

周口残留盆地油气勘探前景分析

袁政文^{1,2}, 何明喜³, 宋建华³, 古哲³, 杜建波³

(1. 西北大学, 陕西 西安 710069; 2. 中国科学院 地质与地球物理研究所, 北京 100029; 3. 中国石化 河南油田分公司, 河南 南阳 473132)

摘要: 该文首先分析了周口坳陷原型沉积盆地先后遭受的 3 期挤压和 2 期张性改造特征; 然后通过油源对比, 确定了残留盆地两套主要烃源岩: 即下白垩统和石炭—二叠系; 并按照“建造与改造”、“破坏与保存”的关系, 划分了残留盆地 4 种油气成藏单元, 分析了残留盆地油气系统的演化, 预测了残留盆地自生自储、下生上储和古潜山等 3 种油气聚集类型。作者强调, 残留盆地热演化的不平衡性为二次成烃创造了一定条件, 二次成烃的强度和范围受上覆层早第三纪断陷构造控制。因此, 二次成烃和晚期成藏是残留盆地勘探的主攻方向。深入研究下生上储(古生新储和中生新储)的必要条件和晚期成藏的有利场所, 才能找准残留盆地油气勘探的突破口。

关键词: 下生上储; 晚期成藏; 二次成烃; 残留盆地; 周口坳陷

中图分类号: TE132. 1

文献标识码: A

周口坳陷是华北地块南部的大型中生代断陷—坳陷区, 面积约 $3.26 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。显生宙沉积盖层由寒武系、石炭系、二叠系、中下三叠统、下侏罗统、下白垩统、第三系和第四系组成, 先后经历了古生代克拉通坳陷盆地、中生代拉分—断陷盆地和新生代断陷—坳陷盆地等发展演化阶段。其中, 残留盆地勘探目的层主要为石炭—二叠系和下白垩统, 前者为厚 1 000~ 1 375m 的海陆交互相煤系地层, 后者为厚 1 878~ 4 032m 的内陆断陷湖盆沉积地层。盆地现今构造单元为“三凹两凸”, 由北向南为北部凹陷带(鹿邑、巨陵凹陷等)、临颖—郾城凸起、中部凹陷带(倪丘集、谭庄、沈丘、襄城、舞阳凹陷等)、平舆—太和凸起和南部凹陷带(临泉、汝南、阜阳凹陷等)(图 1)^[1]。

早白垩世末期, 受东秦岭—大别山“陆内造山幕”的影响, 挤压变形强烈, 在周口中带形成逆冲断裂带^[1], 该逆冲带以南的上古生界和下白垩统均遭受了强烈剥蚀和改造。早第三纪末期的挤压变形相对轻微, 早第三纪盆地仍可当作原型盆地来讨论。可见, 早白垩世末期的挤压构造活动在周口坳陷的后期改造中显得相对强烈和更为重要。

1 盆地改造特征

1.1 3 期挤压改造以早白垩世末期为主

周口坳陷中生代以来主要经历了中三叠世末期(T_3 末)、早白垩世末期(K_1 末)和早第三纪末期(E 末)等 3 次挤压改造。中三叠世末期, 受华北与扬子两大板块“陆—陆碰撞”影响, 构造变形南强北弱, 形成南升北降的隆坳构造格局, 沉积区逐渐向豫西地区收缩, 南部剥蚀严重, 北部尚有中下三叠统残存。

