

文章编号: 1000-0550(2010)04-0682-06

河北饶阳凹陷中央隆起带古近系沙三段上部 碳酸盐岩沉积模式研究

杨剑萍¹ 杨君¹ 邓爱居² 郭永军² 李运娥²

(1. 中国石油大学 山东东营 257061; 2. 中国石油天然气股份有限公司华北油田分公司采油三厂 河北河间 062450)

摘要 通过岩心和薄片观察及测井解释等手段,以揭示饶阳凹陷中央隆起带大王庄油田沙三段上部碳酸盐岩沉积特征及沉积模式为目的开展工作,得到以下认识:饶阳凹陷中央隆起带古近系沙三段上部发育碳酸盐岩滩坝沉积,藻砂屑云岩、鲕粒云岩、泥晶云岩及含陆源碎屑的藻屑—鲕粒云岩是本区主要的岩石类型。滩坝发育四种沉积微相,包括藻屑碳酸盐岩滩微相、鲕粒碳酸盐岩滩微相、泥晶碳酸盐岩湖湾微相及含陆源碎屑的颗粒碳酸盐岩滩微相。研究区碳酸盐岩的分布主要受到湖平面变化、古地形、构造活动强度及陆源碎屑物质供应程度的影响,中央隆起带古地貌微环境的不同,直接影响到岩石类型和沉积微相的差异,高部位形成藻屑碳酸盐岩和鲕粒碳酸盐岩,低部位的低能环境形成泥晶碳酸盐岩湖湾。藻屑碳酸盐岩滩和鲕粒碳酸盐岩滩微相是本区碳酸盐岩滩坝最有利的油气储集相带。该区沉积微相的研究及相模式的建立有助于饶阳凹陷中央隆起带大王庄油田下一步精细的储层预测,也为类似地区的碳酸盐岩储层预测提供了可借鉴的地质模型。

关键词 沉积特征 相模式 湖相碳酸盐岩 滩坝 沙三段 饶阳凹陷

第一作者简介 杨剑萍 女 1965年出生 教授 博士 沉积学 E-mail: yangjp3028@sina.com

中图分类号 P578.6 **文献标识码** A

近年来,随着油气勘探的深入,勘探对象由易于识别的构造油气藏逐渐转变为隐蔽油气藏,而湖相碳酸盐岩由于受自身结构、分布规律等条件限制,一般以岩性和地层油气藏为主,逐步受到学者们的关注,国内许多油田已把湖相碳酸盐岩形成的隐蔽油气藏列为一个重点勘探目标^[1-9]。

由于湖泊是一个复杂多变的水动力系统,湖相沉积明显受古气候、古水动力条件和古水介质性质等因素的控制,因而,不同背景湖盆发育的湖相碳酸盐岩也存在差异。至此,国内外许多学者根据湖盆的水文状况、发育阶段及水动力条件等因素提出多种湖相碳酸盐岩相模式方案。1990年,杜韞华^[10]在渤海湾地区古近系湖相碳酸盐岩沉积特征研究的基础上,建立了综合性的湖相碳酸盐岩沉积模式。黄杏珍等^[11]通过对泌阳凹陷碳酸盐岩的研究,按照不同相带碳酸盐岩发育的特点,建立了苏打湖型湖相沉积模式。张敏等^[12]进行了柴达木盆地西部地区湖相碳酸盐岩岩石类型、矿物组成、分布特征等的研究,建立该地区古近系及新近系碳酸盐岩沉积模式,划分出滨湖灰泥坪、滨湖藻坪、浅湖颗粒滩、浅湖藻丘及半深湖灰泥岩相。郭洪金等^[13]认为,济阳拗陷东辛油田沙一段的生物

灰岩以溶蚀孔隙、生物体腔孔及骨架孔隙构成主要的油气储集空间,具有较高的孔渗性;鲕粒灰岩以粒间孔和粒内孔作为主要的油气储集空间,亦具有较高的孔渗性,同时储层物性受岩石类型、沉积环境及成岩作用影响。

