

冀中坳陷饶阳凹陷中北部 古近纪沙河街组古生态分析

袭著纲¹, 国景星¹, 赵晓颖²

(1. 中国石油大学 地球科学与技术学院, 山东 青岛 266555; 2. 安徽科技学院 外国语学院, 安徽 凤阳 233100)

摘要: 基于对冀中坳陷饶阳凹陷中北部 42 口井孢粉化石的鉴定, 讨论了该区沙河街组孢粉植物群的古生态分类, 建立了一个 *Quercoidites-Ulmipollenites* 高比例组合和 5 个亚组合: *Ephedripites-Ulmoideipites* 亚组合, *Pinaceae-Ephedripites-Podocarpidites* 亚组合, *Ephedripites-Pinaceae-Labitricolpites* 亚组合, *Pinaceae-Podocarpidites* 亚组合和 *Piceapollenites-Ephedripites-Cedripites* 亚组合。通过与黄骅坳陷渤海沙河街组孢粉组合对比, 根据研究区各时期孢粉组合的不同特征, 探讨了饶阳凹陷中北部古近纪沙河街组古生态的变化。结果表明: 研究区各孢粉组合中生组分比例稳定, 平均 70% 以上, 而旱生和湿生孢粉组分比例变化细微; 沙四段晚期植被类型以常绿—落叶阔叶林为主, 属半干旱暖温带气候; 沙三段植被类型以针叶林为主, 阔叶林混生, 属半湿润亚热带气候; 沙二段植被类型是针叶混交林, 属半干旱亚热带气候; 沙一段植被类型以针叶混交林为主, 湿生草本植被增多, 属湿润亚热带气候。

关键词: 古生态; 古气候; 孢粉组合; 沙河街组; 古近纪; 饶阳凹陷; 冀中坳陷

中图分类号: Q913.8 文献标志码: A 文章编号: 1672-6561(2011)04-0358-06

Palaeoecological Analysis of Paleogene Shahejie Formation in North Central Raoyang Sag of Central Hebei Depression

XI Zhu-gang¹, GUO Jing-xing¹, ZHAO Xiao-ying²

(1. School of Geosciences, China University of Petroleum, Qingdao 266555, Shandong, China;

2. School of Foreign Languages, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, Anhui, China)

Abstract: According to the identification of sporopollen fossils from the 42 wells in north central Raoyang Sag, Central Hebei Depression, the palaeoecological classification of palynoflora in Shahejie Formation was discussed; one palynological assemblage with high proportion of *Quercoidites-Ulmipollenites* was recognized, and five sub-assemblages were established, including *Ephedripites-Ulmoideipites* sub-assemblages, *Pinaceae-Ephedripites-Podocarpidites* sub-assemblages, *Ephedripites-Pinaceae-Labitricolpites* sub-assemblages, *Pinaceae-Podocarpidites* sub-assemblages and *Piceapollenites-Ephedripites-Cedripites* sub-assemblages. Contrast to the palynological assemblage of offshore Shahejie Formation in Huanghua Depression, the palaeoecological change of Shahejie Formation in north central Raoyang Sag was discussed according to the different characteristics of palynological assemblage during various periods. The results showed that the proportion of mesic sporopollen was stable, with an average of 70% or higher, while there was a little change for the proportion of xerophilous and hygrophilous sporopollen; vegetation pattern during the late member 4 of Shahejie Formation was mainly evergreen and deciduous broad-leaved forest in semi-arid warm temperate climate; vegetation pattern during the member 3 of Shahejie Formation was mainly coniferous forest, and secondly broad-leaved forest in sub-humid sub-tropical climate; vegetation pattern during the member 2 of Shahejie Formation was mainly coniferous and broad-leaf forest in semi-arid sub-tropical climate; vegetation pattern during the member 1 of Shahejie Formation was mainly coniferous and broad-leaf forest with an increase of hygrophilous herbaceous vegetation in humid sub-tropical climate.

