

文章编号:1001-6112(2009)02-0166-06

东秦岭—大别造山带南部 海相地层油气勘探潜力及选区方向

杨振武^{1,2}, 郭战峰², 刘新民²

(1. 中国石油大学, 北京 102249;

2. 中国石油化工股份有限公司 江汉油田分公司 勘探开发研究院, 湖北 潜江 433124)

摘要:东秦岭—大别造山带与其南侧毗邻盆地,是在统一的地球动力学背景下形成的复杂构造系统,共同构成造山带南缘逆冲推覆系。震旦—志留纪为典型的被动大陆边缘盆地。晚古生代至早中生代经历了早期裂谷盆地、被动大陆边缘、前陆盆地演化阶段,至晚中生代—新生代发生块断造山。多期、多类型原型盆地的横向并列、纵向叠加奠定了油气成藏的物质基础,并提供了多种勘探领域。区内前陆冲断构造带勘探潜力大,油气成藏条件优越,后期改造程度弱,应着重从“内幕型”、“影子盆地型”、“非常规型”气藏等不同领域进行选区,力争实现勘探突破。

关键词:海相地层;油气潜力;勘探选区;东秦岭—大别造山带南部

中图分类号:TE132.1

文献标识码:A

POTENTIALITY AND STRATEGIC SELECTION PLAYS OF PETROLEUM EXPLORATION IN MARINE STRATA NEARBY SOUTHERN MARGIN OF EAST QINLING—DABIE OROGENIC BELT

Yang Zhenwu^{1,2}, Guo Zhanfeng², Liu Xinmin²

(1. *China University of Petroleum, Beijing 102249, China*; 2. *Institute of Exploration and Development, Jianghan Oil Field Branch, SINOPEC, Qianjiang, Hubei 433124, China*)

Abstract: The complex tectonic system of East Qinling—Dabie orogenic belt and its southern basin has been formed in uniform earth dynamic background. The margin of East Qinling—Dabie orogenic belts has developed typical passive continental edge from Sinian to Silurian, and early rift basins, passive continental edge, and forland basin from Neopalaeozoic to early Mesozoic, finally block-faulted orogenic during Neomesozoic and Cenozoic. Different kinds of prototype basins have been supplied with kinds of realms to explore, through developing formations of transverse juxtaposition and longitudinal overlap for the foundation of reserve substance. The forland fault—thrust belts are thought of large exploration potentiality for the petroleum reserve and weak tectonic transformation. The direction to strategic selection plays of petroleum exploration should focus on 3 different realms to realize for breakthrough: marine “lowdown type”, “shadow basin type”, and “unconvention type” in the region.

Key words: marine formations; exploration potentiality; strategic selection play; the southern margin of East Qinling—Dabie orogenic belt

1 地质概况

秦岭造山带是在前寒武纪早期构造演化基础上,经历主造山期(Pt₃—T₂)多板块俯冲碰撞造山过程,奠定了基本构造格架,而后又遭受中生代强烈陆内造山作用,最终成为现今构造山脉^[1]。东

秦岭—大别造山带南部位于中央造山带古商丹断裂以南以及中、上扬子地台的北部,由于郯庐断裂、兴安—武陵断裂、华蓥山断裂等构造均以近SN—NNE向分割,使构造发生联合复合,形成了巨大的大巴山—大洪山弧形构造体系(图1)。以黄陵隆起为界,东为前陆冲断带(巴洪前陆单冲带、

收稿日期:2008-11-19;修订日期:2009-02-20。

作者简介:杨振武(1966—),男,博士,高级工程师,主要从事海相地层天然气勘探研究工作。E-mail: yzw202389@sina.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)。

