

文章编号: 0253-9985(2011)02-0199-08

塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩储层主控因素

焦伟伟^{1,2}, 吕修祥^{1,2}, 周园园^{1,2}, 韩剑发³, 熊方明⁴, 赵越^{1,2}

- (1. 中国石油大学 地球科学学院, 北京 102249; 2. 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249;
3. 中国石油 塔里木油田分公司勘探开发研究院, 新疆 库尔勒 841000;
4. 中国石油 塔里木油田分公司监督管理中心, 新疆 库尔勒 841000)

摘要: 利用岩心物性及岩心照片对比分析研究区两类储层的储集性能和储集空间特征, 并通过储层纵横向分布及油气水赋存状态研究寻找优质储集体发育的主控因素。研究发现, 受沉积相带和断裂活动显著控制的上奥陶统礁滩复合体储层呈现明显的层位性和分段性; 而以不整合岩溶和断裂活动为主控因素的下奥陶统岩溶风化壳储层集中发育于不整合面下40~200 m深度范围内, 分层性明显。综合对比两类优质储层发现, 两类储层发育的关键作用不同, 但储层总体呈现“横向连片, 纵向叠置”的分布特征, 储集性能相当。进一步分析认为, 碳酸盐岩优质储层是在沉积-改造双控作用下发育的。塔中西部平台区和塔中I号带内带的岩溶次高地与岩溶上斜坡, 具有优质储层发育的有利条件, 是油气聚集的有利区带, 勘探可继续向西、向内拓展。

关键词: 礁滩复合体; 岩溶风化壳; 碳酸盐岩储层; 沉积-改造; 奥陶系; 塔中地区; 塔里木盆地

中图分类号: TE122.2 **文献标识码:** A

Main controlling factors of the Ordovician carbonate reservoirs in Tazhong area, the Tarim Basin

Jiao Weiwei^{1,2}, Lü Xiuxiang^{1,2}, Zhou Yuanyuan^{1,2}, Han Jianfa³, Xiong Fangming⁴ and Zhao Yue^{1,2}

- (1. College of Geosciences, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. State Key Laboratory of Petroleum Resource and Prospecting, Beijing 102249, China; 3. Petroleum Exploration and Development Research Institute, PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla, Xinjiang 841000, China; 4. Supervision and Management Center, PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla, Xinjiang 841000, China)

Abstract: By using the physical properties and core observation, this paper compares their reservoir qualities and characteristics of reservoir spaces in the study area. The main factors controlling the development of high-quality reservoirs are also discussed based on study of the lateral and vertical distribution of reservoirs and the occurrence of oil, gas and water. The reef-shoal complex reservoirs of the Upper Ordovician are significantly controlled by sedimentary facies belts and faults, thus show obvious characteristics of occurring at certain horizons and segmentation. In contrast, the karst-weathering crust reservoirs of the Lower Ordovician are mainly controlled by faults and karstification along unconformities. They mainly occur within 40-200m under the unconformity, and show obvious layering features. A comprehensive comparison of these two kinds of quality reservoirs indicates that both of them feature in “lateral connection and vertical superimposition” and are similar in reservoir quality, though their major controlling factors are different. Moreover, the quality carbonate reservoirs are developed under the dual control of sedimentation and modification. The western platform as well as the subsidiary karst upland and upslope in the inner fault zone-I in Tazhong area have favorable conditions for the development of high-quality carbonate reservoirs, thus are play fairways.

Key words: reef-shoal complex, karst-weathering crust, carbonate reservoir, sedimentation and reformation, Ordovician, Tazhong area, Tarim Basin

收稿日期: 2010-12-27。

第一作者简介: 焦伟伟(1981—), 女, 博士研究生, 地质资源与地质工程。

基金项目: 国家科技重大专项(2008ZX05004-004); 国家自然科学基金项目(41072102)。

2002 年,塔中 I 号坡折带上奥陶统良里塔格组礁滩体的突破,拉开了塔中地区奥陶系碳酸盐岩勘探的序幕。2006 年,Tz83 井在下奥陶统获得重大发现,打开了下奥陶统岩溶风化壳领域勘探的新局面。近年来,塔中以其高的钻遇率和高速增长油气储量充分证实了塔中古隆起巨大的勘探潜力和良好的勘探前景。而这个大型的复式油气聚集区经历了多期构造运动以及多种岩溶作用改造,油气成藏异常复杂,加之我国海相碳酸盐岩储层的强烈非均质性等,给塔中地区油气勘探带来了很大的困难^[1-3]。勘探研究发现,塔中奥陶系碳酸盐岩油气水分布复杂,不受局部构造控制,表现出“储层控油,整体含油”的特点,因此勘探中往往可以通过寻找优质储层来寻找油气^[3]。地质学家也因此加强了碳酸盐岩储层的基础研究。目前的研究多集中在上奥陶统礁滩复合体储层,对于下奥陶统储层的研究相对薄弱^[4-6]。本文系统总结了塔中上下奥陶统两种储集体的储集性能、分布特征、成因类型及主控因素等,并通过两种储集体的对比研究,寻找优质碳酸盐岩储层发育的

