

文章编号: 1000-0550(2006) 01-0019-09

塔里木盆地寒武—奥陶系碳酸盐岩 台地样式及其沉积响应特征

高志前 樊太亮 焦志峰 李 岩
(中国地质大学(北京)能源学院 北京 100083)

摘 要 从寒武纪到奥陶纪,塔里木盆地经历了早、中寒武世缓坡型碳酸盐岩台地,晚寒武世—早中奥陶世弱镶边斜坡型碳酸盐岩台地,晚奥陶世早期孤立型碳酸盐岩台地和晚奥陶世中晚期淹没型碳酸盐岩台地四种不同台地结构型式的演变。不同类型的碳酸盐岩台地在其剖面结构、台地边缘特征、沉积相构成等方面有着显著差异,它控制了不同区域沉积相类型和特征,并决定了烃源岩、储集岩和区域盖层的发育条件和展布规律。通过地震、钻井层序地层分析,总结出了不同类型的碳酸盐岩台地结构的层序—沉积相模式。在碳酸盐岩台地演变过程中,塔里木盆地发育二期坡折带:寒武纪—早中奥陶世形成第一期坡折带,沿着库南 1 井—满参 1 井—塔东 2 井—一线分布,呈向西凸伸的弧形带;晚奥陶世发育第二期坡折带,由库南 1 井—满参 1 井—塔中 1 井—塘参 1 井延伸,呈向东凸伸的弧形带。坡折带的迁移变化,反映着台地样式的转变。

关键词 塔里木盆地 寒武—奥陶系 台地结构 沉积演化 层序—沉积相模式

第一作者简介 高志前 男 1978 年出生 博士研究生 矿产普查与勘探

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

1 引言

目前,在大量关于碳酸盐岩研究的成果中,对油气的生成和储集具有重要意义的巨厚层碳酸盐岩主要形成于碳酸盐台地这一认识已趋于一致,以二维空间概念来表示碳酸盐沉积物所聚集的地震地表形态也占有主导地位。碳酸盐台地一般用来表示浅水碳酸盐沉积物形成及堆积的海底地表,可发育于所有的古构造环境中,特别是被动大陆边缘、克拉通内盆地、弧后盆地及主动大陆边缘的前陆盆地。碳酸盐台地可划分成几种广义上的成因类型,其中常见的类型包括:缓坡型台地、镶嵌边缘型台地、陆表海型台地、孤立型台地以及淹没型台地^[1]。

地震、钻井层序地层分析表明,塔里木盆地寒武—奥陶纪经历了 4 种不同的碳酸盐台地结构型式的演变,这 4 种台地结构型式包括:早、中寒武世缓坡型碳酸盐岩台地;晚寒武世—早中奥陶世弱镶边斜坡型碳酸盐岩台地;晚奥陶世早期孤立型碳酸盐岩台地;晚奥陶世中晚期淹没型碳酸盐岩台地(碳酸盐岩与碎屑岩混积陆棚沉积体系)。不同类型的碳酸盐岩台地在其剖面结构、台地边缘特征、沉积相

构成等方面有着显著的差异,它控制了不同区域沉积相类型和特征,并决定了源岩层、储集岩和区域性盖层的发育条件和展布规律。塔里木盆地寒武—奥陶系可划分分出 8 个超层序,其中寒武系包含 3 个超层序(SSq1—SSq3),SSq1 对应于寒武系下统,SSq2 对应于中寒武统,SSq3 大致对应于上寒武统;奥陶系包含了 5 个超层序(SSq4—SSq8),其中中下奥陶统 3 个,上奥陶统 2 个。SSq4 对应于下奥陶统下部,SSq5 对应于下奥陶统上部,SSq6 大致对应于中奥陶统下部,SSq7 大致对应于中奥陶统上部—上奥陶统下部,超层序 SSq8 对应于上奥陶统上部地层。

2 早、中寒武世缓坡型碳酸盐岩台地特征及其沉积响应

2.1 缓坡型台地的结构特征

碳酸盐缓坡型台地为—较平缓并且均匀倾斜的地面,其倾斜角一般小于 1°。其上的碳酸盐沉积物表现为近滨岸的高能浅滩颗粒灰岩向海方向逐渐变成较深水碳酸盐沉积物并最终成为盆地泥质岩类。沿离岸方向逐渐相变到深水,泥质物相对较多,缺乏联壁生物礁。在缓坡上即使是泥丘以及宝塔礁也不

收稿日期: 2005-02-28 收修改稿日期: 2005-05-20

普遍发育^[2]。

(1) 平面结构: 寒武纪时期, 塔里木盆地斜坡区带沿着草 1—满参 1—塔东 2 井一带分布, 环绕着满加尔坳陷呈向西凸的马蹄形。斜坡带以西分布着广阔的碳酸盐台地。其碳酸盐岩主要沉积包括云质灰岩、灰质云岩、云岩、泥质云岩及膏质泥岩。在沉积相

构成上, 主要发育蒸发台地相、局限台地相和开阔台地相; 斜坡带以东, 在尉犁—塔东 1 井一带, 为盆地相沉积, 岩性以暗色泥质泥晶灰岩、钙质泥岩为主, 含深水颗粒藻化石。在平面上, 以满参 1 井为界, 北部地区斜坡坡度较陡, 地层厚度变化较快, 而南部地区斜坡坡度平缓, 地层厚度变化缓慢(图 1)。

