

文章编号: 1009-6248(2006)03-0075-08

塔里木盆地巴楚地区油气运移的控制因素分析

尹微, 樊太亮, 王宏语, 曾清波

(中国地质大学, 北京 100083)

摘要: 影响巴楚地区油气运移的因素有断裂、不整合面及输导层。断裂是油气进行垂向运移的主要通道, 而不整合面和输导层是油气进行侧向运移的主要通道。断裂的3次形成期为加里东期、华力西晚期和喜山期。后两期断裂规模较大、组合样式以背冲式为主, 对油气的垂向运移、聚集成藏起到重要作用。3期较大的不整合面有T74界面、T70界面和T60界面。不整合面与上下地层之间存在3种接触关系: 平行接触、削截接触和超覆接触, 其中超覆接触关系具有最强大的输导能力。输导层有石炭系和志留系底部的连通砂体及下奥陶统顶部的岩溶。巴楚地区3次构造运动决定3次油气成藏, 华力西晚期和喜山期的构造运动对加里东期形成的油气藏进行调整形成现今的油气分布格局。

关键词: 断裂; 不整合面; 输导层; 油气运移; 控制因素

中图分类号: TE12 文献标识码: A

油气运移通道研究是近年来石油地质学的一个重要研究方向, 是贯穿整个生、运、聚过程的纽带, 同时也是油气地质研究领域的薄弱环节。油气运移通道是决定油气在地下向何处运移、在何处成藏、成藏规模及成藏类型的重要因素。近年来, 国内外学者对油气运移通道进行了一系列的研究。塔里木盆地巴楚地区油气运移通道类型较多, 分布较广, 为了很好的指导勘探, 确定有利聚集区带, 进行油气运移通道研究是油气成藏方面一个必不可少的工作环节。

1 区域地质概况

巴楚隆起位于塔里木盆地中央隆起带西段, 面积4.3万km²。东与塔中隆起相邻; 西北以柯坪—沙井子断裂与柯坪断隆为界; 东北以阿恰—吐木休克断裂北段与阿瓦提凹陷为界; 西南以色力布亚—玛扎塔格断裂与麦盖提斜坡为界; 东南与塘古巴斯凹

陷相连。巴楚隆起是夹持在阿恰—吐木休克断裂带和色力布亚—玛扎塔格断裂带之间的大型背冲断隆(余晓宇等, 2003)。巴楚断隆东西分段: 西段呈NNW向展布, 由西向东依次为西部凹陷、中部凸起和东部斜坡; 东段呈NW向展布, 南北呈两凸夹一凹的格局, 即南部的玛扎塔格断褶带、中部宽缓的大型向斜和北部的吐木休克断褶带(刘高波, 2004)(图1)。

2 油气运移的控制因素

2.1 断裂

断裂是油气在地质空间中进行垂向运移的有效通道网络, 它是盆地或生油凹陷中生成的油气向古隆起之上各种类型圈闭进行运移的主要通道。断裂作为油气运移通道受其活动期及组合样式的影响(刘宗林等, 2004)。

收稿日期: 2006-01-06; 修回日期: 2006-12-04

基金项目: 国家重点基金项目“973”项目支持(2005CB422103)

作者简介: 尹微(1979-), 女, 博士生, 能源地质工程专业, 现就读于中国地质大学(北京)能源学院。E-mail: yinwei600@163.com

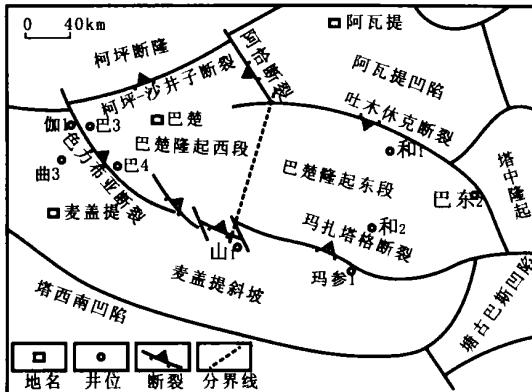


图1 塔里木盆地巴楚隆起位置图

Fig. 1 Location map of Bachu uplift in Tarim basin

2.1.1 巴楚地区断裂活动期

通常处于活动期的断裂较易起到运移油气的作用,因此研究断裂的活动期显得尤为重要。塔里木盆地巴楚隆起经历了多期强烈的构造运动,使该区上古生代—中生代地层大部分缺失,新生界直接覆盖在古生界之上。因此,关于巴楚隆起的形成以及控制隆起发育的断裂系统的时间难以厘定,导致了有争议的多期活动的观点。

