

东营凹陷油气成藏期分析*

蒋有录¹, 刘 华¹, 张 乐¹, 谭丽娟¹, 王 宁²

(1. 石油大学地球资源与信息学院, 山东东营 257061; 2. 中国石化胜利油田地质科学研究院, 山东东营 257015)

摘要: 综合盆地构造演化和圈闭发育史、烃源岩主要生、排烃史、油藏饱和压力、成岩矿物流体包裹体等资料, 对济阳坳陷东营凹陷的油气藏形成期进行了分析。研究区成藏期主要分为两期, 即渐新世末和中新世末至上新世, 大规模油气聚集发生于中新世末至上新世, 尤以上新世明化镇组沉积中晚期为主。不同层系及不同构造单元中的油气藏, 主要形成期存在差异, 烃源层系中的岩性油气藏形成时间较早; 由下向上, 由凹陷中心向边缘, 油气藏的主要形成期有逐渐变晚的趋势。

关键词: 成藏期; 油气充注; 流体包裹体; 东营凹陷

第一作者简介: 蒋有录, 男, 43岁, 教授(博士), 石油地质

中图分类号: TE112.41

文献标识码: A

传统的成藏期确定方法包括盆地构造分析法、圈闭形成期法、烃源岩主要排烃期法及油藏饱和压力分析法等^[1]。近年来, 随着油藏地球化学研究的发展, 人们广泛利用储层有机岩石学分析方法和成岩矿物同位素地质年代法, 探讨油气成藏期, 并取得了较好的应用效果^[2~6]。实际上, 由于成藏问题的复杂性, 任何一种成藏期确定方法都存在一定的局限性。因此, 必须综合盆地构造及圈闭演化史、主要烃源岩生、排烃史、油藏饱和压力以及流体历史分析, 追索油气运移聚集的历史。

东营凹陷是渤海盆地济阳坳陷南部第三系富油气凹陷, 是渤海湾裂谷盆地内典型的开阔型箕状凹陷。该凹陷以古近系为主要生储油气岩系, 沙河街组四段和三段为主力烃源岩, 断层发育, 油气沿断裂运移活跃, 形成多个由多种圈闭和多含油气层系组成的复式油气聚集带, 油气具有围绕生油洼陷呈环状分布的特点^[7,8]。

1 圈闭形成史

研究区圈闭类型多, 各种圈闭的形成时期和分布特点不尽相同。总体来说, 以断块圈闭为主体的构造圈闭主要形成于古近纪末期, 广泛分布于全区各层系; 地层圈闭主要分布于古近系和新近系之间的不整合面上, 从封盖层的有效性来推

断, 这类圈闭最早形成于新近系馆陶组沉积之后; 岩性圈闭主要出现于古近系沙河街组生油层系中, 其形成时期较早。

圈闭的形成时间代表了油气藏可能形成的最早时期。从成藏地质背景来看, 东营凹陷主力含油层系为古近系沙河街组, 凹陷的形成大体都经历了古近纪断陷和新近纪、第四纪整体坳陷两大阶段。断陷阶段, 各级断层发育。渐新世末的构造运动奠定了凹陷的基本构造格局, 大型构造圈闭基本完成于此期, 如东营凹陷的中央隆起带形成于渐新世中晚期, 在这些构造带上的构造圈闭也主要形成于渐新世末, 早于新近纪大量生油气时期, 为新近纪油气大规模聚集提供了场所。

古近纪末的东营运动使东营凹陷整体抬升剥蚀, 之后进入新近纪全面缓慢沉降阶段。全区普遍沉积了馆陶组和明化镇组的冲积-河流相碎屑岩, 各级断裂逐渐消亡, 但一些主干断裂的微弱活动一直延续到新近系馆陶组和明化镇组沉积时期。沙河街组生油层系中的岩性圈闭形成时间较早, 只要有油气来源, 就可形成油气聚集。

