

doi:10.3799/dqkx.2010.097

柴达木盆地大柴旦地区大红沟古近纪 孢粉组合序列与地层对比

路晶芳^{1,2}, 宋博文^{1,2}, 陈锐明³, 张健钰^{1,2}, 叶 荷^{1,2,4}

1. 中国地质大学生物地质与环境地质教育部重点实验室, 湖北武汉 430074

2. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

3. 西安地质矿产研究所, 陕西西安 710054

4. 广东省地质局七五六地质大队, 广东惠州 516000

摘要: 通过分析青藏高原柴达木盆地大柴旦地区大红沟剖面古近纪孢粉化石记录, 揭示该地区古新世—渐新世存在多次冷暖干湿波动。大红沟剖面自下而上划分为5个孢粉组合带: 路乐河组上部的 *Quercoidites-Ephedripites-Meliaceoidites* 属于晚古新世—早始新世; 路乐河组上部到下干柴沟组底部的 *Quercoidites-Piceapollenites-Meliaceoidites* 属于中始新世; 下干柴沟组中部的孢粉组合是 *Ephedripites-Qinghaipollis-Nitrariadites* 的时代为晚始新世—早渐新世; 上干柴沟组下部的孢粉组合 *Ephedripites-Chenopodi pollis-Nitrariadites* 时代为渐新世中期; 上干柴沟组上部的孢粉组合 *Betulaepollenites-Ephedripites-Pinus* 的时代为渐新世晚期。大红沟剖面孢粉组合与西北地区的塔里木盆地、柴达木盆地和西宁—民和盆地的孢粉组合可以进行较好的对比。

关键词: 柴达木盆地北缘; 孢粉组合带; 地层对比; 新生代盆地。

中图分类号: Q914

文章编号: 1000-2383(2010)05-0839-10

收稿日期: 2010-05-31

Palynological Assemblage of Eocene-Oligocene Pollen and Their Biostratigraphic Correlation in Dahonggou, Daqaidam Area, Qaidam Basin

LU Jing-fang^{1,2}, SONG Bo-wen^{1,2}, CHEN Rui-ming³, ZHANG Jian-yu^{1,2}, YE He^{1,2,4}

1. Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

3. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China

4. No. 756 Geological Party, Guangdong Bureau of Geology, Huizhou 516000, China

Abstract: Based on the data of palynology from the Dahonggou Section, Daqaidam area in northeast marginal Qaidam basin, 5 palynological assemblages are recognized as follows: *Quercoidites-Ephedripites-Meliaceoidites* from the upper Lulehe Formation belongs Early Eocene; *Quercoidites-Piceapollenites-Meliaceoidites* from the bottom of Lower Ganchaigou Formation belongs to Middle Eocene; *Ephedripites-Qinghaipollis-Nitrariadites* from the middle of Lower Ganchaigou Formation belongs to Later Eocene-Early Oligocene; *Ephedripites-Chenopodi pollis-Nitrariadites* from the bottom of Upper Ganchaigou Formation belongs to Middle Oligocene; *Betulaepollenites-Ephedripites-Pinus* from the top of Upper Ganchaigou Formation belongs to Late Oligocene. Palynological assemblage from the Tarim basin, Qaidam basin and Xining-Minhe basin can be well compared.

Key words: northern margin of Qaidam basin; palynological assemblage; biostratigraphic correlation; Cenozoic basin.

柴达木盆地是我国西北地区的一个大型陆相沉积盆地, 盆地内发育古近系和新近系河湖相沉积, 古近纪和新近纪时期湖泊占据了盆地腹地的广大区域。盆地

自始新世以来沉积了巨厚的新生代地层(Zhang *et al.*, 2010), 沉积过程较完整地保存了新生代以来青藏高原隆升和盆地演化的重要信息, 是研究青藏高原环境效

应和古气候植被变化的理想地区。

1 地质背景和剖面概况

1.1 地质背景

新生代期间,柴达木盆地的演化受祁连山构造带、阿尔金构造带和东昆仑构造带的共同影响,古新世为无沉积的隆起区,始新世早期初始拗陷接受河湖相沉积(Zhang *et al.*, 2010)。

古近纪地层自下而上可以划分为路乐河组、下干柴沟组和上干柴沟组(孙崇仁,1997;张克信等,2007)。路乐河组主要岩性为棕褐色、紫红色砂砾岩、含砾砂岩,褐色、棕红色砂岩、泥岩、砂质泥岩以及泥质粉砂岩,与白垩系呈不整合接触。上干柴沟组和下干柴沟组在整个盆地分布范围很广泛,为半干旱气候条件下的洪积—河流—湖泊相沉积,具有下粗上细的特点。岩性为钙质泥岩、砂质泥岩与砂岩互层,与路乐河组为整合接触关系(青海石油管理局勘探开发研究院和中国科学院南京地质古生物研究所,1985;宋春晖,2006;荣建锋,2009)。

1.2 剖面概况

本文野外实测大红沟剖面位于柴达木盆地北缘,隶属于青海省大柴旦行政区,研究区古近纪—新近纪地层出露良好。该剖面起点坐标:95.211 786 7°E,

37.486 49°N(图 1)。

孢粉样品采自柴达木盆地北缘大红沟古近系路乐河组、下干柴沟组和上干柴沟组,系统采集样品 203 块。经实验室处理后,进行鉴定和统计,根据获得的孢粉化石建立孢粉组合带,讨论该地区路乐河组、下干柴沟组和上干柴沟组的形成时代及区域生物地层对比。

2 柴达木盆地大红沟剖面孢粉组合特征

经过分析,在 76 个层位见到孢粉化石,共计 42 属 68 种。鉴定结果如图 2 和图 3,化石放大倍数均为 800 倍,所有标本皆保存于中国地质大学生物地质与环境地质教育部重点实验室微体古生物孢粉分室。

根据多种植物类型的孢粉属种及其丰度在剖面上的变化,自下而上划分为 5 个孢粉组合带(图 4)。各个孢粉组合带的特征分述如下。

(1) 组合带 I: *Quercoidites-Ephedripites-Meliaceoidites*组合带(1~31 层;0~391.54 m;路乐河组)。该组合带被子植物花粉占优势,裸子植物占据次要位置,蕨类植物孢子零星出现。本组合特征是含有较多量的阔叶植物(14.2%~47.1%)、针叶植物(2.1%~29.4%)和干旱植物(0%~29.7%),少量的蕨类植物(0%~4.2%)。阔叶植物主要有楝(*Melia*)、栎(*Quercus*)、栗(*Castanea*)、桦(*Betula*)、

