

文章编号: 1001-6112(2009)02-0202-05

鄂西渝东区油气保存条件分析

邓 模¹, 吕俊祥¹, 潘文蕾¹, 翟常博^{1,2}, 闻 涛³, 朱义清⁴, 杨 潇¹

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151;

2. 中国地质大学 能源学院, 北京 100083; 3. 中国石油化工股份有限公司 勘探南方分公司

勘探开发科学研究院, 成都 610000; 4. 中国地质大学 资源学院 石油系, 武汉 430074)

摘要:通过对鄂西渝东区盖层展布及封盖性能、主要断层封闭性和钻井地层水化学环境等的分析认为, 该区保存条件存在差异性。石柱复向斜主体因盖层完整、特别是下三叠统嘉陵江组膏盐岩盖层连片分布且断裂构造不发育而保存条件最好; 方斗山、齐岳山潜伏构造保存条件较好, 但位于西侧的方斗山潜伏构造要好于齐岳山潜伏构造; 复背斜主体因区域大断层的开启及区域盖层的剥蚀而保存条件较差; 利川复向斜南部盖层较完整, 保存条件较好, 而北部较差。

关键词: 潜伏构造; 断层封闭; 盖层展布; 保存条件; 鄂西渝东

中图分类号: TE122.34

文献标识码: A

HYDROCARBON PRESERVATION CONDITIONS IN WEST HUBEI AND EAST CHONGQING

Deng Mo¹, Lü Junxiang¹, Pan Wenlei¹, Zhai Changbo^{1,2}, Wen Tao³, Zhu Yiqing⁴, Yang Xiao¹

(1. *Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China*; 2. *Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China*; 3. *Research Institute of Exploration and Production, Southern Exploration Company, SINOPEC, Chengdu, Sichuan 610000, China*; 4. *Department of Petroleum, Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China*)

Abstract: Analyses of distribution and preservation characters of sealing rocks, sealing ability of main faults and chemical environment of formation water in wells have indicated that, there are differences of hydrocarbon preservation conditions among different regions in West Hubei and East Chongqing. Due to occurrence of complete sealing sequence, especially wide distribution of gypsum seal of the Lower Triassic Jialingjiang Formation and poor development of fault structures, the Shizhu synclinorium is most favorable for hydrocarbon preservation. The Fangdoushan and Qiyueshan buried structures are both favorable for preservation, with the former better than the latter. Main part of synclinorium shows poor preservation conditions as the result of regional large fault opening and regional seal erosion. In the south of Lichuan synclinorium, seals are relatively complete and preservation conditions are good; while in the north, it is poor.

Key words: buried structure; fault seal; caprocks distribution; preservation conditions; the West Hubei and East Chongqing

鄂西渝东地区位于湖北建始和重庆彭水一线以西, 长江、乌江以东, 面积约 20 200 km², 构造归属川东隔挡式褶皱带东部, 可划分为 4 个二级构造单元, 自东向西分别为利川复向斜带、齐岳山复背斜带、石柱复向斜带和方斗山复背斜带(图 1), 其中在石柱复向斜带内已发现建南气田, 储量约 50×10⁸ m³[1]。

含油气系统或油气藏的形成和保持受其边界条件(保存条件)封闭性的影响, 后者又受多种因素控制, 如盖层、流体压力、岩性、成岩作用及断层等。其中, 盖层的保留程度和有效性是边界条件垂向封闭与否的最主要决定因素, 而断层的封闭性则直接决定了含油气系统或油气藏的侧向封闭性[2]。

