

文章编号:0253-9985(2007)06-0791-06

塔中隆起区中-下奥陶统顶不整合面油气运移分析和勘探潜力评价

周波^{1,3}, 王毅¹, 罗晓容², 云金表¹, 郑孟林¹

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083;

2. 中国科学院 地质与地球物理研究所, 北京 100029; 3. 中国地质大学 能源学院, 北京 100083)

摘要:将塔里木盆地中央隆起区中-下奥陶统顶不整合面作为目标层系,选择对该层有油气贡献的中-下寒武统烃源岩和中-下奥陶统烃源岩,针对两套烃源岩分别建立运移模式。其中,中-下寒武统烃源岩距离中-下奥陶统顶不整合面的垂向距离较远,运移模式以垂向为主,且主要是沿着断裂分布;而针对中-下奥陶统烃源岩则应用侵入逾渗理论模型来模拟其对中-下奥陶统顶不整合面的贡献,分析表明中-下奥陶统烃源岩对中-下奥陶统顶不整合面的油气贡献以侧向运移为主。最后,综合两套烃源岩的油气贡献分析认为塔中地区为最好的油气潜力区。

关键词:不整合面;油气运移;勘探潜力;中央隆起区;塔里木盆地

中图分类号:TE132

文献标识码:A

Hydrocarbon migration and exploration potential in the unconformities at the top of the Middle-Lower Ordovician in the central uplift belt, the Tarim Basin

Zhou Bo^{1,3}, Wang Yi¹, Luo Xiaorong², Yun Jinbiao¹, Zheng Menglin¹

(1. Research Institute of Petroleum Exploration & Production, SINOPEC, Beijing 100083, China;

2. Research Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

3. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Taking the top of the Middle-Lower Ordovician unconformity as the target, the source rocks in the Middle-Lower Cambrian and the Middle-Lower Ordovician were selected for their oil and gas contributions to establish hydrocarbon migration patterns. As the Middle-Lower Cambrian source rock is far from the top of the Middle-Lower Ordovician unconformity vertically, most of the hydrocarbons migrated vertically and distributed along the faults. While for the Middle-Lower Ordovician source rock, the invasion-percolation theoretical model was applied to characterize its contribution to the top of the Middle-Lower Ordovician unconformity and revealed that the hydrocarbon migration there is mainly lateral. Based on a comprehensive analysis of contributions of these two sets of source rocks, the Tazhong area is considered to be a favorable area for the hydrocarbon exploration.

Key words: unconformity; hydrocarbon migration; exploration potential; central uplift; Tarim Basin

油气运移一直以来都是石油地质学研究的薄弱环节^[1~5],而作为复杂叠合盆地的塔里木盆地,其油气运移特征尤为复杂。针对塔里木盆地的油气运移规律,前人曾以地球化学^[6~10]、油气疏导体系分析^[11,12]、不整合对油气运移的影响^[13,14]、构

造^[15]、火山作用^[16]等单方面,以及综合分析的角度^[17~20]对本区的油气运移规律进行过比较深入的研究。然而,目前尚未见到对某个目的层展开多因素运移动力学分析的研究。

本文以中-下奥陶统顶(以下简称T₇)不整合

收稿日期:2007-08-25。

第一作者简介:周波(1976—),男,博士后,石油地质。

基金项目:国家重点基础研究发展规划(973)项目(2005CB422100)。

面为对象,研究其油气运聚规律,选择对该目标有贡献的烃源岩,根据烃源岩的特点分别建立对应的运移模式,然后逐个展开分析,最后综合各个烃源岩生成烃类的运移特征,综合分析了该层系的勘探潜力。

1 构造背景

塔里木中央隆起区位于北部坳陷与南部坳陷之间,包括巴楚隆起、卡塔克隆起、塘古巴斯坳陷、古城墟隆起四大构造单元。巴楚隆起由西北向东南倾没,卡塔克隆起自东南向西北倾没,古城墟隆起自东北向西南倾没。中央隆起西与柯坪断裂及柯坪隆起相邻,北以吐木休克、塔中 I 号断裂及阿瓦提坳陷—满加尔坳陷为界,南界以色力布亚—玛扎塔格—玛东—塔中 5—塔中 22 井—塘古断裂带为界,塔东隆起北部以满加尔坳陷呈斜坡过渡,东南以民丰—且北断裂带为界,三大隆起构成了中央隆起区的构造格局。

