

文章编号:1001-6112(2010)05-0420-08

南华北上古生界油气成藏关键条件分析

周小进

(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)

摘要:南华北上古生界石炭—二叠系含煤地层是一套良好的烃源岩,但多年勘探一直未能取得油气突破。该文从控制上古生界油气成藏的关键因素出发,立足有效烃源岩与油气保存这 2 个基本条件的分析,取得了对该区主要凹陷上古生界成烃演化和油气保存条件的重要认识。研究认为,南华北上古生界具有二次生烃的有利条件,并具有油气兼生的特点;太康隆起、鹿邑凹陷、谭庄—沈丘凹陷在燕山中晚期已具备二次生烃条件,而倪丘集凹陷较晚,主要在喜山晚期,是寻找晚生晚成油气藏的重点地区;现今深凹区是二次生烃的主要区,并具有有利的油气保存条件。

关键词:有效烃源;油气保存;上古生界;周口凹陷;南华北

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

ANALYSIS OF HYDROCARBON ACCUMULATION CONDITIONS OF THE UPPER PALAEOZOIC SEQUENCE OF THE SOUTHERN NORTH CHINA BASIN

Zhou Xiaojin

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: The coal-bearing strata of Carboniferous—Permian of Upper Palaeozoic is a set of good source rock in the Southern North China Basin. However, up to now any great exploration breakthrough has not been achieved. Based on analysis of effective source rock and hydrocarbon preservation, starting from the key factors of controlling hydrocarbon accumulation of Upper Palaeozoic, the important recognition on the hydrocarbon-generation evolution and hydrocarbon preservation condition of main sags has been gained in this paper. Three viewpoints by research are as follows. There is advantaged condition of secondary hydrocarbon generation in the Southern North China and the source rock can produce oil and gas. Taikang Uplift, Luyi Sag and Tanzhuang—Shenqiu Sag had secondary-hydrocarbon condition in Mid Late Yanshanian Period, but there is secondary hydrocarbon in Late Himalayan Period in Niquiji Sag, which is the focus of looking for the hydrocarbon accumulations that hydrocarbon generated late and reservoir formed late. The modern deep sags are the main hydrocarbon-generation areas and they have advantages condition of hydrocarbon preservation in the Southern North China Basin.

Key words: effective source; hydrocarbon preservation; Upper Palaeozoic; Zhoukou Depression; Southern North China Basin

南华北上古生界的油气勘探由来已久。随着 70 年代末煤成气理论的引入,华北石炭—二叠系聚煤盆地成为原地质部和石油部系统普遍关注的新领域,从 1983 年开始至 2004 年在该区共实施钻井 30 余口。其中,原地矿部华北石油地质局于 1986 年 7 月实施钻探的南 12 井在周口凹陷东部的倪丘集凹陷大王庄构造上于古近系双浮组 1609.6~1613.4 m 井段首次发现了源自上古生界石炭—二叠系的煤成油藏,测试日产原油 2.49 m³;

河南石油勘探局钻探的周参 7、周参 13 井、周 16 井和襄 5 井在上古生界抽汲测试,获微量气;中石油华北油田在鹿邑凹陷完成鹿 1 井,于古生界见气显示,测试点火可燃。

经过多年的勘探,尽管未能取得油气突破,但通过勘探和研究对南华北地区上古生界的基本赋存状态、烃源岩特征和主要含油气条件等方面取得了许多重要认识。如:基本查明了南华北北部(周口凹陷北部—太康隆起)是上古生界连片残留分布的主

收稿日期:2010-01-25;修订日期:2010-08-16。

作者简介:周小进(1969—),男,博士,高级工程师,主要从事油气勘探地质研究工作。E-mail:zhouxj_syky@mail.sinopec.com。

基金项目:中国石化科技项目(YPH08077)。

要区;证实了上古生界石炭—二叠系含煤岩系是南华北地区最重要的区域烃源岩,比鄂尔多斯和渤海湾盆地厚度更大、品质更好;上古生界烃源岩热演化程度差异大,总体具西北高、东南低的分布格局;具有古生新储、古生古储的油气成藏条件等^[1-6]。如今,已在相邻的渤海湾古近系断陷区发现了诸如苏桥、文留、孤北、高古 4 等多个上古生界煤成气田(藏),而南华北地区具有与渤海湾地区相似的盆地发育特征,并有着更为有利的烃源岩发育条件,应是值得进一步勘探的有利地区。但该区由于在中新生代与渤海湾盆地有着不同的成盆环境和演化特点,使上古生界形成了独特而复杂的含油气条件。笔者认为,对南华北地区而言,有效烃源和油气保存条件是寻找有效油气藏的关键。本文从现有勘探资料和相关研究成果出发,以南华北中区周口坳陷为重点,通过对这 2 个油气成藏关键条件的分析,进一步探讨勘探的主要方向和有利地区。