收稿日期: 2008-09-18; 修订日期: 2009-02-27。

作者简介: 邓 模(1983-), 男(土家族), 助理工程师, 主要从事油气地质研究工作。E-mail: dengmo_mail@126.com。

基金项目: 全国油气资源战略选区调查与评价项目(XQ-2007-02)。

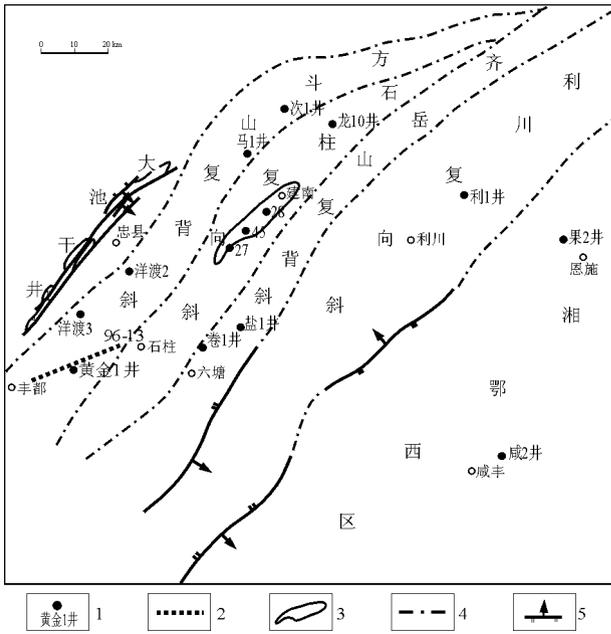


图 1 鄂西渝东区构造单元区划

- 1. 钻井; 2. 地震测线; 3. 圈闭构造;
- 4. 构造单元界线; 5. 断层

Fig. 1 Tectonic units division of West Hubei and East Chongqing

1 4 套区域盖层展布及封盖性能

1.1 中、上三叠统及下侏罗统泥岩盖层

泥质岩盖层纵向上主要发育于下侏罗统凉高山组、自流井组、上三叠统香溪群及中三叠统巴东组;平面上主要分布于石柱复向斜内,在其余构造单元内则因剥蚀而缺失。下侏罗统及上三叠统属陆相沉积组合,岩性变化大,层位不稳定,厚度变化也大。通过对建南、新场、盐井及卷店构造共 8 口井纯泥岩厚度的统计,石柱复向斜泥岩盖层厚度一般在 100~300 m,南部可达 400 m。巴东组属海相沉积组合,泥岩主要发育于上部巴三段,厚度变化不大,一般在 100 m 左右。该套盖层实测突破压力为 4.13~6.66 MPa,非均质性较强,仅具有中等遮挡能力。

1.2 下三叠统嘉陵江组膏盐岩盖层

该套盖层纵向上主要分布于嘉四段、嘉五段和嘉二段;平面上主要分布于石柱复向斜内,利川复向斜和复背斜带则大多暴露或剥蚀。石柱复向斜内厚度一般为 175 m,南部较北部略厚(图 2)。虽经实验测试地表样品的突破压力仅为 0.11~0.12 MPa,优势孔隙以大孔为主,但因膏盐岩具有很强的可塑性,对裂缝有很强的愈合能力,并随埋深增加,孔隙度和渗透率急剧下降;加上纵向厚度大、横向连续性好,因此是本区最好、最重要的盖层,勘探实践也

证实了这一点。

1.3 志留系泥页岩盖层

志留系属广海陆棚相沉积,作为盖层的泥页岩均质性强,平面分布稳定,厚度巨大(900~1 200 m),除齐岳山复背斜南部剥蚀缺失外,其余地区均大面积展布。实验测试其物性条件极好:比表面积 31.82 m²/g,中值半径 4.85 nm,优势孔隙在 1.0~10.0 nm,其含量达 96%,突破压力 9.28 MPa,封盖高度 900 m 以上,可作为下古生界产层的优质盖层。

1.4 下寒武统下部泥质岩盖层

这套盖层的主要层位是下寒武统石牌组—水井沱组,其中水井沱组黑色页岩、碳质页岩较纯且分布连续。平面上除在花埭堂背斜遭到剥蚀外,其余地区均深埋地腹,石柱复向斜一带厚约 200~500 m。据对本区石柱县太源—齐岳山林场野外剖面下寒武统地层的踏勘发现,该套地层宏观上横向岩性变化大,非均质性强;镜下观察微裂缝发育。虽经实验测试突破压力与志留系泥页岩相近(6.49~12.51 MPa),但其封盖能力较志留系泥页岩盖层差。