1 区域地质背景

饶阳凹陷是冀中拗陷中的一个次级构造单元,它位于冀中拗陷中部,是一个受复杂断裂系统控制的、北北东走向大型东断西超式单断凹陷,凹陷内部按构造特征分为七个次级构造单元,自西向东依次为斜坡带—一次洼槽带—主洼槽带—滚动背斜带—断阶带—潜山构造带—一次洼槽带。在斜坡带与次洼槽带之间构成了中央隆起带,大王庄地区位于中央隆起带的西部(图1)。

大王庄地区古近系自下而上依次为孔店组、沙河街组、东营组。孔店组发育杂色砂砾岩及灰色泥岩,厚度达1200m;沙四段为典型的河流相及盐湖沉积,发育大段的灰色泥岩及砂岩;沙三段下部沉积时期,大王庄地区发育辫状河三角洲平原红色泥岩及灰色砂岩沉积,沙三段上部沉积时期,湖平面上升,该区

收稿日期: 2009-04-19; 收修改稿日期: 2009-09-03

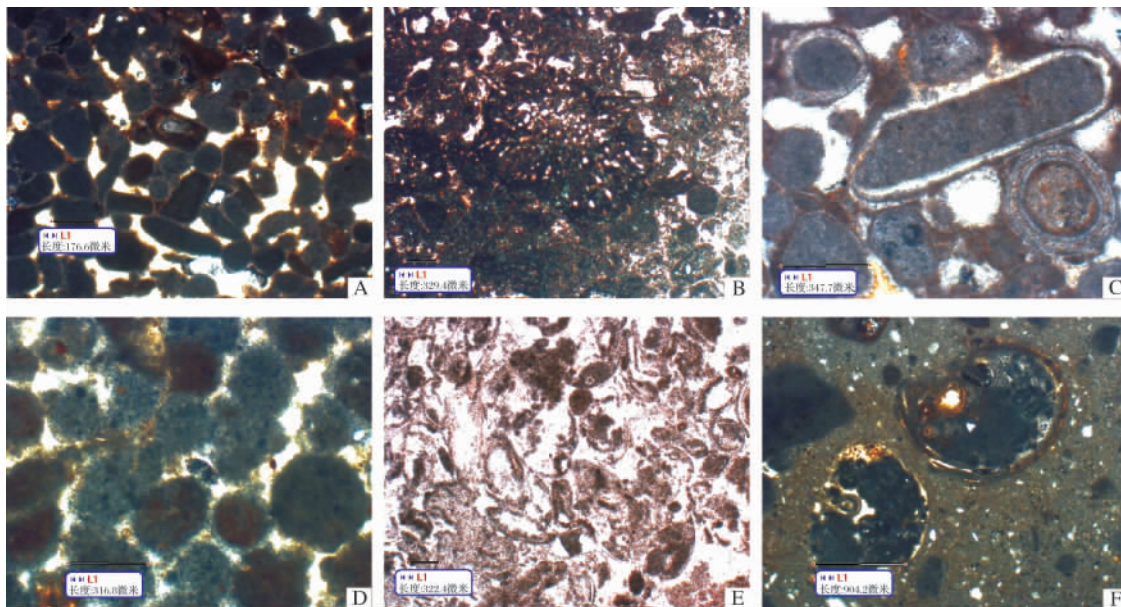


图2 饶阳凹陷中央隆起带沙三段上部碳酸盐岩主要岩石类型

A. 亮晶藻砂屑云岩, 砂屑磨圆、分选较好, 正交光, 留 70-104 井, 深度: 3 615.7 m; B. 藻屑云岩中的多孔藻屑, 正交光, 留 70-39 井, 深度: 3 612 m; C. 亮晶薄皮鲕粒云岩, 正交偏光, 留 101 井, 深度: 3 605.2 m; D. 亮晶球粒云岩, 正交光, 留 101 井, 深度: 3 612.5 m; E. 介形虫云质灰岩, 介壳完整或破碎, 单偏光, 留 101 井, 深度: 3 603.7 m; F. 含螺泥晶云岩, 正交光, 留 70-25 井, 深度: 3 686.5 m

