Ulmaceae) 的榆属 (*Ulmus*) (13.5%)、水榆属 (*Planera*) (7.8%), 桦木科 (Betulaceae) 的桦

木属 (*Betula*) (4.4%), 以及早生的藜科 (11.3%) 和蒺藜科 (7.5%) 为主, 其它少量或个别出现的成分还包括: 榛属 (*Corylus*)、桤木属 (*Celtis*), 草本植物菊科 (Asteraceae)、禾本科 (Poaceae)、蒿属等; 裸子植物松科 (Pinaceae) 和杉科 (Taxodiaceae) 也有相当的数量, 其中, 松科花粉主要含云杉属、铁杉属 (*Tsuga*) 和松属 (*Pinus*) 等。8 号样品中, 裸子植物花粉的含量明显增加, 含量达到 70.9%, 尤其是云杉属 (28.3%)、松属 (27.5%) 和杉科 (11.7%) 分子, 铁杉属含量则减少; 被子植物花粉的含量降低, 类型变得较为单调, 除榆科和桦木科外, 蒺藜科花粉的含量明显下降, 藜科花粉已不再出现, 草本植物主要以禾本科花粉为代表 (表 I)。此外, 我们还在第 2 和第 3 号样品中零星见到蒿属花粉, 11 号样品虽然花粉含量低, 但蒿属花粉较多见到。

表 I 青海湟中车头沟剖面中新统孢粉统计表
 Statistics of Miocene spores and pollen from Chetougou profile in Huangzhong, Qinghai Province

| 地层 Strata | | 马哈拉沟组 Mahalagou Fm | | | | 谢家组 Xiejia Fm | | | | | 车头沟组 Chetougou Fm | | |
|----------------------------|--|-----------------------|----|---|----|------------------|------|------|------|------|----------------------|----|----|
| 样品 Samples | 化石类群 Fossil taxa | 亲缘关系 Affinity | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 蕨类植物孢子 Pteridophyte spores | <i>Polypodiaceasporites</i> | Polypodiaceae | | | | | 0.3 | | | | | | |
| | <i>Lycopodiumsporites</i> | Lycopodiaceae | | | | | 1.9 | | 1.7 | | | | |
| | <i>Osmundacidites</i> | Osmundaceae | | | 1 | | | | | | | | |
| | Trilete spore | 不明 Unknown | 1 | | | | | | | | | | |
| | 蕨类植物孢子总计 Sum(Grains or %) | | | 1 | | 1 | | 2.2 | | 1.7 | | | |
| 裸子植物花粉 Gymnosperm pollen | <i>Abietinaepollenites</i> + <i>Pinuspollenites</i> | <i>Pinus</i> | 3 | 2 | | 3 | 9.7 | 1 | 27.5 | | | 2 | 2 |
| | <i>Piceapollis</i> | <i>Picea</i> | | | 2 | | 11.9 | | 28.3 | | | | |
| | <i>Tsugapollenites</i> | <i>Tsuga</i> | | | | 2 | 10.3 | | 1.7 | | | | |
| | <i>Taxodiaceapollenites</i> | Taxodiaceae | | | | | 6.9 | | 11.7 | | | 2 | |
| | <i>Podocarpidites</i> | Podocarpaceae | | | | | 0.3 | | | | | | |
| | <i>Ephedripites</i> | <i>Ephedra</i> | | | | | 0.6 | | 1.7 | | | | |
| | 裸子植物植物花粉总计 Sum(Grains or %) | | | 3 | 2 | 2 | 5 | 39.8 | 1 | 70.9 | | | 4 |
| 被子植物花粉 Angiosperm pollen | <i>Ulmipollenites</i> | <i>Ulmus</i> | 1 | 1 | 3 | | 13.5 | 1 | 11.7 | 2 | 1 | 1 | 2 |
| | <i>Ulmoideipites</i> | <i>Planera</i> | | | | | 7.8 | | | | | | |
| | <i>Celtispollenites</i> | <i>Celtis</i> | | | | | 0.3 | | | | | | |
| | <i>Betulaceipollenites</i> | <i>Betula</i> | 2 | | | | 4.4 | | | 1 | | | |
| | <i>Carpinipites</i> | <i>Carpinus</i> | | | | | 0.3 | | | | | | |
| | <i>Alnipollenites</i> | <i>Alnus</i> | 1 | | 1 | | 1.3 | | 2.5 | | | | |
| | <i>Momipites</i> | <i>Corylus</i> | | | | | 1.6 | | | | | | |
| | <i>Juglanspollenites</i> | <i>Juglans</i> | 2 | | | | 0.6 | | | 1 | | | |
| | <i>Pterocaryapollenites</i> | <i>Pterocarya</i> | 1 | | | | | | | | | | |
| | <i>Quercoidites</i> | <i>Quercus</i> | | 1 | | | 0.9 | 1 | 0.8 | 1 | | 1 | |
| | <i>Oleoidearumpollenites</i> | Oleaceae | | | | | 1.3 | | 0.8 | 1 | | | |
| | <i>Nitrariadites</i> | <i>Nitraria</i> | 2 | | | | 7.5 | 1 | 2.5 | 2 | | 1 | |
| | <i>Labitricolpites</i> | ? Labiatae | | | | | | | 0.8 | | | | |
| | <i>Caryophyllidites</i> | Caryophyllaceae | | | | | 0.3 | | | | | | |
| | <i>Tubulifloridites</i> | Asteraceae | 1 | | | | 3.1 | | | | | 1 | |
| | <i>Artemisiaepollenites</i> | <i>Artemisia</i> | | 1 | 2 | | 0.3 | | 0.8 | | | 7 | |
| | <i>Chenopodiipollis</i> | Chenopodiaceae | 2 | 1 | 3 | | 11.3 | 1 | | 1 | | | 1 |
| | <i>Graminidites</i> | Poaceae | 1 | | | | 2.8 | | 7.5 | | 1 | | 1 |
| | <i>Cyperaceapollis</i> | Cyperaceae | | | | | 0.3 | | | | | | |
| <i>Fupingopollenites</i> | 不明 Unknown | | | | | 0.3 | | | | | | | |
| 被子植物花粉总计 Sum(Grains or %) | | | 13 | 4 | 9 | | 58.0 | 4 | 27.4 | 9 | 2 | 11 | 4 |
| 总计(粒) Sum(Grains) | | | 17 | 6 | 12 | 5 | 319 | 5 | 120 | 9 | 2 | 15 | 6 |