2 断层封闭性

断层封闭性是指断层对油气遮挡和封闭的能力,是油气侧向保存条件最重要的方面^[3]。断层封闭的本质因素取决于差异排替压力^[4],即当目的层排替压力小于与之对置的断层另一侧岩层排替压力(无断裂充填)或断裂带的排替压力(有断裂充填)时,断层在侧向上是封闭的;当目的层排替压力小于上覆盖层中的断裂带的排替压力时,断层在垂向上是封闭的^[5]。

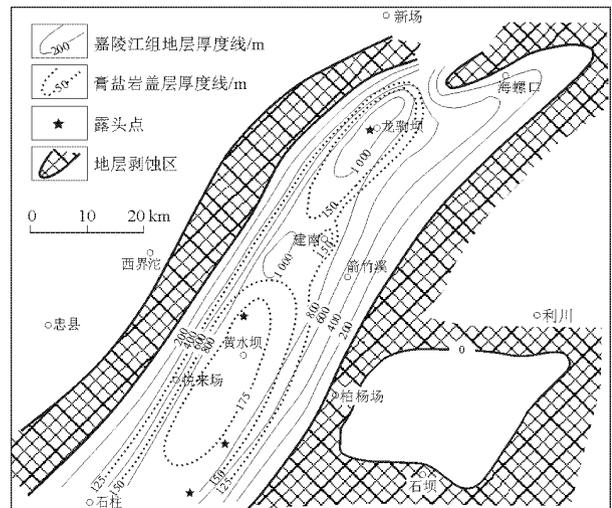


图 2 鄂西渝东区下三叠统嘉陵江组膏盐岩盖层厚度

Fig. 2 Cream rock cap thickness of Jialingjiang Formation, Lower Triassic in West Hubei and East Chongqing

影响断层封闭与否的因素很复杂,一般认为断层在形成期和活动期是开启的,而稳定期断层的封闭性主要取决于构造作用的强弱、断层性质(正、逆)、断层要素、断层形成时间、断裂带填充物性质以及断层两侧地层的岩性组成、物性(孔渗性)等^[6]。目前比较常用的方法有综合地质条件定性判别法和“性软”岩层涂抹系数、碳酸盐岩压溶封闭计算等半定量一定量判别方法^[7]。

2.1 断裂构造发育情况

鄂西渝东区构造定型于燕山期,区内区域性大断裂,如方西、方东、齐西、齐东及建始—彭水断裂等,共同控制了区内二级构造,二级构造内各次级单元由次级断层和褶皱组成,或平行或斜交于二级构造走向,方斗山高陡背斜和齐岳山高陡背斜分别由方西、方东断裂和齐西、齐东断裂呈“Y”字形所挟持^[8]。

以嘉陵江组膏盐岩(上滑脱层)和志留系泥岩(下滑脱层)为界,构造在垂向上分异性大,可分为上、中、下 3 个构造层。中构造层($T_{1-2}-C$)构造形变最强烈,断裂和潜伏构造发育;下构造层($O-Z$)构造形变强度次之,褶皱强度较弱,断裂较少;上构造层($J-T_3$)构造形变弱,只发育于复向斜内,并与复向斜地面构造基本一致。这种构造垂向分异性主要分布于高陡背斜带。

根据燕山期不同环境下的应力场模拟结果,本区从南东到北西最大应力场分布可分为 4 个变化带:高值带(主应力值大于 100 MPa)、陡梯度带(主应力值在 70~90 MPa)、低值带(主应力值小于 60 MPa)和次高值带(主应力大于 60 MPa)。分别对应于利川复向斜东南地区、齐岳山主体构造、石柱复向斜和方斗山构造带,说明鄂西渝东区最大主应力分布从南东向北西逐渐减弱。受燕山晚期—喜山早期拉张作用影响,齐岳山东部地区属强张应力区,正断层发育,而齐岳山及其以西地区属弱张应力区,只发育逆(冲)断层。