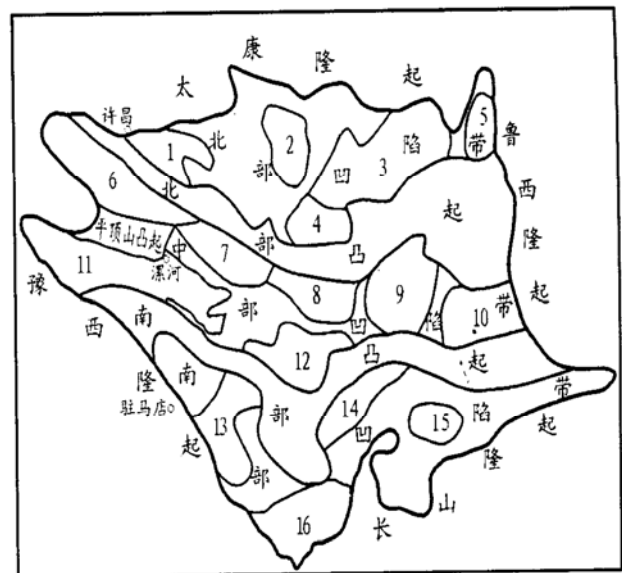


图 1 周口坳陷构造单元划分图

北部凹陷带: 1. 巨陵; 2. 逊姆口; 3. 鹿邑; 4. 新站社; 5. 颜集
中部凹陷带: 6. 襄城; 7. 谭庄; 8. 沈丘; 9. 倪丘集; 10. 三塔集; 11. 舞阳; 12. 新桥
南部凹陷带: 13. 汝南; 14. 临泉; 15. 阜阳; 16. 东岳

Fig. 1 Division of structural units in the Zhoukou Depression

收稿日期: 2003- 10- 27.

作者简介: 袁政文(1955—), 男(汉族), 陕西富平人, 教授级高级工程师、博士生, 主要从事油气地质研究与勘探工作。

1.2 2 期张性改造具有翘翘板式运动特征

周口坳陷主要经历了早白垩世(J_3-K_1)和早第三纪(E)2 期张性改造,但早白垩世与早第三纪的引张极性却发生了翘翘板式运动。早白垩世的拉分-断陷活动受 NW 向和近 EW 向构造控制,始于晚侏罗世,到早白垩世达到强盛时期。周口中带和南带接受了下白垩统沉积,沉积楔形体南厚北薄,南粗北细,具有南断北超特征;物源区为秦岭-大别山区^[1]。周口北带此期遭受剥蚀。

早第三纪的拉张活动受 NW 向和 NE 向两组断裂控制,前者为老断裂复活,后者受郟庐断裂带影响而新生。坳陷分割强烈,自北向南划分为向南突出呈弧形展布的“三凹两凸”:北部凹陷带为南断北超,南部凹陷带为北断南超,极性正好相反;而中部凹陷带两种极性兼而有之,具有过渡特征。各凹陷带新生代沉积由南向北、由东向西有逐渐变新趋势,表现了一种构造-沉积作用的迁移现象^[2]。而各凸起带上古生界和下白垩统剥蚀更为严重。

早白垩世和早第三纪的引张极性发生翘翘板式运动,引起构造-沉积反复迁移,造成了周口坳陷残留古生界和中生界沉积岩实体的支离破碎现象以及石炭-二叠系、下白垩统和下第三系等主要目的层系在平面残存分布和垂向分片叠置等方面的复杂关系

的最新地层为下白垩统、而早第三纪沿先成逆断面形成拉张边界断裂等特征分析,挤压逆冲变形主要发生在早白垩世末期和晚白垩世,为燕山中晚期。由于中三叠世末期挤压变形相对并不强烈,而早第三纪末期挤压变形轻微,所以燕山中晚期是周口坳陷构造圈闭的主要形成期,而到早第三纪末期圈闭最后定型^[1]。

1.4 岩浆活动及异常地热的强烈影响

周口坳陷燕山期和喜山期岩浆活动较活跃。燕山期以中酸性岩浆活动为主,火成岩主要分布在南部凹陷带和北部鹿邑凹陷北侧,北部以花岗岩类侵入岩为主,南部为安山岩类喷出岩,直接为中部凹陷带下白垩统提供了丰富的火山碎屑物质。南部汝南凹陷沿 NW 向断裂形成约 90km 的内陆火山岩带,周参 17 井见 1 700m 安山岩,同位素年龄 135Ma,北部平舆凸起周浅 1 井安山质角砾岩同位素年龄 114 Ma,均为早白垩世的产物。

喜山期岩浆活动,仅在中部谭庄凹陷北缘谭参 1 井下第三系中见夹有 15 层总厚约 300m 的玄武岩,同位素年龄 57.6~59.8Ma 和 32.7Ma,它们分别是古新世晚期和渐新世初期的产物。喜山期以基性岩浆活动为主,表现了早第三纪谭庄凹陷北侧主拉张断裂——商水断裂的强烈活动特征。

