

塔中地区中上奥陶统礁、滩相隐蔽圈闭研究^{*}

陈新军^{1,2} 蔡希源³ 徐旭辉¹ 朱建辉¹

(1. 中国石化勘探开发研究院无锡石油地质研究所 2. 同济大学 3. 中国石油化工集团公司)

陈新军等. 塔中地区中上奥陶统礁、滩相隐蔽圈闭研究. 天然气工业, 2007, 27(1): 17-20.

摘 要 根据基准面旋回变化控制层序形成和展布的有关规律,并结合钻井、测井和地震等资料,综合分析建立了塔中地区奥陶系的层序地层格架,共包括 5 个三级层序。该地区中、上奥陶统可分为 3 个三级层序,沉积旋回总体显示出不对称的特点,海平面以上升过程为主。钻井证实,在层序地层格架中,塔中地区奥陶系有着多种类型的隐蔽圈闭(古岩溶圈闭、生物礁圈闭等)。其中礁、滩相隐蔽圈闭的发育在纵向上受基准面旋回变化的制约,形成于各层序单元的下部;在平面上受海平面以及古隆起、坡折带等古地貌格局的双面控制,主要发育在碳酸盐岩台地边缘,分布于两个相带,一个是碳酸盐岩台地内的地形由平坦向较陡处转折的斜坡带,另一个是碳酸盐岩台地向台地斜坡过渡的台地边缘。

关键词 塔里木盆地 中部 晚奥陶世 层序地层 基准面 古地貌 生物礁 隐蔽圈闭

目前层序地层学已成为预测油气圈闭特别是地层、岩性等隐蔽圈闭的有效方法并已获得成功^[1]。作为一种勘探工具,它不仅提供了一种精细的沉积相分析方法,从地层成因研究入手,通过等时地层的对比与分析,有效地解决了同一时期相在横向上的变化与展布;而且能够通过不同规模层序的划分、体系域等的识别,使油气与各体系域中的沉积体在时间序列上的演化和空间配置有规律地联系起来,从而使油气预测更为有效。

塔中隆起东北翼和西南翼分别受塔中 I 号断层与塔中南断裂的切割限制,因而其东南部呈现收敛狭窄态势、向北西倾没的宽缓穹形隆起构造,成藏条件十分有利;特别是其沉积地层巨厚,构造运动频繁,沉积环境复杂多变,各种类型的储集岩体丰富多彩,为隐蔽圈闭的形成创造了良好的条件。因此以层序地层学理论为指导,寻找有利的油气成藏区带和勘探目标,特别是寻找隐蔽油气藏,是实现塔里木盆地油气勘探新的突破重要途径。

一、中上奥陶统层序格架及沉积特征

1. 层序地层格架

奥陶系的层序地层格架可以通过钻井、测井和地震剖面综合分析而建立。钻井剖面及对应的测井

曲线揭示的地层旋回性记录了不同级次的基准面旋回变化,而地震剖面中不整合面标志,揭示了各个级别的层序边界。综合利用地震资料具有系统性、连续性和区域分布以及钻井资料具有较高的分辨率的特点,可以建立综合性的层序地层格架,并以此反映奥陶系地层发育规律和沉积充填演化特点(图 1)。

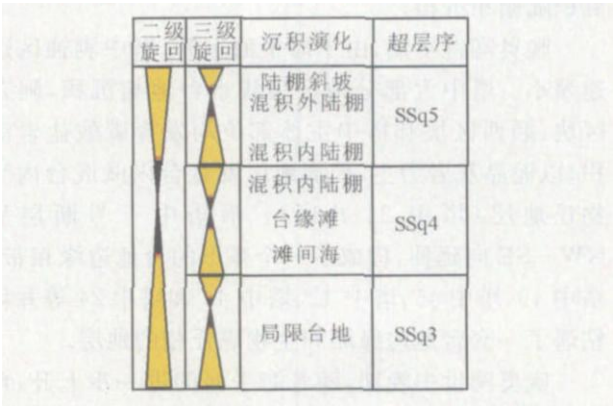


图 1 塔中地区中上奥陶统层序格架图

塔中地区奥陶系发育有两个大的不整合面,一个是发育在下奥陶统与中上奥陶统之间,另一个是奥陶系顶与志留系之间的区域性不整合面。除此以外,奥陶系内还发育小规模的不整合面,呈周期性重复出现,受海平面变化以及与之伴生的沉积物供应