因此, 从圈闭发育来说, 构造圈闭大规模油气运移聚集的时期应在古近纪末和新近纪, 生油层系中的岩性油气藏形成时期较早, 非生油层系中的构造油气藏主要应为新近纪以来的产物。

2 生、排烃期

与圈闭形成期的确定相似, 烃源岩主要生、排

* 国家“十五”攻关项目(2001BA605A09)资助
收稿日期: 2003-05-26

烃期控制了油气藏形成的最早时期。根据盆地模拟结果^{*}, 东营凹陷沙河街组烃源岩从始新世末开始生成烃类, 中新世初开始排烃, 但数量较少, 之后, 生、排烃数量持续增大。古近纪末, 其生烃量只占总生烃量的 35% 左右, 排烃量占总排烃量的 20%, 且主要成熟区分布于凹陷中的深洼陷区。新近纪是烃类大量生成的时期, 新近纪以来的生烃量占到总生烃量的近三分之二, 排烃量占总排烃量的 80%。其中, 中新世末和上新世, 生、排烃量达高峰, 排烃量占总排烃量的三分之二(图 1)。

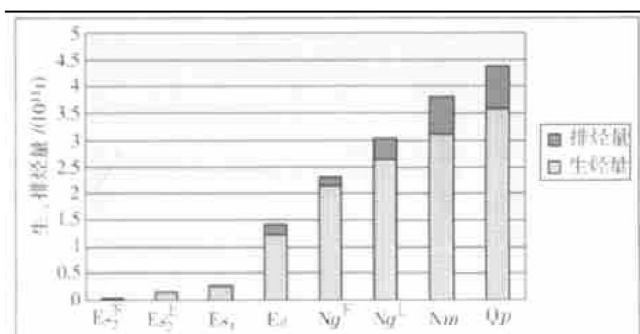


图 1 东营凹陷不同时期累积生、排烃量直方图

Fig. 1 Histogram diagram of accumulation hydrocarbon generation and hydrocarbon expulsion volumes in different geological periods in Dongying sag

因此, 根据烃源岩主要生、排烃期, 可将东营凹陷油气藏的形成分为两个大的阶段, 即渐新世末和新近纪。

渐新世末东营期, 洼陷中心区域的烃源岩已进入生油门限并开始排烃, 油气向邻近的圈闭运移聚集。由于油气生成数量有限, 规模不大, 主要集中在生油洼陷中心地区, 从而在生油层系内及邻近凹陷中心地区形成早期油气聚集, 以原生岩性油气藏为主。由于渐新世末的构造抬升, 烃源岩埋深变浅, 温度降低, 生烃过程受到抑制。中新世, 伴随着凹陷整体下沉, 烃源岩进一步被埋藏, 成熟范围扩大, 再次大量生烃, 并向临近的地区运聚成藏。由于馆陶组沉积厚度不大, 烃源岩成熟区受到限制, 所能提供的油气也有限。上新世, 巨厚的明化镇组沉积使两个凹陷沙河街组三段及四段上亚段烃源岩被快速埋藏, 成熟范围不断扩大, 烃源岩整体进入生、排油高峰期, 大量油气进入圈

闭成藏, 此时微弱的构造活动十分有利于油气的聚集。第四纪伴随着凹陷的持续全面沉降, 生烃作用继续增强, 凹陷边缘以馆陶组泥岩为盖层的地层圈闭, 由于馆陶组泥岩成岩作用的增强, 形成有效的封盖, 成为油气聚集的重要场所。

3 饱和压力

通常认为, 根据油藏饱和压力确定的油藏形成时间是油气藏可能形成的最晚时间^[1]。根据东营凹陷部分油田的油藏饱和压力计算出的油藏形成时间与主要生、排烃时期相一致(表 1)。