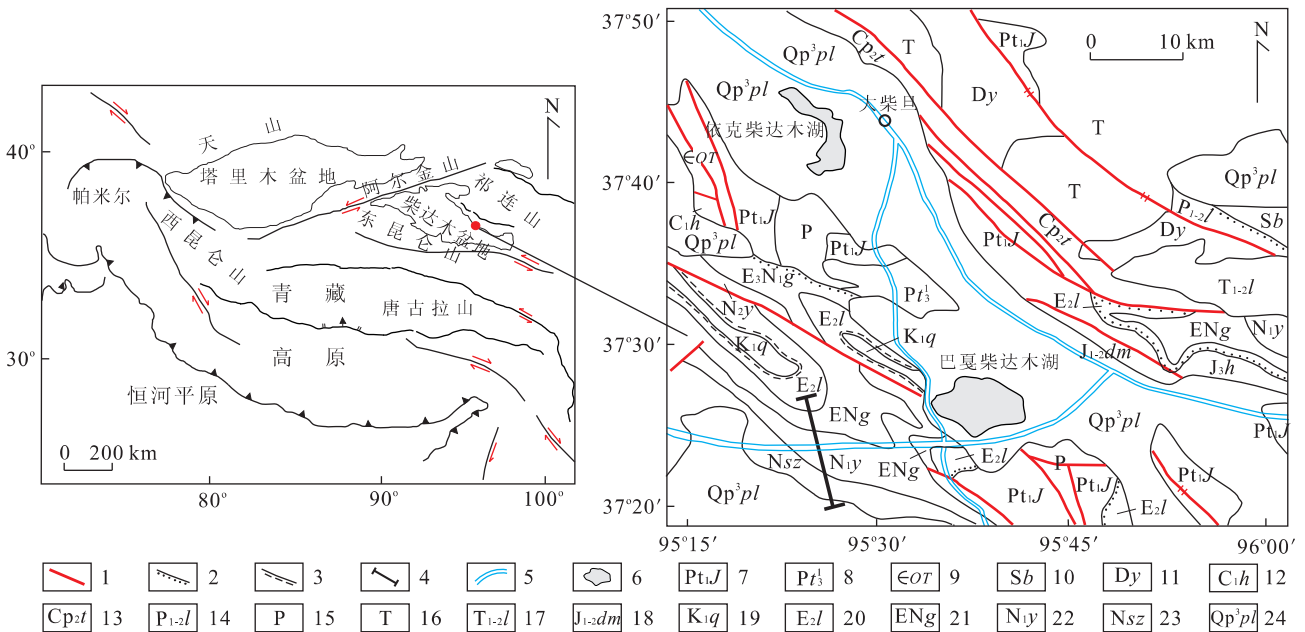


图 1 大柴旦地区交通位置与地质简图

Fig. 1 Geological map and the location of studied section of Daqidam

1. 断层; 2. 鱼卡组; 3. 花岗闪长岩; 4. 靳门沟组; 5. 金水口岩群; 6. 拉卜查日组; 7. 三叠系; 8. 侏罗系; 9. 犬牙沟组; 10. 路乐河组; 11. 干柴沟组; 12. 油砂山组; 13. 狮子沟组; 14. 第四纪洪积; 15. 湖泊; 16. 研究点



图2 柴达木盆地大柴旦地区大红沟剖面蕨类和裸子植物孢子主要类型属种化石

Fig. 2 Representative photographs of fern and gymnosperm spore from the Dahonggou Section in Daqaidam area, Qaidam basin
1, 2, 3. *Polypodium* sp. 水龙骨单缝孢类; 4, 5, 8. *Pinus* 松属; 6. *Podocarpus* 罗汉松属; 7. *Picea* 云杉属

榆(*Ulmus*), 芸香粉(*Rutaceipollis*)、桦木科(*Betulaceae*)均可见, 刺三孔沟粉属、藜粉属、山萝卜粉属零星可见, 拟白刺粉属有一定出现. 针叶植物主要有松(*Pinus*), 以小型小囊单束松粉盒小型双束松粉为主, 还可见罗汉松(*Podocarpus*)、雪松(*Cedrus*), 杉科的破隙杉(*Taxodia hiatus*)也有很高含量. 干旱的灌木和草本植物主要有麻黄(*Ephedra*), 且种类繁多. 蕨类植物孢子少见, 以水龙骨(*Polypodium*)和凤尾蕨孢(*Pterisporites*)为主.

(2) 组合带 II: *Quercoidites-Piceapollenites-Meliaceoidites* 组合带 (32 ~ 88 层; 391.54 ~ 1002.58 m; 下干柴沟组). 该组合以被子植物为主, 裸子植物花粉次之, 其中松柏类具囊花粉比例有一定的提高, 蕨类植物孢子零星可见. 本组合特征是由阔叶植物(14.2%~26.8%)、针叶植物 12.5%~26.4%)、灌木和干旱植物(0%~29.7%), 少量的蕨类植物(0%~4.2%). 阔叶植物主要以楝(*Melia*)、栎(*Quercus*)为主, 桦(*Betula*)也有少量出现, 芸香粉(*Rutaceipollis*)、漆树粉(*Rhoipites*)、栗粉属(*Cupuliferopollenites*)有一定量出现. 藜粉属出现繁盛的局面, 禾本粉属、三沟粉属开始出现, 拟白刺粉属和青海粉属有较多量出现. 针叶植物主要有云杉粉(*Pines*)、松(*Pinus*), 以小型小囊单束松粉盒小型

双束松粉为主, 还可见罗汉松(*Podocarpus*)、云杉(*Picea*)、雪松(*Cedrus*)出现. 杉科的破隙杉(*Taxodia hiatus*)也有较高含量(3.4%~6.7%). 干旱的灌木有蒿粉(*Artemisiaepollenites*), 草本植物主要有麻黄(*Ephedra*), 含量较上一阶段有明显的下降. 蕨类植物孢子零星可见, 以三角孢(*Deltoidospora*)和凤尾蕨孢(*Pterisporites*)为主.

