

文章编号: 1000-0550(2010)06-1090-08

# 塔中及相邻地区早奥陶世沉积格局新论

严威<sup>1</sup> 王兴志<sup>1</sup> 王振宇<sup>1</sup> 杨海军<sup>2</sup> 冉丽君<sup>3</sup>

(1. 西南石油大学 成都 610500; 2. 塔里木油田公司勘探开发研究院 新疆库尔勒 841000;

3. 中国石油化工股份有限公司西南油气分公司川西采气厂 四川德阳 618000)

**摘要** 前人的观点认为,早奥陶世的塔里木盆地是一个统一的“大碳酸盐岩台地”,斜坡相呈马蹄形发育在古城—轮南一线。通过对塔中地区满加1井—塔中29井一线及相邻地区下一中奥陶统的岩石学、沉积学和地震地层学等方面的研究,发现这一线的下奥陶统主要由一套较深水的斜坡及海槽沉积构成,其地层厚度和地震反射特征也明显与周边地区不同,认为塔中及相邻地区在早奥陶世期间已经从早期的塔里木“大碳酸盐台地”中分化独立出来,分裂成塔中—巴楚台地、古城台地、塘南台地三块孤立台地,以塔北隔海相望。各孤立台地周缘发育台地边缘高能礁滩沉积体,呈条带状展布,主要由中高能粒屑滩组成;向内相变为台地相,发育台内滩、台内洼地、滩间海等亚相;向外进入较深水的斜坡—海槽沉积区,从而确立了塔中及相邻地区早奥陶世新的区域沉积格局。新沉积格局的确立,对于确立下奥陶统新的有利勘探区带具有重要的理论和现实意义,大大提升了研究区下奥陶统的油气勘探战略地位。

**关键词** 塔中 下奥陶统 海槽 孤立台地 沉积格局

**第一作者简介** 严威 男 1981年出生 沉积及储层地质学 E-mail: yuchen\_tz@163.com

**中图分类号** P512.2 **文献标识码** A

## 0 引言

对塔里木盆地塔中地区下奥陶统而言,虽然前人对该区的地质、沉积、储层和成岩等方面做了大量的研究工作<sup>[1-5]</sup>,但针对其早奥陶世区域沉积格局等基础地质问题的认识,仍显薄弱,这极大地制约该地区下奥陶统油气的勘探和目标评价。

“八五”—“十五”期间,前人研究认为:寒武纪—早奥陶世期间,塔里木盆地的斜坡带位于古城地区东侧,向东进入盆地相,向西的古城、塔中、巴楚等地区为一个“碳酸盐大台地”<sup>[1,2]</sup>;而晚奥陶世的斜坡相则位于塔中地区东端的塔中I号构造带附近,该带以东的地区(包括古城地区)全部沉陷为盆地相<sup>[3,4]</sup>。显然,晚奥陶世期间,塔中地区已经从早期的大台地体系中分裂出来,但仍认为早奥陶世的塔中地区是原塔里木“碳酸盐大台地”的一部分。

本文通过对塔中地区东侧满加1<sup>#</sup>—塔中29<sup>#</sup>一线及相邻地区下一中奥陶统的岩石学、沉积学和地震地层学等方面的研究,认为塔中及相邻地区在早奥陶世期间也不再隶属于前人所述的大台地体系范畴,而是形成了巴楚—塔中、塘南和古城三个孤立台地,与塔北隔海相望,各孤立台地之间由相对深水的海槽相隔离。这种新沉积格局的确立,对进一步确定台缘有

利储集相带,指出下奥陶统有利的勘探区带和勘探方向具有重要的理论及现实意义,扩大了勘探领域。

## 1 区域地质概况

研究区主要位于塔中—古城地区,面积近 $2.75 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,在区域构造位置上处于塔里木盆地中央隆起中段,东临满加尔凹陷,北靠阿瓦提凹陷,西接巴楚隆起,南临塘古凹陷(图1)。塔中低隆构造单元主要形成于泥盆纪末期,在低隆轴部石炭系巴楚组泥岩盖层呈角度不整合覆盖在奥陶系风化壳上,向两翼下伏地层依次为志留系、泥盆系。

从航磁资料揭示的塔里木盆地基底和深部断裂分布图可以看出,其基底断裂呈棋盘格状的组合型式(图2)。其中,东西向断裂中的塔中北缘深断裂(FC1)、唐古孜巴斯北缘深断裂(FC2)被北西向的土木休克断裂(FD1)、塔中I号断裂(FD2)和古城东缘断裂(FD3)所交截,这五条断裂基本控制了塔中及其相邻地区基底岩相、构造的展布及后期的沉积演化<sup>[5]</sup>。换言之,本身存在的棋盘格式的基底断裂,在早奥陶世构造拉张作用的背景下,可能会导致一系列隆凹相间地貌的发育,它们是塔中地区早奥陶世沉积格局形成和演化的内在机制。