2 运移模式分析

塔里木盆地中央隆起区发育多套烃源岩,不同层系油气运移的供烃源并不相同,目前对 T_4^1 不整合面油气运移有贡献的主力烃源岩有两套:中—下寒武统烃源岩和中—下奥陶统烃源岩。中—下寒武统烃源岩距离 T_4^1 不整合面较远,不整合与烃

源岩中间间隔巨厚的碳酸盐岩层系,因此,中—下寒武统烃源岩生成的烃类不可能直接注入 T_4^1 不整合面,而必须通过断裂垂向运移到达 T_4^1 不整合面,然后聚集成藏,故中—下寒武统烃源岩对 T_4^1 不整合面的供油方式应以垂向运移为主。和中—下寒武统烃源岩不同,中—下奥陶统烃源岩和 T_4^1 不整合面相接,其生成的烃类可以直接充注入该不整合面,故对于中—下奥陶统烃源岩而言,其运移的特点应该以侧向运移为主。

3 寒武系烃源岩油气运移综合分析

中—下寒武统烃源岩对 T_4^1 不整合面的油气贡献主要通过垂向运移,因此,油气运移主要受控于断裂分布、有效烃源岩的演化历史、圈闭分布和有利储层分布,其中将断裂作为控制油气运移的首要因素。

分析过程中选择了寒武系烃源岩的 3 个关键的成藏期:志留纪末、二叠纪末和白垩纪末,分别讨论了 3 个关键时期断裂分布范围对油气的控制,最后根据各期特点,按照下面 4 个关键因素匹配程度来划分油气运移有效区的级别,划分依据分别为:1) 油气运聚的期次;2) 断裂分布的部位;3) 圈闭位置;4) 有利储层的分布。

根据上述分类原则,将中央隆起区分为 3 类区块(图 1)。第一类区块为塔中地区,主要的依



图 1 中—下寒武统烃源岩烃类运移综合分析

Fig. 1 Comprehensive analysis on the hydrocarbon migration in the Middle-Lower Cambrian source rock

据是塔中地区长期处于生烃中心,且志留纪末开始就存在沟通烃源的断裂系统,并且区块内也有有利圈闭,且塔中地区的储层类型主要为Ⅰ类和Ⅱ类储层,有利于油气储集,故将该区定义为Ⅰ类运移区。第二类区域主要集中在玛扎塔格断裂、海米罗斯断裂和吐木休克断裂附近。该区域在二叠纪末和白垩纪末期都处于有利生烃中心,区域存在有利圈闭,且有沟通下伏中-下寒武统烃源岩的断层,同时储层多为Ⅰ类和Ⅱ类,有利于油气成藏。但是,由于志留纪末本区基本没有断裂,中-下寒武统烃源岩无法运移到 T_7^4 不整合面上来,因而少了一期的油气贡献,故划为Ⅱ类有利区。第三类地区范围比较小,主要位于和田河区块和卡2区块的西南角。该类地区和Ⅱ类地区一样,经历了两期油气生排烃过程,且处于断层附近,存在有利圈闭,但是该类地区的储层主要为Ⅱ类储层,且发育的有利圈闭较少,因此将本区划分为Ⅲ类地区。

总体上来讲,卡塔克地区被划为Ⅰ类地区,主要是该地区长期处于生烃中心之上,并且断裂发育。但是,该地区也有不利的因素,即多期构造运动使得原来的构造圈闭发生迁移破坏,古油藏也随之受到改造,很难判断出其移动方向,故此会增大勘探的难度。