Key words: palaeoecology; paleoclimate; palynological assemblage; Shahejie Formation; Paleogene; Raoyang Sag; Central Hebei Depression

收稿日期: 2011-01-24

基金项目: 中国石油天然气集团公司华北油田公司科技攻关项目(HBYT-YJY-2008-JS)

作者简介: 袭著纲(1984-), 男, 山东莱芜人, 工学硕士研究生, 从事层序地层学及沉积储层研究。E-mail: xizhugang@126.com

0 引言

饶阳凹陷是渤海湾盆地冀中坳陷的一个次级构造单元,其中北部($38^{\circ}10' \sim 38^{\circ}50'N$,东经 $115^{\circ}25' \sim 116^{\circ}18'E$)面积约 $4\,600\text{ km}^2$ (图 1),属于温带季风气候带。自 20 世纪末期,李华南等在研究冀中油区和渤海湾盆地油气区第三纪轮藻及微体古生物群时,对饶阳凹陷古近纪做过一些关于古生物群和古环境的分析^[1-4],之后有关该区沙河街组古生态研究

成果较少。随着饶阳凹陷古近系隐蔽油藏勘探的深入,早前关于饶阳凹陷中北部古气候和古环境等的研究不能很好地适应当前油区地质分析的要求;因此利用现有微体古生物化石等资料对层序地层划分、地层年代判断和生烃古环境判定等进行研究,显得十分必要。