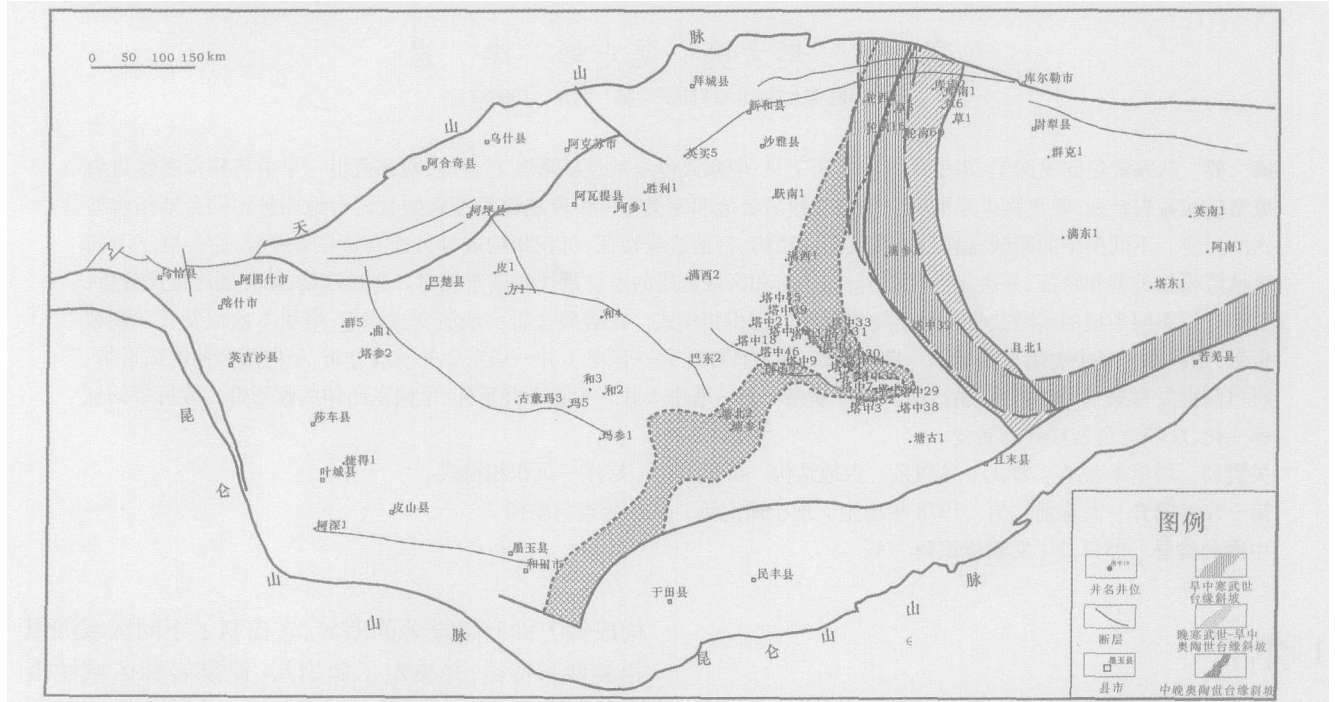


图 1 寒武—奥陶纪不同时期的台地边缘斜坡分布图

Fig 1 The distribution map of platform edge slope in different phase of Cambrian-Ordovician era

(2) 剖面结构: 缓坡型碳酸盐台地没有明显的台缘坡折, 表现为一个区域性的缓倾斜坡, 其沉积坡度多小于 5° 。沉积剖面可以由加积型到进积型, 顺着平缓的古斜坡向下沉积。斜坡相带宽缓、不规则, 在台地边缘相带, 地震剖面上可见到角度低缓的 S 型或叠瓦状前积结构^[3]。

在塔里木盆地寒武系中下统地震反射剖面中, 斜坡转折带发育斜交前积结构及其后缘的丘状杂乱地震反射, 向着斜坡前方, 过渡到倾斜的平行反射, 向着斜坡的后方, 演变为平行连续反射。根据前积结构的组合方式, 中下寒武统可明显的分为两期组合, 代表着超层序 SSq1 和 SSq2 的台缘—斜坡地层结构特征, 这种两期组合特点在塔东北地区的台缘相带相当典型。

在盆地的不同地区, 台缘—斜坡区的剖面结构特点有所不同。塔东北地区地层前积特征清晰, 倾角相对较陡, 而满参 1 井以南则前积层角度平缓, 特征比较模糊(图 2)。

2.2 缓坡型台地的沉积特点

缓坡型台地受其结构特点的控制, 在沉积作用上表现出以下突出特征:

(1) 台地相区高频旋回沉积特征突出: 海平面升降变化及地壳构造沉降速率是缓坡型台地地层发育厚度及相带迁移的主要控制因素。由于台地相区水体浅, 高频海平面变化的影响较明显。一是表现为不同岩性的频繁互层组合; 一是表现为不同高频旋回良好而有序的垂向叠加组合。从方 1 井、和 4 井、塔参 1 井等的钻井资料可发现, 在下寒武统, 水进期发育的云质灰岩与高水位期发育的云岩交互成层, 构成多个高频层序; 在中寒武统, 水进期发育薄层泥质岩, 向上随着水体变浅, 依次演变为灰岩(或云质灰岩)—泥质云岩—膏岩或含泥膏岩, 构成一个快速海进, 持续海退的不对称沉积旋回。在旋回的叠架样式中, 高频旋回多表现出不对称性, 即快速海进和缓慢海退, 这种不对称性在大的海平面上升背景下由下至上逐渐减弱, 旋回厚度逐渐减小, 体现了一种退积型的垂向叠加样式; 而

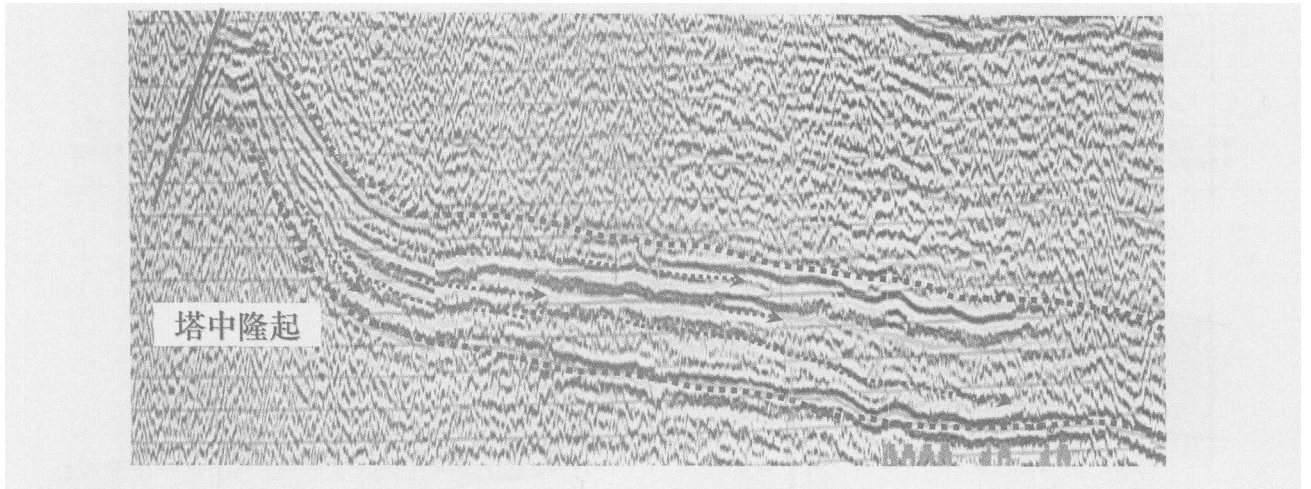


图 2 塔中地区中一下寒武统前积缓坡结构特征

Fig 2 The structure feature of downlap slope in the middle-lower Cambrian in Tazhong area