塔中及相邻地区的奥陶系自下而上可依次划分

收稿日期: 2009-08-10; 收修稿日期: 2009-10-23

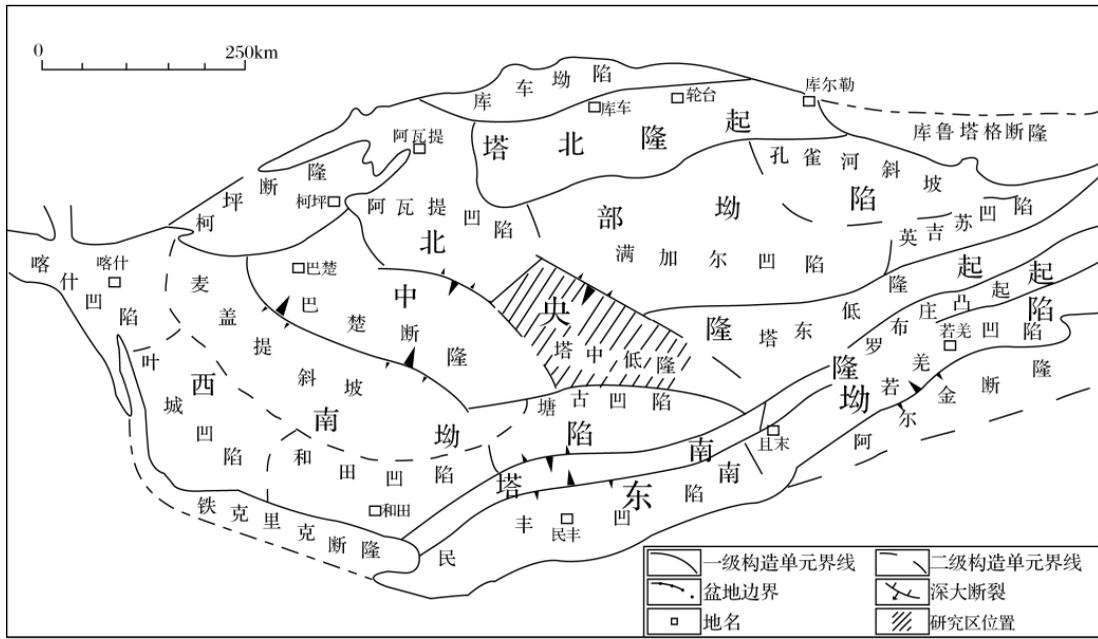


图 1 研究区位置及区域构造单元划分(据贾承造, 1995 年修改)

Fig. 1 Structural units of Tarim Basin. Note the location of the studied area( after Jia Chengzhao , 1995)

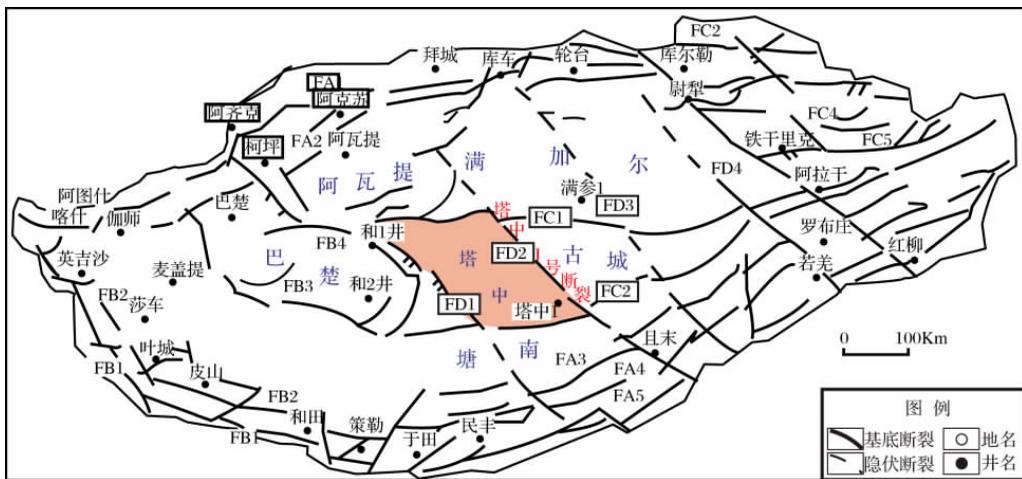


图 2 塔里木盆地基底和深部断裂分布图(据贾承造, 2004 年)

Fig. 2 Basement and deep-buried faults in Tarim Basin( after Jia Chengzhao , 2004)

为下奥陶统蓬莱坝组,中下奥陶统鹰山组、中奥陶统一间房组和上奥陶统吐木休克组、良里塔格组、桑塔木组,下奥陶统和上奥陶统在区域上广泛分布,中奥陶统大部分遭受剥蚀,只在局部地区残留<sup>[6, 7]</sup>。

## 2 新沉积格局的论证

在前人的结论里,早奥陶世时期塔里木盆地的斜坡带呈马蹄形发育在古城地区东侧,向西的塔中、巴楚、塘南等地区隶属于统一的碳酸盐岩“大台地”,自西向东呈现台地—斜坡—盆地的沉积格局(图 3)。因篇幅所限,新格局研究重点也集中在东西向。

### 2.1 斜坡相

塔中 243 井下奥陶统蓬莱坝组 6 170 ~ 6 178.5 m 处,下部为斜坡相正常沉积的泥晶灰岩夹重力流沉积的砂屑灰岩,见冲刷面;顶部为斜坡相滑塌—重力流沉积的角砾灰岩,角砾主要为砂屑灰岩,分选、磨圆较差,砾间充填泥晶灰岩,可见揉皱变形和错断(图 4)。

