

塔里木盆地塔中低凸起奥陶系

碳酸盐岩油气成藏

刘克奇^{1,2}, 金之钧³, 吕修祥¹, 蔡忠贤⁴

(1. 石油大学 盆地与油藏研究中心, 北京 102249; 2. 中国石化 胜利油田 东辛采油厂, 山东 东营 257094;
3. 中国石化 石油勘探开发研究院, 北京 100083; 4. 中国地质大学, 湖北 武汉 430074)

摘要:塔里木盆地塔中低凸起是中央隆起带的一个次级构造单元,可分为塔中 1 号断裂构造带、塔中北坡及中央断垒带 3 个构造单元。作为一个长期发育的继承性隆起,其构造演化经历了 7 个阶段。多次隆升和沉降也造就了多套有利储盖组合,形成了丰富的、多种类型的圈闭;多期区域性不整合面和区域性大断裂的发育也为油气运移聚集提供了优良场所和通道。塔中地区是油气运聚、富集的有利地区。奥陶系圈闭具有近水楼台先得月的优势,形成了多个油气藏。塔中 1 号断裂构造带是最为有利的油气聚集区,塔中北坡次之,中央断垒带最差。塔中 1 号断裂带依然是下一步勘探的重中之重。

关键词:油气成藏;碳酸盐岩;奥陶系;塔中低凸起;塔里木盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

塔中低凸起位于新疆塔里木盆地塔克拉玛干大沙漠腹地,是中央隆起带的一个次级构造单元,其西为巴楚低凸起,东为塔东低凸起,北为满加尔坳陷,南为塘古孜巴斯坳陷。塔中低凸起分为塔中 1 号断裂构造带、塔中北坡及中央断垒带 3 个构造单元(图 1)。该区勘探工作始于 1983 年,钻探工作始于 1989 年。自从 1989 会战以来,塔里木石油勘探开发指挥部、中国石油勘探开发科学研究所及石油大学等都对塔里木油气分布规律进行了研究^[1~14]。1989 年塔中 1 井在下奥陶统碳酸盐岩潜山中获得高产油气,开辟了塔中低凸起寻找碳酸盐岩油气藏的新纪元。根据塔中低凸起的成藏条件及油气充注史,提出塔中地区油气藏主要有一次成藏和多次成藏 2 种成藏模式。

1 成藏条件

塔中低凸起是一个长期发育的继承性隆起,纵向上可分为明显的两大构造层:震旦—泥盆系构成下构造层,构造总体面貌表现为巨型复式台背斜;石

炭—第四系构成上构造层,构造总体面貌表现为巨型鼻状隆起。其构造演化经历了以下 7 个阶段:1)震旦—寒武—奥陶纪拉伸沉降,接受沉积时期。在震旦纪至奥陶纪期间,满加尔坳陷和塘古孜巴斯坳陷是一个统一的坳陷;2)奥陶纪末期,早加里东运动,塔中隆起雏形出现。奥陶纪晚期,塔中隆起的雏形出现,在隆起顶部开始出现断垒式或单斜式背斜,这是塔中隆起最早形成的圈闭,巨厚的中上奥陶统暗色泥岩被剥蚀殆尽,部分下奥陶统灰岩也被剥蚀,形成早期的潜山。由于遭受长期淋滤、风化,在这些碳酸盐岩潜山上部形成大量溶蚀孔洞,成为塔中地区第一套有利的储集层系。同时,由于塔中隆起的出现,坳陷被一分为二,形成满加尔坳陷和塘古孜巴斯坳陷;3)志留纪末期,晚加里东运动,塔中隆起进一步发展。志留系在奥陶系古地形之上超覆沉积了一套地层,志留系末期的抬升使得不但志留系被剥蚀,部分奥陶系也被剥蚀;4)泥盆纪末期,早海西运动,塔中隆起定型。塔中隆起的形态在该期构造运动定型,成为一个巨型复式背斜;5)石炭纪末期,塔中隆起是一个向西倾没的巨型鼻状隆起;6)二叠纪

收稿日期: 2004-02-19; 修订日期: 2004-09-28.

基金项目: 中国石油天然气股份有限公司“九五”重点攻关项目(99111010305).

