

南襄盆地泌阳凹陷古近系核桃园组 油气充注幕次及成藏年龄确定

朱 颜¹, 李凤勋², 陈红汉³, 赵莹彬¹, 李丽娟¹, 郑 融¹, 卜旭强¹

(1. 中国石化 河南油田分公司 勘探开发研究院, 郑州 450000;

2. 中国石化 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214126;

3. 中国地质大学(武汉) 资源学院, 武汉 430074)

摘要:前人研究认为南襄盆地的构造对油气成藏具有控制作用,但针对油藏确切的形成时间及其与构造运动的耦合关系一直不明确。通过对流体包裹体的系统分析,利用埋藏史投影法,明确泌阳凹陷古近系核桃园组油气充注幕次和成藏期次,确定其成藏年代。泌阳凹陷共有“四幕两期油、一幕天然气”充注,第一期为泌阳凹陷的主要成藏期,主要发生在断陷—抬升阶段,包括第一幕(36.1~23.5 Ma)、第二幕(34.1~21.2 Ma)和第三幕(30.9~16.2 Ma)成藏,具有多阶连续性充注特点;第二期发生在拗陷沉降阶段,即第四幕(7.9~0.2 Ma)油和一幕(3.0~0.8 Ma)天然气成藏。泌阳凹陷内部的不同构造区带的油气充注时间存在差异,中部深凹区和南部陡坡带距离生烃中心较近,优先充注早期成藏;而北部斜坡带成藏时期相对较晚。泌阳凹陷南部应加强纵向多层次、多期次立体勘探,中部加强隐蔽岩性勘探的攻关力度,北部重点加强次生或调整的构造油藏勘探。

关键词:流体包裹体;油气充注幕次;成藏年龄;核桃园组;泌阳凹陷;南襄盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Hydrocarbon charging events and timing in Paleogene Hetaoyuan Formation, Biyang Sag, Nanxiang Basin

ZHU Yan¹, LI Fengxun², CHEN Honghan³, ZHAO Yingbin¹, LI Lijuan¹, ZHENG Rong¹, BU Xuqiang¹

(1. *Research Institute of Exploration and Development, Henan Oilfield Company, SINOPEC, Zhengzhou, Henan 450000, China;*

2. *Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214126, China;*

3. *School of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China)*

Abstract: Previous studies showed that the structure of Nanxiang Basin controlled the formation of oil and gas reservoirs, but the exact formation time of the reservoir and its coupling relationship with structural movement are not clear yet. Therefore, by analyzing the fluid inclusion system and combining with the projection method of burial history, this paper analyzed the times of oil and gas charging and accumulation in the Paleogene Hetaoyuan Formation of the Biyang Sag, and determined the age of oil and gas accumulation. The results showed that there were four phases of oil charging in two stages and one phase of natural gas charging in the Biyang Sag. The first stage mainly occurred during fault depression and uplift, including the first phase (36.1–23.5 Ma), the second phase (34.1–21.2 Ma) and the third phase (30.9–16.2 Ma) of oil charging, with the characteristics of multi-phase continuous charging. The second stage occurred during depression subsidence, including the fourth phase (7.9–0.2 Ma) of oil charging and the first phase (3.0–0.8 Ma) of natural gas charging. The early stage (the first phase) was the main formation time of oil and gas reservoirs in the Biyang Sag. The charging time of oil and gas was different in different structural zones in the Biyang Sag. The central deep subsided area and the southern slope were closer to the hydrocarbon-generating center, and were charged earlier, while the northern slope was charged relatively late. Therefore, it is recommended to focus on strengthening the vertical multi-layer and multi-stage three-dimensional exploration in the southern part of the Biyang Sag, strengthening the exploration of subtle lithology in the center, and focusing on the exploration of secondary or adjusted structural reservoirs in the north.

收稿日期: 2020-02-16; 修订日期: 2020-12-07。

作者简介: 朱颜(1983—), 男, 副研究员, 从事油气勘探综合研究。E-mail: zhu007yan@163.com。

通信作者: 赵莹彬(1986—), 男, 硕士, 助理研究员, 从事石油地质研究。E-mail: znsym@163.com。

基金项目: 国土资源部项目(1A14YQKYQ0107)和中国石化重大科技攻关项目(ZDP17012)联合资助。

2.1 流体包裹体岩相学特征

储层砂岩包裹样品检测结果表明,包裹体多产自石英愈合裂纹中、石英次生加大边、铁白云石胶结物、方解石胶结物、溶孔充填的方解石中,以及岩屑颗粒内,少数油包裹体产于钠长石裂纹中;包裹体有气—液相油包裹体、单一液相油包裹体、纯气相包裹体和盐水包裹体等 4 种类型。在 110 块样品中,有 63 块样品检测到油包裹体,大部分样品中见单一液相包裹体和气液两相包裹体,仅在泌阳凹陷南部陡坡带检测到纯气相包裹体。单一液相油包裹体在透射光下呈无色—浅褐色(图 2a),在紫外线激发下具有黄色、绿色、黄绿色、蓝绿色或蓝色荧光(图 2b);气液两相油包裹体在透射光下呈浅褐色(图 2c),在紫外线激发下具有橙黄色、黄色、蓝绿色或亮蓝色荧光(图 2d);纯气相油包裹体在透射光下呈暗色或黑褐色(图 2e),在紫外线激发下具有微弱荧光(图 2f)或无荧光。