1 区域地质概况

南华北地区系指焦作—新乡—商丘—丰沛断裂以南、郟庐断裂以西、秦岭—大别造山带以北的广大地区,大地构造上处于华北地台的东南部,其内隆、坳分布主要呈 EW 或 NWW 走向,受 NNE 向断裂

分割,南华北又具东西分块的构造特点(图 1)。本次研究的周口坳陷位于南华北中部,北以太康隆起与开封坳陷相隔,南以长山—蚌埠隆起与信阳—合肥盆地相隔,西与豫西隆起相接。坳陷内包含有 10 余个次级凹陷,为晚白垩世—古近纪发育起来的断陷盆地群,大致可分为 3 个带:北带主要发育有巨陵、新站社、鹿邑等凹陷,中带主要发育有襄城、谭庄—沈丘、倪丘集等凹陷,南带发育有舞阳、汝南—东岳、临泉、阜阳凹陷。

古生代,南华北地区隶属于大华北克拉通盆地演化的一部分,大致经历了寒武—奥陶纪以碳酸盐岩沉积为主的地台和晚石炭世—中三叠世由海陆交互相—陆相沉积过渡的大型克拉通内坳陷 2 大发展阶段,上、下古生界以不整合横向分布不均衡的上下叠加。自晚三叠世以来,本区经历了多期陆内构造变格,先后叠加发育了 T₃, J₁₋₂, J₃—K₁, K₂—E, N—Q 性质不同、分布不一的盆地,从而在古生界之上形成了具多层叠加结构、构造风格不一的中新生代盆地^[7-8]。勘探表明,周口坳陷以发育半地堑结构的断陷盆地为主,断陷构造层以古近系为主,中生界主要发育有三叠系、中下侏罗统、下白垩统,但它们分布于不同的地区和凹陷内,三叠系(以中下三叠统为主)主要残留分布在周口坳陷北

