

文章编号: 0253-9985(2004)06-0692-04

柴北缘西部油气成藏的主控因素

姜振学^{1,2}, 庞雄奇^{1,2}, 罗 群¹, 张 洪¹, 田丰华¹

(1. 石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102249; 2. 石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249)

摘要: 通过对柴北缘西部成藏地质条件及成藏过程的研究, 得出控制其成藏的主要因素是烃源岩的存在和分布、输导系统的连通程度、圈闭形成时间与主要排烃期的配置。从更深层次上看, 断裂是控制成藏的最根本因素, 它通过控制烃源岩的分布、圈闭的形成、纵横向的沟通作用及对原生油气藏进行破坏形成次生油气藏, 最终决定油气藏的分布。

关键词: 烃源岩; 断裂; 成藏; 主控因素; 柴北缘

中图分类号: TE112.41

文献标识码: A

Main factors controlling hydrocarbon accumulation in western part of northern edge of Qaidam basin

Jiang Zhenxue^{1,2}, Pang Xiongqi^{1,2}, Luo Qun¹, Zhang Hong¹, Tian Fenghua¹

(1. Basin & Reservoir Research Center, University of Petroleum, Beijing;

2. Key Laboratory of Hydrocarbon Accumulation, University of Petroleum, Ministry of Education, Beijing)

Abstract: Studies on the geological conditions and process of hydrocarbon accumulation in western part of northern edge of Qaidam basin show that the main factors controlling hydrocarbon accumulation are the occurrence and distribution of source rock, the connectivity of carrier rock and the timing of trap formation and main expulsion stages. In a more profound respect, however, faults are the fundamental factor that ultimately determine the distribution of oil and gas reservoirs through controlling the distribution of source rock, trap formation, vertical and lateral connectivity, and formation of secondary oil and gas reservoirs from destruction of primary reservoirs.

Key words: source rock; fault; hydrocarbon accumulation; main control factor; northern edge of Qaidam basin

柴达木盆地北缘(以下简称柴北缘)是以中下侏罗统煤系地层为烃源岩的含油气系统^[1~7]。柴北缘西段位于南八仙断裂以西、鄂博梁构造带以北。区内已经发现冷湖三号、冷湖四号、冷湖五号、南八仙、鱼卡及马海 6 个油气田, 在冷湖六号、七号及葫芦山-鄂博梁等构造上也获得油气显示, 展示了柴北缘油气勘探的良好前景。

柴北缘油气成藏条件十分复杂, 自 1996 年以来钻探的冷科 1 井、冷七 1 井、冷七 2 井、鱼 3 井、深 88 井、鄂 I-2 井以及最近钻探的鸭深 1 井效果均不理想, 表明人们对该地区地下油气运聚成藏条件认识还存在偏差, 控制油气成藏与分布的主控因素及其作用还没有弄清楚, 油气勘探面临很

大的风险。

油气藏的形成不仅需要生、储、盖、运、圈、保等条件都必须具备, 缺一不可, 而且还需要它们在时间、空间上的有利的匹配^[8~11]。显然, 这六大要素越发育, 时、空匹配关系越好, 形成油气藏的可能性就越大, 油气丰度和规模就越大。

1 烃源岩

烃源岩的存在和发育是油气成藏的第一要素, 其发育规模、质量及演化程度决定了油气资源的潜力。1959~1996 年, 柴北缘油气勘探一直没有突破, 原因是当时圈定的烃源岩的范围仅局限在冷湖西狭小的地区, 面积不足 1 000 km², 二次资

基金项目: 国家重大基础研究发展规划“973”项目(G1999043310)及国家自然科学基金项目(40372071)

第一作者简介: 姜振学, 男, 41 岁, 副教授(博士), 石油地质

收稿日期: 2004-12-06

评的油资源量 0.37×10^8 t, 气资源量 45×10^8 m³, 资源潜力有限。1996年冷湖五号二高点冷科1井在下侏罗统钻遇上千米的下侏罗统烃源岩, 并对其分布范围重新进行评价, 确认有效烃源岩面积达7000 km², 发现了鄂东、伊北生烃洼陷。1997~1999年在新发现的主力生烃凹陷——伊北凹陷东北部的南八仙找到了探明石油地质储量 862×10^4 t, 天然气地质储量 132×10^8 m³ 的中型油气田(图1)。

