

文章编号:1001-6112(2009)03-0216-05

准噶尔盆地中部油气成藏期次及勘探方向

尹 伟, 郑和荣

(中国石油化工有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要:综合利用圈闭形成时间法、生排烃史分析法、自生矿物同位素测年法、流体包裹体法和油藏地球化学法, 分析准噶尔盆地中部已钻井揭示油藏的成藏期次与时间, 认为中部 1, 3 区块侏罗系油藏存在 3 期成藏: 中晚侏罗世、早白垩世末和古近纪—现今; 白垩系油藏存在 2 期成藏: 早白垩世末和古近纪—现今; 中部 2, 4 区块侏罗系、白垩系仅存在 1 期成藏: 早白垩世末—现今。指出各期次油藏的勘探方向: 中部 3 区块北部是寻找早白垩世末形成的原生油藏的重点地区; 中部 1 区块是寻找古近纪—现今形成的次生油藏的重点地区; 中部 2, 4 区块是寻找古近纪—现今形成的原生油藏的重点地区。

关键词: 流体包裹体; 自生矿物同位素测年; 成藏期次; 勘探方向; 准噶尔盆地中部

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

HYDROCARBON ACCUMULATION STAGES AND EXPLORATION DIRECTIONS IN THE CENTRAL JUNGGAR BASIN

Yin Wei, Zheng Herong

(Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract: Hydrocarbon accumulation stages and times in the central Junggar Basin are analyzed by means of trap formation time, hydrocarbon generation and expulsion history, authigenic mineral isotope dating, fluid inclusion and reservoir geochemistry. Jurassic reservoirs in block 1 and 3 have experienced 3 stages: Middle—Late Jurassic, the end of Early Cretaceous and Paleogene till now. Cretaceous reservoirs in block 1 and 3 have experienced 2 stages: the end of Early Cretaceous and Paleogene till now. Jurassic and Cretaceous reservoirs in block 2 and 4 have experienced 1 stage: the end of Early Cretaceous till now. Exploration directions in Each stage have been pointed out. In the north of block 3, primary reservoirs formed in the end of Early Cretaceous should be focused on. In block 1, secondary reservoirs formed from Paleogene till now should be paid attention to. In block 2 and 4, primary reservoirs formed from Paleogene till now have great potential.

Key words: fluid inclusion; authigenic mineral isotopic dating; petroleum accumulation stages; exploration direction; the central Junggar Basin

1 地质概况

研究区位于准噶尔盆地中部, 共包括 4 个区块, 分别为中部 1, 2, 3, 4 区块, 勘探面积 12 442.7 km² (图 1)。研究区紧邻或位于盆 1 井西凹陷、昌吉凹陷和东道海子北凹陷生烃凹陷, 区内侏罗系、白垩系发育大型三角洲前缘亚相河道砂体, 油气成藏条件优越^[1]。近年分别在研究区的侏罗系八道湾组 (J₁b)、三工河组 (J₁s)、西山窑组 (J₂x)、头屯河组 (J₂t) 和白垩系吐谷鲁群 (K₁tg) 发现工业油气流或

见良好油气显示, 油气藏类型以地层—岩性复合圈闭为主^[2]。

2 油气成藏期次分析

油气成藏期次与时间是当代石油地质学的前沿领域, 也是含油气盆地油气藏形成与分布规律研究首先需要解决的重要问题。20 世纪 80 年代, 尤其是 90 年代以来, 随着流体包裹体技术和自生伊利石同位素测年技术的引入, 油气成藏期次与时间研究取得了重要进展。

