

文章编号: 1001-6112(2008)06-0564-04

江汉平原加里东期古隆起 对震旦系一下古生界成藏条件的控制作用

李昌鸿

(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:通过对江汉平原及周缘沉积充填演化研究表明,江汉平原加里东期古隆起控制了震旦系一下古生界烃源岩、储层的分布。烃源岩主要分布于古隆起南、北两侧相邻的深拗陷区,而古隆起上不发育;受古隆起影响震旦系陡山沱组、下寒武统牛蹄塘组 2 套主要烃源层横向上演化具有明显的差异性,拗陷区烃源岩演化进程早于斜坡带和古隆起区,烃源岩演化总体表现为南早北晚、西早东晚的特点。古隆起发育区以局限台地湖坪—潟湖沉积环境为主,有利于白云岩储层发育,由于古隆起及周缘地区水体浅、海平面升降频繁,白云岩储层在成岩阶段受到多期岩溶作用改造有利于储集性能改善,在加里东期古隆起控制下形成了震旦系灯影组、下寒武统石龙洞组、上寒武统 3 套良好的岩溶作用改造型储层。加里东期古隆起是早期液态烃运移聚集的有利指向区,是目前江汉平原震旦系一下古生界油气勘探突破的有利地区。

关键词:成藏条件;震旦系一下古生界;古隆起;加里东期;鄂中古陆;江汉平原

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

CONTROLS OF THE CALEDONIAN PALEOUPLIFT TO THE SINIAN — LOWER PALAEOZOIC RESERVOIRING CONDITIONS IN JIANGHAN PLAIN

Li Changhong

(Research Institute of Petroleum Exploration & Development of Jianghan Oilfield Branch Company,
SINOPEC, Qianjiang, Hubei 433124, China)

Abstract: The study on the sedimentary filling and evolution in and around Jianghan Plain indicated that the Sinian—Lower Paleozoic source rocks and reservoirs in Jianghan Plain were controlled by the Caledonian paleouplift. The source rocks occurred mostly in the deep depression area adjacent to the southern and northern flanks of the paleouplift, rather than in the paleouplift. Due to the paleouplift, the Sinian Doushantuo Formation was laterally significantly different in source rock from the Lower Cambrian Niutitang Formation. The source rocks in the depression area were evolved earlier than those in the slope belt and paleouplift. In general, the source rocks were developed earlier in the south and west than in the north and east. In the paleouplift, tide flat-lacustrine facies of restricted platform were dominant, favorable for development of dolomitic reservoirs. As a result of shallow waters and frequently changed eustatic sea level in and around the paleouplift, the dolomitic reservoirs were reworked with multi-phase karstifications during diagenesis, thus improving the reservoirs; such good reservoirs were typified by the Sinian Dengying Formation, Lower Cambrian Shilongdong Formation, and Upper Cambrian controlled by the Caledonian paleouplift. The Caledonian paleouplift was considered as a favorable destination for migration and accumulation of early liquid hydrocarbon, which was important for a petroleum exploration breakthrough of the Sinian—Lower Paleozoic reservoirs in Jianghan Plain.

Key words: reservoiring condition; Sinian—Lower Palaeozoic; paleouplift; Caledonian; paleo-land of central Hubei; Jianghan Plain

收稿日期: 2007-10-15; 修订日期: 2008-09-30。

作者简介: 李昌鸿(1962—), 男, 高级工程师, 主要从事构造与石油地质研究。E-mail: jhch5498@sina.com。

基金项目: 中国石化股份公司科学技术开发研究项目(P05008)。

中国南方震旦系一下古生界海相油气藏和油气苗显示的分布大多与古隆起有关,如上扬子地区威远震旦系—寒武系气田、资阳震旦系气藏主要分布于乐山—龙女寺古隆起区^[1];江南隆起北缘湖南慈利南山坪震旦系灯影组古油藏、贵州铜仁中寒武统古油藏、皖南太平西山志留系碳沥青等^[2]。古隆起控制了震旦系一下古生界碳酸盐岩储层的岩溶改造和油气的早期运聚指向,是中国南方震旦系一下古生界海相油气藏的成藏制约因素。因此,对于挟持于东秦岭—大别造山带与江南构造带之间的江汉平原地区(图 1),震旦系一下古生界的油气勘探应从古隆起对油气成藏地质条件的控制进行分析并评价其勘探潜力。