2.2 流体包裹体显微荧光光谱分析

本实验不仅对包裹体岩相学特征进行了观察分析,而且还统计分析了不同岩相学特征包裹体的显微荧光光谱图,明确了不同类型的油包裹体显微荧光光谱特征^[21-23]。油包裹体的荧光强度与油包裹体中油的密度有很大关系,不同充注时期或者不同油源的显微荧光光谱存在较大的差异。通过对荧光强度和光谱谱型分析,可以研究油气的充注幕次^[24-25]。

通过对泌阳凹陷南部陡坡带的包裹体显微荧光观察,发现油包裹体荧光颜色主要有橙黄色、

黄色—黄绿色、蓝色—蓝绿色以及亮蓝色等。在对各个油包裹体样品的荧光光谱图特征分析的基础上,求取其荧光光谱参数 Q_{F535} 值(波长 535 ~ 720 nm 所限定的面积与波长 420 ~ 535 nm 所限定面积的比值),并分析了其与主峰波长的关系。研究表明,4 种不同的油包裹体荧光颜色依次对应的平均主峰波长(λ_{max})为 556,528,489,471 nm(图 3),其 Q_{F535} 范围依次为 1.61 ~ 1.82, 0.99 ~ 1.49, 0.69 ~ 0.89, 0.46 ~ 0.74(图 4),分别代表不同的成熟度。另外还在流体包裹体的样品中发现气包裹体,发微

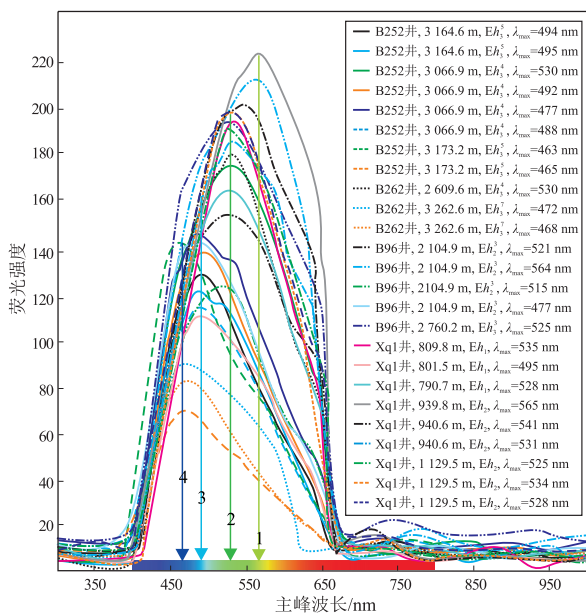


图 3 南襄盆地泌阳凹陷南部陡坡带油包裹体显微荧光光谱图

Fig.3 Micro-beam fluorescence spectra of oil inclusions on southern steep slope of Biyang Sag, Nanxiang Basin

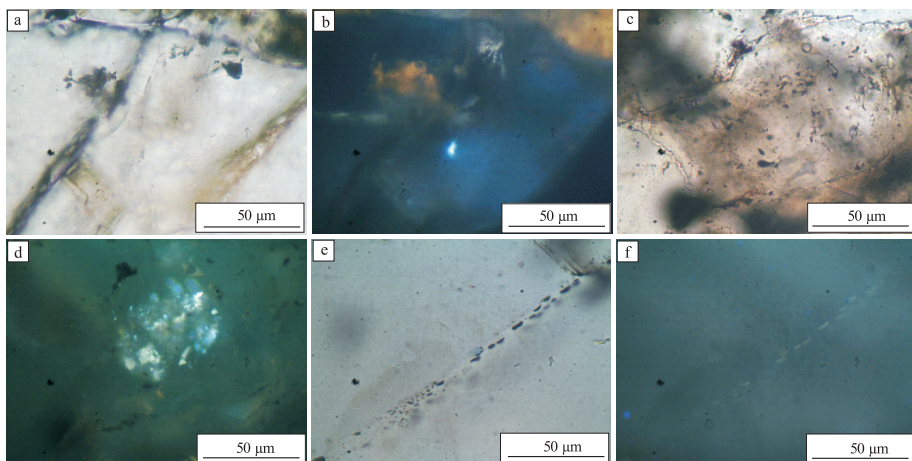


图 2 南襄盆地泌阳凹陷流体包裹体岩相学特征

a-b.B228 井, Eh_3^1 , 1 063.2 m, 油浸细砂岩, 石英颗粒内裂纹中见发蓝色荧光的次生油包裹体, 单一液相, 主峰波长为 478 nm;
c-d.B197 井, Eh_3^5 , 2 867.5 m, 中砂岩, 岩屑颗粒内次生溶孔中见发蓝绿色荧光的次生油包裹体, 气液两相, 主峰波长为 515 nm;
e-f.B210 井, Eh_3^8 , 2 758.7 m, 粗砂岩, 石英颗粒内裂纹中见发微弱荧光, 纯气相包裹体。a, c, e 为透射光; b, d, f 为荧光

Fig.2 Petrographic characteristics of fluid inclusions in Biyang Sag, Nanxiang Basin

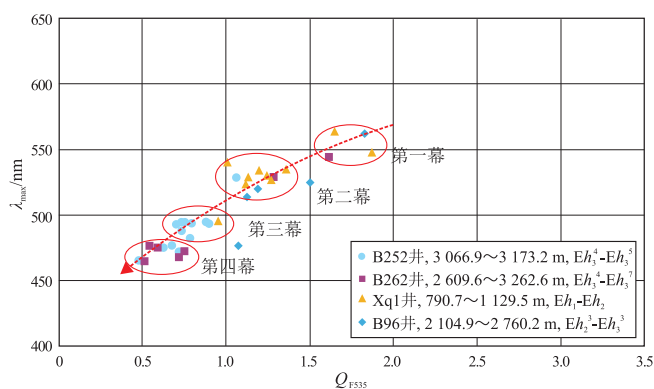


图 4 南襄盆地泌阳凹陷南部陡坡带油包裹体 Q_{F535} 与 λ_{max} 关系
 Fig.4 Relationship between Q_{F535} and λ_{max} of micro-beam fluorescence spectra of oil inclusions on southern steep slope of Biyang Sag, Nanxiang Basin