带内部NW向延伸的中央构造带。从逆断层卷入

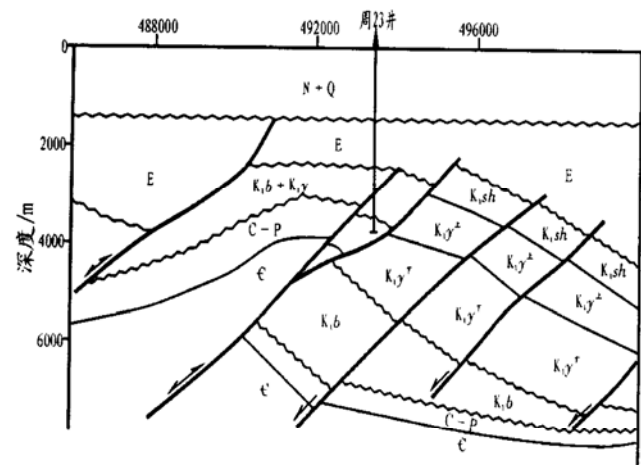


图 2 周口坳陷中带谭庄-沈丘凹陷中央逆断带地震地质剖面图

Fig. 2 Seismic and geologic profile of the central reversed fault belt of the Tanzhuang-Shenqiu Sag in the median zone of the Zhoukou Depression

三系核桃园组的低熟原油(襄 9 井),具有比重大、胶质沥青质含量高、高粘度、高含硫、高初馏点和含蜡量中等的特点,母源好,未经长距离运移;b) 第二类为产于周参 10 井、周参 12 井和周 19 井下白垩统的原油和裂缝沥青以及周 19 井下第三系玉皇顶组的油砂和天然气,油源为下白垩统,为低熟-成熟原油,具有高蜡、低硫、初馏点低等轻质油特点,母源类型不够好,聚集前经过一定距离的运移;c) 第三类为产于周 16 井二叠系的油砂以及南 12 井和周 15 井下第三系玉皇顶组的原油和油砂,油源为上古生界石炭-二叠系,为成熟原油,具有低蜡、低硫和低粘度等轻质油特点,母源类型差,成油环境欠佳,它们是经长距离多次运移而聚集的^[1]。值得注意得是,以上主要出油点均分布在周口坳陷中部谭庄-沈丘凹陷内部的中央逆冲构造带范围内。由上可知,周口残留盆地烃源岩主要有两套:即下白垩统和石炭

一二叠系。

2.2 残留盆地热演化具有明显的不均衡性

下白垩统在谭庄—沈丘凹陷的东西南北热演化程度存在着明显的差异:凹陷西段(周参12井)生油岩成熟,门限深度2200m,处于液态窗阶段,仅部分进入湿气—凝析油和干气阶段;凹陷东段北部(南2井、周19井)生油岩低成熟,门限深度约3800m;凹陷东段南部(周参11井)为热演化高值区,生油岩过成熟,处于干气阶段,该井附近的南9井和周参10井也已达湿气—凝析油阶段^[1]。

石炭—二叠系的热演化程度整体上以北高南低为特征。北部鹿邑凹陷周参7井二叠系现今埋藏较浅,成熟度却很高(1513.5~2171.0m, $R_o=1.79\% \sim 1.98\%$),已到干气阶段,古地温梯度达到4.5~5.5℃/100m,且该井石炭—二叠系岩石沥青曾遭受过生物降解作用,说明鹿邑凹陷北侧不仅有异常地热活动,同时曾反复经历过大幅度的沉降与抬升剥蚀过程。中部沈丘凹陷中央构造带上,周16井二叠系在2381~2521m ($R_o=0.66\% \sim 0.68\%$)、襄城凹陷北侧襄5井二叠系在2961~3169m ($R_o=0.81\% \sim 0.89\%$)有机质低成熟—成熟,尚处于液态窗阶段;而倪丘集凹陷南12井获得源于石炭—二叠系的成熟原油,为低产工业油流(4.6t/d)^[1]。