肖安成(2005年)等通过对巴楚隆起北缘的柯坪冲断带进行研究之后,发现控制巴楚隆起的断裂向北延伸并进入柯坪冲断带内部,与柯坪冲断带的晚期断裂成大角度相交,这些断层可以进行空间上的准确对比(肖安成等,2002)。他认为巴楚隆起的断裂主要形成于中新世,柯坪冲断带的断裂主要形成于上新世和第四纪。贾承造(1999年)和庄培仁(1996年)等人持另一种观点,他们认为玛扎塔格等南部断裂的活动期可追溯至加里东中期,而该区的主要断裂形成于华力西晚期和喜马拉雅期(贾承造,1999;庄培仁等,1996)。后者为大多数学者所持的观点。通常,加里东中期形成的断裂规模较小,延伸层位较少。仅断开震旦系、寒武系,部分断裂断开下奥陶统。断裂集中分布在巴楚隆起东南部的吐木休克断裂带和玛扎塔格断裂带之间。对中下寒武统烃源岩的垂向运移起到一定作用,但是由于其穿越层位较少,限制了它的输导能力。加里东期断裂与后期断裂相比规模太小,有时对它们的作用忽略不计。

华力西晚期形成的断裂多沿巴楚隆起边缘分布,为控制巴楚隆起边界的深大断裂。延伸数百千米,向下深切至寒武系或更老地层,平面上呈弧形。北边的吐木休克、阿恰断裂,南边的玛扎塔格断裂,东边的色力布亚-海米罗斯断裂都属此类。该期断裂后期经喜山期运动影响,它们的共同点为伸入基底,纵向上穿越层位较多,能够很好的沟通油气,是油气垂向运移的有利通道。

喜山期为该区断裂的第三次活动期。一部分断裂沿着华力西晚期形成的断裂活动,另一部分为隆起内部断裂,起到分割巴楚隆起局部构造的作用。整个喜山期形成的断裂规模中等,延伸长度一般数十千米,切割深度较华力西期断裂浅,是构造断褶带的重要组成部分。北部的卡拉沙依断裂、中部的古董山断裂、南部的玛扎塔格北部断裂、西北部的曲许盖断裂和三岔口断裂等都属于这类。该期断裂活动强度较大,对先期断裂有很大的改造作用。在输导能力上,对华力西期断裂是一个很好的补充(图2)。

2.1.2 巴楚地区断裂的组合样式

不同的断裂组合样式对油气的垂向运移起到不同的作用。巴楚地区常见的断裂组合样式有背冲式断裂组合、对冲式断裂组合和同向逆冲式断裂组合。

(1) 背冲式断裂组合:背冲式断裂组合样式在巴楚地区最常见。玛扎塔格、色力布亚、古董山、曲许盖、吐木休克及阿恰断裂带都属这种组合样式。在这类断裂组合中,两条断裂逆冲方向相背,走向平行,倾向相反,共有一个上盘。背冲的结果是两条断裂在剖面上形成“Y”字型或反“Y”字型结构。有时,在断裂的下部两条断层并不相交,属于最简单的背冲式组合样式。

(2) 对冲式断裂组合:在巴楚隆起,对冲式断裂组合较为少见,规模较小。在这类断裂组合中,两条断裂逆冲方向相对,走向相同,倾向相反,共有一个下盘。当两条断裂在上部相交时,形成“入”字型或是反“入”字型结构。

(3) 同向逆冲式断裂组合:同向逆冲式断层组合是指在逆冲断裂上盘附近,近于平行地发育另一条逆冲断裂,两断裂走向、倾向相近。巴楚断隆上吐木休克断裂和卡拉沙依断裂构成较典型的同向逆冲式断裂组合样式(图3)。