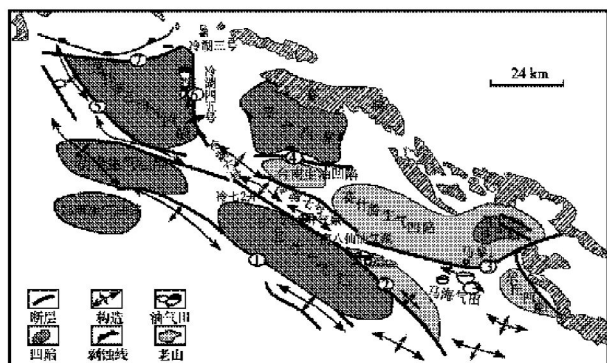


图1 柴达木盆地北缘西段控凹断裂与生烃凹陷分布图

Fig. 1 Distribution of major faults and hydrocarbon-generating sags in western part of northern edge of Qaidam basin

- ①—胡北-伊南断裂; ②—陵间断裂; ③—马仙断裂;
④—台南断裂; ⑤—鄂东断裂; ⑥—冷西断裂; ⑦—呼南断裂

烃源岩是油气形成的基础, 有效烃源岩发育程度及其分布决定了油气资源的潜力和勘探方向^[8~11]。目前所发现的几个中型油气田, 均分布于规模相对较大的有效烃源岩区域或附近, 如冷湖中型油田(包括冷湖三、四、五号油田)探明油气储量 1400×10^4 t, 位于规模较大、烃源岩优越的冷西烃源岩分布范围内, 南八仙中型油气田紧邻伊北烃源岩分布区(图1)。

而鱼卡油田, 尽管它位于鱼卡生烃凹陷中心, 但因鱼卡生烃凹陷本身规模很小, 其有效烃源岩的厚度仅300~400 m, 面积只有400 km², 有机质类型差-中等, 综合评价为中-差生油岩(而冷西、伊北有效烃源岩厚度达800 m以上, 有机质丰度高, 生烃强度达中型油气田规模), 其探明油气储量仅 33×10^4 t(图1)。

冷湖西凹陷下侏罗统烃源岩在晚第三纪早期进入生烃门限, 现仍处于生、排烃高峰期, 以生、排油为主, 因此其周边的冷湖三、冷湖四和冷湖五号

油田主要以油藏为主; 伊北凹陷下侏罗统烃源岩在古新世就进入生烃门限, 渐新世—中新世达到生排烃高峰, 中新世末期烃源岩顶面 R_o 已达到1.3%, 现今 R_o 演化到过成熟阶段, 因此, 其东北的南八仙构造主要聚集凝析油气和干气; 南八仙天然气 C_1/C_{1-5} 为0.93左右, 干燥系数较高, C_1/C_2^+ 为15左右, 接近干气性质; 伊北凹陷南部的鸭湖构造也产天然气, 鸭参3井3096~5204 m日产气610 m³, 鸭深1井在下油砂山组日产气200 m³, 均为干气。

鱼卡凹陷中侏罗统烃源岩热演化程度低, 刚达到低成熟阶段, R_o 为0.5%~0.7%, 所以鱼卡油田只产油, 原油相对密度0.9015 g/cm³, 粘度21.45 mPa·s, 为典型的低熟油。

2 输导体系

输导体系的疏导能力直接关系到油气运聚成藏的结果^[12]。从目前发现的油气藏看, 绝大多数的油气藏与其烃源岩区有一段距离, 即使是冷湖三号、鱼卡两个侏罗系的油田, 油气藏的油气也都是烃源岩中排出的油气沿一定的输导体系运移、聚集到圈闭中成藏的。

组成柴北缘油气输导体系的要素有断裂、不整合面和输导层(高渗透地层)。前者是油气垂向运移的最重要通道, 后两者是油气横向运移的主要通道。三者相互交叉连接, 构成了从烃源岩到圈闭的输导网络体系。在不同的地区输导体系的构成和各输导要素所起的作用各不相同。冷湖三号构造区, 从昆特依生油凹陷排出的成熟油气首先进入下侏罗统顶部的不整合面, 横向向冷湖三号高部位运移, 再通过不整合面与断裂组成的输导体系运移到冷湖三号构造之中, 形成各种类型的油气藏。在冷湖四、冷湖五号和南八仙地区, 也是由不整合和断裂构成输导网络系统, 基底断层和中浅层滑脱断层是油气运移的主要通道。这两个地区的油气以垂向运移为主, 从而形成深、浅层原、次生两套油气藏。马海深浅层构造气藏的油气, 都是通过不整合、断裂和砂岩疏导层三者构成的输导体系, 由伊北凹陷运移到马海下干柴沟组上段圈闭中聚集成藏的。