弱荧光,多分布在石英裂纹或粒间方解石胶结物中。根据上述油包裹体的荧光颜色和荧光光谱分析,认为泌阳凹陷南部陡坡带存在四幕油和一幕气充注。其中,四幕油充注分别为:第一幕为低成熟油,发橙黄色荧光;第二幕为低成熟油—成熟油,发黄色—黄绿色荧光;第三幕为成熟油,发蓝色—蓝绿色荧光;第四幕为高成熟油,发亮蓝色荧光。

同理,通过对泌阳凹陷中部深凹区和北部斜坡带包裹体荧光光谱特征以及光谱参数(表 1)分析,认为泌阳凹陷中部深凹区存在三幕油充注:第一幕

为发橙黄色荧光油充注,其成熟度低;第二幕为发黄—黄绿色荧光油充注;第三幕为发蓝色—蓝绿色荧光油充注,成熟度较高。北部斜坡带存在四幕油充注:第一幕为发橙黄色—黄色荧光油充注,成熟度低;第二幕为发黄色—黄绿色荧光油充注;第三幕为发蓝—蓝绿色荧光油充注,成熟度较高;第四幕为发亮蓝色荧光油充注,成熟度最高。

综上所述,泌阳凹陷整体发育四幕油充注(图 5):第一幕为低熟油充注,主峰波长范围为 535 ~ 565 nm, Q_{F535} 范围是 1.31 ~ 1.64;第二幕为发黄色—

表 1 南襄盆地泌阳凹陷油包裹体显微荧光光谱参数

Table 1 Micro-beam fluorescence spectra parameters of oil inclusions in Biyang Sag, Nanxiang Basin

地区	井号	深度/m	层位	油气充注幕次	油包裹体荧光颜色	主峰波长 (λ_{max})/nm	红绿商(Q)	Q_{F535}
中部深凹区	B78	1 916.2	Eh_2^3	2	橙黄色、蓝色	554	0.64	1.63
	B94	2 108.7	Eh_3^3	3	黄色、黄绿色、蓝色	498	0.23	0.77
		2 109.0	Eh_3^3			499	0.25	0.89
	B168	1 522.4	Eh_3^2	3	黄色、蓝绿色、蓝色	518	0.43	1.16
		1 684.8	Eh_3^3			522	0.45	1.15
	B197	2 867.5	Eh_3^5	2	黄色、黄绿色	520	0.31	0.93
		3 231.2	Eh_3^7			525	0.29	0.96
	B214	1 830.4	Eh_3^6	3	橙黄色、黄绿色、蓝色	546	0.42	1.46
		1 838.6	Eh_3^6			541	0.51	1.33
		1 846.8	Eh_3^6			552	0.7	1.55
Yq20	809.4	Eh_3^5	2	绿色、亮蓝色	519	0.3	0.98	
	878.4	Eh_3^5			516	0.28	0.97	
B121	879.9	Eh_3^5	2	黄色、蓝绿色	520	0.46	1.22	
	784.6	Eh_3^4			546	0.63	1.56	
北部斜坡带	B134	1 138.4	Eh_3^6	3	黄绿色、蓝色、亮蓝色	502	0.27	0.86
		1 138.4	Eh_3^6			529	0.42	1.16
	B175	841.3	Eh_3^4	1	黄色	543	0.61	1.41
	B228	1 062.5	Eh_3^3	4	黄色、橙黄色、蓝绿色、亮蓝色	547	0.65	1.48
1 063.4		Eh_3^3	526			0.43	1.13	
B231	1 090.5	Eh_3^6	2	黄绿色、蓝色	495	0.37	0.98	
B241	1 515.2	Eh_3^3	2	黄色、蓝色	546	0.56	1.31	
	1 525.0	Eh_3^3			530	0.42	1.17	
	1 525.0	Eh_3^3			550	0.65	1.53	

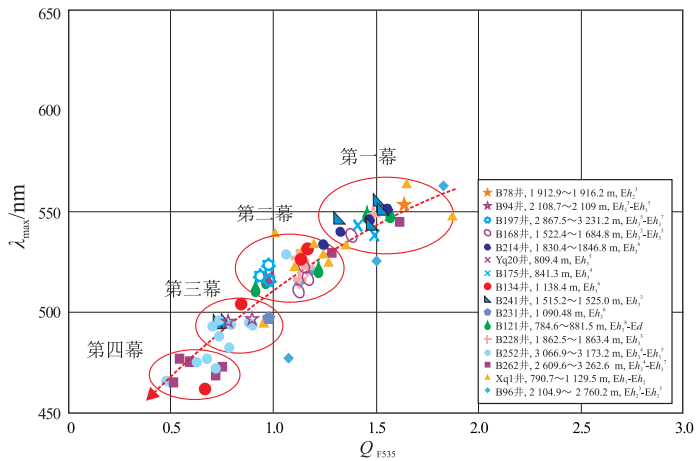


图 5 南襄盆地泌阳凹陷单个油包裹体显微荧光光谱 Q_{F535} 与主峰波长 λ_{max} 关系

Fig.5 Relationship between Q_{F535} and λ_{max} of micro-beam fluorescence spectra of oil inclusions in Biyang Sag, Nanxiang Basin