2.2 主要断层封闭性

鉴于利川复向斜在构造定型期内处于应力场

高值带,后期又有强张应力条件下的正断层发育的状况,判断其断层封闭性普遍较差。石柱复向斜在构造定型期内处于应力场的低值带,褶皱强度弱、断裂较少、规模小,且后期又处于弱拉张条件,不发育正断层且构造垂向分异性不大,上、中、下构造层基本一致,因此综合判断其断层封闭性好^[9]。那么高陡背斜上区域性大断层及下盘潜伏构造断层的封闭性如何呢?下面就此作一分析。

2.2.1 方斗山、齐岳山两翼区域断层封堵性

方斗山、齐岳山高陡背斜其核部构造高陡,出露下三叠统一二叠统,下三叠统膏岩层已失去封盖能力,同时在断面上的涂抹作用也已丧失,而泥盆系一下三叠统层段泥质含量较少,在该层段断面上的涂抹作用也不大。因此泥盆系一下三叠统层段断层的封闭与否与碳酸盐岩的压溶封堵性密切相关。根据四川石油管理局王一刚等^[10]的研究认为,可将 600~1 000 m 覆盖层厚度作为判断产生有效压溶的埋深区间,在假定断层倾角不变的情况下,计算方西、方东和齐西断层有效压溶封堵深度(表 1)。

由表 1 可知,当断面离地表深度分别大于 12 051.0、7 529.7 和 4 857.0 m 时,方西、方东和齐西断层才分别产生有效压溶,形成封堵。但这一有效压溶深度相当于上盘志留系以下层位,甚至超出断开层位。因此,方西、方东及齐西断裂在上组合(泥盆系一下三叠统)已无封堵可言,仅对志留系以下的断层下部及滑脱消失带才能形成封堵(往下由于断层倾角变缓,断面压力成倍增加)。这表明高陡背斜主体保存条件差,油气只能贮存于潜伏构造与复向斜内。

2.2.2 潜伏构造断层封闭性

选择黄金台构造上的黄金台断层作为研究对象。黄金台构造属方西潜伏构造上第一排构造,两翼断层发育不平衡。构造东翼的黄金台断层几乎上断至方西断层,走向 55°,倾向北西,倾角 60°~80°,断距 150~800 m,断开层位三叠系—石炭系,延伸长度大于 51 km(图 3)。

根据岩石应力计算,针对目的储层 C_2h ,石炭

表 1 鄂西渝东区方斗山、齐岳山两翼区域断层要素

Table 1 Regional fault elements of 2 flanks of Fangdou and Qiyue mountains in West Hubei and East Chongqing

断层名称	性质	所在构造位置	断开层位	断层长度/km	消失部位		产状	可靠程度	平均倾角/(°)	临界压溶深度/m	最小有效压溶深度/m
					向上	向下					
方西	逆	方斗山构造西翼,平行构造轴	$O-T_1f$	160	嘉陵江组	寒武系	倾向东南,倾角 60°~70°	可靠	65	7 231	12 051.00
方东	逆	方斗山构造东翼,平行构造轴	$O-T_1f$	160	嘉陵江组	寒武系	倾向西北,倾角 57°~67°	可靠	63	4 518	7 529.70
齐西	逆	齐岳山构造西翼,平行构造轴	$O-T_1f$	111	嘉陵江组	寒武系	倾向东南,倾角 50°~70°	可靠	60	2 914	4 857.00

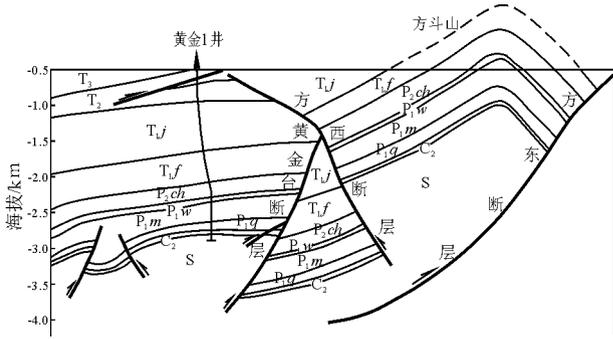


图 3 鄂西渝东区黄金台构造 96-13 测线地震地质解释剖面

Fig. 3 Geological interpretation of seismic line 96-13 in Huangjintai Construction in West Hubei and East Chongqing