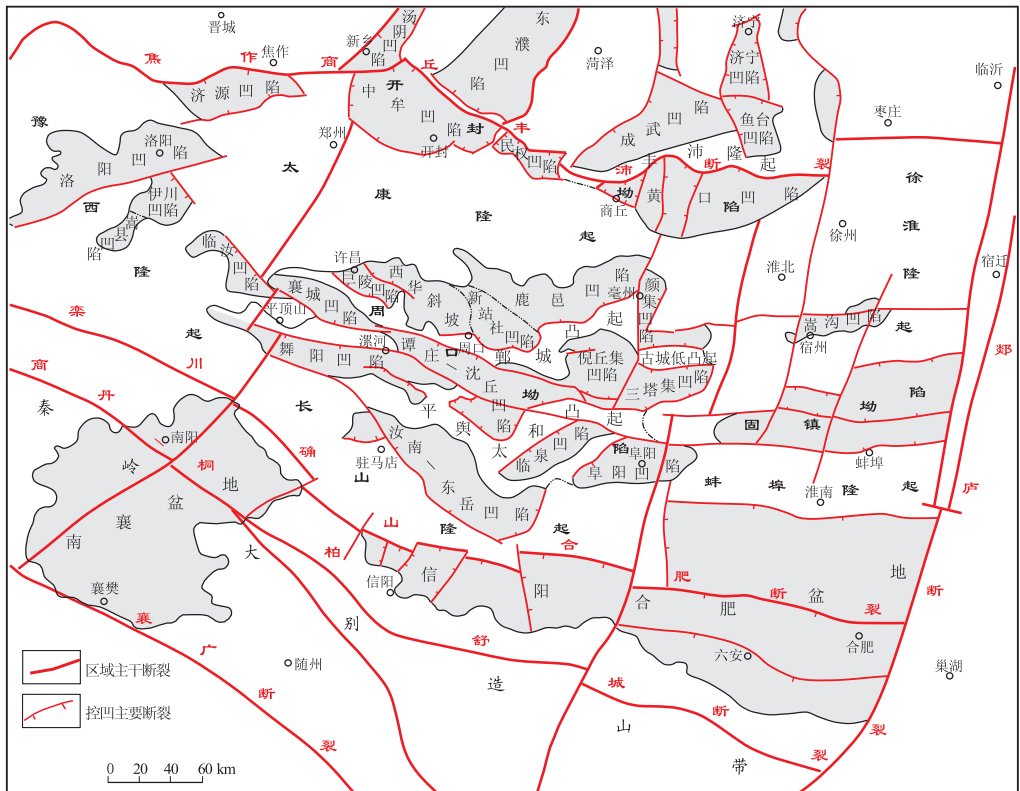


图 1 南华北地区构造区划

Fig. 1 Tectonic division in the south of North China

部(鹿邑凹陷)及太康隆起西部,中下侏罗统主要见于谭庄—沈丘凹陷,下白垩统则主要分布在谭庄—沈丘、临泉、阜阳几个凹陷。

由于受中生代构造隆升剥蚀和块断拗陷作用,上古生界以不均衡分布的残留块体赋存。大致以西华—周口—界首—太和—一线为界,分为南、北 2 个残留区块(图 2)。北区上古生界主要分布在周口拗陷北部(鹿邑凹陷和倪丘集—颜集凹陷区)—太康隆起至济源—开封地区,该区上古生界基本呈大面积残存,钻井揭示上古生界残留厚度在 700~1 300 m 之间。而南区(周口拗陷中、南部)大部分地区缺失上古生界,仅残存于周口拗陷西部的禹县—襄城—商水、大刘—邓襄—东岸等狭窄地带、

中部的谭庄—沈丘凹陷和南部的汝南凹陷,且残留块体狭小、多变,上古生界大多保存不全。此分布格局决定了周口拗陷的中部和东北部的襄城、谭庄—沈丘、倪丘集、颜集、鹿邑凹陷是勘探上古生界油气的主要地区。

2 有效烃源条件分析

2.1 烃源岩基本特征

钻探揭示,上古生界具有暗色泥岩和煤 2 类烃源岩。其中,暗色泥岩累积厚度可达 200~500 m,煤岩累积厚度 10~40 m(表 1)。前人对该区上古生界 C—P 烃源岩发育特征已作了大量的研究和描述^[1],在此不再过多复述。总的来看,上古生界各组

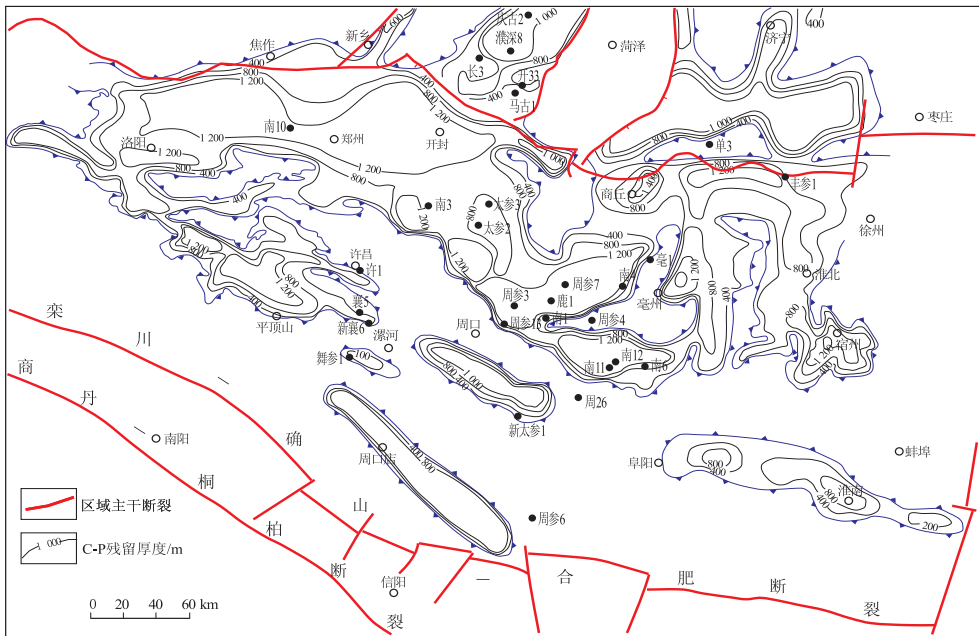


图 2 南华北石炭—二叠系残留厚度

Fig. 2 Remained thickness of Carboniferous and Permian in the south of North China

表 1 南华北石炭—二叠系烃源岩厚度统计

Table 1 Statistics of source rocks thickness of Carboniferous and Permian in the south of North China

地区	井号	残留厚度/m	煤岩		暗色泥岩		灰岩	
			厚度/m	占残厚/%	厚度/m	占残厚/%	厚度/m	占残厚/%
太康隆起	南 3	770	22.5	2.9	389.5	50.6	28.5	3.7
	南 7	1 029	9.0	0.9	532.0	51.7	45.0	4.4
	华 5	835	4.0	0.48	345.0	41.4	38.5	4.8
	太参 1	288	7.5	2.6	194.0	67.4	20.0	6.9
	太参 2	721.5	2.0	0.3	503.0	69.8	40.5	5.6
鹿邑凹陷	南 1	128.2	0.5	0.4	40.5	31.5		
	南 4	714	10.0	1.4	337.0	47.2	53.0	7.4
	周参 7	982	37.0	3.8	547.5	55.8	50.5	4.7
	周参 8	813.5	48.0	5.9	475.0	58.4	40.5	5.0
倪丘集凹陷	南 6	815	34.0	4.2	347.5	42.6	44.5	5.5
	南 11	799.6	32.9	4.1	406	50.8	66.5	8.3
	阜深 2	140.42	2.0	1.4	15.5	82.3		