(3) 组合带 III: *Ephedripites-Qinghaipollis-Nitrariadites* 组合带 (89 ~ 168 层; 1002.58 ~ 1613.37 m; 下干柴沟组). 该组合以被子植物为主, 裸子植物花粉次之, 蕨类植物孢子个别出现. 被子植物中拟白刺粉(*Nitrariadites*)含量占 41.0%~52.4%, 具有绝对的优势地位. 草本旱生植物花粉青海粉(*Qinghaipollis*)种类较多. 阔叶乔木植物花粉栗粉属(*Cupuliferopollenites*)、栎粉属(*Quercoidites*)以及桦(*Betula*)含量较少, 比 II 有明显的减少. 麻黄(*Ephedra*)含量较 II 又有所上升. 松柏类具气囊花粉主要以松粉属(*Pinus*)为主, 其他的包括(*Cedrus*)、云杉(*Picea*)、杉科的破隙杉(*Taxodia hiatus*)以及铁杉(*Tsuga*)和落叶松(*Larix*), 云杉(*Picea*)的含量较 II 有明显的下降. 水生植物眼子菜(*Potamogeton*)含量比较丰富, 占 4.7%. 草本植物主要有麻黄(*Ephedra*), 含量基本与上一阶段持平.

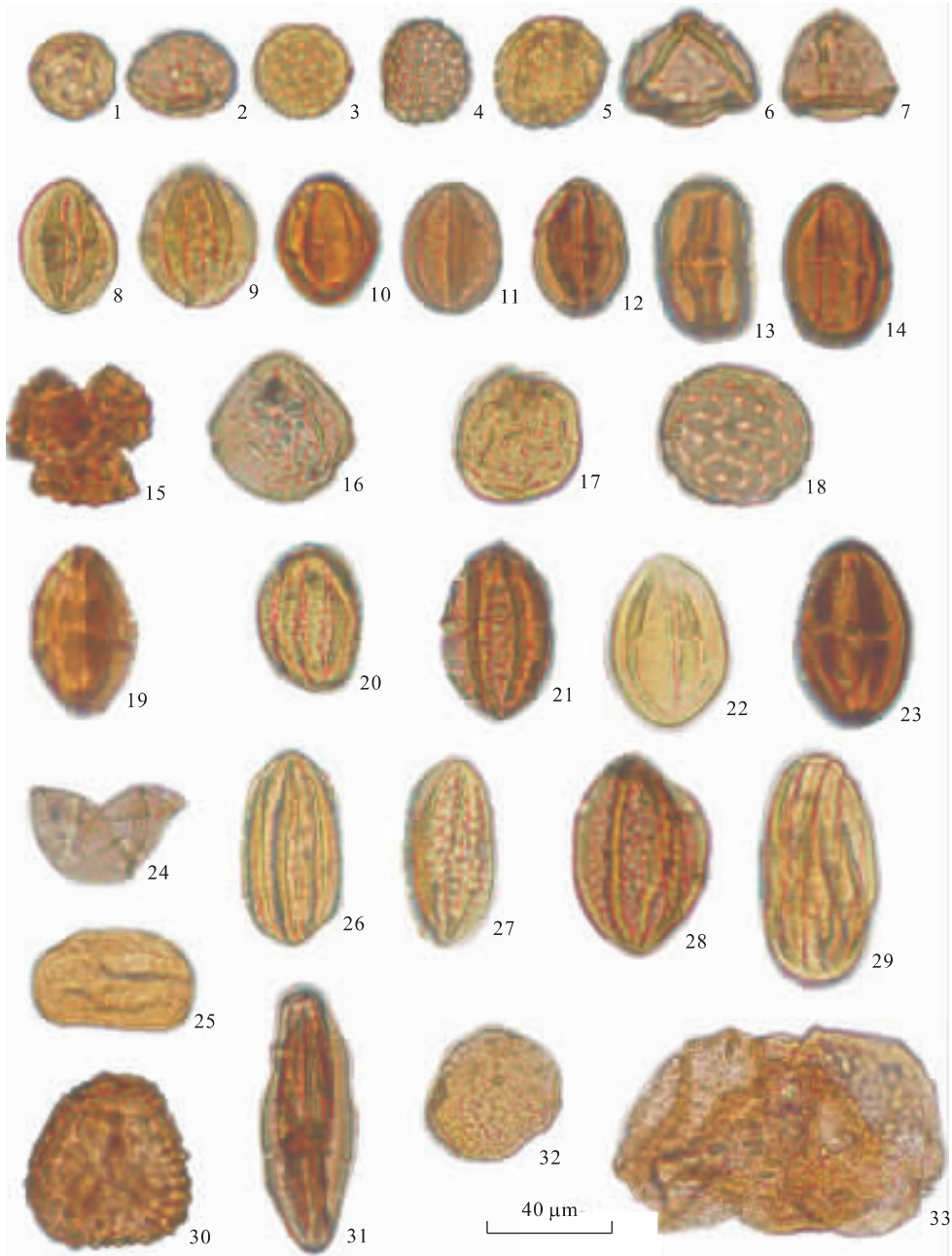


图 3 柴达木盆地大柴旦地区大红沟剖面被子植物花粉主要类型属种化石

Fig. 3 Representative photographs of angiosperm pollen grains from the Dahonggou Section in Daqaidam area, Qaidam basin

1,2,3,4,5,17,18. *Chenopodiipollis* sp. 藜粉; 6. *Ulmoideipites tricostatus* 三孔脊榆粉; 7. *Betulaepollenites* sp. 桦粉(未定种); 8. *Quercoidites microhenrici* 小亨氏栎粉; 9. *Q. asper* 粗糙栎粉; 10,14,19,23. *Nitrariipollis* sp. 白刺粉; 11,12,22. *Meliaceoidites* sp. 楝粉; 13. *Meliaceoidites rhomboiporus* 菱孔楝粉; 15,19. *Compositapollenites* sp. 菊粉; 16. *Ulmipollenites* sp. 榆粉; 20,21,26,27,28,29,31. *Ephedripites* 麻黄粉; 24. *Taxodiaceapollenites hiatus* 破隙杉粉; 25. *Polypodiaceoisporites* sp. 水龙骨单缝孢; 30. *Pterisisporites* sp. 凤尾蕨孢; 32. *Osmundacidites* 紫萁孢; 33. *Piceapollenites alatus* 具囊云杉粉