分析造成残留盆地热演化不均衡的原因有三:
a) 经历印支、燕山和喜山期多次反复的“压”、“张”运动改造,古生代和中生代原型盆地已肢解破碎,残留中生界和上古生界其同一层位地层在不同构造部位的埋藏与剥蚀状态不同,导致热演化历程各不相同;
b) 谭庄—沈丘凹陷东段南部下白垩统热演化局部高值区(周参11井等)、鹿邑凹陷北侧石炭—二叠系局部高地温梯度(周参7井等)均表明有局部异常热源存在,可能与早白垩世异常活跃的岩浆活动有关;
c) 双楼田—娄堤逆冲断裂带等挤压逆冲构造活动也有一定的影响。

2.3 残留盆地二次成烃由上覆层早第三纪断陷构造控制

周口残留中生界和上古生界在隆起区剥蚀严重,而继承凹陷区热演化程度又较高,这是油气勘探的难点和不利方面;但换一个角度来看,残留盆地热演化的不均衡性又为二次成烃创造了一定条件,为我们立足于寻找中小型油气田提供了资源基础。经研究,早始新世末期是中生界和上古生界二次成烃的大规模生油、生气期,也是周口拗陷油气运移的最重要时期。以石炭—二叠系为例,残存于中部凹陷带和北部凹陷带的石炭—二叠系可划分为6种埋藏

类型;经历印支期埋藏后于燕山期大部分抬升剥蚀,仅局部埋藏;但到了喜山期,大部分却再次深埋,仅少部分埋藏较浅(图3)。残存石炭—二叠系大部分在早始新世玉皇顶组沉积末期埋深普遍达到3000~4000m,一般 $R_o > 1.3\% \sim 2.0\%$,均进入大规模二次成烃期。该期形成的资源量约占总资源量的74%以上,油气运移量也大,且以天然气的运移为主;而区内目前所发现的构造圈闭多定型于玉皇顶组沉积末期,油气生成、运移、聚集的时空配置关系较好^[1]。因此,早始新世末期不仅是区内最重要的二次成烃期,同时又是生成的总资源量最大和运移量最大的时期,圈闭配置关系较好,是全区最重要的油气成藏期;另一方面,二次成烃的范围和强度明显受上叠早第三纪箕状断陷控制,勘探的有利地区是残留的下白垩统和石炭—二叠系烃源岩保存较好、中生代建造厚度较大和热演化程度相对适中的地区。

3 残留盆地油气成藏单元

根据“建造与改造”、“破坏与保存”的关系,可划分以下4种“改造与保存”类型及四种油气成藏单元^[3,4]。

3.1 “继承—再生型”有利凹陷

以沈丘凹陷为代表,其下白垩统和下第三系以继承性断陷为特征,残存烃源岩保存较好,热演化程度有所提高,主生烃期发生在晚近时期,具有多期生油、多期成藏和晚期成藏的特点,是残留盆地最为有利的油气成藏单元。

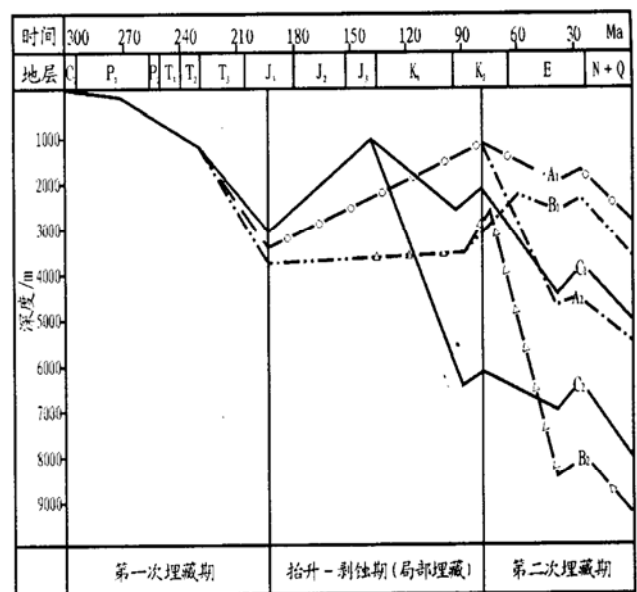


图3 周口拗陷石炭—二叠系埋藏模式图

Fig. 3 Burial patterns of the Cretaceous-Permian in the Zhonkou Depression

3.2 “改造-再生型”较有利凹陷

周口坳陷中部的倪丘集凹陷、襄城凹陷及北部的巨陵凹陷、鹿邑凹陷属于这种类型。凹陷虽经改造,但残存的石炭—二叠系仍连片分布,在晚近时期仍具有二次生烃条件,其二次成气范围和强度受早第三纪箕状断陷构造控制,以晚期成藏为主,是残留盆地较有利的油气成藏单元。