1 加里东期古隆起对成藏条件的控制

湖北省区域地质志^[3]、刘宝珺等^[4]、田望学等^[5]、李忠雄等^[6]认为早寒武世早期在江汉平原东北部地区,即保康、南漳、荆门至京山一带,存在着一个面积不大的古陆剥蚀区,即“鄂中古陆”。刘云生等(2007)研究表明:鄂中古陆在时间上存在于晚震旦世末—中寒武世,在平面上主要展布于中扬子板块东北缘,即江汉平原北部神农架—保康—荆门—京山及以北地区,向北东越过现今的青峰—襄樊—广济断裂带。鄂中古陆是一个受基底控制的继承性克拉通台缘古隆起的一部分,其与扬子板块北缘西部汉南—大巴山一带中元古代—晚古生代早期存在的一个长期继承性古隆起^[7]共同构成加里东期扬子北缘近东西向链状展布的古隆起带,古隆起的继承性发展对震旦系一下古生界油气成藏条件及油气早期运移、聚集具有控制作用。

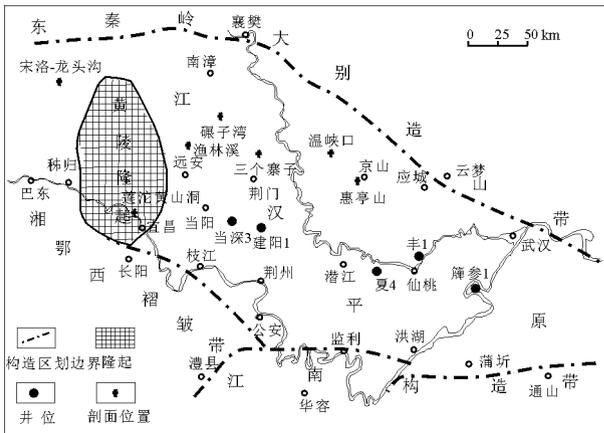


图 1 江汉平原及周缘地区构造纲要

Fig. 1 Structural outline of the Jianghan Plain and its neighboring areas

1.1 古隆起对烃源岩和储层的控制

受基底控制,震旦纪早期中扬子地区古构造表现为北高南低特征,区域上由克拉通盆地向南、北过渡到被动大陆边缘盆地,被动大陆边缘地区由上升洋流带入的丰富营养物质促进了海相低等生物的大规模繁衍,形成富含有机质组分的泥或泥灰质烃源岩的连续沉积,形成分布面积广而稳定的早震旦世陡山沱组烃源岩层系。

晚震旦世灯影期鄂中古陆逐步形成并控制了储层的发育,古陆发育区以局限台地潮坪—潟湖环境沉积为主,有利于白云岩储层发育,在古陆隆起的构造转折段、陡缓转换带发育相对高能的边缘滩相储层(如神农架武山灯影组一段)。同时,由于古隆起及周缘地区水体浅、海平面升降频繁,白云岩储层在成岩早期阶段受到多期大气淡水的淋滤作用,有利于储集性能改善,如在神农架武山灯影组一段白云岩中可见 7 期白云石胶结物,说明了其沉积过程中海水的频繁进退(或地壳升降)。伴随着古隆起进一步强化发展,至震旦纪末期受到桐湾运动影响隆升形成鄂中古陆。晚震旦世末期地壳抬升后白云岩经地表水淋滤形成了古风化溶蚀层^[8],如武山灯影组三段古岩溶发育,可将古岩溶作用自上而下划分为岩溶破碎带、渗流带、潜流带(图 2),