黄绿色荧光油充注,成熟度较低,主峰波长为 511~535 nm, Q_{F535} 为 0.93~1.27;第三幕为发蓝色—蓝绿色荧光油充注,主峰波长为 488~502 nm, Q_{F535} 为 0.71~0.98;第四幕为发亮蓝色荧光高熟油充注,主峰波长为 460~477 nm, Q_{F535} 为 0.46~0.74。其中,前三幕油充注在南部陡坡带、中部深凹区、北部斜坡带 3 个构造区带均有发育,第四幕油充注主要发育于南部陡坡带与北部斜坡带。另外,除了四幕油充注外,在南部陡坡带还检测到一幕天然气充注。

2.3 流体包裹体显微测温

在均一温度测定过程中,选取形态规则、产状相同、气液比相似和个体较小的包裹体以避免次生改造对包裹体均一温度产生影响;优先测定能够反映成岩环境的方解石胶结物、铁白云石胶结物、石英次生加大边中的原生盐水包裹体;选择与油包裹体伴生的盐水包裹体进行测试,并分别测定油包裹体和伴生盐水包裹体的均一温度。

通过对泌阳凹陷流体包裹体显微测温统计分

析发现,南部陡坡带和北部斜坡带分别发育四期盐水包裹体和四期油包裹体,而在中部深凹区样品中仅检测到三期盐水包裹体和两期油包裹体的发育,整体与荧光光谱分析一致(图 6,7),认为泌阳凹陷主要发育四幕油充注。

3 成藏期次划分和时期确定

通过对包裹体的显微特征、光谱和温度分析,明确了泌阳凹陷油气充注幕次。将获取的各期次油气包裹体同期盐水包裹体均一温度投影到埋藏史图上,从而读取油气充注年龄(图 8)。将各充注年龄标注到同一时间轴上,不仅可以消除埋深的影响,还能对不同井之间不同深度油气成藏期次进行划分和确定成藏时期。

根据上述方法,得到泌阳凹陷核桃园组各单井的油气充注年龄,将其标注在同一时间轴上,结果表明,泌阳凹陷共有四幕油和一幕天然气充注,总

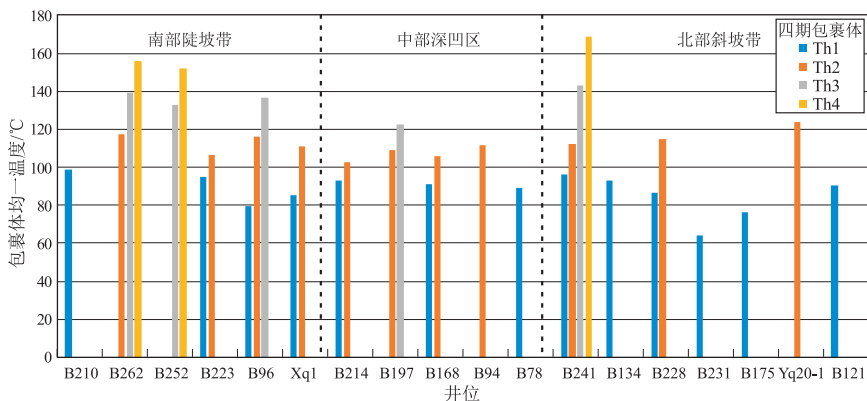


图 6 南襄盆地泌阳凹陷古近系核桃园组砂岩储层无机(含烃盐水)包裹体均一温度
Fig.6 Homogenization temperature of inorganic (hydrocarbon-containing brine) inclusions in sandstone reservoirs of Paleogene Hetaoyuan Formation in Biyang Sag, Nanxiang Basin

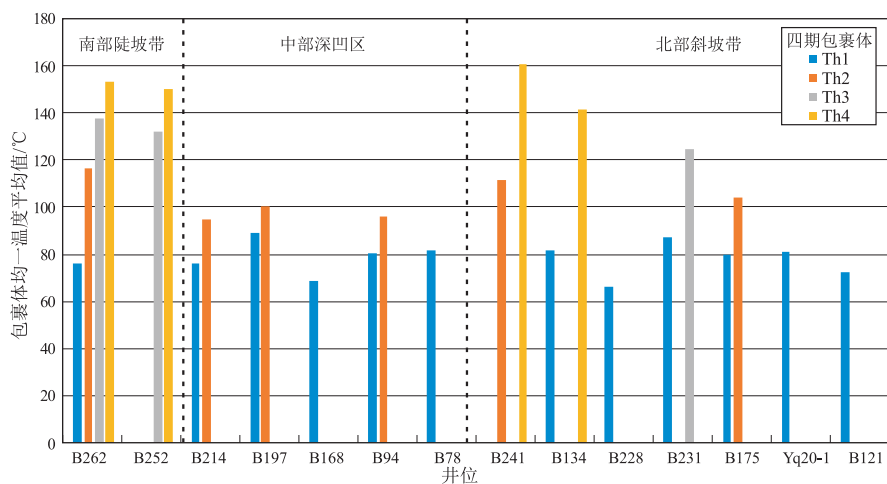


图 7 南襄盆地泌阳凹陷古近系核桃园组砂岩储层有机(油)包裹体均一温度
Fig.7 Homogenization temperature of organic (oil) inclusions in sandstone reservoirs of Paleogene Hetaoyuan Formation in Biyang Sag, Nanxiang Basin