塔中 5 井下奥陶统鹰山组 3 549 ~ 3 553.1 m 处,下部主要表现为斜坡相滑塌—重力流沉积的角砾云岩,角砾呈次棱角状—棱角状,一般砾径 1 ~ 8 cm,角砾成分主要为泥—粉晶云岩,砾间由细粒砂砾屑、云泥、灰泥支撑,分选差,见揉皱变形构造;上部为斜坡

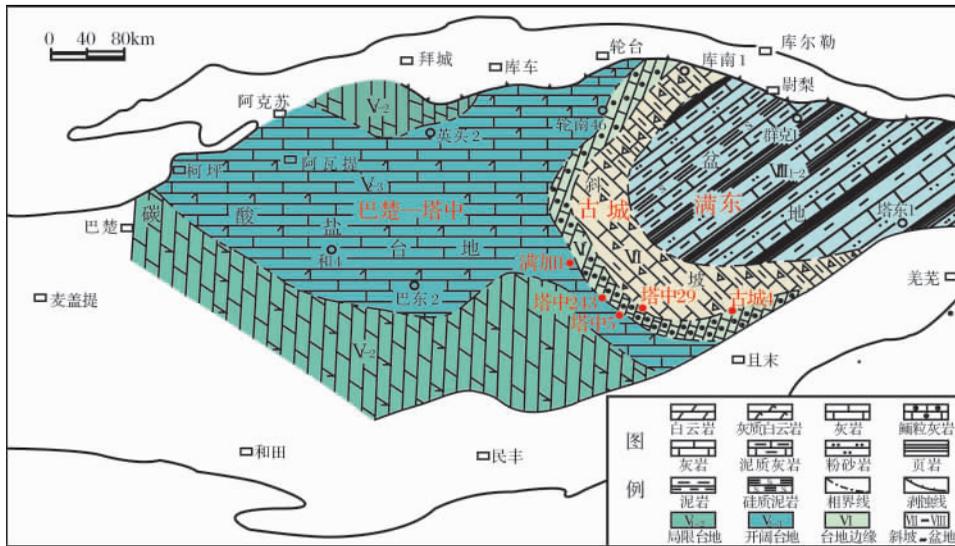


图3 塔里木盆地早奥陶世沉积相平面分布图(据顾家裕等,1993-1994)

Fig.3 Planner map showing the distribution of sedimentary facies in Tarim Basin during the Early Ordovician

