

文章编号: 0253-9985(2005)05-0661-07

华北古生代克拉通盆地南部原生油气藏勘探前景

张忠民, 龙胜祥, 许化政

(中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 依据古生界烃源岩特征与烃源岩生烃史的分析, 华北地区下古生界海相烃源岩虽然有机质类型好、厚度较大, 但有机质丰度低, 基本为差-非生油岩。加之烃源岩成熟以后, 后期埋藏历史及烃源岩热演化史复杂, 作为一个含油气系统的烃源岩, 勘探风险较大。下古生界烃源岩仅在渤海湾南部地区具有中等-较差生烃潜力, 经喜山期的深埋, 在济阳拗陷、临清拗陷、东濮拗陷、黄口拗陷下古生界具备二次生烃条件, 尚具有一定的勘探前景。上古生界石炭-二叠系烃源岩主要为煤系地层, 厚度为 150~500m, 有机质丰度属于低-中等, 有机质类型为Ⅲ型。上古生界烃源岩二次生烃主要发生于晚三叠世末期和早白垩世末期, 油气保存好, 原生油气藏勘探前景广阔。上古生界有利勘探地区主要集中在渤海湾盆地的东濮拗陷、临南洼陷、德州拗陷南部及莘县拗陷北部二次生气强度较大的第三系拗陷内。

关键词: 原生油气藏; 有机质热演化; 二次生烃; 古生界; 油气远景; 克拉通

中图分类号: TE112.1

文献标识码: A

Prospects of exploring Palaeozoic primary oil and gas pools in southern area of North China cratonic basin

Zhang Zhongmin, Long Shengxiang, Xu Huazheng

(Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing)

Abstract According to analyses of the features and hydrocarbon generation history of Paleozoic source rocks, the Lower Paleozoic marine source rocks in North China are basically poor source rocks to non-source rocks due to their low organic matter abundance, though they have good kerogen type and large thickness, moreover, later burial history and thermal evolution history of source rocks are complex after the source rocks getting mature. Therefore exploration risk is high when taking them as the source rocks of a petroleum system. The Lower Paleozoic source rocks have medium to poor hydrocarbon generation potentials only in the southern part of Bohai Bay. After deeply buried in Himalayan, the Lower Paleozoic would be in condition to secondary hydrocarbon generation in Jiyang depression, Linqing depression, Dongpu sag and Huangkou sag, thus certain exploration potentials exist in these areas. The Upper Paleozoic Carboniferous-Pennsylvanian source rocks are mainly coal measure strata with thickness in the range of 150~500m, low to medium organic matter abundance, and type III kerogen. Secondary hydrocarbon generation in Upper Paleozoic source rocks had occurred mainly at the end of Late Triassic and the end of Early Cretaceous, and hydrocarbons were well preserved, thus there would be large potentials for exploration of primary oil and gas reservoirs. The Upper Paleozoic favorable exploration areas are mainly in the Tertiary sags with large secondary gas generation intensity, such as Dongpu sag, Linnan sag, the southern part of Dezhou sag and the northern part of Xinxian sag in Bohai Bay basin.

Key words primary oil and gas reservoirs; thermal evolution of organic matter; secondary hydrocarbon generation; Paleozoic hydrocarbon potential; craton

华北古生代克拉通盆地南部在地理上包括渤海湾南部的胜利油区、中原油区、河南油区以及南

华北盆地群、临清拗陷东部、胶莱盆地及鲁西南盆地群。该区在以新生界勘探为主兼探古生界的过

基金项目: 中国石油化工股份有限公司科技项目 (P00002)

第一作者简介: 张忠民, 男, 33岁, 高级工程师(博士后), 石油与天然气地质

收稿日期: 2005-07-15

程中,陆续发现了一些古生界原生油气藏和油气显示^[1~3],如 20 世纪 70 年代发现了以上古生界煤系为烃源岩的苏桥和文留气田;20 世纪 90 年代发现了以古生界海相烃源岩为主的朱家墩气田;尤其是 1993 年完钻的孔古 3 井、1995 年完钻的孔古 4 井陆续发现了古生界原生油^[4],以及 1991 年完钻的盐参 1 井、1997 年完钻的盐城 1 井又获得古生界的高产天然气^[5,6],显示了古生界良好的勘探前景和油气资源潜力。

1 烃源岩特征

区内古生界历经海西、印支、燕山、喜山 4 大构造旋回,每个旋回都有 1~2 个成盆期。这些由不同原型盆地叠加的盆地,每一个叠置单元都具有不同的地球动力学机制和不同的沉积组合,每一次叠置都对前期沉积单元进行了不同程度的改造而形成新的构造体系^[7~9]。因此,更增加了古生界含油气层系油气勘探的难度。

一个地区、一个层系的油气资源评价是以烃源岩为主线,如果烃源岩可靠且具有较大的生烃潜力,那么该地区、该层系的油气资源就应该予以确认。因此,可以通过烃源岩的有机质丰度、烃源岩的热演化史进行盆地(或地区)含油气前景评价。