6 孢粉植物群的意义

以裸子植物花粉高含量, 伴随有较多的柔荑花序植物和榆科花粉为主的孢粉组合, 曾先后在山西天镇(王宪曾, 1978)和冀北五罗贡(甘振波, 1982)一带玄武岩沉积夹层中发现, 被认为代表了早中新世孢粉组合特征。刘耕武(1988)在总结我国北方新近纪孢粉序列时, 进而将其时代与中国哺乳动物分期谢家期(李传夔等, 1984)相比较。当我们在讨论新近纪早期的孢粉植物群特征的时候, 会追究当时大量针叶植物分布的原因。从全球性气候变化来看, 中新世初期在 南极地区冰川明显增强(Troedson and Riding, 2002)。但由于随后的中新世气候最宜期(B^Lhme, 2003), 早中新世全球的气候特征更多地呈过渡特征, 这可以从现有的深海氧同位素曲线得到证实。根据 Zachos 等(2001)研究所揭示的氧同位素曲线表明: 全球气候在晚渐新世经历短暂的变暖后, 在渐新世末期再度转冷, 并持续到早中新世。因此早中新世的气候特征为先趋冷, 再逐渐回暖(Zachos *et al.*, 2001)。在我国, 当时很大程度上还受到青藏高原地区二期隆升运动(潘保田等, 1998)的影响, 这或许可以从沉积层位上下广泛分布的玄武岩所记录的构造运动得到验证。

总体上来看, 上述谢家阶层型剖面中发现的孢粉特征, 与我国中新世早期的植物群变化规律(王伟铭, 1990; Wang, 1994)相一致。但同时我们还发现, 裸子植物花粉, 尤其是云杉花粉的含量在两个含孢粉丰富的样品中, 由下到上含量明显增加, 这反映了研究区早中新世气候同样存在趋冷特征。此外, 耐旱植物, 尤其是藜科和蒺藜科白刺属花粉的含量明显降低, 反映谢家阶上部孢粉组合所指示的湿度有较明显的增加, 这或许与东亚季风在新近纪的发展存在着一定的耦合关系。由于这次大多数样品孢粉产出较少, 具体的变化规律有待今后工作的深入来揭示。蒿属是一类具有一定地层分布规律的花粉类型, 在我国西北地区最早只是个别地见于渐新统, 尽管中晚中新世时其分布广泛, 但主要发展时期在上新世及其后(Wang, 2004)。本次分析的样品中, 蒿属花粉时有见到, 反映了新近纪地层特征, 与谢家剖面古地磁的测量结果(武力超等, 2006)基本吻合。