蕨类植物孢子少见,以水龙骨(*Polypodium*)为主。

(4) 组合带 IV: *Ephedripites-Chenopodiipollis-Nitrariadites* 组合带(169~209层; 1 613.37~2 025.91 m; 上干柴沟组)。该组合中裸子植物与被子植物花粉含量接近,蕨类零星出现。被子植物中 *Nitrariadites* 含量具有很大的优势地位,占

39.5%~53.4%。阔叶乔木植物楝(*Melia*)、栎(*Quercus*)为主,桦(*Betula*)较为少见,呈现逐渐消退的趋势。藜粉属(*Chenopodiipollis*)含量有明显的升高,约为31.6%~41.3%。管花菊粉属(*Tubulifloridites*)也出现较多种类。草本旱生植物花粉青海粉(*Qinghaiipollis*)和拟白刺粉(*Nitrariadites*)含

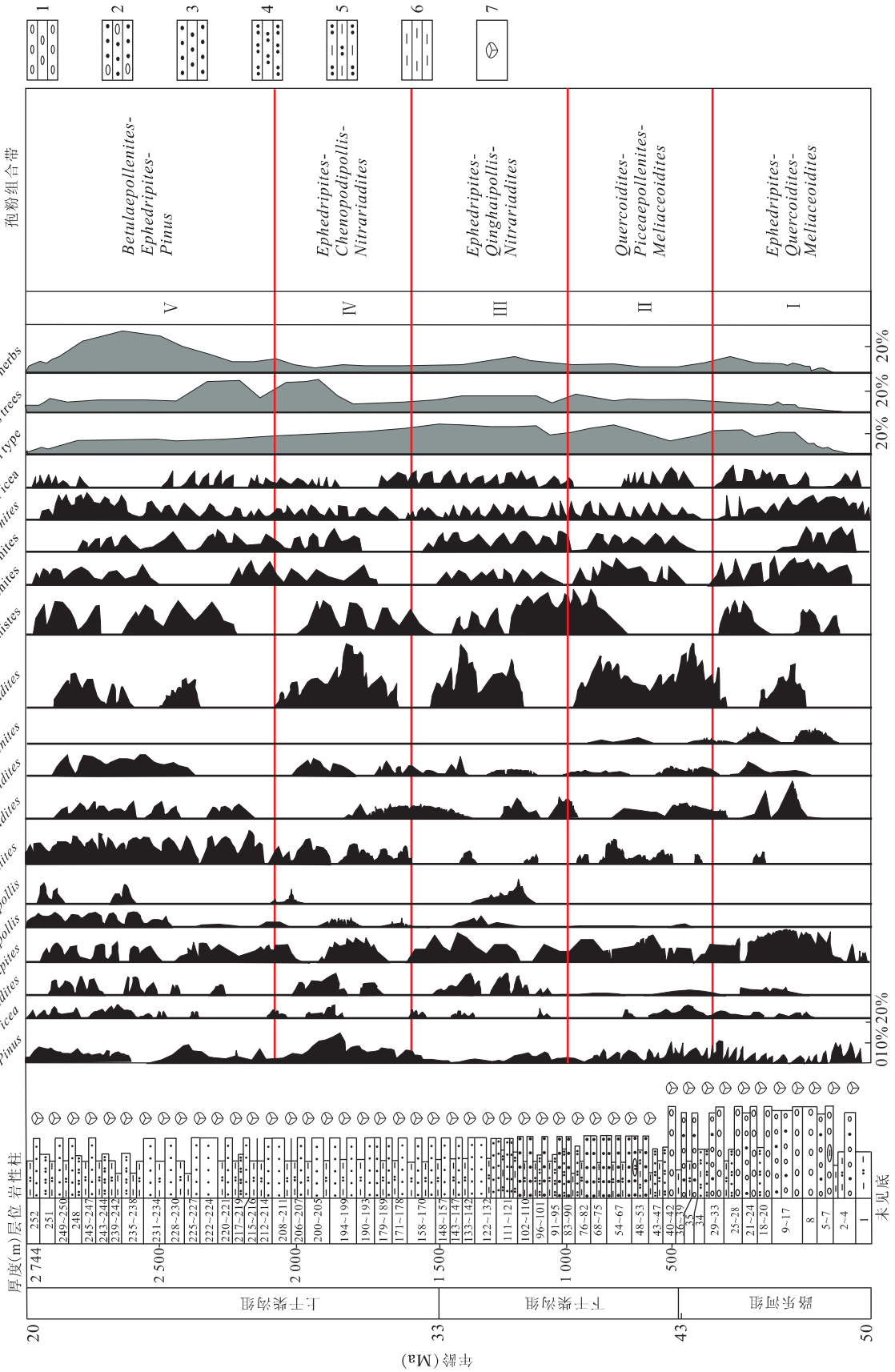


图 4 柴达木盆地北缘大柴旦大红沟剖面路乐河组-上干柴沟组孢粉图谱与孢粉组合带

Fig. 4 Palynological diagram and major vegetation changes in Lulehe Formation-Upper Ganchaigou Formation from Dahonggu Section in Daqaidam area, Qaidam basin

1. 砾岩; 2. 含砾砂岩; 3. 粗砂岩; 4. 粉砂岩; 5. 含砾泥岩; 6. 泥岩; 7. 孢粉化石点; 图中百分数为各种孢粉不同植被类型所占比例

量有了一定程度的下降. 水生植物花粉出现了黑三棱粉 (*Sparganium*) 和眼子菜 (*Potamogeton*), 含量不高.

(5) 组合带 V: *Betulaepollenites-Ephedripites-Pinus* 组合带(210~252 层; 2 025. 91~2 744. 22 m; 上干柴沟组). 该组合中裸子植物与被子植物花粉含量接近, 蕨类孢子的含量为整个剖面的最高值. 被子植物中乔木花粉以桦科 (*Betula*) 为主, 以及榆 (*Ulmus*)、胡桃科 (*Juglandaceae*) 也占有一定数量. 干旱植物类型主要是灌木植物麻黄 (*Ephedra*) 和草本植物藜粉属 (*Chenopodiipollis*), 拟白刺粉 (*Nitrariadites*)、蒿粉 (*Artemisiaepollenites*) 和管花菊粉属 (*Tubulifloridites*) 也有出现. 松柏类植物以松 (*Pines*)、云杉 (*Picea*)、雪松 (*Cedrus*) 较为常见. 水生植物花粉零星出现了黑三棱粉 (*Sparganium*) 和眼子菜 (*Potamogeton*), 莎草粉属 (*Cyperaceae*) 也开始零星出现. 蕨类植物以凤尾蕨 (*Pterisporites*) 和水龙骨 (*Polypodium*) 为主, 海金沙孢 (*Lygodioidisporites*)、石松孢 (*Lycopodiumsporites*) 也有一定量出现.