4 中-下奥陶统有效烃源运移规律分析

中-下奥陶统烃源岩对 T_7^4 不整合面的油气贡献以侧向运移为主,因此,其油气运移评价方法和中-下寒武统不同。

在研究中-下奥陶统有效烃源的烃类运移过程中,利用了最新研究建立的非线性油气运移理论模型(侵入逾渗模型)^[21-23]。在运移模拟过程中,实际模拟使用的参数主要有:烃源岩位置、构造发育图、储层参数和断裂疏导性。其中烃源岩数据主要通过初始化烃源岩的位置,确定油气运移的源头;构造图采用直接数字化相对高程;储层主要是利用岩石孔渗参数,换算出岩石的孔喉半径;由于碳酸盐岩的断裂评价目前还没有相关报告资料,模拟中直接用断距大小来评价断层的疏导性。模拟工作针对中-下奥陶统烃源岩的3个关键成藏期展开:志留纪末、二叠纪末和白垩纪末。

志留纪末开始的油气运移,只有在断裂带的西部,由于断距小,油气穿过断裂带并最终到达了卡1区块,其他地区均被遮挡(图2,图中不同的颜色代表不同时间段的油气运移)。

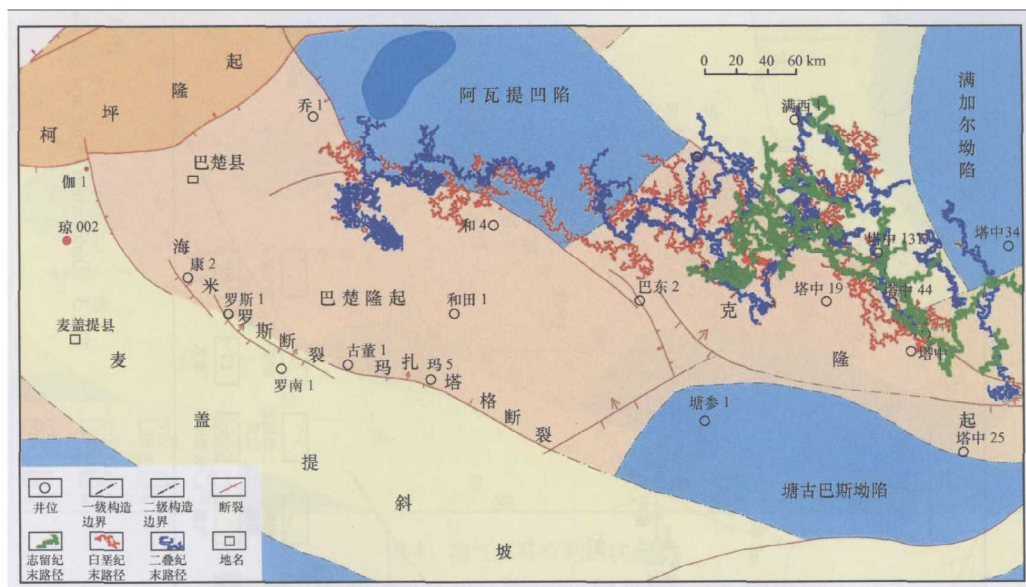


图2 T_7^4 不整合面油气运移模拟结果

Fig. 2 Simulation of hydrocarbon migration in the T_7^4 unconformities

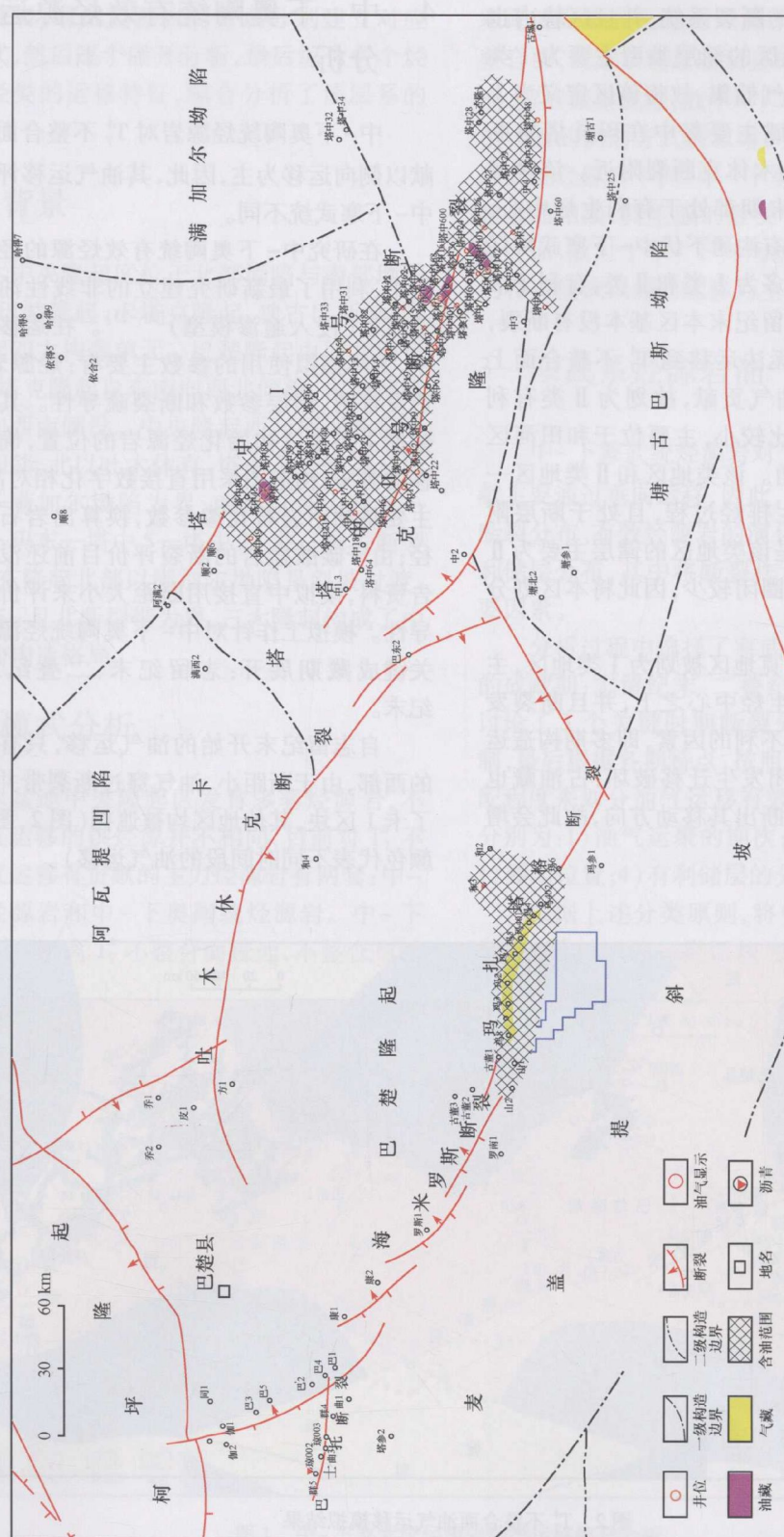


图 3 塔中隆起中 - 下奥陶统油气显示分布

