

文章编号:0253-9985(2007)06-0797-05

塔中 I 号坡折带上奥陶统礁滩型储层发育特征及其主控因素

王招明,赵宽志,邬光辉,张丽娟,王振宇,罗春树,李新生

(中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司勘探开发研究院,新疆库尔勒 841000)

摘要:塔中 I 号坡折带上奥陶统发育大型台缘礁滩复合体,具有小礁大滩的结构特征,多旋回礁滩体纵向多期加积叠置、横向复合连片。静态和动态资料表明礁滩复合体基质孔隙度低,属低孔特低渗储层,以孔洞-裂缝型、洞穴型、孔洞型储层为主,次生的溶蚀孔洞和构造裂缝是礁滩复合体最有效的储、渗空间。研究表明,有利沉积相带是礁滩型储层发育的基础,优质储层主要沿台缘礁滩相展布,岩溶作用和构造作用是古老碳酸盐岩储集性能改善的关键,所形成的大型缝洞系统是油气高产稳产的主要原因。

关键词:裂缝;储层特征;岩溶作用;礁滩复合体;塔中 I 号坡折带

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Characteristics and main controlling factors of the Upper Ordovician reef-bank reservoir development in the Tazhong I slope-break zone

Wang Zhaoming, Zhao Kuanzhi, Wu Guanghui, Zhang Lijuan, Wang Zhenyu, Luo Chunshu, Li Xinsheng

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Tarim Oilfield Company, PetroChina, Korla, Xinjiang 841000, China)

Abstract: The huge reef-bank complexes developed in the Upper Ordovician along the Tazhong I slope-break zone feature in large areas of shoals and small size of reefs, and vertical multistage accretion and overriding of multicycle reef-bank and lateral connection as a whole. Static and dynamic data indicate low matrix porosity of the complex, suggesting a reservoir with super low permeability. The reef-bank complex also developed cavity-fracture reservoirs, cavern reservoirs and cavity reservoirs. The secondary dissolution cavities and structural fractures are the most effective reservoir and flow space. The researches show that the favorable sedimentary facies belt is the foundation for the formation of reef-bank reservoirs, high-quality reservoirs mainly distribute along the reef-bank facies belt on the edge of platform, karstification and tectonism are essential for improving the porperm characteristics of the ancient carbonate reservoirs, and the large fracture-vug systems formed by these factors contribute most to the high and stable production of oil and gas.

Key words: fracture; reservoir characteristic; karstification; reef-bank complex; Tazhong I slope-break zone

塔中 I 构造带是早奥陶世末至晚奥陶世早期形成的大型逆冲断裂带,在晚奥陶世前,断裂坡折带遭受长期的侵蚀,晚奥陶统良里塔格组沉积时,沿高陡断裂坡折带发育台地边缘礁滩复合体,形成上奥陶统碳酸盐岩沉积坡折带^[1~4]。钻探证实,塔中 I 号坡折带整体含油,正确认识礁滩型储

层的发育特征及控制因素,对礁滩型碳酸盐油气勘探具有重要的指导意义。

1 塔中礁滩复合体发育特征

塔中 I 号构造带位于塔中古隆起北部边缘,

收稿日期:2007-10-21。

第一作者简介:王招明(1955—),男,博士、教授级高级工程师,石油地质学。

基金项目:国家基础研究发展规划(973)资助项目(2006CB202304)。

储集类型为裂缝-孔洞型、孔洞型、裂缝型,并发育大型洞穴型储层。裂缝-孔洞型储层溶蚀缝洞比较发育,溶洞大小一般为1~3 mm,大洞有10 mm左右,呈圆形、椭圆形及不规则状,大多半充填-未充填,溶洞大多顺层或沿斜缝分布,显示溶洞的顺层溶蚀以及沿裂缝溶蚀的特点。裂缝性储层与区域构造活动有关,其中构造缝在裂缝中出现频率达80%以上。实钻表明,裂缝-孔洞型储层实现了碳酸盐岩井的高产稳产。

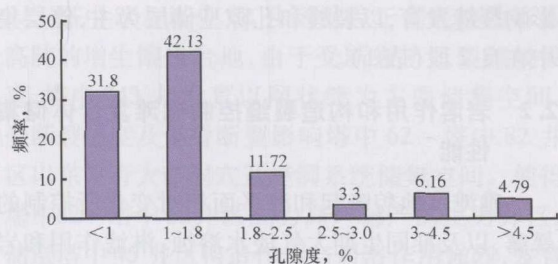


图2 塔中I号坡折带良里塔格组孔隙度分布频率直方图

Fig. 2 Frequency histogram showing the porosity distribution of the Lianglitage Formation in the Tazhong I slope-break zone