^{*} 本文为中国石化西部新区勘探指挥部科技攻关项目(XB KT2002 KY-04041)成果。

作者简介:陈新军,1975 年生,目前正在博士后流动站工作;主要从事层序地层与沉积学研究。地址:(214151)江苏省无锡市中国石化勘探开发研究院无锡石油地质研究所。电话:13691476018。E-mail:chenxj2008@sina.com

速率变化控制。根据层序地层学原理及分析技术^[2,3],奥陶系可识别出5个三级层序(SSq1—SSq5),其中中上奥陶统可分为3个三级层序(SSq3—SSq5),但在许多钻井中3个层序发育或保存不齐全。

超层序SSq3大致对应于中奥陶统下部,形成于台地相环境,在满加尔坳陷的几口钻井中揭示较完整,在台地相区的塔中地区基本缺失。

超层序SSq4大致对应于中奥陶统上部—上奥陶统下部,层序下部以开阔台地相沉积为主,发育中厚层褐灰色灰岩、泥质灰岩、粉晶灰岩、鲕粒灰岩等,上部则以混积陆棚相沉积为主,以中厚层深灰色泥岩为主,夹有薄层泥质灰岩。该层序的上升半旋回明显地大于下降半旋回,代表着海平面的快速、持续上升背景。

超层序SSq5对应于上奥陶统上部地层,形成于混积陆棚环境,以深灰色泥岩沉积为主,夹有薄层粉细砂岩或灰质云岩。

2. 沉积相展布

中奥陶世,塔中大部分地区出露水面,接受剥蚀,越向西部剥蚀区范围越大。在剥蚀区的北侧发育开阔台地相碳酸盐岩沉积,沉积厚度最大超过100 m,台地边缘沿塔中 号断裂带展布,满加尔坳陷为混积陆棚相沉积。

晚奥陶世早期,由于海平面上升,塔中剥蚀区迅速缩小。塔中大部分地区为浅水台地相沉积,阿东区块、顺西区块和塔中主体部位均发育碳酸盐岩沉积,以泥晶灰岩为主,局部地区发育台内滩或台内生物丘地层(塔中23井区)。沿塔中 号断层呈NW—SE向延伸,构成了一个弧形的台地边缘相带,塔中49、塔中45、塔中42、塔中44和塔中24等井均钻遇了一套台地边缘滩和生物礁丘相的地层。

晚奥陶世中晚期,随着海平面的进一步上升,台地范围明显收缩,而混积陆棚相大面积扩展,覆盖了塔中、顺西、阿东等大部分地区,台地边缘相退缩至塔中23—塔中12—塔中43一线,发育台地边缘丘、礁和滩相沉积。满加尔坳陷区则发育半深海—深海盆地相沉积。晚奥陶世晚期,碳酸岩台地因海水淹没而消失,转变为大面积的混积陆棚相,满加尔坳陷区继承发育半深海—深海盆地相地层。

二、礁、滩相隐蔽圈闭研究

塔中地区中上奥陶统碳酸盐岩隆起普遍发育,从隆起台地区到斜坡带均有发育,但主要是在斜坡

带广泛分布,且规模宏大,有些已被钻井证实为生物礁、生物丘,有些被解释为礁体。为了进一步探讨未被钻探的岩隆的地质、岩性属性,可从已被证实的生物礁的发育背景、分布特征和成藏条件入手。

