

塔里木盆地塔中低凸起油气聚集与分布^{*}

吕修祥

(石油大学盆地与油藏研究中心, 北京 102200)

胡 轩

(塔里木石油勘探开发指挥部科技处, 新疆库尔勒 841000)

塔里木盆地塔中低凸起是形成于晚加里东—早海西期的下古生界残余古隆起, 具有丰富的油气资源。塔中低凸起具有多套油源层、多含油气层系、多种圈闭类型、多成藏期, 具有多元复合含油气系统的特点, 并具有四种油气聚集模式: 下奥陶统碳酸盐岩潜山及背斜型、石炭系东河砂岩地层超覆型、石炭系断裂背斜及背斜型、志留系砂岩背斜及岩性(物性)型。奥陶系油气聚集一般与风化壳有关; 志留系油气聚集受构造和岩性的双重控制; 石炭系油气聚集一般与断裂及不整合面有关。只有沙漠地震过关, 才能使塔中低凸起油气勘探成功率大为提高。在塔中低凸起西北倾没部位有可能找到大油气田。

关键词 油气藏 落空井 油气分布 塔中低凸起

第一作者简介 吕修祥 男 33岁 副教授(博士) 石油地质

1 形成演化

塔中地区自震旦纪开始接受沉积, 寒武纪开始出现第一期大规模海侵, 石炭纪发生第二次大规模海侵, 中间经历了多次隆升剥蚀。塔中低凸起的形成演化可大致分为三个阶段。

1.1 断陷盆地发展阶段

早加里东运动时期, 本区以近南北向的引张应力为特征, 从而产生一系列 NWW 向正断层, 形成地堑式的断陷盆地(图 1A), 断陷深部沉积厚度近 7 000 m。寒武系及下奥陶统为碳酸盐岩沉积^[1], 中、上奥陶统主要为泥岩夹粉细砂岩沉积。早奥陶世末期, 塔中低凸起已具有水下隆起的性质, 隆起的走向与现今走向大体一致, 北侧是深拗的满加尔坳拉槽^[2], 南侧是深拗的塘古孜巴斯凹陷。这时的隆起仅是沉积隆起。

1.2 构造反转与隆升剥蚀阶段

奥陶纪末期, 盆地所受应力状态发生转变, 由拉张变为挤压, 断层由正变逆, 构造发生反转。由于处在性质截然相反的转变时期, 隆起的幅度不大, 仍接受了一定厚度的志留系碎屑岩沉积(图 1B)。志留纪末的晚加里运动之后隆升活动加剧, 使志留系及中上奥陶统被部分剥蚀。早海西运动是一次更为强烈的构造运动, 使中央断垒带强烈隆升剥蚀, 隆升的高部位下奥陶统出露地表(图 1C)。中央断垒带缺失中上奥陶统、志留系、泥盆系, 在隆起高部位石炭系下

^{*} 本文系国家教委博士后基金资助项目

部地层都有缺失(没有接受沉积),如塔中1井、塔中2井、塔中3井、塔中5井即如此。在斜坡部位及隆起低部位残留地层相对要全一些,如位于北部斜坡带的塔中16井有志留系残留,但缺失泥盆系;向西北方向倾没部位的塔中10井揭示地层虽有剥蚀,但古生代每个时期的地层都有发育,推测向西北方向延伸残留地层更为齐全、厚度更大。

1.3 垂向升降活动阶段

石炭系沉积之前本区表现为起伏不平的残丘地形。在塔里木盆地第二次大规模海侵波及本区之前,在残丘山上没有接受石炭系下部东河砂岩的沉积。随着水体加深,石炭系开始全区沉积(图1D)并发育了厚度十分稳定的,可作为全区对比标志层的生物屑灰岩及双峰灰岩。石炭系构造主要是在潜山背景下形成的披覆构造,反映了本区构造发育继承性的特点。早二叠世强烈的火山活动主要发生在塔中1井以西的地区。中生代的升降活动在本区的表现主要体现在缺失下侏罗统及白垩系。新生代塔中低凸起上沉积厚度不大(图1E),一般1 800 m左右。