1 地层概述

沙河街组在饶阳凹陷中北部分布广泛,且厚度

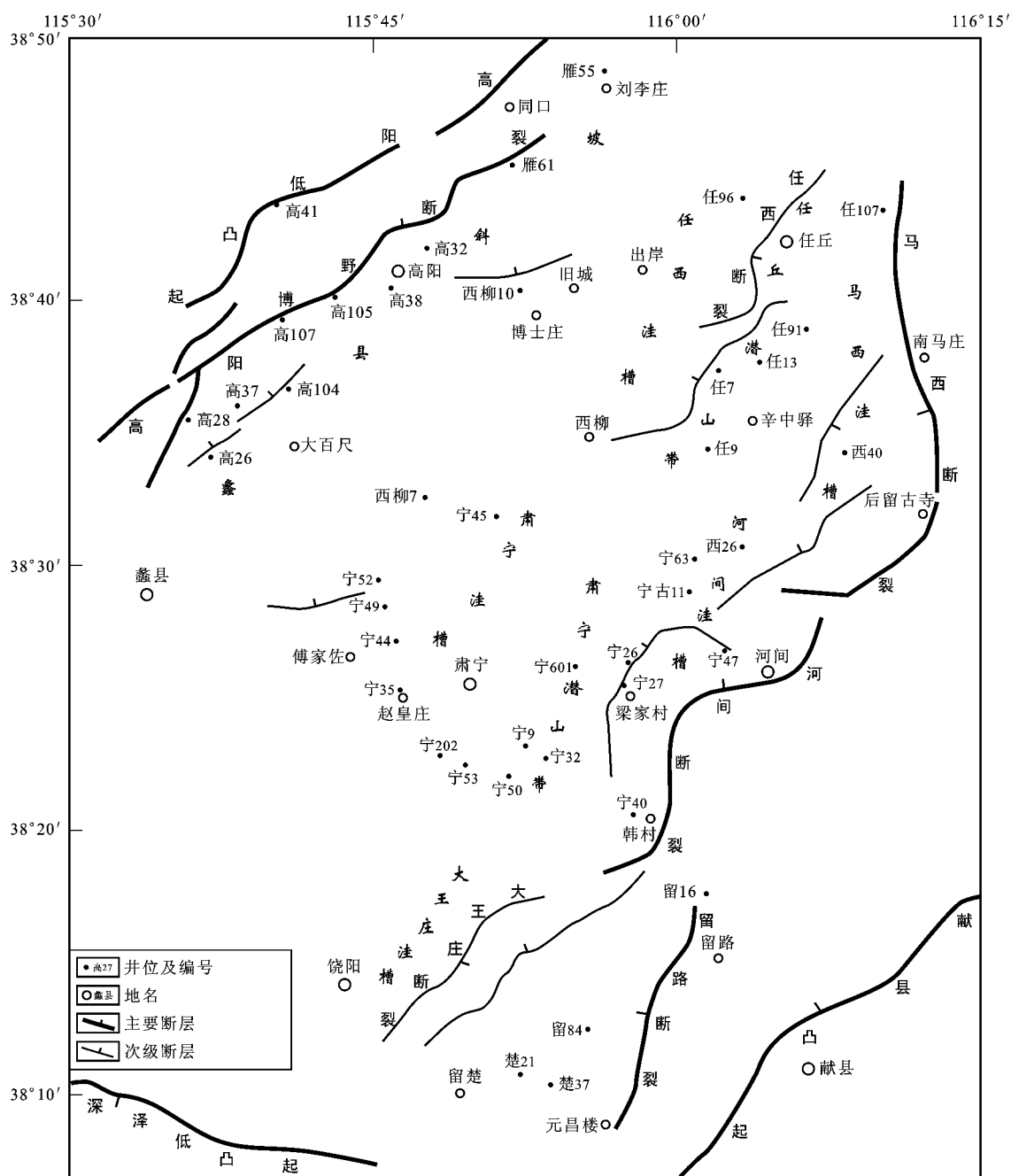


图 1 研究区位置及孢粉钻孔井位

Fig. 1 Location of Study Area and Position of Palynological Drilling Well

较大,是该区古近系的主力储层和生油层。按地层年代的早晚,沙河街组自下而上概述如下。

沙四段:地层厚度变化较大,高阳、雁翎、任丘等地区没有沉积,马西洼槽和任西洼槽等低洼区较厚,下部以块状砂砾岩夹紫红、灰色泥岩、火山岩沉积为主,上部为大段灰色泥岩夹褐色泥岩及砂岩沉积,与下伏地层呈不整合接触。

沙三段:总体呈西薄东厚、南薄北厚的特征,底部为较深湖环境,洼槽区为一套深灰、黑色泥岩、页岩层、油页岩及一套灰质白云岩为主的特殊岩性段;中部为浅灰色细砂岩与紫红色泥岩互层沉积;上部发育辫状河三角洲相粗碎屑夹灰、紫红色泥岩沉积,局部见碳酸盐岩和暗色泥岩沉积。

沙二段:厚度相对较薄,区域上为一套棕红、灰绿色泥岩与浅灰色砂岩互层。下部浅灰色砂岩、砂砾岩与泥岩互层为主,上部以厚层状紫红色泥岩夹

灰色砂层沉积为主,与下伏地层呈局部不整合接触。

沙一段:研究区分布稳定,地层厚度大,可划分为沙一下亚段和沙一上亚段。沙一下亚段底部发育一套灰色砂岩,俗称“尾砂岩”;上部发育一套深灰、黑色泥岩、褐色油页岩夹灰色薄层砂岩、灰质白云岩和鲕粒灰岩,俗称“特殊岩性段”。沙一上亚段为一套辫状河三角洲相粗碎屑沉积,洼槽区底部可见暗色泥岩,顶部紫红、灰绿色泥岩增厚,局部见碳质泥岩。

2 孢粉类型划分

笔者对研究区古近系沙河街组 42 口井的孢粉化石进行了详细统计归类,见孢粉化石 80 余属 100 余种(图 1)。根据沙河街组孢粉属种纵向上丰度和分异度的变化规律,结合所出现主要孢粉类型母体植物的生态资料,对研究区主要孢粉化石进行了气温带类型和干湿度类型划分(表 1)^[2-13]。

表 1 饶阳凹陷中北部沙河街组孢粉生态分类

Tab. 1 Palaeoecological Classification of Sporopollen of Shahejie Formation in North Central Raoyang Sag