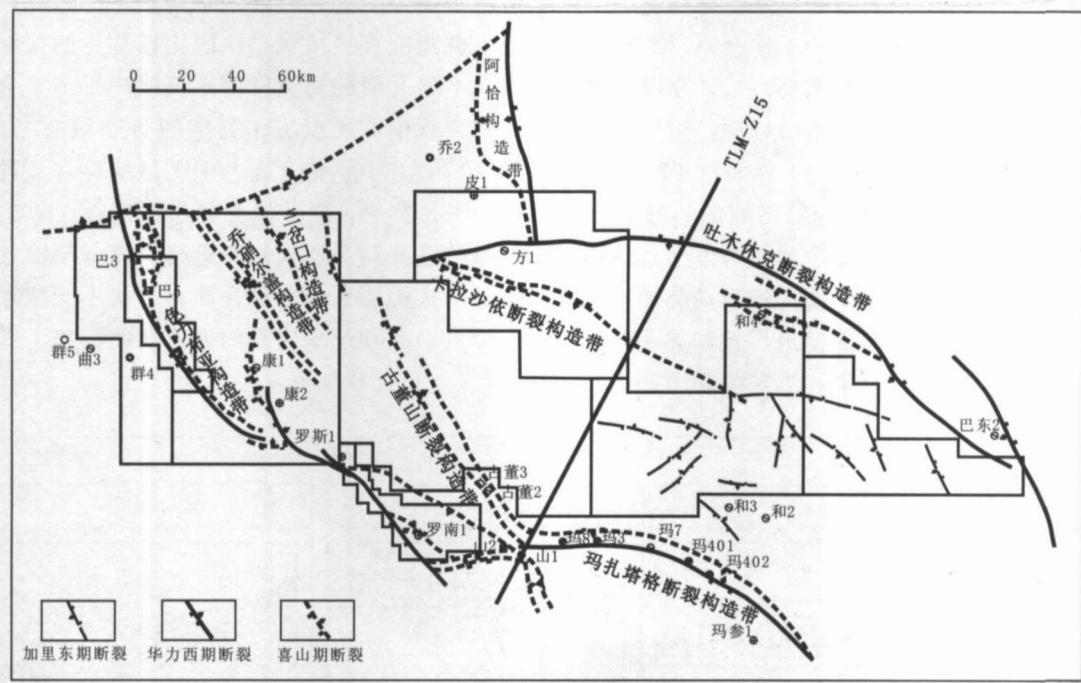


图2 塔里木巴楚地区断裂分类图

Fig. 2 Distribution map of faults in Bachu area of Tarim basin

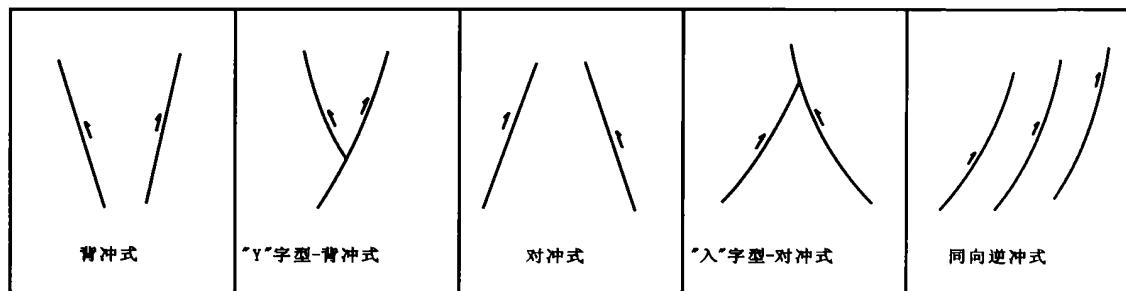


图3 塔里木巴楚隆起断层组合样式图

Fig. 3 Combination map of faults in Bachu uplift of Tarim basin

在以上3种断裂组合中, 背冲式是最有利的组合样式。玛扎塔格、吐木休克等主干断裂伸入基底, 很好的沟通中下寒武统烃源岩, 使烃源岩发生垂向运移。油气在向上运移过程中, 进入次级断裂, 次级断裂起油气运移的辅助作用, 促进油气的垂向运移。另外, 两条断裂夹持的断垄具有完好的背斜形态, 当油气从烃源岩向上运移时, 在运移通道上的有利区带内聚集成藏。和田河气田和鸟山气田都属于上述圈闭类型。另外几种组合关系不管从运移通道上, 还是从圈闭上都不具备背冲式组合样的优势, 因此背冲式是最有利的组合样式(姜素华等,

2004)。

2.2 不整合

不整合面作为油气运移通道是由于地壳抬升并遭受长期风化剥蚀形成了具有一定渗透能力的岩层。通常, 不整合面渗透性好、分布范围广, 能把不同时代、不同岩性地层连接起来(赵忠新等, 2002), 是油气进行侧向-斜向运移的有利通道(王立社等, 2005)。

巴楚地区发育3期主要不整合: ①中上奥陶统与下伏地层之间的不整合面(T 74界面)。该界面形成于加里东中期, 分布范围很广。当时地势西高东

低, 因此在乔2、和4、巴东2井以西不整合更加发育。②志留系与下伏地层之间的不整合面(T70界面)。形成于加里东中晚期, 该期构造运动在巴楚地区非常强烈, 使玛扎塔格—古董山以西一带的中上奥陶统被剥蚀殆尽, 致使该区T74界面与T70界面合二为一。③石炭系与下伏地层之间的不整合面(T60界面)。华力西早期构造运动在塔里木盆地波及范围广、剥蚀量大。由于多期构造运动叠加, 同一套地层遭到多期剥蚀, 从而使地层接触关系复杂化。加里东中期到华力西早期, 巴楚隆起南部玛扎