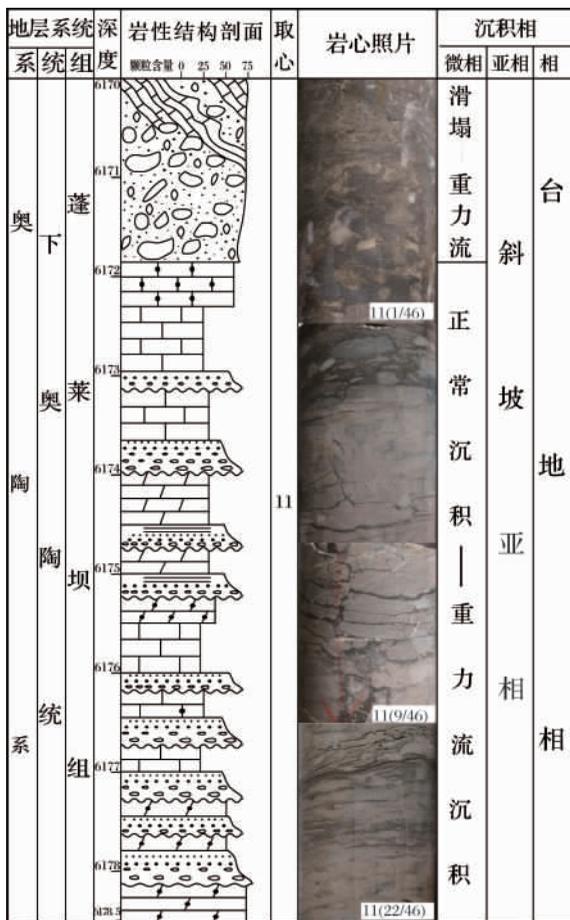


图4 塔中243井蓬莱坝组斜坡亚相相序图

Fig.4 Facies succession of marginal slope in Formation from Well TZ243

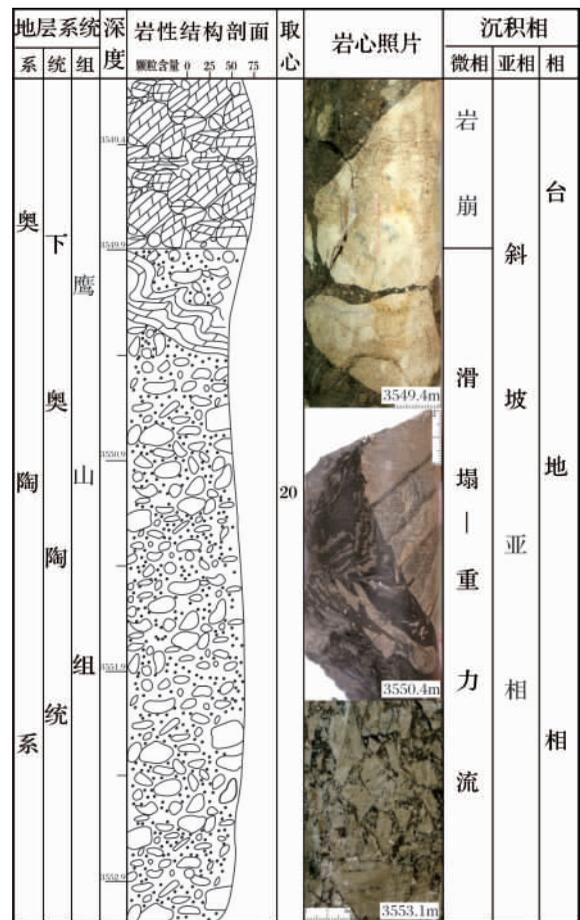


图5 塔中5井鹰山组斜坡亚相相序图

Fig.5 Facies successions of mid-upper slope in Penglaiba Yingshan Formation from Well TZ5

相的岩崩沉积,从台缘崩塌而至的巨砾沉积物的成分主要为泥—粉晶云岩、泥晶云岩,巨砾大小不一,混杂堆积,呈次棱角状—棱角状,砾径 > 8 cm,砾间充填破碎小角砾、细粒砂屑、云泥(图 5)。

### 2.2 台地边缘相

古城 4 井上寒武统一中奥陶统发育一套台缘相沉积。上寒武统以灰白色砾屑云岩为主,明显垮塌成因的白云岩角砾属碳酸盐台地跌积前缘沉积;蓬莱坝组主要为亮晶砂屑灰岩、砂屑云质灰岩、泥微晶砂屑灰岩、夹灰—褐灰色泥晶灰岩、含云灰岩,为台缘砂屑滩夹滩间海沉积;一间房组主要是褐灰色亮晶砂屑灰岩、藻砂屑灰岩、藻鲕灰岩夹粘岩、生屑泥晶灰岩等,属台缘中高能砂屑滩夹藻丘沉积(图 6)。

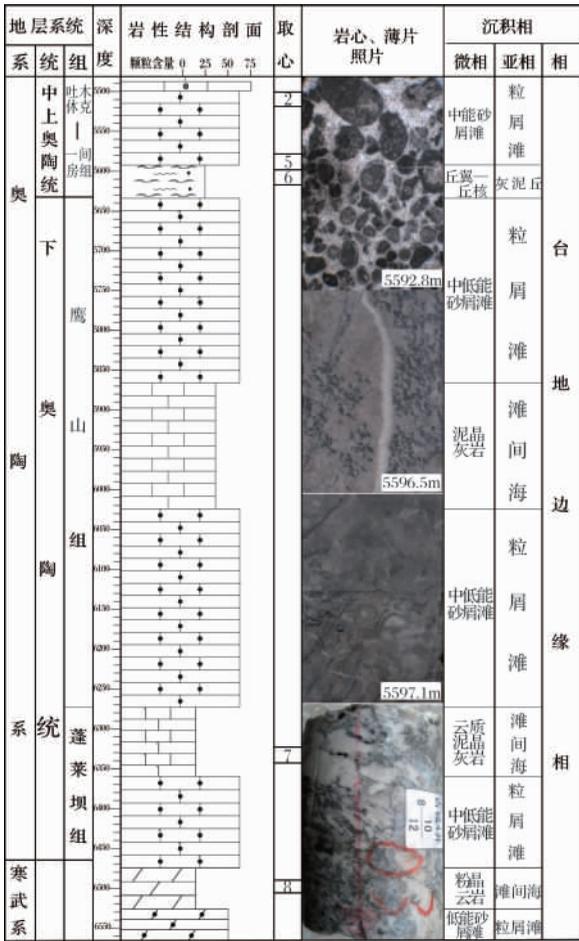


图 6 古城 4 井寒武系—中奥陶统台缘相相序图

Fig. 6 Facies successions of platform edge in Cambrian ~ mid-Ordovician from Well GC4

该台缘相的发现,确立了古城地区的台地沉积体系。

根据威尔逊模式,沿塔中 243—塔中 5 井一线的

斜坡带向东的下倾方向,应该进入盆地相;而在该斜坡带的东侧却额外出现了古城台地,由此可以推测,塔中—古城台地之间应该存在一套深水沉积,说明塔中、古城地区在早奥陶世蓬莱坝组沉积时期就可能已经分化、独立开来,呈现为两个孤立台地。

在塔中—古城之间推测出深水沉积区处没有下奥陶统的取心,因此无法知晓其沉积的具体岩性。

### 2.3 盆地相

塔中 29 井中上奥陶统却尔却克组(相当于良里塔格组) 5 380.06 ~ 5 385.65 m 处为盆地相沉积,以钙质泥岩为主,夹薄层粉砂岩,同时发育浊流作用形成的粉砂岩、砂岩,见冲刷作用形成的泥砾岩,发育冲刷面构造(图 7);北部的满加 1 井却尔却克组 5 822.08 ~ 6 830.08 m 处亦为盆地相沉积,以钙质泥岩为主,发育水平层理,低密度浊流成因的钙质泥岩与薄层棘屑灰岩不等厚互层,发育冲刷面和鲍玛序列。