气候类型	旱生	中生	湿生	水生	沼生
热带类型	<i>Pterisisporites</i>	<i>Sapindaceidites</i> , <i>Ilexpollenites</i> , <i>Meliaceipollis</i>	<i>Cyathidites</i> , <i>Lygodiumsporites</i> , <i>Alsosporites</i> , <i>Podocarpidites</i> , <i>Lygodioisporites</i>		
热带—亚热带类型	<i>Classopollis</i> , <i>Schizaeisporites</i>	<i>Magnoliipollis</i> , <i>Symploeospollenites</i> , <i>Liquidambarpollenites</i> , <i>Carya pollenites</i> , <i>Rhoipites</i> , <i>Juglanspollenites</i>	<i>Deltoidospora</i> , <i>Ulmoideipites</i> , <i>Toroisporis</i> , <i>Polypodiaceasporitea</i>		
亚热带类型		<i>Cedripites</i> , <i>Quercoidites</i> , <i>Rutaceipollis</i>	<i>Faguspollenites</i>		<i>Taxodiaceae-pollenites</i>
热带—温带类型	<i>Chenopodiipollis</i>	<i>Abietinaepollenites</i> , <i>Pinuspollenites</i> , <i>Cupuliferoipollenites</i> , <i>Lycopodiumsporites</i>		<i>Potamogetonacidites</i> , <i>Sphagnumsporites</i>	<i>Osmundacitides</i>
温带类型	<i>Ephedripites</i> , <i>Labitricolpites</i>	<i>Abiespollenites</i> , <i>Inaperturopollenites</i> , <i>Betulaepollenites</i> , <i>Ulmipollenites</i> , <i>Carpinipites</i> , <i>Momipites</i>	<i>Piceapollenites</i> , <i>Alnipollenites</i> , <i>Salixipollenites</i> , <i>Fraxinoipollenites</i>		

3 孢粉组合特征

统计分析发现,沙河街组沙四段—沙一段被子植物花粉比例占绝对优势,其次为裸子植物花粉,蕨类植物孢子数量相对较少;但沙一段个别井裸子植物孢粉比例高于被子类。根据各层段孢粉分布及其组合特征(表 2),整个沙河街组可划分为一个 *Quercoidites-Ulmipollenites* 高比例组合;沙四段—沙一段孢粉组合又各具特征,可细分为 5 个亚组合。

3.1 沙四段

沙四段对应 *Ephedripites-Ulmoideipites* 亚组合。由雁 55 井孢粉样品分析得知,该时期以被子植物花粉为主,占总孢粉数的 72.51%;其次为裸子植物花粉,占 25.10%;蕨类植物孢子仅占 2.39%。被子植物中 *Ulmipollenites* (22.31%) 比例高于 *Quer-*

coidites (13.55%), 其次 *Ulmoideipites* (9.96%), *Rhoipites* (3.98%), *Alnipollenites* (3.59%), *Juglanspollenites* (3.19%), *Tricolpopollenites* (1.2%) 常见。裸子植物花粉中主要为松科 *Pinaceae* (*Cedripites* 比例 1.59%, *Piceapollenites* 比例 0.4%, *Tsugaepollenites* 比例 0.4%), 未进行属种划分的 *Pinaceae* 占 11.16%;其次 *Ephedripites* (3.59%), *Podocarpidites* (3.19%) 和 *Taxodiaceae-pollenites* (1.99%) 有不同程度的分布, *Classopollis* 少量出现。蕨类植物孢子中旱生组分 *Pterisisporites* 和 *Schizaeisporites* 少量出现。

3.2 沙三段

沙三段对应 *Pinaceae-Ephedripites-Podocarpidites* 亚组合。本组合中被子植物花粉仍占优势,比例 51.08%~77.78%;裸子植物花粉比例为

表 2 饶阳凹陷中北部部分井位沙河街组孢粉重要属种比例分布

Tab. 2 Distribution of the Proportion of Major Sporopollen of Shahejie Formation from Part Wells in North Central Raoyang Sag