3.3 “改造-保存型”较有利凹陷

以谭庄凹陷最为典型,经过早白垩世和早第三纪的翘翘板式张性活动,加上早白垩世末期和早第三纪末期的挤压改造,油气运移发生了大规模倒向,但早白垩世末期生成的油气可能部分保存,而残存烃源岩在早第三纪末期仍具有一定的二次成烃条件,仍然是残留盆地具有较有利勘探前景的油气成藏单元。

3.4 “改造-破坏型”凹陷

周口坳陷其余地区,对于残留的下白垩统和石炭—二叠系烃源岩来讲,可能属于“改造-破坏型”地区,是勘探远景较差的油气成藏单元。

4 残留盆地含油气系统演化

根据油源对比和烃源岩研究成果,周口残留盆地可划分出两大含油气系统:“下白垩统含油气系统(!)”和“石炭—二叠系含油气系统(!)”^[5]。再根据成熟烃源岩的分布与发育程度以及油气运聚格局等方面的差异,在平面上可划分为如下主要的“油气运聚子系统”。

4.1 沈丘凹陷油气运聚子系统

沈丘凹陷上古生界在深部仍连片分布,厚 400~1 000m 其上覆下白垩统和下第三系均以南断北超的继承性断陷沉积为主,因此残留下白垩统和石炭—二叠系热演化特征均表现为南高北低,以油、气兼生为特征。南部埋深 7 000~8 000m 的高演化区以产气为主,北部浅埋藏区以生油为主。早白垩世末期下白垩统 R_o 为 0.5%~0.9%,液态烃初次运移;而石炭—二叠系由于上覆三叠系发育较差,可能在早白垩世才进入主要生烃期。随着早白垩世末期的挤压变形,两套残留烃源岩热演化均进入短暂的停滞期。至玉皇顶组沉积末期,下白垩统和石炭—二叠系才进入二次成烃期。早白垩纪末的挤压变形形成了沿凹陷长轴方向展布的“娄堤构造带”,形成一系列构造圈闭,到早始新世末期构造定型。可见,沈丘凹陷在早白垩世末和早始新世末两个时期的油气运移与圈闭形成的时空配套关系均较好,且油气

运移方向稳定未发生大规模倒向,组成了一种多油源层、多储集类型、多期生油、多期成藏的立体成油体系,具有较好的油气勘探前景。

4.2 谭庄凹陷油气运聚子系统

该凹陷早白垩世具有南断北超的特征,但早第三纪北断南超,发生了翘翘板式断陷运动。这样,早白垩世末期生成的油气主要向北运移,而早始新世末期二次生成的油气与早期向北运聚的油气一起倒向向南运移,加上早白垩世末期挤压变形的影响,油气运移指向十分复杂。但该凹陷仍属继承性凹陷,翘翘板运动也有由坏事变成好事的一面,表现在下伏下白垩统和上古生界仍相对保存较好,且残存烃源岩埋藏相对适中,热演化程度中等。“双楼田构造带”发育受逆断层控制的一系列改造圈闭,周参 12 井下白垩统中途测试获低产油流(3.86t/d),具有较好的油气勘探前景。

4.3 襄城、巨陵凹陷油气运聚子系统

襄城凹陷残存的石炭—二叠系厚 280~429m,煤层厚 10~20m。凹陷北部襄 5 井二叠系 R_o 为 0.81%~0.89%,试获少量天然气,在早第三纪末期具有二次成烃的条件。襄城凹陷北侧紧邻的巨陵凹陷具有相同的石油地质条件,只是石炭—二叠系埋深稍浅,但深凹部位下第三系厚度已 > 3 000m。两凹陷残存石炭—二叠系具有一定的油气勘探前景。