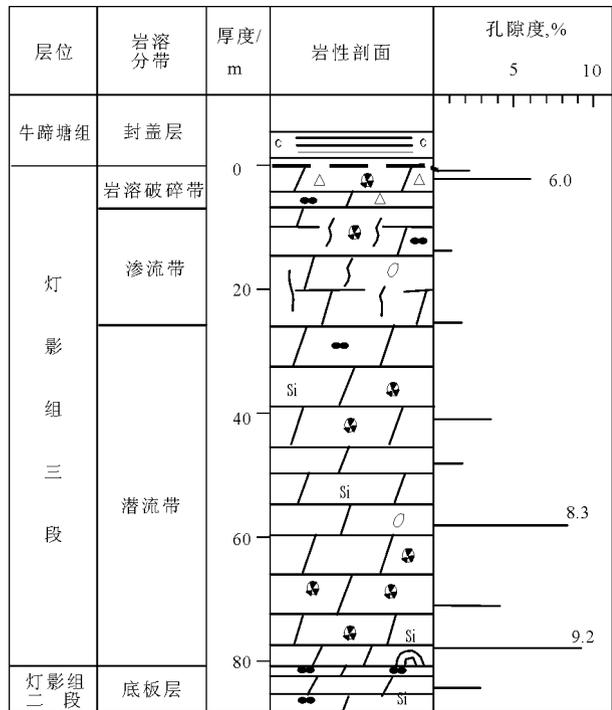


图 2 江汉平原武山地区震旦系灯影组岩溶作用剖面

Fig. 2 Section showing karstification of the Sinian Dengying Formation in the Wushan area, the Jianghan Plain

顶部 7.4 m 发育岩溶角砾岩及较大的溶洞,属于岩溶破碎带;渗流带厚 18.2 m,垂直层面的渗流裂隙较发育,孔隙度 1.1%~1.7%,平均值 1.4%;潜流带厚 56.4 m,斑块状云岩及顺层孔洞发育,孔隙度 1.9%~9.2%,平均值 5.4%,其中岩溶作用形成的潜流带是主要的储层发育层段。

早寒武世梅树村期和筇竹寺期海平面上升,成为中国南方早古生代最大海泛期,也是扬子陆块南、北侧两海盆范围最大的时期,广泛发育了牛蹄塘组(水井沱组)黑色岩系沉积建造,形成了下古生界的主力烃源岩,对于震旦系灯影组储层则构成了直接盖层。由于鄂中古陆的存在控制了烃源岩的展布(图 3),在东部京山一带古地貌位置较高,海侵最大时期也未波及至此,因而缺失早寒武世早期沉积;向西南至荆门一带沉积了与牛蹄塘组(水井沱组)同期异相的刘家坡组碳酸盐岩,在该地区烃源岩不发育;再向西、向南至古陆相邻的深拗陷发育厚度较大的优质烃源岩,如宜昌、神农架一带水体变深,沉积建造以黑色岩系为主,厚度 50 m 左右,成为有利烃源岩发育区,同时该期古陆北侧在同沉积断裂控制下沉积了杨家堡组和庄子沟组深水黑色岩系,亦为烃源岩有利发育区。

从早寒武世沧浪铺期开始,海平面上超至京山一带,至早寒武世晚期区内碳酸盐台地已有相当规模,但与广海连通性较差,以潟湖—潮坪相白云岩沉积为主。早寒武世末期由于基底隆升作用,相对海平面下降,中扬子北部台地又一次暴露,下寒武

统石龙洞组白云岩受岩溶作用改造发育岩溶裂缝、溶蚀孔洞及角砾,形成孔、洞、缝连为一体的储集空间,横向上具有较好的连通性,成为下古生界的主要储集层。

中寒武世鄂中古陆向北萎缩,岩相组合东西向上具有一定的差异。江汉平原东部京山一带沉积建造混杂着大量陆源碎屑,颜色以紫红色为主,反映为水体比较浅、相对干旱氧化的潮上带沉积环境,不利于储层发育,而西部神农架—黄陵地区为潮下带—潮间带沉积,有利于碳酸盐岩储层发育。

至晚寒武世,台地碳酸盐岩沉积广布,古陆对沉积控制已不明显,但由于继承性古隆起的存在,江汉平原水体较浅、频繁动荡,以潮坪沉积为主。伴随相对海平面的升降,台地暴露,上寒武统遭受淡水淋滤和溶蚀改造,以起伏不平的古侵蚀面及渣状层发育为特点,纵向上可见多个以发育渣状层为特征的层间岩溶层及与之配套的岩溶型储层。

中奥陶世—志留纪加里东运动对扬子陆块产生了深远影响,区域构造和盆地性质进入急剧变革时期。华夏板块和扬子板块形成统一的华南板块,南华造山带最终形成,在其北侧的扬子地区拗陷成为前陆盆地,沉积 1 000 多米的砂泥岩,成为广布的区域盖层,至此形成震旦系—下古生界生、储、盖组合(俗称“下组合”)。