到了二叠纪末,由于有效烃源岩范围的扩大,此时的油气运移规模加大。从图中可以看出,塔中地区油气运移的主体特点和志留纪末的运移特点差异不大,但巴楚地区在吐木休克断裂西部靠近的地方出现运移路径,很显然该区可以作为一个油气聚集的有利区块。

白垩纪末期,塔中地区油气运移和前两期特点相似。巴楚地区该时期的油气运移和二叠纪相比运移规模有所加强,在隆起的东部油气一度穿过了断裂,在阿瓦提凹陷的东部油气则直接到达了塔中2号断裂附近。

5 油气显示特征

为了进一步验证分析油气运移结果,有必要对本区油气显示情况进行分析。

从中央隆起区140(已收集)多口井中-下奥陶统油气显示级别分布来看(图3),塔中地区的油气显示较多,但塔中Ⅱ号带以南显示较差,油气主要分布在塔中Ⅱ号断裂带以北。巴楚地区地油气显示主要沿玛扎塔格断裂和巴士托油田分布。而其他地区虽然有钻遇中下奥陶统的地层但钻井数目太少,油气状况不明,总体显示较差。

另外,前人地化资料表明^①,塔中奥陶系的油

藏主要是沿着断裂主垒带从西向东运移,主体方向和隆起延伸方向一致,这和油气运移的结果相吻合。另外,油气显示特征也印证了油气运移的规律。

6 勘探潜力分析

依据烃类运移模拟分析,并结合本区油气勘探成果,按照油气勘探潜力的差异,将中央隆起区分为3类地区:第一类塔中地区;第二类玛扎塔格断裂、巴士托海米罗斯断裂和吐木休克断裂地区;第三类和田河地区(图4)。