发育的暗色泥岩和煤多属于好的烃源岩范畴,具有有机质丰度高、生烃潜力大的特点,其暗色泥岩平均有机碳含量在1.5%~2.5%之间,煤岩平均有机碳含量在50%~70%之间。纵向上,下部太原组烃源岩总体要好于上部的山西组和上、下石盒子组^[2-5]。

2.2 烃源岩热演化程度

大量测试数据反映,南华北上古生界烃源岩的热演化程度差异悬殊。据11口井煤岩的镜质体反射率测定资料,上古生界烃源岩成熟度高值可在2.6%~3.0%以上,低值仅为0.62%~0.88%左右(表2)。相比而言,太康隆起热演化程度普遍较高,处于高一过成熟的湿气—干气阶段;鹿邑凹陷次之,主要处于成熟生油—高成熟湿气阶段;倪丘集凹陷和襄城、舞阳凹陷相对较低,尚处于成熟生油为主的阶段。区域热演化程度大体呈现“西北高、东南低”的基本态势^[6]。

从各区现今上古生界顶面埋深看,太康隆起在1 000~1 600 m之间,周口坳陷内的鹿邑、谭庄—沈丘、倪丘集、襄城、舞阳等主要凹陷在1 000~7 000 m之间。可见,南华北上古生界的热演化程度与埋深并非呈完全的对立关系,显示烃源岩在热演化过程中还受其它因素的控制。古地温研究显示,太康隆起的异常高演化与燕山期晚侏罗世—早白垩世的构造—热事件引发的局部高热场有关,现今地温场仍保持着北高南低的特征^[9]。

2.3 烃源岩演化与二次生烃

根据盆地演化,印支期在三叠纪盆地的叠加作用下,华北上古生界普遍进入了成熟生烃阶段,晚三叠世末南华北地区发生区域隆升,燕山期除在少数地区叠加有J—K盆地外,大部分地区处于隆起状态,直至喜山期古近纪断陷上古生界才得到再次

深埋。

钻井揭示,南华北中区上古生界烃源岩在三叠纪末处于低熟—成熟早期阶段,区域成熟度 R_o 。背景值在0.6%~0.9%左右,成为上古生界在燕山—喜山期二次生烃的起始成熟度。如:位于倪丘集凹陷东部的南6井,二叠系顶面埋深仅897 m,处于目前南华北中区最浅的部位(位于古城低凸起),上、下石盒子组1 062.0~1 501.6 m井段10个煤岩样品实测 R_o 。值仅为0.62%~0.83%,山西组1 570.0~1 572.0 m井段实测 R_o 。值为0.85%,太原组1 637.5~1 638.5 m井段实测 R_o 。值为0.67%。华北石油地质局1989年曾用14口井对南华北中区推算三叠—二叠系的剥蚀厚度,结果显示前第三系的剥蚀厚度为2 000~3 000 m。据此,可以认为南6井C—P的有机质演化程度基本上代表了该区煤系初次演化达到的最高程度,未超过生油阶段,即在新生代再埋藏过程中没有进一步演化。而且,比南6井埋深大2 500 m的南11井,36个C—P煤岩样品实测 R_o 。值仅为0.69%~0.88%,平均值0.83%,也说明了这一点。又如:平顶山煤田山西组二1煤的埋深为430~1 350 m,煤阶为气煤、焦煤和瘦煤, R_o 。值为0.85%~1.08%。

燕山期,主要在周口坳陷中部的谭庄—沈丘凹陷发育了以下白垩统为主的巨厚沉积,最大沉积厚度可达5 000 m,盆地中心厚度在3 000~5 000 m之间。据谭庄凹陷巴1井(位处 K_1 盆地中心部位)埋藏史揭示(图3),早白垩世末C—P成熟度 R_o 。达到了1.4%以上,使上古生界烃源岩具备了二次生烃条件,古近纪末 R_o 。达到了2.0%,喜山晚期—现今处于过成熟干气生成阶段, R_o 。>2.0%。因此,燕山晚期—喜山期是该凹陷上古生界二次生烃的主要时期。此外,据饶丹等^[10]研究,该凹陷内下白垩统