关键作用,达到更好地进行优质储层预测,为勘探部署提供建议的目的。

1 区域地质概况

塔中低凸起位于塔里木盆地中央隆起中部,是一个长期发育的继承性古隆起(图 1)。塔中低凸起形成于加里东末期,海西期定型,燕山-喜马拉雅期进行了微弱调整改造,总体表现出早期构造活动强烈,多伴生断裂、褶皱构造;晚期构造活动稳定,以升降运动为主的演化特点。正是这种多旋回复杂的构造运动造成塔中地区油气多期成藏、多期改造的特点^[7]。加里东晚期-海西早期是中、下寒武统烃源岩的主要成藏期;海西晚期是塔里木盆地已发现海相油藏的主要形成时期;燕山-喜马拉雅期发生大规模气侵,是油藏的主要调整和定型期^[8]。需重点强调的是,塔中低凸起的北部边界——塔中 I 号断裂坡折带控制了塔中低凸起的构造格局和油气的聚集,对奥陶系储层的发育起到了关键性的控制作用,早奥陶世 I 号断裂强烈

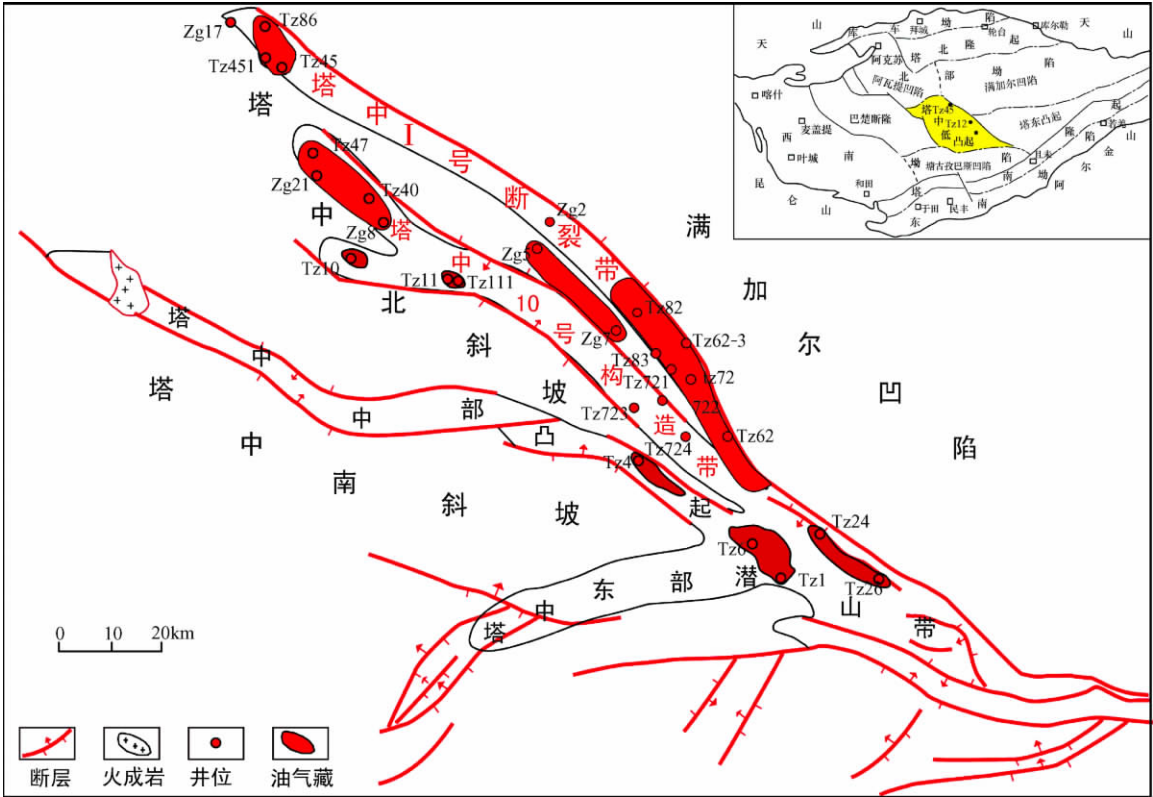


图 1 塔中低凸起构造单元及油气藏分布

Fig. 1 Structural units and reservoir distribution in the Tazhong Low Uplift

活动使得塔中低凸起隆升并遭受大面积风化、剥蚀和淋滤,形成下奥陶统鹰山组顶部风化壳;晚奥陶世塔中I号断裂形成了高陡坡折带,发育了上奥陶统良里塔格组生物礁滩复合体^[9]。目前塔中碳酸盐岩油气的重大发现都集中在上奥陶统良里塔格组礁滩复合体领域和下奥陶统鹰山组岩溶风化壳领域,塔中另外一个碳酸盐岩油气藏聚集的有利区带是下奥陶统蓬莱坝组白云岩化储层,但由于勘探和研究程度限制,目前还未有重大发现。

塔中低凸起多期的构造运动和不同时期沉积格局的变化使奥陶系自下而上发育了不同类型的储层,包括下奥陶统蓬莱坝组白云岩、中-下奥陶统鹰山组岩溶风化壳和上奥陶统礁滩复合体。关键作用的不同造成了3类储层表现出不同的分布特征和储集性能。