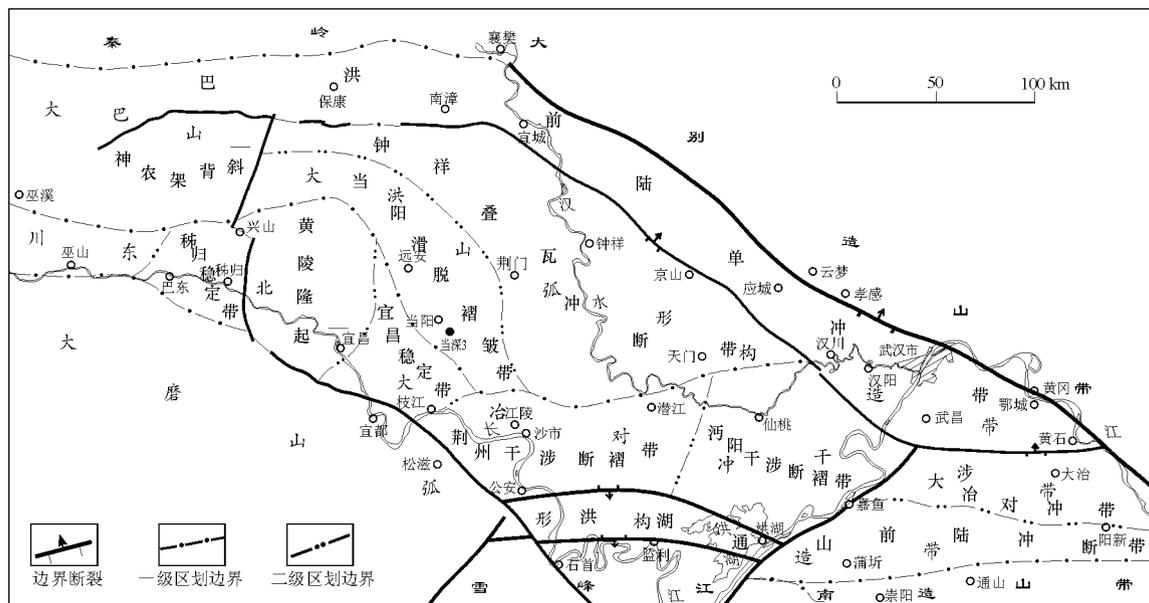


图1 东秦岭—大别南部构造区带划分

Fig. 1 The structure zone distribution of the southern margin of East Qinling—Dabie orogenic belt

钟祥叠瓦冲断带), 南部江汉平原新生界下伏中、古生界; 西、南为大磨山—川东八面山弧形构造体系, 湘鄂西—四川盆地东部分布中、古生界地层。加里东运动以来, 东秦岭南部陆间海槽多次启闭与陆陆碰撞、陆内俯冲等岩石圈演变过程, 形成现今前陆盆地, 其原型盆地具备较好成油气地质条件, 勘探潜力大^[2]。

在南北两大弧形构造体系之间, 形成川东北—大冶对冲干涉带, 东秦岭大别造山带南缘推覆前锋带位于对冲干涉带, 且隐伏在江汉盆地前白垩系地层之下, 在逆冲推覆方向上, 根据变形强度、构造特征可划分为根带、中带和锋带^[3]。襄樊—广济断裂以南为前陆冲断带, 向南西呈弧形构造伸入江汉平原^[4]。前陆冲断带在统一的 NE 向的挤压应力作用下, 逆冲推覆构造带整体向 SW 方向逆冲推覆, 使江汉平原呈现出东西分带、南北分块的构造格局。东秦岭造山带南部及盆地^[5]发育多套烃源岩, 尤以下寒武统牛蹄塘组和下志留统龙马溪组为主要烃源层; 储集条件有利, 存在多种类型储集层。

2 沉积构造演化

2.1 陆间裂谷

南华纪—震旦纪的沉积层序显示了盆地从裂解形成到关闭的全过程。南华纪区内属陆内扩张环境, 随州盆地进一步扩大, 发生裂解, 出现大量的基性火山沉积——细碧角斑岩建造(耀岭河组); 鄂西北竹山、竹溪一带主要为熔岩, 形成于裂谷盆地