属种名称	沙四段	沙三段			沙二段		沙一段早期				沙一段晚期		
	雁 55 井	宁 49 井	宁 44 井	宁 52 井	雁 55 井	宁 44 井	高 104 井	雁 55 井	宁 49 井	宁 45 井	宁 26 井	宁 44 井	宁 45 井
<i>Deltoidospora</i>	1.20				0.71		0.37		0.66		2.06	0.33	
<i>Cyathidites</i>			0.47				0.56					0.33	3.03
<i>Sphagnumsporites</i>							0.74				4.12		
<i>Pinuspollenites</i>		1.03	10.90	6.06	6.43	6.74	1.68			11.11		4.62	3.03
<i>Abietinaepollenites</i>		11.34	2.37	3.03		2.25	1.68		4.84			2.97	3.03
<i>Ephedripites</i>	3.59	5.15	5.69	12.12	12.86	6.74	1.49	3.64	2.86	16.67	1.03	6.93	6.06
<i>Cedripites</i>	1.59	4.12	2.84	3.03	5.71	3.37	1.30	7.27	3.96			2.97	3.03
<i>Podocarpidites</i>	3.19	1.03	3.32	4.55	2.86	2.25	0.56	3.64	1.76	11.11	1.03	0.99	
<i>Taxodiaceapollenites</i>	1.99	1.03	0.47	4.55	1.43	1.12		1.82	0.22		3.09	1.32	
<i>Pinaceae</i>	6.37		5.21		8.57	6.74	2.98	21.82	1.10	11.11	3.09	3.30	9.09
<i>Piceapollenites</i>		1.03	5.21	1.52	2.14	1.12	0.56	1.82	1.10	16.67		3.30	3.03
<i>Quercoidites</i>	13.55	48.46	37.44	40.91	18.57	37.08	22.35	20.00	52.53	16.67	8.25	43.90	27.27
<i>Ulmipollenites</i>	22.31	13.40	4.74	16.67	11.43	10.11	4.29	1.82	18.24		5.15	5.28	21.21
<i>Rutaceoipollis</i>		5.15	0.95	1.52			1.86	12.73	0.66	5.56		1.98	3.03
<i>Momipites</i>		1.03	1.42		0.71	4.49	0.37	1.82	1.32			0.99	
<i>Labitricolpites</i>			9.01		1.43	6.74			4.40	5.56	4.12	11.22	3.03
<i>Liquidambarpollenites</i>		2.06	1.90	3.03	1.43	3.37	0.19	1.82	0.44			1.65	
<i>Salixipollenites</i>			0.47		0.71	1.12	7.64				13.40		
<i>Juglanspollenites</i>	3.19	1.03	0.95	3.03	2.14			3.64	1.32			1.65	
<i>Caryapollenites</i>							2.79	1.82	0.22				
<i>Sapindaceidites</i>							0.56			5.56			3.03
<i>Rhoipites</i>	3.98				3.57		1.12	3.64					
<i>Betulaepollenites</i>	1.99				2.14						2.06	0.33	3.03
<i>Alnipollenites</i>	3.59	1.03			1.43				0.22		2.06		
<i>Potamogetonacidites</i>			0.47			3.37	6.70				3.09		
<i>Ulmoideipites</i>	9.96				1.43								
<i>Cupuliferoipollenites</i>							1.86	1.82					
<i>Meliaceoipollis</i>					3.57				2.42			1.65	3.03
<i>Retitricolpites</i>							1.49				2.06		

注:表中数据为比例/%;比例指某层位所有样品中某种属孢粉化石个数与该层位所有样品中孢粉化石总个数之比。

11.11%~45.67%;蕨类植物孢子平均比例 3.16%。被子植物花粉中 *Quercoidites* 比例为 18.40%~48.46%,*Ulmipollenites* 比例为 4.74%~16.67%,两者平均占孢粉总个数的 46.73%,其次 *Liquidambarpollenites*(0.87%~3.03%),*Juglanspollenites*(0.95%~3.90%),*Momipites*(1.03%~3.46%),*Rutaceoipollis*(0.22%~5.15%)分布较广,此外 *Labitricolpites*,*Alnipollenites* 和 *Potamogetonacidites*,*Salixipollenites* 比例较沙四段增多。裸子植物花粉中 *Pinaceae* 比例增高(*Cedripites* 比例 1.73%~8.20%,*Piceapollenites* 比例 1.03%~5.21%,*Pinuspollenites* 比例 1.03%~10.90%,*Abietinaepollenites* 比例 2.37%~11.34%)平均

32.04%,*Ephedripites* 比例 3.28%~12.12%,*Podocarpidites* 比例 1.03%~8.2%,此外 *Taxodiaceapollenites* 平均比例 1.78%。蕨类植物孢子中 *Polypodiaceasporites*,*Cyathidites* 及 *Deltoidospora* 分布变得广泛且比例比沙四段明显增多。