塔格断裂带附近一直处于暴露状态。因此, 石炭系与下奥陶统直接接触是该区比较常见的接触关系。

不整合面的通道作用不仅取决于不整合的性质及发育规模, 还取决于其空间分布状态(付广等, 2001)。通常, 不整合面与上下地层存在3种接触关系: 平行接触、削截接触和超覆接触(图4)。平行接触关系有利于油气侧向运移, 而呈削蚀接触关系和超覆接触关系的不整合面对下伏不同层系的地层跨度大, 有利于多层次系的油气向此汇集。

2.2.1 平行接触关系

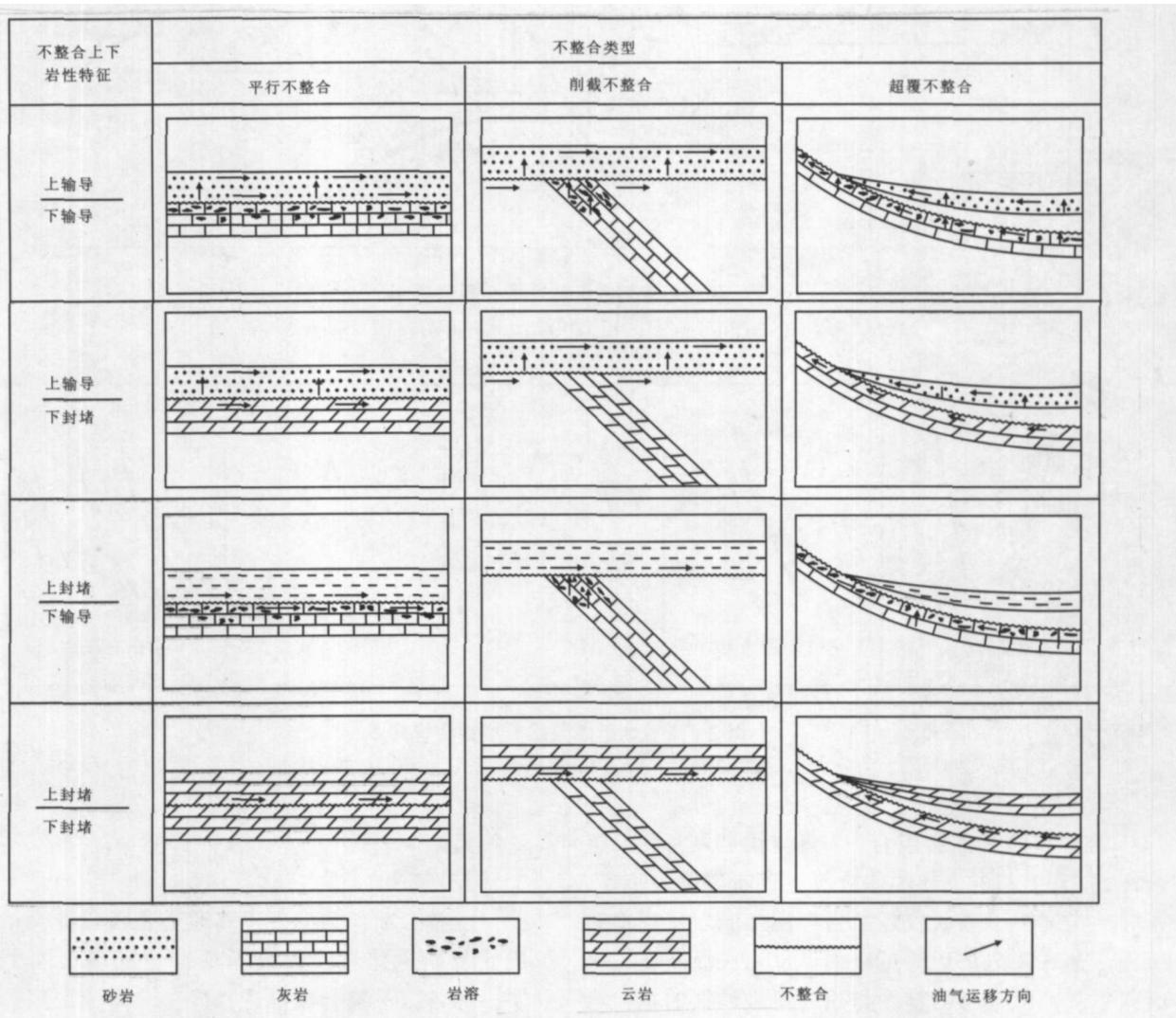


图4 塔里木盆地巴楚隆起不整合面上下岩性接触关系

Fig. 4 Contact relation of lithology near unconformity in Bachu uplift of Tarim basin