3 地层对比

古近纪青藏高原所在的西北地区属于暖温带至亚热带旱生孢粉组合面貌, 涵盖了昆仑山、积石山、秦岭以北、大兴安岭以西广阔的西北地区, 包括新疆、青海、宁夏、陕西和内蒙古自治区 (李吉均和方小敏, 1998). 但发现的孢粉组合产地有限, 主要分布点在塔里木盆地西部、柴达木盆地西部和中北部, 青海西宁—民和盆地及内蒙古西南地区. 本区内同时代地层中所发现的孢粉组合面貌较为相似. 与海南岛、

雷州半岛的孢粉组合带具有相同或相近的属种, 具有横向可比性 (图 5). 古近纪孢粉植物群以旱生植物孢粉发育为主要标志, 古新世时期的孢粉中正型粉类和山龙眼类花粉有一定含量, 孢子植物稀少 (陈隆勋等, 1997; 葛肖虹等, 2006; Behrensmeyer *et al.*, 2007).

3.1 始新世

早始新世孢粉植物群见于塔里木盆地西部齐姆根组上段 *Ephedripites-Quercoidites-Tricolpollenites* 和中北部阿克苏温宿县小库孜拜组下段上部及青海西宁—民和盆地祁家川组三、四段至洪沟组一、二段 *Ephedripites-Fagaceae-Meliaceae-Nitrariadites*. 与古新世孢粉植物群相比, 占优势的仍然是种类复杂的麻黄科花粉, 而具气囊的松科花粉已显得很不重要, 被子植物花粉以山毛榉科和榆科常见. 其余的有无患子科、大戟科花粉, 尚见有古老类型 *Momipites* 的先驱种, *Nanlingpollis*, *Triporopollenites naconodus* 和 *Echitriporites* 等正型粉类山龙眼类和裸子植物的 *Parcisporites* 基本消失. 蕨类植物孢子在塔里木盆地中北部和西宁—民和盆地异常发育, 主要为凤尾蕨科 (以 *Polypodiaceoisporites* 为主), 其他地区很不发育 (宋之琛, 1958; 王开发等, 1975; 王大宁等, 1990; 张一勇和詹家甄, 1991; 宋春晖, 2006). 牛堡组第一组合 *Taxodium-Taxaceae-Ulmus* 的时代是中始新世. 牛堡组第二组合 *Pinus-Picea* 松柏类分子为主的时代是晚始新世—早渐新世. 路乐河组上部到下干柴沟组底部的 *Quercoidites-Piceapollenites-Meliaceoidites* 应该属于中始新世—晚始新世, 介于牛堡组第一、第二组合之间 (孙崇仁, 1997).

地层分区	柴达木盆地大柴旦长山梁剖面 (本文)	塔里木盆地喀什凹陷巴什布拉克剖面 (张一勇, 1991)	青海省西宁—民和盆地 (王大宁, 1990)	西藏伦坡拉盆地 (王开发, 1975)	海南岛、雷州半岛 (李建国, 1998; 雷作洪, 1985)
渐新统 E ₃	23.0 25.8	<i>Pterisporites-Ephedripites</i> <i>Nitrariadites</i> <i>Qinghaipollis</i> 青海粉 <i>Quercoidites</i> 栎粉 <i>Meliaceoidites</i> 槲粉 <i>Chenopodiipollis</i> 藜粉	<i>Chenopodiipollis-Ulmipollenites-Pinaceae</i>	<i>Pinus-Picea</i> <i>Ginkgo</i> 银杏 <i>Cedrus</i> 雪松 <i>Podocarpus</i> 罗汉松 <i>Tsuga</i> 铁杉 <i>Quercus</i> 栎 <i>Rhus</i> 漆树 <i>Nyssa</i> 紫树 <i>Magnolia</i> 木兰 <i>Pterocarya</i> 枫树 <i>Carylus</i> 榛 <i>Carya</i> 山核桃	<i>Tricolporopollenites-Pinus</i> <i>Nanhaiensis</i> 南海粗网孢 <i>Graminidites</i> 禾本科 <i>Chenopodiipollis</i> 藜粉 <i>Polygonum</i> 蓼属 <i>Artemisiaepollenites</i> 蒿属
	28.5 31.3				
	34.0				
始新统 E ₂	39.5	<i>Ephedripites-Quercoidites-Nitrariadites-Meliaceoidites</i>	<i>Ephedripites-Fagaceae-Meliaceae-Nitrariadites</i> <i>Abiespollenites</i> 冷杉 <i>Quercus</i> 栎 <i>Castanea</i> 栗 <i>Betula</i> 桦 <i>Ulmus</i> 榆 <i>Rutaceipollis</i> 芸香 <i>Tsuga</i> 铁杉	<i>Taxodium-Taxaceae-Ulmus</i> <i>Pterocarya</i> 枫杨 <i>Juglans</i> 胡桃 <i>Proteaceae</i> 山龙眼科 <i>Quercus</i> 栎 <i>Palmae</i> 棕榈 <i>Lauraceae</i> 樟科 <i>Ilex</i> 冬青 <i>Myrtaceae</i> 桃金娘科 <i>Taxodium</i> 落羽杉 <i>Osmunda</i> 紫杉科 <i>Taxodiaceae</i> 杉科	<i>Quercoidites-Cupuliferoipollenites</i> 三沟、三孔沟类 <i>Rhus</i> 漆树 <i>Proteaceae</i> 山龙眼粉 具囊松柏类花粉
	45.0				
	50.5	<i>Ephedripites-Quercoidites-Tricolpollenites</i>	<i>Echitriporites-Celtispollenites-Polypodiaceoisporites</i>		
	53.0				

图 5 柴达木盆地大柴旦地区大红沟剖面古近纪孢粉组合带区域生物地层对比

Fig. 5 Palynological assemblage in Dahonggou Section in Daqaidam area, Qaidam basin and biostratigraphic correlation