作者简介: 刘克奇(1974—),男(汉族),山东高唐人,博士研究生,主要从事油气成藏机理与成藏模式研究

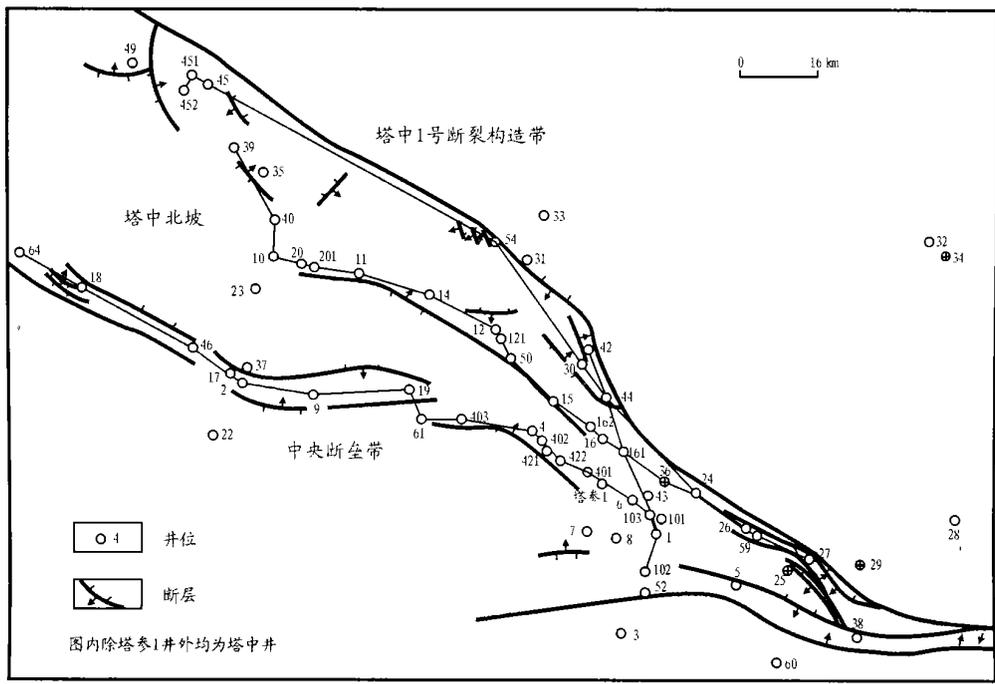


图1 塔中低凸起构造单元图

Fig. 1 Structural map of the Tazhong Low Arch

末的海西运动,石炭系披覆背斜大量形成;7)印支、燕山、喜山运动期,塔中低隆起主要表现为整体沉降和翘倾。塔中低隆起的构造演化史说明,塔中隆起自早加里东运动开始形成,早海西运动期基本定型,晚海西运动期各类披覆构造大量发育,印支、燕山、喜山运动期处于压扭应力环境,长期处于低隆态势,成为多期生油凹陷油气运移的长期指向;同时,多次隆升和沉降也造就了多套有利储盖组合,形成了丰富的、多种类型的圈闭;多期区域性不整合面和区域性大断裂的发育也为油气运移聚集提供了优良场所和通道。这一切都决定了塔中地区将是油气运聚、富集的有利地区,决定了塔中隆起油气勘探在全盆地中的重要地位。奥陶系圈闭具有近水楼台先得月的优势,形成了多个油气藏。就塔中低凸起奥陶系碳酸盐岩油气显示及测试情况来看,塔中1号断裂构造带最为有利,塔中北坡次之,中央断垒带最差。因此塔中1号断裂带依然是下一步勘探的重中之重。