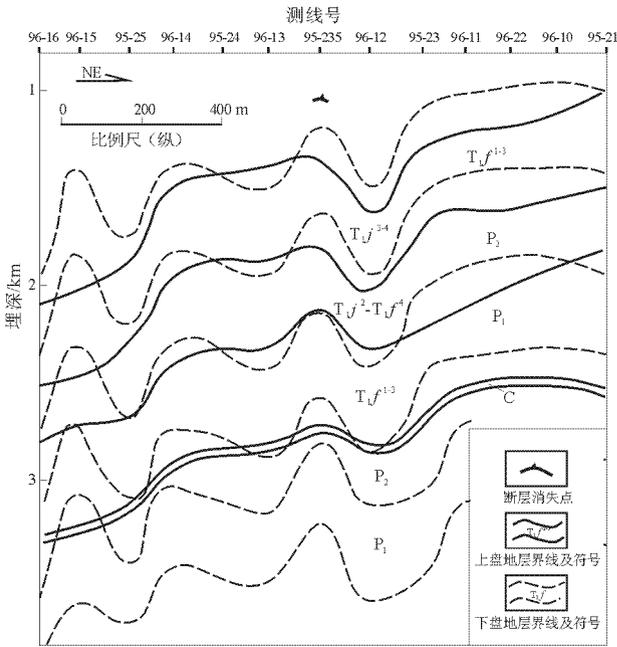


图 4 鄂西渝东区黄金台构造断层两侧断面对置关系

Fig. 4 Relations of both fault flanks in Huangjintai Structure in West Hubei and East Chongqing

系顶部岩石压力为 84.12 MPa,按断层倾角 60°计算,石炭系顶部附近断面岩层正压力为 42.06 MPa,同时黄金 1 井 C₂h 的实测气藏压力为 40.54 MPa,计算表明作用于断面的垂直压力为 1.52 MPa,远小于压溶封堵所要求的压力。

从黄金台断层两侧断面对置关系(图 4)上看,上盘石炭系对接 P₂,上盘 P₁q 对接 T₁f¹⁻³、P₂ 上部,P₂ 和 T₁f¹⁻³ 主要为泥晶灰岩、生屑灰岩和云质灰岩,属渗透性地层,封堵能力不佳。据此认为黄金台断层在上盘 P₁q 和 C₂h 层位封堵性差^[11]。

然而,黄金 1 井于 P₁q 中见气显示,C₂h 上白

云岩岩段完井每日试获 909 m³ 天然气,说明黄金台构造石炭系为含气构造。从图 3 看,这可能是在黄金台断层之上仍有背斜圈闭存在,黄金 1 井未获工业气流恰好说明黄金台断层封闭性差,破坏了黄金台构造的完整性,使得含气面积变小。

3 水化学环境及保存条件

水化学环境是盖层封盖条件、横向连续性(有无相变或剥蚀)、断层(尤其是区域性大断层、通天断层)封闭性、岩层物性及构造样式和地貌的综合反映,据此可判断区域保存条件^[12]。

3.1 向斜区和潜伏构造垂向水文条件总体良好

针对中构造层,建南地区香溪群地层水为高矿化度的 CaCl₂ 型水,特征离子矿化度大于 110 g/L,处于水动力交替停滞带,往下除嘉五段受穿越流影响外,也都处于交替停滞带;紧临方斗山复背斜核部的潜伏构造,如方西潜伏构造带的洋渡溪、黄金台圈闭以及方东潜伏构造带的茨竹垭、马鞍槽圈闭的水文开启程度最大也只达嘉陵江组底部;但紧临齐岳山复背斜核部的潜伏构造,如盐井、卷店构造水文开启程度略大,盐 1 井飞三段以上为自由交替带,矿化度小于 3 g/L,水型为 Na₂CO₃ 型,二叠—石炭系处于交替阻滞带,矿化度大于 8 g/L,水型为 CaCl₂ 型。