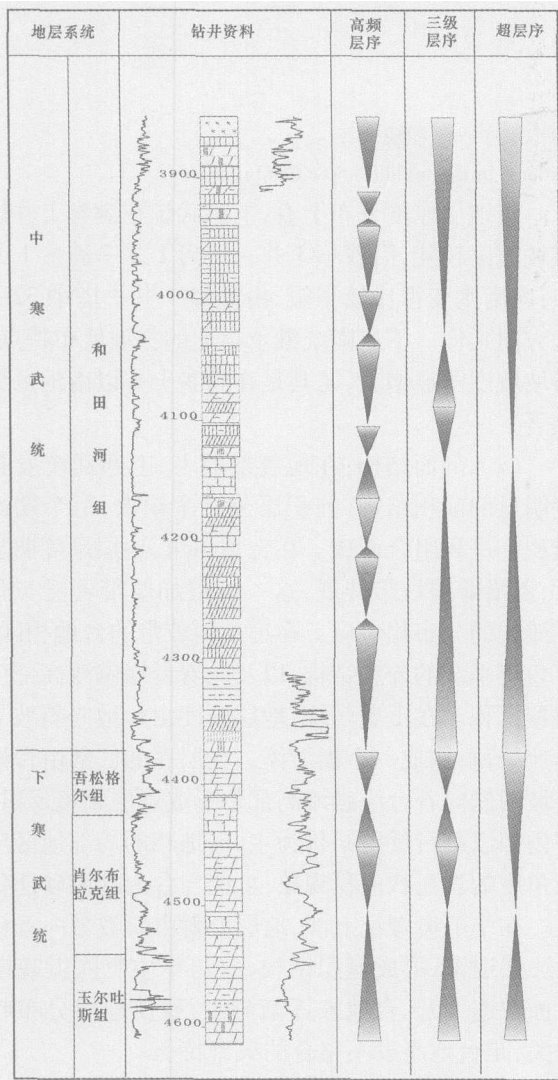


图 3 中一下寒武统高频层序构成特征及叠加样式(方 1 井)

Fig 3 The constitution and overlap style of high frequency sequence in the middle-lower Cambrian (Well Fang 1)

在大的海平面下降背景下,情况相反,旋回的不对称性逐步加强,高频层序的厚度越来越大(图 3)。

(2) 台缘礁不发育:因缓坡型台地没有明显的斜坡坡折,故不利于造礁生物生长,因而在碳酸盐缓坡上生物礁不发育。当然,塔里木盆地寒武系生物礁不发育还与该期缺乏真正造礁生物等因素有关。

(3) 斜坡相区可发育碎屑流—浊流沉积:斜坡位于台地与盆地之间,其底界深度一般不超过氧化界面。在缓坡型碳酸盐台地的台缘—斜坡相区,可发育碳酸盐碎屑流—浊流成因的灰色薄层—中层细砾屑灰岩、砂屑灰岩,呈夹层状或互层状存在于较深水斜坡沉积的灰、深灰色泥质灰岩、泥晶灰岩、灰质泥岩中^[4]。根据库南 1 井揭示,斜坡相主要包括较深水沉积微相和碎屑流—浊流沉积微相。

2.3 缓坡型台地的层序—沉积模式

沉积模式的研究,实质上就是探索一个地区内沉积相的展布特征和平面组合规律及其控制因素,它是在层序地层学、沉积相及沉积序列研究基础上对研究区沉积过程的高度概括和总结,它对预测有利于油气田形成的沉积相带的分布,特别是预测烃源岩、储集岩特征和分布具有重要的指导意义。

塔里木盆地各个时期沉积物不同,在寒武纪—早中奥陶世以碳酸盐为主;晚奥陶世为碳酸盐岩和陆源碎屑岩的混合沉积。这是由于地史上构造发展存在阶段性、差异性,导致塔里木盆地寒武—奥陶纪不同时期沉积环境的差异^[5]。根据早、中寒武世各种沉积相特征,结合沉积相在纵向上和横向上的发育展布规律,可以建立早、中寒武世缓坡型碳酸盐岩台地的层序—沉积相模式(图 4)。

