

文章编号: 1006-6616 (2000) 02-0011-6

中国陆相复杂含油气系统的特征

瞿 辉, 赵文智¹, 张明利²

(1. 中国石油天然气集团公司勘探开发科学研究院, 北京 100083;

2. 中国地质科学院地质力学所, 北京 100081.)

摘 要: 含油气系统研究是当今石油地质界最为热门的研究课题之一, 在油气勘探中日愈发挥重要作用。在中国陆相多旋回复合叠加型盆地背景下的含油气系统多表现为复杂的多源多灶多期生烃和成藏。这种复杂的含油气系统有 3 个较突出的特点: ①多源多灶导致系统叠置和交叉; ②多阶段多期生烃、成藏和变动导致多源混生; ③多个关键时刻。在复杂含油气系统的演化过程中, 常有多期大规模的油气运移过程, 因此, 在研究过程中要重视过程的恢复。文章最后以准噶尔盆地玛湖-盆 1 井西复合含油气系统为例具体阐述了复杂含油气系统的特征。

关键词: 含油气系统; 油气运移; 玛湖-盆 1 井西复合含油气系统

中图分类号: TE122.1⁺2

文献标识码: A

0 前言

含油气系统 (Petroleum systems) 是沉积盆地中一个自然的烃类流体系统, 包含活跃烃源岩与已形成的油气藏及油气藏形成时必不可少的、相互关联的地质要素和作用^[1~5]。近年来, 对含油气系统的研究已成为全球石油地质界的一个新热点。含油气系统概念在油气勘探活动中的广泛应用, 使其逐步成为一种能更好地了解烃类在地壳中分布和降低勘探风险的重要手段。

目前, 不少学者已经认识到, L. Magoon 等所提供的含油气系统的研究方法适用于较单一的原型盆地/凹陷, 描述的是单一含油气系统原生油气藏成生关系和分布特点, 而对于多旋回复合含油气盆地不易直接套用。

1 中国含油气系统的复杂性

中国含油气系统多表现为复杂的多源多灶多期生烃和成藏^[6], 这种复杂的含油气系统有 3 个比较突出的特点:

收稿日期: 1999-06-18

基金项目: 中国石油天然气集团公司重点科技攻关项目

第一作者简介: 瞿 辉 (1970—), 男, 1998 年获中国地质大学博士学位, 现在石油勘探开发科学研究院做博士后研究工作, 研究方向为含油气系统。

1.1 多源多灶导致系统叠置和交叉 (图 1)

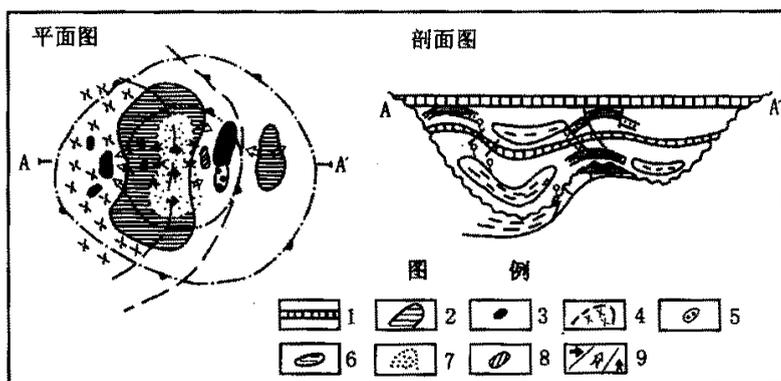


图 1 多源多灶多期成藏复杂含油气系统

Fig. 1 An example of complex petroleum system with multiple source rocks, multiple kitchens and multistage pooling

1. 区域/直接盖层; 2. 中部烃灶范围; 3. 多元复合油气田; 4. 下部烃灶范围; 5. 下部烃灶气田;
6. 有效烃源岩; 7. 上部烃灶范围; 8. 上部烃灶油田; 9. 下/中/上部烃灶油气运移方向

多源多灶产生的直接结果是油气运聚样式的复杂化。在某些时候, 复杂含油气系统可看作是多个简单含油气系统的“复合”, 在这个前提下, 简单油气系统相互间的时空关系就会呈现出比较复杂的局面, 既有叠置又有交叉。当然, 这种“复合”并不是简单的叠合, 而是需要共同具备某些成藏条件为前提的。由于后期构造活动的改造, 使已经聚集成藏的油气得到重新调整, 含油气系统间的“复合”关系就会变得更为复杂。