针对下构造层,齐岳山以西的水化学环境研究已表明其处于水化学交替停滞带。齐岳山以东目前的钻井水化学资料表明其水文开启程度高,自由交替带深达 2 360 m,交替阻滞带深达 3 700 m,但其中大部分井是开孔于寒武系或有通天断层。在上覆志留系保存完整、也无通天断层影响的情况下,水化学环境可明显变好,如利川复向斜南端郁江一带的郁 1 井寒武—奥陶系水样矿化度就升到 0.026 7 g/L,表明利川复向斜下构造层中可能仍存在保存条件较好的圈闭^[13]。

3.2 齐岳山以西向斜区和潜伏构造横向水动力条件影响弱

鄂西渝东区的方斗山、齐岳山核部及恩施复背斜作为供水区,往两侧复向斜的侧向穿越径流的作用范围看来并不大,至少在齐岳山以西是如此。建南地区横向水动力活动限于巴东组—嘉五段之间(地层水为 Na₂SO₄ 型,矿化度小于 10 g/L,但其上、下已证明都为承压区,内有良好的水文地质封闭条件^[14];方西潜伏构造第一排的黄金台构造(黄金 1 井)和方东潜伏构造的马鞍槽构造(马鞍 1 井)钻井均未见水文地质条件横向冲刷变差的迹象,黄

金 1 井在井深 3 220.47~3 270 m 实测地层(C₂h) 压力为 40.54 MPa,压力系数达 1.283。

4 结论和讨论

石柱复向斜无论是中构造层还是下构造层,总体保存条件很好。

方斗山和齐岳山复背斜主体因主要区域盖层的剥蚀和区域大断层的开启,在中构造层已无油气保存可言,但在下构造层因志留系连片分布,区域断层封闭性较好,可能保存条件较好。

方东、方西及齐西潜伏构造下构造层保存条件较好,但因紧临高陡背斜,断裂发育,因此中构造层保存条件取决于切穿圈闭断层的封闭性。

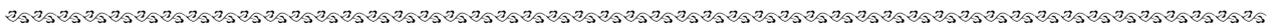
利川复向斜在志留系区域盖层连片分布、无通天大断层的情况下,下构造层中具有一定的保存条件。

断层的封闭性是制约本区保存条件的关键因素,但影响断层封闭与否的因素十分复杂,特别是在断层空间不同位置处两盘对置岩性不同,断裂充填物不均匀,断面倾角不一致,其闭合程度也不同。另外断层的封闭性还随着断裂的演化阶段而变化,因此对断层封闭与否的判断是局限的,有待今后进一步研究。

参考文献:

- 1 陈绵琨. 鄂西—渝东地区天然气勘探潜力分析[J]. 江汉石油学院学报,2003,25(1):27~28
- 2 吕延防,付广,张云峰. 断层封闭性研究[M]. 北京:石油工业出版社,2002.7
- 3 高先志,陈发景. 柴达木盆地北缘西段油气成藏机理研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报,2002,11(6):757~762
- 4 Smith D A. Theoretical considerations of sealing and nonsealing fault[J]. AAPG Bulletin,1966,50(2):363~374
- 5 王平. 论断层封闭的广泛性、相对性和易变性——复杂断块油田形成条件系列论文之二[J]. 断块油气田,1994,1(1):3~10
- 6 吕延防. 断层封闭的差异性分析[J]. 大庆石油学院学报,1996,20(4):7~10
- 7 付广,张靖,李庆章. 断层侧向封闭模式及研究方法[J]. 中国海上油气(地质),1998,12(1):42~46
- 8 丁道桂,郭彤楼,翟常博等. 鄂西渝东区膝折构造[J]. 石油实验地质,2005,27(3):206~209
- 9 鲁兵,丁文龙,刘忠等. 断层封闭性研究进展[J]. 地质科技情报,1998,17(3):75~80
- 10 王一刚,文应初,刘志坚等. 川东石炭系碳酸盐岩储层孔隙演化中的古岩溶和埋藏溶解作用[J]. 天然气工业,1996,16(6):18~22
- 11 吕延防. 断层封闭性的定量评价方法[J]. 石油学报,1996,17(3):39~43
- 12 蔡立国,钱一雄,刘光祥等. 塔河油田及邻区地层水成因探讨[J]. 石油实验地质,2002,24(1):57~60
- 13 肖开华,何金平. 鄂西渝东区油气成藏控制因素与勘探方向[J]. 江汉石油职工大学学报,2001,14(2):39~40
- 14 潘文蕾,刘光祥,吕俊祥等. 鄂西渝东区建南气田地层水水化学特征及意义[J]. 石油实验地质,2003,25(3):296~297