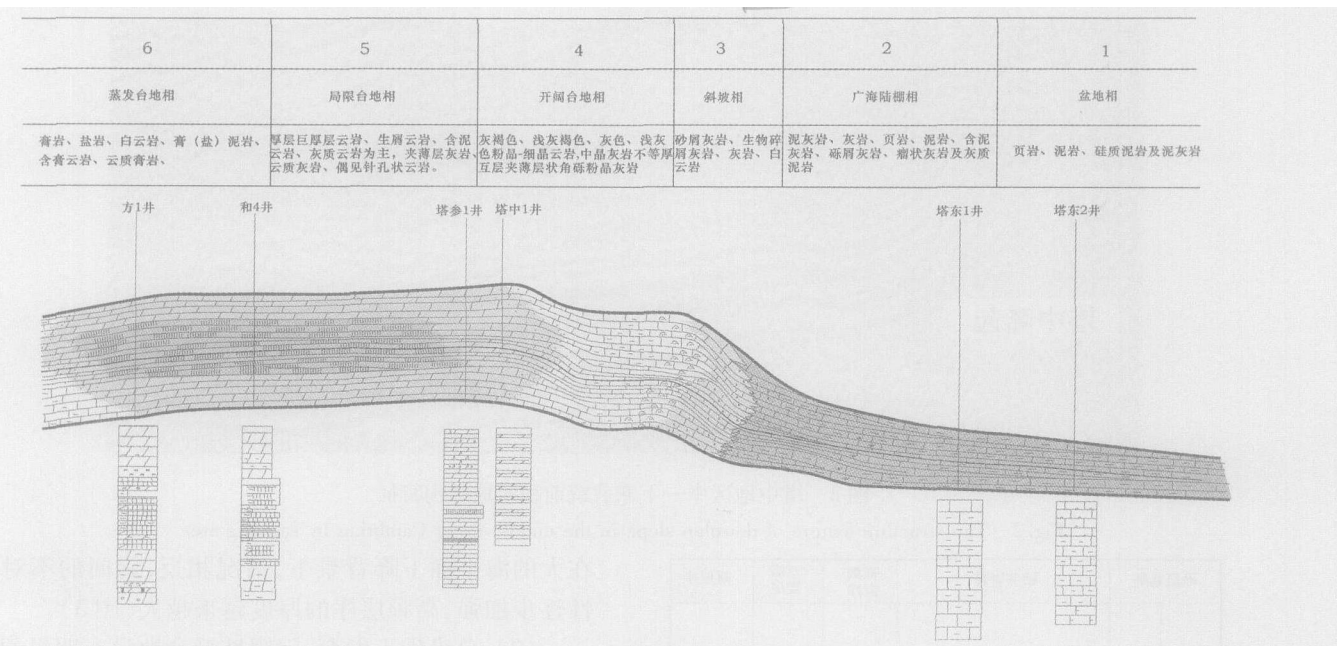


图 4 中一下寒武统缓坡型台地层序—沉积模式

Fig 4 The sequence-facies model of ramp platform in the middle-lower Cambrian

塔里木盆地在这一时期构造活动相对稳定, 地形平缓, 气候以干燥为主。盆地中部和西部, 海水浅而清澈, 陆源碎屑贫乏, 发育典型的碳酸盐台地相区, 其中包括蒸发台地、局限台地、开阔台地和台地边缘。向东, 逐渐被斜坡、广海陆棚和盆地相所代替, 水深逐渐加大, 陆源碎屑物增多。

3 晚寒武世—早中奥陶世镶边斜坡型台地特征及其沉积响应

晚寒武世—早中奥陶世塔里木盆地继承了寒武纪碳酸盐岩台地的古地理特点, 但随着海平面的持续上升, 盆地不同相区, 特别是斜坡带的结构型式和沉积格局又有了明显的变化。台地斜坡向西部快速迁移, 台地斜坡中下部由于沉积速度降低和水动力条件增强, 与台地相区的厚度差异加大, 从而使台地斜坡变陡, 同时台缘礁滩发育, 构成具有镶边斜坡特征的碳酸盐岩台地。在早中奥陶世鹰山组末期, 由于海平面的快速上升, 海水淹没台地, 造成淹没不整合^[6]。

3.1 镶边斜坡型台地的结构特征

(1) 平面结构: 在早中寒武世台地展布格局的基础上, 晚寒武世—早中奥陶世台地斜坡逐步发生迁移。这种迁移作用主要出现在满参 1 井以南地区, 由早期的向东南塔东 2 井方向延伸改为向南延伸, 使原来弧形展布的斜坡带演变为近南北向展布 (图 1), 同时, 斜坡变陡, 斜坡带的宽度明显缩小。

从地层厚度分布上看, 上寒武统在满参 1 井以北斜坡坡度较陡, 沿着草 3 井—塔河 1 井—满参 1 井分布; 向南则变得比较平缓, 由满参 1 井—塔中 32—且末方向延伸。下奥陶统继承早期的斜坡展布特点, 但斜坡坡度明显增大, 尤其是在满参 1 井以南地区变化显著。

(2) 剖面结构: 在地震剖面上, 上寒武统发育角度明显的前积结构, 前积层分二个期次, 每个期次由退积—进积组合而成。在台地边角, 地层厚度明显加大, 并沿着斜坡带伸展, 这一地层加厚带可能与台缘礁滩相的分布相对应。在远离斜坡带的台地相区, 发育角度平缓的前积结构, 以及向着台缘礁滩高部位的超覆沉积。在下奥陶统, 地层厚度由台地向斜坡下部迅速减薄, 构成一个楔形体。在层序的底部由台地和斜坡两侧向着台缘礁滩高部位形成逐层超覆反射, 层序内部以平行反射结构为主, 台地相的局部地区出现低角度的迭瓦状前积现象, 可能与台内的滩砂迁移有关。在中下奥陶统上部, 地层反射由斜坡带向着台缘区逐层退覆, 形成退积结构, 这与早中奥陶世晚期海平面快速上升, 台地被逐渐淹没, 致使地层分布收缩有关, 是台地淹没不整合的典型特征。

3.2 镶边斜坡型台地的沉积特点

(1) 层序 SSq3 SSq4 具有并进型碳酸盐岩生长特点: 台地碳酸盐岩的叠加样式与分布型式是海平面变化与碳酸盐岩产率之间平衡的结果。根据海平面

上升与碳酸盐产率的相对关系, 台地碳酸盐岩可分为二种主要的叠加型式, 即并进型和追补型。并进型碳酸盐岩体系表现为相对快的沉积速率, 能够与海平面的相对上升保持一致, 在台地边缘沉积中以富粒、贫泥的特点出现; 追补型碳酸盐岩体系表现为相对缓慢的沉积速率, 总是低于海平面的上升速率, 不利于碳酸盐的生长。追补型体系初期以垂向加积作用为主, 在后期由于新增可容纳空间速率减小, 则可能发生沉积作用, 形成向上变浅的准层序^[7]。根据纵向上层序发育特征和地层叠加样式, 塔里木盆地晚寒武世—早奥陶世早期具有并进型碳酸盐岩生长特点。

在晚寒武世—早奥陶世早期, 塔里木盆地海平面处于持续上升趋势, 可容纳空间持续增大, 而碳酸盐保持了较高的生长速率, 因此, 层序 SSq3 SSq4 发育时具有几个突出特点: 沉积环境稳定, 以局限台地相沉积为主; 岩性单一, 纵向上变化不大, 主要为厚层状白云岩; 单个旋回及同类型岩石厚度巨大, 在方 1 和 4 等井中可达 700 m 以上。这些特点显示出晚寒武世—早奥陶世早期, 塔里木盆地碳酸盐生长速率与海平面上升速率在相当长的时期内保持平衡, 每一时期新增可容纳空间都能及时地被新沉积的碳酸盐岩所充填, 在纵向上形成了持续的加积作用, 是并进型碳酸盐岩台地的沉积特点。

(2) 层序 SSq5 SSq6 具有追补型碳酸盐岩生长特点: 在早中奥陶世晚期, 即超层序 SSq5 SSq6 发育期, 海平面的上升速率开始大于碳酸盐的生长速率, 沉积环境由早期局限台地相的潮坪、台内滩演变为开阔台地相的滩间海沉积, 地层岩性也由厚层褐灰色白云岩变为浅灰色泥晶灰岩、含生物碎屑灰岩和深灰色纯灰岩。这种地层组合序列具有追补型碳酸盐岩的生长特点, 但不是很典型。在早奥陶世末期, 海平面上升速率进一步加大, 在台地边缘形成退积结构。