1.1 油源条件

塔中低隆自早加里东运动形成至今,一直处于相对隆起状态,北临满加尔、南临塘古孜巴斯2个寒武—奥陶系下古生界生油凹陷,具有较丰富的油气来源。

塔中地区寒武系—奥陶统烃源岩以碳酸盐岩

为主,中上奥陶统烃源岩以暗色泥岩为主。由于构造发育史不同,塔中隆起本身和周围拗陷区烃源岩的热演化史具有较大的差异。在满加尔拗陷腹地,由于地层的持续沉积加厚,下古生界烃源岩热演化进程明显快于隆起区,寒武系—奥陶统烃源岩在早古生代末已进入高熟阶段,中上奥陶统烃源岩在志留纪也已开始大规模生烃,并且随着上覆地层的逐渐沉积,有效烃源岩分布范围不断由生油拗陷的中心向四周迁移。在塔中隆起上,由于受多次构造隆升的影响,烃源岩随地层发生多次抬升,埋藏相对较浅,再加上中新生代盆地地温梯度降低,烃源岩热演化持续时间较长。塔中10井区下奥陶统烃源岩在奥陶纪末进入生油门限,泥盆纪早期进入生油高峰,到侏罗纪末,顶部处于成熟高峰期,中下部处于高成熟及过成熟阶段;中上奥陶统烃源岩在石炭纪中期进入生油门限,侏罗纪进入生油高峰期,到白垩纪末处于成熟晚期,现今主体处于高成熟期。塔中4井区下奥陶统烃源岩热演化持续时间更长,志留纪末进入生油门限,侏罗纪末底部进入成熟高峰期。

塔中及其邻区下古生界烃源岩具有成熟时间早、排烃时间长的特点。寒武系—奥陶统碳酸盐岩烃源岩在奥陶纪已进入高熟阶段,共经历了奥陶纪末、石炭—二叠纪2次排烃高峰;中上奥陶统烃源岩经历了志留纪、二叠—三叠纪2次排烃高峰。根据生排烃

量模拟,塔中地区的油气资源是相当丰富的。

1.2 储盖组合条件

寒武系一中下奥陶统缝洞型储层在不同的地区具有不同的特点。在没有残留中上奥陶统泥质岩的地方,由于断裂发育及长期出露地表遭受强烈风化、淋滤,溶孔、溶洞及构造缝相当发育,储集空间以孔洞为主,形成裂缝—孔洞型储层;而在仍保留有部分中上奥陶统泥岩的地方,特别是在断裂发育的地方,储集空间则以裂缝为主,形成孔洞—裂缝型储层。奥陶系灰岩、白云岩储层可自成一个良好组合,也可与中上奥陶统、志留系或者石炭系泥岩构成良好的储盖组合。从盖层的平面分布来看,石炭系中、上泥岩段的厚度在全区都十分稳定,构成塔中地区的区域盖层。

1.3 圈闭条件

塔中地区具有多期形成的丰富圈闭。从圈闭类型的平面分布看,在隆起较高部位以各种背斜型、潜山风化壳型圈闭为主,而在斜坡部位则以低幅度背斜和地层圈闭为主。从圈闭形成时期与油气运移时间的相应关系看,塔中地区的有效圈闭应是形成于三叠纪末印支期及其以前的圈闭。

1.4 运移条件

塔中地区的不整合构成油气横向运移的通道,而发育于石炭系及其以下地层中的各级断裂以及断裂附近地层中的微裂隙构成油气运移的纵向通道。纵向及横向通道相互交织成网,使油气运移至有利圈闭中形成油气藏。塔中地区构造活动的特点是继承性较强,断裂发育同样如此,在构造活动间歇期,断层是封闭的,遮挡油气;而在构造活动期,断层可能开启而变成油气运移的通道,使已聚集的油气沿断层向上运移,并在新的部位重新聚集成藏。

1.5 保存条件

塔中及其邻区下古生界烃源岩的排烃史很长,可以从奥陶纪持续至三叠纪、侏罗纪,同时圈闭的形成时期也比较长。这种特征决定了油气成藏的多期性,以晚期形成的油气藏保存条件为好,斜坡部位油气藏的保存条件比隆起部位好。

根据圈闭中油气的充注史,可以把塔中地区油气藏的形成模式划分为一次成藏模式和多次成藏模式。在漫长的地质历史时期中,生、储、盖、运、圈、保的有效配置只出现过一次,决定了圈闭中只有一次油气充注记录,即为一次成藏模式;有效配置出现过多次,造成同一圈闭中有多次油气充注的历史,即为多次成藏模式。

塔中16井中奥陶统潜山风化壳油藏,第一次圈

闭形成期为奥陶纪末,而后接受下伏地层生成的油气,形成油气藏。早加里东运动使之暴露地表,油气被氧化成为沥青,经过长期淋滤风化,原来的储层得到改善,形成许多缝洞。志留系沉积后,其下部泥岩构成下伏潜山的良好盖层,圈闭再次形成,在早海西期以后再次接受油气,形成现今油藏风貌。