Fig. 2 The main type of carbonate rock of the upper third member of Shahejie Formation in central uplift belt of Raoyang depression

碳酸盐岩滩微相、鲕粒碳酸盐岩滩微相、泥晶碳酸盐岩湖湾微相及含陆源碎屑颗粒滩微相。

3.1 藻屑碳酸盐岩滩微相

藻屑碳酸盐岩滩微相主要由藻砂屑云岩和藻团块云岩组成。藻砂屑是藻类被波浪、风暴浪等打碎、磨蚀、再沉积而形成的, 粒径一般在 0.1 ~ 2.0 mm; 藻团块是藻类粘结增长而形成的颗粒, 不具同心层。藻屑的发育表明当时湖水清澈、阳光充足, 有大量生物繁衍。藻屑滩微相由于孔、渗性较好, 自然电位曲线表现为特大负异常, 电阻率高值显著。藻屑滩主要分布在大王庄水下古隆起的高部位, 呈北东走向, 长轴延伸长达 2.0 km, 短轴 0.5 km, 碳酸盐岩层平均厚度大于 15.0 m, 是大王庄油田沙三段的油气高产层。

3.2 鲕粒碳酸盐岩滩微相

鲕粒碳酸盐岩滩微相主要由亮晶鲕粒云岩组成, 鲕粒的大小多为 0.2 ~ 0.4 mm, 鲕粒的核心多为砂屑、石英、生物介壳等。鲕粒滩微相自然电位曲线通常表现为特大负异常, 研究区鲕粒碳酸盐岩物性较好, 试油结果多为油层。鲕粒滩厚度约 10.0 m, 长度约 6.0 km, 宽约 0.3 km, 位于藻屑滩西部, 并围绕之, 推测与当时的风向有关, 西部处于迎风一侧, 波浪作

用强烈, 水动力能量相对较强。

研究区鲕粒有正常鲕、薄皮鲕, 有时可见鲕粒与砂屑相互伴生, 根据 Carozzi^[7]成鲕作用的水流搅动强度(a)和最大碎屑度(c)关系(图3), 本区鲕粒云岩中颗粒特征与情形3相同, 这说明当时水流搅动强度等于无同心层的碎屑颗粒的最大尺寸, 所有较小的

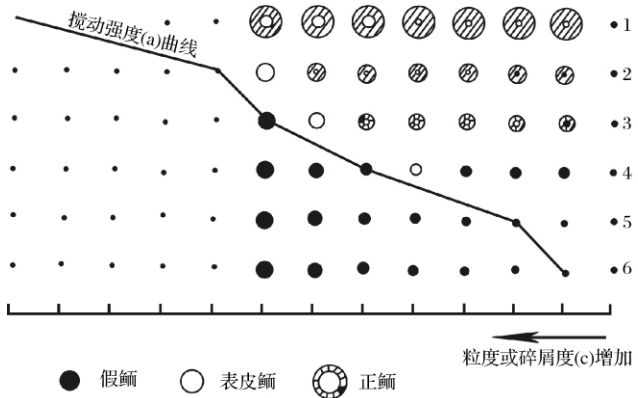


图3 成鲕作用的水流搅动强度(a)和最大碎屑度(c)的关系图^[7]

Fig. 3 Diagram of the relationship between the oolite and flow magnitude (a) and the max clasticity (c)^[7]

颗粒被包围成鲕,直到它们的直径达到最大无同心层颗粒的大小,所以沉积物由正常鲕、表皮鲕和无同心层的碎屑颗粒组成。

3.3 含陆源碎屑的颗粒碳酸盐岩滩微相

该微相主要有含陆源碎屑藻屑云岩及含陆源碎屑鲕粒云岩组成。含陆源碎屑的颗粒滩自然电位曲线表现为微齿化漏斗形、高幅指形,同样由于灰质成分的存在,电阻率高值显著。颗粒主要由鲕粒和藻屑组成,分布在研究区东部留70-161井周围,呈北东走向,滩体面积较小,不足 0.5 km^2 (图4),平均厚度较大,可达 20.0 m 。