收稿日期: 2008-02-03; 修订日期: 2009-04-02。

作者简介: 尹 伟 (1972—), 男, 博士 (后), 副研究员, 主要从事油气成藏和石油地质综合研究。E-mail: yinwei@pepris.com。

基金项目: 国家科技重大专项 (2008ZX05002-006)。

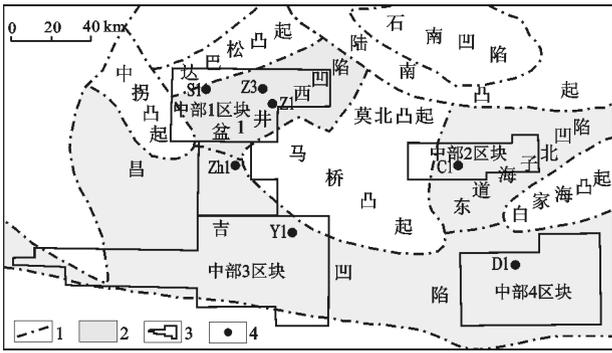


图 1 准噶尔盆地研究区地理位置

1. 二级构造边界; 2. 生烃凹陷; 3. 研究地区; 4. 采样井点

Fig.1 Location of research area in the central Junggar Basin

目前,国内外在油气成藏期次与时间研究方面已形成了包括盆地构造分析法、圈闭形成期法、源岩生排烃史分析法、油藏饱和压力法等传统方法^[3]和油藏地球化学技术^[4]、流体包裹体法^[5~7]、油气水界面追溯法^[8]、自生伊利石同位素测年法^[9~12]等现代方法。本文综合运用圈闭形成时间法、生排烃史分析法、油藏地球化学技术、自生伊利石同位素测年法和流体包裹体技术等多种方法,对研究区已钻井揭示油藏的成藏期次进行综合分析,指出主要成藏期次及时间。

2.1 圈闭形成时间法

研究区侏罗系、下白垩统圈闭以地层—岩性和岩性圈闭为主^[2]。该类圈闭形成时间主要受控于砂体及盖层形成时间,就侏罗系和下白垩统地层—岩性和岩性圈闭而言,砂体及其有效盖层形成以后均可形成有效圈闭,为其后的油气充注提供有效储集空间。圈闭的形成时间代表了油气藏可能形成的最早时间,因此,根据圈闭形成时间推测,侏罗系和下白垩统地层—岩性油气藏成藏时间分别为早侏罗世以来和早白垩世以来,它反映油藏最早可能形成时间。

2.2 生排烃史分析法

研究区紧邻或位于多个生烃凹陷(图 1),共发育 3 套主力烃源岩:下二叠统风城组(P_1f)、中二叠统下乌尔禾组(P_2w^F)和中下侏罗统(J_{1+2})。

生排烃史模拟结果表明(图 2),风城组烃源岩存在 2 个大的生排烃期:三叠纪末和侏罗纪末;下乌尔禾组烃源岩存在 2 个大的排烃期:中侏罗世末和早白垩世末。中下侏罗统烃源岩在昌吉凹陷埋藏深度最大,成熟度最高,主要生排烃期始于早白垩世末,新近纪达到生排烃高峰期,现今仍处于主力液态生烃窗。其他凹陷现今仍处于未成熟—低成熟阶段,对研究区贡献不大。

在具备圈闭条件下,每一期大规模生排烃均可能对对应一期大规模油气运聚成藏。油源对比表明,研究区中部 1,3 区块油气主要来源于盆 1 井西和昌吉凹陷二叠系烃源岩,中部 2,4 区块油气主要来源于昌吉凹陷中下侏罗统烃源岩^[13]。因此,根据主力凹陷生排烃史分析,中部 1,3 区块侏罗系油藏可能存在 2 期成藏:中侏罗世末和早白垩世末;白垩系油藏可能存在 1 期成藏:早白垩世末。中部 2,4 区块侏罗系、白垩系油藏可能存在 2 期成藏:早白垩世末和新近纪以来。

2.3 同位素测年法

利用自生伊利石同位素测年法确定烃类进入储层的时间,是 20 世纪 80 年代后期国外发展起来的新技术^[9]。20 世纪 90 年代末,该项技术被引入我国,并得到迅速发展^[9~12],是目前唯一一项直接测定油藏形成时间的技术。为了准确确定研究区侏罗系、白垩系油气藏的形成时间,分别选取研究区 Z1,Z3,Zh1,S1,C1,D1 井等共 11 块含油细砂岩样品,进行自生伊利石 K/Ar 测年分析(测试单位:核工业部地质测试中心),测试结果见图 3。