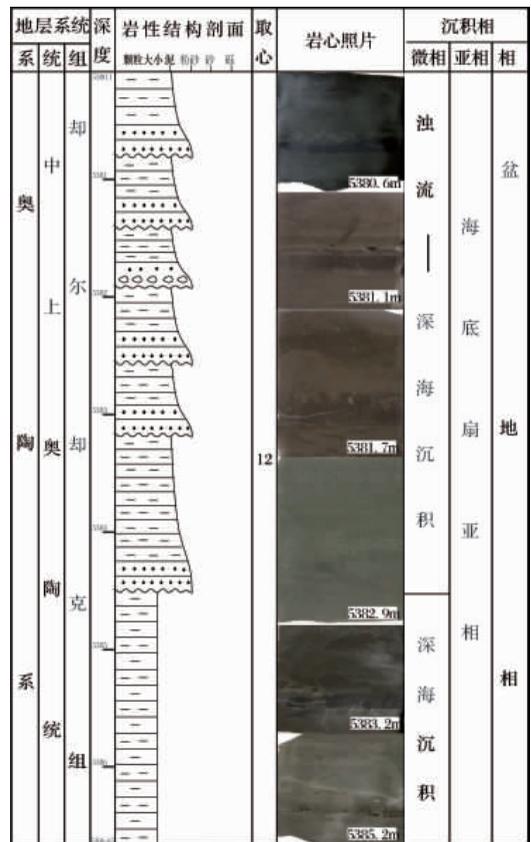


图 7 塔中 29 井却尔却克组盆地相相序图

Fig. 7 Basinal facies successions in Querqueke Formation from Well TZ29

结合众所周知的同时期的塔中良里塔格组台缘礁滩体和古城地区却尔却克组的剥蚀现象,可以推断

该时期的塔中、古城地区应该呈现出两边高、中间低的地貌特征。寒武纪—中奥陶世末期,整个塔里木盆地处于统一的构造拉张背景,因此却尔却克组时期该地貌的呈现,应该是早奥陶世相似地貌继承性发展的结果。

#### 2.4 海槽相的提出

海槽是指水深在最大波浪作用面(风暴浪底)之下的近线状展布的条形盆地,它包括较陡的斜坡及平缓的盆底,海槽中的主要沉积物是表层海水悬浮物、浮游生物产生的远洋沉积物和由各种密度流向深水搬运的台地碳酸盐以及少量的火山屑<sup>[8-10]</sup>。它虽然也是一种洼地沉积,但以发育斜坡重力流沉积的显著特点与一般的“台内洼地”相区别,“海槽”的发育,可使大型的台地/陆棚分化为一系列的孤立台地体系,形成大的、显著的相带分异,形成不同的台缘—斜坡体系。

塔中—古城间的深水沉积区明显具备海槽的伴生标志:①发育控制海槽边界的同生正断层,如塔中1号同生正断层(位于FD2处,并受其控制);②海槽边部发育重力垮塌,槽底重力流发育,如塔中243井、塔中5井;③具备深水沉积物:塔中29井、满加1井却尔却克组盆地相沉积可能是在早奥陶世构造拉张的背景下,由下奥陶统深水沉积继承性发展的结果。因此在没有取心证据的情况下大胆预测其为海槽相。

#### 2.5 地层厚度变化证据

从塔中—古城地区鹰山组地层厚度等值线图

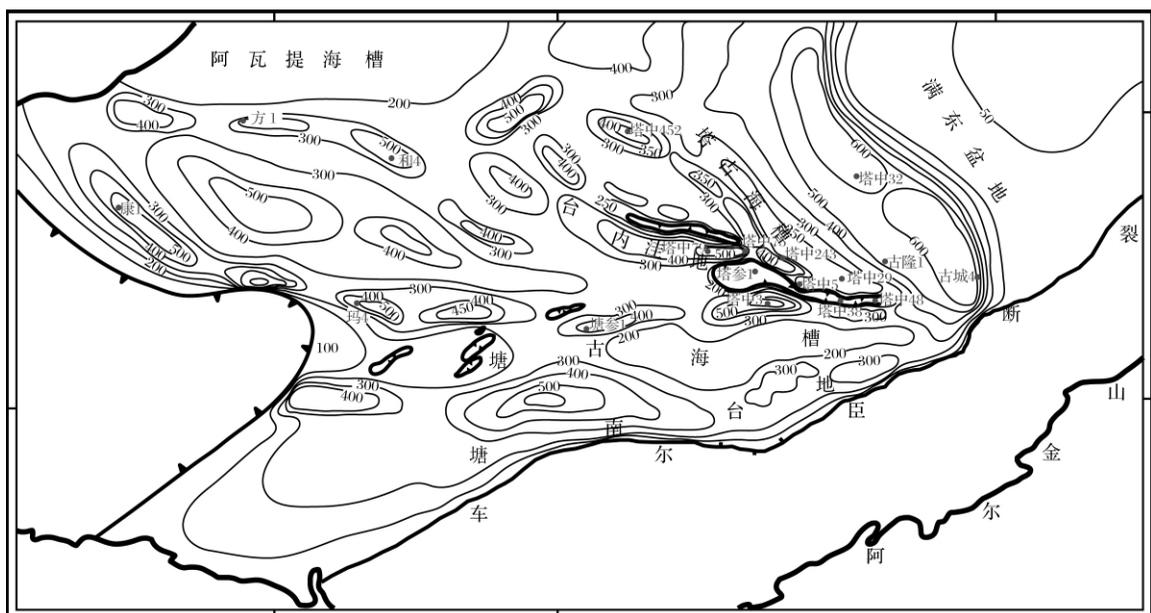


图8 巴楚—塔中—古城地区中下奥陶统鹰山组地层厚度等值线图

Fig. 8 Thickness isopach of Yingshan Formation in the Lower Ordovician, Bachu-Tazhong-Gucheng area