3.3 沙二段

沙二段对应 *Ephedripites*-*Pinaceae*-*Labitricolpites* 亚组合。该时期孢粉组合中被子植物花粉繁盛,平均比例 65.57%;裸子植物花粉比例 27.81%;蕨类植物孢子很少,平均比例 6.62%左右。被子植物花粉中仍以 *Quercoidites*(18.57%~37.08%)和 *Ulmipollenites*(6.06%~11.43%)为主,其次为 *Labitricolpites*(平均比例 4.08%),*Liq-*

uidambarpollenites (平均比例 2.61%), *Rhoipites* (平均比例 2.55%), *Juglanspollenites* (平均比例 5.62%) 等为常见分子。裸子植物花粉中 *Pinaceae* 比例为 18.91% 左右 (*Pinuspollenites* 比例 4.39%, *Cedripites* 比例 5.05%, *Piceapollenites* 比例 1.60%) 较沙三段大幅降低; *Ephedripites* 比例增加, 个别并达 12.86%; *Podocarpidites* 平均比例 2.21%。蕨类植物孢子比例仍较少。

3.4 沙一段早期

沙一段早期对应 *Pinaceae-Podocarpidites* 亚组合。该时期孢粉组合被子植物花粉比例 33.33%~76.42%, 平均 59.4%; 裸子植物花粉比例 13.59~66.67%, 平均 35.32%; 蕨类植物孢子平均比例 5.28%。裸子植物花粉比例比沙二段增加。被子植物花粉以 *Quercoidites* (平均比例 26.41%) 和 *Ulmipollenites* (平均比例 11.52%) 为主体, 其次 *Rutaceipollis* (3.86%), *Labitricolpites* (3.45%), *Juglanspollenites* (2.42%), *Sapindacidites* (1.9%) 比例较高, 相对常见; 此外 *Faguspollenites* 和 *Alnipollenites* 和 *Potamogetonacidites* 比例有所增加。裸子植物花粉中 *Pinaceae* 比例大幅上升 (*Cedripites* 比例 10.54%, *Pinuspollenites* 比例 7.51%, *Abietinaepollenites* 比例 3.56%), 未进行属种划分的 *Pinaceae* 比例达 10.87%; 此外 *Podocarpidites* (3.85%), *Piceapollenites* (6.59%) 和 *Taxodiaceapollenites* (4.73%) 比较繁盛; *Ephedripites* 比例降低至 5.25%。蕨类植物孢子种类增多, 湿生和水生组分显著增加, 如 *Deltoidospora* (2.9%), *Sphagnumsporites* (2.6%), *Polypodiaceae*, *Osmundacidites* 和 *Toroisporis*。

3.5 沙一段晚期

沙一段晚期对应 *Piceapollenites-Ephedripites-Cedripites* 亚组合。本组合中被子植物花粉比例 54.1%, 裸子植物花粉 34.69%; 蕨类植物孢子比例显著增加, 达 11.21%。被子植物花粉中 *Quercoidites* 平均比例达 21.78%, *Ulmipollenites* 比例为 8.74% 左右, *Labitricolpites* 比例 4.87%, 此外 *Rutaceipollis*, *Juglanspollenites*, *Meliaceipollis*, *Betulaepollenites*, *Salixipollenites* 的数量均增多。裸子植物花粉 *Pinaceae* 比例比沙一段早期有所降低, *Cedripites* 比例 14.29%, *Abietinaepollenites* 和 *Pinuspollenites* 两者平均 3.03% 左右, 未进行属种细分的 *Pinaceae* 平均比例达 10.13%; 此外 *Piceapollenites* (13.12%), *Podocarpidites* (4.63%) 和

Taxodiaceapollenites (5.5%) 分布占优势。蕨类植物孢子 *Cyathidites* (2.15%) 和 *Polypodiaceae* (4.3%) 此时较为常见; 其次, *Toroisporis* 和 *Deltoidospora* 等比例也增多。