综上所述,塔中低凸起是在早加里东期沉积隆起的背景下,形成于晚加里东期-早海西期的早古生界残余古隆起。

2 油气藏特征

目前在塔中低凸起上找到的油气田及含油气构造有塔中4号油田、塔中1号凝析气藏、塔中101号油藏、塔中6号凝析油气藏、塔中10号油藏、塔中11号油藏、塔中16号油藏。油气产出类型多样,既有重质稠油亦有轻质凝析油,但以常规密度原油为主;天然气既有凝析气亦有溶解气、伴生气。综合分析塔中低凸起油气藏具有以下特征。

2.1 多油源层

油源对比的结果表明*,塔中地区具有三套油源层,即寒武系-下奥陶统碳酸盐岩、中上奥陶统泥质岩和石炭系的泥灰岩。塔中1号奥陶系凝析气藏的油气来源于上覆的中上奥陶统生油层;塔中10号石炭系油藏原油地化特征与英买2井下奥陶统原油地化特征具有很好的可比性,表明其来源是下奥陶统或更老的碳酸盐岩;塔中4号石炭系油田的原油具有混源特点,既有中上奥陶统泥质岩提供的原油亦有石炭系源岩的贡献。

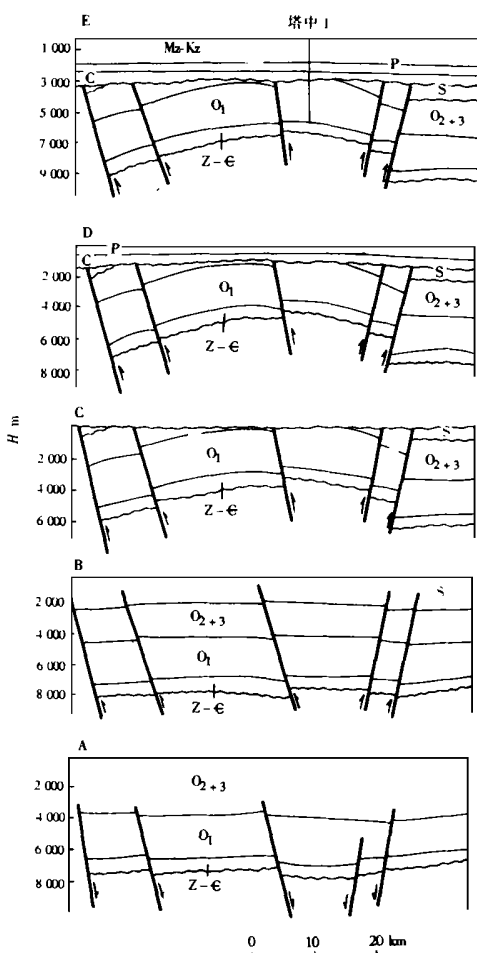


图1 塔里木盆地塔中低凸起构造演化剖面
(D-86-540测线)

A—奥陶纪末期; B—志留纪末期; C—泥盆纪末期;
D—二叠纪末期; E—今构造剖面

* 黄第藩, 梁狄刚, 刘宝泉等. 塔里木盆地油气生成与演化. 石油勘探开发科学研究院, 塔里木石油勘探开发指挥部. 1995.

2.2 多含油气层系

下奥陶统碳酸盐岩是塔中低凸起最早发现的含油气层, 储集空间以孔隙、裂缝、溶洞为主; 塔中1井所揭示的含油气层位于下奥陶统潜山风化壳之中。石炭系有三套含油层, 即东河砂岩(C_{III} 油组)、生物屑灰岩(C_{II} 油组)和上砂岩段(C_I 油组)。志留系砂岩是最近在塔里木盆地发现的一套新的含油层系, 一般都见沥青, 塔中10井获少量原油, 塔中11井日产30 t的工业油流。

2.3 多油气藏类型

在塔中低凸起上找到的油藏类型包括潜山油气藏(受地层及岩性双重控制)、地层超覆油气藏、断背斜油气藏、背斜油气藏等(图2)。其中断背斜及背斜油气藏目前是塔中地区的主要油气藏类型。