1.2 多阶段多期生烃、成藏和变动导致多源混生

复杂含油气系统往往包含多个烃源岩, 不同烃源岩及其成熟度差异现象造就了多个生排烃期, 从而为不同构造运动时期形成的圈闭提供了油气充填注入条件, 相应地有多个油气成藏时期。另外, 油气从生烃灶生成以后, 往往发生多次运移, 有些是从烃灶向圈闭的多次运聚过程, 有些则是已经聚集烃类的散失破坏, 还有些则是从古油气藏向新油气藏的调整。

1.3 多个关键时刻

复杂含油气系统常存在多个关键时刻, 这些关键时刻是由多个生排烃高峰期造成的, 也有可能是由于后期构造变动的影 响, 使得已经聚集成藏的油气重新调整造成的。

2 复杂含油气系统油气运移特点

中国含油气盆地的勘探和开发已经有了几十年的历史。前人对于各含油气盆地内部油气的来源及油气运移的方式、油气运移的通道都进行过探讨性的研究, 并取得了一些有益的认识。归纳起来, 我国复杂含油气系统中油气的运移主要有以下几个特点:

2.1 油气来源的多重性

由于复杂含油气系统往往包含了几套烃源岩, 而同一地区不同烃源岩的热演化历史不同, 即使是同一套烃源岩在盆地的不同部位其所经历的热演化史也不尽相同。从烃源岩的空间分布来看, 各烃源岩发育范围和展布形态千差万别, 因此, 复杂含油气系统的不同部位往往具

不同的油气来源。

2.2 油气运移有向源（物源）性

在含油气盆地中存在着这样一种比较普遍的现象，即沉积体伸入到盆地中，直接与生油岩接触，当油气生成以后，就会优先沿着这些沉积体向盆地边缘方向运移，这就是油气运移的向源性。由于我国陆相地层的特殊性，地层的发育往往受到多物源、多构造运动、多沉积中心、气候变化快等多种因素的影响，使得地层沉积呈现出较为复杂的格局，油气沿着沉积体、古河道向源运移的特点非常明显。

2.3 油气运移通道的多样性

中国复杂含油气系统中存在着 3 种主要的油气运移通道，即断裂、不整合面及储集层。断裂可以使深层系生成的油气向上运移至浅层，而不整合面的区域性、大范围的存在，则改善了因储层物性不理想，油气沿储层运移时条件不足的问题，促使油气在区域上横向运移；油气进入储集层后，会产生顺层侧向运移，其主流向是垂直于等势面的方向。这 3 者构成了油气运移的立体式通道结构。

2.4 多期运移，流向复杂

由于复杂含油气系统一般有若干个生排烃高峰期，与之对应也会有若干次大规模的油气运移活动。在含油气系统的形成过程中，有可能经历了多期的构造变动，促使油气运移的优势路径发生变化。陆相盆地多物源、相变快的特点是造成中国复杂含油气系统中油气运移流向较为复杂的另一个原因。

3 准噶尔盆地玛湖-盆一井西复合含油气系统特征

准噶尔盆地是我国西部一个多旋复合叠加的含油气盆地，玛湖-盆 1 井西复合含油气系统是该盆地中最重要的一个复合含油气系统^[7]，在该盆地油气储量中占据了主导地位。

3.1 复合含油气系统的展布与油气特征

玛湖-盆 1 井西复合含油气系统以玛湖凹陷和盆 1 井西凹陷为主体，包括西北缘断阶带、陆梁隆起西南部和马桥凸起。据油源对比，玛湖凹陷中的风城组和下乌尔禾组是以克拉玛依油田为代表的西北缘的油气聚集为主要油源，而玛湖东斜坡的油气聚集及陆梁隆起西段的部分油气主要来源于玛湖凹陷的下乌尔禾组。

3.1.1 油气分布的储层时代 二叠系生油岩除在二叠系砂岩中形成自生自储油藏外，主要以中、下三叠统为储层，上三叠统泥岩为盖层，构成规则的生储盖组合。据统计，西北缘 80% 左右的油储量均集中在区域盖层——白碱滩组之下的克拉玛依组砂砾岩中，其次为侏罗系。陆梁隆起西部地区以石炭系火山岩和侏罗系砂岩为主要储集层。

3.1.2 油气藏的流体相态 玛湖-盆 1 井西复合含油气系统中的油气资源丰富，油气类型多样，从已发现的原油性质来看，即有正常原油、轻质油和气，又有重油、稠油和沥青。在液态烃中溶解了大量的天然气，现已查明的纯气藏和气顶气藏有多个。如西北缘 545 井区的乌尔禾组气藏、克 75 井区乌尔组气顶气藏，盆地腹部从石西至滴西地区皆有天然气资源，盆参 2 井、盆 4 井在钻井中也见到了活跃的天然气显示。

