

岐口凹陷新近系生物—遗迹相及环境解释

刘彦博¹, 严德天², 王 华², 卢宗盛³, 喻建新³

1. 中国地质大学研究生院, 湖北武汉 430074

2. 中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074

3. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

摘要: 岐口凹陷新近系包括明化镇组和馆陶组。通过新近系中的孢粉、介形虫和遗迹组构的系统研究, 识别出孢粉 53 个属种, 并建立了两个孢粉组合, 分别为 *Magnastites*(粗肋孢)—*Ulmus*(榆粉)—*Taxodiaceapollenites*(杉粉)组合和 *Polygonaceae*—*Chenopodiaceae*组合; 发现介形虫 12 个属种, 介形类以金星介科分子为主, 少数湖花介科分子, 以壳形单一、壳壁薄、表面光滑的类型为主, 表现了典型的非海相淡水介形类面貌; 划分出 4 种遗迹组构类型, 分别为 *Scoyenia* 遗迹组构、*Skolithos* 遗迹组构、*Palaeophycus* 遗迹组构和强扰动组构。在此基础上, 探索了生物与环境的关系, 划分了 A、B、C、D、E 5 种生物—遗迹相带, 分别代表泛滥平原、蓄水洼地或泛滥平原小型湖、河道及水下分流河道边部、滨浅湖和前三三角洲沉积环境。

关键词: 生物相; 遗迹相; 生物标志物; 新近系; 岐口凹陷。

中图分类号: P588.2; P618

文章编号: 1000-2383(2009)03-0412-07

收稿日期: 2008-10-24

Biofacies and Ichnofacies of Neogene in the Qikou Depression and Their Environmental Interpretation

LIU Yan-bo¹, YAN De-tian², WANG Hua², LU Zong-sheng³, YU Jian-xin³

1. Graduate School, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

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

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

Abstract: Sporopollen, ostracod and ichnofabric characteristics of Neogene in the Qikou depression were studied and fifty-three genus were recognized. Two sporopollen combination, *Magnastites-Ulmus-Taxodiaceapollenites* and *Polygonaceae-Chenopodiaceae*, were established. Twelve genus ostracod were identified. The ostracod shell is singleness, thin and slippery, which exhibits the visage of typical freshwater ostracod. Four ichnofabric were identified, which are *Scoyenia* ichnofabric, *Skolithos* ichnofabric, *Palaeophycus* ichnofabric and acute disturb ichnofabric respectively. Based on the above research, five biofacies and ichnofacies were carved up, which represent overflow plain, small lake in the overflow plain, interchannel or subaqueous spreader interchannel, shallow lake and predelta sedimentary environments respectively.

Key words: biofacies; ichnofacies; biomarkers; Neogene; Qikou depression.

经过多年勘探, 岐口凹陷古近系勘探成熟区已达到了油田发展的中后期, 虽仍有一定潜力, 但发现整装新区块的难度却越来越大。岐口凹陷中浅层, 尤其是新近系层系成为潜在的重要勘探领域(杨池银, 2003)。但以往对岐口凹陷新近系的沉积学研究不够, 尤其是缺乏生物相与环境的系统研究工作, 导致对其沉积环境缺乏明确的认识, 这在一定程度上影

响了岐口凹陷含油气评价与勘探部署(王德发, 1987)。生物相分析在判断沉积环境方面有许多独到之处, 因为生物与环境是相互依存、相互制约又相互改造的整体, 一定的沉积环境中有一定的生物组合(Seilacher, 1964, 1967; Taylor and Goldring, 1993)。建立生物组合与沉积环境之间的关系及分布规律可弥补无机沉积构造对沉积相分析多解性的不

足(王海方等, 2005; 吉利明等, 2006). 因此, 开展岐口凹陷生物相和遗迹相的研究对了解该地区的古地理面貌和沉积环境特点具有重要意义.

1 地质背景

黄骅拗陷是渤海湾盆地的一个重要含油气区, 是我国东部大型富油气叠合盆地之一. 岐口凹陷是黄骅拗陷长期以来继承发育的最大生油气凹陷. 它位于黄骅拗陷中部, 南起埕宁隆起北坡, 北至北大港潜山构造带, 西到孔店构造带, 东临岐口沿岸带(图 1). 岐口凹陷沉降深度大, 勘探程度低, 剩余资源量最多, 勘探潜力巨大, 具备大型油气田发育的基本石油地质条件(李思田, 2004). 岐口凹陷新近系以陆相河流沉积为特色(王德发, 1987), 主要发育馆陶组 and 明化镇组两套地层. 其中馆陶组分布范围广, 全区厚度稳定(400~500 m), 表现为陆相辫状河沉积, 主要岩性为灰白色砂岩、含砾砂岩、砾岩夹灰绿色、紫红色泥岩, 具有粗—细—粗 3 段的特点, 与下伏东营组不整合接触(王德发, 1987). 明化镇组同样具有分布范围广、厚度大的特点(1 000~2 000 m), 表现为陆相曲流河沉积, 可分为上、下两段, 下段岩性主要为紫红色、灰绿色、棕红色泥岩和夹灰白色砂岩; 上段为厚层状灰绿色、浅灰色砂岩与浅棕色、黄绿色及杂

色泥岩互层(王德发, 1987).