2 塔中地区奥陶系储层发育特征

2.1 中-下奥陶统鹰山组岩溶风化壳储层

在有利沉积相带基础上,经过中加里东期强烈的大气淡水淋滤和风化剥蚀,加之后期建设性的埋藏溶蚀以及断裂活动等多种作用的叠加,形成了塔中下奥陶统碳酸盐岩准层状岩溶风化壳储层^[9]。储层岩性以亮晶砂屑灰岩和泥晶灰岩为主,主要储集空间为溶蚀孔洞和断裂活动产生的裂缝(图2)。部分井在钻井过程中出现低钻时、泥浆漏失、放空等现象,如Tz83井和Tz721井,证明有大型洞穴存在。岩心孔隙度主要集中在0.5%~2%之间,渗透率较高,大于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的样品超过了30%,说明储层微裂缝十分发育^[10]。

塔中下奥陶统岩溶风化壳型储层,受有利沉积相带控制,平面上平行于塔中I号坡折带连片分布;纵向上受到层间岩溶分带性约束,叠置分布在不整合面下40~120m范围内的垂直渗流带和水平潜流带内。前人研究证明岩溶储层垂向上可分为垂直渗流带、水平潜流带和深部缓流带。垂直渗流带和水平潜流带发育有大量沿裂缝呈串珠状分布的溶蚀孔洞,二者常常互相连通,成为统一的缝洞系统,是最有利的岩溶储层发育区^[11](图3)。溶蚀作用的分带性决定了塔中下奥陶统岩溶风化壳储层纵向分布的另外一个重要的特点——分层性,即岩溶储层沿不整合面下一定深度范围内呈准层状分布^[12]。勘探事实证明,该准层状的优质储层发育带是塔中低凸起油气资源最富集的区域之一(图4)。

2.2 上奥陶统良里塔格组礁滩复合体储层

台地边缘沉积相为礁体提供了有利的生长环境,海平面的频繁升降为礁、滩相的复合叠置发育创造了优越的条件。岩溶作用使礁滩体中发育了大量溶蚀孔洞,后期构造运动产生的裂缝发育带及其带来的热液溶蚀使储集层物性得到进一步改善^[13]。总之,现今油气资源丰富的优质礁滩复合体储层是多种作用叠加的结果。良里塔格组储层岩性以砂砾屑灰岩、泥晶灰岩和生屑灰岩为主,岩心孔隙度为0.10%~20.87%,平均1.49%;渗透率为 $0.01 \times 10^{-3} \sim 1850 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $3.46 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。孔隙度和渗透率相关性较差,说明礁滩复合体储层受次生作用影响显著^[14]。储层的有效储集空间为溶蚀作用产生的孔洞和构造运动产生的构造缝,二者往往组成统一的缝洞单元,扩大储层的储集空间,改善储层连通性^[15](图5)。



图2 塔中下奥陶统鹰山组岩溶风化壳储层主要储集空间

Fig. 2 Main reservoir spaces of karst-weathering crust reservoirs in the Lower Ordovician Yingshan Formation of Tazhong area