塔中地区是塔里木盆地长期古隆起区,也是中-下寒武统烃源岩和中-下奥陶统烃源岩的油气运移长期指向区。该区不仅断裂比较发育,而且中-下奥陶统的储层孔渗性高。不足之处在于塔中地区的古隆起虽然自加里东时期就开始存在,但不同时期的构造变化较大,早期的圈闭绝大多数已经发生迁移破坏,甚至于完全消失,因此虽然塔中的主体隆起比较稳定,但局部构造调整较大,不利于大的构造油气藏存在。

玛扎塔格断裂、巴士托海米罗斯断裂和吐木休克断裂地区主力的供烃源为中-下寒武统烃源岩,平面上距离中-下奥陶统烃源岩较远,油气源

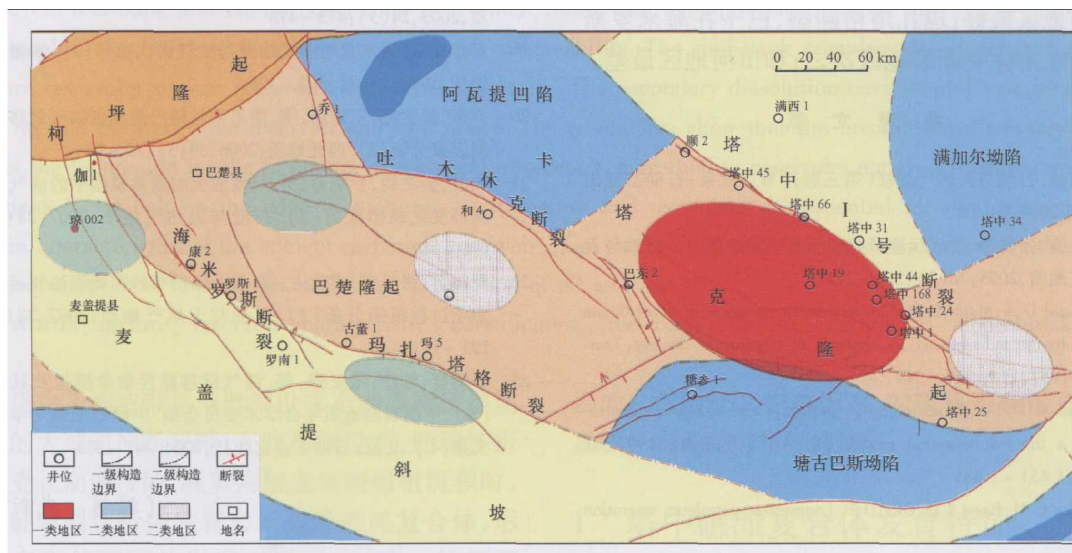


图4 油气运移有利区块分布

Fig. 4 Distribution of areas favorable for hydrocarbon migration

① 郑和荣,马安来,张仲培,等.塔里木盆地台盆区海相原油应力烃源岩研究.中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院,2005

不如塔中地区充足,但本地区储层条件相对较好,故将玛扎塔格断裂、巴士托海米罗斯断裂和吐木休克断裂作为第二类地区。虽然同为第二类地区,几个断层附近油气成藏的特点也不尽相同。玛扎塔格、巴士托和海米罗斯断裂附近的油气源为中-下寒武统烃源岩,油气运移的主要通道是断裂,因此油气勘探应主要考虑断层的作用,勘探的目标也必须靠近断裂。而吐木休克断裂西部(夏河区块)的油气源不仅有中-下寒武统烃源岩的贡献,同时还有中-下奥陶统烃源岩二叠纪末和白垩纪末的运移贡献,因此,进行油气勘探时不仅要考虑断裂控油的作用,同时还要考虑中-下奥陶统烃源岩对油气运移的贡献。