3.4 泥晶碳酸盐岩湖湾微相

泥晶碳酸盐岩湖湾微相由泥晶云岩和少量泥灰岩组成,分布在藻屑碳酸盐岩滩微相和含陆源碎屑的颗粒碳酸盐岩滩微相之间的低洼区,是低能环境的产物。泥晶碳酸盐岩湖湾微相在电性曲线上有泥岩基线的特征,基线值低,由于灰质成分存在,使平均电阻率上升,并具峰状。

4 沉积相模式

在岩石类型和沉积微相研究的基础上,本文建立了饶阳凹陷中央隆起带沙三段碳酸盐岩沉积相模式(图5)。研究区西南部,由于受深泽低凸起物源影

响,陆源碎屑物质供应相对充足,碳酸盐岩极不发育,发育了滨浅湖陆源碎屑滩砂。而在研究区较高部位的留101井附近,由于离物源较远,陆源碎屑供应停滞,且水体深度适中,阳光充足,适合生物生存,发育了大量的藻屑云岩,形成藻屑颗粒碳酸盐岩滩。藻屑颗粒碳酸盐岩滩西部的中央隆起带斜坡处于波浪波及带,由于水流和湖浪的作用,鲕粒云岩大量发育,形成鲕粒碳酸盐岩滩。西南部物源也波及到研究区东部留70-161井一带,因此这一带发育了含陆源碎屑的颗粒碳酸盐岩滩。另外,由于受古地形的影响,两条同生断层之间的留70-50井一带为低洼区,因此在藻屑颗粒碳酸盐岩滩和含陆源碎屑的颗粒碳酸盐岩滩之间的低洼区形成泥晶碳酸盐岩湖湾(图5)。

5 碳酸盐岩发育的影响因素

研究区内湖相碳酸盐岩的岩石类型较复杂,而且单层较薄,垂向和横向上变化快,因此影响因素多而复杂。认为碳酸盐岩发育的主要控制因素为相对湖平面变化、古地形、浪基面、构造活动强度及物源等因素。

(1) 相对湖平面变化的影响

相对湖平面的变化是控制研究区碳酸盐岩沉积的首要因素。沙三段下部和中部沉积时期,饶阳凹陷

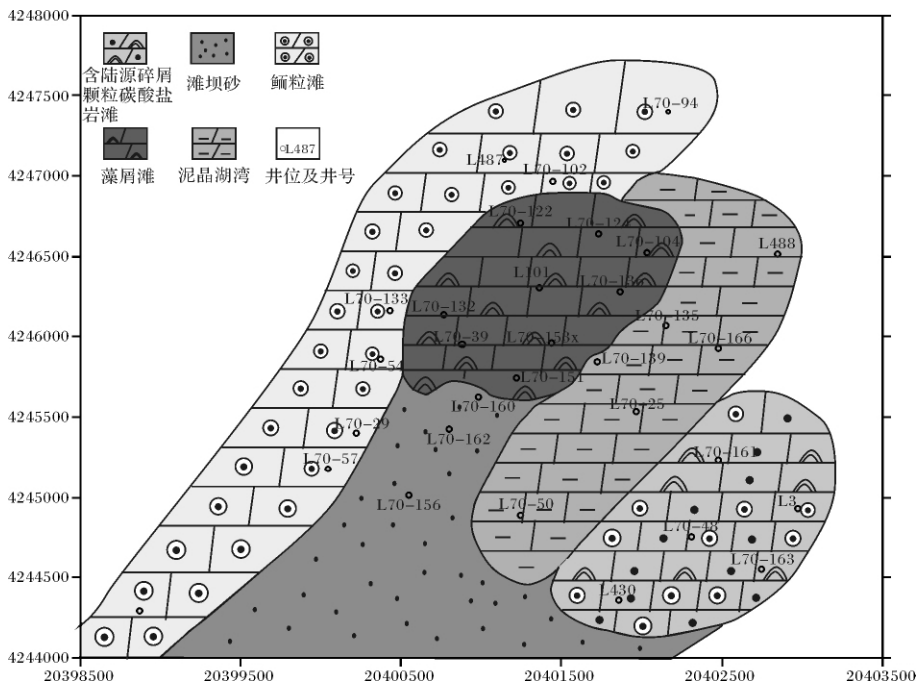


图4 饶阳凹陷中央隆起带大王庄地区沙三段上部碳酸盐岩沉积微相平面图

Fig. 4 The carbonate sedimentary microfacies distribution of the upper third member of Shahejie Formation in Dawangzhuang oilfield of the central uplift belt in Raoyang depression