根据上述分析, 晚寒武世—早中奥陶世塔里木盆地碳酸盐岩台地沉积作用具有并进型序列—追补型序列—淹没型序列的演化特点。

(3) 台缘礁滩相发育特征: 镶边型台地的特点是台缘礁滩相发育。但由于钻至寒武系和下奥陶统下部的井很少, 揭示上寒武统和下奥陶统典型生物礁的钻井不多, 仅在塔中地区塔中 5 井下奥陶统红花园期 3511.35~3608.95 m 井段发现了隐藻类生物叠层礁, 由叠层石云岩、凝块石云岩、纹层石云岩、核形石云岩与礁前塌积角砾岩组成。整个礁岩厚 97.6 m, 夹于台地边缘浅滩相之间^[8]。

根据地震剖面解释, 寒武系和下奥陶统均发育台缘丘形地震异常体, 如 E59 EW 500 线揭示, 在上寒武统台缘转折部位发育丘形地震相, 丘形体内部反射杂乱, 两侧地层向着丘形体超覆, 是台缘礁滩的显示特征; 在巴楚地区下奥陶统地震剖面中, 可识别出丘形异常体, 其特征是底平上凸, 内部反射连续性变差, 与两侧地震特征有较明显的区别。

3.3 镶边型台地的层序—沉积模式

晚寒武世至早中奥陶世, 海平面总体处于上升过程, 较之寒武纪早中期海水深度加大, 塔里木盆地中西部的蒸发岩沉积消失, 沉积环境以开阔台地相和局限台地相为主。其中, 晚寒武世以局限台地相沉积占优势, 早奥陶世则以开阔台地相为主。沉积物从下向上由厚层白云岩变为白云岩与灰岩互层, 再变为以厚层灰岩为主。该时期生物繁盛, 化石丰富, 台地边缘发育礁、滩相沉积, 砂屑滩由灰、褐灰色亮晶砂砾屑灰岩、白云岩为主, 生物礁为隐藻礁, 为灰色厚层角砾白云岩、藻叠层白云岩、凝块石云岩组成。图 5 展示了晚寒武世—早中奥陶世弱镶边型台地的层序—沉积模式。

4 晚奥陶世早期孤立型台地特征及其沉积响应

4.1 塔中—轮南孤立碳酸盐岩台地的形成与演化

塔中—轮南地区以早加里东运动形成的台背斜为主要特征的古地理格局, 决定了上奥陶统的沉积面貌^[9]。从地层空间展布上, 由满加尔南斜坡向塔中隆起区、由塘古孜巴斯凹陷向塔中隆起, 地层厚度均快速减薄, 这一减薄现象既有满加尔坳陷和塘古孜巴斯凹陷沿 T₄ 界面向塔中隆起的层序逐层超覆, 也有由塔中隆起向南、北两侧的逐期推进作用。如果把具快速充填性质的上奥陶统凝灰岩厚度, 作为古地形相对高差, 则北部满南斜坡水深大于 2 400 m, 南部塘古孜巴斯凹陷水深大于 1 000 m, 西边巴东 2 井中上奥陶统碎屑岩厚 422 m, 塔中 45 井厚 584 m, 东南塔中 60 井碎屑岩厚 1 040 m^[10]。但台地东部的塔中 5 和塔中 38 井, 未见到中上奥陶统的碎屑岩沉积, 却发育一套陡坡型碳酸盐岩屑流沉积, 岩屑成分是已固结成岩的下奥陶统浅水碳酸盐沉积, 而岩屑流所代表的则是浪基面以下的深水环境, 从浅水母岩区到深水再沉积是早加里东运动造成陡峭断崖之后的产物。从钻井揭示的岩性构成上, 中上奥陶统塔中隆起主要发育局限台地相的碳酸盐岩, 而南、北凹陷和东部地区则

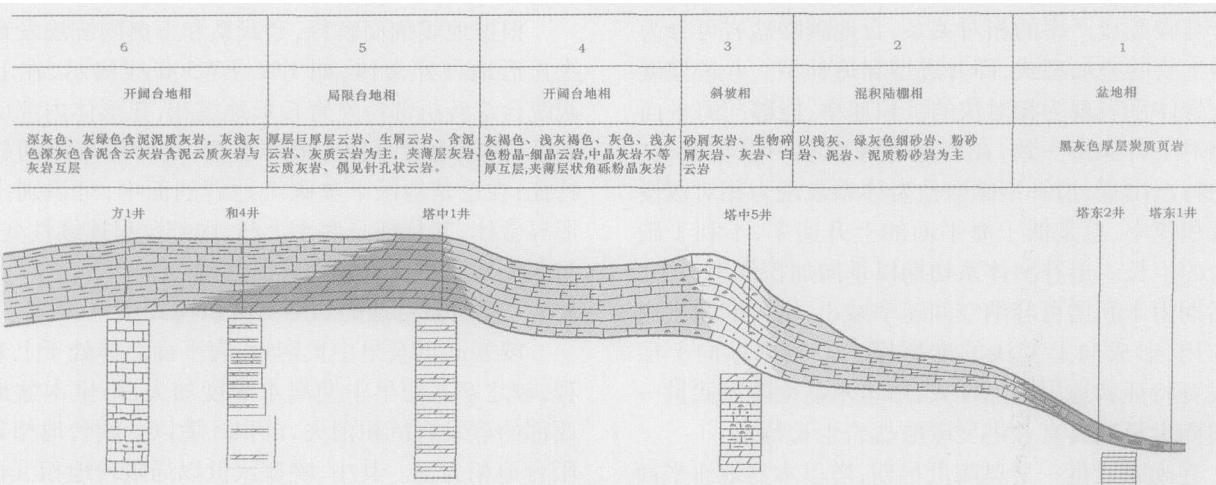


图 5 上寒武统一下中奥陶统弱镶边斜坡型台地层序—沉积模式

Fig 5 The sequence-facies model of rimmed shelf platform in the upper Cambrian-lower middle Ordovician

发育大套深水泥岩夹薄层粉砂岩。向着塔中隆起的西北方向, 则仍为浅水台地相沉积, 以鞍部的形式与塔北隆起相连。在地质剖面上, 以碳酸盐岩台地向台缘斜坡的转折点作为分界线, 可以圈定出塔中地区碳酸盐岩台地相分布。显然, 这一碳酸盐岩台地是被周围深海相的碎屑岩沉积所包围, 属于典型的孤立碳酸盐岩台地。