平行接触是最简单的接触关系, 也是最常见的接触关系。T90界面和T74界面在全区都属于平行接触关系, 而T60界面、T54界面和T50界面仅在

卡拉沙依断裂以北及吐木休克断裂以南的局部地区属于这种接触关系(图5)。可以根据不整合面上下地层的输导能力将不整合面与其上下岩性之间的配

置关系分为4种类型: 上输导/下输导, 上输导/下封堵, 上封堵/下输导, 上封堵/下封堵。对于上输导/下输导型岩性配置关系, 油气可以先在不整合面下的输导层内做垂向运移, 到达不整合面后, 一部分可以在上输导层内继续做垂向运移, 另一部分则沿着不整合面和上输导层做侧向运移。对于上输导/下封堵型配置关系, 如果烃源岩并非与不整合面直接接触, 油气需要先沿垂向运移通道运移到不整合面, 否则不整合面并不起侧向运移通道作用。上封堵/下输导型配置关系类似于第一种配置关系, 但是不同的是一旦油气被运移到不整合面之后, 油气只能做侧向运移, 只有遇到其他的垂向运移通道时, 才有可能发生垂向运移, 适合油气长距离侧向运移。上封堵/下封堵型配置关系类似于第二种配置关系, 只有油气通过其他运移通道运移到不整合面之后, 油气才能沿着唯一的运移通道—不整合面做侧向运移。总之, 不整合面之下为输导层时, 更有利于油气的运移, 会更好的发挥不整合面的作用; 不整合面之上为封堵层时, 会防止油气逸散, 但是会使油气的输导能力大大降低。

2.2.2 削截接触关系

不整合面上下的岩性配置关系同样可以分为上述4种类型。这种接触关系见于玛扎塔格断裂带以北的T60界面与上下地层之间的关系(图5B, 5C)。该接触与平行接触不同的是, 不整合面之下为倾斜地层。如果倾斜地层具有输导能力, 可以沟通深部油气向上运移, 促进不整合面对油气的运移。如果倾斜地层不具备输导能力, 那么削截接触关系与平行接触关系具有类似的油气输导能力。

2.2.3 超覆接触关系

此类接触关系兼具平行接触和削截接触的共性。这种接触关系见于吐木休克断裂以北的三叠系顶部不整合面与上下地层之间的接触关系(图5C)。超覆接触关系的不整合面呈倾斜状态, 如果不整合面之下为非渗透性地层时, 深部油气可以沿着不整合面向上运移, 不整合面起到斜向运移通道的作用。当不整合面之下为渗透性地层时, 渗透层和不整合面共同组成油气输导体系, 对油气运移起到非常重要的作用。可见, 超覆接触关系具有最强大的输导能力。其次为削截接触关系。平行接触关系具有最差的输导能力。

2.3 输导层

巴楚地区除了断裂和不整合外, 输导层也对油气运移起到很大作用。巴楚地区能够作为油气运移通道的输导层有两类: 连通砂体和碳酸盐岩孔—缝—洞。

连通砂体以连通孔隙作为油气运移通道, 是油气在地下进行侧向运移常见的输导体系。在这种输导体系中, 油气运移通道的有效性取决于连通砂体的孔渗性能(付广等, 2001), 孔渗性能好则对油气的运移有利。在巴楚地区, 除玛扎塔格断裂带周围, 其余地区东河砂岩大面积发育, 对油气的侧向运移起到积极的促进作用。东河砂岩是早石炭世初期, 海水由西向东侵入时沉积的一套砂砾岩地层, 由东向西增厚, 厚度为30~100 m, 成为油气进行侧向运移的良好通道。志留系底部存在沥青砂岩, 说明该段砂岩曾经对油气运移起到重要作用。

巴楚地区灰岩发育, 其暴露地表遭受地表水淋滤, 灰岩中的 Ca^{2+} 被 Mg^{2+} 取代, 由于 Mg^{2+} 半径明显小于 Ca^{2+} 的半径, 形成岩溶孔洞。这是巴楚地区奥陶系和石炭系碳酸盐岩中溶蚀孔、洞、缝极为发育的主要原因。奥陶系岩溶主要分布在巴楚西南部的玛扎塔格、色力布亚断裂带周围。石炭系岩溶主要分布在色力布亚断裂带中部。岩溶对油气的输导作用体现在垂向—侧向运移方面。