1. 碳酸盐岩隆的发育特征及背景

塔中地区塔中44、塔中45和塔中62等井钻遇了生物礁。在地震反射剖面上,这些礁体为丘形杂乱、乱岗状弱振幅不连续反射,顶面凸凹不平,两翼见反射终止或上超,其顶部为席状披覆中振幅平行中连续反射,其底部中上奥陶统底强轴反射突然终止,与下奥陶统反射连为一体,两翼外侧反射为席状、中振幅亚平行中连续反射。单个礁体宽度一般为1~2.5 km,目前塔中44、45、62等井钻遇的礁核厚度为2~100 m不等。

根据露头调查和钻井揭示情况分析,塔中地区奥陶纪生物礁的发育时间大致为中奥陶世早期至晚奥陶世中期的海进过程,最发育的时代是晚奥陶世^[4]。这是因为在早奥陶世以后大约20 Ma的时间内,塔里木地区的海平面处于缓慢下降至缓慢上升的稳定阶段,海平面稳定的奥陶系最适宜于生物礁的发育^[5]。生物礁的发育不但受海平面控制,同时也受古地貌控制,主要发育在碳酸盐台地边缘,多数发育于清水环境。不同相区礁体特征、礁体规模等均存在着较大差异,碳酸盐台地内发育礁、丘、滩组合,规模较小;台缘区发育规模较大的礁、滩或丘、滩组合,而且成礁旋回较多,是礁体最发育的地区。

通过上面的分析可以看出,生物礁的形成、发育主要受海平面和古地貌的双面控制,下面分别分析它们对礁滩相隐蔽圈闭发育分布的控制作用。

2. 层序格架中的礁滩相隐蔽圈闭发育规律

(1) 基准面旋回变化控制礁滩相隐蔽圈闭的发育

由于基准面的变化是海平面、构造沉降、沉积物补给、沉积负荷补偿、沉积压实与沉积地形等各要素变化的综合反映^[3],而生物礁的发育与构造古地貌、海平面变化密切相关。因此我们在这里借用陆相层序地层学中基准面的概念,在海进过程中,当可容纳空间增加速率与碳酸盐沉积物的沉积速率基本一致时($A/S=1$),有利于造礁生物的生长繁殖。如果可容纳空间的增加速率超过了碳酸盐沉积物的堆积速率($A/S>1$),造礁生物生长就会受到抑制,礁的发育也会停止。所以,生物礁的发育总会追随着基准面的旋回变化,保持同步并进。

塔中隆起夹持于南、北两条断裂带之间,由塔中向南侧的塘古孜巴斯凹陷和向北侧的满加尔坳陷,

古地形高差显著,沉积时水深变化剧烈,台地边缘相主要沿断裂带上盘边沿分布。但由塔中隆起向西及西北部(阿东区块方向),古地形高差并不明显,地势变化缓慢,相应的水体深度也是逐渐过渡的。塔中隆起通过阿瓦提、满加尔的鞍部与塔北隆起相连。在此背景下,当中奥陶世塔中隆起区被北、东、南三面深海环绕形成半岛时,阿东、顺托果勒西区为浅水碳酸盐台地沉积背景,发育碳酸盐岩隆(丘状体)。随着晚奥陶世海平面上升,阿东、顺托果勒西区的碳酸盐岩发育受到抑制,台地相沉积迁移到地势更高的塔中隆起区。

(2) 古地貌格局控制礁滩相隐蔽圈闭的分布

塔中地区中晚奥陶世沉积时,由于断裂活动引起局部抬升,造成地形的相对差异,在隆起的高部位,水体较浅,能量适中,有利于生物繁殖,就可能发育生物礁滩。由于坡折带控制礁、滩相是通过地形变化,影响水动力条件和沉积物供给实现的,因此对应于不同的地层结构与沉积类型,礁相的发育期次和构造部位也不相同,其生长分布特点也不同。此外,在坡折带地貌背景下,往往发育着各类地质异常体,虽然这类异常体规模较小,丘状形态不明显,但是其异常强反射特征非常突出,并呈阶梯状逐层向上排列,有可能发育的是礁、滩相圈闭。