早加里东期油气藏的圈闭形成于晚奥陶世,主要是碳酸盐岩潜山内幕背斜,油气源为震旦系—下奥陶统的碳酸盐岩烃源岩。由于受早加里东期和早海西期的强烈剥蚀,在隆起高部位,该期所形成的油气藏均已遭到破坏,形成沥青。

2 现今分布

奥陶系圈闭具有近水楼台先得月的优势,形成了多个油气藏。塔中1井在下奥陶统获高产油流,对3 565.98~3 649.77 m井段进行中途测试,日产油356 m³,气55.70 m³,对3 565.98~3 737.61 m井段进行中途测试,日产油576 m³,气34.07 m³,其主要原因是,在下奥陶统沉积之后,加里东构造运动导致该区逐渐隆起为陆,经历了中晚奥陶世、志留纪和泥盆纪等漫长历史时期的风化、溶蚀和淋滤,溶蚀孔洞极其发育,储油物性得到了充分改善。

塔中24井中下奥陶统油气藏主要集中在中下奥陶统的顶部,自上而下缝洞发育程度迅速变差,油气显示也变差。对4 461.10~4 483.48 m井段进行测试求产,日产油15.1 m³,气28 892 m³。塔中26井于中下奥陶统见到良好油气显示,且厚度大,油气显示比较活跃。中下奥陶统油气藏主要集中在中下部,中上奥陶统巨厚层状泥岩是中下奥陶统的良好盖层,中下奥陶统碳酸盐岩缝洞自上而下发育程度由好变差,油气显示也相应变差。

塔中162井奥陶系潜山风化壳不具工业价值,而在潜山内幕具有2套油气藏。第一套厚76 m,5 020~5 096 m井段,第二套厚120.5 m,5 915.5~6 036.0 m井段。

塔中45井以奥陶系灰岩段油气最好,钻探取心在6 037~6 133 m井段共发现荧光级灰岩、萤石41.5 m,油斑5.5 m,综合解释油层19.5 m,油气层28 m,差油层42 m。塔中451井在6 090.50~6 297.62 m井段获得高产油气流,日产油358 m³,气287 929 m³。塔中452井油气层无论是显示情况还是出油情况都明显差于同层位的邻井塔中45井和塔中451井,稍好于塔中49井。由此可见,塔中45号构造的含油气情况由塔中45井向西北方向依

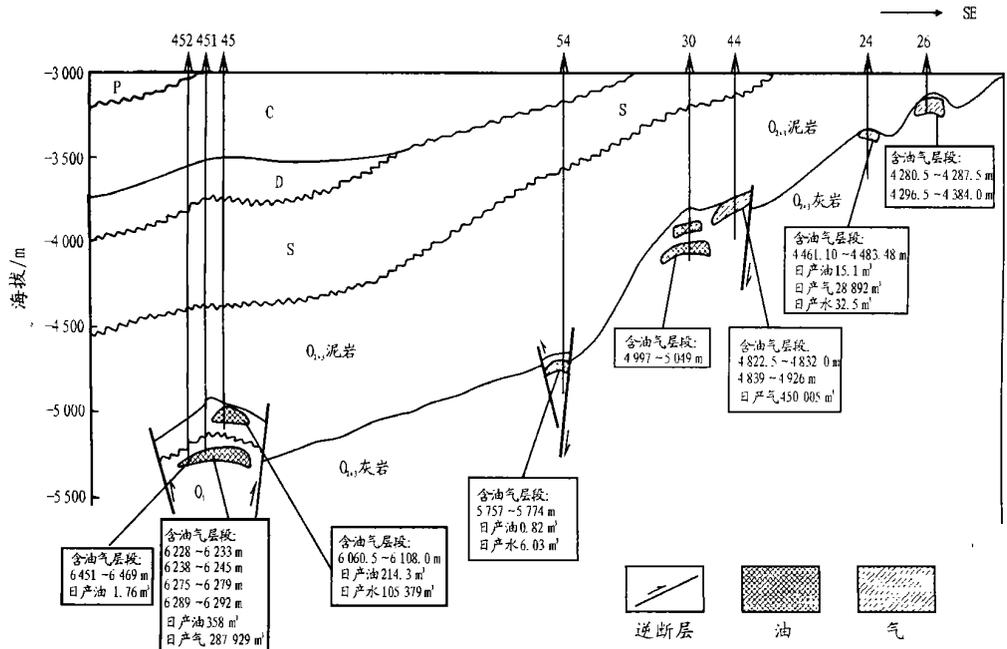


图2 塔中1号断裂构造带东西向含油气地质剖面图

Fig. 2 Petroliferous geological section map in latitudinal direction of the Tz1 fault zone