1.1 下古生界

下古生界海相碳酸盐岩和泥质岩烃源岩普遍具有有机质丰度低的特点(表 1),有机碳含量大部

分小于 0.2%,氯仿沥青“A”含量多小于 0.01%,生烃潜量($S_1 + S_2$)以小于 0.15 mg/g 为主。按照古生界海相烃源岩有机质丰度大于 0.5% 的评价标准^[10~11],只有济阳坳陷的个别样品可以达到中等—差生油岩标准。该区下古生界烃源岩与塔里木盆地寒武—奥陶系海相生油岩有机碳含量的平均值(1.96%~2.04%)相差甚远^[12~15]。但源岩有机质类型好,生源主要是菌藻类等低等水生生物,累计厚约 400~800 m,具有一定的生烃潜力^[16]。

1.2 上古生界

上古生界石炭—二叠系烃源岩主要为煤层、暗色泥岩和灰—灰黑色碳酸盐岩。煤层在全区累计厚度差异不大,但分布层位不同。济阳—临清地区分布在太原组(C_3t)上和山西组中下部,厚 15~25 m;南华北地区主要分布在山西组(P_1s)—上石盒子组(P_2s),一般厚 20~35 m;合肥盆地商城—固始地区煤层累计厚达 43.6 m。暗色泥岩在北部济阳—临清地区主要分布在山西—太原组,一般厚 100~120 m;南部分布在太原—上石盒子组,厚 300~570 m。灰岩总体北薄南厚,渤海湾南部济阳地区分布在太原组,累计厚度小于 20 m,向南华北地区增厚约 80 m。

石炭—二叠系烃源岩有机碳含量较高、氯仿沥青“A”、烃含量和生烃潜力较低、母质类型以 III 型为主。济阳、临清、东濮等地区煤的有机碳含量平均为 48.4%~60.0%,氯仿沥青“A”为 0.64%~

表 1 华北地区下古生界烃源岩有机质丰度及生烃潜量对比表

Table 1 Comparison of organic matter abundance and hydrocarbon-generation potential of the Lower Paleozoic source rocks in North China

项目	峰峰组	马家沟组	冶里组	亮甲山组	张夏组	府君山组
TOC /%	0.04~1.84 0.35(14)	0.05~0.95 0.17(22)	0.13(1)	0.31(1)	0.06~0.45 0.26(2)	
氯仿“A” /%	0.0027~0.1070 0.0047(3)	0.003~0.0113 0.0052(7)	0.0034~0.0172 0.0103(2)	0.03(1)	0.0014(1)	
$S_1 + S_2$ / ($g \cdot kg^{-1}$)	0.02~0.50 0.06(12)	0.02~0.10 0.07(8)	0.133(1)		0.06~0.10 0.08(2)	
TOC /%	0.05~0.12 0.09(3)	0.07~0.49 0.21(4)		0.12(1)	0.10(1)	0.43(1)
氯仿“A” /%	0.0029~0.0178 0.0092(4)	0.0047~0.0101 0.0076(3)			0.003(1)	0.0044(1)
$S_1 + S_2$ / ($g \cdot kg^{-1}$)	0.04~0.08 0.07(3)	0.04~0.24 0.10(4)		0.04(1)	0.04(1)	0.05(1)
TOC /%		0.14~0.62 0.24(23)		0.43(1)	0.13~0.22 0.17(5)	0.13~0.71 0.32(4)
氯仿“A” /%		0.0024~0.0080 0.0048(3)		0.0117(1)	0.0017~0.0203 0.0083(3)	0.0045~0.0059 0.0052(2)
$S_1 + S_2$ / ($g \cdot kg^{-1}$)		0.03~0.17 0.09(15)		0.04(1)	0.04~0.93 0.30(4)	0.03~0.10 0.08(5)

注: () 中为样品数; 表中空格为无资料。

3.64%, 烃含量为 $2\,540 \times 10^{-6} \sim 5\,771 \times 10^{-6}$, $S_1 + S_2$ 为 $81 \sim 115 \text{ kg/t}$ 高者达 162 kg/t 暗色泥岩有机碳含量为 $2.26\% \sim 2.45\%$, 氯仿沥青“A”为 $0.012\% \sim 0.251\%$, 烃含量 $104 \times 10^{-6} \sim 370 \times 10^{-6}$, $S_1 + S_2$ 为 $0.42 \sim 2.41 \text{ kg/t}$ 南华北地区煤系的有机碳含量约 62% , $S_1 + S_2$ 为 $107 \sim 146 \text{ kg/t}$ 暗色泥岩有机碳含量为 $1.0\% \sim 2.3\%$, $S_1 + S_2$ 为 $0.42 \sim 1.72 \text{ kg/t}$ 按煤系烃源岩评价标准^[17, 18], 其丰度属于低-中级。