(图8)可以看出:塔中—巴楚地区地层厚度的高值区(>500 m)基本上分布在南北东三侧,北部沿方1井—和4井—线(北侧台缘),南边沿康1井—玛4井—塘参1井—塔中3井—线(南侧台缘),东部沿塔中452井—塔中243井—塔中5井—线(东侧台缘);另外,在台地内部的塔中75井—塔中79井—线也存在一个地层厚度的高值区(台内洼地),可能受控于FD1,是早奥陶世补偿沉积的结果,主要沉积泥质条带泥晶灰岩;在塔参1井—塔中38井—塔中48井—线由于后期的构造运动,存在一个剥蚀区;塔中452井—塔中243井—塔中5井—线往东见厚度减薄区(塔古海槽,<250 m),呈现欠补偿沉积特征;向古城4井和塔中32井方向沉积厚度依次增加,最终至古城台地沉积厚度达600 m以上,佐证了早奥陶世时期塔中—古城表现为两边高中间低的沉积特征及台地—海槽—台地相间的沉积格局。

#### 2.6 塔中—古城地区东西向格局分布的地震地层学证据

由于区域测线都是二维地震资料,地震界面反射特征不是特别明显,不易进行区域追踪,但总体上还是可以看出奥陶系碳酸盐岩在区域地震剖面上的反射特征和厚度特征。由图9可以看出:塔中62井附近呈现弱振幅、低频、乱岗状的台缘相特征反射,厚度较厚;古城4井附近亦呈现中等振幅、中频、中等连续、丘状的台缘特征反射;塔中—古城之间见一弱振幅、中频、低连续、亚平行的盆地相反射区,厚度也迅