a. Zg9 井,砂屑灰岩,不规则溶蚀孔洞,未充填-半充填; b. Tz83 井,泥晶灰岩,裂缝沟通的溶蚀孔洞,被方解石、泥质等充填

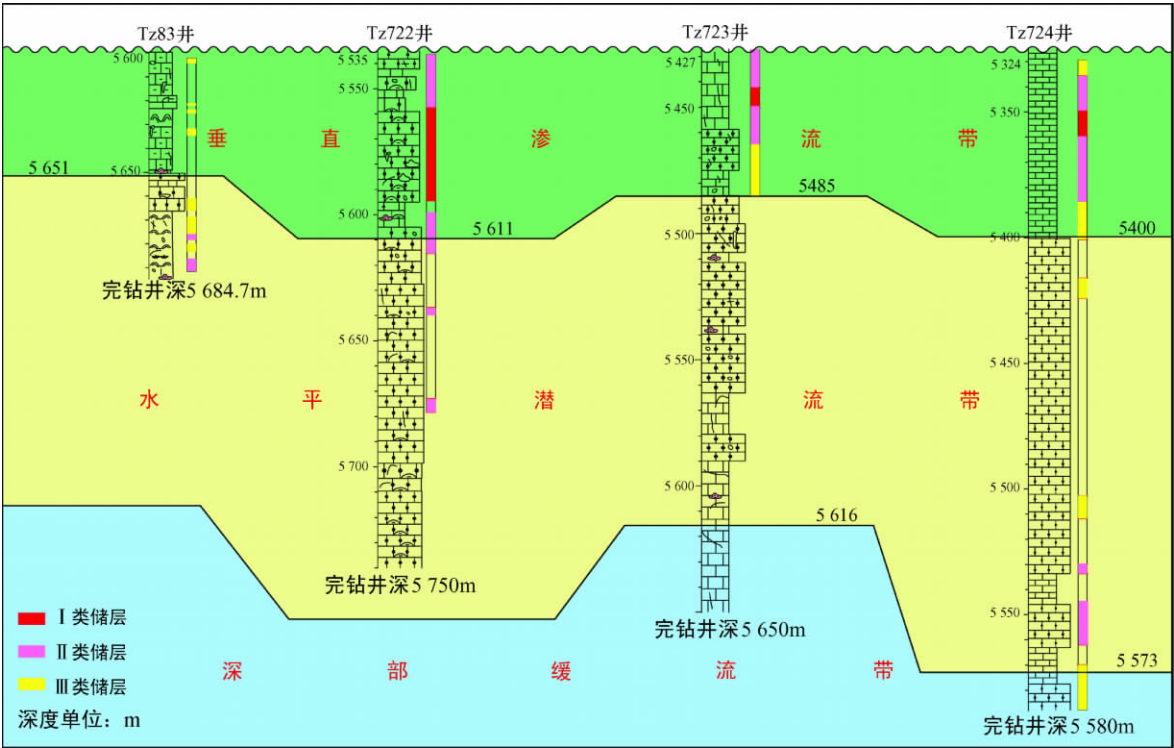


图 3 塔中下奥陶统 Tz83 井区岩溶分带与储层分布

Fig. 3 Karst zones and reservoirs of Tz83 block in the Lower Ordovician of Tazhong area

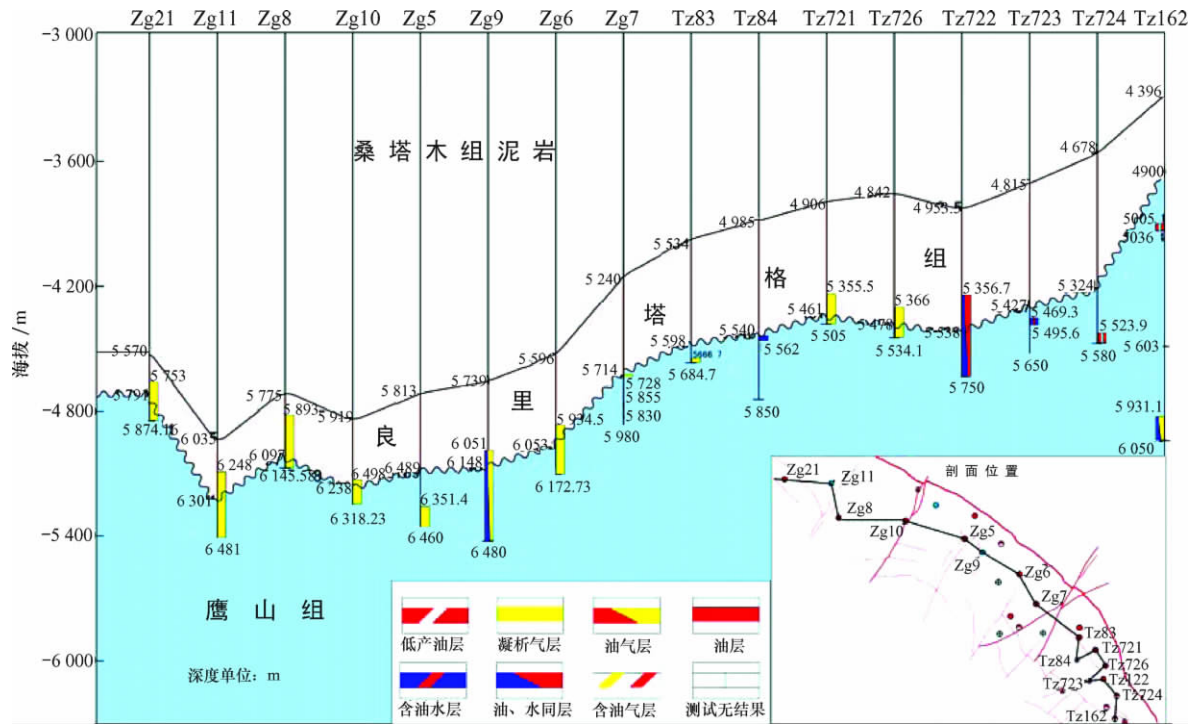


图 4 塔中下奥陶统鹰山组油、气、水分布剖面

Fig. 4 Profile of oil-gas-water distribution in the Lower Ordovician Yingshan Formation of Tazhong area

上奥陶统礁滩复合体储层发育的主控因素包括 3 个方面,沉积相、岩溶作用和构造运动^[14-15]。3 个因素影响了储层的物性,且对礁滩体储层的分布起到了至关重要的控制作用,表现出两个显著的特性——层位性和分段性。

1) 层位性

中、晚奥陶世,全球出现了有利的造礁环境,层孔虫、珊瑚等骨架生物组分大量出现,生长茂盛。塔中 I 号带处于台缘相带,对成礁环境更加有利^[14]。

在这种大型的台地边缘沉积相带背景下,发育了大规模稳定的镶边台缘礁滩体,复合体厚度达 300 ~ 800 m,在塔中 I 号带呈现出大滩小礁,西滩东礁的特点。研究发现平行 I 号带礁滩体储层呈似层状发育,具有明显的层位性,良一、良二段储层厚度占地层总厚度的 60% ~ 80%,这应该与良一、二段所处的构造位置和岩性基础关系密切^[17](图 6)。良一、二段为泥质条带灰岩和颗粒灰岩段,与下伏的含泥灰岩段相比基质孔隙更发育,成为良好