2 烃源岩埋藏与热演化史

2.1 下古生界

华北古生代克拉通盆地南部下古生界埋藏史复杂^[19]。根据埋藏史分析, 可划分为渤海湾型、南华北型两种成烃史类型。

2.1.1 渤海湾型

渤海湾地区中、下三叠统残余厚度主要分布在临清拗陷南部和济源、开封及周口盆地部分地区, 残余厚度为 $500 \sim 2\,000 \text{ m}$ 。但由秦岭北坡、太行山、中条山、嵩山、箕山等隆起区以及渤海湾地区的辽河拗陷、冀中拗陷、黄骅拗陷均发现有中、下三叠统分布, 且与下伏石炭-二叠系呈连续沉积, 可对比性好, 厚度分布稳定, 说明渤海湾地区曾经广泛接受了中、下三叠统的沉积^[20], 只是印支晚期由于地壳的抬升、剥蚀, 而在济阳拗陷缺失中、下三叠统。

经厚度恢复, 济阳拗陷、临清拗陷、东濮凹陷三叠系的原始沉积厚度分别为 $2\,000 \sim 2\,800 \text{ m}$, $2\,200 \sim 3\,000 \text{ m}$ 和 $2\,300 \sim 2\,800 \text{ m}$ ^[21~23]。由此可见, 渤海湾地区早、中三叠世与二叠纪晚期的沉积特点并无多大差异, 中、下三叠统原始沉积呈中部厚(济阳-临清-济源地区厚 $2\,000 \sim 2\,500 \text{ m}$), 向南(华南)、北(太原-石家庄以北)方向变薄的展布趋势, 等厚线呈近东西向, 分布范围北部至北京燕山-大同-准格尔, 南部到渭南-驻马店-淮南一带。

渤海湾地区南部石炭-二叠系厚约 $1\,100 \text{ m}$, 加上恢复后的中、下三叠统厚度, 中三叠世末, 下古生界顶界埋深超过 $3\,500 \text{ m}$ 。若地表温度取值 20°C , 古地温梯度按每百米 3.0°C 计, 下古生界顶面温度可达 125°C 。依据温度与 R_o 对应关系, 估算下古生界烃源岩 R_o 达到 0.85% 以上。也就是说, 中三叠世末期, 渤海湾盆地南部地区下古生界烃源岩基本达到生油高峰阶段, 大部分有机质已转化为烃类。其后, 经印支期末的大幅度抬升、剥蚀, 使下古生界已生成的烃类遭受破坏, 几乎损失殆尽。至中生代, 丘县、汤阴-邯郸地区沉积了巨厚的上侏罗统一下白垩统, 下古生界烃源岩埋深增至 $4\,000 \sim 7\,000 \text{ m}$, 已达高成熟、过成熟生烃阶段, 剩余的有机质大量转化为气。至新生代时期, 虽然下古生界烃源岩埋深可达 $10\,000 \text{ m}$, 但有机质几乎已全部转化为烃类, 二次生烃潜力甚微(表 2)。

表 2 渤海湾盆地南部下古生界烃源岩热演化阶段划分表

Table 2 Thermal evolution stages of the Lower Paleozoic source rocks in the southern part of Bohai Bay basin						
热演化阶段		时 期	烃源岩埋深 /m	热演化程度 (R_o /%)	生烃类型及转 化程度	地 区
一次生烃	一次埋深中、高变质阶段	T_{1+2}	大于 $3\,500$	$0.85 \sim 1.3$	油, 大部分	全区
		$J_3 - K_1$	$4\,000 \sim 7\,000$	$1.0 \sim \text{大于 } 2.5$	气, 小部分	丘县、汤阴-邯郸
二次生烃	二次埋深高变质阶段	$E - Q$	$4\,000 \sim 10\,000$	$1.0 \sim \text{大于 } 2.5$	气, 小部分	济阳、莘县、东濮

由济阳、临清拗陷、东濮凹陷下古生界烃源岩的 R_o 值实测资料(表 3)表明, 渤海湾地区下古生界烃源岩较好的济阳、临清拗陷、东濮凹陷 R_o 值以 $0.8\% \sim 1.0\%$ 为主, 反映了渤海湾地区烃源岩早期演

化的背景值; 向拗(凹)陷中心 R_o 值围绕第三系沉积中心呈环状增大, 仅在局部火山岩发育区 R_o 值呈现异常, 反映中三叠世末期盆地地下古生界即达到生油高峰阶段($R_o = 0.8\% \sim 1.0\%$), 中、新生界(特别是新生界)的沉积使济阳、临清拗陷、东濮凹陷进入二次生烃。但由于一次生烃演化程度较高, 同时有机质又以海相低等生物为主, 生烃的转化率较高, 而影响其二次生烃的油气潜力。

2.1.2 南华北型

三叠世晚期, 受库拉-太平洋板块向华北板块俯冲、挤压、走滑影响, 南华北地区成为前陆盆地,

表 3 渤海湾盆地南部下古生界烃源岩 R_o 值分布频率表
Table 3 R_o distribution frequency of Lower Paleozoic source rocks in southern Bohai Bay basin