1.2 古隆起对烃源岩演化的控制

中扬子地区震旦系—下古生界 2 套主要烃源层受古隆起影响横向上演化具有明显的差异,总体

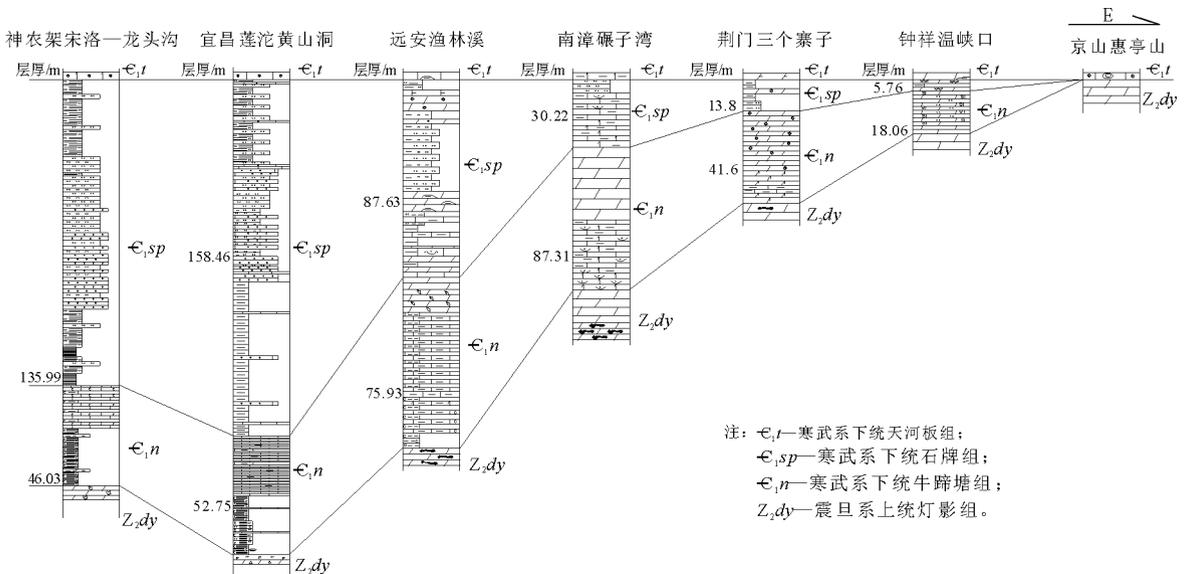


图 3 江汉平原下寒武统牛蹄塘组—石牌组地层对比

Fig. 3 Stratigraphic correlation of the Lower Cambrian Niutitang Formation—Shipai Formation in Jianghan Plain

表现为南早北晚、西早东晚的特点(表 1),如寒武系下统烃源岩,东西方向上西部湘鄂西地区(李 1 井)分别在加里东晚期、印支中期达到生油和生气高峰,而东部江汉平原南部分别在海西中晚期、燕山早期达到生油和生气高峰。而在南北方向上位于古隆起南部拗陷区的牌参 1 井进入生油、生气的高峰时间最早,分别为晚石炭世早期、早侏罗世晚期;次为古隆起南部斜坡带潜江—沔阳一带进入生油、生气高峰的时间分别为下二叠世中期—晚三叠世中期、早侏罗世中晚期;荆门—当阳地区因位于古隆起相对高部位,进入生油、生气高峰的时间最晚,分别为晚三叠世早期、早中侏罗世。因此,古隆起对烃源岩热演化具有明显的控制作用,处于不同古构造部位的烃源岩热演化进程是不同步的,表现为拗陷区生烃演化进程早于斜坡带和古隆起区。

因此,江汉平原加里东期古隆起控制了震旦系一下古生界烃源岩、储层、盖层等成藏物质基础和烃源岩的动态演化。

2 震旦系一下古生界勘探潜力分析

江汉平原震旦纪—早古生代古隆起两侧的斜坡—盆地沉积环境有利于烃源岩发育,沉积了下震旦统陡山沱组、下寒武统牛蹄塘组 2 套以泥质为主的烃源岩^[9,10],有机质类型均为腐泥型,有机碳含量 1.17%~2.36%,达到好烃源岩有机质丰度指标(表 2)。因此,早古生代江汉平原加里东期古隆起两侧的拗陷区烃源岩具有较大的油气生成潜力,有利于形成高丰度的生气中心。

江汉平原加里东期古隆起成为控制早期油气侧向运移的指向区。在加里东—海西期上震旦统

表 2 江汉平原震旦系一下古生界烃源岩有机碳含量

Table 2 Organic carbon content of Sinian—Lower Paleozoic source rocks in Jianghan Plain