3 巴楚地区油气成藏解析

巴楚地区存在华力次成藏期: 一是加里东晚期—华力西早期, 在中下寒武统内形成自生自储型油气藏。二是华力西晚期, 该时期由于周缘断裂的形成使下部油气得以向上运移形成第二期油气藏。三是喜山期, 构造运动非常剧烈, 对华力西期形成的油藏进行调整最终成藏。通过分析剖面TLM-Z15的演化史来研究巴楚隆起的成藏期次。剖面位置如图2所示。

加里东晚期—华力西早期, 全区遭受风化剥蚀形成T74、T70不整合面。由于地势西南高、东北低, 因此西南部剥蚀程度比东北部剥蚀程度更强, 并且在玛扎塔格断裂带以南T74和T70不整合面合二为一。该时期, 分布于巴楚隆起的中下寒武统烃源岩开始大量排烃, 由于没有垂向运移通道, 油气只能在中下寒武统层内做侧向运移, 油气指向区为巴楚隆起西南部(图5A)。

华力西晚期，西南部继续抬升，玛扎塔格和吐木休克断裂形成，使巴楚隆起初具规模。巴楚隆起在南部由3大构造单元组成：中部凹陷区、北部由吐木休克断裂控制的断褶带和南部由玛扎塔格断裂控制的断褶带。由于华力西早期油气的调整，加之玛扎塔格断裂的形成使油气顺着玛扎塔格断裂向上运移。在向上运移的过程中，遇到不整合面T 74、T 60、T 54、下奥陶统岩溶及东河砂岩之后做侧向运移。在侧向运移过程中进入有利圈闭进行聚集成藏。该时期中下寒武统烃源岩处于少量生烃期，对于南部油

源是一个补充。而对于吐木休克断裂附近，华力西晚期生成的油气是唯一的油气供给。油气顺着吐木休克断裂向上运移，由于吐木休克断裂附近不存在有利圈闭，油气难以聚集，顺着吐木休克断裂逸散地表（图5B）。

喜山期，构造运动非常剧烈。玛扎塔格断裂北翼、色力布亚断裂及鸟山断裂带形成，它们的形成不仅使巴楚隆起构造格局更加明显，而且对前期形成的古油藏进行调整，使油气重新聚集成藏。该时期，中下寒武统烃源岩处于大量排气期，为鸟山气