4.2 孤立型台地的结构特征

晚奥陶世孤立型碳酸盐岩台地存在两种类型的边缘结构型式, 一种是塔中地区断崖型台地边缘结构, 一种是塔北地区陡坡型台地边缘结构。

塔中地区塔中 号断裂造成的断阶型陡倾斜坡的发育, 构成了孤立台地的边缘。沿着断崖型斜坡, 发育岩崩与滑塌成因的巨砂—粗砾级角砾云岩, 夹碎屑流成因的中、细粒云岩和斜坡上静水沉积的薄层灰质粉晶云岩^[11]。滑动、滑塌及变形构造十分发育。塔中 5 井中上奥陶统具有此类沉积特征。发育以岩崩与滑塌成因的巨、粗砾云岩, 其上覆层和下伏层均为台缘高能粒屑滩沉积。塔中 5 井位于塔中 号断裂附近, 断阶型陡倾斜坡的发育与该断层在早奥陶世的活动有关。在沉积相构成上, 主要包括: 斜坡上静水沉积微相、岩崩与滑塌沉积微相、滑塌角砾云岩、碎屑流—浊流沉积微相。

在孤立台地周围, 特别是塔中隆起西北部的阿东区块和顺西区块, 发育了一系列规模不等、形态各异的丘状反射体, 其基本特征是底平顶凸, 环绕着塔中孤立台地分布, 构成了孤立台地周缘的异常体分布。由塔中 45 井向北至轮南地区, 孤立台地边缘为陡倾

斜坡型。这种陡倾斜坡是由早中奥陶世海平面快速上升过程中淹没型台地建造形式造成的, 更与早中奥陶世鹰山组末期满加尔坳陷的剧烈沉降有关。在地质剖面上, T_7^4 界面之上, 斜坡相区中上奥陶统碎屑岩大规模超覆, 形成规模宏大的海底扇沉积, 而斜坡之上的台地相区, 则发育灰岩沉积, 形成了碳酸盐岩的孤立分布格局。

4.3 孤立型台地的沉积特点

(1) 孤立台地具镶边型台缘结构, 礁滩沉积发育: 大量的钻井表明, 在上奥陶统孤立台地边缘, 生物建隆作用明显, 发育礁滩沉积。在塔中和塔北地区均发现了生物礁。塔中地区塔中 27 井生物礁发育于上奥陶统下部良里塔格组, 为珊瑚—葵盘石、层孔虫—葵盘石生物礁。塔北地区轮南 48 井生物礁发育于中奥陶统上部一间房组, 由生物礁灰岩(骨架岩、障积岩和粘结岩)与生物礁角砾灰岩组成。在生物礁的上部为台缘斜坡灰泥丘与瘤状灰岩, 下部为开阔海台地相泥晶藻球粒灰岩^[12]。

(2) 孤立台地边缘广泛发育丘形地质体: 在上奥陶统下部, 顺西区块、顺北区块以及轮南—塔河地区均发育规模不等, 形态各异的丘形地质异常体, 这些丘形异常体分布于孤立台地边缘区带, 平面展布上呈带状分布, 可能为孤立台地边缘区带的生物礁滩或生物丘沉积, 也可能为火成岩体, 其确切的地质属性尚有待于钻井进一步证实。

(3) 孤立台地斜坡区坍塌和重力流沉积发育: 在塔中 号断裂东侧及库南 1 井区均发现为台地斜坡区坍塌和重力流沉积。重力流沉积包括重力滑塌沉

积、钙屑碎屑流沉积和钙屑浊流沉积。在地震剖面上,沿塔中 号断裂带发育巨厚的楔状体,由台缘斜坡向着盆地方向前积。在钻井中,位于塔中 号断层附近的塔中 5 井见到了典型的岩崩与滑塌沉积,发育巨—粗砾云岩,夹碎屑流成因的中—细砾云岩和斜坡上静水沉积的薄层灰质粉晶灰岩。

4.4 孤立型台地的层序—沉积模式

晚奥陶世早期,塔里木盆地构造活动增强,断块隆升和差异沉降作用明显,海平面处于上升阶段,与全球性海平面变化一致,受加里东期古地貌格局的控制,盆地不同构造区带沉积作用特征差异显著:一方面,沿巴楚—塔中—哈德逊—轮南—线,发育台地相碳酸盐岩沉积,并以开阔台地相的纯灰岩和台地边缘相的礁滩灰岩为主要特征;另一方面,在满加尔坳陷、塘古孜巴斯凹陷发育深海相的碎屑岩沉积,并以厚度

巨大的海底扇充填为其典型特征。图 6总结了该时期的层序—沉积模式。

5 晚奥陶世中晚期淹没台地(碳酸盐岩—碎屑岩混积陆棚体系)特征与层序—沉积模式

晚奥陶世早期发育的孤立碳酸盐台地—混积陆棚体系的沉积格局,在随后的海平面快速上升过程中,很快发生了改变。孤立碳酸盐台地被淹没而收缩,直至消亡,取而代之的是面积广阔的混积陆棚沉积体系。

混积陆棚相主要发育于盆地中西部的上奥陶统桑塔木组,以陆源碎屑沉积为主,夹有碳酸盐岩沉积。风暴和风暴流作用明显,笔石、放射虫等浮游生物发育。同时,盆地东部强烈沉降,接受了巨厚的、复理石