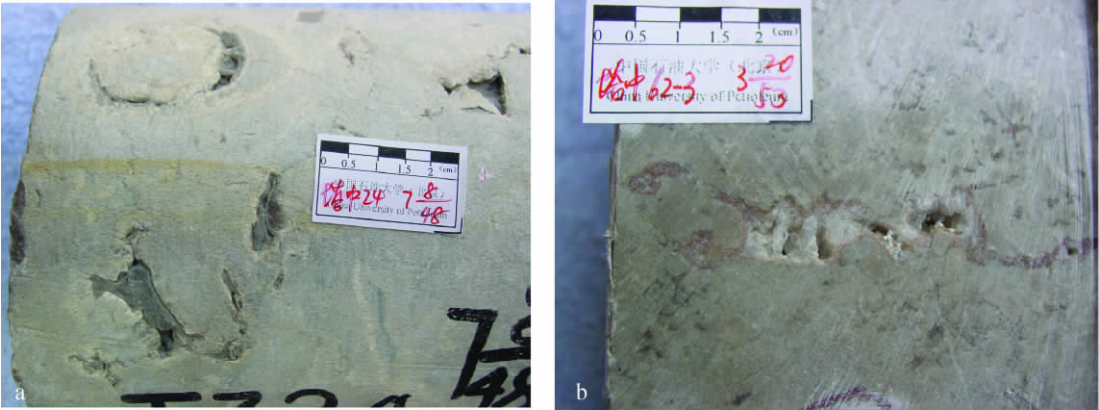


图 5 塔中上奥陶统良里塔格组礁滩复合体储层主要储集空间

Fig. 5 Main reservoir spaces of reef-shoal complex reservoirs in the Upper Ordovician Lianglitage Formation of Tazhong area

a. Tz24 井,亮晶砂屑灰岩,溶蚀孔洞,泥质充填; b. Tz62-3 井,亮晶砂屑灰岩,沿溶蚀缝发育的溶蚀孔洞

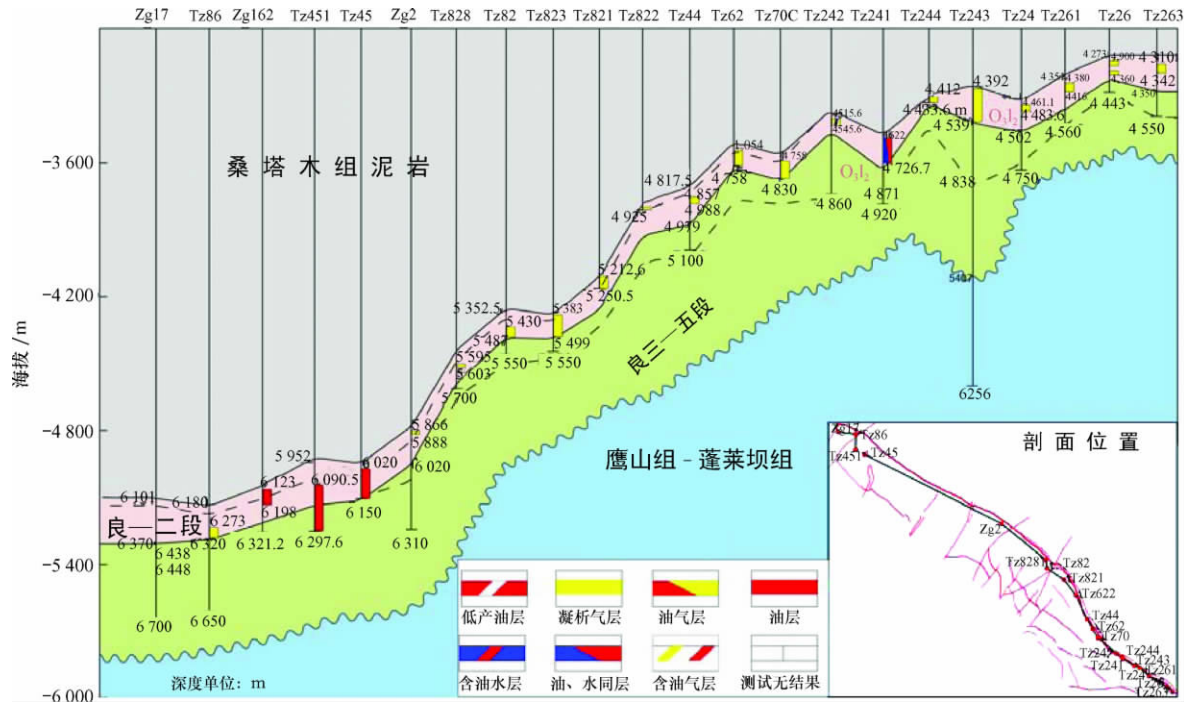


图 6 塔中上奥陶统良里塔格组油气水分布剖面

Fig. 6 Profile of oil-gas-water distribution in the Upper Ordovician Lianglitage Formation in Tazhong area

的流体渗流通道,为优质储层的发育提供了基础。另外,良一、良二段处于早期准同生期大气淡水淋滤和晚期顶部的不整合面岩溶发育的有利区带,两种岩溶作用穿时叠加,极大的改善了储层的储集物性^[9]。可见沉积相、大气淡水淋滤和不整合岩溶作用是良里塔格组礁滩复合体储层发育的重要控制作用。