从以上分析可知, 输导体系的连通程度对形成油气藏非常重要, 即使相距很远(如伊北凹陷与

马海构造相距 50 km), 只要有良好的输导体系, 也有可能形成油气聚集。反之, 即使烃源岩距圈闭很近, 如果没有输导体系的有效沟通, 也难以形成大规模的油气聚集。

3 圈闭

圈闭的形成时期要先于或同步于油气大量运移时期, 优先圈闭是使其成为有效圈闭的重要条件^[12]。由于柴北缘地区地质条件复杂, 圈闭形成和烃源岩成熟排烃时间跨度比较大。因此, 油气运移路径上的圈闭形成时间与向其供烃的烃源岩成熟排烃时间的匹配关系对圈闭成藏显得尤为重要。

烃源岩研究及流体包裹体测温分析表明, 柴北缘下侏罗统烃源岩大多在渐新世—中新世进入大量排烃期。伊北凹陷下侏罗统烃源岩在古新世进入排烃期, 早于这些时期或与之同步形成的圈闭都可能捕获运移中的油气而形成油气藏, 如冷湖三、四、五号油气藏、南八仙、马海的油气藏和冷湖七号冷七 1 井、冷七 2 井区油气藏。马海圈闭尽管远离烃源岩区, 但由于形成早, 又有输导体系沟通, 所以仍有油气聚集。

鱼卡构造圈闭虽然形成晚, 形成于上新世末期, 但鱼卡凹陷中侏罗统烃源岩此时也刚进入大量排油阶段, 二者同步, 形成了鱼卡油田。

位于中央坳陷区的 II 号、鄂博梁 III 号、鸭湖构造, 处在凹陷之中或斜坡上, 构造位置有利, 但构造形成时间晚, 如鸭湖构造形成于中新世以后, 而这些地区所在的下侏罗统烃源岩大都在古新世开始生排烃, 渐新世为大量排运烃期。因此, 这些构造圈闭错过了捕集油气聚集成藏的有利时期, 油气充注程度十分有限, 只获得低产气流(鸭参 3 和

鸭深 1 井)。

4 断裂

柴北缘地区断裂对油气生运聚的控制作用是极为明显和多方面的, 不同类型和特征的断裂在油气成藏过程中对油气运聚成藏和分布有着不同的控制作用^[13, 14]。宏观上, 断裂是控制柴北缘地区油气生、运、聚、散和分布最根本的因素。

4.1 控制源岩分布

目前已发现的油气藏的油气除鱼卡外, 几乎都来自于冷湖构造带及其以西、以南的下侏罗统烃源岩, 鱼卡油田油气来自鱼卡断陷的中侏罗统湖相烃源岩。而中、下侏罗统的展布均受基底大断裂的控制。断裂发育带往往控制着中、下侏罗统烃源岩发育中心(图 1)。

柴北缘地区生排烃凹陷及中心均位于其控制性断裂的下降盘。早、中侏罗世在区域强烈拉张背景下先存断裂同沉积正断层活动, 断裂上盘沉降接受一套河、湖、沼泽相沉积, 其中在断裂强烈同沉积活动部位, 因沉降幅度大, 形成浅—半深湖甚至深湖相的优质烃源岩(冷西次凹的烃源岩), 为油气藏的形成奠定了物质基础(图 1)。

4.2 形成圈闭

柴北缘构造圈闭成排成带, 呈弧型、反 S 型展布, 由北向南有山前冲断背斜带、赛什腾凹陷中的潜伏构造带(群)、小丘林—玛瑙构造带、冷湖—南八仙—马海背斜构造带、鄂博梁 I 号—葫芦山背斜构造带和鄂博梁 II、III 号—鸭湖背斜构造带。这些构造带最基本的特征就是与大断裂(包括基底大断裂或盖层滑脱大断裂)伴生, 受大断裂的控制(图 1, 图 2)。



图 2 柴北缘断裂与圈闭组合类型

Fig. 2 Combination types of faults and traps in northern edge of Qaidam basin

4.3 沟通油气

柴北缘的烃源岩是中、下侏罗统湖沼相暗色

泥岩、碳质泥岩和煤层, 除了在中、下侏罗统中形成一些自生自储的油气藏(如冷科 1 井钻遇的下

侏罗统低产油层)外,目前发现的绝大多数油气藏都赋存在第三系中(冷湖四、冷湖五、冷湖七号、南八仙、马海等油气藏),其中有相当一部分油气藏富集于下干柴沟组下段及以上层位中。这些油气藏中的油气在纵向上要跨越一定的地层,尤其是下干柴沟组上段厚层泥质岩,因此断裂的沟通异常重要。柴北缘绝大多数断裂都具有长期、多期活动的特征,为油气垂向运移提供了良好的通道。基底断裂与中浅层滑脱断裂相连,沟通下侏罗统油气源或深层原生油气藏,向上连通多个储盖层和圈闭,导致油气沿断裂垂向向上运移,从而形成多种沿断裂分布的生储盖组合和第三系油气藏(图2)。总之,断裂是柴北缘油气垂向运移的唯一通道,是众多第三系油气藏形成的最重要控制因素之一。