层位	烃源岩平均有机碳含量, %	
	襄樊—广济断裂南侧	襄樊—广济断裂北侧
S ₁	1.69(13)	0.14(7)
O	0.83(5)	2.65(6)
Є ₁	1.17(24)	2.03(22)
Z _{1ds}	2.07(13)	2.36(7)

注:括号内的数字表示样品数。

和下寒武统烃源岩相继达到生油窗续而进入生油高峰,大量液态烃的产生使烃源岩内部压力增大,向上、下相邻储集层中排放液态烃以求压力平衡,完成从烃源层向储层的初次运移过程。而此时古隆起已经形成,在流体浮力、地静压力与浓度差等作用力的驱动下,液态烃从古隆起南、北两侧拗陷高势区向古隆起低势区方向运移,京山、宜昌等地奥陶系、寒武系见到的油苗和储层孔、洞、缝中的沥青,它们都是加里东—海西期液态烃向古隆起运移聚集的证据。因此,古隆起成为早期液态烃运聚的有利指向区,而在古隆起控制下形成的震旦系灯影组、下寒武统石龙洞组、中上寒武统 3 套良好的岩溶作用改造型储层为液态烃聚集提供了有利的空间和场所。

中国大气田常分布在生气中心及其周缘,且常赋存在生气区的古隆起圈闭中、煤系地层中或其上下相关圈闭中、大面积孔隙型储集层或低气势区里^[11]。江汉平原加里东期古隆起发育区及周缘具备形成大中型气田的地质条件,是目前江汉平原震旦系一下古生界油气勘探突破的有利地区。

3 结论

1)古隆起控制了江汉平原震旦系一下古生界烃源岩的分布,受古隆起影响,下震旦统陡山沱组、下寒武统牛蹄塘组两套烃源层的演化在横向上具有明显的差异,总体表现为南早北晚、西早东晚的特点。

2)在加里东期古隆起控制下形成了江汉平原北部震旦系灯影组、下寒武统石龙洞组、上寒武统 3 套良好的岩溶作用改造型储层。

3)加里东期古隆起为早期液态烃运移聚集的有利指向区,具备形成大中型气田的地质条件,是目前江汉平原震旦系一下古生界油气勘探突破的有利地区。

表 1 江汉平原及周缘地区下古生界烃源岩演化简表

Table 1 Summarized evolution of the Lower Paleozoic source rocks in the Jianghan Plain and its neighboring areas

演化阶段	烃源岩层系	钻 井 剖 面						
		当深 3 井	建阳 1 井	丰 1 井	夏 4 井	牌参 1 井	李 1 井	
生油开始	Є ₁	P ₁ 早	P ₁ 早	O ₂ 中	O ₂ 中	O ₁ 中	Є ₁ 末	
	Z ₂	O ₂ 中	O ₂ 中	Є ₁ 早	Є ₁ 早	Є ₁ 早	Є ₁ 末	
生油高峰	Є ₁	T ₃ 早	T ₃ 早	T ₃ 中	P ₁ 中	C ₂ 早	S ₂ 早	
	Z ₂	T ₃ 早	T ₂ 晚	S ₂ 早	S ₁ 晚	O ₂ 中	S ₁ 末	
生气开始	Є ₁	J ₁ 早	J ₁ 早	T ₃ 晚	P ₁ 晚	P ₁ 中	P ₁ 中	
	Z ₂	T ₃ 晚	T ₃ 晚	P ₁ 中	C ₂ 早	S ₂ 中	P ₁ 中	
生气高峰	Є ₁	J ₁ 早	J ₂ 早	J ₁ 中	J ₁ 晚	J ₁ 晚	T ₂ 末	
	Z ₂	J ₁ 早	J ₂ 早	T ₃ 晚	T ₁ 中	P ₁ 中	T ₂ 末	

间的产生,形成了沿滨岸带的陆上粗粒扇三角洲沉积体系。

石炭纪开始,由东至西的“剪刀差”式的南天山洋闭合致使塔北地区隆升,导致塔北—塔东弧形隆起的形成,并隔断了与北山裂隙之间的联系,“东河砂岩”在塔北隆起带被剥蚀,形成“东河砂岩”现今的残留格局。