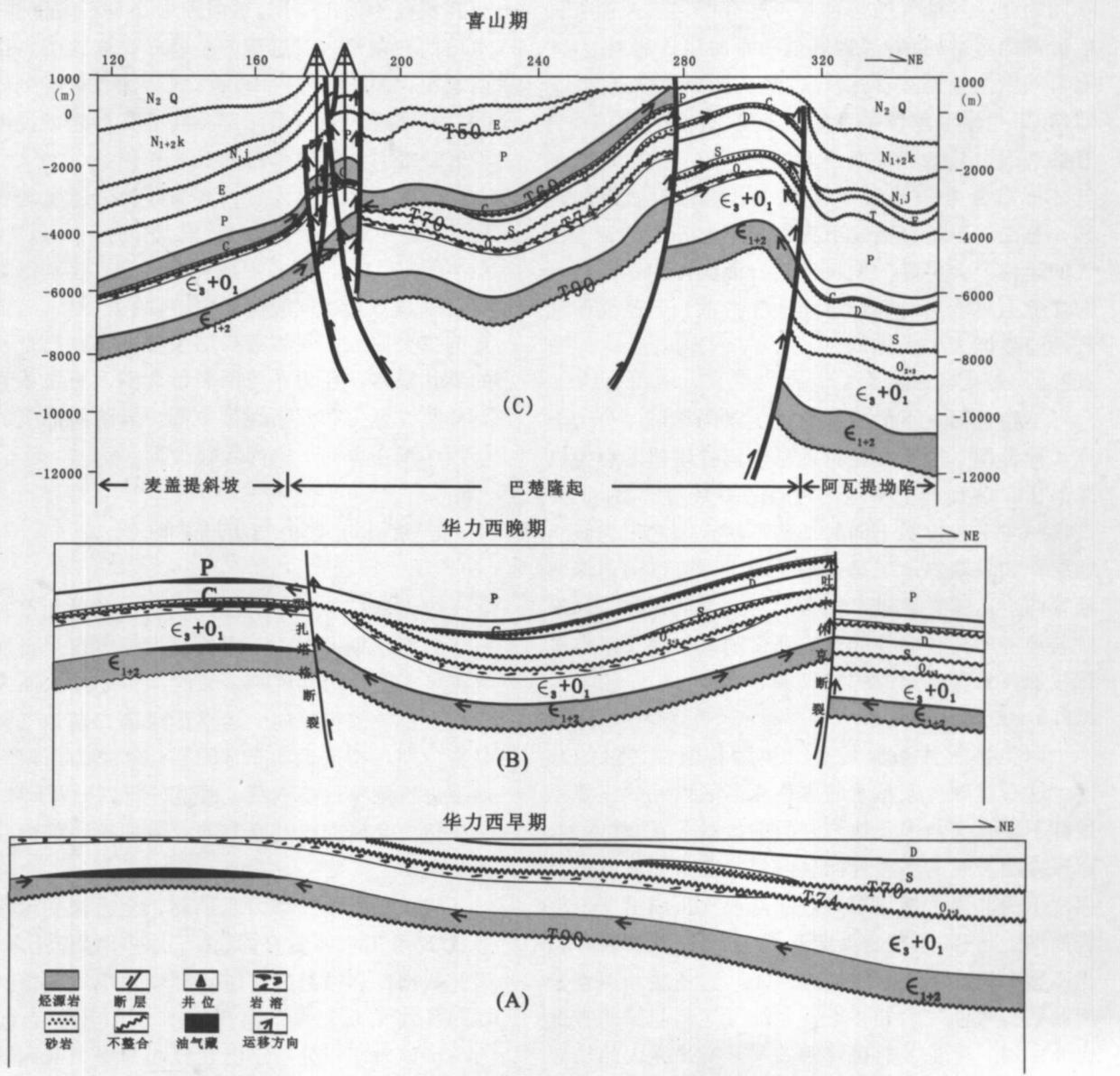


图5 塔里木盆地巴楚隆起TLM-Z15测线演化史剖面

Fig. 5 Evolution section of line TLM-Z15 in Bachu uplift of Tarim basin

田提供充足的气源。鸟山断裂伸入基底, 可将油气向上运移, 加之鸟山构造具有良好的储集性能, 因此在下奥陶统顶部形成鸟山气田。同时, 石炭系烃源岩开始大量排烃, 在玛扎塔格断裂以南石炭系与下奥陶统直接接触, 是中下寒武统油气源的良好补充。古董1井为低产工业油井, 原因一为鸟山断裂、玛扎塔格断层屏蔽作用导致油源不足所致。原因二为控制古董1井的两条断裂直接暴露地表, 造成油气逸散。原因三为该区高点形成时间为喜山期。此时, 中下寒武统烃源岩主生油期已过, 而现今是该套烃源岩大量排气期, 由于天然气的逸散能力太强, 大部分天然气会顺着断裂逸散, 只有少量天然气在局部高点聚集成藏(图5C)。这是古董1井没有成为工业油井的原因。

4 结 论

(1) 加里东期、华力西晚期和喜山期3次大的构造运动直接导致巴楚地区3期断裂的形成。华力西晚期形成的断裂得以使先期形成的油气向上运移, 因此该区构造运动对巴楚地区油气聚集成藏起到决定性作用。

(2) 对油气进行侧向运移起重要作用的不整合面有T74界面、T70界面和T60界面。它们与上下地层之间的接触关系直接影响油气的输导能力。最终得出, 超覆型接触关系为最有利的接触关系类型。

(3) 输导层不仅可以作为油气运移的通道, 而且可以作为油气聚集的有利区。

(4) 巴楚地区存在3次成藏期: 加里东晚期、华力西晚期和喜山期。由于后两期深大断裂的形成使前期形成的油气能够做垂向运移, 因此后两期油气成藏可以称之为巴楚地区的主成藏期。

参考文献:

- 余晓宇, 施泽进, 刘高波. 巴楚-麦盖提地区油气成藏的输导系统 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24 (4): 346.
- 刘高波, 施泽进, 余晓宇. 巴楚-麦盖提的区域构造演化与油气分布规律 [J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2004, 31 (2): 157.
- 刘宗林. 车镇凹陷油气成藏动力学系统 [J]. 西北地质, 2004, 37 (4): 23.