4 古生态分析

渤海湾盆地各地区古环境和古气候的变化具有相似性, 但又存在差别。据蔡治国等研究, 研究区沙河街组地质时代大致处于始新世坦奈丁期—渐新世鲁培尔期中晚期^[2,4]。该时期, 渤海湾盆地受喜马拉雅造山运动幕的影响, 经历了多次湖盆扩大和收缩, 且每一次都伴随古气候的变迁, 经历了干热、温湿交替变化的亚热带气候。据张涛等有关研究, 黄骅坳陷滩海沙河街组孢粉组合以 *Quercoidites* 高比例组合为主, 经历了沙三段以常绿针叶混交林为主的湿润亚热带气候到沙二段以山地针叶植物和阔叶林为主的半干旱亚热带气候, 至沙一段以针叶混交林为主的温暖湿润的亚热带气候^[6]。而研究区孢粉组合上与黄骅坳陷近似, 且同属于渤海湾盆地, 沙河街组古生态的变化可做相关对照。

植被地理分布具有显著的规律性是植物生态和地理因素关系的综合体现。因此, 在某种程度上, 利用孢粉植物群可以反映植物群生存的地理环境, 并为古地理再造提供科学依据^[8]。根据孢粉母体植被所处的生态环境, 结合其不同时期的分异度, 可定量对沙河街组各段的气温带和干湿度做有益的分析。

4.1 沙四段

该时期热带、热带—亚热带和亚热带喜热植物孢粉比例为 41.04% 左右, 温带喜温植物孢粉为 44.22% 左右, 其气温带属于亚热带—暖温带。旱生植物孢粉组分为 11.16%, 湿生植物孢粉组分 (湿生、水生和沼生各类植物孢粉) 达 11.95%, 此时气候应为半干旱型。植被类型以常绿或落叶阔叶树 (*Quercoidites*, *Ulmipollenites*, *Alnipollenites*, *Rhoipites*, *Juglanspollenites*) 为主, 其次旱生灌木 (*Ephedripites*, *Proteacidites*) 和草本植物 (*Pterisporites*, *Deltoidospora*) 较多。由于雁 55 样品取于沙四段末期, 推断该时期气候开始从干旱朝湿润转变, 为干旱的亚热带气候—半干旱暖温带型气候。

4.2 沙三段

该时期湖域面积扩大, 植物孢粉种类增多。喜热组亚热带和热带—亚热带孢粉比较多见, 比例 61.58% 左右; 喜温组温带孢粉占 21.99% 左右, 推断此时气温带属于亚热带。旱生组分较少, 为

8.92%;湿生组分中 *Polypodiaceasporitea*, *Cyathidites*, *Podocarpidites*, *Piceapollenites* 和 *Taxodiaceapollenites* 等的比例比沙四段增加,平均比例 11.12%,推断此时气候转为半湿润型。沙三段沉积时期,山地植被 *Pinaceae* 针叶林占优势,而平原地区阔叶林为优势种群,低洼地区湿生草本植物较沙四段增多,属半湿润亚热带气候。

4.3 沙二段

该时期喜温组植被孢粉有所增加,喜热组孢粉比例 51.14%,喜温组孢粉占 24.91%左右,其气温带总体上应属于亚热带型。旱生植物孢粉组分又有小幅增加,比例 10.77%;湿生植物孢粉组分回落至 9.28%,气候又变为半干旱型。湿生山地植被孢子比例降低,但 *Pinaceae* 仍占优势;丘陵和平原地区仍以 *Quercoidites*, *Ulmipollenites* 阔叶林为主;耐旱灌木 *Ephedripites* 和 *Momipites* 比例增多。因此该时期应为针叶混交林半干旱亚热带气候。

4.4 沙一段

沙一段早期,喜温组孢粉比例升高至 29.13%;喜热组孢粉比例略有降低,为 48.1%,此时气候仍为亚热带型。湿生、沼生和水生植被孢粉丰富,比例达到 22.16%;旱生组分平均比例 6.34%,较沙二段明显降低,此时气候应为湿润型。植被与沙三段相似,但较高山地湿生针叶植被明显增多,滨浅湖和沼泽等地带的水生草本植物更为繁盛。因此,该区沙一段早期为湿润的亚热带气候。