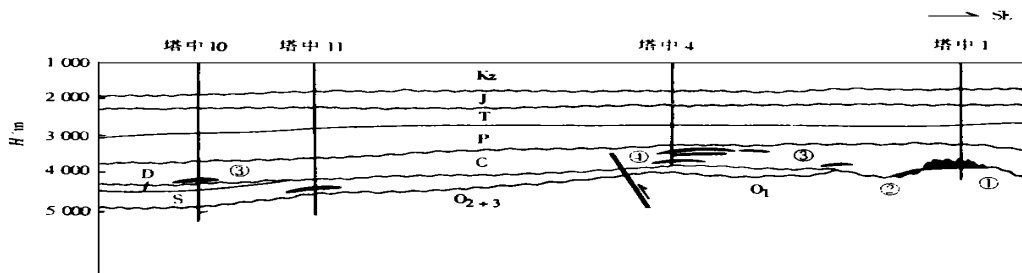


图2 塔里木盆地塔中低凸起油气藏综合剖面图

①—潜山油气藏; ②—地层超覆油气藏; ③—背斜油气藏; ④—断裂背斜油气藏

2.4 多成藏期

塔中地区的源岩具有多排烃期, 油气藏具有多期形成的特点。志留系沥青、塔中2及塔中3井下奥陶统的沥青可能是第一期(志留纪末)成藏被破坏的产物; 塔中4、塔中1井油藏最初成藏在第二期(二叠纪末); 塔中6井油气藏的形成及塔中4号油田的定型则是第三期(晚第三纪末)。

3 空井失利的原因分析

形成油气藏的条件很多, 过程也十分复杂, 空井失利的原因也就不能一概而论。从对塔中低凸起15口非工业油气井的统计分析结果来看, 钻探失利主要有圈闭、油藏(含运移)、储层、保存等方面的原因。

3.1 圈闭不落实

圈闭不落实包括两个方面的含义, 一是圈闭不存在; 二是圈闭形成于油气运集之后, 为无效的空圈闭。由于沙漠地震信噪比低、能量较弱、静校正不准等原因, 致使塔中低凸起低幅度、小面积构造无法准确解释, 如塔中201井所钻探的圈闭就不存在; 塘北2号构造形成期很晚(喜山期), 没有油气注入, 是一个空圈闭。

3.2 储集性能差

志留系砂岩及下奥陶统碳酸盐岩在储集性能上的问题表现得比较突出, 如塔中17、塔中18、塔中201井等, 志留系的沥青及下奥陶统碳酸盐岩中的油气显示, 一方面反映了早期油气藏被破坏, 但另一方面也说明储集性能不好。早期的油气被破坏之后, 后期还有机会聚集油气

(如塔中 6、塔中 1 等), 但岩芯孔隙度及渗透率分析结果都反映了它们的物性较差(可能与后期的沥青及方解石充填有关), 致使无法再次聚集油气。

3.3 保存条件不好

本区每一含油气层系虽都有良好的盖层, 但保存条件却不好, 主要体现在构造活动的影响上。强烈的构造活动, 使第一期形成的油气藏被破坏, 甚至第二期形成的塔中 4 油田亦因强烈的构造活动及活跃的水动力条件使最初聚集的油气损失多半。

3.4 油源条件

油源也是某些井(如塘北 2 井)落空的一个重要原因。由于各目的层中间往往有厚层泥岩存在, 因此, 油气垂向运移只能靠断层来实现。如果没有断层的沟通, 下部烃源岩所生成的油气就难以运移上来, 从而导致上部目的层的落空, 如塔中 20 井可能就是这种原因。

4 成藏模式与油气分布规律

我国有不少著名的石油地质学家对塔里木盆地油气聚集特征及分布模式进行过深入的剖析^[3~6], 本文的出发点就是从油气藏形成的动态过程出发, 详细分析塔中低凸起各类油气藏的形成条件并建立起相应的模式, 在此基础上探讨油气分布规律。