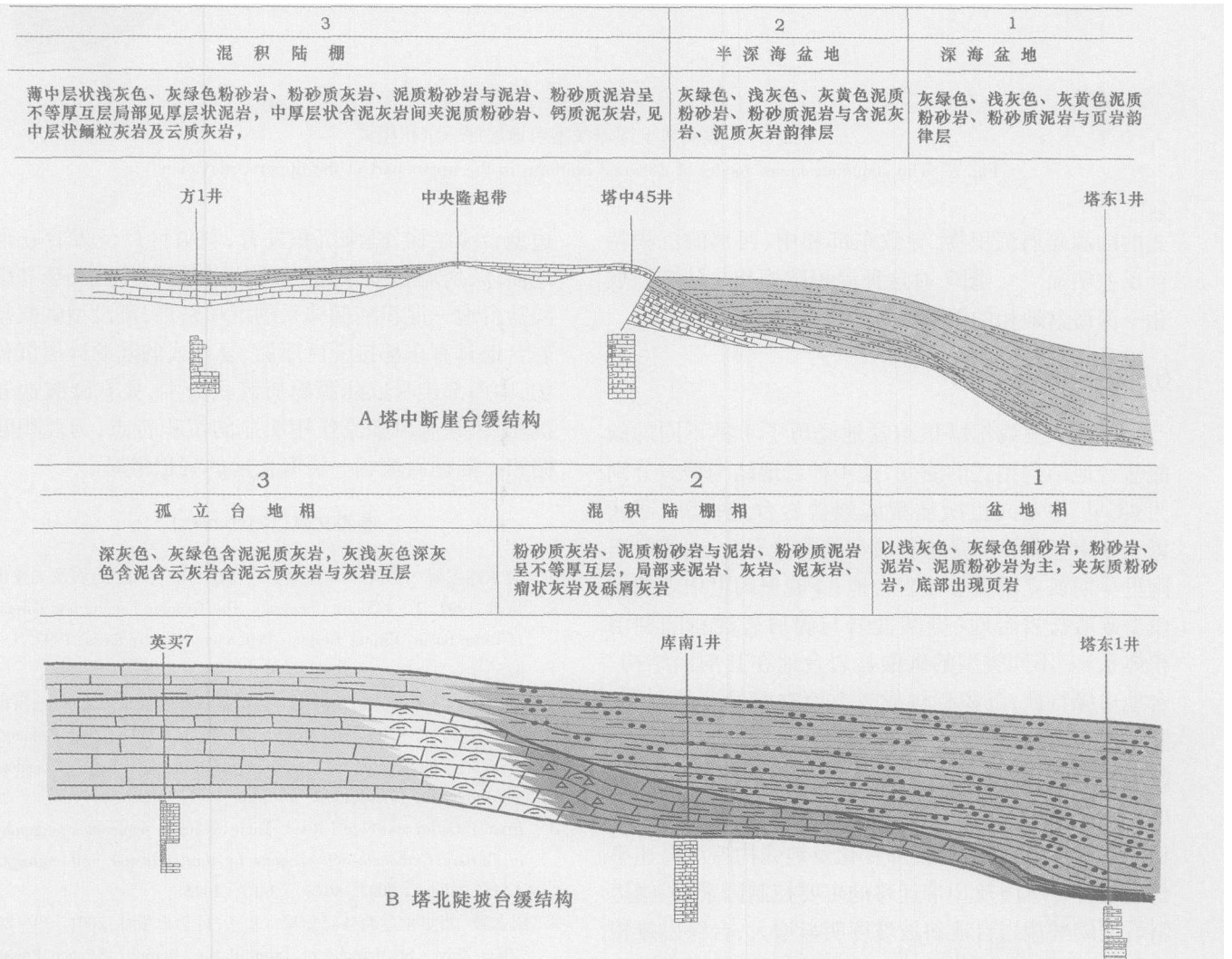


图 6 上奥陶统下部孤立型台地层序—沉积模式

Fig 6 The sequence-facies model of isolated platform at the bottom of the upper Ordovician

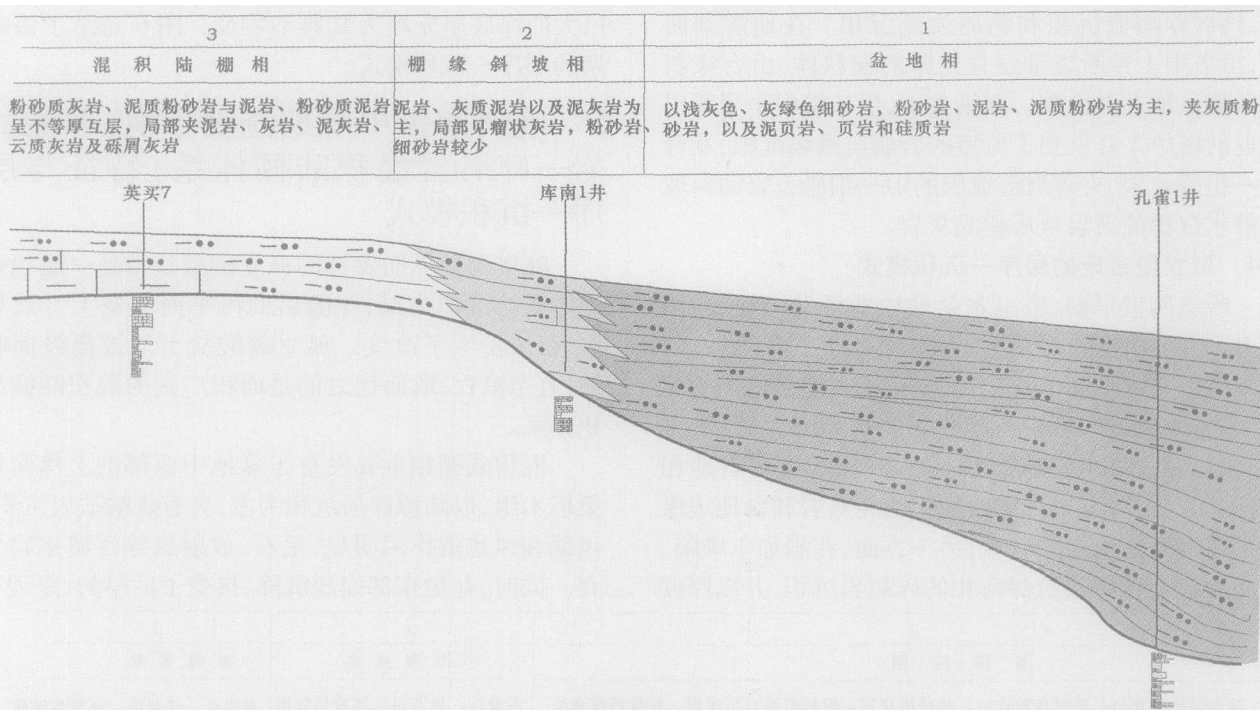


图 7 上奥陶统上部淹没型台地层序—沉积模式

Fig 7 The sequence-facies model of drowned platform in the upper part of the upper Ordovician

式的陆源碎屑沉积物, 导致东部和中、西部的沉积特征反差明显^[13]。图 7 对这种混积陆棚相—陆棚斜坡相—深海盆地相的沉积格局进行了概括。

6 结论

寒武—奥陶纪塔里木盆地经历了 4 种不同的碳酸盐台地结构型式的演变, 这 4 种台地结构型式分别为: 早、中寒武世缓坡型碳酸盐岩台地; 晚寒武世—早中奥陶世弱镶边斜坡型碳酸盐岩台地; 晚奥陶世早期孤立型碳酸盐岩台地; 晚奥陶世中晚期淹没型碳酸盐岩台地 (碳酸盐岩与碎屑岩混积陆棚沉积体系)。不同类型的碳酸盐岩台地在其剖面结构、台地边缘特征、沉积相构成等方面有着显著的差异。缓坡型碳酸盐台地没有明显的台缘坡折, 表现为一个区域性的宽缓斜坡, 台地相区高频旋回沉积特征突出, 台缘礁不发育, 斜坡相区可发育碎屑流—浊流沉积的沉积特点, 海平面升降变化及地壳构造沉降速率是地层发育厚度及相带迁移的主要控制因素; 弱镶边斜坡型碳酸盐岩台地斜坡坡度明显增大, 台缘礁滩相发育, 具有并进型序列—追补型序列—淹没型序列的演化特点; 孤立型碳酸盐岩台地存在塔中地区断崖型和塔北地区陡坡型两种类型的边缘结构型式, 具有镶边型台缘结构, 礁滩沉积发育, 斜坡区广泛发育丘形