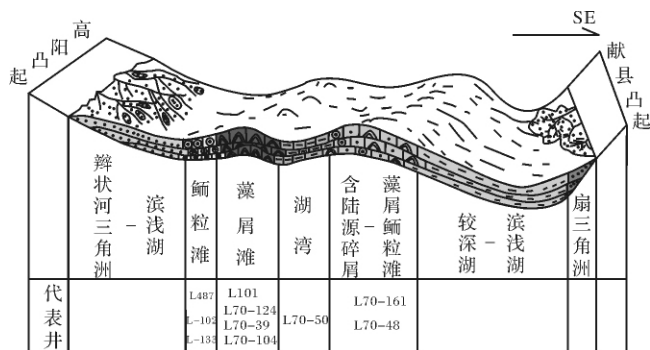


图5 饶阳凹陷中央隆起带沙三段上部碳酸盐岩沉积模式图

Fig. 5 Carbonate facies model of the upper third member of Shahejie Formation in central uplift belt of Raoyang depression

周边地势高差甚大,湖平面较低,冲积作用特别明显。扇三角洲、辫状河三角洲沉积十分发育,湖盆就自然变成了一个河流—三角洲泄水区域,大量碎屑物质充填,阻滞了碳酸盐溶液的富集,排斥碳酸盐沉积。此时中央隆起带出露水面,位于湖平面之上,主要发育辫状河三角洲平原亚相,不具备碳酸盐岩发育的条件。沙三段上部沉积时期,饶阳凹陷周边地势趋于平缓,湖平面快速上升,研究区由陆上转变为水下,波浪作用增强,河流作用明显减弱,三角洲沉积萎缩后退,河流的输入泥砂能力减弱,陆源碎屑供应停滞、不足,湖盆水体碳酸盐溶液储备逐步趋于过饱和状态,大量碳酸盐沉积作用才得以发生,导致本区碳酸盐岩发育。

(2) 古地形及波基面的影响

滩相碳酸盐岩一般沿水下古隆起或近岸浅水区分布,研究区在中央隆起带的高部位,具备了碳酸盐岩发育的古地形条件。而向东南部和西北部的较深水区,位于波浪基准面之下,则只发育深水暗色泥页岩。另外,同生断层也可以造成中央隆起带局部的隆起和洼地,因此造成中央隆起带局部小环境不同。中央隆起带高部位的留487井区和留101井区,位于高能界面(浪基面)之上,能量较强,发育了主要由颗粒碳酸盐岩组成的鲕粒滩和藻屑滩,而留70-50井一带位于两条断层之间的低洼区(图1),水动力条件较弱,形成两个高部位滩体之间的泥晶碳酸盐岩湖湾。

(3) 构造活动强度影响

构造活动稳定,湖盆沉降作用与沉积作用大约相同的条件下最有利于湖相颗粒碳酸盐岩的形成。沉降速度过慢多形成薄层碳酸盐岩,沉降速度过快则造成非补偿深水区,亦不利于碳酸盐岩的形成。沙三段

上部沉积时期,饶阳凹陷周边地势趋于平缓,构造活动相对平静,湖盆沉降速率和沉积速度缓慢且补偿适中,因此形成了本区碳酸盐岩滩坝。

(4) 陆源碎屑物质供应情况的影响

湖水的清澈度是湖相碳酸盐岩发育的一个很重要的影响因素。而陆源碎屑物质的供应情况直接影响到湖盆水体的清澈程度。研究区位于中央隆起带,远离东部物源区献县凸起和西部物源区高阳凸起,陆源碎屑物质供应不足,具备碳酸盐岩发育的条件。而研究区南部由于受到来自西南部深泽低凸起物源的影响,碎屑物质供应相对充足,碳酸盐岩不发育,发育陆源碎屑滩砂。这一物源也微弱波及到了研究区东部,因此东部留70-161井附近形成了含陆源碎屑的碳酸盐岩颗粒滩。