成熟度 R_o /%	分布频率 /%		
	济阳拗陷	临清拗陷	东濮凹陷
小于 0.8	0	3.4	0
$0.8 \sim 1.5$	14.63	67.0	66.67
大于 $1.5 \sim 2.2$	63.41	29.6	33.33
大于 2.2	21.95	0	0

铜川-济源-郑州-太康为前陆盆地沉积中心,使南华北地区下古生界埋深可达 5 500 m。

晚三叠世沉积使下古生界烃源岩发生活跃的生烃作用,是南华北地区发生时间最早且仅有的一次生烃过程。

济源、中牟凹陷、太康隆起、周口地区寒武-奥陶系烃源岩 R_o 为 2.0% ~ 3.16%, 平均 2.63%。纵向上, R_o 值与深度呈良好的线性关系。平面上,下古生界烃源岩实测 R_o 值的展布也很有规律,即以济源-郑州-太康地区(三叠系沉积中心)为中心呈环状分布,过成熟(R_o 大于 2.5%)烃源岩处于环状中心,向四周有机质变质程度变低。高成熟带(R_o = 1.2% ~ 2.5%)分布于新安、登封、新密及鹿邑、谭庄-沈丘等凹陷;盆地边缘的平顶山地区、周口坳陷南部的阜阳地区以及东部的徐淮-固镇地区为低变质程度区(R_o 小于 1.0%)。这说明下古生界烃源岩遵循三叠纪晚期深成变质作用(一次生烃)的热演化规律(图 1)。新生代期间,由于沉降幅度小、埋藏深度较浅,南华北地区基本未发生二次生烃。

2.2 上古生界

2.2.1 埋藏史

根据构造演化分析,华北克拉通盆地南部上古生界烃源岩埋藏史可分为以下 4 类。

“V”回返型:中三叠纪末期达到最大埋深后抬升,使中、下三叠统甚至石炭一二叠系遭受剥蚀,并持续至新生代。如埕宁、鲁西、内黄、蚌埠、长石隆起等。

④持续沉降型:石炭一二叠系煤系沉积后,继续持续沉降,埋深逐渐增大,煤系热演化程度持续增高。不同时期沉积速率虽可能不同,但基本上保持连续沉降的趋势。如济源凹陷、临清坳陷南部、合肥盆地、黄口凹陷、鹿邑盆地等。此类盆地

石炭一二叠系煤系古变质程度高,新生代沉降幅度小,不具备二次生气条件。

④“W”回返型:三叠纪末抬升,部分地区遭受剥蚀。晚侏罗一早白垩世发生快速沉降并达到最大埋深,之后再次抬升剥蚀,新生代再次沉降但幅度较小。如鲁西南鱼台、成武凹陷。

回返沉降型:石炭一二叠系煤系沉积后,至中三叠纪末期达到一定埋深,并发生第一次深成变质作用。燕山期抬升剥蚀(或以剥蚀为主,如济阳地区),至新生代大幅度沉降,发生二次深成变质作用。如济阳坳陷、临清坳陷北部、东濮凹陷、阜阳-倪丘集凹陷。

2.2.2 热演化史

由沉积厚度、构造演化及埋藏史可知,上古生界烃源岩主要发生于晚三叠世末期和早白垩世末期两次深成变质作用。

晚三叠世末期,石炭一二叠系厚约 1 300 m(山西组二 1 煤距底厚约 130 m),加之其上连续沉积的三叠系,山西组二 1 煤在渤海湾盆地南部和鲁西隆起区埋深约为 3 000 ~ 3 500 m;在济源-郑州-开封-太康地区埋深达 4 000 ~ 4 500 m;两淮地区埋深 2 000 ~ 2 500 m。

根据晚三叠世末期南华北地区石炭一二叠系煤系古埋深及其古地温梯度约为每百米 2.7 ~ 3.0℃^[24 25],计算山西组二 1 煤晚三叠世末期的古地温,从而求出晚三叠世末期山西组二 1 煤的古变质程度(图 2)。

晚三叠世末期石炭一二叠系煤系烃源岩在侯马-济源地区形成高变质区, R_o 达 1.5% ~ 1.8%,两淮地区变质程度低, R_o 以小于 0.85% 为主,初步形成“西高东低、南高北低”的热演化分布格局(图 2)。

燕山运动期,华北地区构造活动强烈,不同期次的构造运动性质变化大,并强烈地改造了古生代稳定地台阶段的古构造、古地貌,沉积格局发生了质的变化(表 4)。此时的中生代盆地处在一个高地温场发育阶段,其盆地发育和沉积厚度极大地促进了石炭一二叠系煤系的深成变质作用^[26]。至早白垩世末期,山西组二 1 煤的埋藏深度呈南深北浅、西深东浅的趋势。德州、惠民一带为 1 000 ~ 2 000 m,济宁一带 3 000 ~ 4 000 m,洛阳、周口、合肥一带为 4 000 ~ 6 000 m,使山西组二 1 煤的热演化程度呈“南高北低、西高东低”的分布格局(图 3)。