4.1 油气藏模式

通过对塔中低凸起构造演化史、空井失利原因及现有油气藏特征的分析, 作者将本区油气藏模式(含预测的)归纳为四种。

4.1.1 下奥陶统碳酸盐岩潜山及背斜型

这类潜山高部位一般为石炭系覆盖, 在斜坡部位有残存的中上奥陶统, 一般不乏油源, 且不整合面是很好的油气运移通道(图 3A)。即使没出油的井一般在下奥陶统也见油气显示或含沥青, 构造活动引起的剥蚀破坏作用是一个不容忽视的因素。在下奥陶统内部还存在一种背斜型油气藏, 但在地震剖面上识别难度较大。背斜圈闭及原生油藏被破坏后的潜山圈闭的再次成藏在很大程度上都取决于储集岩的储集性能, 如果能借助地震资料对其储集性能进行预测, 则钻探这类圈闭的成功率将会大为提高。

4.1.2 石炭系东河砂岩地层超覆型

早海西运动之后, 塔中地区形成了高低起伏的残丘地形, 在塔里木盆地第二次大规模海侵来临之前, 石炭系东河砂岩主要为填平补齐式充填沉积。在潜山的斜坡部位就发育了东河砂岩的地层超覆沉积(图 3B)。东河砂岩储集性能好, 一方面它与奥陶系通过不整合面直接接触, 另一方面石炭系本身也是烃源岩之一, 因此, 东河砂岩有条件捕集到油气。寻找这类油气

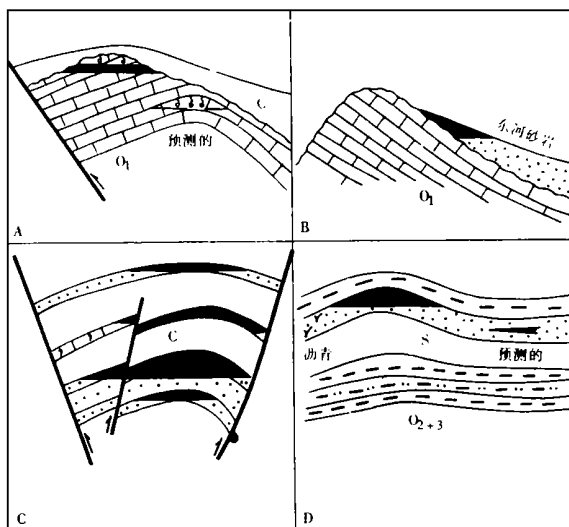


图 3 塔里木盆地塔中低凸起油气藏模式示意图

A—奥陶系碳酸盐岩潜山及背斜型; B—石炭系东河砂岩地层超覆型; C—石炭系断背斜及背斜型; D—志留系砂岩背斜及岩性(物性)型

藏的最大困难就在于地震资料精度不够, 很难确定上超点, 造成打高了没有东河砂岩; 打低了又打在含水层上。

4. 1. 3 石炭系断背斜及背斜型

除塔中 4 号构造外, 塔中低凸起石炭系背斜的特点是幅度低、面积小, 从而限制了油气田的规模(图 3C)。石炭系有 3 套含油层系, 其中东河砂岩为主力含油层。寻找这类油气藏的困难有两点: 一是低幅度小面积构造预测不准; 二是对东河砂岩的预测不准, 如塔中 25、塔中 30 及塔中 102 井原设计有 40 m 以上的东河砂岩, 但钻探证实或缺失东河砂岩或为致密薄层。

4. 1. 4 志留系砂岩背斜及岩性(物性)型

塔中低凸起志留系砂岩含沥青的现象十分普遍。塔中 11 井(塔中 11 号背斜上)志留系砂岩既含沥青, 又产稠油和轻质油, 这一现象说明志留系砂岩可能曾有几 次油气注入的历史, 只要砂岩物性好可能再次成藏。特别是第一期成藏时没有油气聚集的志留系砂岩, 也就没有后期被破坏所形成的沥青充填孔隙, 一旦油气再次注入, 就可能形成由物性变化所引起的岩性油气藏(图 3D)。