2 生物相分析

2.1 孢粉

本次研究共对岐口凹陷 31 口取心井进行了详细观察, 处理孢粉样品 86 件, 分析出孢粉 53 个属种, 主要分子有 *Taxodiaceae*、*Magnastites*、*Ulmus*、*Quercus*、*Euphorbia*、*Patamogeton*、*Sparganium* 和 *Polypodiaceoisporites* 等(图 2). 根据获得的孢粉化石属种组成及百分含量, 可以建立两个孢粉组合.

(1) *Magnastites* (粗肋孢) — *Ulmus* (榆粉) — *Taxodiaceae pollenites* (杉粉) 组合. 该组合主要分布于馆陶组, 特征是连续地出现较多的 *Magnastites* 和 *Ulmus* (榆属), 同时还出现了一定数量的 *Juglandaceae* (胡桃科), 其中主要是 *Carya* (山核桃属) 和 *Juglans* (胡桃属). *Betulaceae* (桦科) 花粉较常见. 草本植物花粉和裸子植物 *Taxodiaceae pollenites* (杉粉)、*Pinaceae* (松科) 花粉亦常有出现. 水生植物花粉同样经常出现, 如 *Potamogeton* (眼子菜)、*Sparganium* (黑三棱) 和菱粉属.

本组合的一些主要特征与渤海湾油气区以及东海陆架盆地古近系的孢粉组合大致相似, 尤其相似于东海陆架盆地龙井构造带中新统玉泉组的孢粉组

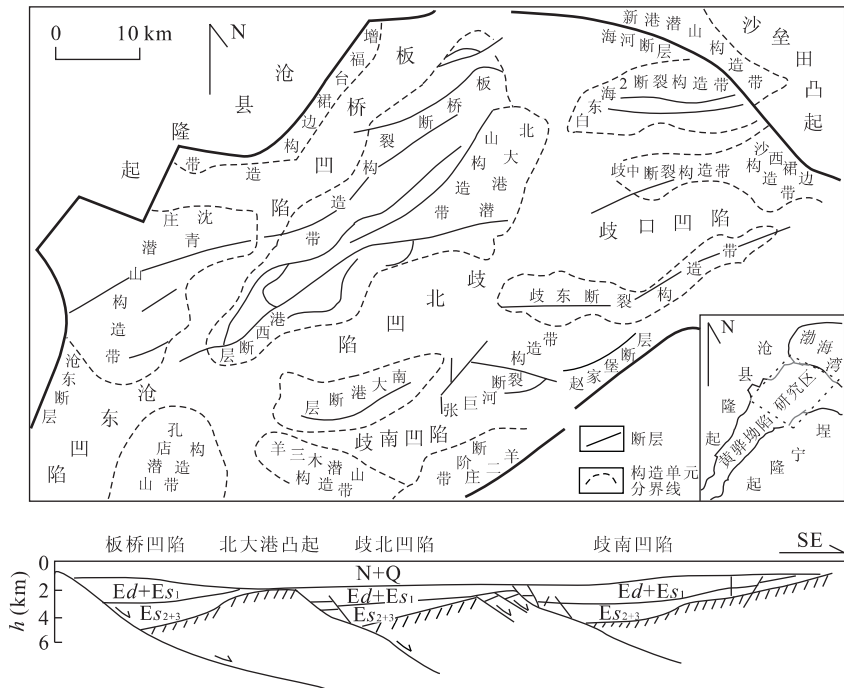


图 1 黄骅拗陷区域构造及研究区位置
Fig. 1 The location and tectonic map of Huanghua depression

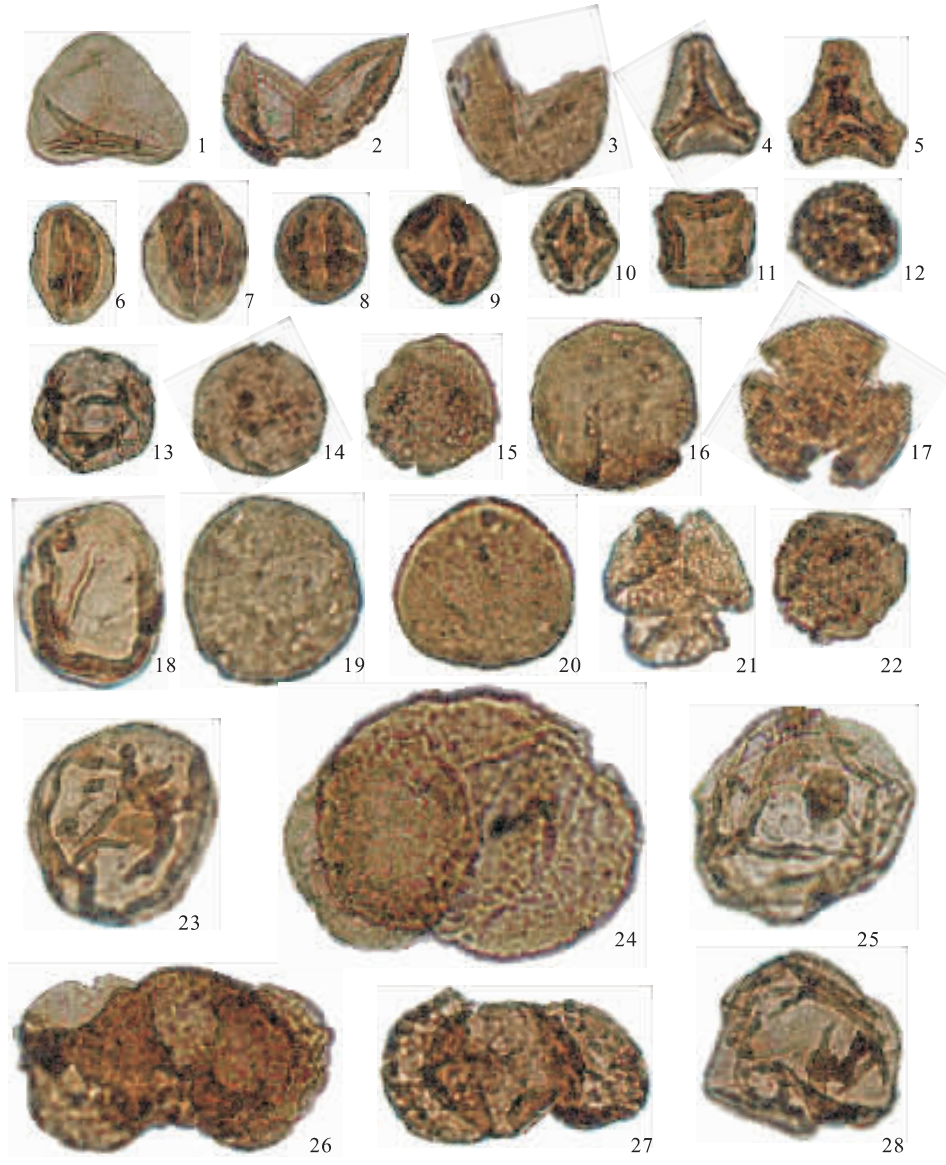


图 2 岐口凹陷新近系典型孢粉化石属种