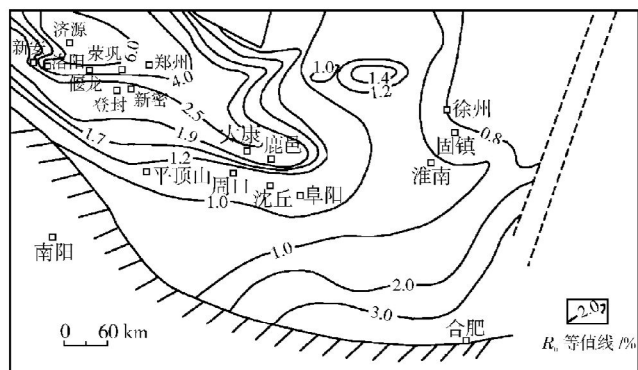


图 1 南华北地区下古生界烃源岩现今 R_o 等值线图

Fig. 1 Current R_o contour of the Lower Paleozoic source rocks in southern North China

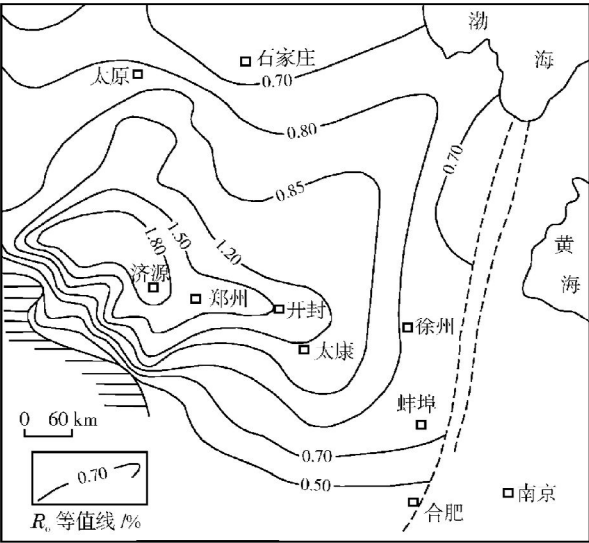


图 2 华北地区山西组二 1 煤晚三叠世末 R_0 等值线图
Fig. 2 R_0 contour of the coalmeasures in the lower 2nd member of Shanxi Formation at the end of Late Triassic in North China

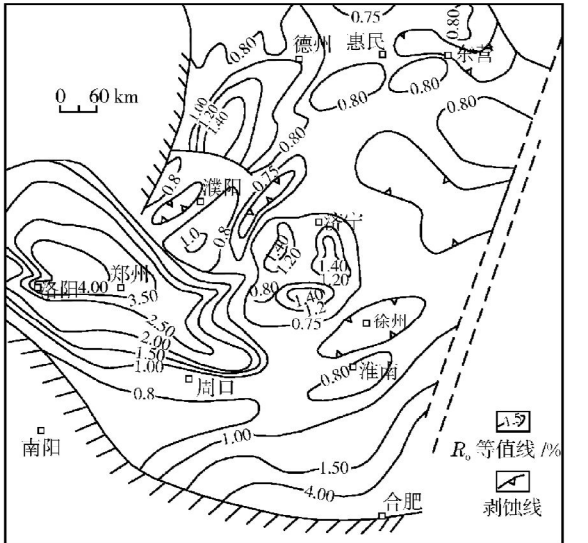


图 3 华北地区早白垩世末山西组二 1 煤 R_0 等值线图
Fig. 3 R_0 contour of the coalmeasures in the lower 2nd member of Shanxi Formation at the end of Early Cretaceous in North China

表 4 华北地区中生代沉积构造特征简表

Table 4 Mesozoic structural- depositional features in North China			
构造区划	盆地	沉积构造特征	厚度 /m
鲁西隆断区	鱼台、汶口、成武	古生代—早中三叠世为稳定地台沉积, 晚三叠世隆起抬升, 缺失上三叠统。J ₃ —K ₁ 为断陷, 形成巨厚沉积; K ₂ 再次隆升剥蚀。	2 000 ~ 4 000 (J ₁ —K ₁)
临清拗陷(南)	丘县、冠县、莘县	古生代—早中三叠世为稳定地台沉积, 晚三叠世抬升, 中下三叠统残厚 1 000~ 2 000 m, J ₃ —K ₁ 为断陷期, 丘县凹陷沉积厚度最大, K ₂ 以剥蚀为主, 分布有沉积	丘县凹陷 2 000~ 6 000 冠县凹陷 1 300~ 1 800 莘县凹陷 1 000
开封拗陷(西)	济源、洛阳—义马、伊川	古生代—中三叠世为稳定地台沉积, T ₃ —J ₁₊₂ 继续沉降, J ₁₊₂ 厚 700~ 1 100 m, K ₂ 抬升剥蚀	700~ 1 100 (J ₁₊₂)
周口拗陷	谭庄—沈丘、舞阳、鹿邑	古生代—中三叠世为稳定地台沉积, T ₃ —J ₂ 抬升剥蚀, J ₃ —K ₁ 进入前陆盆地演化阶段, K ₂ —E ₁ 抬升	1 500 ~ 3 000 (J ₃ —K ₁)
豫皖褶断区	合肥、信阳	古生代—中三叠世为稳定地台沉积, T ₃ 海槽关闭, 褶皱冲断, 抬升剥蚀; J ₁₊₂ —K ₁ 山前拗陷沉积(弧后前陆盆地), K ₁ 末冲断抬升剥蚀	1 000~ 4 000 (J—K) 最厚 7 000