表2 南华北石炭—二叠系镜质体反射率数值统计

Table 2 R_o statistics of Carboniferous and Permian in the south of North China

地区	井号	井深/m	R_o /%			演化阶段
			最小值	最大值	样品数/个	
太康隆起	南3	1 366~2 067.5	2.18	3.48	4	干气
	南7	1 550~2 219	1.31	1.83	6	湿气
	太参3	1 262~1 876	2.60	3.54	15	干气
鹿邑凹陷	周参7	1 417~2 253	0.89	1.98	9	生油—湿气
	周参8	2 962~4 000	0.82	2.61	4	生油—干气
	周参13	3 151~3 285	0.72	1.08	4	生油
	鹿1	C—P	1.73	2.54	26	湿气—干气
倪丘集凹陷	南6	1 062~1 638.5	0.62	0.85	12	生油
	南11	2 940~4 047	0.69	0.88	36	生油
	南14	2 135~2 505	0.97	2.00	11	生油—湿气
襄城凹陷	襄5	3 027.5~3 212	1.06	1.24	3	生油—湿气
舞阳凹陷	舞参1	3 270~3 354	0.79	0.80		生油

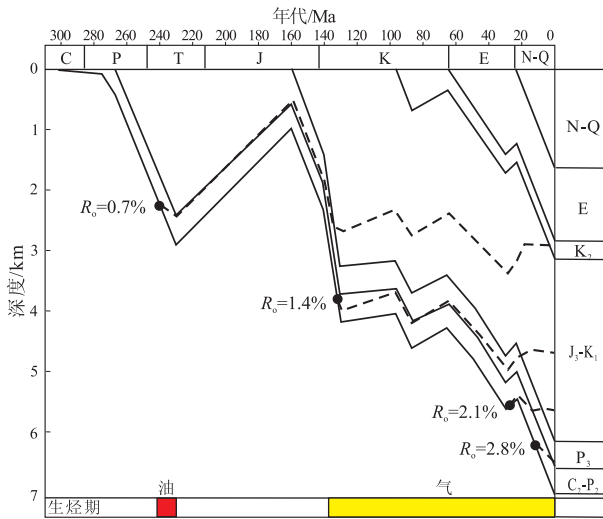


图 3 南华北谭庄凹陷巴 1 井埋藏史生烃史曲线
 Fig. 3 Curves of buried history and hydrocarbon generation history of Well Ba-1 in the Tanzhuang Sag of the south of North China

烃源岩在早白垩世末进入生油门限,古近纪处于生油高峰,现今凹陷中心区已达到了高成熟湿气生成阶段($R_0 > 1.5\%$),局部受热异常作用,烃源岩演化甚至达到了过成熟干气阶段(如:周参 11 井 K_1 的 R_0 达 $2.3\% \sim 3.8\%$)。可见,处于下白垩统之下的上古生界应具有更高的演化程度,必然会产生二次生烃作用。

喜山期,在古近纪区域拉张断陷作用下,周口坳陷中北部残留的上古生界得到了局部深埋,在襄城、谭庄—沈丘、倪丘集、鹿邑凹陷的深凹区 C-P 顶面埋深普遍达到了 $3\ 000 \sim 5\ 000\ m$,并在 N-Q 统一坳陷(厚 $1\ 000 \sim 1\ 500\ m$)叠加作用下使埋深加大到 $4\ 000 \sim 6\ 500\ m$,达到了 C-P 二次生烃所需的门限深度。如:渤海湾盆地济阳、临清、东濮地区 C-P 二次生烃门限深度在 $4\ 000\ m$ 左右^[11],并在这些二次生烃区发现了煤成气藏(孤北、高古 4、文留)。据全书进等^[12]研究,倪丘集凹陷 C-P 喜山期二次生烃门限为 $4\ 110\ m$ (起始成熟度 $R_0 = 0.8\%$),鹿邑凹陷为 $5\ 834\ m$ (起始成熟度 $R_0 = 1.2\%$),谭庄—沈丘凹陷为 $3\ 590 \sim 3\ 894\ m$ (起始成熟度 $R_0 = 0.68\% \sim 0.75\%$),襄城凹陷为 $4\ 530\ m$ (起始成熟度 $R_0 = 0.85\%$)。如:倪丘集凹陷,在紧靠深凹区的大王庄—光武构造带上,南 12 井于古近系获得了煤成油,南 11 井于古近系和上古生界获得极为丰富的油气显示,说明该凹陷上古生界有过油气生成和聚集藏过程,喜山晚期(N-Q)应是其二次生烃的主要时期,其中 C-P 顶面埋深大于 $4\ 000\ m$ 的深凹区应是二次生烃的主要区。

对于煤系烃源岩的二次生烃潜力,已有许多学者作了大量的实验模拟研究,结果显示:当煤岩二次生烃的起始成熟度在 $0.6\% \sim 0.9\%$ 时,二次生烃的潜力为最大^[13]。本区上古生界在三叠纪末的热演化背景值正好处于该有利的成熟度范围内,应具有较好的二次生烃潜力。如:新襄 6 井下石盒子组暗色泥岩样品热模拟实验表明(初始成熟度 R_0 为 1.03% ,残余有机碳为 1.12%),其二次生烃的总产烃量可达 $300\ kg/t$ 以上(图 4)。