5 结论

1)上泥盆统东河塘组层序地层可划分为 1 个标准的 3 级层序(D₃sq),为 I 型层序。“东河砂岩”组成了一个完整的海平面升降旋回,具有 3 级标准层序的特征,但低位体系域不发育,海侵体系域发育以河口湾相及潮控滨岸相为主的沉积体系,高位体系域则为以扇三角洲及浪控滨岸相为主的沉积体系。

2)根据“东河砂岩”的沉积体系分布特征推断其海侵方向既有来自盆地东北部的南天山残余洋,也有来自盆地西南缘的昆仑洋,物源来自盆地周缘及古隆起剥蚀区。

3)勘探应以盆地覆盖区“东河砂岩”高位体系域浪控滨岸相沉积体系的优良储层为重点,同时也要重视低位体系域河道砂体及海侵体系域潮控滨岸砂体的勘探评价。

参考文献:

1 朱筱敏,张强,马立驰等. 塔里木盆地东河砂岩层序地层分

析[J]. 海相油气地质,1999,4(4):13~17

2 田景春,彭军,陈高武等. 塔里木盆地东河塘组层序地层学研究[J]. 地球科学与环境学报,2007,29(2):130~136

3 杨松岭,高增海,赵秀岐. 塔里木盆地东河砂岩层序特征与分布规律[J]. 新疆石油地质,2002,23(1):35~37

4 王招明,田军,申银民等. 塔里木盆地晚泥盆世—早石炭世东河砂岩沉积相[J]. 古地理学报,2004,6(3):289~295

5 朱筱敏,张强,赵澄林等. 塔里木中部地区东河砂岩段沉积特征和沉积环境演变[J]. 地质科学,2004,39(1):27~35

6 张惠良,张荣虎,王月华等. 粘土膜对砂岩储集性能的影响:以塔里木盆地群 6 井区泥盆系东河塘组下段为例[J]. 石油实验地质,2006,28(5):493~498

7 顾家裕,张兴阳,郭彬程. 塔里木盆地东河砂岩沉积和储层特征及综合分析[J]. 古地理学报,2006,8(3):285~293

8 朱筱敏,张强,吕雪雁等. 塔里木盆地塔北与塔中地区东河砂岩段沉积特征对比[J]. 中国地质,2005,32(4):648~653

9 吴因业,孙龙德. 塔里木盆地满西地区石炭系东河砂岩沉积层序分析与储集层评价[J]. 古地理学报,2008,10(1):13~22

10 贾承造,张师本,吴绍祖等. 塔里木盆地及周边地层(上)[M]. 北京:科学出版社,2004. 181~187

11 周瑶琪,柴之芳,毛雪瑛等. 混合成因模式:中国南方二叠三叠系地层元素地球化学及其启示[J]. 地质论评,1991,37(1):51~63

12 蒋小琼,郭建华. 塔里木盆地满西地区石炭系层序地层与沉积体系分析[J]. 石油实验地质,2004,26(4):333~337

13 Brown L F, Fisher W L. Seismic—stratigraphic interpretation of depositional systems: examples from Brazil rift and poll—apart basin[A]. In : Payton C E, ed. Seismic Stratigraphy—Applications Hydrocarbon Exploration, AAPG Mem26 [C], Tulsa: AAPG, 1977. 213~248

14 康玉柱. 塔里木前陆盆地构造特征及油气分布[J]. 石油实验地质,2005,27(1):25~27

(编辑 徐文明)

(上接第 567 页)

参考文献:

1 李一平. 四川盆地已知大中型气田成藏条件研究[J]. 天然气工业,1996,16(增刊):1~12

2 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

3 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. 323~324

4 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. 50~109

5 田望学,潘龙克,江林生. 早寒武世早期“鄂中古岛”异议[J]. 湖北地矿,2001,15(4):7~11

6 李忠雄,陆永潮,王剑等. 中扬子地区晚震旦世—早寒武世沉

积特征及岩相古地理[J]. 古地理学报,2004,6(2):151~162

7 汪泽成,赵文智,张林等. 四川盆地构造层序与天然气勘探[M]. 北京:地质出版社,2002. 31~40

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):14~18

9 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

10 丁道桂,刘光祥,陈玉华等. 江南—雪峰山前缘油气聚集及烃源对比:南方构造问题之三[J]. 石油实验地质,2007,29(4):345~354

11 戴金星,邹才能,陶士振等. 中国大气田形成条件和主控因素[J]. 天然气地球科学,2007,18(4):472~484

(编辑 叶德燎)