据塔里木盆地周边露头调查和塔中钻井揭示的礁滩相分布,发现中、上奥陶统生物礁主要分布于两个相带,一个是碳酸盐台地内的地形由平坦向较陡处转折的斜坡带,如塔中 33 井以发育中等能量的障积礁为特征;另一个是碳酸盐台地向台地斜坡过渡的台地边缘环境,如在塔中 45 井—塔中 44 井—塔中 24 井一带(台缘外带),在塔中 35 井—塔中 12 井—塔中 15 井—塔中 161 井一带(台缘内带)(图 2)。

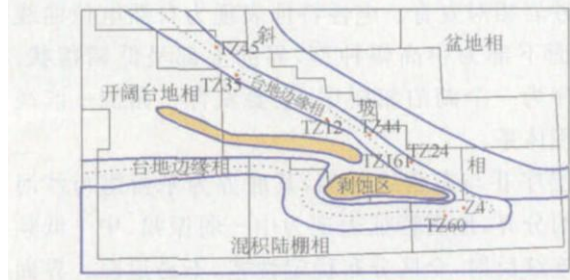


图2 塔中地区中上奥陶统沉积相略图

1) 陡坡带与礁、滩相发育关系: 主要沿着塔中号断裂分布, 面向深水盆地, 背靠开阔海台地, 环境开阔, 断裂坡折较陡, 断层是坡折带的边界, 相带较窄, 在海平面的变化过程中, 水体循环良好, 水深可

浅至几米,能量适中,有利于生物礁和粒屑滩等岩隆体的发育。研究表明:塔中 45 号断裂带既是断裂带又是相变带,多期坡折带叠合,与塔中 II 号断裂带一起控制了卡塔克隆起中、上奥陶统台地边缘的礁、滩相沉积。在此种背景下,受狭窄的坡折带的控制,生物礁在侧向上迁移性相对较小,垂向上继承性较强,在粒屑滩或者隐藻灰泥丘的基础上发育,塔中 45 井区的礁体即形成于此种背景(图 3)。

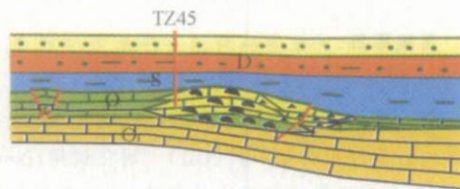


图3 塔中45井区中上奥陶统礁体成因示意图

2) 缓坡带与礁、滩相发育关系: 这是塔中顺西区块出现最多的一种岩隆类型, 其沉积斜坡较缓, 且相带展布较宽。在这种背景下, 生物活动活跃, 礁体生长迅速, 且生物骨架相灰岩发育。生物礁(丘)形成过程中, 由于在其前端水体加深, 迅速相变为斜坡带, 形成以泥质灰岩或泥岩为主要特征的岩相类型。从地震反射剖面解释来看, 由于岩性反差巨大, 礁的顶底均显示强反射, 其内部为弱反射, 在礁体前缘产生了明显的岩性界面, 形成地震强反射波; 而在背风面, 水动力条件较弱, 岩性由礁灰岩逐渐过渡到浅水台地相的泥晶灰岩, 相对于礁前带, 岩性差异并不大, 礁后泻湖相沉积的平行—亚平行反射均终止在礁边缘外, 在生物礁与台地相之间往往没有十分清晰的分界面, 而是渐变过渡的。

总体看来,受古地貌条件的影响,塔中地区的生物礁具有 3 期发育的特点,由阿东区块到塔中隆起的主体部位,古地貌有 2 个明显的坡折带,构成了 3 级地貌台阶。因此,随着海平面的上升,台缘坡折的位置也随着向台地高部位逐步退缩,而生物礁、丘则随着海平面上升分两期分别发育于古地貌阶地上,至少可以分为 3 期退缩,分别沿着塔中 3 条断裂带分布。