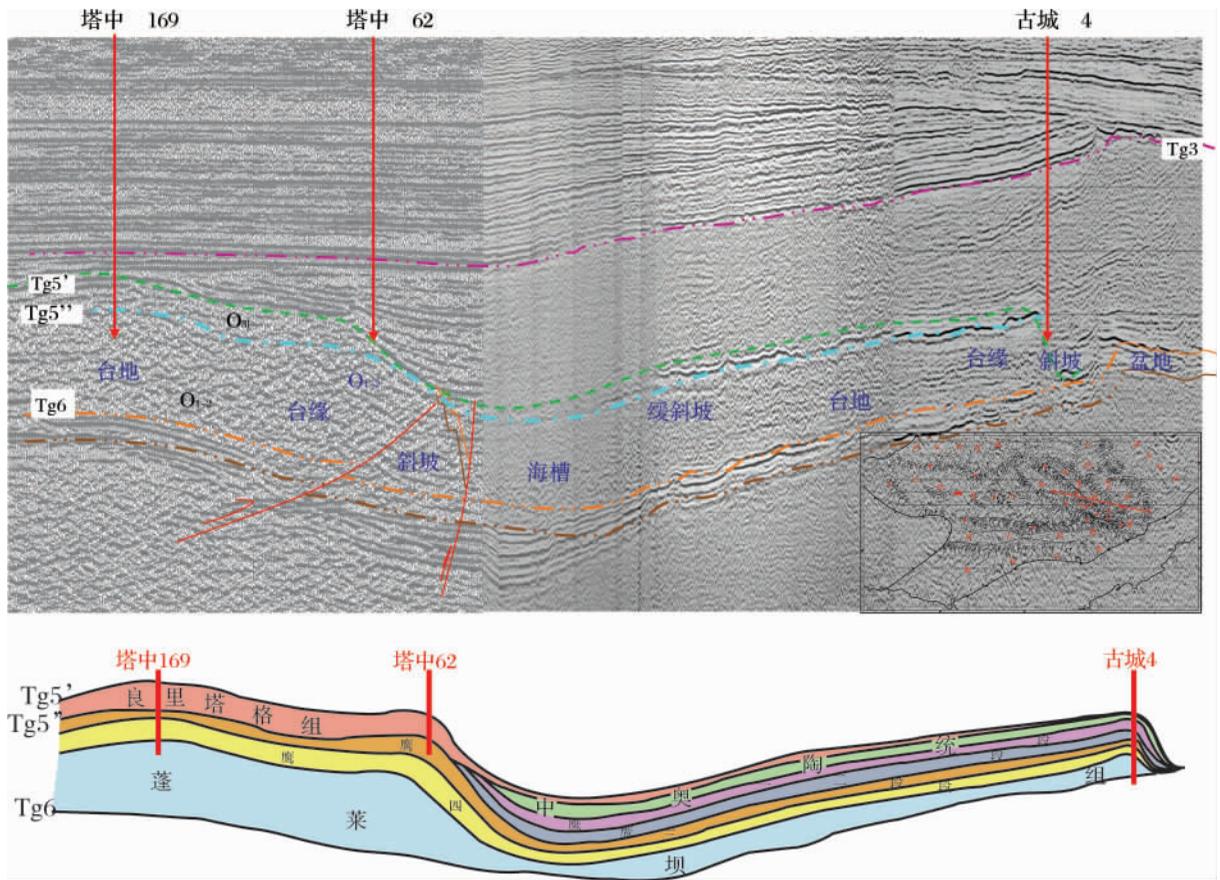


图 9 塔中 169—塔中 62—古城 4 井奥陶系地层层系地震地质解释模型

Fig. 9 Seismic cross-section across TZ169 - TZ62 - GC4 wells and interpretation for the Ordovician succession

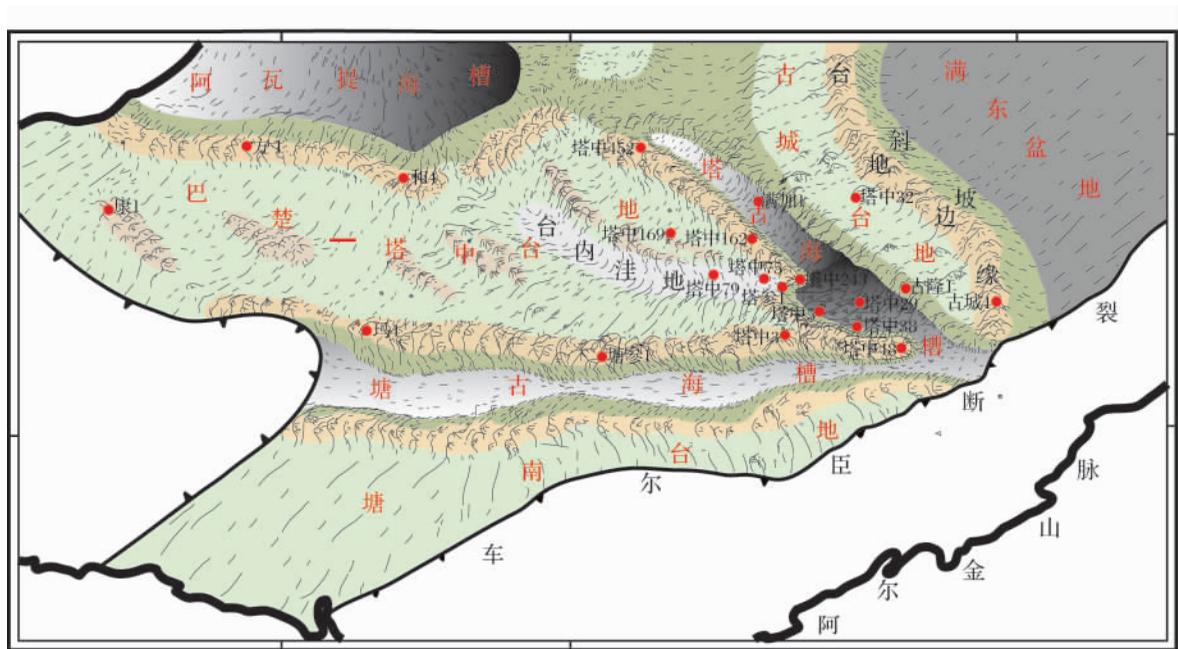


图 10 塔中—巴楚—古城地区早奥陶世沉积格局立体示意图

Fig. 10 Sketch map showing the paleotopography at Tazhong-Bachu-Gucheng in the Early Ordovician

速减薄。因此,塔中地区和古城地区应该分别存在两套台缘—斜坡体系,之间可以见到明显的一个凹陷。

### 3 结论

各种证据表明,早奥陶世沉积时期,由于构造裂隙作用引起了早期“统一大台地”的分裂,巴楚—塔中台地、古城台地、塘南台地以孤立台地的形式从大台地中分化、独立出来,各台地之间以海槽相隔离,台地边缘高能礁滩沉积体沿塔中—巴楚台地周缘、塘南台地北侧、古城台地东侧发育,呈条带状分布;向内相变为台地相,见台内滩、台内洼地亚相;向外相变为斜坡、海槽沉积;古城台缘向东由陡斜坡进入满东盆地,古城台地西侧地形较为平缓,以宽缓的斜坡过渡到塔古海槽(图10)

与早期“大台地”理论相比,两者主要区别在于:“大台地”理论将早奥陶世时期的整个塔里木盆地看成是一个统一的大碳酸盐台地,斜坡沉积区仅发育在古城—轮南一线;而新格局中,大台地却分化成几个孤立台地,各孤立台地向海一侧分布有多个斜坡—海槽沉积区。

新的沉积格局在理论上丰富了连陆孤立碳酸盐岩台地的实例;同时,海槽内可能发育下奥陶统烃源岩,为有利的生油岩相,又紧邻台缘高能储集相带,构成了有力的生储组合,这对深化塔中及相邻地区下奥陶的勘探具有重要的意义,大大提升了研究区尤其是鹰山组的油气勘探战略地位。