Fig. 2 The representative genus of Neogene sporopollen in the Qikou depression

1. *Toroisporis* sp. 托弟蕨孢(未定种); 2, 3. *Taxodiaceapollenites hiatus* 破隙杉粉; 4, 5. *Gothenpollenites* sp. 高腾粉(未定种); 6. *Quercoidites minutus* 小栎粉; 7. *Q. henrici* 亨氏栎粉; 8. *Rutaceoidites* sp. 芸香粉(未定种); 9. *Rhoipites* sp. 漆树粉(未定种); 10. *Trapa* 菱属; 11. *Alnipollenites* sp. 桤木粉(未定种); 12. *Chenopodiipollis* sp. 藜粉(未定种); 13. *Campenia* sp. 1 褶皱藻(未定种 1); 14. *Momipites coryloides* 拟榛粉; 15. *Juglanspollenites* sp. 胡桃粉(未定种); 16. *Liquidambarpollenites* sp. 枫香粉(未定种); 17. *Tricolpites* sp. 三沟粉(未定种); 18. *Campenia* sp. 2 褶皱藻(未定种 2); 19. *Pterocaryapollenites* sp. 枫杨粉(未定种); 20. *Caryapollenites triangular* 三角山核桃粉; 21. *Salixipollenites* sp. 柳粉(未定种); 22. *Ulmipollenites minor* 小榆粉; 23, 28. *Leiosphaeridium* sp. 光面球藻(未定种); 24, 26, 27. *Pinuspollenites* sp. 1 双束松粉(未定种 1); 25. *Pinuspollenites* sp. 2 双束松粉(未定种 2). 所有化石均放大 800 倍