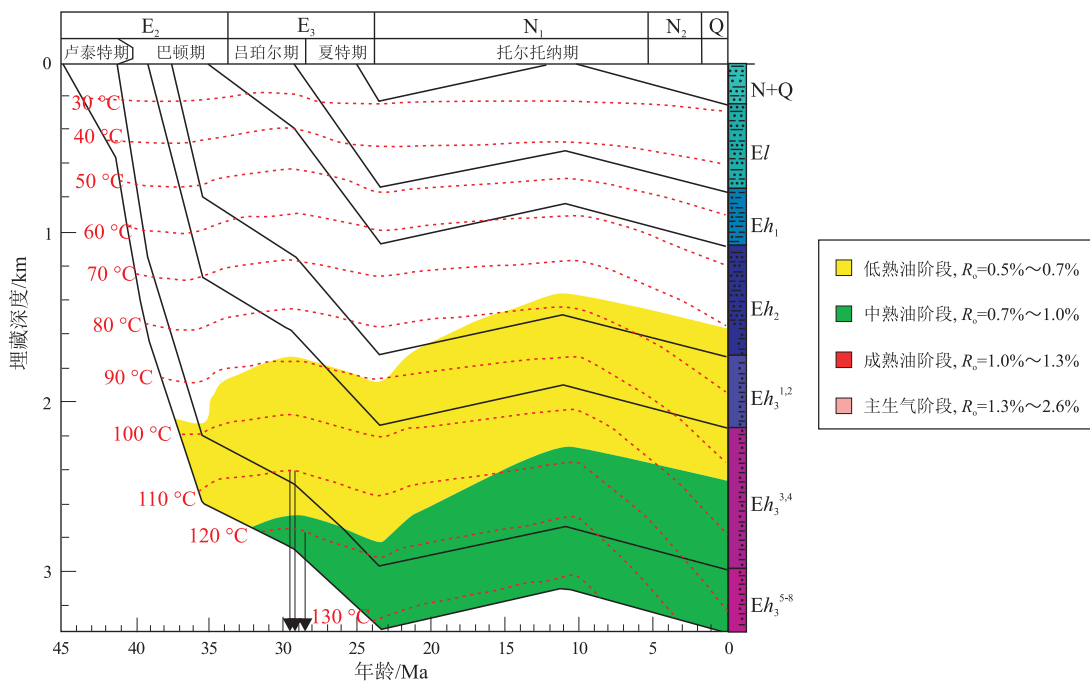


图 8 南襄盆地泌阳凹陷 B197 井埋藏史—均一温度投影法获取油气充注时间
Fig.8 Acquisition of oil and gas filling times by the method of burial history and uniform temperature projection of well B 197 in Biyang Sag, Nanxiang Basin

体可以分为两期成藏:第一期发生于断陷—抬升阶段,发生了第一幕(36.1~23.5 Ma)、第二幕(34.1~21.2 Ma)和第三幕(30.9~16.2 Ma)成藏;第二期发生于拗陷—新构造运动阶段,发生了第四幕油(7.9~0.2 Ma)和一幕(3.0~0.8 Ma)天然气成藏。第一期成藏为大规模油气成藏,并与圈闭和输导体系具有良好的时空匹配性,因此该期是油气主要的成藏期。仅在南部陡坡带发现有天然气充注,充注时间为 3.0~0.8 Ma(图 9)。

通过对泌阳凹陷油气成藏期次划分和成藏时

期的研究,发现泌阳凹陷中部深凹区主要油气充注时间为 36.1~23.5 Ma,南部陡坡带主要充注时间是 30.9~25.9 Ma,而北部斜坡带主要充注时间更晚,为 25.1~21.2 Ma,因此,不同构造区带的油气充注时间存在差异。中部深凹区距烃源岩近,充注时间最早;南部陡坡带与烃源岩发育地区距离较远,油气充注时间晚于中部深凹区;北部斜坡带距烃源岩发育地区最远,因而充注时间也最晚。油气充注时间明显受控于各区带离烃源岩的距离。