3.1.3 油气的成熟度 以玛湖凹陷为中心，凹陷西北缘及玛北油田与东部陆南凸起西侧的油的成熟度具有“镜像”特点。靠近凹陷的玛北油田玛 2、玛 6 井的油与陆南凸起西侧夏盐 1 井油的成熟度很高，属高成熟油，而远离生油凹陷的陆 4 井及西北缘断裂带，尤其是风城地区

风城组的原油成熟度适中，属早期聚集的原油。油源对比结果表明，这些油均来自于二叠系烃源岩。这就反映了玛湖-盆一井西地区二叠系烃源岩在成熟演化序列上具有阶段性和差异性。

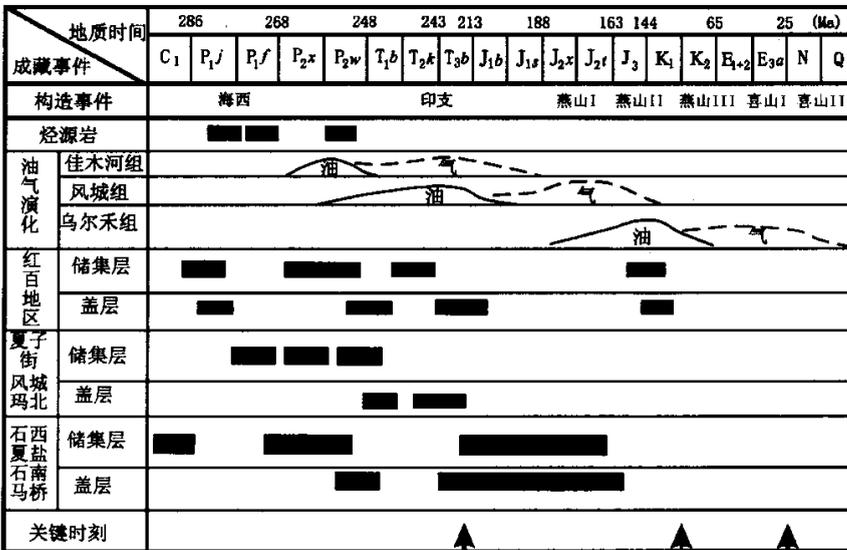
3.2 区域盖层与油气运移

在玛湖-盆一井西复合含油气系统内起作用的区域盖层主要有3套，即上三叠统、下侏罗统及下白垩统吐谷鲁群。这3套区域性盖层不仅在玛湖复合含油气系统中对油气的分布起着重要的控制作用，对整个盆地的油气分布和聚集也都起了关键的作用。三叠系上统白碱滩组的大套泥岩厚度在100~400m之间，是该复合含油气系统中最重要的一個区域性盖层。勘探实践表明，在白碱滩组有效盖层范围内，只要没有油源断裂沟通，油气就会严格地分布在白碱滩组之下。

除上述3套区域性盖层外，还有四套局部性盖层，虽然它们分布比较局限，但在复合含油气系统也起到了重要的控油作用。这4套局部性盖层是：克-乌油区及石西地区石炭系及下二叠统佳木河组顶部风化壳；五区南及玛湖地区乌尔禾组冲积扇油气藏之上的泥岩层（厚约4~10m）；中、下三叠统砂砾岩层之间的泥岩隔层及中、下侏罗统的泥岩层及煤层等。这些盖层分布的范围不同，对油气分布的控制作用也不同。从纵向分布特征来看，局部盖层一般位于区域盖层的下部，形成了多阶封盖系统。

3.3 油气成藏期次

由于玛湖-盆一井复合含油气系统具有多套烃源岩、多个生烃期以及油气多期成藏的特点，因此不能用一个关键时刻来描述。研究表明，本复合含油气系统有3个关键时刻（图2）：第一个关键时刻为三叠纪末，它是佳木河组的大量生气期和风城组的生油高峰期，也是西北



注：图中喜山 I、喜山 II 分别为喜马拉雅 I、喜马拉雅 II

图 2 玛湖-盆一井西复合含油气系统事件

Fig. 2 An event chart of Mahu-Penyijingxi composite petroleum system

缘主要成藏期；第二个关键时刻在白垩纪，它是乌尔禾组的主要生油期，为陆梁隆起中西部石油的主要成藏期；第三个关键时刻在第三纪，是乌尔禾组的生气高峰期，也是陆西南地区天然气的主要成藏期。