环境; 大别山地区耀岭河组物质组合也反映了其为裂解环境。

下震旦统黑色岩系中, 常见黄铁矿、菱铁矿沉积。在陡山沱组上部碳酸盐岩中普遍含磷, 在东部大悟县形成规模巨大的磷矿床, 而随州地区盆地中央, 水体相对较深, 主要为含碳、含黄铁矿的泥(砂)质沉积物, 仅局部夹少量的碳酸盐岩。晚震旦世, 盆地关闭, 研究区形成大致统一的碳酸岩台地, 沉积了一套厚度较大的白云岩, 从而结束了新元古代时期整个盆地的演化(图2)。

2.2 被动大陆边缘盆地与海底裂谷

寒武纪形成陆缘裂谷盆地—成熟被动大陆边缘。早寒武世早期, 区内大范围快速海侵, 沉积环境由晚震旦世的台地相迅速向盆地还原环境转变, 在扬子区形成牛蹄塘组下部深灰—灰黑色碳质页岩、硅质岩, 夹粉砂、灰质和碳泥质岩, 构成寒武纪早期的海侵体系域。向北至东秦岭—大别地区表现为缺氧—贫氧沉积组合, 以含硅质为特征, 从不同地区的物质组合来看, 整个研究区显示出南高北低的特点。早寒武世中期至晚期, 研究区南北分化逐渐加强。扬子区宜昌—钟祥一带表现出由浅海陆棚向碳酸岩台地方向发展; 但在早期存在一个小规模的海侵, 由石牌组的滨浅海碎屑岩沉积逐渐向浅海陆棚盆地发展, 至天河板早期, 以发育纹层状泥质条带灰岩为特征, 构成最大海泛期的沉积。北部武当—随州地区, 从物质建造来看, 为一套相对较深水的含碳质、硅泥质岩石, 具盆地相的沉积

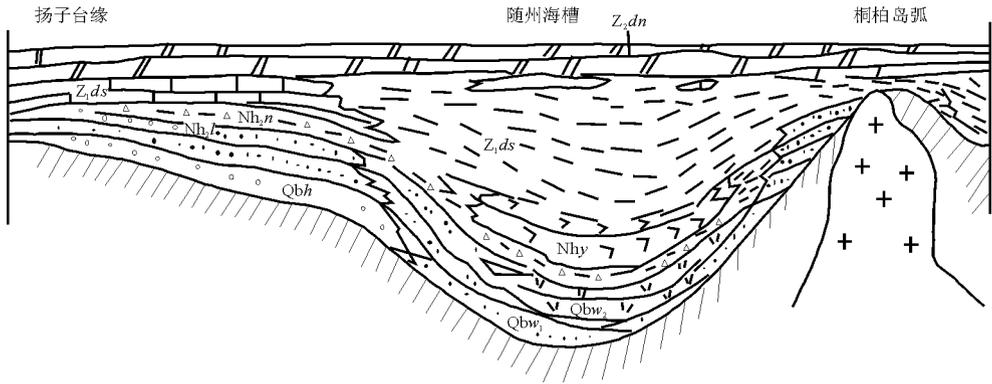


图 2 研究区东部新元古代随州地区盆地演化模式

Fig. 2 The Neoproterozoic basin evolution model of Suizhou area, the eastern part of the study area

特征。

奥陶纪至早志留世为海底裂谷阶段。总体自南向北由浅水向深水环境变化,扬子北缘经历不断加强的断陷作用,沿红安—浠水一线,以洋壳活动为特征,出现大量的超基性火山岩及深海硅泥质岩,扬子与华北板块由此形成。受后期构造作用的影响,岩石多呈构造岩片的形式产出。而武当—随州地区相当于一个次级裂谷,具过渡裂谷的沉积特征,以基性火山活动为主,同时伴随硅泥质沉积。裂谷向西逐渐变浅,至竹溪一带,以碱性火山活动为主,显示出明显的大陆裂谷特点。

中志留世至泥盆纪盆地为充填关闭阶段。中一晚志留世,主要沉积了一套较粗的陆源碎屑岩,岩石斜层理、楔状交错层理等沉积构造十分发育,具明显的高水位体系域特征。泥盆纪中期开始,中扬子及邻区进入差异沉降阶段。扬子以北泥盆纪具有裂谷性质,南秦岭东部竹溪—随南裂谷盆地因古秦岭洋的消亡形成陆壳的碰撞,研究区进入挤压状态,造成南秦岭裂谷盆地的夭亡,发生充填式关闭,形成了一套快速沉积的泥砂质泥质建造(图 3)。