3 勘探前景与勘探方向

3.1 下古生界

下古生界海相烃源岩虽然有机质类型好、厚度较大, 但有机质丰度低, 基本为差- 非生油岩。特别是烃源岩成熟以后, 该区各盆地后期埋藏历史及烃源岩热演化史复杂, 海相有机质在中三叠世(末)即达到生油高峰阶段 (R_0 为 0.8% ~ 1.0%), 进行了较充分的生烃转化, 至中、新生代其生烃潜力有限, 作为一个含油气系统的烃源岩, 勘探风险较大。

从源岩的厚度、空间展布、生烃指标及烃源岩的生烃史分析, 渤海湾南部地区海相碳酸盐岩具有中等- 较差生烃潜力, 喜山期造成的深埋作用阶段是源岩的二次生烃期。研究认为, 济阳拗陷、临

清拗陷、东濮凹陷、黄口凹陷下古生界具备二次生烃条件, 具有一定的勘探前景。

3.2 上古生界

分析认为, 上古生界煤系以上地层保存状况是影响煤系二次生烃的主要因素^[27-28]。若煤系以上地层厚度保存较大(大于 500m), 有利于石炭—二叠系有机质和煤层吸附气的保存; 若残留厚度小, 不但煤层吸附气散失, 煤系有机质也会因氧化而部分破坏。

二次生烃存在“迟滞”效应, 且一次生烃的演化程度越高, 二次生烃的“迟滞”性越明显^[29]。以东濮凹陷文留气藏为例, 一次生烃的最大埋深为 3 500m, 最高 R_0 为 0.85%; 喜山期二次生烃的起始埋深为 4 000m, 起始 R_0 为 1.1%。

根据模拟实验, 瘦煤 ($R_0 = 1.6\%$)—无烟煤早

期($R_o = 2.5\%$)是煤成气量最大的演化阶段^[30, 31]。在渤海湾地区,要达到这样的演化程度,煤系埋深约为5 000~6 500 m。也就是说,煤系埋深在超过5 000 m以后才有较高的生气强度。

煤系虽含有机质丰富,但厚度小,在渤海湾地区厚约220 m,二次生气强度一般小于 $40 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$,因此,油气有利聚集区要求圈闭的集气范围、构造幅度大,盖层条件好,以凹中隆最好。

石炭—二叠纪煤系虽广泛分布,但满足上述条件的勘探领域并不多,主要集中在渤海湾盆地的第三系凹陷内,有利勘探地区应该具有以下条件:石炭—二叠系的残余厚度以大于600 m为有利,400~600 m为较有利,小于400 m为不利;④一次生烃(主要发生在华北克拉通盆地的发育晚期)时烃源岩的热变质程度较低(R_o 小于1.0%);⑤新生代裂陷幅度大,下第三系厚度超过3 500 m;二次生气强度大于 $30 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$;构造幅度及圈闭面积大,最好为凹中隆。

根据石炭—二叠系煤系烃源岩的基础资料*,认为中国东部探区上古生界的有利勘探区带为东濮凹陷、临南洼陷、德州凹陷南部、莘县凹陷北部;较有利勘探区带为沾化凹陷渤南深部隆起,孤西断裂上升盘、孤北隆起构造带,东营凹陷利津—博兴洼陷的草桥—纯化—小营—平方王隆起带,惠民凹陷商河地区、临清坳陷堂邑构造带;远景勘探区带为黄口凹陷、倪丘集—阜阳凹陷、太康隆起。