3.4 含油气系统的复合关系

玛湖-盆-井西凹陷中发育的佳木河组、风城组和乌尔禾组等 3 套主要烃源岩由于各自的演化史不同，因此，形成了三个独立的含油气系统，即佳木河组含油气系统、风城组含油气系统和乌尔禾组含油气系统^①。它们在地理位置上相重叠，地层展布上相互穿插，生成的油气多具混源特征，因此，从历史的角度来看，3 个含油气系统之间存在着复合关系，复合的结果构成了玛湖-盆-井西复合含油气系统。

在玛湖-盆-井西复合含油气系统中，含油气系统间的复合样式主要有 3 种类型，即“共盖复合”、“断层贯通复合”与“不整合面聚合复合”。三叠系上统白碱滩组是盆地中的第一套区域性盖层，它对油气的封盖作用十分明显，在其之下，3 个含油气系统生成的油气可以串通，出现混源现象。产生断层贯通复合的部位主要是在西北缘和陆梁西部地区。风城组、上乌尔禾组顶部不整合面向西北缘或陆梁方向逐渐聚合为一，其结果导致不同期次、不同性质、不同成熟度的油、气沿不整合面运移，进而聚集成藏，从而出现油、气性质不同的“复式”油气聚集带。

含油气系统的复合并不是简单的叠加，复合含油气系统研究的内容更加广泛，它不但要针对各含油气系统的有利运聚单元，而且更要关注它们的复合部位。含油气系统的复合增大了不同时期形成的构造的聚油机率，扩大了勘探领域；但复合的结果也可能导致早期形成的含油气系统的油气逸散，降低了它的效率，增大了勘探难度。

4 结论

(1) 中国含油气系统的复杂性表现在 3 个方面，首先，多源多灶导致系统叠置和交叉；其次，多阶段多期生烃、成藏和变动导致多源混生；第三，存在多个关键时刻。

(2) 复杂含油气系统中油气来源具多重性，油气运移具向源（物源）性，运移通道具多样性等特点。在系统的演化过程中，常有多期大规模油气运移过程，流向复杂。

(3) 复杂含油气系统的研究要特别重视过程的恢复。它是含油气系统研究的一条主线，而对油气生成过程中的油气运移时期、流向与流量的多方预测与追踪正是这种过程恢复的核心所在。

参 考 文 献

- [1] Dow W G. Application of oil correlation and source rock data to exploration in Williston basin(abs)[J]. AAPG Bulletin, 1972, 56: 1~615.
- [2] Magoon L B, Dow W G. The petroleum system: from source to trap [C]. AAPG Memoir, 1994, 60.
- [3] Magoon L B. Identified petroleum systems within the United states [A]. The petroleum system-status of research and methods [C]. USGS Bulletin 1992. 2007; 2~11.
- [4] Perrodon A. Petroleum system and global tectonics [J]. Journal of Petroleum Geology, 1995, 18 (4): 471~476.

① 张义杰. 新疆石油管理局勘探开发研究院, 1999 年度勘探技术论谈会发言材料汇编. 1991. 1.

- [5] Demaison G, Huizinga B J. Genetic classification of petroleum system [J]. AAPG Bulletin, 1991, 75 (10): 1626~1643.
- [6] 胡见义. 含油气地质单元序列划分及其意义[A]. 中国含油气系统的应用与进展[C]. 北京:石油工业出版社, 1992. 3~8.
- [7] 惠荣耀, 丁安娜, 张中宁. 准噶尔盆地含油气系统研究 [A]. 中国含油气系统的应用与进展 [C]. 北京:石油工业出版社, 1992. 162~173.

CHARACTERISTICS OF NONMARINE COMPLEX PETROLEUM SYSTEM IN CHINA

QU Hui¹, ZHAO Wen-zhi¹, ZHANG Ming-li²

(1. *Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC, 100083, China;*

2. Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081, China.)

Abstract: The study of petroleum system forms one the hot subjects in petroleum geology, and plays an important role in oil/gas exploration. The petroleum systems in nonmarine multi-cycle composite basins in China shows much complexity with multiple sources, multiple kitchens, multistage hydrocarbon generation and pooling. Such complex petroleum system has three obvious features: ① superimposition and interlacing one after another of the system as a result of multiple sources and multiple kitchens; ② mixed oil generation arising from multistage hydrocarbon generation and pooling; ③ multiple critical time. Repeated large-scale oil/gas migration would usually have occurred in the process of evolution of the complex petroleum system, so it is necessary to take into consideration their restoration. Finally, the paper discusses the characteristics of the complex petroleum system in particular, citing the Mahu-penyijingxi complex petroleum system of junggar basin as an example.

Key words: Petroleum system; Oil/gas migration; Mahu-Penyijingxi complex system