6 结论

饶阳凹陷中央隆起带沙三段上部发育碳酸盐岩滩坝,其中藻砂屑云岩和鲕粒云岩是本区最主要的岩石类型,还可见滩坝边缘的受陆源碎屑影响形成的混积岩。滩坝主要由四种沉积微相组成,包括藻屑碳酸盐岩滩微相、鲕粒碳酸盐岩滩微相、泥晶碳酸盐岩湖湾微相及含陆源碎屑的颗粒滩微相。本区碳酸盐岩的发育主要受到相对湖平面变化、古地形、构造活动强度及陆源碎屑物质供应情况的影响,中央隆起带地貌的微环境的差异,直接影响到沉积微相的分布,高部位的高能环境形成藻屑碳酸盐岩滩和鲕粒碳酸盐岩滩微相,低部位的低能环境形成泥晶碳酸盐岩湖湾微相。藻屑碳酸盐岩滩和鲕粒碳酸盐岩滩微相是本区碳酸盐岩滩坝最有利的油气储集相带,沉积微相的研究及沉积模式的建立有助于中央隆起带大王庄油田下一步精细的储层预测,也为类似地区的碳酸盐岩储层预测提供了可借鉴的地质模型。

参考文献(References)

- White A H, Youns B C. Cambrian alkali playa-lacustrine sequence in the northeastern officer basin, south Australia [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1980, 50: 1279-1286
- Wilkinson B H, Pope B N, Owen R M. Nearshore ooid formation in a modern temperate region marl lake [J]. Journal of Geology, 1980, 88: 697-704
- 王英华,周书欣,张秀莲. 中国湖相碳酸盐岩[M]. 江苏徐州: 中国矿业大学出版社, 1993 [Wang Yinghua, Zhou Shuxin, Zhang Xiulian. China Lacustrine Carbonate Rocks [M]. Xuzhou Jiangsu: China University of Mining and Technology Press, 1993]
- Cohen A S, Thouin C. Nearshore carbonate deposits in lake [J]. Tan-