地质体, 坍塌和重力流沉积发育等沉积特点和孤立碳酸盐台地—混积陆棚体系的沉积格局; 淹没型碳酸盐岩台地具有东部接受巨厚的、复理式的陆源碎屑沉积物, 中西部接受以陆源碎屑沉积为主, 夹有碳酸盐岩沉积, 风暴和风暴流作用明显的沉积特点, 为混积陆棚相—陆棚斜坡相—深海盆地的沉积格局。

参考文献 (References)

- 贾承造主编. 中国塔里木盆地构造特征与油气. 北京: 石油工业出版社, 1997. 1~ 425 [Jia Chengzao. The Tectonic Feature and Oil-gas of Tarim Basin, China. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. 1~ 425]
- 梅冥相, 马永生, 周丕康, 等. 碳酸盐沉积学导论. 北京: 地质出版社, 1997. 1~ 306 [Mei Mingxiang, Ma Yongsheng, Zhou Peikang et al. The Introduction of Carbonate Sedimentology. Beijing: Geological Publishing House, 1997. 1~ 306]
- Brian P Coffey and Fred J Read. High-resolution sequence stratigraphy in Tertiary Carbonate-rich sections by thin-sectioned well cuttings. AAPG Bulletin, 2002, 86(8): 1407~ 1415
- 周志毅. 塔里木盆地各纪地层. 北京: 科学出版社, 2001. 39~ 80 [Zhou Zhiyi. Stratigraphy of Tarim Basin. Beijing: Science Press, 2001. 39~ 80]
- 汤良杰. 塔里木中生宙盆地演化主要阶段. 地学前缘, 1997, 4(3~ 4): 318~ 324 [Tang Liangjie. Major evolutionary stages of Tarim Basin in Phanerozoic Time. Earth Science Frontiers, 1997, 4(3~ 4): 318~

- 324]
- 6 陈明, 许效松, 万方, 等. 塔里木盆地柯坪地区中下奥陶统碳酸盐岩露头层序地层学研究. 沉积学报, 2004 22(1): 110~116 [Chen Ming Xu Xiaosong Wan Fang *et al*. Study on outcrop sequence stratigraphy of the Lower middle Ordovician Strata in Keping Tarim Basin. *Acta Sedimentologia Sinica*, 2004 22(1): 110~116]
 - 7 Hongliu Zeng and Tucker F Hentz. High-frequency sequence stratigraphy from seismic sedimentology: Applied to Miocene vernilion Block 50, Tiger School Area, offshore Louisiana. *AAPG Bulletin*, 2004 88(2): 153~174
 - 8 孔金平, 刘效曾. 塔里木盆地塔中 5 井下奥陶统隐藻类生物礁. 新疆石油地质, 1998 19(3): 221~224 [Kong Jinping Liu Xiaozeng. Cratogaes organic reef in lower Ordovician in Well Tazhong 5 of Tarim Basin. *Xinjiang Petroleum Geology*, 1998, 19(3): 221~224]
 - 9 孙龙德. 塔里木含油气盆地沉积学研究进展. 沉积学报, 2004 22(3): 408~416 [Sun Longde. Progress of Sedimentological Research in Tarim Basin. *Acta Sedimentologia Sinica*, 2004 22(3): 408~416]
 - 10 谢晓安, 吴奇之, 卢华复. 塔里木盆地古生带构造格架与沉积特征. 沉积学报, 1997, 15(1): 152~155 [Xie Xia'an, Wu Qizhi Lu Huaifu. Tectonic framework and sedimentary feature of the Tarim Basin in Paleozoic. *Acta Sedimentologia Sinica*, 1997, 15(1): 152~155]
 - 11 魏国齐, 贾承造, 宋惠珍, 等. 塔里木盆地塔中地区奥陶系构造—沉积模式与碳酸盐岩裂缝储层预测. 沉积学报, 2000, 18(3): 408~413 [Wei Guoqi Jia Chengzao Song Huizhen, *et al*. Ordovician structural-depositional model and prediction for profitable fissure reservoir of carbonate rock in Tazhong Area, Tarim Basin. *Acta Sedimentologia Sinica*, 2000, 18(3): 408~413]
 - 12 肖传桃, 蒋维东, 潘云唐. 塔里木盆地轮南地区奥陶纪生物礁. 中国区域地质, 1996 4: 330~334 [Xiao Chuantao, Jiang Weidong Pan Yuntang. Ordovician organic reefs in the Lunan Area in Northern Tarim. *Regional Geology of China*, 1996, 4: 330~334]
 - 13 梁狄刚, 张水昌, 张宝民, 等. 从塔里木盆地看中国海相生油问题. 地学前缘, 2000 7(4): 534~547 [Liang Digang Zhang Shuichang Zhang Baomin, *et al*. Understanding on marine generation in China based on Tarim Basin. *Earth Science Frontiers*, 2000, 7(4): 534~547]

The Structural Types and Depositional Characteristics of Carbonate Platform in the Cambrian-Ordovician of Tarim Basin

GAO Zhìqian FAN Tai-liang JIAO Zhìfeng LI Yan
(School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083)

Abstract Tarim basin underwent the ramp carbonate platform of early-middle Cambrian, rimmed shelf carbonate platform of late Cambrian-early middle Ordovician, isolated carbonate platform in the early period of late Ordovician, and drowned carbonate platform in the middle-late period of late Ordovician. The different carbonate platform has distinct diversities in the section structure, platform edge feature and facies constitution, and controls the types and features of facies in the different regions and the upgrowth condition and the distribution rule of source rock, reservoir and caps. Through the sequence stratigraphy study of the seismic and loggings, 4 types of carbonate platform structure have been established and 5 sequence-facies models been summarized. During carbonate platform evolution, two periods of platform slope are developed. The first platform slope is formed in Cambrian-early middle Ordovician, controlled by Well Kunan 1, Well Mangan 1, Well Tadong 2 route, represents arc belt toward the west. The second platform slope is formed in the late Ordovician, constrained by Well Kunan 1, Well Mangan 1, Well Tazhong 1 and Well Tangcan 1, represents arc belt toward the east. The shifting and variation of the slope reveals the change of carbonate platform types.

Key words Tarim basin, Cambrian-Ordovician, platform structure, depositional evolution, sequence-facies model