7 结 论

谢家阶层型剖面中所发现的孢粉, 反映裸子植物花粉, 尤其是云杉花粉的含量在两个含孢粉丰富的样品中, 由下到上含量明显增加, 反映出研究区早中新世气候的趋冷特征, 与深海氧同位素变化规律具一定的可比性。

耐旱植物藜科和白刺属花粉的含量在研究剖面的上部降低, 反映了湿度的增加, 推测其与当时东亚季风的演化与发展可能存在着一定的关联。样品中出现的蒿属花粉, 符合在新近纪地层的分布规律, 与车头沟剖面古地磁的测量结果相吻合。

参 考 文 献 (References)

- B^Lhme M., 2003. The Miocene Climatic Optimum: evidence from eotothermic vertebrates of Central Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **195**: 389–401.
- Deng Tao(邓涛), 2002. Neogene. In: National Commission on Stratigraphy(全国地层委员会)(ed.), *Introduction Book on China Regional Chronostratigraphic (Geochronologic) Scale*. Beijing: Geological Publishing House. 12–15 (in Chinese).
- Deng Tao(邓涛), Wang Weiming(王伟铭), Yue Leiping(岳乐平), 2003. Recent advances of the establishment of the Shawang Stage in the Chinese Neogene. *Vertebrata Palasiatica(古脊椎动物学报)*, **41**(4): 314–323 (in Chinese with English abstract).
- Deng Tao(邓涛), Wang Weiming(王伟铭), Yue Leiping(岳乐平), 2006. The Xiejian Stage of the continental Miocene Series in China. *Journal of Stratigraphy(地层学杂志)*, **30**(4): 315–322 (in Chinese with English abstract).
- Gan Zhenbo(甘振波), 1982. Sporo-pollen assemblage from the Early Miocene of Wuluogong, North Hebei. *Selected Papers for 1st Symposium of Palynological Society of China*. Beijing: Science Press. 59–63 (in Chinese).
- Hou Xueyu(侯学煜), 1988. *Natural Geography of China, Phytogeography(Part 2): Vegetation Geography of China*. Beijing: Science Press. 1–318 (in Chinese).
- Li Chuanhui(李传夔), Qiu Zhuding(邱铸鼎), 1980. Early Miocene fossil mammals from Xining Basin, Qinghai. *Vertebrata Palasiatica(古脊椎动物学报)*, **18**(3): 198–214 (in Chinese).
- Li Chuanhui(李传夔), Qiu Zhuding(邱铸鼎), Wang Shijie(王士阶), 1981. Discussion on Miocene stratigraphy and mammals from Xining Basin, Qinghai. *Vertebrata Palasiatica(古脊椎动物学报)*, **19**(4): 313–320 (in Chinese with English abstract).
- Li Chuanhui(李传夔), Wu Wenyu(吴文裕), Qiu Zhuding(邱铸鼎), 1984. Chinese Neogene: subdivision and correlation. *Vertebrata Palasiatica(古脊椎动物学报)*, **22**(3): 163–178 (in Chinese).