沙一段晚期,喜热组孢粉比例继续降低(40.6%),但仍占优势;喜温组变化不大(28.9%),仍为亚热带气候。湿生植物孢粉组分上升到 29.5%左右,旱生植物孢粉组分也略有升高(9.97%),整体上仍以湿润气候为主。与早期相比,针叶林孢粉减少,以阔叶树孢粉为主,灌木型孢粉增多;较高山地以湿生 *Pinaceae* 和 *Taxodiaceae* 为主,平原和沼泽地带湿生阔叶植物和草本植物数量丰富,表明当时植被仍以针叶混交林为主。所以,沙一段晚期该区仍为湿润的亚热带气候。

5 结语

(1)根据孢粉比例和组分变化,整个沙河街组以 *Quercoidites-Ulmipollenites* 高比例组合为主,沙四段、沙三段、沙二段、沙一段早期、沙一段晚期又可建

立 5 个亚组合:*Ephedripites-Ulmoideipites* 亚组合, *Pinaceae-Ephedripites-Podocarpidites* 亚组合, *Ephedripites-Pinaceae-Labitricolpites* 亚组合; *Pinaceae-Podocarpidites* 亚组合; *Piceapollenites-Ephedripites-Cedripites* 亚组合。

(2)各段孢粉组合中被子植物花粉占明显优势,蕨类植物孢子比例较少;各孢粉组合中生组分稳定平均 70%以上,旱生和湿生孢粉组分自下而上有细微变化,能反映出干湿度的变化。

(3)沙河街组古植被类型从常绿—落叶阔叶林逐渐转变为针叶林,针叶混交林;沙三段和沙一段植被类型有相似之处,山地湿生 *Pinaceae* 和 *Taxodiaceae* 植被及湖沼湿生和水生的草本植物多见;沙四段旱生灌木和草本植物较为繁盛,沙二段灌木 *Ephedripites* 较多。

(4)沙河街组古气候经历了半干旱暖温带气候、半湿润亚热带气候、半干旱亚热带气候到湿润的亚热带气候。

参考文献:

- [1] 李华南.冀中及其邻区白垩纪至早第三纪轮藻[M].北京:石油工业出版社,1989.
- [2] 蔡志国,郑国光,崔占堂,等.冀中油气区第三纪地层及微体古生物群[M].北京:科学出版社,1998.
- [3] 姚益民,梁鸿德,蔡志国,等.中国油气区第三系(IV)渤海湾盆地油气区分册[M].北京:石油工业出版社,1994.
- [4] 陶明华,王开发,郑国光,等.冀中拗陷早第三纪孢粉组合及地质时代讨论[J].微体古生物学报,2001,18(3):274-292.
- [5] 王丽岩,孙跃武,乔秀云,等.海拉尔盆地早白垩世孢粉古气候特征[J].大庆石油地质与开发,2008,27(5):38-42.
- [6] 张涛,尹凤娟.黄骅拗陷滩海地区沙河街组孢粉组合[J].西北大学学报:自然科学版,2005,35(1):91-94.
- [7] 操应长.陆相湖盆层序地层学[M].北京:地质出版社,2005.
- [8] 江德昕,王永栋,魏江.新疆乌恰中侏罗世孢粉植物群及其环境意义[J].古地理学报,2009,11(2):205-214.
- [9] 赵秀丽,李守军,张锡麒.山东济阳拗陷二叠纪孢粉组合[J].微体古生物学报,2006,23(2):165-174.
- [10] 李秉成.黄土高原古植被与再造山川秀美[J].地球科学与环境学报,2004,26(1):85-88.
- [11] 王书宝,孙钰,钟建华,等.松辽盆地晚白垩世古气候变化对层序发育的影响[J].石油地质与工程,2008,22(4):29-32.
- [12] 贺振建,蒋光秀,贾风华,等.济阳拗陷古近纪孢粉与层序地层[J].地层学杂志,2007,31(4):407-413.
- [13] 李寿军.白音查干凹陷古生态及古气候探讨[J].断块油气田,2009,16(3):21-23.