合(王开发等, 1981; 米立军等, 2004), 只是本区见到的 *Liquidambarpollenites* (枫香粉) 和 *Sporotrapoidites* (菱粉属) 等没有玉泉组含量丰富, 这可能与当时的地理环境有关. 与山东临朐中新世孢粉组合也大体相似(王开发等, 1981; 米立军等, 2004), 出现有一定数量的 *Ulmus*, *Betulaceae* 和 *Carya* 等, 所不同的是本组合中 *Quercus* (栎属) 很少, 而出现了较

多的 *Magnastites*, 这可能是由于当时的地理环境不同所致.

根据孢粉生态特征该组合又可进一步分为 2 种生态亚组合: (a) *Magnastites* 亚组合, 代表井段有孔 77 井、扣 29 井和港 285-1 井, 该亚组合主要是以陆生植被花粉 *Magnastites*, *Ulmus*, *Pinaceae* 等为主, 而极少含有水生植被孢粉; (b) *Potamogeton* 亚组合, 代表

井段有港 14 井和白东 1-1 井, 该亚组合特点是含有较多水生植物孢粉, 如: *Potamogeton*, *Sparganium*, *Leiosphæardium* 等, 显示了湖相孢粉组合特点。

(2) Polygonaceae-Chenopodiaceae 组合. 该组合主要分布于明化镇组, 总体特征是以出现较丰富的草本植物花粉为主要特色, 这些花粉主要是 Polygonaceae(水龙骨科)、Chenopodiaceae(藜科)、*Artemisia*(蒿属)以及 Gramineae(禾本科)等, 其中又以 Polygonaceae 和 Chenopodiaceae 最多. 这时的 *Magnastites* 较明显地衰减, 代之出现一些光面肾状的单缝孢子, 如 Polypodiaceae 等分子. 这些特征与渤中坳陷, 尤其与东海陆架盆地龙井构造带上新世三潭组孢粉组合较为相似(王开发等, 1981; 米立军等, 2004). 根据各井组成成分不同, 可将本地区根据组合中某些标志孢粉化石在纵向分布上的规律性及其数量的多寡, 自下而上又可再分为两个生态亚组合: (a) Polypodiaceae 亚组合, 代表井段有庄浅 6 井、港 29 井和港浅 2 井, 主要特征是蕨类植物中以喜湿分子为主, 出现一些 Polypodiaceae 孢子, 而这时的 *Magnastites* 孢子少见或不见. 裸子植物中同样以 Taxodiaceae(杉科)较多出现. 代表湖相的藻类化石常见, 如 *Leiosphæardium*(光面球藻)、*Campania*(褶皱藻)等; (b) *Artemisia* 亚组合, 代表井段有港 6 井和港浅 12 井, 以明显较多地出现 *Artemisia* 为主要特色. 这时的 Chenopodiaceae 花粉明显增多; 同时, 还出现一定数量的 Gramineae 花粉等, 又可见到一定含量的 *Magnastites* 孢子, 代表一种干旱气候条件。

2.2 介形虫

岐口凹陷新近系地层介形虫报道极少(徐金鲤和祝幼华, 1993). 本次研究共发现介形虫 12 个属种, 主要有 *Candoniella albicans*, *Candona planus*, *Candona huabeinica*, *Darwinuda exilis*, *Limnocythere*, *Mediocypris gudavensis*, *Ilyocypris manasensis*, *Ilyocypris salebrosa*, *Ilyocypris gudavensis*, *Ilyocypris subdunshanesis*, *Metacypris datongensis* 和 *Cyprinotus chiuhsiensis* 等(图 3). 其中 *Ilyocypris* 多见于馆陶组, *Candona huabeinica* 则主要见于明化镇组。

现代介形类的分布遍及海洋、湖泊、河流、池塘, 善游泳或漂浮或底栖匍匐(Kern, 1980; Ekdale, 1985). 岐口凹陷新近系介形类以金星介科分子为主, 少数湖花介科分子, 以壳形单一、壳壁薄、表面光滑的类型为主, 表现了典型的非海相淡水介形类面