中始新世孢粉植物群见于塔里木盆地西部卡拉塔尔组至乌拉根组、柴达木盆地路乐河组和西宁—民和盆地洪沟组3段(青海石油管理局勘探开发研究院和中国科学院南京地质古生物研究所,1985; Fang *et al.*, 2007). 其孢粉植物群有两种类型:一种类型以塔里木盆地西部天山山前地区和柴达木盆地为代表,它们以裸子植物和被子植物花粉分别占有优势,其中主要为麻黄科、壳斗科和蒺藜科花粉,孢子植物很少;另一类以塔里木盆地西部昆仑山前地区孢粉植物群为代表,它们以蕨类植物孢子占据绝对优势,其母体植物有海金沙科、凤尾蕨科、水龙骨科。裸子植物和被子植物花粉常见的种属与其他地区所见种属类似,以麻黄科、壳斗科和蒺藜科为主(Miller *et al.*, 1987). 本文研究的大柴旦大红沟剖面路乐河组上部的 *Quercoidites-Ephedripites-Meliaceoidites* 孢粉组合与上述地区的早始新世的孢粉组合可以进行对比,时代为早始新世。

3.2 渐新世

柴达木盆地北缘大柴旦地区下干柴沟组中部的孢粉组合是 *Ephedripites-Qinghaipollis-Nitrariadites*. 该组合中的松柏类花粉明显增加;被子植物中仍然以三沟和三孔沟为主,栎粉属、拟白刺属和藜粉属有所增加。松柏类花粉是在渐新世以后逐步增多。桦科植物在晚始新世—早渐新世开始广泛分布。该组合与牛堡组第二组合接近,两个地区的孢粉组合都是以三沟和三孔沟的被子植物花粉为主,以及松柏类花粉。牛堡组第二组合的时代为晚始新世—早渐新世,下干柴沟组中部也应该属于这个时代(宋之琛等,1983; Miao *et al.*, 2008).

实测剖面柴达木盆地北缘大柴旦地区上干柴沟组下部的孢粉组合 *Ephedripites-Chenopodiipollis-Nitrariadites*, 可以与塔里木盆地西部克孜洛依组下部,西宁—民和盆地马哈拉沟组的 *Chenopodiipollis-Ulmiipollenites-Pinaceae* 组合进行对比(张一勇和詹家甄,1991),西南区主要包括西藏南部、广东南部和广西等西南地区。始新世晚期典型组合见于伦坡拉盆地牛堡组,下段上部和昌都地区贡觉组(刘牧灵,1987, 1990; 李曼英,1989; 李曼英和秦国荣,1994; 梁明媚,2001),其时代为渐新世中期;特点是具气囊松柏类、麻黄科和蒺藜科花粉丰富,榆科、桦科花粉再度发育,此时并没有形成优势种,壳斗科花粉逐渐减少,但依然居重要位置,菊科、藜科等双子叶草本被子植物花粉普遍出现,有部分层位产量较为丰富。

柴达木盆地北缘大柴旦地区上干柴沟组上部的孢粉组合 *Betulaepollenites-Ephedripites-Pinus* 可以与西宁—民和盆地 *Ulmiipollenites-Pinaceae* 组合、吉林珲春煤矿 *Quercoidites-Pinus-Cupuliferoiipollenites* 组合、以及海南岛雷州半岛涠洲组的 *Tricolporopollenites-Pinus* 组合进行对比。本组合中有一定数量的草本植物花粉,如禾本科粉、藜粉、蓼属和蒿属等。前人研究认为草本植物起源于渐新世,繁盛于中新世后,也有人认为在渐新世晚期即已经相当发育。因此,草本被子植物花粉的出现,标志着本组属于古近纪的后期或新近纪的早期(王开发等,1975; Wade and Kroon, 2002). 本组合较前两个组合出现了较多的双气囊花粉。

北半球古近纪晚期以桤木粉、松粉作为优势分子的孢粉组合,在国内也很多。雷州半岛和北部湾的涠洲组(雷作淇,1985; 李建国和张一勇,1998),江汉盆地的荆河镇组、青海西宁—民和盆地的谢家组下部、陕西渭河盆地户县群、新疆莎车坳陷克孜洛依组、库车盆地的苏维依组上部—吉迪克组下部和柴达木盆地地下干柴沟组的孢粉组合面貌都是以松粉、云杉粉、桦科和朴粉等占优势以及较多亚热带成分为特征,反映出温凉干燥的亚热带气候特征(Wang, 1984). 由于地理位置的不同和沉积环境差异,在不同区域的孢粉组合中也存在明显的差别。西北地区的孢粉组合中云杉、朴粉和藜粉更为发育。

古近纪晚期,北半球的东亚地区由于气候逐渐变凉,孢粉组合中出现了以松科和桦科花粉占显著地位的现象(孙湘君和何月明,1980; 宋之琛等,1986). 在华北地区的东营组、江汉盆地的荆河镇组、广东茂名盆地的尚村组、雷州半岛和北部湾的涠洲组以及珠江口盆地的珠海组孢粉组合中有所反映,在台湾国姓和基隆地区上渐新统中也有所反映(郭双兴,1979; 金建华等,2002; 寇香玉,2005; 姚轶锋,2006). 渐新世晚期全球气温变凉的趋势向东也波及到台湾地区和东海盆地(Ramstein *et al.*, 1997; Zachos *et al.*, 2001).

4 结论

(1)柴达木盆地北缘大柴旦地区大红沟剖面自下而上划分为5个孢粉组合带。路乐河组上部的 *Quercoidites-Ephedripites-Meliaceoidites* 属于早始新世;路乐河组上部到下干柴沟组底部的 *Quercoidites-Piceaepollenites-Meliaceoidites* 应该属于

中始新世;下干柴沟组中部的孢粉组合是 *Ephedripites-Qinghai pollis-Nitrariadites*, 时代为晚始新世—早渐新世;上干柴沟组下部的孢粉组合是 *Ephedripites-Chenopodipollis-Nitrariadites*, 其时代为渐新世中期;上干柴沟组上部的孢粉组合 *Betulaepollenites-Ephedripites-Pinus* 的时代为渐新世晚期。

(2)柴达木盆地、塔里木盆地和西宁—民和盆地的纬度接近,孢粉组合带的横向对比较为一致;3个盆地又因为距离青藏高原腹地和海洋的远近有所不同,植被组合面貌存在一定的差异。西藏伦坡拉盆地位于藏北高原南部,纬度相对较低,因此同时代沉积地层中化石所反映的热带、亚热带植被更占优势。伦坡拉盆地海拔较海南岛、雷州半岛高,孢粉组合面貌又存在一定的差异。海南岛以及雷州半岛沉积盆地的新生代沉积连续,孢粉组合反映了从古新世到上新世均可见含量丰富的孢粉,热带、亚热带的植物花粉占有重要位置,可以与马来西亚、马绍尔群岛及泛热带地区孢粉组合带进行良好对比。