和田河地区主力的供烃源为中-下寒武统烃源岩,但由于储层物性相对较差,同时油气运移的规模也比较小,因此只能作为三类地区。

7 结论

通过针对塔里木中央隆起区 T_4^1 不整合面油气运聚特征的分析,并考虑本区油气显示特征,最终将中央隆起区按照油气勘探潜力的级别划分为3类地区:塔中地区,玛扎塔格断裂、巴士托海米罗斯断裂和吐木休克断裂地区,以及和田河地区,其中塔中地区最好;玛扎塔格断裂、巴士托海米罗斯断裂和吐木休克断裂地区次之;和田河地区最差。

参 考 文 献

- 李明诚. 石油与天然气运移(第三版)[M]. 北京:石油工业出版社,2004. 1~10
- 金之钧,张发强. 油气运移研究现状及主要进展[J]. 石油与天然气地质,2005,26(3):263~271
- England D A, Mann D M. The movement entrapment of petroleum fluid in the subsurface[J]. Journal of Geological Society, London, 1987, 114: 327~347
- Hindle A D. Petroleum migration pathways and charge concentration: a three-dimensional model[J]. AAPG Bulletin, 1997, 81(9):1451~1481
- Bethke C M, Reed J D, Oltz D F. Long-range petroleum migration in the Illinois basin[J]. AAPG Bulletin, 1991, 75(50):925~945
- 尚雅珍,王保才,解晨,等. 塔中地区油气运聚特征[J]. 海相油气地质,2004,9(1):97~104
- 陈元状,刘洛夫,陈利新,等. 塔里木盆地塔中、塔北地区志留系古油藏的油气运移[J]. 地球科学——中国地质大学学报,2004,29(4):473~482
- 刘洛夫,霍红,李超,等. 利用咪唑类化合物研究油气的运移——以塔里木盆地环阿瓦提凹陷志留系古油藏为例[J]. 石油实验地质,2006,28(4):366~369
- 吕修祥,胡轩. 塔里木盆地塔中低凸起油气聚集与分布[J]. 石油与天然气地质,1997,18(4):288~293
- 刘洛夫,康永尚. 运用原油吡咯类含氮化合物研究塔里木盆地塔中地区石油的二次运移[J]. 地球化学,1998,27(5):475~482
- 高先志,吕双兵. 塔中地区古生界油气疏导体系与油气运聚模式[J]. 天然气工业,2006,26(10):9~11
- 陈强路,黄继文. 塔河油田油气疏导体系与运聚模式[J]. 新疆石油地质,2004,25(2):143~146
- 何登发. 塔里木盆地的地层不整合类型及其与油气藏的关系[J]. 石油学报,1995,16(3):42~44
- 吴亚军,张守安,艾华国. 塔里木盆地不整合类型及其与油气藏的关系[J]. 新疆石油地质,1998,19(2):101~105
- 曾海容,宋惠珍,贾承造. 塔中地区新生代构造应力场模拟及油气运聚[J]. 石油勘探与开发,1996,23(1):17~22
- 徐汉林,方乐华,张昕,等. 塔里木盆地早二叠世岩浆特征及其对油气成藏关系初探[J]. 地球学报,2006,27(3):235~240
- 陈志勇,夏斌,李启明,等. 塔里木盆地桑塔木地区油气聚集规律研究[J]. 天然气地球科学,2006,17(3):361~365
- 韩丙星. 中国含油气盆地中的油气再次运移[J]. 新疆石油地质,2003,24(5):473~478
- 安作相. 塔里木盆地油气勘探与油气再次运移[J]. 新疆石油地质,1998,19(3):192~196
- 尹微,樊太亮,王宏语,等. 塔里木盆地巴楚地区油气运移的控制因素分析[J]. 西北地质,2006,39(3):75~82
- 周波,金之钧,罗晓容,等. 尺度放大时逾渗模型中的油气运移路径变化规律探讨[J]. 石油与天然气地质,2007,28(2):175~180
- 罗晓容,张立宽,廖前进,等. 埕北断阶带沙河街组油气运移动力学过程模拟分析[J]. 石油与天然气地质,2007,28(2):191~197
- 罗晓容,喻建,张发强,等. 油气运移路径数学模拟及其应用[A]. 中国石油地质年会学术委员会编. 中国石油地质年会论文集[C]. 北京:石油工业出版社,2004. 347~359

(编辑 武新民)