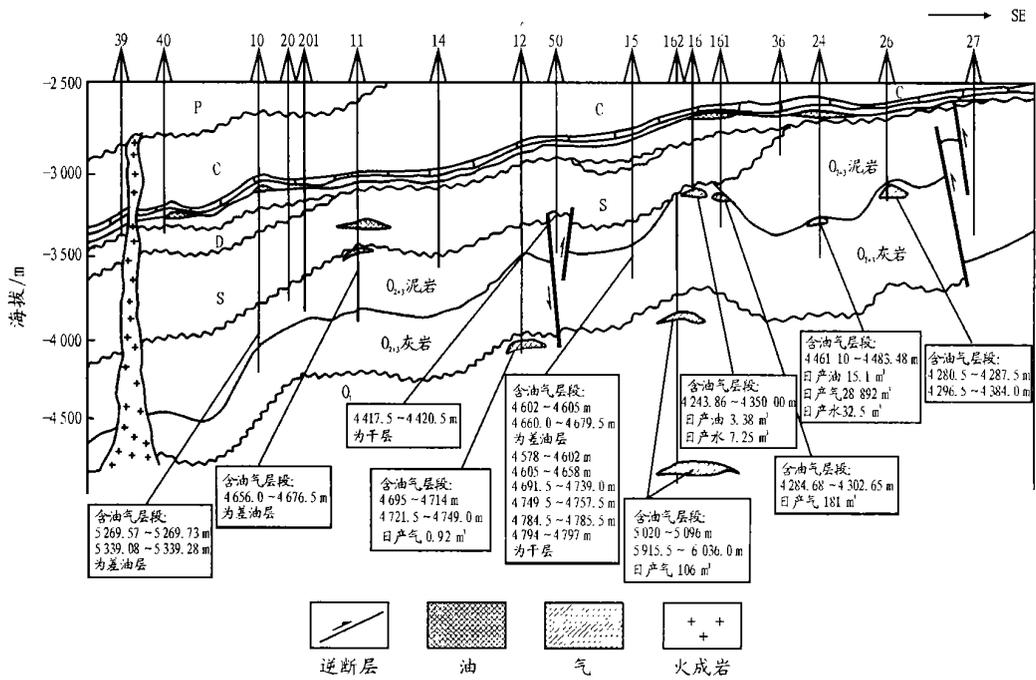


图3 塔中北坡含油气地质剖面图

Fig. 3 Petroliferous geological section map of the Tz north slope

次变差, 裂缝发育情况也依次变差。

综上所述, 塔中低凸起目前发现的奥陶系碳酸盐岩油气田有塔中1号凝析气藏、塔中16号油田、塔中24号油田、塔中26号油田、塔中44号油田及塔中45号油田。其具体分布情况见油气地质剖面

图(图2~5): 1) 塔中1号断裂构造带东西向含油气地质剖面图(图2), 过井452, 451, 45, 54, 30, 44, 24, 26。塔中低凸起奥陶系碳酸盐岩油气田沿塔中1号断裂广泛分布, 自西向东依次是塔中45、塔中44、塔中16、塔中24、塔中26和塔中59油气田; 2) 塔中北