(编辑 韩 或)



(上接第 201 页)

- 2 罗顺社,高振中,李建明等. 湘鄂西地区震旦系至奥陶系有利储集层段的储层特征及分布规律研究[J]. 江汉石油学院学报,2002,24(4):4~7
- 3 周雁,王成善,陈洪德等. 中扬子区海相地层油气成藏有利区层序样式分析[J]. 沉积与特提斯地质,2002,22(1):22~29
- 4 马力,陈焕疆,甘克文等. 中国南方大地构造和海相油气地质[M]. 北京:地质出版社,2004.259~357
- 5 李仲东,罗志立,刘树根等. 雪峰推覆体掩覆的下组合(Z-S)油气资源预测[J]. 石油与天然气地质,2006,27(3):392~398
- 6 胡晓凤. 湘鄂西地区油气藏类型及勘探方向[J]. 石油与天然气地质,2002,23(3):300~303
- 7 张士万,杨振武,梁西文等. 中扬子区海相天然气勘探层系及突破方向[J]. 石油实验地质,2007,29(4):361~366
- 8 陈洪德,庞林,倪新锋等. 中上扬子地区海相油气勘探前景[J]. 石油实验地质,2007,29(1):13~18
- 9 梁狄刚. 塔里木盆地九年油气勘探历程与回顾[J]. 勘探家,1998,3(4):59~65
- 10 夏新宇,戴金星. 碳酸盐岩生烃指标及生烃量评价的新认识[J]. 石油学报,2000,21(4):36~42
- 11 林小云,刘建. 中、下扬子区构造演化与海相地层成藏主控因素分析[J]. 江汉石油学院学报,2006,28(6):23~27

- 12 傅家滇,汪本善,史继扬等. 有机质演化与沉积学矿床成因:(1)油气成因与评价[J]. 沉积学报,1983,1(3):40~58
- 13 陈丕济. 碳酸盐岩生油地化中几个问题的评述[J]. 石油实验地质,1985,7(1):3~12
- 14 傅家滇,秦匡宗. 干酪根地球化学[M]. 广州:广东科技出版社,1995.608~610
- 15 刘宝泉,郭树芝. 矿物质对排烃的影响及碳酸盐岩生油岩下限值的确定[J]. 古潜山,1997,(2):48~53
- 16 刘光祥. 中上扬子北缘中生界海相烃源岩特征[J]. 石油实验地质,2005,27(5):490~495
- 17 文玲,胡书毅,田海芹. 扬子地区志留系岩相古地理与石油地质条件研究[J]. 石油勘探与开发,2002,29(6):11~14
- 18 裘祚楠,薛叔浩. 油气储层评价技术[M]. 北京:石油工业出版社,1994.59~64
- 19 李海燕,彭仕宓. 苏里格气田低渗透储层成岩储集相特征[J]. 石油学报,2007,28(3):100~104
- 20 赵文智,何登发. 石油地质综合研究导论[M]. 北京:石油工业出版社,1999
- 21 沃玉进,肖开华,周雁等. 中国南海相层系油气成藏组合类型与勘探前景[J]. 石油与天然气地质,2006,27(1):11~16

(编辑 徐文明)