据22口井2376块样品统计,孔隙度分布范围0.05%~12.74%,平均1.66%,孔隙度大于1.8%的占34.4%。渗透率分布范围 $0.013 \times 10^{-3} \sim 840 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $5.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。渗透率多分布在 $0.01 \times 10^{-3} \sim 5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,占85.61% (图2,图3)。

1.3 空间分布

储层对比分析表明,塔中良里塔格组优质储

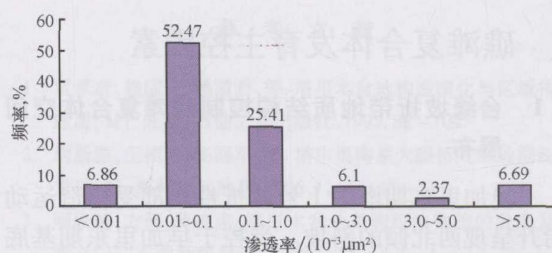


图3 塔中I号坡折带良里塔格组渗透率分布频率直方图

Fig. 3 Frequency histogram showing the permeability distribution of the Lianglitage Formation in the Tazhong I slope-break zone

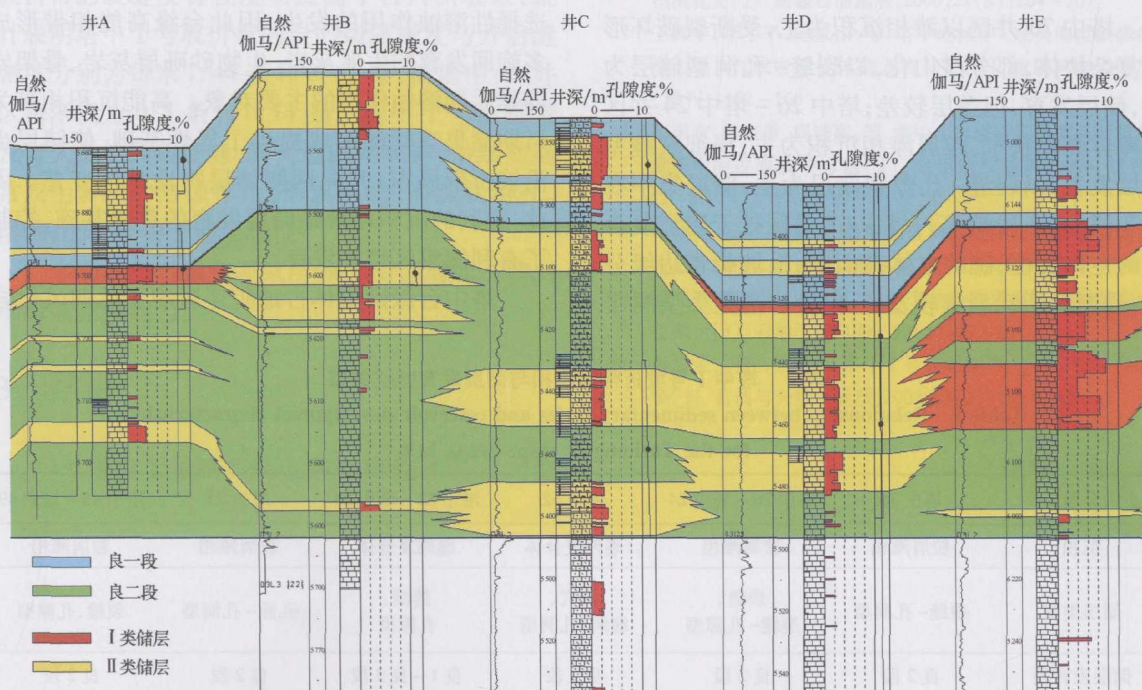


图4 塔中I号坡折带良里塔格组井间储层对比

Fig. 4 Interwell reservoir correlation of the Lianglitage Formation in the Tazhong I slope-break zone