从表 1 中可看出, 东营凹陷不同地区油气藏的形成时期不尽相同。凹陷东北部的永安镇油田, 沙河街组二段油藏的形成时间为渐新世末至上新世中期, 主要集中在中新世; 南部乐安油田沙河街组四段油藏形成时间较晚, 主要形成于上新世晚期; 西部滨南油田的沙河街组四段油藏主要形成于中新世早期; 北部王庄油田前第三系油藏形成时间也较晚, 主要集中在上新世早中期; 中央隆起带的东辛油田成藏时间跨度较大, 不同层系存在差异, 总体上具有随油藏层位变浅, 其形成时间变晚的趋势, 沙河街组一段油藏主要形成于上新世, 沙河街组二段油藏形成时间从渐新世末期到上新世中期。

总体来说, 凹陷中心地区生油层系中的油藏形成时间相对较早, 大致在渐新世末开始有油气聚集, 由洼陷中心向盆地边缘, 随着油气聚集层位的变浅, 成藏时间逐渐变晚, 主要运聚成藏时间应在上新世, 尤其是上新世。

4 流体包裹体

利用流体包裹体资料研究油气充注史, 目前已成为成藏期研究的有效手段^[2~5]。利用成岩矿物流体包裹体所获得的成岩流体的各种参数, 能比较真实、可靠地反映该矿物形成时流体的物理化学性质, 如包裹体形成时介质的温度、压力条件, 化学成分等, 为研究油气运移的各种物理化学条件提供一定的信息。

根据对东营凹陷 20 余个砂岩储层含烃流体包裹体均一温度的分析测定, 结合前人古地温研究成果, 初步推算了东营凹陷中南部地区油气的充注时期(表 2)。

东营中央隆起带是该凹陷构造部位相对较高

* 中国石化胜利油田有限公司. 胜利探区油气资源研究. 2000

表 1 东营凹陷部分油田油藏饱和压力计算成藏时间表

Table 1 Reservoiring time calculated by saturated pressure in the partial oilfields(pools) in Dongying sag

油田	井号	中部埋深/m	层位	地层压力/MPa	饱和压力/MPa	气油比/(m ³ •t ⁻¹)	成藏深度/m	成藏期
永安镇油田	永 2	2 091.0	E ₂₋₃ s ₂	21.00	8.86	40.1	886	N ₁ 早
		2 063.9	E ₂₋₃ s ₂	20.20	8.83	36.6	883	N ₁ 早
	永 3	2 076.9	E ₂₋₃ s ₂	20.70	9.93	50.7	993	N ₁ 晚
	永 3- 3	2 024.8	E ₂₋₃ s ₂	20.25	9.67	46.1	967	N ₁ 晚
	永 42	1 988.6	E ₂₋₃ s ₂	19.88	9.10	54.9	910	N ₁ 晚
	永 44	2 075.9	E ₂₋₃ s ₂	20.63	9.16	54.3	916	N ₁ 晚
乐安油田	永 40	1 784.2	E ₂₋₃ s ₂	16.85	12.70	61.8	1 270	N ₂ 中
	草 31	1 316.7	E ₂ s ₄	13.11	10.78	42.7	1 078	N ₂ 晚
	草 50	1 340.9	E ₂ s ₄	13.35	10.78	37.1	1 078	N ₂ 晚
	草 62	1 338.8	E ₂ s ₄	12.54	10.78	37.8	1 078	N ₂ 晚
王庄油田	郑 4	1 582.5	Ar	15.93	8.54	58.2	854	N ₂ 中
	郑 10	1 534.8	Ar	15.85	9.88	67.1	988	N ₂ 中
		1 541.0	Ar	15.27	8.40	58.6	840	N ₂ 中
	郑 14	1 714.1	Ar	17.02	8.35	59.6	835	N ₂ 早
		1 591.4	Ar	16.27	8.40	60.7	840	N ₂ 中
	滨南油田	滨 405	E ₂ s ₄	无记录	14.61	104	1 461	N ₁ 早
东辛油田	辛 118	1 886.8	E ₃ s ₁	18.98	14.97	20.1	1 497	N ₂ 晚
	营 8	1 987.8	E ₂₋₃ s ₂	17.70	11.60	37.5	1 160	N ₂ 早
	营 12	2 193.7	E ₂₋₃ s ₂	22.20	9.10	24.8	910	N ₁ 早
	营 13- 2	2 164.7	E ₂₋₃ s ₂	21.89	10.88	69.9	1 088	N ₁ 晚
		2 303.9	E ₂₋₃ s ₂	22.13	10.10	56.4	1 010	N ₁ 早
	营 1	2 019.3	E ₂₋₃ s ₂	19.10	9.35	39.1	935	N ₁ 晚
	营 26	2 121.7	E ₂₋₃ s ₂	21.17	9.92	53.0	992	N ₁ 晚
	营 31	1 979.8	E ₂₋₃ s ₂	无记录	11.70	42.5	1 170	N ₂ 中
	辛 11	1 976.5	E ₂₋₃ s ₂	19.70	8.10	35.8	810	N ₁ 早
	辛 17	1 989.5	E ₂₋₃ s ₂	19.53	7.46	27.4	746	N ₁ 晚
	营 87	2 198.4	E ₂₋₃ s ₂	18.36	10.54	74.0	1 054	N ₁ 晚