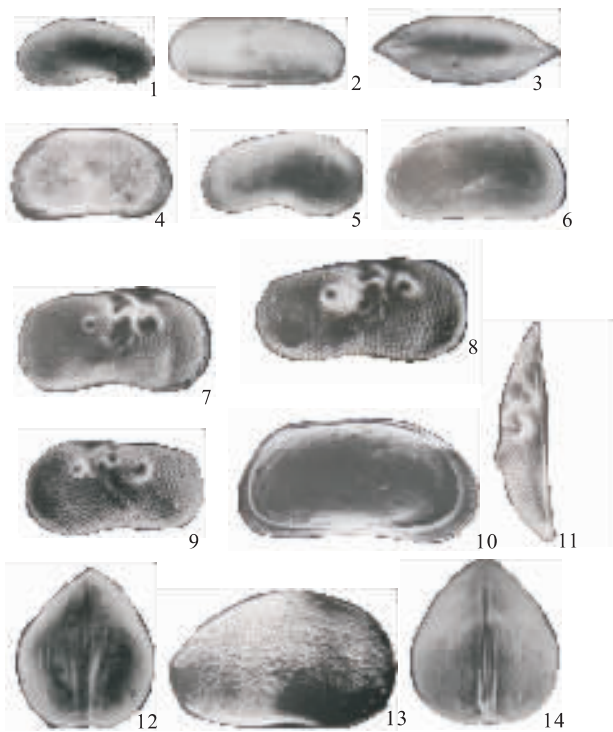


图 3 岐口凹陷新近系典型介形虫属种

Fig. 3 The representative genus of Neogene ostracod in the Qikou depression

1. *Candona planus*; 2. *Darwinuda exilis*; 3. *Limnocythere* sp. 1; 4. *Limnocythere* sp. 2; 5, 6. *Mediocypris gudavensis*; 7. *Ilyocypris salebrosa stepanaiys*; 8, 9. *Ilyocypris gudavensis*; 10. *Mediocypris gudavensis*; 11. *Ilyocypris subdunshanesis*; 12, 14. *Metacypris datongensis*; 13. *Cyprinotus chiuhsiensis*. 所有化石均放大 60 倍

貌. 比如: *Cyprinotus* 为世界上广泛分布的陆相淡水介形类, 能自由游泳, 其现生种虽有部分可以生存在 0.5%~16.5% 盐度的环境中, 但主要生活于淡水里; *Ilyocypris* 亦为世界广泛的属, 现生种大多数生活于阳光透射好的淡水水域的岸边, 尤以湖泊近岸区较为普遍, 偶见于微咸至半咸水中, 是典型的局限浅水介形类; *Limnocythere* 化石见于各陆相地层, 现生种生活在光线透射好的淡水水域, 岸边尤为丰富, 但也有少数种生活于微咸—半咸水以至内陆盐湖中。

3 遗迹相分析

遗迹相指沉积物(岩石)中生物扰动和生物侵蚀作用所遗留下来的总体结构和内部构造特征, 是各期扰动生物在沉积物中活动历史的最终记录(Ekdale and Berger, 1978; 胡斌等, 2006). 近些年来, 遗迹学研究不再局限于遗迹化石的识别、鉴定和

解释,而扩展到沉积物中遗迹化石在时间和空间上的相互关系,以及不同深度(或梯阶)的遗迹化石的保存可能性与特定条件等方面(Pruss and Botter, 2004).加之对无法辨认形态的生物扰动基底的高度重视,遗迹组构分析更能充分利用沉积物中的遗迹学信息,因而更能精确地解释沉积环境(Wetzel, 1991; 卢宗盛等, 2003).

本次在岐口凹陷新近系发现了较为丰富的遗迹化石(图 4),共有 7 个属. 根据遗迹化石在岩心中的分布及结构,可划分为 4 种遗迹组构类型(图 5).

3.1 *Scoyenia* 遗迹组构

遗迹个体相对较大,以具回填构造的觅食潜穴为主(图 5a). 化石属主要有 *Scoyenia*、*Muensteria*, 少量 *Ancorichnus*、*Skolithos* 等,在岩心剖面上,该组构主要见于粒度向上变细河流沉积序列或三角洲平原沉积序列的决口扇细砂岩和粉砂岩中,在河流砂坝所夹的薄泥质沉积中也有分布,因此本遗迹组构代表极浅水或陆地上常被水淹的低能软质基底环境,在泛滥平原部位最常见.