3. 礁滩相隐蔽圈闭成藏条件分析

塔中地区除了拥有来自阿瓦提—满加尔坳陷的寒武—下奥陶系油源外,其隆起西侧斜坡带还推测发育有中、上奥陶系烃源岩,且侧向与台缘礁、滩相接触,为其提供较充足的油源。礁、滩相储层岩性多为礁灰岩,其中各类原生孔隙发育,此外后期的成岩作用会使其储集性得到进一步的改(下转第23页)

层等构造因素,可以形成有利的构造—岩性圈闭。

第 层序(河流相层序)主要发育曲流河沉积体系,透镜状砂体发育,可以形成有利的岩性圈闭。

参 考 文 献

- [1] 大港油田石油地质志编辑委员会. 中国石油地质志() [M]. 北京:石油工业出版社,1987.
- [2] 蔡希源,李思田,等. 陆相湖盆高精度层序地层学() [M]. 北京:地质出版社,2004.
- [3] 纪友亮,张世奇,等. 陆相断陷湖盆层序地层学[M]. 北

京:石油工业出版社,1996.

- [4] 纪友亮,张世奇,等. 层序地层学原理及层序成因机制模式[M]. 北京:地质出版社,1997.
- [5] 李江涛,等. 高分辨率层序地层分析中基准面变化的讨论[J]. 沉积学报,2005,23(2):297-301.
- [6] 邓宏文,王洪亮,等. 高分辨率层序地层学原理及应用[M]. 北京:地质出版社,2002.

(收稿日期 2006-09-05 编辑 黄君权)

(上接第 19 页)善,成为优质储层;在其上部为上奥陶统的钙质泥岩,构成良好的封盖层。同时,圈闭受后期构造活动影响较小,无断层发育,原始油气藏保存条件好,可形成自生、自储的生物礁型油气藏。

三、结 论

(1) 塔中地区奥陶系层序地层研究表明,中上奥陶统可分为 3 个三级层序,主要形成于台地相环境和混积陆棚环境。

(2) 生物礁的发育与海平面与古地貌变化密切相关,礁、滩相隐蔽圈闭的发育总会随着基准面的旋回变化,保持同步并进。

(3) 古地貌格局控制礁滩相隐蔽圈闭的分布,在古地貌坡折阶地上由于水体较浅,能量较高,有利于发育礁、滩相隐蔽圈闭。

参 考 文 献

- [1] 蔡希源,等. 陆相盆地高精度层序地层学——隐蔽油气藏

勘探基础[M]. 北京:地质出版社,2004.

- [2] BOWEN D W, WEIMER P, SCOTT A. The relative success of sequence stratigraphic concepts in exploration: examples from incised valley fill and turbidite systems reservoirs. In Paul Weimer and Henry Posamentier, eds., Siliciclastic sequence stratigraphy: AAPG memoir 1993, 58:15-42.
- [3] 邓宏文,王洪亮,祝永军,等. 高分辨率层序地层学——原理及应用[M]. 北京:地质出版社,2002.
- [4] 曾鼎乾. 中国各地质历史时期生物礁[M]. 北京:石油工业出版社,1988.
- [5] 冯增昭. 碳酸盐岩岩相古地理学[M]. 北京:石油工业出版社,1989.

(收稿日期 2006-09-08 编辑 黄君权)

resulted from dolomitization and non-selective dissolution in deep burial diagenetic stage.

SUBJECT HEADINGS: Sichuan Basin, northeast, Early Triassic, oolitic beach, reservoir, diagenesis, "sweet point" reservoir
HE Ying, born in 1979, received an M. Sc. degree from China University of Geosciences in 2005, and is engaged in research of carbonate deposits and reservoir in Exploration and Development Research Institute of SINOPEC Southwest Company.