的地区,也是油气的有利运移指向,目前分布着东辛 现河等多个断块油田。包裹体资料推测,东辛 现河油田沙河街组二段油藏的形成时间较晚,主要是在中新世末- 上新世,只有少数油藏是在渐新世末充注。

东营凹陷西南部的博兴洼陷及其周缘地区北部及东部的大芦湖、梁家楼油田沙河街组三段油藏成藏期较早,在东营末已有油气注入,但主要是在中新世末至上新世中期充注;东部地区沙河街组三、四段油藏成藏期主要是在中新世末至上新世,尤其是上新世;西南部的高青油田,油气藏以馆陶组为直接盖层,主要是在上新世中晚期成藏;南部金家地区成藏时间更晚,在上新世后期至第四纪。总体而言,东营凹陷西南部地区的油气成藏时间与凹陷中北部地区相比要晚一些。

据邱楠生等对东营凹陷胜坨和牛庄地区沙河街组三段烃源岩层系中储层流体包裹体的分析^[2],坨 76 井测得的沙河街组三段储层的成岩包

裹体均一温度在 110~ 185℃,大部分在 150~ 160℃之间,认为该段油气主要来自沙河街组三段本身,油气的大量充注始于渐新世晚期。而位于牛庄洼陷中心的牛 21 井区,沙河街组三段储层成岩包裹体均一化温度大都在 138~ 158℃,油气来自沙河街组三段本身,油气大量充注时期始于渐新世末期。

因此,根据流体包裹体分析资料,东营凹陷油气充注的主要时期集中于中新世末和上新世(馆陶末和明化镇时期),但不同地区及层系有较大差异。总体来说,烃源岩层系中的油气藏成藏时间较早,而非生油层系中的油气藏形成时间较晚,大体形成于中新世和上新世。如牛庄、胜坨及大芦湖地区的沙河街组三段油藏,油气于渐新世晚期开始充注,大规模的油气充注发生于新近纪;而凹陷南斜坡的金家油田,油气成藏时期较晚。因此,成藏作用是从各生油洼陷中心向四周扩展,成藏过程由早到晚,油气运聚的范围逐渐增大,大规模

表 2 东营凹陷部分储集岩流体包裹体均一温度测试及成藏期计算表

Table 2 Reservoiring time calculated by homogenization temperatures test of fluid inclusions in partial reservoir rocks, Dongying sag