另外,纵横发育的断裂还沟通基底、下侏罗统顶、中侏罗统顶等多个区域不整合面和砂砾岩储层输导层,为油气沿不整合面、输导层进行不同规模的纵横向运移和聚集成藏提供了条件,从而形成多个不整合油气藏或其他类型的油气藏。前者如冷湖四号路乐河组顶部不整合油气藏(深86井),马海深层路乐河组底部地层超覆油气藏,后者如马海浅层下干柴沟组上段气藏。

4.4 改造和破坏油气藏

第三纪末的强烈构造运动对柴北缘油气成藏事件有重要影响。使中浅层地层在原来深部构造的基础上进一步褶皱、断裂,这些滑脱断裂向上通天,向下可能断入深层构造或深层油气藏,从而严重地破坏深部原生油气藏;这些构造运动还在深部地层中产生新断裂,或使原来遮挡油气的断裂重新活动,破坏油气藏。冷湖四、五号、南八仙等构造的深部油气藏(如冷湖四号的深86井路乐河组油气藏)均是被滑脱断层或后期活动断层破坏后的残余原生油气藏。被破坏的油气沿断裂(包括滑脱断裂)向上散失于地表,沿冷湖构造带的轴部发育多组线状沥青就是证明。由于油气被风

化、沥青化等原因,滑脱断裂顶部渐被封闭,使封闭性由上而下逐渐增强,沿滑脱断裂向上运移的油气逐渐在其下盘的第三纪地层的圈闭中聚集,形成被滑脱断裂遮挡的下盘次生中浅层油气藏,如冷湖五号、南八仙等构造的中浅层(渐新统一上新统)次生油气藏。由此可知,第三纪末形成的中浅层滑脱断裂不仅导致了深层原生油气藏的部分或全部散失、破坏,而且在其封闭后也促进了浅层次生油气藏的形成和保存。

参考文献

- 1 高先志,陈发景.柴达木盆地北缘西段油气成藏机理研究[J].地球科学——中国地质大学学报,2002,27(6):757~762
- 2 王明儒,胡文义,彭德华.柴达木盆地北缘侏罗系油气前景[J].石油勘探与开发,1997,24(5):20~24
- 3 薛光华,杨永泰.柴达木盆地北缘油气分布规律研究[J].石油实验地质,2002,24(2):141~146
- 4 陈蟒蛟,白淑艳.柴达木盆地北缘油气藏类型、特征及其控制因素探讨[J].江汉石油学院学报,2002,24(2):8~11
- 5 黄汉纯,黄庆华,马寅生,等.柴达木盆地地质与油气预测[M].北京:地质出版社,1996.57~60
- 6 彭立才,杨慧珠,刘兰桂,等.柴达木盆地北缘侏罗系烃源岩沉积有机相划分及评价[J].石油与天然气地质,2001,22(2):178~181
- 7 刘云田,杨少勇.柴达木盆地北缘侏罗系砂岩孔隙发育特征[J].石油与天然气地质,2001,22(3):267~269
- 8 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):1~7
- 9 周兴熙.源-盖共控论概述[J].石油勘探与开发,1997,24(6):4~7
- 10 王庭斌.中国天然气地质理论进展与勘探战略[J].石油与天然气地质,2002,23(1):1~7
- 11 王生朗,任来义,王洪斌,等.桥口构造沙三段气藏特征及其控制因素[J].石油与天然气地质,2002,23(2):186~189
- 12 张卫海,查明,曲江秀.油气输导体系的类型及配置关系[J].新疆石油地质,2003,24(2):118~120
- 13 Losh S. Oil migration in a major growth fault: structural analysis of the Pathfinder Core, south Eugene island block 330, offshore Louisiana [J]. AAPG Bull, 1998, 82(9): 1691~1710
- 14 罗群.断裂控烃理论与油气勘探实践[J].地球科学——中国地质大学学报,2002,27(6):751~756