2.3 被动大陆边缘与前陆盆地

石炭纪进入被动大陆边缘沉积。P—T₁ 是扬子北缘沉积盆地转换的重要时期。随着勉略古洋盆从西向东打开,扬子北缘前期的区域性隆起逐渐转变为向北加深的大陆边缘盆地。早三叠世开始,西部特提斯海底扩张及北部陆块向南仰冲加强,全区为台地相沉积,灰色中层状灰岩、云岩及广海陆棚相薄层状灰岩、泥灰岩。晚期主要为局限海台地和蒸发台地相沉积。至三叠纪中期,东部勉略洋自西向东关闭,松潘北部形成前陆复理石盆地。扬子北缘总体为碎屑滨岸冲积平原、局限碳酸盐台地。受即将到来的印支运动影响,逐渐转化为海陆过渡

相沉积特征。

侏罗纪—早白垩世区内发生大规模的挤压隆升、褶皱造山。至 T₃ 西部松潘地区开始隆升,勉略带开始向南逆冲,并逐步形成向南凸出的弧形推覆带。勉略带的前渊沉积带迁移至川西龙门山和米仓山大巴山南缘,由此形成陆相前陆盆地(图 3)。

2.4 块断造山

晚白垩世—古近纪随着挤压应力的消退,全区进入走滑块断造山阶段,沿造山带边缘脆性断裂边缘形成山前断陷盆地,同沉积了一套红色磨拉石建造,发育北东—北北东向断裂和北东向褶皱,改造了先期构造形迹。区域上形成一系列 NE 向断陷盆地(地堑)和东高西低的地垒。中扬子地区具体表现为郟庐断裂系与襄广断裂的形成与左行走滑。同时在古近纪期间印度板块与欧亚板块碰撞,强化了其早期北西向和北北西向断裂的左行走滑。正是在此大地构造动力学背景的基础上,形成了独具特色的山间断陷盆地。古近纪/新近纪之间的喜山 II 幕构造运动强烈,这是一个可以沿太平洋板块俯冲带进行全区对比的古近纪末期区域性构造运动,造成了前新近系地层抬升剥蚀,形成了在中国东、西部地区普遍发育的不整合面^[6]。第四纪以来,整个中国东部新大陆处于整体缓慢隆升中,大陆上的盆地则相对下沉。从而使盆地的第四纪沉积仍广泛发育,并超覆在第三系地层之上。

3 前陆冲断构造带油气勘探潜力

3.1 构造特征

前陆冲断带,属于东秦岭—大别造山带南部弧形构造体系,受秦岭—桐柏—大别南缘巨大逆冲推覆与郟庐断裂走滑和鄂东的不同前陆褶皱冲断作用复合形成(图 1),构造相对比较稳定,有利于油气的运移聚集和成藏。早燕山期区域应力场表现为