除上述因素之外,烃源岩的有机显微组分也是决定油气生成的基本条件。因为煤系中的油气生成以显微组分为基本单元,其生烃产物除了与演化程度有关,还与显微组分的富氢程度有密切关系。贫氢的惰质组以生气为主,富氢的壳质组则以生油为主,即由惰质组到镜质组再到壳质组,随着其富氢程度的增高,显微组分的“倾油”程度依次升高。前期对南华北地区钻井 C-P 煤样的有机显微组分资料较少,根据倪丘集凹陷南 6、南 11 井 18 个煤样的有机质显微组分鉴定结果:壳质组含量为 $6.89\% \sim 40.85\%$,平均值为 21.81% ;镜质组含量为 $36.29\% \sim 88.73\%$,平均值为 63.36% ;惰质组含量为 $4.38\% \sim 32.12\%$,平均值为 14.85% 。又如:古城 1 井富氢的壳质组含量普遍较高,太原组为 8.3% ,山西组为 39.3% ,下石盒子组为 41.0% 。相比渤海湾地区而言,临清坳陷和济阳坳陷的东营—惠民凹陷 C-P 煤系显微组分中壳质组+腐泥组的含量不到 10% ,与南华北地区具有显著的差别。模拟实验显示,壳质组的生油潜力是镜质组的数百倍,因此,煤的生油能力与壳质组含量密切相关。本区煤岩的有机显微组分中壳质组含量较高,表明该区烃源岩不仅具有生气能力,而且具有较大的生油潜力,南 12 井煤成油藏的发现便是最好的实证。又如:渤海湾盆地苏桥—文安地区,由于煤系烃源岩中普遍具有较

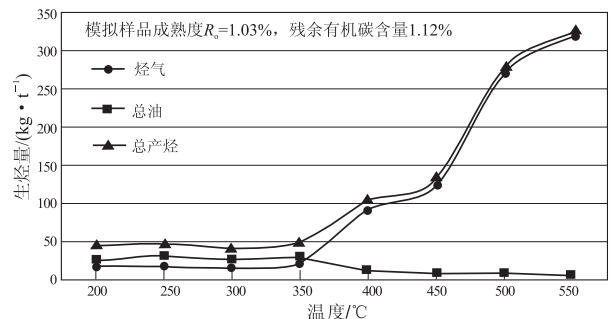


图 4 南华北新襄 6 井下石盒子组暗色泥岩热模拟产烃率
 Fig. 4 Curves of thermal-simulating production of source rocks of Xiashihezi Formation in Well Xinxiang 6, the south of North China

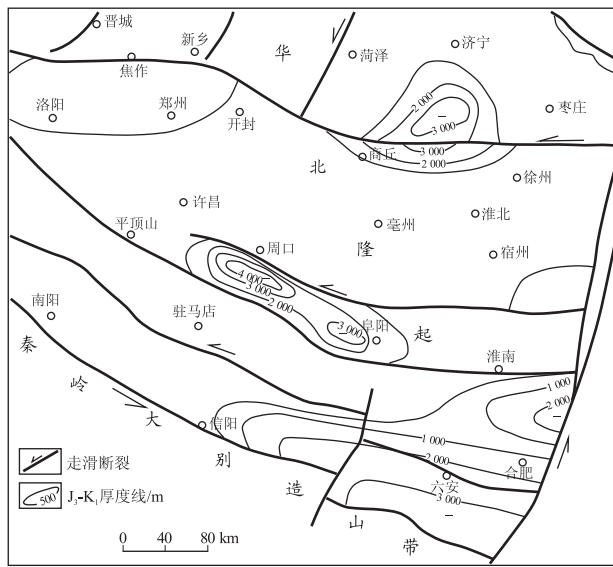


图 7 南华北地区晚侏罗世—早白垩世盆地—构造略图

Fig. 7 Map showing basins and structure during the late Jurassic to early Cretaceous in the south of North China

多次油气调整,经历了极其复杂的油气成藏过程。同时,需要注意的是,由于 J_3-K_1 期是区域岩浆强烈活动的主要时期,本区受其影响在局部形成了较高的地温场,促进了上古生界烃源岩的演化。太康隆起上古生界的热演化异常就与此有关。刘池洋认为,太康隆起为燕山中晚期深部热物质上涌形成的热力构造,解释了该隆起区上古生界燕山期隆升而热演化异常的现象(燕山期末 R_o 达到了 2.5% 以上),并与南华北现今地温梯度呈北高南低的格局相吻合。因此,太康隆起尽管有连片和厚度较大的上古生界分布,但此期因无好的区域盖层配套,使上古生界烃源岩在此期增熟生成的油气难以得到有效保存。如:位于该隆起上的太参 3 井仅在上古生界见气测异常。