4. 2 油气分布规律

塔中低凸起的油气成藏具有东西分段的特点(表 1), 西段是指塔中 403 井以西, 东段与中段之分界位于塔中 401 井与塔中 6 井之间。总体上看, 该区油气分布又具有以下几个特点。

表 1 塔中低凸起各区段成藏要素及成藏作用对比表

区 段	西 段	中 段	东 段
油源	寒武系、下奥陶统	奥陶系	下奥陶统、石炭系
含油层位	志留系、石炭系	石炭系	下奥陶统、石炭系
储层岩性	砂岩	砂岩、生物屑灰岩	白云岩、砂岩
运移通道(主要)	断层、不整合	断层	断层、裂隙、不整合
运移方式(主要)	侧向	垂向	垂向、侧向
油气藏类型	背斜	背斜、断背斜	潜山、地层
油气藏形成期	晚加里东期、喜山期	晚海西期、喜山期	晚海西期、喜山期
油气藏形成主要矛盾	运移、保存(构造活动)	保存(水动力、构造活动)	油源、储集层、保存(尤其是奥陶系)

4. 2. 1 奥陶系油气聚集多与风化壳有关

碳酸盐岩孔隙不发育, 裂缝及溶洞也经常被方解石充填; 而碳酸盐岩潜山风化壳长期出露地表, 次生孔隙、裂缝比较发育, 为油气的聚集提供了良好的储集空间。风化壳聚集油气的另一个有利条件是不整合面为油气运移提供了良好的通道。这种油气藏主要分布在塔中低凸起的东段。如果有奥陶系内幕背斜油气藏存在的话, 那么也在风化壳之下不远处存在或与断层有关。

4. 2. 2 志留系油气聚集受构造和物性控制

志留系原 生油藏的形成, 可能主要受背斜构造的控制。沥青砂的普遍存在, 不仅说明早期形成的油气藏被大量破坏, 而且使原来聚集油气的储层物性变差。在塔中低凸起可能有未被破坏的、受构造控制的原生油气藏; 也有受构造控制的、储层物性相对较好的次生油气藏; 以北

部斜坡及西北倾没部位存在的可能性最大。志留系砂岩有钙质砂岩和泥质砂岩两种, 钙质砂岩胶结致密、泥质砂岩胶结相对较疏松。油气的再次注入, 有可能形成受岩性或物性所控制的油气藏, 其分布可能在志留系非构造部位。

4.2.3 石炭系油气聚集与断裂及不整合面有关

石炭系油气藏的油源主要是寒武-奥陶系生油层, 因此断裂就成为油气垂向运移的主要通道。石炭系聚集油气要么是在断背斜圈闭中, 要么是在断裂附近的背斜圈闭中, 油气通过断层向上运移, 然后再通过输导层进入圈闭中聚集, 因此, 主要分布在中央断垒带及塔中Ⅰ号大断裂附近。石炭系地层油气藏一般位于下古生界潜山的斜坡部位, 与不整合面有关, 主要分布在塔中低凸起的东段。

5 问题讨论

5.1 塔中低凸起的西界

目前以吐木休克Ⅱ号断裂作为塔中低凸起的西部边界, 但吐木休克Ⅱ号断裂的活动时期是在晚海西期, 而塔中低凸起定型则在早海西期, 时间上的不配套, 显示了这种划分方案的不合理性。早奥陶世末水下隆起的形态是向西北方向抬升的, 东西方向的倾翘活动形成了塔中低凸起向西北方向倾没的局面, 推测凸起向西北方向延伸一直到阿瓦提凹陷与满加尔凹陷的过渡带。在西北端有保存完好的古隆起, 极有可能找到大油气田。

5.2 塔中低凸起含油气系统

有机质的丰度、类型及热演化史均表明塔中低凸起寒武-奥陶系具有生油能力, 断裂及不整合面是油气运移的主要通道。多套油源层的叠置、多期排烃、聚集(包括原油藏被破坏后的油气藏再次运聚), 多含油气层系及多种圈闭类型在时空上的叠置, 使塔中低凸起具有多元复合含油气系统的特点。