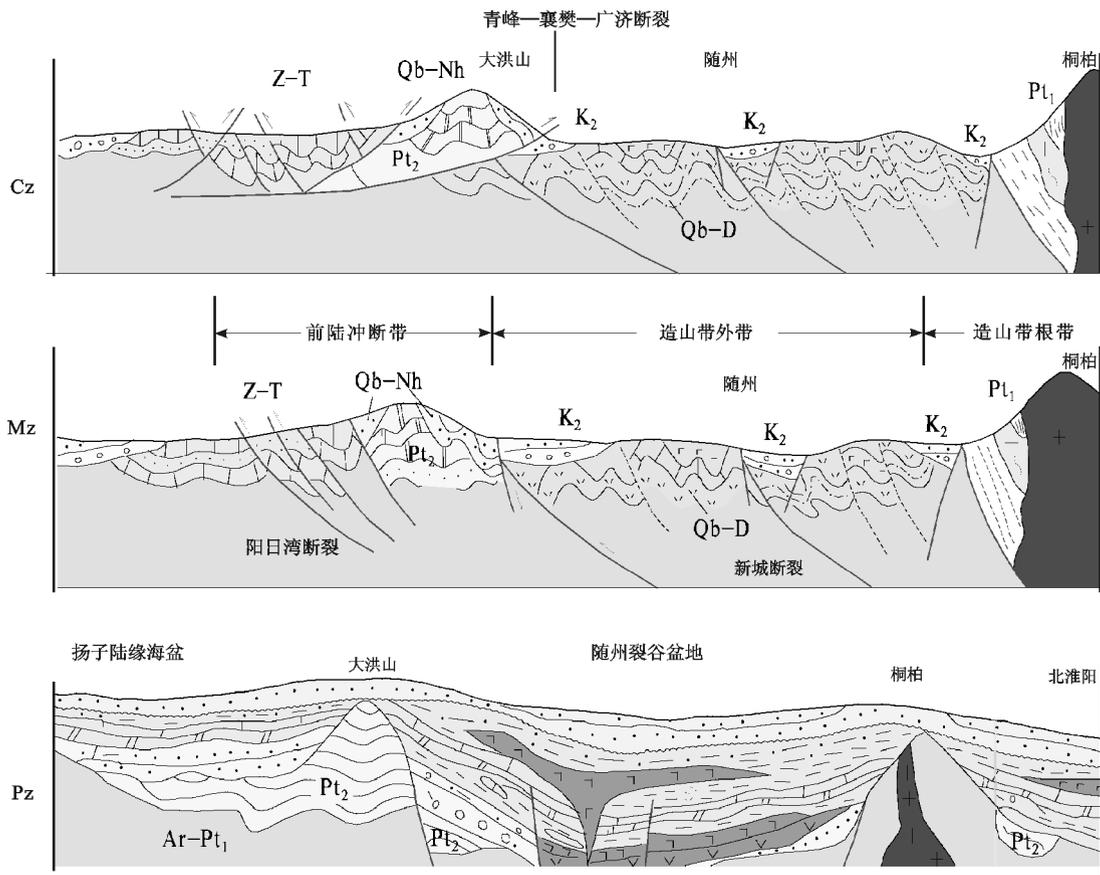


图 3 东秦岭造山带南缘构造演化模式

Fig. 3 Tectonic evolution model of the southern margin of East Qinling orogenic belt

北强南弱,在 NE—SW 的挤压应力作用下,大规模向南推覆,由于受黄陵隆起砥柱作用和南部雪峰—江南造山带由南向北挤压作用等边界条件的影响,产生横向位移速度的差异,进而形成了一系列纵向剪切走滑断裂带,由北向南构造变形变位减弱。构造的分带性决定了不同构造单元发育不同的勘探构造样式,如逆冲推覆、层间滑移、叠瓦构造、单冲挤压构造、对冲挤压构造。纵向上前陆冲断带上、下叠置,以志留系为滑脱面形成双层结构,推覆构造下盘保存着构造相对稳定的“影子型”盆地(图 4)。

3.2 油气成藏基本特征

3.2.1 烃源岩分布广泛

中扬子北部处于被动大陆边缘盆地、克拉通盆地陆棚环境,有利于烃源岩发育。纵向上形成下震旦统陡山沱组、下寒武统、上奥陶统五峰组—下志留统龙马溪组、二叠系等烃源岩,有机质丰度高。大洪山前陆冲断带处于北缘盆地沉积环境,有利于烃源岩的发育,且位于下组合生烃中心北部上斜坡,是原生改造型油气成藏的有利区带。在印支期原型盆地中,以该时期古隆起为背景,成为早期油气运移的指向区。有机质类型以 I 型为主,二叠系为 II₁ 型。