3.2 *Skolithos* 遗迹组构

以垂直管状居住迹十分发育为特点(图 5b),管状居住迹平行排列,围岩主要为具交错层理的细砂

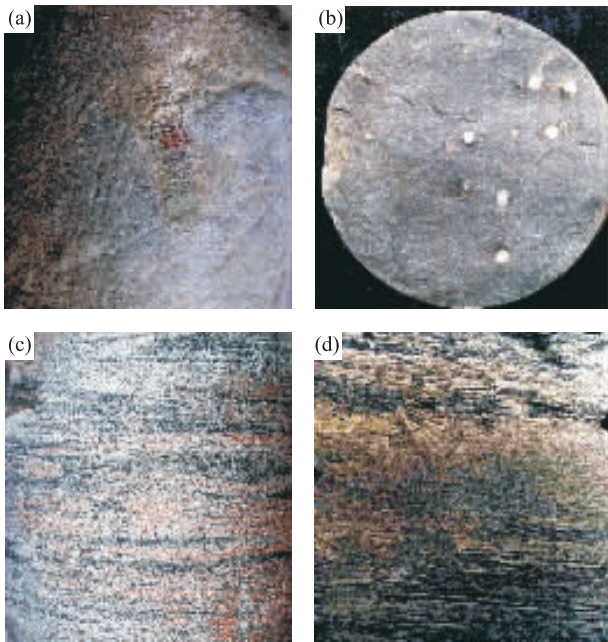


图 4 岐口凹陷新近系岩心遗迹相特征
Fig. 4 Characteristics of Neogene ichnofabrics in the Qikou depression

a. *Cylindricum*(圆柱迹), 港深 63-1 井, 1 448.9 m; b. *Skolithos*(石针迹的横断面), 庄浅 6 井, 1 663.5 m; c. *Palaeophycus*(丛藻迹), 港 92 井, 1 731.0 m; d. 生物扰动构造, 港深 64-1 井, 1 560.5 m

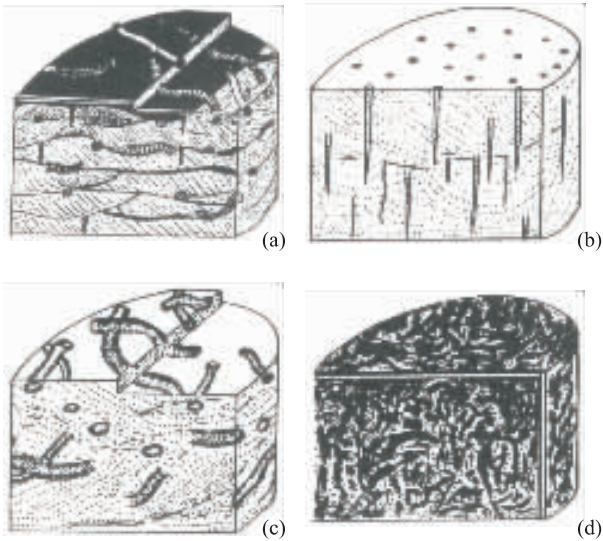


图 5 岐口凹陷新近系遗迹组构特点素描
Fig. 5 The sketch map of Neogene ichnofabric characteristics in the Qikou depression
a. *Scoyenia* 遗迹组构; b. *Skolithos* 遗迹组构; c. *Palaeophycus* 遗迹组构; d. 强扰动组构

岩和中砂岩. 遗迹属主要为 *Skolithos* 以及 *Cylindricum*(图 4a 和 4b). 在岩心中常见于湖滨高能带、三角洲水下分流河道和河流水道边部的沉积序列中,因而代表水流能量较高的砂质底质的环境.

3.3 *Palaeophycus* 遗迹组构

以个体较大的觅食迹十分发育为特点(图 4c 和图 5c),与 *Scoyenia* 遗迹组构的区别主要表现在该组构觅食潜穴均无回填构造,由高丰度的 *Palaeophycus* 组成. 同时也含有一些大个体 *Planolites* 及生物扰动构造等,这些化石表现了生物在沉积物内快速进食的特点,在岩心剖面中常位于向上变细的水下分流河道序列的顶部,围岩为泥质细砂岩和粉砂岩,代表了一种浅湖、水流能量不强,但沉积速率较快的环境.

3.4 强扰动组构

以沉积物全部被生物扰动为特征,遗迹形态不清楚,围岩常为灰色或灰绿色泥质粉砂岩(图 4d 和图 5d),主要为浅湖及前三三角洲有机质丰富的泥质基底环境.

4 生物—遗迹相类型及模式

生物总是适应一定的环境而生存. 一定层位的化石组合在一定程度上反映当时的古地理、古气候和沉积环境(Ksiazkiewicz, 1975; Wetzel and Wer-