References

- Behrensmeier, A. K., Quade, J., Cerling, T. E., et al., 2007. The structure and rate of Late Miocene expansion of C_4 plants: evidence from lateral variation in stable isotopes in paleosols of the Siwalik Group, northern Pakistan. *Geological Society of America Bulletin*, 119: 1486—1505.
- Sun, C. R., 1997. Stratigraphy of Qinghai Province. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Chen, L. X., Liu, J. P., Zhou, X. J., et al., 1997. Impact of uplift of Qinghai-Xizang plateau and change of land-ocean distribution on climate over Asia. *Quaternary Sciences*, 4: 314—329 (in Chinese with English abstract).
- Fang, X. M., Zhang, W. L., Meng, Q. Q., et al., 2007. High-resolution magnetostratigraphy of the Neogene Huaitoutala Section in the eastern Qaidam basin on the NE Tibetan plateau, Qinghai Province, China and its implication on tectonic uplift of the NE Tibetan plateau. *Earth and Planetary Science Letters*, 258: 293—306.
- Ge, X. H., Ren, S. M., Ma, L. X., et al., 2006. Multi-stage uplifts of the Qinghai-Tibet plateau and their environmental effects. *Earth Science Frontiers*, 13(6): 118—130 (in Chinese with English abstract).
- Guo, S. X., 1979. Later Cretaceous and Early Tertiary palaeovegetation and significance of the stratum in north of Guangdong Province and Guangxi Province. In: Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Nanjing Institute, of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, eds., Red-bed of Mesozoic and Cenozoic in North China. Science Press, Beijing, 223—230 (in Chinese).
- Jin, J. H., Liao, W. B., Wang, B. S., et al., 2002. Paleodiversification of the environment and plant community of Tertiary in Hainan Island. *Acta Ecologica Sinica*, 22(3): 425—432 (in Chinese with English abstract).
- Kou, X. Y., 2005. Studies on quantitative reconstruction of Cenozoic climates in China by palynological data (Dissertation). The Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing (in Chinese).
- Lei, Z. Q., 1985. Tertiary spore-pollen assemblage of Zhujiaokou basin and its stratigraphical significance. *Journal of Integrative Plant Biology*, 27(1): 94—105 (in Chinese with English abstract).
- Li, J. G., Zhang, Y. Y., 1998. Neogene palynofloras from east offshore, Hainan Island. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 15(3): 323—330 (in Chinese with English abstract).
- Li, J. J., Fang, X. M., 1999. Uplift of the Tibetan plateau and environmental changes. *Chinese Science Bulletin*, 44(23): 2117—2124.
- Li, M. Y., 1989. Spore-pollen from Shanghu Formation of Early Paleocene in Nanxiong basin, Guangdong. *Acta Palaeontologica Sinica*, 28(6): 741—749 (in Chinese with English abstract).
- Li, M. Y., Qin, G. R., 1994. Paleocene sporopollen from the Buxin Group of the Longgui basin, Guangdong. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 11(1): 55—69 (in Chinese with English abstract).
- Liang, M. M., 2001. Palynology, palaeoclimate and palaeoecology of the Miocene Shanwang basin, Shandong Province (Dissertation). The Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing (in Chinese).
- Liu, M. L., 1987. Paleocene sporopollen in Hunchun coal field, Jilin Province. In: Editorial Board for Chinese Academy of Geological Sciences Memoir Geological Paleontology, ed., Memoir of geological paleontology (volume 17). Geological Publishing House, Beijing, 167—196. (in Chinese).
- Liu, M. L., 1990. Upper Cretaceous and Tertiary palyno-assemblage sequences in Northeast China. *Journal of Stratigraphy*, 14(4): 277—285 (in Chinese with English abstract).
- Miao, Y. F., Fang, X. M., Song, Z. C., et al., 2008. Late Eocene pollen records and palaeoenvironmental changes in northern Tibetan plateau. *Science in China (Ser. D)*, 51(8): 1089—1098.
- Miller, K. G., Fairbanks, R. G., Mountain, G. S., 1987. Tertiary oxygen isotope synthesis, sea level history, and continental

- margin erosion. *Paleoceanography*, 2: 1—19.
- Ramstein, G., Fluteau, F., Besse, J., et al., 1997. Effect of orography, plate motion and land-sea distribution on Eurasian climate change over the past 30 million years. *Nature*, 386: 788—795.
- Research Institute of Exploration and Development, Qinghai Petroleum Administration, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academy Sinica, 1985. A research on Tertiary palynology from the Qaidam basin, Qinghai Province. Petroleum Industry Press, Beijing (in Chinese).
- Rong, J. F., 2009. High frequency cyclostratigraphy of Shangyoushashan Formation and Xiayoushashan Formation in the Ganchaigou area, western Qaidam basin (Dissertation). Chengdu University of Technology, Chengdu (in Chinese).
- Song, C. H., 2006. Tectonic uplift and Cenozoic sedimentary evolution in the northern margin of the Tibetan plateau (Dissertation). Lanzhou University, Lanzhou (in Chinese).
- Song, Z. C., 1958. Tertiary spore and pollen complexes from the red beds of Chiuchuan, Kansu and their geological and botanical significance. *Acta Palaeontologica Sinica*, 6(2): 159—167 (in Chinese with English abstract).
- Song, Z. C., Li, M. Y., Zhong, L., 1986. Cretaceous and Palaeogene spore and pollen complexes in Sanshui basin, Guangdong Province. Science Press, Beijing, 1—169 (in Chinese).
- Song, Z. C., Li, W. B., He, C. Q., 1983. Cretaceous and Palaeogene palynofloras and distribution of organic rocks in China. *Scientia Sinica (Ser. B)*, 26: 538—549.
- Sun, C. R., 1997. Stratigraphy of Qinghai Province. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Sun, X. J., He, Y. M., 1980. Research about Pleogene sporopollen in Jiangxi Province. Science Press, Beijing, 1—143 (in Chinese).
- Wade, B. S., Kroon, D., 2002. Middle Eocene regional climate instability: evidence from the western North Atlantic. *Geology*, 30(11): 1011—1014.
- Wang, D. N., Sun, X. Y., Zhao, Y. N., et al., 1990. Palynological assemblage of Later Cretaceous and Palaeogene in Qinghai and Xinjiang Province. China Environmental Science Press, Beijing, 1—179 (in Chinese).
- Wang, K. F., Yang, J. W., Li, Z., et al., 1975. On the Tertiary spore-pollen assemblages from Lunpola basin of Xizang, China and their palaeogeographic significance. *Chinese Journal of Geology*, 4: 366—374 (in Chinese with English abstract).
- Wang, P. X., 1984. Progress in Late Cenozoic palaeoclimatology of China: a brief review. In: Whyte, R., ed., Proceeding of the first conference on the palaeoenvironment of East Asia. The Hongkong University Press, Hongkong, 165—187.
- Yao, Y. F., 2006. Eocene palynoflora from Changchang basin, Hainan Island and its bearing on the implications of palaeovegetation and palaeoclimate (Dissertation). The Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing (in Chinese).
- Zachos, J., Pagani, M., Sloan, L., et al., 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science*, 292: 686—693.
- Zhang, K. X., Wang, G. C., Ji, J. L., et al., 2010. Paleogene-Neogene stratigraphic realm and sedimentary sequence of the Qinghai-Tibet plateau and their response to uplift of the plateau. *Science in China (Earth Sciences)*, 53(9): 1271—1294.
- Zhang, K. X., Wang, G. C., Chen, F. N., et al., 2007. Coupling between the uplift of Qinghai-Tibet plateau and distribution of basins of Paleogene-Neogene. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 32(5): 583—597 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, Y. Y., Zhan, J. Z., 1991. Late Cretaceous and Early Tertiary spores and pollen from the western Tarim basin, Xinjiang, China. Science Press, Beijing, 1—59 (in Chinese).