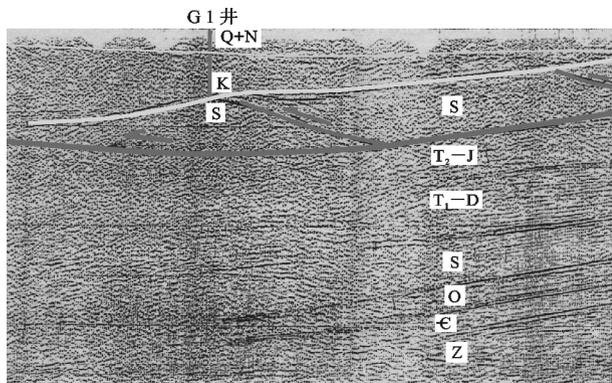


图 4 东秦岭—大别南部当 X 测线地震解释剖面

Fig. 4 Seismic section of Dang X survey line in the southern margin of East Qinling—Dabie orogenic belt

以京山和神龙架地区为例,烃源岩累计厚度 320~520 m,有效烃源岩 TOC>1%,厚度 130~200 m,总体呈西厚东薄特点。下寒武统作为主力烃源岩之一,在神龙架地区地表采样分析,烃源岩总厚度达 178.7 m,其中泥质烃源岩厚 53.3 m,高效烃源岩厚度为 28 m。此外,上奥陶统五峰组—下志留统龙马溪组作为主力烃源岩之一,发育陆棚相黑色碳质泥岩,分布范围广,层位稳定,有机质丰

度高,为上组合油气成藏的主力烃源岩。宜昌王家湾剖面黑色碳质泥质烃源岩厚 57.1 m,有机碳为 3.56%。

3.2.2 发育多种类型优质储集层

区内发育上震旦统灯影组、下寒武统石龙洞组和中、上寒武统及石炭系黄龙组、二叠—三叠系礁滩型等碳酸盐岩储层^[7,8]。储集岩类型多种多样,如亮晶砾屑云岩、溶孔亮晶砂屑云岩、溶孔云岩、蜓灰岩(生物滩)、粉晶云岩等,储集空间类型以粒内、粒间溶孔、晶间孔为主,孔隙结构以粗孔小喉型或细小小喉型为主,以Ⅲ类储层为主,部分为Ⅱ、Ⅰ类储层。中扬子北部发育的主要储集层为灯影组、下寒武统石龙洞组。其中灯影组储层受沉积相带控制,灯影组一段在成岩早期阶段,受到大气淡水的淋滤作用选择性溶解,形成粒(晶)间溶孔、粒(晶)内溶孔、铸模孔等。以江汉平原台地相区为中心向四周厚度减薄,潜江—通海口及神农架—宜昌储层最为发育,厚度 100~200 m,孔隙度 4%~5%,属于Ⅱ、Ⅲ类储层发育区,其它地区属于Ⅲ类储层发育区(图 5)。同时由于构造运动使区内抬升暴露、遭受剥蚀,对物性具有明显的改善作用。石龙洞组受古隆起、沉积相带控制,以神农架—钟祥—京山一带最发育,综合评价属于Ⅱ、Ⅲ类储层发育区。京山惠亭山一带厚 105 m,孔隙度 3.6%,渗透率 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

3.2.3 古构造格局控制了油气聚集成藏

加里东期东秦岭—大别及其以南地区总体处于古隆起构造环境,古隆起及其相关的隆坳格局对下古生界发育储层的空间展布和演化具有改造作用。印支期继承了前期古构造格局,且隆起向南部

发展至荆门—潜江一带,主要分布于江汉平原南漳—钟祥—荆门及以北地区,就是早期发育的构造格局的有利证据。同时又是古圈闭发育的有利部位,是油气运聚的有利指向区,沿该古隆起周缘及斜坡在地表和井下均发现大量油气苗显示。表明这种古构造条件对后期成藏物质的调整和再分配具有控制作用。

3.2.4 成藏组合

以上储集层、烃源层与上覆相应盖层岩类一起可以组成不同的成藏组合。新元古界—下古生界发育的成藏组合主要为:下寒武统牛蹄塘组烃源层,下寒武统石龙洞—天河板组—中、上寒武统储集层,奥陶系—志留系盖层;下震旦统陡山沱组和下寒武统牛蹄塘组烃源层,上震旦统灯影组储集层,下寒武统盖层。