经燕山期漫长的差异隆升、褶断构造改造和不均衡剥蚀作用,古近纪断陷前上古生界 C-P 及上覆三叠系已被改造成残缺不全、横向分布不均的块体,上古生界烃源岩除在太康隆起受热力作用和谭庄—沈丘凹陷受巨厚 K_1 盆地叠加而得到进一步演化外,周口坳陷的东部(倪丘集—颜集凹陷区)则基本维持着印支期末的热演化程度。古近纪断陷盆地的叠加及其掀斜作用仅使该区残留的一部分上古生界得到了深埋,尤其像倪丘集凹陷因上古生界的二次生烃主要在喜山晚期,而此期凹陷内古近纪形成的各类圈闭已定型,有利于捕集油气而成藏,加之深凹区有巨厚的古近系覆盖,为油气的保存提供了有利条件。对于断陷斜坡带,因 E 断陷层薄,上古生界埋深浅, N-Q 水平坳陷层又多为

成岩作用弱的砂、泥岩(河流相、滨浅湖相),缺少稳定分布的优质区域盖层,加之拉张正断层的发育,从而对油气保存带来不利影响。如:位于倪丘集凹陷北斜坡高断块上的南 12 井,古近系煤成油地化特征反映呈遭受轻微的生物降解作用^[14],客观反映了斜坡浅部位的油气保存条件欠佳。

3.2 盖层发育条件

3.2.1 中新世界盖层条件

周口坳陷中新世主要发育有古近系、下白垩统泥质岩盖层,以古近系为主。如:谭庄和襄城凹陷中心古近系发育了盐湖相沉积的泥岩,厚 100~400 m;在鹿邑和沈丘凹陷中心发育了 200~600 m 湖相泥岩;在谭庄—沈丘凹陷还大面积发育了下白垩统较深湖相的泥岩,累计厚 400~2 000 m。这些泥质岩可为各凹陷内的上古生界提供较好的地区性封盖条件。倪丘集凹陷南 12 井古近系双浮组油藏的发现和谭庄—沈丘凹陷周参 10、巴 1 井下白垩统自生自储油藏的存在,说明它们具有良好的盖层条件与储盖组合。

3.2.2 上古生界盖层条件

钻探揭示,上古生界各组段均发育单层厚度较大的泥质岩,大多具有较好的封盖性能,可构成区域盖层或直接盖层。区域岩相古地理研究表明,周口坳陷在上、下石盒子组沉积期处于相对稳定的湖泊沉积相区,发育了厚度较大的泥质岩,可作为上古生界上部重要的区域性盖层。如:周口坳陷中部下石盒子组泥质岩的累积厚度占该组地层总厚度的 65%~85%(表 3)。上石盒子组岩性主要为灰绿、灰、灰黄色砂泥岩互层,泥岩粘土矿物以蒙脱石—伊利石混层为主,次为高岭石;区域最大厚度为 536 m(南 6 井)~626 m(南 7 井);南 3、4、7 井揭示暗色泥岩单层厚度大于 20 m 的有 2~4 层,南 6、11 井则多达 4~8 层。下石盒子组岩性主要为灰、浅灰、灰绿色砂泥岩互层,泥岩粘土矿物以蒙脱石—伊利石混层和高岭石为主;区域最大厚度为

表 3 南华北部分钻井下石盒子组泥质岩厚度统计

Table 3 Statistics of mudstone thickness of Xiashihezi Formation in the parts of wells, the south of North China

构造位置	井位	下石盒子组地层厚度/m	下石盒子组泥质岩累积厚度/m	泥岩占地层厚度的百分比/%
太康隆起	南 7 井	349	224	64
鹿邑凹陷	周参 7 井	280	186	66
鹿邑凹陷	鹿 1 井	260	223	85
鹿邑凹陷	周参 9 井	245	178	72
谭庄凹陷	周 16 井	240	177	74

表4 南华北南6井上古生界泥岩盖层特征参数

Table 4 Parameter showing the characteristics of mudstone cap rock of Upper Paleozoic in Well Nan 6, the south of North China

层位	泥岩累积厚度/m	暗色泥岩单层厚度/m	盖层特征参数				
			比表面/ ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	突破压力/ MPa	突破时间/ ($\text{a} \cdot \text{m}^{-1}$)	气柱高度/m	遮挡系数/%
上石盒子组	536	>20	41.7~55.01	15.4~16.1	39.62~42.13	1 357~1 417	2 713~2 837
下石盒子组	85	≥ 20	31.10~68.18	11.75~17.1	22.38~47.91	1 033~1 511	2 066~3 022