Add: Exploration and Development Research Institute of SINOPEC Southwest Company, No. 66, Zhixiang Road, Qinglongchang, Chengdu, Sichuan Province 610081, P. R. China

Cell phone: 13438988341 **E-mail:** heywz@163.com

STUDY ON THE MIDDLE-UPPER ORDOVICIAN SUBTLE TRAPS OF REEF-BEACH FACIES IN TAZHONG AREA

CHEN Xin-jun^{1,2}, CAI Xi-yuan³, XU Xu-hui¹, ZHU Jian-hui¹ (¹ Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC Exploration and Development Research Institute; ² Tongji University; ³ Sinopec Corp.).
NATURAL GAS IND. v. 27, no. 1, pp. 17-19, 01/25/2007. (ISSN 1000-0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: Based on the principles that the cyclic change of base level controls the formation and distribution of sequences and in combination with the comprehensive analyses of drilling, logging and seismic section, the Ordovician sequence stratigraphic framework in Tazhong area is established. It consists of 5 third-order sequences, of which the Middle-Upper Ordovician can be divided into 3 third-order sequences. As a whole, the cycles are asymmetrical and the change of sea level is dominated by ascending process. Drilling data verify that the Ordovician in Tazhong area has various types of subtle traps in the sequence stratigraphic framework. Vertically, the subtle traps of reef-beach facies are controlled by the change of base level cycle and are mainly developed in the lower part of each sequence unit. While laterally, they are controlled by both sea level and palaeogeomorphology such as palaeohigh and slope break zone, and are mainly developed on the margin of carbonate platform. They are distributed in two facies belts, one of which is the slope zone where the carbonate platform changes from flat to relatively steep, and the other is the platform margin where the carbonate platform transits to platform slope.

SUBJECT HEADINGS: Tarim Basin, central, Late Ordovician, sequence stratigraphy, base level, palaeogeomorphology, reef, subtle trap

CHEN Xin-jun, born in 1975, is engaged in a postdoctoral program, with main research interests in sequence stratigraphy and sedimentology.

Add: Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC Petroleum Exploration and Development Research Institute, Wuxi City, Jiangsu Province 214151, P. R. China

Cell phone: 13691476018 **E-mail:** chenxj2008@sina.com

STUDY ON SEQUENCE STRATIGRAPHY OF HUANGHUA DEPRESSION IN NORTH CHINA: TAKING ES₁-Nm STRATA IN BAISHUITOU-TANGJIAHE AREA AS EXAMPLES

HUANG Jian-jun¹, JI You-liang¹, WANG Jin-you², AN Ai-qin¹, HUANG You-geng³ (¹ School of Ocean & Geosciences, Tongji University; ² China University of Petroleum - East China; ³ PetroChina Changqing Oilfield Company). *NATURAL GAS IND.* v. 27, no. 1, pp. 20-23, 01/25/2007. (ISSN 1000-0976; **In Chinese**)

ABSTRACT: Based on the theory of sequence stratigraphy and through comprehensive analyses of geologic, drilling, logging, and seismic data, the first member of Shahejie Formation (Es₁)-the Minghuazhen Formation (Nm) in Baishuitou-Tangjiahe area in Huanghua depression are divided into 2 first-order and 4 second-order sequences. They are successively, from the bottom to the top, the sequence which corresponds to the first member of Shahejie Formation, the sequence which corresponds to the Dongying Formation, the sequence which corresponds to the Guantao Formation, and sequence which corresponds to the Minghuazhen Formation. Of these second-order sequences, the sequence and are of lacustrine facies, and can be divided into 3 depositional system tracts, including lowstand system tract (LST), lake expanding system tract (EST) and highstand system tract (HST). While the sequence and are of fluvial facies and can be divided into a base level ascending and a base level descending system tracts. Based on sequence division and stratigraphic correlation, sedimentary features of lacustrine facies sequence and fluvial facies sequence are analyzed, and a sequence stratigraphic model is built in the study area. It is believed that the HST of sequence, LST of sequence and base-level ascending system tract of sequence are the most fa-