4 油气勘探选区方向

特殊的大地构造演化史致使中国大陆的活动性远比世界其它地区强烈,且海相碳酸盐岩成藏复杂,决定了中国南方大型油气田的分布和成因具有独自的特点。针对区内构造作用强烈,油气保存条件差异性明显的特点,目前应重点开展勘探潜力大、后期改造程度弱的新元古界—早古生界地层的勘探,力争实现南方海相新领域、新层系油气勘探突破。

4.1 海相内幕型

南、北对冲弱变形区,位于东秦岭—大别造山带与江南—雪峰造山带对冲干涉带(图 1)。区域地震大剖面显示,该区受后期燕山早期挤压与晚燕山—喜山期拉张叠加改造程度弱,评价为相对稳定的构造带;其长期处于北缘隆起带及其斜坡部位,是油气运移聚集的有利指向区。志留系和下寒武统区域盖层保存完整,具备大型油气藏的成藏条件。应以勘探海相内幕型油气藏为主。

4.2 “影子”盆地型

东秦岭—大别造山带南缘原型盆地为被动大陆边缘盆地,烃源岩发育,南缘盆地区储盖条件具备,加里东期位于中扬子北缘隆起带,有利于早期聚集成藏。由于大型逆冲推覆构造的存在,滑脱面以下古生界构造形态完整性好,同时可进一步改善储层条件,由此可把大洪山前陆冲断带滑脱面下伏古生界作为新的勘探领域。

4.3 非常规型

从勘探领域上看,在侧重于古生界常规烃类气勘探的同时,应注重中—新生代地热活动剧烈区古生界地层中 CO₂ 气的兼探。从全球二氧化碳气藏

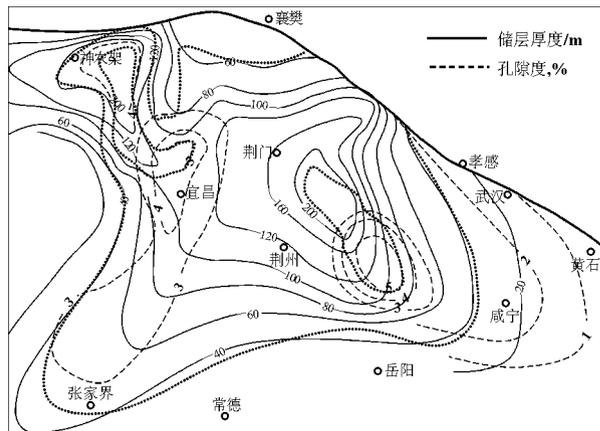


图 5 东秦岭—大别南部盆地灯影组储层分布
Fig. 5 Reservoir distribution of Dengying Formation of Sinian in the southern basins of East Qinling—Dabie orogenic belt

的地质时空分布来看,高含量 CO₂ 天然气藏的时代主要集中在中、新生代,分布在火山岩系和断裂系统非常发育的地壳活动区和地热高异常区,这是因为强烈的张性构造环境及火山岩活动区是上地幔脱气的最有利地区^[9]。如以深部无机 CO₂ 为主要气源的黄桥气田的形成与保存,断裂起到重要作用^[10];当深 3 井位于当阳滑褶带(图 1),于二叠系钻遇 CO₂ 气,且发生井喷,喷高 29 m。燕山晚期—喜山期张性断裂活动,伴随大规模中—酸性岩浆侵入与喷发,地热活动强是形成 CO₂ 气的关键。

5 结论

1)东秦岭—大别造山带南部原型盆地经历了震旦纪统一台地上解体出来的陆间裂谷,早古生代被动大陆边缘盆地与海底裂谷开合,晚古生代至早中生代裂谷盆地、被动大陆边缘、前陆盆地至晚中生代—新生代块断造山等不同沉积构造演化阶段。

2)前陆冲断构造带成藏条件优越,烃源岩分布广泛,发育多种类型优质储集层,古构造格局控制了油气聚集成藏,新元古界—下古生界是区内 2 套主要的成藏组合。

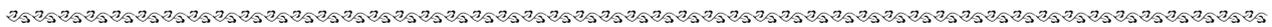
3)选区方向应从 3 个方面考虑:前陆冲断带侧重寻找影子盆地勘探领域,南、北对冲弱变形区勘