2) 分段性

各主控因素在不同井区的差异作用,造成良里塔格组礁滩体储层沿I号带表现出一定的分带性(表 1)。I号带西部断裂活动相对强烈,因此储集层裂缝发育,热液溶蚀作用显著,Tz45 井区最为典型^[9]。Tz24 - Tz26 井区走滑断裂相对不发育,沉积相和早期岩溶对该段储层的控制作用应该更显著。

3 塔中上、下奥陶统优质储层特征对比

由于储层发育的关键作用不同,上、下奥陶统发育了不同类型的储集体。对比发现(表 2),下奥陶统鹰山组岩溶风化壳储层较上奥陶统良里塔格组礁滩复合体储层发现晚,目前的勘探开发程度逊于后者,但其表现出的巨大的勘探潜力毋庸置疑。截至 2011 年 1 月,共有探井 55 口,其中 34

口获得工业油气流,钻遇率 61.8%。从储层储集性能来看,上奥陶统礁滩复合体储层平均孔隙度和渗透率都略高于下奥陶统,但总体上二者均属于低孔低渗储层,孔、渗相关性较差,由于经受了多期多种次生作用的改造,储层非均质性强,空间连通关系复杂,也因此导致了流体分布的复杂性,出现了低位有油、高位有水、油气水同层或同洞的情况。在储层分布特征上,二者也表现出了一定的异同。礁滩复合体储层主要集中在塔中 I 号坡折带外带,岩溶风化壳优质储层主要靠内带分布,因为利于礁滩体发育的台地边缘沉积相主要发育于 I 号带外带。可见沉积相是上奥陶统礁滩复合体储层的关键控制作用,而其对下奥陶统的控制则不如前者显著。虽然储层的关键作用不同,但二者总体上都表现出了横向连片,纵向叠置的分布特征。

研究认为,对于礁滩复合体储层而言更多的是受到连片分布的沉积相控制,滩是基础,断裂活动带来的后期改造作用是关键;而岩溶风化壳储层则主要是岩溶作用的分带性影响,主控因素是中加里东期的不整合岩溶和持续不断的断裂活动^[9]。综合分析两类储层的成因、储集层特征及主

表 1 塔中地区上奥陶统良里塔格组各井区礁滩复合体储层特征对比

Table 1 Comparison of the characteristics of reef-shoal complex reservoirs in the Upper Ordovician Lianglitage Formation of Tazhong area

储层位置	Tz86—Tz45 井区	Tz82 井区	Tz62 井区	Tz24—Tz26 井区
沉积相	丘 + 砂屑滩 + 鲕粒滩	丘 + 生屑滩	礁滩	粒屑滩
储层类型	孔洞型、裂缝 - 孔洞型、裂缝型	孔洞型、裂缝 - 孔洞型	孔洞型、裂缝 - 孔洞型	孔洞型、裂缝 - 孔洞型
平均孔隙度, %	1.64	1.56	2.02	1.08
平均渗透率/(10 ⁻³ μm ²)	3.48	5.29	5.04	0.77
优质储层平均厚度/m	55.4	43.1	46.0	83.6
关键作用	断裂活动、热液溶蚀	不整合、埋藏溶蚀、断裂	不整合岩溶、断裂活动	不整合岩溶

表 2 塔中地区奥陶系优质储层发育特征对比

Table 2 Characteristics of high-quality reservoir development in the Ordovician of Tazhong area

储集层	上奥陶统良里塔格组	下奥陶统鹰山组
储层类型	礁滩复合体储层	岩溶风化壳储层
勘探状况	5 个重点井区,55 口井,16 口高产井	4 个重点井区,55 口井,34 口高产井
储量情况	控制 + 探明: 2.20 × 10 ⁸ t 油当量	控制 + 探明: 1.28 × 10 ⁸ t 油当量
孔渗特征	平均孔隙度: 1.49%; 平均渗透率: 3.46 × 10 ⁻³ μm ²	平均孔隙度: 1.18%; 平均渗透率: 2.84 × 10 ⁻³ μm ²
分布特征	沿 I 号带外带分布,集中在良一至良二段	相对靠近 I 号带内带分布,在不整合面下 40 ~ 200 m
优质储层	Ⅱ、Ⅲ类为主,优质储层平均厚 57.7 m,最大厚 98.0 m	Ⅱ、Ⅲ类为主,优质储层平均厚 54.1 m,最大厚 109.5 m
主控因素	滩是基础,断裂活动是关键	不整合岩溶是基础,断裂活动是关键
典型井区	Tz62 井区	Tz83 井区

控因素认为,塔中奥陶系优质碳酸盐岩储层主要是在“沉积-改造”双控作用下发育的^①。而塔中西部平台区发育浅缓斜坡砂屑滩,I号带内带的岩溶次高地以及岩溶上斜坡,较之I号带外带,地层更老,暴露时间更长,岩溶作用更加强烈,具备优质碳酸盐岩储层发育的良好基础,因此两个区带将是塔中地区碳酸盐岩油气增储上产的重要领域。

4 结论

1) 塔中低凸起多期的构造运动和多旋回的沉积作用使奥陶系自下而上发育了多种类型储集体,包括下奥陶统蓬莱坝组白云岩化储层、中-下奥陶统鹰山组岩溶风化壳储层和上奥陶统礁滩复合体储层。