- ganyika Geology, 1987, 15: 414-418
- 5 Freyret P, Plaziat J C. Continental carbonate sedimentation and pedogenesis Late Cretaceous and early Tertiary of southern France [J]. Contribution Sedimentology, 1982, 12: 213
- 6 Ryder R T, Fouch T D, Elson J H. Early Tertiary sedimentation in the western Uinta Basin [J]. Utah. Bulletin of Geology Society of America, 1976, 87: 496-512
- 7 Williamson C R, Picard M D. Petrology of carbonate rock of the Green River Formation (Eocene) [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1974, 44(3): 738-759
- 8 管守锐, 白光勇. 山东平邑盆地第三系官庄组中段碳酸盐岩沉积特征及沉积环境 [J]. 华东石油学院学报, 1985, (3): 9-20 [Guan Shourui, Bai Guangyong. Sedimentary characteristics and depositional environment of carbonate rocks of the middle Guanzhuang Formation of Paleogene in Pingyi Basin, Shandong Province [J]. Journal of Huadong Petroleum University, 1985 (3): 9-20]
- 9 陈淑珠. 济阳拗陷纯化镇组碳酸盐岩沉积相探讨 [J]. 石油勘探与开发, 1988, 15(2): 41-47 [Chen Shuzhu. Discussion on the sedimentary facies of carbonate rocks of the Chunhuazheng Formation in Jiyang sag [J]. Petroleum Exploration and Development, 1988, 15(2): 41-47]
- 10 杜福华. 渤海湾地区下第三系湖相碳酸盐岩及沉积模式 [J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(4): 34-41 [Du Yunhua. Eocene lacustrine carbonate rocks and sedimentary in Bohai Bay region [J]. Oil & Gas Geology, 1990, 11(4): 34-41]
- 11 黄杏珍, 闫存凤, 王随继, 等. 苏打湖型的湖相碳酸盐岩特征及沉积模式 [J]. 沉积学报, 1999, 12(17): 728-733(3) [Huang Xingzhen, Yan Cunfeng, Wang Suiji, et al. The feature and deposit model of lacustrine carbonate rocks formed in the course of soda lake evolution [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 12(17): 728-733]
- 12 张敏, 尹成明, 寿建峰, 等. 柴达木盆地西部地区古近系及新近系碳酸盐岩沉积相 [J]. 古地理学报, 2004, 6(4): 391-400 [Zhang Min, Yin Chengming, Shou Jianfeng, et al. Sedimentary facies of carbonate rocks of the Paleogene and Neogene in western Qaidam Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2004(4): 391-400]
- 13 郭洪金, 李勇, 钟建华, 等. 山东东辛油田古近系沙河街组一段碳酸盐岩储集特征 [J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 2006, 36(3): 351-357 [Guo Hongjin, Li Yong, Zhong Jianhua, et al. Carbonate reservoir properties in Member 1 of Shahejie Formation of Paleogene in the Dongxin oilfield, Shandong Province [J]. Journal of Jilin University: Earth Science Edition, 2006, 36(3): 351-357]
- 14 沙庆安. 混合沉积和混积岩的讨论 [J]. 古地理学报, 2001, 3(3): 36-66 [Sha Qing'an. Discussion on mixing deposit and Hunji rock [J]. Journal of Palaeogeography, 2001, 3(3): 36-66]
- 15 张雄华. 混积岩的分类和成因 [J]. 地质科技情报, 2000, 19(4): 13-43 [Zhang Xionghua. Classification and origin mixed sedimentite [J]. Geological Science and Technology Information, 2000, 19(4): 13-43]
- 16 马艳萍, 刘立. 大港海滩区第三系湖相混积岩的成因与成岩作用特征 [J]. 沉积学报, 2003, 21(4): [Ma Yanping, Liu Li. Sedimentary and diagenetic characteristics of Paleogene lacustrine "Hunji" Rock in Beach District, Dagang [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(4):]
- 17 Garozzi A V. Microscopic Sedimentary Petrography [M]. New York: John Wiley & Sons, 1960

Carbonate Rock Facies Model of the Upper Third Member of Shahejie Formation of Paleogene in the Central Uplift Belt of Raoyang Depression, Hebei Province

YANG Jian-ping¹ YANG Jun¹ DENG Ai-ju² GUO Yong-jun² LI Yun-e²

(1. China University of Petroleum, Dongying Shandong 257061; 2. Huabei Oilfield Branch Company of CNPC, Hejian Hebei 062450)

Abstract Carbonate rock facies model of the upper third member of Shahejie Formation of central uplift belt in Dawangzhuang oilfield of Raoyang depression were studied by core observation, granularity analysis and well log analysis. It can be seen that the aim stratum in the study area develop carbonate rock shoal, and the type of carbonate rock consist of algal-sand-elastic dolomite, oolitic dolomite, micritic dolomite, clastic-bearing sand elastic-oolitic dolomite. Carbonate shoal develop four microfacies: algal shoal, oolitic shoal, micritic carbonate bend and terrestrial grain shoal. The alternation of lake level, ancient landform, the strength of tectonic action and the provision of terrestrial material affect the carbonate shoal, and the change of micro-milieu in the central uplift belt palaeogeomorphology directly affect the rock type and sedimentary microfacies, high terrain develop algal shoal and oolitic shoal, micritic carbonate bend appear in low terrain with low energy. Algal shoal and oolitic shoal is the best reservoir in the studied area, sedimentary microfacies analysis and facies model establishment can help Dawangzhuang oilfield's reservoir forecast, and can be a useful geologic model for reservoir forecast in other similar areas.

Key words sedimentary characteristics; facies model; lacustrine carbonate rock; shoal and bar; the third member of Shahejie Formation; Raoyang Depression