#### 参考文献(References)

- 1 贾承造. 塔里木板块构造演化[C]//李清波等主编. 现代地质学研究文集(上). 南京:南京大学出版社,1992:185-198 [Jia Chengzhao. The structural evolution of Tarim plate[C]//Li Qingbo, et al., eds. Collected-Works of Modern Geology Researches(Part one). Nanjing: University of Nanjing Press, 1992: 185-198]
- 2 何远碧,王振宇,陈景山,等. 塔里木盆地寒武—奥陶纪生物组合和生物相[J]. 新疆石油地质,1995,16(2):114-115 [He Yuan-bi, Wang Zhenyu, Chen Jingshan, et al. Biological assemblages and biofacies of Cambrian-Ordovician in Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1995, 16(2): 114-115]
- 3 陈景山,王振宇,代宗仰,等. 塔中地区中上奥陶统台地镶边体系分析[J]. 古地理学报,1999,1(2):8-17 [Chen Jingshan, Wang Zhenyu, Dai Zhongyang, et al. Research for rimmed carbonate platform of mid-upper Ordovician in Tazhong area[J]. Journal of Palaeogeography, 1999, 1(2): 8-17]
- 4 顾家裕,等. 沉积相与油气[M]//塔里木盆地油气勘探丛书. 北京:石油工业出版社,1994 [Gu Jiayu, et al. Sedimentary Facies and Hydrocarbon[M]//Exploration Series of Tarim Basin. Beijing: Petroleum Industry Press, 1994]
- 5 贾承造,等. 盆地构造演化与区域构造地质[M]//塔里木盆地油气勘探丛书. 北京:石油工业出版社,1995 [Jia Chengzhao, et al. Basin Structural Evolution and Geological Tectonic[M]//Exploration Series of Tarim Basin. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995]
- 6 张师本,等. 塔里木盆地震旦纪至二叠纪地层古生物(II)[M]. 北京:石油工业出版社,1991:31-61 [Zhang Shibei, et al. Stratigraphy Paleontology from Sinian system to Permian in Tarim Basin(II)[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1991: 31-61]
- 7 赵治信,张桂芝. 塔里木盆地井下奥陶纪牙形石及地层[C]//董晓光,梁狄刚,主编. 塔里木盆地油气勘探论文集. 乌鲁木齐:新疆科技卫生出版社,1992:64-74 [Zhao Zhixin, Zhang Guizhi. Conodont and formation of lower-Ordovician[C]//Tong Xiaoguang, Liang Degang, eds. Exploration Series of Tarim Basin. Ulumuqi: Science and Technology Health Press, 1992: 64-74]
- 8 王一刚,文应初,洪海涛,等. 四川盆地及邻区上二叠统一下三叠统海槽的深水沉积特征[J]. 石油与天然气地质,2006(10):702-714 [Wang Yigang, Wen Yingchu, Hong Haitao, et al. Characteristics of deep-water sediment for trough in upper Permian-lower Triassic at Sichuan basin and adjacent area[J]. Oil & Gas Geology, 2006(10): 702-714]
- 9 王一刚,文应初,洪海涛,等. 四川盆地开江—梁平海槽内发现大隆组[J]. 天然气工业,2006(9):32-36 [Wang Yigang, Wen Yingchu, Hong Haitao, et al. The discovery of Dalong Formation in Kaijiang-Liangping trough of Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2006(9): 32-36]
- 10 Bates R L, Jackson J A. Dictionary of Geological Terms[M]. Third edition. New York: Anchor Press, 1984: 536-538

## New Evidence on the Sedimentary Framework of the Early Ordovician in Central Tarim and Adjacent Area

YAN Wei<sup>1</sup> WANG Xing-zhi<sup>1</sup> WANG Zhen-yu<sup>1</sup> YANG Hai-jun<sup>2</sup> RAN Li-jun<sup>3</sup>

(1. Southwest Petroleum University, Chengdu 610500;

2. The Exploration and Development Research Institute of Tarim Petroleum Company, Korla Xinjiang 841000;

3. The West-Sichuan Gas Production Factory of Southwest Oil and Gas Corporation, SINOPEC, Deyang Sichuan 618000)

**Abstracts** The previous viewpoint considered that the early Tarim basin was an “unified carbonate platform”, its slope was developed along the Gucheng-Lunnan area. Based on sedimentologic and seismic stratigraphic data from the lower-middle Ordovician, deep-water slope and basinal facies were recognized along the MJ1-TZ29 section, so that the Tazhong and its adjacent areas could have already been isolated from the “unified carbonate platform” and separated into three platforms of Tazhong-Bachu, Gucheng and Tangnan, which was also faced with TaBei area across a trough. The high-energy reef-shore bodies bandingly developed among the edge of each isolated platform as a band, which were mainly composed of mid-high energy grain banks. Inwards, it becomes the deposition of platform, developing the subphases of intraplatform banks, intraplatform depression and interabeach seas and soon. Outwards it becomes deeper-water deposition area of slope-trough. Under this circumstance, the new regional depositional pattern of the Tazhong and adjacent areas has been established. This new pattern has great theoretical and realistic significance for the establishment of new favourable exploration zones. It also greatly increases the strategic position for the petroleum exploration in lower Ordovician of research area.

**Key words** Tazhong area; lower-middle Ordovician; trough; isolated platform; sedimentary framework