2) 受沉积相带和断裂活动控制的上奥陶统礁滩复合体储层主要沿塔中I号带外带分布,且主要集中在良一、良二段;而以不整合岩溶和断裂活动为主控因素的下奥陶统岩溶风化壳储层主要靠I号带内带分布,受岩溶分带性影响主要发育于不整合面下40~200 m深度范围内。

3) 上、下奥陶统储集层类型不同,储层发育的关键作用有所差异,但储层总体呈现出“横向连片,纵向叠置”的分布特征。对比研究证实,塔中奥陶系碳酸盐岩优质储层主要发育于“沉积-改造”双控作用下。

4) 塔中北斜坡西部平台区发育台内礁滩,为优质储层的发育提供了重要条件;从I号带外带到内带,地层更老,暴露时间更长,岩溶更强烈,因此内带的岩溶次高地以及岩溶上斜坡是风化壳岩溶储层发育的有利区带,所以勘探可进一步向西和向内开拓。

参考文献

- [1] 金之钧,庞雄奇,吕修祥. 中国海相碳酸盐岩油气勘探 [J]. 勘探家,1998,3(4): 66-69.
Jin Zhijun, Pang Xingqi, Lv Xiuxiang. Petroleum exploration in marine carbonates in China [J]. Petroleum Explorationist, 1998, 3(4): 66-69.
- [2] 金之钧. 中国海相碳酸盐岩层系油气勘探特殊性问题 [J]. 地质前缘, 2005, 12(3): 15-22.
Jin Zhijun. Particularity of petroleum exploration on marine car-

bonate strata in China sedimentary basins [J]. Earth Science Frontiers, 2005, 12(3): 15-22.

- [3] 杨海军,胡太平,于红枫,等. 塔中地区上奥陶统礁滩复合体储层地震预测技术 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(2): 230-237.
Yang Haijun, Hu Taiping, Yu Hongfeng, et al. Seismic reservoir prediction of reef-flat complexes in the Upper Ordovician, Tazhong area [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(2): 230-237.
- [4] 韩剑发,梅廉夫,杨海军,等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系碳酸盐岩礁滩复合体油气来源与运聚成藏研究 [J]. 天然气地球科学, 2007, 18(3): 426-435.
Han Jianfa, Mei Lianfu, Yang Haijun, et al. The study of hydrocarbon origin, transport and accumulation in Tazhong area, Tarim Basin [J]. Nature Gas Geoscience, 2007, 18(3): 426-435.
- [5] 韩剑发,梅廉夫,杨海军,等. 塔中I号坡折带礁滩复合体大型凝析气田成藏机制 [J]. 新疆石油地质, 2008, 29(3): 323-326.
Han Jianfa, Mei Lianfu, Yang Haijun, et al. Hydrocarbon accumulation mechanism of large-sized reef-shoal complex condensate gas field in Tazhong No. 1 slope-break zone, Tarim basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29(3): 323-326.
- [6] 郑兴平,寿建峰,朱国华,等. 塔中I号坡折带上奥陶统礁滩的白云石化及其储集意义 [J]. 海相油气地质, 14(1): 41-45.
Zheng Xingping, Shou Jianfeng, Zhu Guohua, et al. Dolomitization of Upper Ordovician reef-shoal reservoir of Tazhong-I slope-break zone and dolomitization contribution to reservoir [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 14(1): 41-45.
- [7] 李传新,贾承造,李本亮,等. 塔里木盆地塔中低凸起北斜坡古生代断裂展布与构造演化 [J]. 地质学报, 2009, 83(8): 1065-1073.
Li Chuanxin, Jia Chengzao, Li Benliang, et al. Distribution and tectonic evolution of the paleozoic fault system, the north slope of Tazhong uplift, Tarim basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(8): 1065-1073.
- [8] 王子煜,陆克政,漆家福,等. 塔里木盆地塔中凸起的构造演化及其与油气藏的关系 [J]. 石油大学学报(自然科学版), 1998, 22(4): 14-18.
Wang Ziyu, Lu Kezheng, Qi Jiafu, et al. Relation between tectonic evolution and oil gas reservoir in Tazhong uplift of Tarim Basin [J]. Journal of China University of petroleum, 1998, 22(4): 14-18.
- [9] 闫相宾,李铁军,张涛,等. 塔中与塔河地区奥陶系岩溶储层形成条件的差异 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(2): 202-207.
Yan Xiangbin, Li Tiejun, Zhang Tao, et al. Differences between formation conditions of Ordovician karstic reservoirs in Tazhong and Tahe areas [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(2): 202-207.

① 金之钧,吕修祥. 中国海相碳酸盐岩层系油气富集规律与战略选区. 中国石化石油勘探开发研究院, 2009.