- Chinese with English abstract).
- Li Yun-tong (李云通) *et al.*, 1984. Tertiary of China. Beijing: Geological Publishing House. 1—362 (in Chinese).
- Liu Geng-wu (刘耕武), 1988. Neogene palynological sequence of Northern China. *Acta Palaeontologica Sinica (古生物学报)*, **27** (1): 75—90 (in Chinese with English summary).
- Lourens L, Hilgen F, Laskar J, Shackleton N J, Wilson D, 2004. The Neogene Period. *In: Gradstein F M, Ogg J G, Smitth A G (eds), A Geologic Time Scale 2004*. Cambridge: Cambridge University Press. 409—440.
- National Commission on Stratigraphy (全国地层委员会), 2001. Stratigraphic Guide of China and its Explanation (Revised edition). Beijing: Geological Publishing House. 1—59 (in Chinese).
- Pan Bao-tian (潘保田), Fang Xiao-min (方小敏), Li Ji-jun (李吉均), Shi Ya-feng (施雅风), Cui Zhi-jiu (崔之久), 1998. Uplift and environmental changes of the Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau during the Late Cenozoic Period. *In: Shi Ya-feng (施雅风), Li Ji-jun (李吉均), Li Bing-yuan (李炳元) (eds.), Uplift and environmental changes of the Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau in the Late Cenozoic*. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press. 373—414 (in Chinese).
- Steiniger F F, 1999. Chronostratigraphy, geochronology and biochronology of the Miocene “European Land Mammal Mega-Zones” (ELMMZ) and the Miocene “Mammal-Zones (MN-Zones)”. *In: Rössner G E, Heissig K (eds), The Miocene Land Mammals of Europe*. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 9—24.
- Steiniger F F, Aubry M P, Berggren W A, Biolzi M, Borsetti A M, Cartlidge J E, Cati F, Corfield R, Gelati R, Iaccarino S, Napoleone C, Ottner F, Rogl F, Roetzer R, Spezzaferrri S, Tateo F, Villa G, Zevenboom D, 1997. The global stratotype section and point (GSSP) for the base of the Neogene. *Episodes*, **20**: 23—28.
- Sun Xiang-jun, Wang Pin-xian, 2005. How old is the Asian monsoon system? —Palaeobotanical records from China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **222**: 181—222.
- Troedson A L, Riding J B, 2002. Upper Oligocene to Lowermost Miocene strata of King George Island, South Shetland Islands, Antarctica: stratigraphy, facies analysis, and implications for the glacial history of the Antarctic Peninsula. *Journal of Sedimentary Research*, **72**(4): 510—523.
- Wang Hsian-Tzeng (王宪曾), 1978. On the discovery of late Tertiary spore-pollen assemblage in the Brown Coal Beds of Tianchen Region and its significance. *Bulletin of Peijing University (北京大学学报)*, **4**: 89—110 (in Chinese with English abstract).
- Wang Pin-xian, 1984. Progress in late Cenozoic palaeoclimatology of China: a brief review. *In: Whyte R O (ed.), The Evolution of the East Asian Environment*, vol. 1. Hong Kong: Hong Kong University Press. 165—187.
- Wang Wei-ming (王伟铭), 1990. Synthetic analyses and climatic comparisons among the Neogene palynofloras of Northern China. *Proceeding of the Symposium on Geological and Geochemical Records of Environments and Environmental Changes in China—Environmental Geochemistry and Health (4)*. Guiyang: Guizhou Science and Technology Publishing House. 100—103 (in Chinese with English abstract).
- Wang Wei-ming, 1991. Some major external effects on the successional processes of Cenozoic vegetation in China. *In: Jin Yu-gan et al. (eds.), Palaeoecology of China (1)*. Nanjing: Nanjing University Press. 281—299.
- Wang Wei-ming, 1994. Paleofloristic and paleoclimatic implications of Neogene palynofloras in China. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **82**(3/4): 239—250.
- Wang Wei-ming, 2004. On the origin and development of *Artemisia* (Asteraceae) in the geological past. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **145**(3): 331—336.
- Wang Wei-ming (王伟铭), Deng Tao (邓涛), 2005. A general introduction to recent advance in Neogene studies. *Journal of Stratigraphy (地层学杂志)*, **29**(2): 104—108 (in Chinese with English abstract).
- Wu Li-chao (武力超), Yue Le-ping (岳乐平), Wang Jian-qi (王建其), Heller F, Deng Tao (邓涛), 2006. Magnetostratigraphy of stratotype section of the Neogene Xiejian Stage. *Journal of Stratigraphy (地层学杂志)*, **30**(1): 50—53 (in Chinese with English abstract).
- Zachos J, Pagani M, Sloan L, Thomas E, Billups K, 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65Ma to present. *Science*, **292**: 686—693.

PALYNOFLORA FROM THE STRATOTYPE SECTION OF THE NEOGENE XIEJIAN STAGE AND ITS SIGNIFICANCE

WANG Weiming¹⁾ and DENG Tao²⁾

1) *Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China, wmwang@nigpas.ac.cn;*

2) *Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044, China*

Key words Palynoflora, Paleoclimate, Neogene Xiejian Stage

Abstract

During the establishment of Neogene stages in China, a comprehensive study on paleomagnetism and palynology in the stratotype section of the Neogene Xiejian Stage has been done. The pollen results on the framework of the paleomagnetic time scale were reported herein. Palynological assemblage from the stratotype section of the Xiejian Stage is largely comparable with the overall characteristics of the Early Miocene palynoflora in China as a whole. However, the amount of gymnospermous pollen grains, especially *Picea*, shows a significant

increase upward in the two richly fossiliferous samples, inferring a cooling climate, which is more or less comparable with the $\delta^{18}\text{O}$ curve from the Ocean Drilling Program. Conversely, pollen grains from the xerophytes, such as Chenopodiaceae and *Nitraria* display a significant decrease upward, indicating an increasing humidity in the upper part of the Xiejian Stage, which could be a coupling with the development of the East Asian Monsoon in Neogene. Additionally, common occurrence of *Artemisia* in the samples, is in accordance with its distribution in the Neogene of China, and is largely in agreement with the paleomagnetic results.