5.3 如何提高勘探成功率

过硬的沙漠地震技术是提高塔中低凸起油气勘探成功率的前提。勘探实践及全国第二轮油气资源评价结果均表明塔中低凸起具有丰富的油气资源。由于沙漠地震技术不过关, 因而造成构造作图不准, 对低幅度、小面积的圈闭难以准确预测; 主要目的层(如东河砂岩)预测不准; 地层超覆点及剥蚀尖灭点难以准确确定; 从而导致一些不应有的空井出现, 带来巨大的浪费。如果沙漠地震技术能过关, 必将使探井成功率及圈闭钻探成功率大为提高。

致谢: 这项研究得到了塔里木石油勘探开发指挥部有关领导和同行的大力支持。同时, 我们也十分感谢石油大学(北京)张一伟教授和金之钧教授的悉心指导。

参 考 文 献

- 1 顾家裕, 阎火, 周经才等. 塔里木盆地油气勘探丛书——沉积相与油气. 北京: 石油工业出版社, 1994. 280~ 286
- 2 贾承造, 姚慧君, 魏国齐等. 塔里木盆地板块构造演化和主要构造单元地质构造特征. 见: 童晓光, 梁狄刚编. 塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992. 206~ 226
- 3 Li Dsheng, Tectonic types of oil and gas basins in China. Beijing: Petroleum Industry Press, 1991. 173~ 181
- 4 康玉柱. 塔里木盆地古生代海相油气田. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992. 157~ 162
- 5 胡见义, 徐树宝. 跨越构造运动体制油气藏的形成——纪念朱夏教授. 见: 孙肇才, 张渝昌编. 中国油气盆地分析——朱夏学术思想研讨文集. 北京: 石油工业出版社, 1993. 88~ 89
- 6 Liang Digang, New progress in petroleum exploration of Tarim Basin. China Oil & Gas, 1994, 1(2): 38~ 48

ration stage and degree of a wildcat area. According to the numbers of development wells, the numbers of assessment parameters of reserves and resource extents, China's coalbed gas could be classified into two kinds of resources extents and four types of geological reserves. Based on incomplete statistics, the total coalbed gas resources buried shallower than 2 000 m is about $326\,366\times 10^8\text{ m}^3$, within which the resources buried between 1 000~ 2 000 m is about $215\,666\times 10^8\text{ m}^3$, the resources buried shallower than 1 000 m is $1\,107\times 10^8\text{ m}^3$.

(上接第 293 页)

**HYDROCARBON ACCUMULATION AND DISTRIBUTION
IN TAZHONG LOW UPLIFT OF TARIM BASIN**

Lü Xiuxiang

(Basin Research Centre, Department of Earth Sciences, Petroleum University, Beijing)

Hu Xuan

(Scientific Research Department, Tarim Headquarters of Petroleum Exploration and Development, Kuerle, Xinjiang)

Abstract

Tazhong low-uplift with abundant resources in Tarim Basin is a remnant Paleozoic uplift formed during late Caledonian and early Hercynian orogenies. The uplift possesses several multi-sets of source beds and oil-bearing horizons, several types of traps, multi-stage of hydrocarbon formation, and are characterized by complex petroleum system. There are 4 kinds of oil and gas accumulation models: buried-hill and anticlinal types of Lower Ordovician carbonate rock, overlapped stratigraphic type of the Carboniferous Donghe sandstone, faulted-anticlinal and anticlinal types of the Carboniferous, anticlinal and lithological types of Silurian sandstone. Ordovician oil and gas-bearing horizons are generally related to weathering crust, Silurian oil and gas accumulations are controlled by both structure and lithology, Carboniferous oil and gas accumulations are normally related to faults and unconformity. It is only by improving the technique of desert seismic exploration, the success ratio of oil and gas exploration could be increased, and giant oil and gas fields might be found in the pitching position of the uplift.