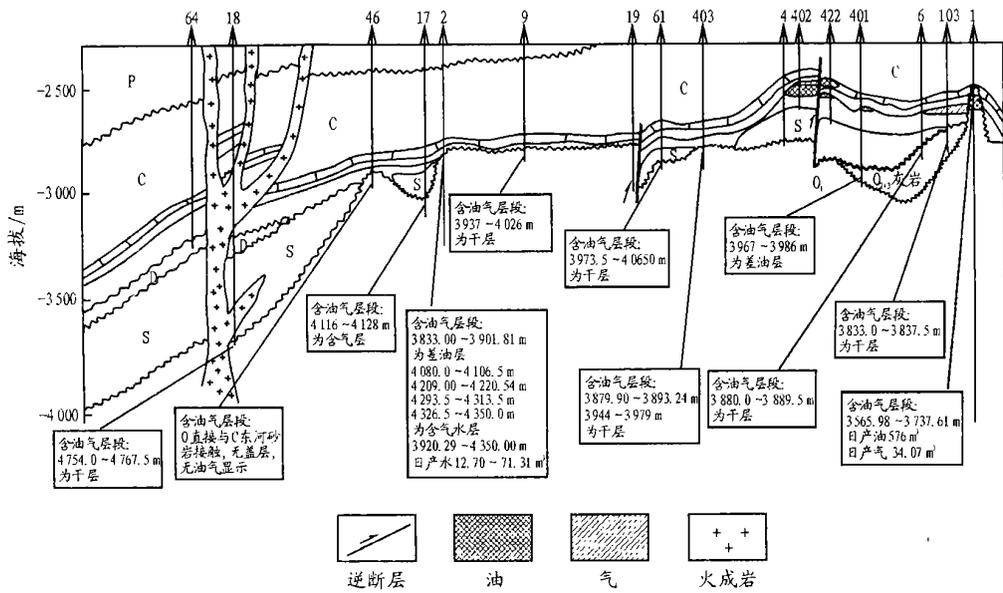


图4 中央断垒带含油气地质剖面图

Fig. 4 Petroliferous geological section map of the middle fault-horst zone

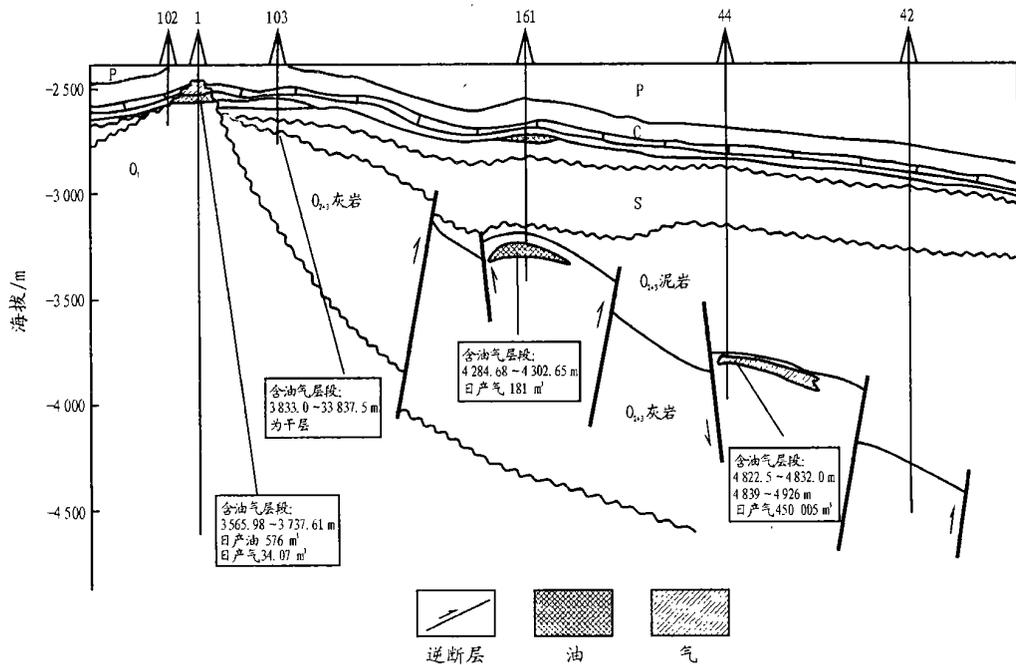


图5 塔中1—161—44—42含油气地质剖面图

Fig. 5 Petroliferous geological section map along the Tz Well 1-161-44-42

坡含油气地质剖面图(图3),过井39,40,10,20,201,11,14,12,50,15,162,16,161,36,24,26,27; 3)中央断垒带含油气地质剖面图(图4),过井64,18,46,17,2,9,19,61,403,4,402,422,401,6,103,1;4)塔中1—161—44—42含油气地质剖面图(图5),过井102,1,103,161,44,42。