4.4 倪丘集凹陷油气运聚子系统

石炭—二叠系烃源岩保存较好,连片分布面积约 2 690 km²。该区煤系有机质在印支期 R_o 在 0.7%左右,喜山期增进至 $R_o > 2%$ 。玉皇顶组沉积末期二次成油气条件较好,有利生油气区面积约 914 km²。南 12 井试获源自上古生界的低产油流(4.6t/d),说明该凹陷上古生界有油气兼生的条件,具有较好的油气勘探远景。

4.5 鹿邑凹陷油气运聚子系统

烃源层为石炭—二叠系,总厚 800~1 375m,其中暗色泥岩厚 370.5~398m,煤层厚 20~30m,连片分布面积约 5 950 km²。印支期初次运聚的油气难以保存,印支期后抬升进入热演化停滞期,至玉皇顶组沉积末期的二次排烃具有现实意义。二次成烃有利区面积约 1 448 km², R_o 为 1.3%~3.5%,以生气为主。周参 13 井和周参 7 井在上古生界测试获微量气,具有一定的天然气勘探远景。

5 残留盆地油气聚集类型预测

受生储盖组合关系和圈闭条件控制,周口残留

盆地油气聚集类型主要有自生自储、下生上储和古潜山等3种,每种聚集类型中均包含有特定的油气藏类型。

5.1 自生自储型油气藏

下白垩统砂岩一般占地层厚度的30%~40%以上,但储油物性较差,孔隙度平均为6%~7%,渗透率平均 $< 1.7 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。但其上部物性相对较好,孔隙度平均为10.645%,渗透率平均为 $2.38 \times$

外,断裂活动形成的裂隙可改善储层渗透性,形成自生自储型油气藏。

石炭一二叠系在周16井一周参8井、南6井两个高砂岩区,砂岩占地层总厚度的26.5%~33.2%,硅质胶结,储集物性不好,孔隙度一般2%~3%,渗透率为 $0.2 \times 10^{-3} \sim 7.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。在断裂构造附近形成的裂隙带可对储层物性有所改善,形成自生自储型油气藏。

5.2 下生上储型油气藏

下生上储油气聚集类型是指以下白垩统和石炭一二叠系为烃源岩,以下第三系为储层,油气沿断裂或不整合面运移至早始新世末或早第三纪末的圈闭中形成的油气藏。在襄城、谭庄、沈丘、倪丘集和鹿邑等凹陷中均以该类型为主,估计控制的油气资源量占50%以上。对于残留盆地二次成烃来讲,其成烃期在早始新世玉皇顶组沉积末期。由于中生界和上古生界储层物性差,该期油气侧向运移往往不畅,而早始新世末的构造变形产生的断裂和裂隙为垂向运移创造了条件,且准备好了圈闭,加之下第三系储层物性优于中生界和上古生界,下生上储(中生新储和古生新储)是晚期成藏的最有利场所。因此,周口残留盆地晚期成藏的下生上储型油气藏将是主要的勘探对象。

5.3 古潜山型油气藏

由于中、新生代以来多次反复的差异升降、沉积迁移和变形改造,周口中带谭庄—沈丘凹陷“双楼田—娄堤”中央逆冲断裂构造带发育成为潜山披覆构造带。襄城凹陷北侧襄5井和倪丘集凹陷中部南12井实际上均为潜山构造。古潜山对上古生界、中生界和新生界油气的聚集均较有利,特别是下古生界顶部长时期暴露形成的碳酸盐岩古风化壳(襄5井)更应引起重视。预测古潜山油气藏主要分布于襄

城、巨陵、谭庄、沈丘、倪丘集和鹿邑等凹陷。

6 结论

a) 周口凹陷先后经历了3期(T_2 末、 K_1 末、E末)挤压改造和2期(J_3 — K_1 、E)张性改造。受东秦岭一大别造山带构造影响,挤压变形南强北弱,残留中生界和古生界南部剥蚀强烈,中部和北部相对保