85 m(南6井)~129 m(南7井),南6、11井揭示暗色泥岩单层厚度大于20 m的有1~3层,南3、4、7井揭示有1层接近20 m的暗色泥岩。南6井盖层测试数据反映(表4),上、下石盒子组的封盖能力均较高。

而对于山西组、太原组,它们以含煤的暗色地层为主,泥质岩也比较发育,但区域厚度相对较小,可作为局部性盖层。南6井揭示厚度分别为88 m和108 m,南7井揭示厚度分别为107.5 m和149.5 m;其中,南6井太原组样品测定反映,其饱和煤油岩石的气体突破压力为14.19 MPa,突破时间为18 h,饱和空气的突破压力为4.05 MPa,突破时间为20 min,绝对渗透率为 $0.042 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,是具有中等封盖能力的盖层。

4 结论

1)南华北周口坳陷上古生界具有二次生烃的有利条件,燕山中晚期和喜山期是二次生烃的主要时期。

2)印支期末,本区上古生界普遍处于低熟—成熟的区域热演化背景,为二次生烃提供了有利的起始条件。受燕山期热力作用和盆地叠加,太康隆起、鹿邑凹陷、谭庄—沈丘凹陷上古生界已具备二次生烃条件。尤其是谭庄—沈丘凹陷,具有中生界下白垩统和上古生界两套有效烃源岩,油气资源潜力相对较大。但该凹陷发生过多次油气调整,成藏条件较复杂。

3)位于周口坳陷东部的倪丘集凹陷,因上古生界在燕山期一直处于相对较低的热演化背景,喜山期断—坳盆地的叠加使其具备了晚期二次生烃条件,并具有油气兼生的特点,是寻找上古生界晚生晚成油气藏的有利区,也是今后值得进一步勘探的重点凹陷。

4)深凹区既是二次生烃区,又是油气保存的有利区,不仅发育有中生界盖层,而且在上古生界内部发育了多套盖层,尤其是二叠系上部的上、下

石盒子组可作为重要的区域盖层。因此今后勘探应采取避高就低的原则,可以深凹内斜坡发育的构造作为主要勘探目标。

致谢:河南油田石油勘探开发研究院为本次研究提供了大量基础资料,闫相宾、严永新、蒋永福、倪春华等同志为本文敬献了诸多宝贵意见,在此一并表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] 刘志武,周立发,何明喜. 周口拗陷石炭—二叠系油气资源及其成藏条件[J]. 地球科学与环境学报,2008,30(3):271—276.
- [2] 王荣新,赵刚,邓世英. 南华北上古生界烃源岩有机地球化学特征[J]. 石油实验地质,2008,30(5):485—488.
- [3] 白斌,周立发,刘彬辉,等. 华北盆地南部二叠系烃源岩特征研究[J]. 西北地质,2006,39(3):48—53.
- [4] 高建平,周立发,徐艳萍,等. 太康隆起和周口坳陷上古生界煤系烃源岩地球化学特征[J]. 西北地质,2006,39(3):59—63.
- [5] 王宗礼,罗强,赵锋,等. 南华北地区鹿邑凹陷石炭—二叠系有利成藏条件分析[J]. 天然气地球科学,2005,16(2):194—199.
- [6] 胡俊卿,严永新,吴官生,等. 南华北地区石炭系二叠系有机质热演化成因类型研究[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),2005,27(5):554—556.
- [7] 何治亮,程喆,徐旭辉,等. 东秦岭—大别及两侧的大地构造旋回与油气勘探领域[J]. 石油实验地质,2009,31(2):109—118.
- [8] 黄泽光,高长林,吉让寿. 南华北地区中生代盆地演化[J]. 石油与天然气地质,2005,26(2):252—256.
- [9] 何争光,刘池洋,赵俊峰,等. 华北克拉通南部地区现今地温场特征及其地质意义[J]. 地质论评,2009,55(3):428—434.
- [10] 饶丹,全书进. 南华北盆地周口坳陷周参10井低产油流剖析[J]. 石油实验地质,2005,27(6):612—618.
- [11] 耿春雁,王玉林,刘华. 济阳地区煤系有机质二次生烃特征及勘探思路[J]. 新疆石油天然气,2007,3(1):29—33.
- [12] 全书进,饶丹,孔凡军,等. 周口坳陷上古生界油气资源潜力分析[J]. 石油实验地质,2004,26(6):542—545.
- [13] 秦勇,张有生,朱炎铭,等. 煤中有机质二次生烃迟滞性及其反应动力学机制[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2000,25(3):278—281.
- [14] 谢其锋,周立发,刘新华,等. 南华北盆地周口坳陷南12井油藏成藏条件分析[J]. 石油地质与工程,2008,22(5):14—17.