从含油气地质剖面图中可以看出,就塔中低凸

起奥陶系碳酸盐岩油气显示及测试情况来看,塔中1号断裂构造带最为有利,塔中北坡次之,中央断垒带最差^[15,16]。

3 结论

综上所述,奥陶系圈闭具有近水楼台先得月的

优势,形成了多个油气藏。就塔中低凸起奥陶系碳酸盐岩油气显示及测试情况来看,塔中1号断裂构造带最为有利,塔中北坡次之,中央断垒带最差。因此塔中1号断裂带依然是下一步勘探的重中之重。

参考文献:

- 1 赵治信,雍天寿,贾承造等. 塔里木盆地地层[M]. 北京:石油工业出版社,1997. 36~71
- 2 顾家裕. 沉积相与油气[M]. 北京:石油工业出版社,1994. 148~166
- 3 陈永武. 储集层与油气分布[M]. 北京:石油工业出版社,1995. 205~266
- 4 贾承造,魏国齐,姚慧君等. 盆地构造演化与区域构造地质[M]. 北京:石油工业出版社,1995. 163~172
- 5 吕修祥. 塔里木盆地塔中低凸起志留系油气成藏机理初探[J]. 石油实验地质,1997,19(4):328~331
- 6 周兴熙. 塔里木盆地油气藏[M]. 北京:石油工业出版社,1995. 1~14,27,28,51~100,103~104
- 7 董晓光,梁秋刚,贾承造. 塔里木盆地石油地质研究新进展[M].

- 北京:科学出版社,1996. 1~6
- 8 吕修祥. 塔里木盆地油气藏形成与分布[M]. 北京:石油工业出版社,1998. 116~118
- 9 周志毅. 塔里木盆地各纪地层[M]. 北京:科学出版社,2001. 105~111
- 10 周清杰,郑建京. 塔里木构造分析[M]. 北京:科学出版社,1990. 1~8
- 11 周志毅,陈丕基. 塔里木生物地层和地质演化[M]. 北京:科学出版社,1990. 1~6
- 12 马宝林,温常庆. 塔里木沉积岩形成演化与油气[M]. 北京:科学出版社,1991. 1~195
- 13 顾家裕. 塔里木盆地沉积层序特征及其演化[M]. 北京:石油工业出版社,1996. 1~361
- 14 何登发,李德生. 塔里木盆地构造演化与油气聚集[M]. 北京:地质出版社,1996. 11~19
- 15 张奇良. 塔里木盆地油气与资源[M]. 北京:地质出版社,1997. 1~119
- 16 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京:石油工业出版社,1997. 1~438

PETROLEUM ACCUMULATION IN THE ORDOVICIAN CARBONATE ROCKS IN THE TAZHONG LOW ARCH OF THE TARIM BASIN

LIU Ke-qi^{1,2}, JIN Zhi-jun³, LU Xiu-xiang¹, CAI Zhong-xian⁴

(1. Basin and Reservoir Research Center, University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. Dongxin Petroleum Production Plant, Shengli Oil Field, SINOPEC, Dongying, Shandong 257094, China;

3. Research Institute of Petroleum Exploration and Production, SINOPEC, Beijing 100083, China;

4. China University of Geosciences, Wuhan, Hubei 430074, China)

Abstract: The Tazhong (middle Tarim Basin) Low Arch is one of the sub-tectonic units of middle Tarim Uplift. It is composed of the Tz1 fault zone, the Tz north slope and the middle fault-horst zone. The Tazhong Low Arch is a long-term successive rise which has experienced 7 periods of evolution. The multi-period rising and subsiding brought up lots of reserve-seal assemblages and abundant traps. The multi-period regional unconformities and major faults provided excellent pathways and locations for petroleum migration and accumulation. The Tazhong Low Arch is favorable for petroleum migration and accumulation. The Ordovician system has many petroleum reservoirs in a favorable position. The Tz1 fault tectonic zone is the most favorable zone for petroleum accumulation with the Tz north slope as the second and the middle fault-horst zone as the worst. The Tz1 fault tectonic zone is still the favorable prospect of future exploration.

Key words: petroleum accumulation; carbonate rocks; the Ordovician system; the Tazhong Low Arch; the Tarim Basin