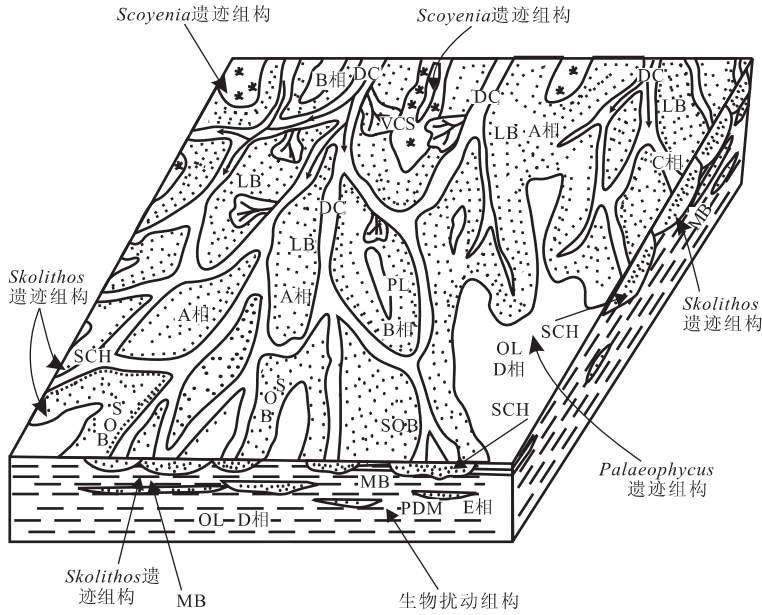


图 6 岐口凹陷新近系生物相分布的环境模式

Fig. 6 The environment model of Neogene biofacies in the Qikou depression

DC. 分流河道; VCS. 决口扇; LB. 分流河道边部; SCH. 水下分流河道; SOB. 水下分流河道边部; MB. 分流河口坝; PDM. 前三角洲; OL. 浅湖; PL. 泛滥平原小型湖

ner, 1981). 通过对生物—遗迹相标志的分析, 划定不同的生物相带, 即可进一步认识其古生态和古环境. 根据岐口凹陷生物—遗迹相标志的分析, 结合代表性化石属种与环境的关系, 划分出 5 种生物—遗迹相类型进而建立其模式(图 6):

(1)A 相, 孢粉主要为反映陆地植被的 *Magnastites* 亚组合和 *Artemisia* 亚组合, 无介形类化石和藻类化石, 以 *Scoyenia* 遗迹组发育为特点, 代表环境为河流或三角洲泛滥平原带.

(2)B 相, 主要特点是含有介形虫化石 *Ilyocypris* 和挺水植物花粉化石 *Sparganium*, 同时含有 *Scoyenia* 遗迹组, 该相与 A 相的差别是含有介形类化石, 代表环境为河流或三角洲泛滥平原小型湖.

(3)C 相, 主要特点是以垂直潜穴发育的 *Skolithos* 遗迹组为主. 孢粉、藻类、介形类化石极少, 代表了一种水流能量较高的河道或水下分流河道环境.

(4)D 相, 主要特点是多种化石类型丰富, 以不具回填构造的 *Palaeophycus* 遗迹组和介形类、藻类化石发育为标志, 介形类主要是壳面较光滑的 *Candona*、*Candoniella* 为主, 反映了一种开阔浅湖环境.

(5)E 相, 主要特点是以大量形态结构不清的生物组构为标志, 动物实体化石较少, 含有一定量孢粉

藻类化石, 大量生物扰动构造发育, 反映了食物丰富的浅湖前三角洲地带环境特征.

5 结论

通过对岐口凹陷新近系中的孢粉、介形虫和遗迹组构的系统研究, 得出如下认识: (1) 识别出孢粉 53 个属种, 并建立了两个孢粉组合, 分别为 *Magnastites*(粗肋孢)—*Ulmus*(榆粉)—*Taxodiaceapollenites*(杉粉)组合和 *Polygonaceae*—*Chenopodiaceae* 组合; (2) 发现介形虫 12 个属种, 介形类以金星介科分子为主, 少数湖花介科分子, 以壳形单一、壳壁薄、表面光滑的类型为主, 表现了典型的非海相淡水介形类面貌; (3) 划分出 4 种遗迹组构类型, 分别为 *Scoyenia* 遗迹组构、*Skolithos* 遗迹组构、*Palaeophycus* 遗迹组构和强扰动组构; (4) 探索了生物与环境的关系, 划分了 A、B、C、D、E 5 种生物—遗迹相带, 分别代表泛滥平原、蓄水注地或泛滥平原小型湖、河道及水下分流河道、滨浅湖和前三角洲沉积环境.