参 考 文 献

- 1 翟光明,何文渊. 渤海湾盆地资源潜力和进一步勘探方向的探讨[J]. 石油学报, 2002, 23(1): 1~5
Zhai Guangming He Wenyan. Potential resources and future exploration orientation in Bohai Bay basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2002, 23(1): 1~5
- 2 康竹林,翟光明. 渤海湾盆地新层系新领域油气勘探前景[J]. 石油学报, 1997, 18(3): 1~16
Kang Zhulin Zhai Guangming. Hydrocarbon exploration prospect of new series of strata and new area in Bohaiwan basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 1997, 18(3): 1~16
- 3 郑和荣,胡宗全,张忠民,等. 中国石化东部探区潜山油气藏勘探前景[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 313~321
Zheng Herong Hu Zongquan Zhang Zhongmin et al. Prospect of buried hill reservoirs in Sinopec eastern exploration region[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(4): 313~321
- 4 王兆云,程克明,杨池银,等. 黄骅坳陷孔西潜山下古生界原生油[J]. 石油勘探与开发, 1997, 24(3): 1~4
Wang Zhaoyun Cheng Keming Yang Chiyin et al. Early Palaeozoic primary oil of Kongxi buried hill in Huanghua depression, Huabei[J]. Petroleum Exploration & Development, 1997, 24(3): 1~4
- 5 马安来,包建平,王培荣,等. 盐城凹陷天然气藏成因研究[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 42~44
Ma Anlai Bao Jianping Wang Peirong et al. The origin of natural gas in Yancheng sag[J]. Petroleum Exploration & Development, 2001, 28(6): 42~44
- 6 祝厚勤,刘平兰. 盐城凹陷朱家墩泰州组气藏形成机理研究[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(3): 220~223
Zhu Houqin Liu Pinglan. Research on mechanism of Taizhou formation's gas reservoir of Zhujiadun in Yancheng depression[J]. Natural Gas Geoscience, 2003, 14(3): 220~223
- 7 赵文智,张光亚,王红军,等. 中国叠合含油气盆地石油地质基本特征与研究方法[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(2): 1~8
Zhao Wenzhi Zhang Guangya Wang Hongjun et al. Basic features of petroleum geology in the superimposed petroliferous basins of China and their research methodologies[J]. Petroleum Exploration & Development, 2003, 30(2): 1~8
- 8 刘池洋,杨兴科. 改造盆地研究和油气评价的思路[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 11~14
Liu Chiayang Yang Xingke. Thinking for researches and oil-gas assessment of reformed basins[J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(1): 11~14
- 9 王英民. 海相改造残留盆地的地质特征和勘探前景[J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(1): 28~32
Wang Yingmin. Geological characters and exploration prospects of reformed-residual basins[J]. Oil & Gas Geology, 2000, 21(1): 28~32
- 10 张水昌,梁狄刚,张大江. 关于古生界烃源岩有机质丰度的评价标准[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(2): 8~12
Zhang Shuichang Liang Digang Zhang Daijiang. Evaluation criteria for Paleozoic effective hydrocarbon source rocks[J]. Petroleum Exploration & Development, 2002, 29(2): 8~12
- 11 王兆云,赵文智,王云鹏. 中国海相碳酸盐岩气源岩评价指标研究[J]. 自然科学进展, 2004, 14(11): 1 236~1 243
Wang Zhaoyun Zhao Wenzhi Wang Yunpeng. Evaluation criteria for marine carbonate gas source in China[J]. Progress in Natural Science, 2004, 14(11): 1 236~1 243
- 12 罗俐,沈昭国. 塔里木盆地寒武—奥陶系石油地质特征[J]. 西南石油学院学报, 1995, 17(2): 49~54
Luo Li Shen Zhaoguo. Petroleum geologic features of Cambrian-Ordovician in Tarim basin[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 1995, 17(2): 49~54
- 13 张宝民,赵孟军,肖中尧,等. 塔里木盆地优质气源岩特征[J]. 新疆石油地质, 2000, 21(1): 33~37
Zhang Baomin Zhao Mengjun Xiao Zhongyao et al. Character-