根据自生伊利石测年确定油气成藏时间原理,自生伊利石测得的油藏形成时间只反映油藏最早一期油气大规模充注成藏时间,此后油气的再次充注则无法确定。从图 3 可以看出,中部 1 区块三工河组油藏充注时间早,其中 S1 井区油气充注时间最早,为早白垩世中期(130~120 Ma);Zh1 和 Z1,Z3 井区油气充注时间稍晚一些,为晚白垩世中期(90~70 Ma);Z1,Z3 井区吐谷鲁群油藏油气最早

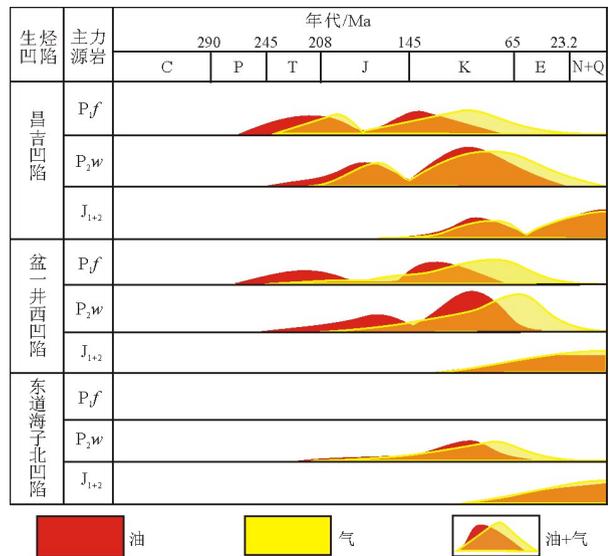


图 2 准噶尔盆地研究区主要生烃凹陷生排烃史

Fig.2 History of hydrocarbon generation and expulsion in research area, the Junggar Basin

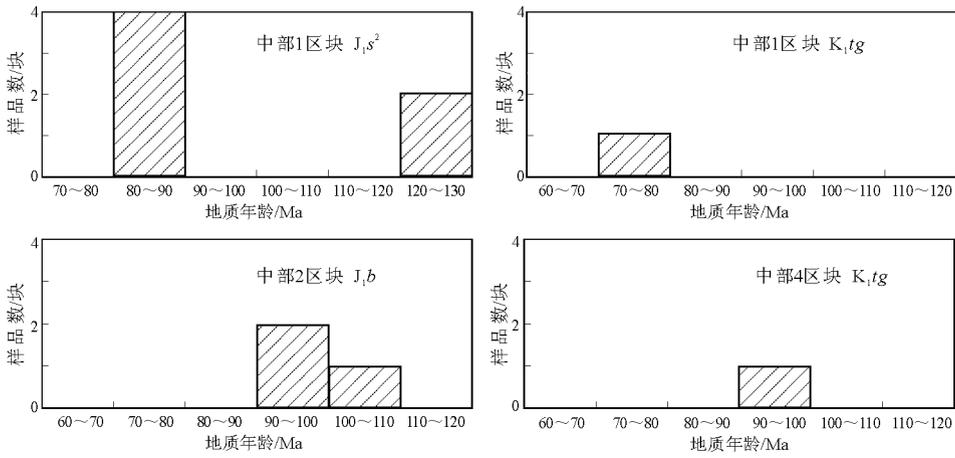


图 3 准噶尔盆地研究区油藏自生伊利石年龄分布

Fig. 3 Age data of authigenic illite K—Ar dating in research area, the Junggar Basin

充注时间为晚白垩世中晚期(80~70 Ma);中部 2 区块 C1 井区八道湾组油藏油气最早充注时间为早白垩世末期—晚白垩世早期(110~90 Ma);中部 4 区块 D1 井区吐谷鲁群油藏最早油气成藏时间为晚白垩世早期(100~90 Ma)。