井号(取样深度/m)	岩石类型	矿物类型	温度/℃		油气充注时 对应埋深/m	油气充注成藏期
			均一温度	温度区间		
W78(3 426. 1)	油砂	加大边	116. 2 时泄漏		1 906	N ₁ 早
			126. 3	126. 2~ 126. 4	2 100	N ₁ 中
L43- 3(3 109)	油砂	加大边	102. 0		1 642	N ₁ 早
XY96(2 963)	油砂	加大边; 裂缝	116. 2		1 807	N ₁ 晚
			95. 5		1 438	E ₃ 晚
			118. 2		1 843	N ₁ 晚
H31- 79(2 301. 6)	油砂	裂缝	98. 3	96. 2~ 99. 4	1 602	N ₂
SS100(3 276)	油砂	加大边	116. 6		1 847	N ₁ 早
			124. 6	124. 2~ 125. 0	1 993	N ₁ 晚
			116. 6		1 847	N ₁ 早
F105(3 367)	油砂	加大边	108. 7		1 768	E ₃ 晚
C6- 23(2 317)	油砂	加大边	107. 7		1 626	N ₂
			113. 4		1 789	N ₁ 晚
			113. 0	112. 6~ 113. 4	1 782	N ₁ 晚
S100(3 088. 4)	含油粗砂	加大边	115. 6	115. 0~ 116. 2	1 829	N ₂
			115. 0		1 818	N ₂
			115. 6		1 829	N ₂ 早
H154(2 536)	砂岩	加大边	102. 7		1 566	N ₁
SH100(3 076)	含油粗砂	加大边; 裂缝	102. 8		1 568	E ₃ 晚
Y101(2 889)	细砂岩	加大边; 裂缝	100. 1		1 520	E ₃
			103. 6		1 582	E ₃ 晚
			120 时泄漏		1 875	N ₂
H75- x18(2 741)	油砂	裂缝	113. 2		1 754	N ₁
XY69(2 966)	油砂	加大边	125. 5		2 085	N ₁ 晚
F105(3 241. 5)	油砂	加大边	118. 8		1 958	N ₁ 晚
			96	91~ 101	2 382	N ₁ 晚- N ₂ 早
			80	64~ 84	1 857	E ₃ 晚- N ₁ 中
L14- 5(3 232)	含砾粗砂岩	石英加大边(II 级)	90	87. 2~ 90	2 143	N ₂ 早
			86. 1	85. 6~ 86. 7	2 031	N ₂ 早
L43- 3(3 050)	含砾粗砂岩	方解石胶结物	98. 3	92. 6~ 104. 2	2 380	N ₂ 中
			92. 5	87. 7~ 94	2 214	N ₂ 中
L43- 3(3 170)	含砾粗砂岩	石英加大边(II 级)	104. 5	101. 1~ 108	2 557	N ₂ 晚
			93	85. 3~ 99. 1	2 167	N ₂ 中- 晚
L44- 4(2 810)	含砾粗砂岩	石英加大边(II 级)	85. 4	82. 3~ 88. 3	1 956	N ₂ 中
			94	94	2 194	N ₂ 晚
L44- 4(2 812)	含砾粗砂岩	方解石胶结物	94. 2		2 141	N ₂ 晚
C6- 23(2 340)	细砂岩	方解石胶结物	94. 2		2 141	N ₂ 晚
J31- 35(1 578)	细砂岩	石英加大边(I 级)	71. 4	65. 9~ 77	1 482	N ₂ 晚- Q

油气聚集时间应为新近纪。实际上, 由于烃源岩厚度较大, 生、排烃时间延续较长, 许多油藏可能是多期充注的结果。

参 考 文 献

1 张厚福, 方朝亮, 高先志, 等. 石油地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 183~ 191

2 邱楠生, 金之钧, 胡文瑄. 东营凹陷油气充注历史的流体包裹体分析[J]. 石油大学学报, 2000, 24(4): 95~ 97

3 施继锡. 有机包裹体及其与油气的关系[J]. 中国科学(B 集),

1987, (7): 318~ 325

4 姜振学, 庞雄奇, 黄志龙. 叠合盆地油气运聚期次研究方法及应用[J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(4): 22~ 25