泌阳凹陷中部深凹区和南部陡坡带的油气充

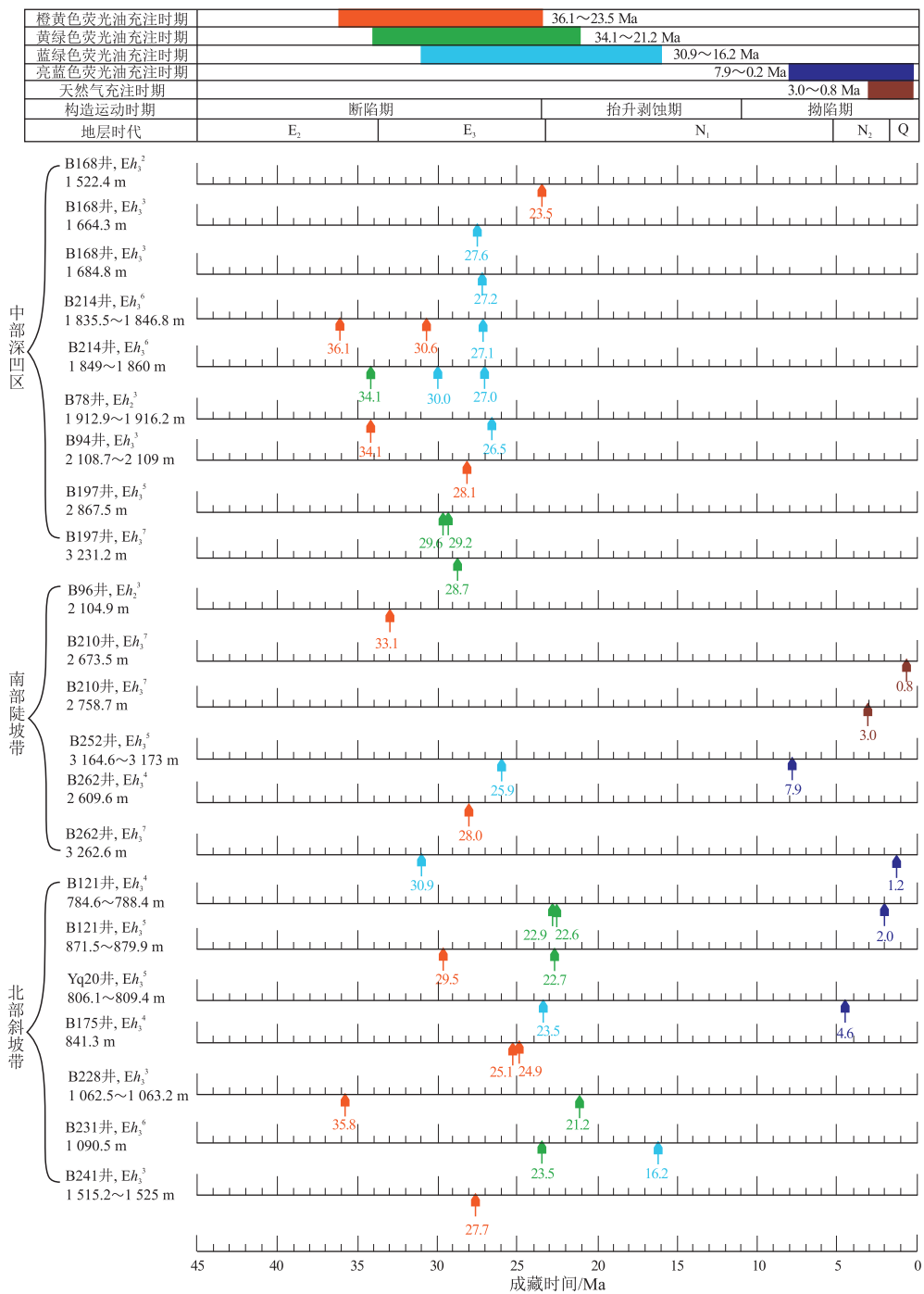


图 9 南襄盆地泌阳凹陷古近系核桃园组油气成藏期次和成藏时间

Fig.9 Oil and gas accumulation stages and times of Paleogene Hetaoyuan Formation in Biyang Sag, Nanxiang Basin

注对应盆地断陷期,与早期的圈闭形成了良好的时空配置关系,因此,生烃凹陷附近的中南部圈闭更有利于油气的聚集和保存,且油藏形成时间较早,而北部缓坡带的油气充注时间对应着古近系廖庄组沉积期大规模的抬升期,可能表明构造抬升促进了该区带原油的大规模运移,但同时由于剥蚀量太大,很多原油已经发生散失^[26-30]。有学者研究发现,北部原油很多遭受生物降解,也与抬升后埋藏过浅原油遭受生物降解有关。

综上所述,泌阳凹陷的中部和南部油气充注时间早,同时与在盆地南部边界同沉积断裂和其控制下的砂体储层形成良好的源储配置关系,易在凹陷中部深凹区形成岩性油藏,且受后期廖庄构造抬升影响相对较小;而在南部陡坡带多为早期的岩性油藏以及后期受构造抬升控制的断层—岩性油藏的发育区;北部缓坡带油气充注期为廖庄构造抬升期以后,具有晚期成藏特征,受构造影响较大,多发育断块或地层—断块类型油藏。

4 结论

(1)包裹体的显微特征分析、光谱分析和温度分析结果表明,泌阳凹陷存在两期四幕油与一幕气充注,根据该区的沉积埋藏史,确定泌阳凹陷古近系核桃园组主成藏期可以分为两期:第一期发生于断陷—抬升阶段,发生了第一幕(36.1~23.5 Ma)、第二幕(34.1~21.2 Ma)和第三幕(30.9~16.2 Ma)成藏;第二期发生于拗陷沉降阶段,发生了第四幕(7.9~0.2 Ma)油 and 一幕(3.0~0.8 Ma)天然气成藏;油藏以早期(第一期)成藏为主。

(2)不同构造区带的油气充注时间存在差异。泌阳凹陷为南断北超的箕状断陷,生油中心区位于南缘和东缘两条边界断裂交汇部控制的深凹区,中部深凹区最为优先充注,即充注时间最早,其次是南部陡坡带的三角洲和低位扇砂体油气充注成藏,最后为北部斜坡带三角洲砂体充注。因此,南部陡坡带和中部深凹区的油藏形成时间较早,但经历廖庄构造抬升期的断裂作用,油气发生了再调整,具有明显的叠加成藏特点;北部斜坡带为晚期成藏。

参考文献:

- [1] 林社卿,李连生,白振瑞,等.泌阳凹陷复杂断块群油藏特征及勘探技术[J].河南石油,2002,16(3):12-14.
LIN Sheqing, LI Liansheng, BAI Zhenrui, et al. Features of the complex fault block reservoirs in Biyang Depression and exploration techniques[J]. Henan Petroleum, 2002, 16(3): 12-14.
- [2] 李连生,朱军,李辉,等.泌阳凹陷斜坡带断裂特征与油气聚集[J].西南石油学院学报,2004,26(2):4-6.
LI Liansheng, ZHU Jun, LI Hui, et al. Faults feature and hydrocarbon accumulation in slope zone in Biyang Depression[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2004, 26(2): 4-6.
- [3] 朱景修,熊超,刘桂兰,等.泌阳凹陷王集—新庄油气成藏期次及运聚模式[J].大庆石油地质与开发,2011,30(4):5-8.
ZHU Jingxiu, XIONG Chao, LIU Guilin, et al. Period and times of petroleum reservoir formation and migration mode in Wangji-Xin Zhuang region of Miyang Sag[J]. Petroleum Geology and Oilfield Development in Daqing, 2011, 30(4): 5-8.
- [4] 邱荣华,林社卿,涂阳发.泌阳凹陷油气成藏特征及勘探潜力分析[J].石油天然气学报(江汉石油学院学报),2005,27(2):158-161.
QIU Ronghua, LIN Sheqing, TU Yangfa. Features of hydrocarbon accumulation and analysis on exploration potential in Biyang Depression[J]. Journal of Oil and Gas Technology (Journal of Jianghan Petroleum Institute), 2005, 27(2): 158-161.
- [5] 朱景修,张武,程文举,等.泌阳凹陷泌304区块油气成藏模式研究[J].天然气地球科学,2011,22(6):1040-1045.
ZHU Jingxiu, ZHANG Wu, CHENG Wenju, et al. Model of hydrocarbon accumulation in Bi 304 block of Biyang Sag[J]. Natural Gas

- Geoscience, 2011, 22(6): 1040-1045.
- [6] 卢焕章,范宏瑞,倪培,等.流体包裹体[M].北京:科学出版社,2004.
LU Huanzhang, FAN Hongrui, NI Pei, et al. Fluid inclusion[M]. Beijing: Science Press, 2004.
- [7] 刘德汉,卢焕章,肖贤明.油气包裹体及其在石油勘探和开发中的应用[M].广州:广东科技出版社,2007.
LIU Dehan, LU Huanzhang, XIAO Xianming. Hydrocarbon inclusions and their application to petroleum exploration and exploitation[M]. Guangzhou: Guangdong Science & Technology Press, 2007.
- [8] 刘德汉.包裹体研究:盆地流体追踪的有力工具[J].地学前沿,1995,2(3/4):149-154.
LIU Dehan. Fluid inclusion studies: an effective means for basin fluid investigation[J]. Earth Science Frontiers, 1995, 2(3/4): 149-154.
- [9] GOLDSTEIN R H. Fluid inclusions in sedimentary and diagenetic systems[J]. Lithos, 2001, 55(1/4): 159-193.
- [10] VAN DEN KERKHOFF A M, HEIN U F. Fluid inclusion petrography[J]. Lithos, 2001, 55(1/4): 27-47.
- [11] 斯尚华,陈红汉,丰勇,等.塔里木盆地沙雅隆起下白垩统双源三幕油气充注成藏的流体包裹体证据[J].石油学报,2013,34(1):12-21.
SI Shanghua, CHEN Honghan, FENG Yong, et al. Two sources and three charging events of hydrocarbons in Lower Cretaceous reservoirs in Shaya uplift, Tarim Basin: evidence from fluid inclusion analysis[J]. Acta Petrolei Sinica, 2013, 34(1): 12-21.
- [12] 孙楠,谢鸿森,郭捷,等.含油气沉积盆地流体包裹体及应用[J].长春科技大学学报,2000,30(1):42-45.
SUN Qiang, XIE Hongsen, GUO Jie, et al. Fluid inclusions in sedimentary basins generating petroleum and their application[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2000, 30(1): 42-45.
- [13] 吴悠,陈红汉,肖秋荷,等.青藏措勤盆地地下白垩统活动热流体与油气成藏[J].石油学报,2011,32(4):621-628.
WU You, CHEN Honghan, XIAO Qiugou, et al. Active thermal fluids and the Lower Cretaceous hydrocarbon accumulation in the Cuoqin Basin, Tibet[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011, 32(4): 621-628.
- [14] 欧光习,李林强,孙玉梅.沉积盆地流体包裹体研究的理论与实践[J].矿物岩石地球化学通报,2006,25(1):1-11.
OU Guangxi, LI Linqiang, SUN Yumei. Theory and application of the fluid inclusion research on the sedimentary basins[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2006, 25(1): 1-11.
- [15] 吕海涛,陈红汉,唐大卿,等.塔河地区三叠系油气充注幕次划分与成藏时期确定[J].石油与天然气地质,2009,30(3):300-309.
LÜ Haitao, CHEN Honghan, TANG Daqing, et al. Determination of hydrocarbon charging events and timing of accumulation in the Triassic of Tahe area, the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(3): 300-309.
- [16] 谢晓军,盛湘.泌阳凹陷流体包裹体在油气运移研究中的应用[J].新疆石油学院学报,2001,13(1):48-51.