- 肖安成, 杨树锋, 王清华, 等. 塔里木盆地巴楚-柯坪地区南北向断裂系统的空间对应性研究 [J]. 地质科学, 2002, 37 (增刊): 64-72.
- 贾承造. 塔里木盆地构造特征与油气聚集规律 [J]. 新疆石油地质, 1999, 20 (3): 177-183.
- 庄培仁, 常志忠. 断裂构造研究 [M]. 北京: 地震出版社, 1996: 113-160.
- 姜素华, 李涛, 姜雨. 次生断层对飞雁滩地区馆陶组石油运移和聚集影响的模拟实验研究 [J]. 西北地质, 2004, 37 (4): 96.
- 姜素华, 姜雨, 覃忠校. 复杂断块油田弧形断层对油气的聚集作用——以东辛油田东营组油藏为例 [J]. 西北地质, 2004, 37 (4): 27-31.
- 赵忠新, 王华, 郭齐军, 等. 油气输导体系的类型及其输导性能在时空上的演化分析 [J]. 石油实验地质, 2002, 24 (6): 527-530.
- 王立社, 夏林圻, 董云鹏. 天山地区下石炭统与下伏地层角度不整合接触的地质意义 [J]. 西北地质, 2005, 38 (1): 28-29.
- 付广, 薛永超, 付晓飞. 油气运移输导系统及其对成藏的控制 [J]. 新疆石油地质, 2001, 22 (1): 24.

References:

- She Xiaoyu, Shi Zejin, Liu Gaobo. Pathway system of oil and gas migration in Bachu Maigaiti area [J]. Oil&gas geology, 2003, 24 (4): 346.
- Liu Gaobo, Shi Zejin, She Xiaoyu. Regional tectonic evolution and distribution of Bachu-Markit [J]. journal of Chengdu university of technology (science&technology edition), 2004, 31 (2): 157.
- Liu Zonglin. Dynamic systems for pool formation of Chezhen Sag [J]. Northwestern geology, 2004, 37 (4): 23.
- Xiao Ancheng, Yang Shufeng, Wang Qinghua. Corresponding relation of S-N-striking fault systems in the Bachu-Kalpin area, Tarim basin [J]. Chinese journal of geology, 2002, 37: 64-72.
- Zhuang Peiren, Chang Zhizhong. Research on fault structure [M]. Seismology press, Beijing, 1996: 113-160.
- Jiang Suhua, Li Tao, Jiang Yu. An experiment study on influence of subfault to petroleum migration and accumulation of Guantao Formation of Feiyantan area [J]. Northwestern geology, 2004, 37 (4): 96.
- Jiang Suhua, Jiang Yu, Qin Zhongxiao. Arcuate faults in

complex fault block oil field and its relation to the accumulation of oil and gas——Taking Dongying Formation of Dongxin Oil Field as an example [J]. *Northwestern geology*, 2004, 37 (4): 27-31.

Zhao Zhongxin, Wang Hua, Guo Qijun. Types of passage system and analysis of evolution of its capabilities in temporal and spatial range [J]. *Petroleum geology & experiment*, 2002, 24 (6): 527-530.

Wang Lishe, Xia Linqi, Dong Yunpeng. Geological meaning of unconformity of dip between the Lower Carboniferous strata and its underlying strata [J]. *Northwestern geology*, 2005, 38 (1): 28-29.

Fu Guang, Xue Yongchao, Fu Xiaofei. On oil gas migration systems and their control over the formation of reservoir [J]. *XJPG*, 2001, 22 (1): 24.

Controlling Factors of Hydrocarbon Migration in Bachu Area of Tarim Basin

YIN Wei, FAN Tai-hiang, WANG Hong-yu, ZENG Qing-bo

(*China University of Geosciences, Beijing 100083, China*)

Abstract: The factors that affect hydrocarbon migration are fault, carrier bed and unconformity in Bachu area. Fault is the main pathway of oil-gas migration in the vertical direction, and unconformity and carrier bed are the main ones of oil-gas migration in the parallel direction. Faults formed in the Caledonian stage, the Late Hercynian Stage and the Himalayas Stage. The scale of the fault of the Late Hercynian Stage and the Himalayas one is more biggish, and the main combination is the thrust. The two latter play important roles in the vertical migration, and accumulation of the oil-gas. The three main unconformities are T74 boundary, T70 one and T60 one. The relation of unconformity with around beds is parallel one, truncation one and overlap one. The overlap one has the best migration ability. Carrier bed includes the sandstone in the bottom of Carboniferous-Siberian system and the karst in the top of the lower Ordovician system. Three times structure movements decided three times hydrocarbon accumulation in Bachu area, and the oil-gas formed in the Caledonian Stage was adjusted by the structure movements in the Late Hercynian Stage and the Himalayas Stage, then formed the distribution of the oil-gas nowadays.

Key words: fault; unconformity; carrier bed; hydrocarbon migration; controlling factor