在有些情况下,自生伊利石年龄并不能反映油气充注储集层的最早时间,因为一般条件下储集层必须达到晚成岩阶段,自生伊利石才会出现。油气可以进入处于任何成岩阶段的储集层,但自生伊利石年龄不能记录它本身还没有出现时形成的油气藏年龄^[10]。根据地层残余厚度推测,下白垩统沉

积前研究区侏罗系埋深不超过 1 500 m,应处于早成岩阶段,不会有自生伊利石形成。因此,中晚侏罗世这一期油气充注,自生伊利石年龄无法将其记录下来。

2.4 流体包裹体分析法

烃类流体包裹体分析是目前成藏期次研究中普遍采用的一种有效手段^[14~17]。为了确定研究区侏罗系、白垩系油藏成藏期次及时间,分别选取研究区 Z3,C1,Y1,D1 等 6 口井共 19 块样品,进行流体包裹体测试分析(测试单位:核工业部地质测试中心),结果见表 1。

表 1 准噶尔盆地研究区油藏流体包裹体均一化温度及成藏时间
Table 1 Homogenization temperatures of fluid inclusion and times of reservoir formation in research area, the Junggar Basin

二级构造带	井号	层位	岩石类型	赋存矿物	均一化温度/℃		油气充注时期
					主峰	温度区间	
盆 1 井西凹陷	Z1	J _{1s} ²	含油中砂岩	石英碎屑及次生加大边	90~110	79~113	始新世—现今
		J _{1b}	含油中砂岩	石英碎屑及次生加大边	70~90, 100~110	74~126	K ₁ 晚期—K ₂ 早期, 始新世—现今
	Z3	K _{1tg}	含油中砂岩	石英碎屑	80~90	83~105	始新世中期—现今
		J _{1s} ²	含油中砂岩	石英碎屑及次生加大边	90~110	84~124	始新世中期—现今
	Zh1	K _{1tg}	含油砂岩	石英碎屑及次生加大边	90~120	96~152	K ₂ —现今
		J _{1s} ²	含油砂岩	石英碎屑及次生加大边	96~136	90~100	K ₂ —古新世早期
东道海子北凹陷	C1	J _{1b}	含油粗砂岩	石英碎屑及次生加大边	90~100	74~120	K ₁ 晚期—现今
莫南凸起	Y1	J _{2x}	含油砂岩	石英碎屑及次生加大边	72~137	100~110	K ₁ 中期—渐新世晚期
		J _{1s} ²	含油砂岩	石英碎屑及次生加大边	71~139	80~100, 110~120	K ₁ 晚期—K ₂ 中期, 古新世—渐新世
	K _{1tg}	含油砂岩	石英碎屑及次生加大边	90~100	90~125	古新世—始新世	
阜康凹陷	D1	J _{3q}	含油砂岩	石英碎屑及次生加大边	80~90	91~143	K ₂ 中晚期
		J _{2t}	含油砂岩	石英碎屑及次生加大边	70~80, 90~100	73~137	K ₁ 晚期—K ₂ 中期

首先根据烃类流体包裹体宿主矿物切割关系,结合烃类流体包裹体镜下特征,开展烃类流体包裹体形成期次分析,即油气成藏期次分析,在此基础上,再进行与烃类流体包裹体相伴生的盐水包裹体的均一化温度测定。

从表1不难看出,中部1区块八道湾组油藏(Z1井区)具有2期成藏,与烃类流体包裹体相伴生的盐水包裹体的均一化温度(下文简称流体包裹体均一化温度)主峰分布范围为70~90℃和100~110℃,结合单井埋藏史、热史模拟结果,第1期成藏时间为早白垩世末—晚白垩世早期,第2期成藏时间为始新世—现今。三工河组二段油藏(Z1和Z3井区)流体包裹体均一化温度主峰分布范围为90~110℃,成藏时间为始新世—现今。吐谷鲁群油藏(Z3井区)流体包裹体均一化温度为80~90℃,成藏时间为始新世中期—现今。三工河组二段油藏(Zh1井区)流体包裹体均一化温度主峰分布范围为90~100℃,成藏时间为晚白垩世—古新世早期。吐谷鲁群油藏(Zh1井区)流体包裹体均一化温度主峰分布范围为90~120℃,成藏时间为晚白垩世—现今。