References

Ekdale, A. A., 1985. Paleocology of the marine endobenthos. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 50(1): 63—

- 81.
- Ekdale, A. A., Berger, W. H., 1978. Deep sea ichnofacies: Modern organism traces on and in Pelagic Carbonates of the western equatorial Pacific. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 23(3-4): 263-278.
- Hu, B., Jiang, Z. X., Qi, Y. A., et al., 2006. Trace fossils of deeper lacustrine deposits in the Paleogene Shahejie Formation of Jiyang depression, Shandong Province, eastern China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 45(1): 83-94 (in Chinese with English abstract).
- Ji, L. M., Wang, S. F., Xu, J. L., 2006. Acritarch assemblage in Yanchang Formation in eastern Gansu Province and its environmental implications. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31(6): 798-806 (in Chinese with English abstract).
- Kern, J. P., 1980. Origin of trace fossils in Polish Carpathian flysch. *Lethaia*, 13(4): 347-362.
- Ksiazkiewicz, M., 1975. Bathymetry of the Carpathian flysch basin. *Acta Geol. Polonica*, 25: 3-17.
- Li, S. T., 2004. Basin geodynamics background of formation of huge petroleum systems. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 29(5): 505-512 (in Chinese with English abstract).
- Lu, Z. S., Hao, C. K., Ma, H. B., et al., 2003. Continental ichnofabric types in the Liaohe oilfield and their environmental interpretation, China. *Acta Geologica Sinica*, 77(1): 9-15 (in Chinese with English abstract).
- Mi, L. J., Bi, L. G., Gong, S. L., et al., 2004. Direct evidence for development of Bohai paleolake during the Neogene. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 24(2): 37-42 (in Chinese with English abstract).
- Pruss, S. B., Botter, D. J., 2004. Early Triassic trace fossils of the western United States and their implications for prolonged environmental stress from the end Permian mass extinction. *Palaios*, 19(6): 551-564.
- Seilacher, A., 1964. Sedimentological classification and nomenclature of trace fossils. *Sedimentology*, 3: 253-256.
- Seilacher, A., 1967. Bathymetry of trace fossils. *Marine Geology*, 5(5-6): 413-428.
- Taylor, A. A., Goldring, G. R., 1993. Description and analysis of bioturbation and chnofabric. *Jour. of the Geol. Soc.*, 150: 141-148.
- Wang, D. F., 1987. Sedimentary facies and sedimentary environments of Tertiary in the Huanghua depression. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Wang, H. F., Hu, B., Zhang, G. L., et al., 2005. Discovery and significance of *Paleodictyon* of Paleogene in Dongying sag. *Xinjiang Petroleum Geology*, 26(4): 404-407 (in Chinese with English abstract).
- Wang, K. F., Zhang, Y. L., Jiang, H., et al., 1981. Discovery of pediastrum assemblage from submarine peat bed in the East China Sea and its implication in sea level changes of the latest Pleistocene. *Chinese Science Bulletin*, 2: 109-112 (in Chinese).
- Wetzel, A., 1991. Ecologic interpretation of deep sea trace fossil communities. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 85(1-2): 47-69.
- Wetzel, A., Werner, F., 1981. Morphology and ecological significance of Zoophycos in deep sea sediments of NW Africa. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 32(3-4): 185-212.
- Xu, J. L., Zhu, Y. H., 1993. Application of phytoplanktonic microfossils in paleolimnology. China Ocean Press, Beijing, 117-191 (in Chinese).
- Yang, C. Y., 2003. Exploration realm and strategy analysis for Dagang exploration area. *China Petroleum Exploration*, 8(2): 13-17 (in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 胡斌,姜在兴,齐永安,等,2006. 山东济阳坳陷古近系沙河街组深水湖沉积中的遗迹化石. *古生物学报*, 45(1): 83-94.
- 吉利明,王少飞,徐金鲤,2006. 陇东地区延长组疑源类组合特征及其古环境意义. *地球科学——中国地质大学学报*, 31(6): 798-806.
- 李思田,2004. 大型油气系统形成的盆地动力学背景. *地球科学——中国地质大学学报*, 29(5): 505-512.
- 卢宗盛,郝朝坤,马宏斌,等,2003. 辽河油田陆相遗迹组构类型及其环境解释. *地质学报*, 77(1): 9-15.
- 米立军,毕力刚,龚胜利,等,2004. 渤海新近纪古湖发育的直接证据. *海洋地质与第四纪地质*, 24(2): 37-42.
- 王德发,1987. 黄骅坳陷第三系沉积相及沉积环境. 北京: 地质出版社.
- 王海方,胡斌,张关龙,等,2005. 东营凹陷古近系 *Paleodictyon* 遗迹化石的发现及意义. *新疆石油地质*, 26(4): 404-407.
- 王开发,张玉兰,蒋辉,等,1981. 东海海底泥炭层盘星藻组合的发现与晚更新世晚期的海平面变化. *科学通报*, 2: 109-112.
- 徐金鲤,祝幼华,1993. 微体浮游植物化石在古湖泊研究中的应用. 北京: 海洋出版社, 117-191.
- 杨池银,2003. 大港探区勘探领域及对策分析. *中国石油勘探*, 8(2): 13-17.