- XIE Xiaojun, SHENG Xiang. Application of fluid inclusion enclave in oil-gas migration of Miyang Depression[J]. Journal of Xinjiang Petroleum Institute, 2001, 13(1): 48-51.
- [17] 刘小平, 徐健, 杨立干. 有机包裹体在油气运聚研究中的应用: 以苏北盆地高邮凹陷为例[J]. 石油实验地质, 2004, 26(1): 94-99.
- LIU Xiaoping, XU Jian, YANG Ligan. Application of organic inclusion to study of hydrocarbon migration and accumulation: a case study of the Gaoyou Sag in the Subei Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2004, 26(1): 94-99.
- [18] 王乃军, 赵靖舟, 罗静兰, 等. 利用流体包裹体法确定成藏年代: 以鄂尔多斯盆地地下寺湾地区三叠系延长组为例[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2010, 46(2): 22-25.
- WANG Naijun, ZHAO Jingzhou, LUO Jinglan, et al. Determination of the age of accumulation by fluid inclusion with an example from Triassic Yanchang Formation in the Xiasiwang area, Ordos Basin[J]. Journal of Lanzhou University (Natural Sciences), 2010, 46(2): 22-25.
- [19] 徐佑德, 王林, 刘子超, 等. 车排子地区火山岩油藏流体包裹体特征与成藏期次[J]. 断块油气田, 2020, 27(5): 545-550.
- XU Youde, WANG Lin, LIU Zichao, et al. Characteristics of fluid inclusions and time frame of hydrocarbon accumulation for volcanic reservoirs in Chepaizi Uplift[J]. Fault-Block Oil and Gas Field, 2020, 27(5): 545-550.
- [20] 罗顺社, 陈晓. 泌阳凹陷南部陡坡带核二段古地貌恢复及其对沉积体系的控制[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2011, 33(3): 1-5.
- LUO Shunshu, CHEN Xiao. Palaeogeomorphologic reconstruction and its control on sedimentary system of E₂ in the south of Biyang Depression[J]. Journal of Oil and Gas Technology (Journal of Jianghan Petroleum Institute), 2011, 33(3): 1-5.
- [21] 邹海峰, 徐学纯. 大港探区流体包裹体组分特征及其应用[J]. 长春科技大学学报, 2001, 31(3): 251-256.
- ZOU Haifeng, XU Xuechun. The features of the compositions of fluid inclusions in Dagang oil field and its applications[J]. Journal of Changchun University of Science and Technology, 2001, 31(3): 251-256.
- [22] 王传远, 段毅, 杜建国, 等. 鄂尔多斯盆地长 9 油层组流体包裹体特征与油气成藏期次分析[J]. 地质科技情报, 2009, 28(4): 47-50.
- WANG Chuanyuan, DUAN Yi, DU Jianguo, et al. Hydrocarbon migration stages in Chang 9 Formation in Ordos Basin by fluid inclusion analysis[J]. Geological Science and Technology Information, 2009, 28(4): 47-50.
- [23] 陈丹敏, 袁振涛. 鄂尔多斯白豹地区三叠系流体包裹体的特征及其在确定油气成藏期中的应用[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2009, 24(2): 31-33.
- CHEN Danmin, YUAN Zhentao. Characteristics of the fluid inclusion of the Triassic in Baibao area, Ordos Basin and their application in the study on the hydrocarbon accumulation stages[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2009, 24(2): 31-33.
- [24] 赵艳军, 陈红汉. 油包裹体荧光颜色及其成熟度关系[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2008, 33(1): 91-96.
- ZHAO Yanjun, CHEN Honghan. The relationship between fluorescence colors of oil inclusions and their maturities[J]. Earth Science (Journal of China University of Geosciences), 2008, 33(1): 91-96.
- [25] 方欣欣, 甘华军, 姜华, 等. 利用石油包裹体微束荧光光谱判别塔北碳酸盐岩油气藏油气充注期次[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2012, 37(3): 580-586.
- FANG Xinxin, GAN Huaqun, JIANG Hua, et al. Analyzing hydrocarbon-charging periods of carbonate reservoir in north Tarim by micro fluorescence spectrum of petroleum inclusions[J]. Earth Science (Journal of China University of Geosciences), 2012, 37(3): 580-586.
- [26] 王强, 宁传祥, 马中良, 等. 不同性质原油保存能力评价实验及应用[J]. 石油实验地质, 2019, 41(5): 739-745.
- WANG Qiang, NING Chuanxiang, MA Zhongliang, et al. Preservation of crude oil with different properties and implication for deep oil exploration[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2019, 41(5): 739-745.
- [27] 冯国奇, 李吉君, 刘洁文, 等. 泌阳凹陷页岩油富集及可动性探讨[J]. 石油与天然气地质, 2019, 40(6): 1236-1246.
- Feng Guoqi, Li Jijun, Liu Jiewen, et al. Discussion on the enrichment and mobility of continental shale oil in Biyang Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2019, 40(6): 1236-1246.
- [28] 李连生. 泌阳凹陷结构构造与油气成藏[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2007, 29(3): 344-346.
- LI Liansheng. Structural tectonics and hydrocarbon accumulation in Biyang Depression[J]. Journal of Oil and Gas Technology (Journal of Jianghan Petroleum Institute), 2007, 29(3): 344-346.
- [29] 何涛华, 李文浩, 谭昭昭, 等. 南襄盆地泌阳凹陷核桃园组页岩油富集机制[J]. 石油与天然气地质, 2019, 40(6): 1259-1269.
- He Taohua, Li Wenhao, Tan Zhaozhao, et al. Mechanism of shale oil accumulation in the Hetaoyuan Formation from the Biyang Depression, Nanxiang Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2019, 40(6): 1259-1269.
- [30] 罗家群, 彭金宁, 杨云飞, 等. 南襄盆地南阳凹陷核桃园组“源势相导”控藏作用[J]. 石油实验地质, 2019, 41(3): 319-325.
- LUO Jiaqun, PENG Jinning, YANG Yunfei, et al. Reservoir forming control of “source-potential-facies-migration” in Hetaoyuan Formation of Nanyang Sag, Nanxiang Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2019, 41(3): 319-325.