中部2区块八道湾组油藏(C1井区),流体包裹体均一化温度主峰分布范围为90~100℃,结合单井埋藏史、热史模拟结果,成藏时间为早白垩世晚期。

中部3区块三工河组二段油藏(Y1井区),流体包裹体均一化温度主峰分布范围为80~100℃和110~120℃,结合单井埋藏史、热史模拟结果,成藏时间为早白垩世晚期—晚白垩世中期和古新世—渐新世。西山窑组油藏(Y1井区)流体包裹体均一化温度主峰分布范围为90~110℃,成藏时间为晚白垩世中期—渐新世晚期。

中部4区块头屯河组油藏(D1井区)流体包裹体均一化温度主峰分布范围为70~80℃和90~100℃,对应成藏时间为早白垩世晚期—晚白垩世中期。齐古组油藏(D1井区)流体包裹体均一化温度主峰分布范围为80~90℃,成藏时间为晚白垩世中晚期。吐谷鲁群油藏(D1井区)流体包裹体均一化温度主峰分布范围为90~100℃,成藏时间为古新世—始新世。

流体包裹体的形成前提是要有自生矿物形成,在早成岩阶段自生矿物(石英次生加大和方解石胶结)还没有形成,所以即使油气进入处于早成岩阶段的储集层,仍不会形成烃类流体包裹体,因此,流体包裹体均一化温度并不能完全反映油气成藏的

最早温度与时间^[18]。根据地层残余厚度推测,下白垩统沉积前研究区侏罗系储层埋深普遍不足1500m,还处于早成岩阶段,所以中晚侏罗世这一期油气充注既无法从自生伊利石测年获得,同样也无法从流体包裹体分析中获得。

2.5 油藏地球化学技术

研究区Y1井区西山窑组油藏原油饱和烃气相色谱完整,同时 m/z 191质量色谱图中检测出高含量的25-降藿烷(图4),表明该油藏至少存在2期油气充注。结合车—莫古隆起演化史分析^[19],早期油气充注发生在燕山中期西山窑组抬升剥蚀之前或同时,即中晚侏罗世,邻区前人研究成果也证实了这一期油气成藏^[20];晚期油气充注发生在有效盖层(吐谷鲁群区域盖层)形成之后,结合生排烃史分析,推测该期油气充注应发生在早白垩世晚期以来。

2.6 综合分析

上述几种方法综合分析结果表明,中部1,3区块侏罗系油藏存在3期成藏,白垩系油藏仅存在2期成藏(第2期和第3期)。第1期成藏时间为中晚侏罗世,受后期车—莫古隆起抬升剥蚀影响,该期形成的油藏普遍遭受破坏形成沥青,或遭受生物降解(Y1井 J_2x 原油中检测到高含量的25-降藿烷)。第2期成藏时间为早白垩世末,此时各生烃凹陷

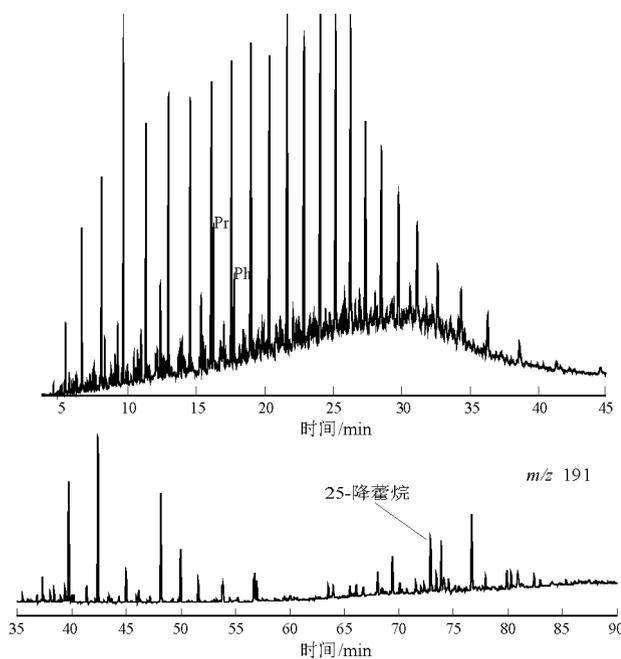


图4 准噶尔盆地研究区Y1井原油饱和烃色谱及质量色谱

Fig. 4 Mass chromatograms of terpane and gas chromatograms of saturated hydrocarbon fraction of crude oil from Well Y1 in research area, the Junggar Basin