地主要烃源岩有两套,即下白垩统和石炭一二叠系。受多次反复的压、张改造,残留烃源岩同一层位在不同构造部位的埋藏保存和剥蚀残留状况不同,导致热演化历程各不相同。其中,下白垩统热演化出现极度的不均衡现象,而石炭一二叠系热演化虽然整体以北高南低为特征,但也存在明显的不均衡现象。辩证地看,残留盆地热演化的不均衡性为二次成烃创造了一定条件。二次成烃的范围和强度明显受上覆层早第三纪断陷构造控制,二次成烃的有利地区是残留石炭一二叠系和下白垩统烃源岩相对保存较好、中新世建造厚度较大且热演化程度相对适中的地区。这为早第三纪末期成为全盆地最晚一期也是最重要的油气成藏期创造了条件。可见,二次成烃和晚期成藏是残留盆地油气勘探的主攻方向^[3,4,6]。

c) 残留盆地油气评价和勘探,其目标是盆地残留老沉积层系与上覆新沉积层系作为一个整体形成的“多源立体成藏体系”。残留盆地油气评价,首先应当考虑残存烃源岩相对保存较好、主生烃期(包括二次成烃)发生在晚近时期,即以多期生烃、多期成藏为基础,但以晚期成藏为主的地区。同时应针对残存古生界和中生界储层物性较差的实际,充分研究早第三纪末期构造变形产生的断裂与裂隙等油气垂向运移条件,努力寻找上覆下第三系储层良好、盖层优良且圈闭有效等必要条件,即寻找下生上储(古生新储、中生新储)的、多源的、晚期成藏的最有利场所,才能找准残留盆地油气勘探的突破口。

参考文献:

- [1] 徐世庸,刘庆国,余大兴,等. 中国石油地质志(卷七下册)——南阳油田[M]. 北京:石油工业出版社,1992. 177-272.
- [2] 何明喜,等. 东秦岭(河南部分)新生代拉伸造山作用与盆岭仲

- 展构造[M]. 西安: 西北大学出版社, 1995. 105- 108.
- [3] 王定一. 改造型含油气盆地类型及研究思路[J]. 石油天然气地质, 2000, 21(1): 19- 22.
- [4] 刘池阳, 杨兴科. 改造盆地研究和油气评价的思路[J]. 石油天然气地质, 21(1): 11- 14.
- [5] Magoon L B, Dow W G. 张 刚, 译. 含油气系统[A]. Magoon L B, Dow W G. 张 刚, 蔡希源, 高泳生, 等译. 含油气系统——从烃源岩到圈闭[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998. 3- 29.
- [6] 张 抗. 盆地改造及其油气地质意义[J]. 石油天然气地质, 2000, 21(1): 38- 45.

ANALYSES ON OIL AND GAS EXPLORATION PROSPECTS IN THE ZHOUKOU RESIDUAL BASIN

YUAN Zheng-wen^{1,2}, HE Ming-xi³, SONG Jiar-hua³, GU Zhe³, DU Jiar-bo³

(1. Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China; 2. Institute of geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 3. Henan Oilfield, SINOPEC, Nanyang, Henan 473132, China)

Abstract: The reformation characteristics of three-period compression and two-period extension suffered by the prototype depositional basin of the Zhoukou Depression were analyzed in this paper at first. Then two groups of major residual oil source rocks in the Lower Cretaceous and the Carboniferous-Permian were determined through oil-source correlation. According to the relations of “construction to reformation” and “destruction to preservation”, four kinds of pool-forming units were identified, the thermal evolution history of petroleum systems in the residual basin was analyzed, and three types of hydrocarbon accumulation patterns such as “self-generation and self-preservation”, “generation in lower zones and preservation in upper zones” and “fossil buried hills” were predicted. The authors emphasized that the inhomogeneity of thermal evolution created certain conditions for secondary oil generation, and the strength and range of secondary oil generation were controlled by the Early Tertiary fault structures in overlying formations. So the secondary oil generation and the pool formation in late periods were determined as main research directions for further exploration. To study the necessary conditions of “oil generation in lower zones and preservation in upper zones” and the favorable occurrences for pool formation in later periods can help us to exactly find the breakthrough points of hydrocarbon exploration in residual basins.

Key words: generation in lower zones and preservation in upper zones; pool formation in late periods; secondary oil generation; residual basin; the Zhoukou Depression