层段主要分布在上部礁滩体发育的 150 m 范围内,单层厚度在 3 ~ 6 m,单井储层有效厚度达 30 ~ 90 m,横向延伸长度 1 ~ 20 km,储层纵向上叠置、横向连片,受台缘相带控制呈条带状展布,形成叠置连片、沿台缘高能相带广泛分布的具有非均质性变化的礁滩型储层(图 4)。目前台地内侧钻井在良里塔格组底部也获得了油气,表明良里塔格组储层发育范围可由 150 m 范围延伸到 500 m 范围内,表明了塔中 I 号坡折带台地内侧上奥陶礁滩体深层巨大的勘探潜力。

2 礁滩复合体发育主控因素

2.1 台缘坡折带地质结构控制礁滩复合体空间展布

晚加里东期塔中 I 号坡折带东部受构造运动抬升呈现西北倾的斜坡。受控于早加里东期基底断裂、断层活动强度影响及海西期北东向大型走滑断裂影响,使得礁滩体的沉积储层特征表现出与构造特征一致的分段性特征。礁滩体沉积总的地貌特征是西高东低,沉积相带由东部的窄条状向西部的宽缓状发散。

塔中 I 号坡折带沉积相变及储集条件变化较大。塔中 76 井区以滩相沉积为主,受断裂破坏形成复杂块体,部分潜山化,以裂缝-孔洞型储层为主,储层发育,但盖层较差;塔中 26 - 塔中 24 井区礁滩体高陡狭窄,粒屑滩相沉积为主,局部裂缝型储层发育,以裂缝-孔隙型储层为主,储层集中在良 2 段(良 1 段缺失);塔中 62 井区处于礁滩复合体的主体部位,礁的主体高而窄,沿坡折带边缘分布,受断裂活动裂缝较发育,发育岩溶型大型洞穴

型储层,以缝洞和孔洞型储层为主,储层集中在良 2 段;塔中 82 - 塔中 54 井区以宽缓的礁(丘)滩复合体沉积为主,塔中 82 井区发育灰泥丘,丘的主体矮而宽,坡度缓,向台缘内侧发育,受走滑断裂影响局部发育洞穴和裂缝,以缝洞和孔隙型储层为主,储层集中在良 1 - 良 2 段。在塔中 54 井区以孔洞型储层为主;塔中 85 井区台缘外带以发育中高能粒屑滩和骨架礁丘组合为特征,裂缝欠发育,以孔隙-孔洞型储层为主;塔中 45 - 塔中 49 井区以滩相沉积为主,滩体宽缓且薄,受走滑断裂影响裂缝发育,以裂缝和孔隙型储层为主,储层集中在良 2 段(表 1)。

2.2 岩溶作用和构造裂缝控制礁滩复合体储集性能

礁滩型地貌隆起和海平面相对变化所控制的暴露,以及准同生期大气淡水溶蚀、淋滤作用和岩溶作用是控制区内台缘礁滩体优质储层发育的根本原因。

钻探与研究表明,在区内台缘相带古地貌高的地区多发育准同生期的溶蚀孔洞层,多期的礁滩体向上营建形成的古地貌高,控制了准同生期岩溶作用^[6-8]。由于原生孔隙的发育有利于后期选择性溶蚀作用的发生,因此台缘高能相带形成多旋回发育的生屑灰岩、生物砂砾屑灰岩、骨架岩等是后期溶蚀作用的主要对象。高能沉积相带为后期储集空间的形成提供了岩性基础,使储层也沿坡折带展布,并向两侧储层物性总体变差。因此,有利的沉积相带是储层发育的重要基础,控制了有利储集区带的发育。

塔中台缘礁滩体古地貌还影响了后期风化岩

表 1 塔中 I 号坡折带沉积相与储层发育特征关系
Table 1 Relationship between sedimentary facies and reservoir development characteristics for the Tazhong I slope-break belt

分段	塔中 76	塔中 26 - 塔中 24	塔中 62	塔中 82 - 塔中 54	塔中 85	塔中 45 - 塔中 49
沉积	粒屑滩相	粒屑滩相	礁滩复合体	礁滩复合体	粒屑滩相	粒屑滩相
储层类型	裂缝-孔洞型	裂缝、 裂缝-孔隙型	洞穴、 缝洞、孔洞型	缝洞、 孔隙型	孔隙-孔洞型	裂缝、孔隙型
储层发育段	良 2 段	良 2 段	良 2 段	良 1 - 良 2 段	良 2 段	良 2 段
储层发育 控制因素	断裂、 表生岩溶	断裂、 表生岩溶	断裂、 表生、埋藏岩溶	走滑断裂、 表生、埋藏岩溶	岩溶	走滑断裂、 热液岩溶