中二叠统烃源岩达到生排烃高峰期(最大一次规模生排烃),深部高成熟油气沿通源断裂大规模向上运移,进入浅层输导体系,在侏罗系、下白垩统中聚集成藏,该期是中部 1、3 区块侏罗系、下白垩统油藏的主要成藏期,此时由于吐谷鲁群区域盖层的形成,油藏得以很好保存。第 3 期为古近纪—现今,受喜山构造运动影响,盆地发生北抬南降的翘倾运动,此时由于侏罗系三工河组内部封隔层的形成^[18],形成了深部异常高压系统和浅层正常压力系统,超压系统内深层高成熟油气小规模继续充注,形成原生油气藏;浅层正常压力系统内的油气沿浅层输导体系向上运移,在运移路径上遇合适圈闭形成侏罗系、白垩系次生油气藏。中部 2 区块侏罗系油藏成藏时间为早白垩世末—现今。中部 4 区块侏罗系、白垩系不同层系油藏成藏时间不同,中侏罗统油藏成藏时间为早白垩世末—晚白垩世中期;上侏罗统油藏成藏时间为晚白垩世中晚期;白垩系油藏成藏时间为古新世—渐新世。从深到浅油气成藏时间逐渐变晚,可能反映油气垂向运移调整。

3 油气勘探方向

研究区不同区块油气成藏期次及时间不同,同一区块不同期次形成的油气藏保存程度也不相同,所以研究区不同期次油藏其勘探方向不同。

3.1 中晚侏罗世形成的原生油藏

车—莫古隆起是受燕山期构造运动作用形成的,受后期盆地掀斜影响,现已不存在。它是地质历史时期侏罗系构造层内的一个古隆起^[21],其主体位于研究区,其形成演化控制着研究区的油气成藏与油气藏分布;中晚侏罗世,二叠系烃源岩生成的油气向车—莫古隆起运移充注,形成了早期“车—莫古油气聚集带”;侏罗纪末,地层抬升剥蚀,大部分油藏遭受破坏,古隆起南翼中部 3 区块北部保存条件相对较好,是寻找该期油藏的重点地区。

3.2 早白垩世末形成的原生油藏

早白垩世末,各主力供烃凹陷中二叠统烃源岩处于生排烃高峰期(最大一次规模生排烃),深部高成熟油气沿通源断裂大规模向上运移,进入浅层输导体系,在侏罗系、下白垩统中聚集成藏。该期是研究区侏罗系、下白垩统油藏的主要成藏期,由于下白垩统吐谷鲁群区域盖层的形成,油气藏得以很好保存。特别是中部 3 区块北部,西山窑组内部存在多个剥蚀尖灭线,形成大量地层—岩性圈闭;晚期盆地整体向南翘倾对该区油藏影响不大,油藏得到很好的保存,是寻找该期油藏的重点地区。目前

钻探成果证实,该区存在 3 套含油层系(白垩系清水河组、西山窑组和三工河组),是研究区下一步落实储量规模,形成增储上产的主要地区。

3.3 古近纪—现今形成的次生油藏和原生油藏

受喜山构造运动影响,盆地发生北抬南降的翘倾运动,此时由于侏罗系三工河组内部封隔层的发育,形成了深部异常高压系统和浅层正常压力系统。超压系统内的深层高成熟油气小规模继续充注,形成原生油气藏;浅层正常压力系统内的油气沿浅层输导体系向北、向上运移,在运移路径上遇合适圈闭形成侏罗系、白垩系次生油气藏。尤其是中部 1 区块,地层倾向发生反向调整,圈闭条件发生显著变化,油气藏经历了调整和再聚集成藏,因此寻找该期次生油藏是中部 1 区块下一步勘探重点。