探海相内幕型油气藏,当阳滑褶带寻找 CO₂ 非常规气藏。

参考文献:

- 1 张一伟,于在平,董云鹏等. 秦岭区前寒武纪构造格局与演化问题探讨[J]. 岩石学报,2000,16(1):11~21
- 2 刘云生,杨振武,陈 红. 东秦岭大别造山带南缘隐伏前锋构造与盆地成生关系[J]. 江汉石油学院学报,2004,26(3):21~24
- 3 刘云生,郭战峰,杨振武. 江汉平原晚印支期—早燕山期大洪山弧形构造格局及动力学机制[J]. 现代地质,2006,19(supp1):165~170
- 4 郭战峰,刘新民,陈 红. 江汉盆地印支以来的盆山耦合关系及下古生代油气响应[J]. 油气地质与采收率,2007,14(3):49~51
- 5 杨振武. 东秦岭南部推覆带地质特征及油气地质意义[J]. 地球物理学进展,2003,18(1):160~166
- 6 刘士林,肖焕钦,林 炯等. 中国东部盆地喜山运动 II 幕研究现状及问题[J]. 石油实验地质,2008,30(2):121~132
- 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 杨晓勇,刘德良,王佰长等. 无机成因二氧化碳气成藏研究[J]. 石油实验地质,2007,29(2):154~161
- 10 徐思煌,马永生,梅廉夫. 中国南方典型气(油) 藏控藏模式探讨[J]. 石油实验地质,2007,29(1):19~24

(编辑 徐文明)



(上接 165 页)

参考文献:

- 1 刘宝珺,许效松,潘杏南等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿[M]. 北京:科学出版社,1993
- 2 王 剑,刘宝珺,潘桂棠. 华南新元古代裂谷盆地演化:Rodinia 超大陆解体的前奏[J]. 矿物岩石,2001,21(3):135~145
- 3 王 剑,曾昭光,陈文西等. 华南新元古代裂谷系沉积超覆作用及其开启年龄新证据[J]. 沉积与特提斯地质,2006,26(4):1~7
- 4 廖宗廷,马婷婷,周征宇等. Rodinia 裂解与华南微板块形成和演化[J]. 同济大学学报(自然科学版),2005,33(9):1182~1185
- 5 湖北省地质矿产局. 湖北省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1990
- 6 马 力,陈焕耀,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
- 7 许效松,刘宝珺,牟传龙等. 中国西部三大海相克拉通含油气盆地沉积—构造转换与生储岩[J]. 地质通报,2004,23(11):1066~1073
- 8 陈洪德,侯明才,许效松等. 加里东期华南的盆地演化与层序格架[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2006,33(1):1~8

- 9 赵宗举,朱 琰,邓红婴等. 中国南方古隆起对中、古生界原生油气藏的控制作用[J]. 石油实验地质,2003,25(1):10~17
- 10 宋文海. 乐山—龙女寺大型古隆起大中型气田成藏条件研究[J]. 天然气工业,1996,16(增刊):13~26
- 11 韩世庆,吴端人. 贵州及云南东部海相沉积区的油气前景[J]. 贵州地质,1987,4(2):115~125
- 12 张永刚,马宗晋,王国力等. 中国南方海相油气成藏模式分析[J]. 地质学报,2007,81(2):236~243
- 13 刘云生,郭战峰,梁西文等. 中上扬子地区晚三叠世—侏罗纪砂岩构造意义及盆山耦合关系[J]. 石油实验地质,2006,28(3):201~205
- 14 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
- 15 赵宗举,冯加良,陈学吋等. 湖南慈利灯影组古油藏的发现及意义[J]. 石油与天然气地质,2001,22(2):114~118
- 16 孙肇才,邱蕴玉,郭正吾. 板内变形与晚期次生成藏—扬子区海相油气总体形成规律的探讨[J]. 石油实验地质,1991,13(2):107~142
- 17 王庭斌. 中国气藏主要形成、定型于新近纪以来的构造运动[J]. 石油与天然气地质,2004,25(2):126~132

(编辑 徐文明)