溶。在良里塔格组礁滩体沉积后,塔中地区出现短暂海平面下降与抬升暴露,形成良里塔格组与上覆桑塔木组泥岩之间的不整合。塔中良里塔格组台缘礁滩体出现大面积暴露淋滤,风化壳岩溶作用主要发生在塔中26-塔中82井区古地貌较高的台缘礁滩体,而台内低洼部位暴露范围有限,岩溶作用较弱。

地质结构及构造的区段性造成了塔中I号坡折带断裂及与断裂伴生的构造裂缝分布的非均质性。

塔中26-塔中62井区受控于基底挠曲形成高陡的增生镶边台地,由于受断裂挤压裂缝较发育,塔中243井发育以网状缝为主要储集空间。受断裂强度及走滑断裂影响塔中62-塔中82井区以东发育大型洞穴及缝洞系统储集空间。使得塔中82-塔中62井区成为高产稳产的主力井区。储层塔中45井区构造作用与岩溶作用强烈,发育与断裂相关的深部热液岩溶储层及受走滑断裂影响的裂缝及孔隙型储层^[9]。

晚海西—喜马拉雅期的构造破裂作用及其伴随的埋藏溶蚀作用,改善礁滩体灰岩孔隙储集性能,增加了不同礁滩体之间的连通性。塔中I号坡折带的裂缝发育程度明显高于台内斜坡区,统计表明塔中I号坡折带的岩心裂缝密度与开启缝密度分别为每米1.44条和0.62条,而塔中10井区每米仅为0.3条和0.14条。塔中I号坡折带发育大量的高角度缝、斜交缝或网状缝,沿这些缝常发生多期的溶蚀作用,形成溶缝、串珠状溶孔、溶蚀孔洞,改善了储层物性^[10,11]。

多期油气运聚和埋藏溶蚀作用也增加了储层的有效储集能力。

3 结语

1) 塔中I号坡折带上奥陶统整体发育大型

镶边台地沉积,台缘相带控制了礁滩的发育和分布,具有粒屑滩背景下的局部生物礁发育。地质结构的区段性是造成沉积分段性的主控因素。

2) 礁滩型储层以次生溶蚀形成的孔洞与构造作用形成的裂缝为主,所形成的大型缝洞是油气高产稳产的主要原因。储层纵向叠置,横向联片,沿台缘礁滩相带分布,具有分段性特点。

3) 高能相带是优质储层发育和后期改造的基础,各种岩溶作用和构造作用是碳酸盐岩储集性能改善的关键。

参 考 文 献

- 1 贾承造,魏国齐,姚慧君,等.塔里木盆地构造演化与区域构造地质[M].北京:石油工业出版社,1995.88~104
- 2 周新源,王招明,杨海军,等.塔中奥陶系大凝析气田的勘探与发现[J].海相油气地质,2006,11(1):45~51
- 3 顾家裕,方辉,蒋凌志.塔里木盆地奥陶纪生物礁的发现及其意义[J].石油勘探与开发,2001,28(4):1~4
- 4 顾家裕,张兴阳,罗平.塔里木盆地奥陶系台地边缘生物礁、滩发育特征[J].石油与天然气地质,2005,26(3):277~283
- 5 Camoin G F, Gautret P, Montaggioni L F, et al. Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds: concepts and categories[J]. Sedimentary Geology, 1999, 126: 271~304
- 6 李宇平,李新生,周翼,等.塔中地区中上奥陶统沉积特征及沉积演化史[J].新疆石油地质,2000,21(3):204~207
- 7 王振宇,李宇平,陈景山,等.塔中地区中-晚奥陶世碳酸盐陆棚边缘大气成岩透镜体的发育特征[J].地质科学,2002,37(增刊):152~160
- 8 范国章,赵宗举,周进高,等.塔中I号坡折带奥陶系凝析气田勘探中的古地貌学方法[J].海相油气地质,2006,11(2):52~56
- 9 吕修祥,杨宁,解启米.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):284~296
- 10 郭光辉,李建军,卢玉红.塔中I号断裂带奥陶系灰岩裂缝特征探讨[J].石油学报,1999,20(4):19~23
- 11 秦启荣,刘胜,苏培东.塔中I号断裂带O₂₊₃灰岩储层裂缝特征[J].石油与天然气地质,2002,23(2):183~185

(编辑 高岩)