白垩纪末,昌吉凹陷中下侏罗统烃源岩进入生排烃高峰期,在喜山运动影响下,烃类开始大量排出,并向侏罗系和白垩系圈闭充注成藏,形成中部 2、4 区块侏罗系和白垩系原生油藏,该期原生油藏是中部 2、4 区块下一步勘探的重点。

参考文献:

- 1 武恒志,孟闲龙,杨江峰. 准噶尔盆地腹部车—莫古隆起区隐蔽油气藏形成条件与勘探技术[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 779~785
- 2 吴金才,张建中,石好果等. 准噶尔盆地腹部复合圈闭成藏特征研究[J]. 石油实验地质, 2003, 25(6): 735~739, 745
- 3 张厚福,张万选. 石油地质学[M]. 北京:石油工业出版社, 1990. 187~191
- 4 England W A. The organic geochemistry of petroleum reservoirs[J]. Organic Geochemistry, 1990, 16(1-3): 415~425
- 5 秦建中,饶丹,蒋宏等. 高演化海相碳酸盐岩层系古温标的直接指标——包裹体均一温度[J]. 石油实验地质, 2008, 30(5): 494~498
- 6 赵力彬,黄志龙,高岗等. 关于用包裹体研究油气成藏期次问题的探讨[J]. 油气地质与采收率, 2005, 12(6): 6~9
- 7 肖晖,任战利,崔军平. 塔里木盆地孔雀 1 井志留系含气储层成藏期次研究[J]. 石油实验地质, 2008, 30(4): 357~362
- 8 赵靖舟. 油气水界面追溯法——研究烃类流体运聚成藏史的一种重要方法[J]. 地学前缘, 2001, 8(4): 373~378
- 9 Hamillion P J, Kelley S, Fallick A E. K—Ar dating of illite in hydrocarbon reservoirs[J]. Clay Minerals, 1989, 24: 215~231
- 10 张有瑜,罗修泉,宋健. 油气储层中自生伊利石 K—Ar 同位素年代学研究若干问题的初步探讨[J]. 现代地质, 2002, 16(4): 403~407
- 11 白国平. 伊利石 K—Ar 测年在确定油气成藏期中的应用[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2000, 24(4): 100~103
- 12 张有瑜,罗修泉. 油气储层自生伊利石 K—Ar 同位素年代学研究现状与展望[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2): 231~236

及其变化趋势,而对于特定压力系数地层中的特定的砂体,其含油性可以单独按照上述方法进行定量预测。

4 结论

1)决定原生岩性油藏含油性的影响因素可以概括为油藏顶部毛管压力、砂体的高度以及油藏储层岩石的孔隙度和渗透率特征。

2)高的油藏顶部毛管压力和好的储层岩石孔隙条件都能使原生岩性油藏含油饱和度和油气充满度增高,而砂体高度的增加对油藏含油性的影响主要体现在油气充满度上,其总体表现是使油气充满度降低。

3)通过对东营凹陷已发现的原生岩性油藏含油性及相关地质特征分析表明,油藏顶部毛管压力与油藏所在地层的深度或地层异常压力系数关系密切。

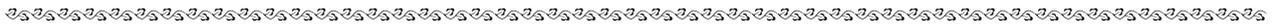
4)根据原生岩性砂体所在层位的深度或地层压力系数,结合对砂体大小和产状以及物性特征的分析,可定量预测油藏的含油饱和度分布和油气充满程度。

参考文献:

- 1 朱德燕. 东营凹陷古近系岩性圈闭分布及成藏条件[J]. 油气地质与采收率,2008,15(3):32~35
- 2 李明刚,庞雄奇,漆家福等. 东营凹陷砂岩岩性油气藏分布特征及成藏模式[J]. 油气地质与采收率,2008,15(2):13~15
- 3 孙永壮. 东营凹陷砂岩岩性油气藏分布特征及成藏模式[J]. 油气地质与采收率,2006,13(4):52~54