* 张忠民、龙胜祥、许化政,等. 中国东部有利油气聚集带综合评价, 2003

- istics of premium gas source rocks in Tarin basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2000, 21(1): 33- 37
- 14 梁狄刚, 张水昌, 张宝民. 从塔里木盆地看中国海相生油问题 [J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 534- 547
Liang D igang Zhang Shuichang Zhang Bao min Understanding on marine oil generation in China based on Tarin basin[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 534- 547
 - 15 王飞宇, 张水昌, 张宝民, 等. 塔里木盆地寒武系海相烃源岩有机成熟度及演化史 [J]. 地球化学, 2003, 23(5): 461- 468
W ang Feiyu Zhang Shuichang Zhang Bao min et al Maturity and its history of Cambrian marine source rocks in the Tarin basin [J]. Geochimica, 2003, 23(5): 461- 468
 - 16 王兆云, 何海清, 程克明, 等. 华北区古生界原生油气藏勘探前景 [J]. 石油学报, 1999, 20(2): 1- 6
W ang Zhaoyun He Haiqing Cheng Kem ing et al Exploration prospect of Palaeozoic primary oil and gas pools in Huabei area [J]. Acta Petrolei Sinica, 1999, 20(2): 1- 6
 - 17 冉启贵. 华北地区上古生界煤岩成烃及二次成烃研究 [J]. 天然气地球科学, 1995, 29(6): 13- 17
Ran Q igui Research on hydrocarbon accumulation and secondary hydrocarbon of Upper Palaeozoic coal in North China[J]. Natural Gas Geoscience, 1995, 29(6): 13- 17
 - 18 饶丹, 郭迪孝, 张欣国, 等. 华北地区上古生界有效烃源岩评价思路 [J]. 断块油气田, 2004, 11(3): 10- 12
Rao Dan Guo D ixiao Zhang X inguo et al Evaluation on efficient source rocks of Upper Paleozoic in North China[J]. Fault-block Oil and Gas Field, 2004, 11(3): 10- 12
 - 19 曾凡刚, 程克明. 华北地区下古生界海相碳酸盐岩二次生烃作用范围及潜力研究 [J]. 地质地球化学, 1998, 26(3): 47- 51
Zeng Fangang Cheng Kem ing Research on secondary hydrocarbon-generation range and potential of Lower Palaeozoic marine carbonate rocks in North China[J]. Geology Geochemistry, 1998, 26(3): 47- 51
 - 20 许化政, 周新科, 高金慧, 等. 华北早中三叠世盆地恢复与古生界生烃 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(3): 329- 336
Xu Huazheng Zhou Xinke Gao Jinhui et al Reconstruction of Early-M iddle Triassic basin in North China and hydrocarbon generation in Palaeozoic[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(3): 329- 33
 - 21 朱炎铭, 秦勇, 范炳恒, 等. 渤海湾盆地三叠系沉积厚度恢复及其意义 [J]. 中国矿业大学学报, 2001, 30(2): 195- 200
Zhu Yanming Qin Yong Fan Bingheng et al Restoration and significance of the original thickness of Triassic system in Bohai Bay basin[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2001, 30(2): 195- 200
 - 22 李春山, 徐春华, 黄永玲, 等. 临清拗陷(东部)石炭一二叠系煤成气勘探远景 [J]. 石油大学学报(自然科学版), 1997, 21(2): 25- 28
Li Chunshan Xu Chunhua Huang Yongling et al Perspective generation of gas from Carboniferous-Permian coal bed in Linqing depression[J]. Journal of the University of Petroleum, China(Edi-
 - dition of Natural Science), 1997, 21(2): 25- 28
 - 23 周建林. 济阳坳陷上古生界煤成气成藏规律认识 [J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(2): 47- 50
Zhou Jianlin Gas accumulation analysis of Upper Paleozoic coal in Jiyang depression[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2004, 26(2): 47- 50
 - 24 常俊合, 岳玉山, 吕红玉, 等. 东濮凹陷上古生界热演化史与生烃期关系 [J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(2): 32- 34
Chang Junhe Yue Yushan L u Hongyu et al Relationship between thermal evolution history and stage of hydrocarbon generation of Upper Paleozoic in the Dongpu sag[J]. Petroleum Exploration & Development, 2004, 31(2): 32- 34
 - 25 唐军. 华北地区古地温梯度研究与古生界油气生成 [J]. 河南石油, 1998, 12(6): 1- 4
Tang Jun Study on Palaeogeothermal gradient and hydrocarbon generation in North China[J]. Henan Petroleum, 1998, 12(6): 1- 4
 - 26 朱建辉. 中国东部构造-热体制与断陷盆地多期性迁移特征 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 367- 400
Zhu Jianhui Tectonic thermal regime and multiple transporting characteristic of faulted basins in eastern China[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(4): 367- 400
 - 27 梁生正, 谢恭俭, 马郡, 等. 华北石炭一二叠系残留盆地天然气勘探方向 [J]. 天然气工业, 1998, 18(6): 16- 20
Liang Shengzheng Xie Gongjian Ma Jun et al Exploration prospects for natural gas in the Carboniferous-Permian remnant basin in North China[J]. Natural Gas Industry, 1998, 18(6): 16- 20
 - 28 孙万禄, 陈召佑, 陈霞, 等. 中国煤层气盆地地质特征与资源前景 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 141- 146
Sun Wanlu Chen Zhaoyou Chen Xia et al Geological features and resource potentials of coalbed methane basins in China[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(2): 141- 146
 - 29 关德师, 王兆云, 秦勇, 等. 二次生烃迟滞性定量评价方法及其在渤海湾盆地中的应用 [J]. 沉积学报, 2003, 21(3): 533- 538
Guan Deshi Wang Zhaoyun Qin Yong et al Quantitative evaluation method of secondary hydrocarbon generation and its application in Bohai Bay basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2003, 21(3): 533- 538
 - 30 熊利平, 王运所, 许化政, 等. 东濮凹陷文留盐下煤成气聚集系数研究 [J]. 石油实验地质, 2003, 25(1): 64- 68
Xiong Liping Wang Yunsuo Xu Huazheng et al Study on accumulation coefficient of coal formed gas below the salt sequence in Wenliu area of Dongpu depression[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2003, 25(1): 64- 68
 - 31 宁正伟, 陈霞. 华北石炭、二叠系煤化变质程度与煤层气储集性的关系 [J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(2): 156- 160
Ning Zhengwei Chen Xia Relations between metamorphism and coalbed gas reservoiring of Carboniferous-Permian in North China [J]. Oil & Gas Geology, 1996, 17(2): 156- 160

(编辑 李树森)