- [10] 赵明,樊太亮,于炳松,等.塔中地区奥陶系碳酸盐岩储层裂缝发育特征及主控因素[J].现代地质,2009,23(4):709-718.
Zhao Ming, Fan Tailiang, Yu Bingsong, et al. Ordovician carbonate reservoir fracture characteristics in Tazhong area of Tarim basin[J]. Geoscience, 2009, 23(4): 709-718.
- [11] 陈景山,李忠,王振宇,等.塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩古岩溶作用与储层分布[J].沉积学报,2007,25(6):858-868.
Chen Jingshan, Li Zhong, Wang Zhenyu, et al. Paleokarstification and reservoir distribution of Ordovician carbonates in Tarim basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 25(6): 858-868.
- [12] 何长坡,王振宇,张云峰,等.塔中北斜坡中下奥陶统鹰山组沉积相类型及分布研究[J].新疆石油天然气,2009,5(2):11-19.
He Changpo, Wang Zhenyu, Zhang Yunfeng, et al. Study on sedimentary facies types and distribution of the middle-lower Ordovician in the north ramp of Tazhong area[J]. Xinjiang Oil & Gas, 2009, 5(2): 11-19.
- [13] 周波,贾承造,顾家裕,等.塔中台地边缘上奥陶统灰岩段裂缝对储层发育的控制作用——以塔中I号断裂带为例[J].石油与天然气地质,2008,29(2):198-205.
Zhou Bo, Jia Chengzao, Gu Jiayu, et al. Controlling effect of the fractures in Upper Ordovician fractures upon reservoir formation at the platform edge of Tazhong oilfield, the Tarim Basin—an example from the Tazhong-I slope break zone[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(2): 198-205.
- [14] 王招明,赵宽志,邬光辉,等.塔中I号坡折带礁滩型储层发育特征及其主控因素[J].石油与天然气地质,2007,28(6):797-804.
Wang Zhaoming, Zhao Kuanzhi, Wu Guanghui, et al. Characteristics and main controlling factors of the Upper Ordovician reef-bank reservoir development in the Tazhong I slope-break zone[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(6): 797-804.
- [15] 赵宗举,周新源,王招明,等.塔里木盆地奥陶系边缘相分布及储层主控因素[J].石油与天然气地质,2007,28(6):738-744.
Zhao Zongju, Zhou Xinyuan, Wang Zhaoming, et al. Distribution of marginal facies and main controlling factors of reservoirs in the Ordovician, the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(6): 738-744.
- [16] 代宗仰,周翼,陈景山,等.塔中中上奥陶统礁、滩相储层的特征及评价[J].西南石油学院学报,2001,23(4):1-5.
Dai Zongyang, Zhou Yi, Chen Jingshan, et al. The characteristics and evaluation of middle & upper Ordovician reef & shoal related carbonate reservoir in Tazhong north slope, Tarim Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2001, 23(4): 1-5.
- [17] 王振宇,严威,张云峰,等.塔中上奥陶统台缘礁滩体储层成岩作用及孔隙演化[J].新疆地质,2007,25(3):287-292.
Wang Zhenyu, Yan Wei, Zhang Yunfeng, et al. Diagenesis and porosity evolution of upper Ordovician platform margin reefs and grain banks reservoir in Tazhong area[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 25(3): 287-292.
- [18] 吕修祥,杨宁,解后来,等.塔中地区深部流体对碳酸盐岩储层的改造作用[J].石油与天然气地质,2005,26(3):284-290.
Lv Xiuxiang, Yang Ning, Xie Qilai, et al. Carbonate reservoirs transformed by deep fluid in Tazhong area[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(3): 284-290.
- [19] 金之钧,朱东亚,胡文瑄,等.塔里木盆地热液活动地质地球化学特征及其对储层影响[J].地质学报,2006,80(2):245-254.
Jin Zhijun, Zhu Dongya, Hu Wenxuan, et al. Geological and Geochemical Signatures of Hydrothermal Activity and Their Influence on Carbonate Reservoir Beds in the Tarim Basin[J]. Acta Geological Sinica, 2006, 80(2): 245-254.
- [20] 吕修祥,李建交,汪伟光.海相碳酸盐岩储层对断裂活动的响应[J].地质科技情报,2009,28(3):1-6.
Lv Xiuxiang, Li Jianjiao, Wang Weiguang. Responses of marine carbonate reservoirs to fault activities[J]. Geological Science and Technology Information, 2009, 28(3): 1-6.

(编辑 董立)

(上接第198页)

- [2] Knipe R J. Juxtaposition and seal diagrams to help analyze faults seals in hydrocarbon reservoirs[J]. AAPG Bulletin, 1997, 81(2): 187-195.
- [3] Smith D A. Sealing and nonsealing faults in Louisiana Gulf Coast salt basin[J]. AAPG Bulletin, 1980, 64(2): 145-172.
- [4] 全裕科,丁文龙,余腾孝,等.塔里木盆地巴楚隆起同岗断裂封闭性综合评价[J].石油与天然气地质,2008,29(6):769-773.
Quan Yuke, Ding Wenlong, Yu Tengxiao, et al. Comprehensive evaluation of sealing ability of Tonggang fault in the Bachu up lift of the Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(6): 769-773.
- [5] 谢建磊,杨坤光.冀东南堡凹陷关键成藏时刻主要断裂封闭性分析[J].西安石油大学学报(自然科学版),2006,21(3):5-8.
Xie Jianlei, Yang Kunguang. Analysis of the closeness of the main faults in Nanpu Sag in southeastern Hebei at key hydrocarbon accumulation moments[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2006, 21(3): 5-8.

(编辑 张亚雄)