- 4 王宁,陈宝宁,翟建飞. 岩性油气藏形成的成藏指数[J]. 石油勘探与开发,2001,27(6):4~5,8
- 5 庞雄奇,陈冬霞,李丕龙等. 砂岩透镜体成藏门限及控油气作用机理[J]. 石油学报,2003,24(3):38~41
- 6 李丕龙,庞雄奇,陈冬霞等. 济阳坳陷砂岩透镜体油藏成因机理与模式[J]. 中国科学(D辑),2004,34(增刊1):143~151
- 7 李丕龙,张善文,宋国奇等. 断陷盆地隐蔽油气藏形成机制——以渤海湾盆地济阳坳陷为例[J]. 石油实验地质,2004,26(1):3~10
- 8 王永诗. 油气成藏“相—势”耦合作用探讨——以渤海湾盆地济阳坳陷为例[J]. 石油实验地质,2007,29(5):472~477
- 9 隋风贵. 浊积砂体油气成藏主控因素的定量研究[J]. 石油学报,2005,26(1):55~59
- 10 Mudford B S, F M Gradstein, T J Katsube, et al. Modelling 1D compaction—driven flow in sedimentary basins: a comparison of the Scotian Shelf, North Sea and Gulf Coast[A]. In: England W A, Fleet A J, eds. Petroleum Migration[C]. London: Geological Society,1991. 65~85
- 11 Luo Xiaorong, Guy Vasseur. Geopressing mechanism of organic matter cracking; numerical modeling[J]. AAPG Bulletin, 1996, 80(6): 856~874
- 12 Tokunaga T, Hosoya S, Tooka H, et al. An estimation of the intrinsic permeability of argillaceous rocks and the effects on long-term fluid migration[A]. In: Düppenbecker S J, Iliffe J E, eds. Basin Modelling: Practice and Progress[C]. London: Geological Society,1998. 83~94
- 13 Dullien F A L. 现代渗流物理学[M]. 范玉平,赵东伟等译. 北京:石油工业出版社,2001. 332
- 14 Danesh A. 油藏流体的PVT与相态[M]. 沈平平,韩冬译. 北京:石油工业出版社,2000. 56,293
- 15 Brooks R H, Corey A T. Properties of porous media affecting fluid flow[J]. Journal of the Irrigation and Drainage Division, 1966,92(2):61~88

(编辑 叶德燎)



(上接第 220 页)

- 13 尹伟,郑和荣,孟闲龙等. 准噶尔盆地中部原油地球化学特征[J]. 石油与天然气地质,2005,26(4):461~466
- 14 宫色,彭平安,刘东鹰. 江苏地区句容凹陷油气充注史研究[J]. 石油实验地质,2007,29(5):500~505
- 15 李传华. 东营凹陷王庄—宁海地区流体包裹体分析与流体充注研究[J]. 油气地质与采收率,2006,13(1):34~36
- 16 袁玉玲,皇甫红英. 塔里木盆地塔河南地区良里塔格组成岩环境及油气成藏期次[J]. 石油实验地质,2008,30(6):580~584
- 17 宗国洪,卓勤功,郝雪峰等. 利用有机包裹体恢复油藏油气充

- 注史及应用实例[J]. 油气地质与采收率,2002,9(3):49~51
- 18 刘得光. 准噶尔盆地马桥凸起异常高压成因及油气成藏模式[J]. 石油勘探与开发,1998,25(1):21~24
- 19 贾庆素,尹伟,陈发景等. 准噶尔盆地中部车—莫古隆起控藏作用分析[J]. 石油与天然气地质,2007,28(2):257~265
- 20 刘得光,王飞宇. 准噶尔盆地马桥凸起侏罗系油气成藏期次[J]. 石油勘探与开发,1999,20(6):465~467
- 21 贾承造,魏国齐. 中国中西部燕山期构造特征及其油气地质意义[J]. 石油与天然气地质,2005,26(1):9~15

(编辑 韩 或)