附中文参考文献

- 陈隆勋, 刘骥平, 周秀骥, 等, 1997. 青藏高原隆起及海陆分布变化对亚洲大陆气候的影响. *第四纪研究*, 4: 314—329.
- 葛尚虹, 任收麦, 马立祥, 等, 2006. 青藏高原多期次隆升的环境效应. *地学前缘*, 13(6): 118—130.
- 郭双兴, 1979. 两广南部晚白垩世和早第三纪植物群及其地层意义. 见: 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院南京地质古生物研究所编, 华南中、生代红层. 北京: 科学出版社, 223—230.
- 金建华, 廖文波, 王伯荪, 等, 2002. 海南岛第三纪沉积环境与古植物群落的多样性及其变迁. *生态学报*, 22(3): 425—432.
- 寇香玉, 2005. 新生代孢粉分析与古气候定量重建的研究(博士学位论文). 北京: 中国科学院植物研究所.
- 雷作淇, 1985. 珠江口盆地第三纪孢粉组合及其意义. *植物学报*, 27(1): 94—105.
- 李建国, 张一勇, 1998. 海南岛东部近海新第三纪孢粉植物群. *微体古生物学报*, 15(3): 323—330.
- 李吉均, 方小敏, 1998. 青藏高原隆起与环境变化研究. *科学通报*, 43(15): 1569—1574.
- 李曼英, 1989. 广东南雄盆地古新世早期孢粉组合. *古生物学报*, 28(6): 741—749.
- 李曼英, 秦国荣, 1994. 广东省龙归盆地早第三纪孢粉. *微体*

- 古生物学报, 11(1): 55—69.
- 梁明媚, 2001. 山东山旺中新世孢粉植物群及古气候和古生态研究(博士学位论文). 北京: 中国科学院植物研究所.
- 刘牧灵, 1987. 吉林琿春煤田下第三系孢粉组合. 见: 中国地质科学院地层古生物论文集编委会编, 地质古生物论文集(17卷). 北京: 地质出版社, 167—196.
- 刘牧灵, 1990. 东北地区晚白垩世—第三纪孢粉组合序列. 地层学杂志, 14(4): 277—285.
- 青海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, 1985. 柴达木盆地第三纪孢粉学研究. 北京: 石油工业出版社.
- 荣建锋, 2009. 柴达木盆地西部干柴沟地区上、下油砂山组高频沉积旋回及其成因机制研究(硕士学位论文). 成都: 成都理工大学.
- 宋春晖, 2006. 青藏高原北缘新生代沉积演化与高原构造隆升过程(博士学位论文). 兰州: 兰州大学.
- 宋之琛, 1958. 甘肃酒泉第三纪红色岩系的孢子花粉组合及其在地质学和植物学上的意义. 古生物学报, 6(2): 159—167.
- 宋之琛, 李曼英, 钟林, 1986. 广东三水盆地白垩纪—早第三纪孢粉组合. 北京: 科学出版社, 1—169.
- 宋之琛, 黎文本, 何承全, 1983. 中国白垩纪和早第三纪孢粉植物群和有机岩的分布. 中国科学(B辑), 2: 168—176.
- 宋之琛, 王伟铭, 毛方园, 2008. 依据孢粉资料探讨我国西北地区第三纪时期的干旱化及其与季风的关系. 古生物学报, 47(3): 265—272.
- 孙崇仁, 1997. 青海省岩石地层. 武汉: 中国地质大学出版社.
- 孙湘君, 何月明, 1980. 江西古新世孢子花粉研究. 北京: 科学出版社, 1—143.
- 王大宁, 孙秀玉, 赵英娘, 1990. 青海、新疆部分地区晚白垩世—第三纪孢粉植物群研究. 北京: 中国环境科学出版社, 1—179.
- 王开发, 杨蕉文, 李哲, 等, 1975. 根据孢粉组合推论西藏伦坡拉盆地第三纪地层时代及其古地理. 地质科学, 4: 366—374.
- 姚轶锋, 2006. 海南岛文昌盆地始新世孢粉植物群及其古植被和古气候研究(博士学位论文). 北京: 中国科学院植物研究所.
- 张克信, 王国灿, 陈奋宁, 等, 2007. 青藏高原古近纪—新近纪隆升与沉积盆地分布耦合. 地球科学——中国地质大学学报, 32(5): 583—597.
- 张一勇, 詹家祯, 1991. 新疆塔里木盆地西部晚白垩世至早第三纪孢粉. 北京: 科学出版社, 1—59.