5 任战利, 崔军平, 冯建辉, 等. 东濮凹陷桥口地区油气藏形成期次研究[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(6): 15~ 18

6 王飞宇, 何萍, 张水昌, 等. 利用自生伊利石定年分析烃类进入储层的时间[J]. 地质论评, 1997, 43(5): 540~ 548

7 李春光. 东营凹陷断裂系统对油气藏分布的控制[J]. 石油与天然气地质, 1994, 15(1): 87~ 93

8 蒋有录. 东辛复杂断块油气田成藏特征[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(1): 68~ 73

(Please Turn to Page 259)

characterized by episodes, i. e. tectonic activity was intensive in early E_{s3} period, became weak in middle E_{s3} , late E_{s3} to early E_{s2} ; in late E_{s2} to E_{s1} period, tectonic activities became intensive again, and weak again in early and late E_d period. In Zhanhua sag, the Paleogene E_{s3} to E_d sediments can be divided into two second-order sequences and six third-order sequences. Total fall of faults is used to indicate the intensity of fault activity here. The largest fall amplitude of fault corresponds to the beginning of the second-order sequence, i. e. the total fall of faults had been the largest at the beginning of each second-order sequence, and then gradually became smaller, which indicates that faults have controlled the development of second-order sequences. In Jiyang depression, there are six third-order tectonic cycles from E_{s3} to E_d . They are characterized by strong extensional movement in the early period of each cycle, extensional movement in the middle and late periods of each cycle, and compressional movements in the final period of each cycle. Their activity periods correspond to the development periods of the six third-order sequences in Zhanhua sag. The responses of high-resolution sequence stratigraphy logging rhythms of Fur 111 and other eight wells to tectonic activities show that tectonic activities have controlled the overlapping mode of parasequences, i. e. they are characterized by intensive extension and retrograding parasequence set in the early period of each third-order cycle, and by intensive compression and progradational parasequence set in the final period of each cycle. Fault activities controlled the thicknesses and distributions of third-order sequences, as well as the migration of depocenter. As a starting point, the depocenter had been in the area near to Wuhaozhuang-Changdi fault zone during the development period of sequence I, and then migrated successively in clockwise direction to the southern part of Bonan sub-sag and the eastern side of Gubei fault during the development period of sequence II, to the northern side of the western sector of Gubei fault during the development period of sequence III, to the southern part of Bonan sub-sag during the development period of sequence IV, to the area near the Chengdong fault during the development period of sequence V, and to the western part of Wuhaozhuang sub-sag during the development period of sequence VI.

Key words: growth fault; fall of fault; sequence; parasequence; Zhanhua sag

(Continued from Page 218)

ANALYSIS OF PETROLEUM ACCUMULATION PHASE IN DONGYING SAG

Jiang Youlu¹ Liu Hua¹ Zhang Yue¹ Tan Lijuan¹ Wang Ning²

(1. Resources and Information College, University of Petroleum, Beijing;

2. Research Institute of Geosciences, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong)

Abstract: Based on composite data of trap formation and evolution, hydrocarbon-generated and hydrocarbon-expulsed process, reservoir saturated pressure and fluid inclusion of diagenetic minerals, the accumulation phase of oil and gas reservoirs in Dongying sag have been divided into two phases, i. e. the late Oligocene phase and the late Miocene to Pliocene phase. Large oil and gas pools were accumulated in late Miocene to Pliocene, especially in the middle-late period deposited in Pliocene Minghuazhen Fm. The main petroleum accumulation phases varies in the oil and gas reservoirs in different stratigraphic horizons and different structural units. In general, it is relatively early in the lithologic pool enclosed in source rocks. There is a tendency for the main accumulation phase of oil and gas reservoirs to become late ordered stratigraphically from the bottom to the top and from the center area to the margin of Dongying sag.

Key words: accumulation phase of oil and gas reservoirs; oil and gas charge; fluid inclusion; Dongying sag