

文章编号: 1000-0550(2006) 03-0370-08

塔里木盆地志留统塔塔埃尔塔格组沉积体系及沉积模式

张翔¹ 田景春¹ 彭军²

(1 成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室 成都理工大学沉积地质研究院 成都 610059; 2 西南石油学院 成都 610500)

摘要 通过对塔里木盆地众多野外剖面详细观测及钻井岩心的详细观察, 研究区下志留统塔塔埃尔塔格组主要沉积一套以砂、泥岩为主的碎屑岩, 根据岩性特征、生物标志和地球物理特征, 将塔里木盆地塔塔埃尔塔格组划分为滨岸和陆棚沉积体系, 滨岸沉积体系进一步划分为无障壁海岸和有障壁潮坪沉积, 陆棚沉积体系以浅水陆棚沉积为特征, 并就各微相的岩石类型、粒度分布和沉积构造特征进行了详细的研究。在此基础上, 分析了塔塔埃尔塔格组沉积期的平面展布特征, 总体格局为南北向分带, 东西向展布为特征。同时建立了塔里木盆地塔塔埃尔塔格组滨岸、潮坪和滨岸-潮坪的沉积模式, 在研究区以滨岸-潮坪的沉积模式为主。

关键词 塔里木盆地 下志留统 塔塔埃尔塔格组 沉积体系 沉积模式

第一作者简介 张翔 男 1978 年出生 硕士研究生 储层沉积学

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

1 概述

塔里木盆地是一个油气资源极为丰富的大型含油气盆地。介于中国天山、昆仑山造山带之间的, 由不同时期, 在不同构造环境下形成的大型叠加复合盆地, 面积达 $5.6 \times 10^5 \text{ km}^2$ (图 1)^[1,2]。其中塔里木盆地塔塔埃尔塔格组习惯上称为下砂岩段或沥青砂岩段 (表 1)。对此组前人从不同地区、不同角度进行了大量研究, 取得了一系列重要研究成果^[3-7]。但相对来说, 对整个塔里木盆地塔塔埃尔塔格组的研究还缺

乏系统性、统一性和整体性。本文在众多前人研究基础之上, 先后观测塔里木盆地北部、西北部、西部、西南部、南部有关野外剖面 11 条, 剖面厚度总计 16 947.78 m, 并对研究区钻井进行了详细的观察和描述, 共观察描述钻井岩芯 14 口, 共计长度 480 37 m。以沉积学为理论基础^[8-10], 首次深入探讨塔里木盆地塔塔埃尔塔格组沉积体系类型及沉积模式, 这为储层研究提供基础资料, 能更详尽的了解研究区的生、储、盖组合, 为下一步油气勘探奠定基础。

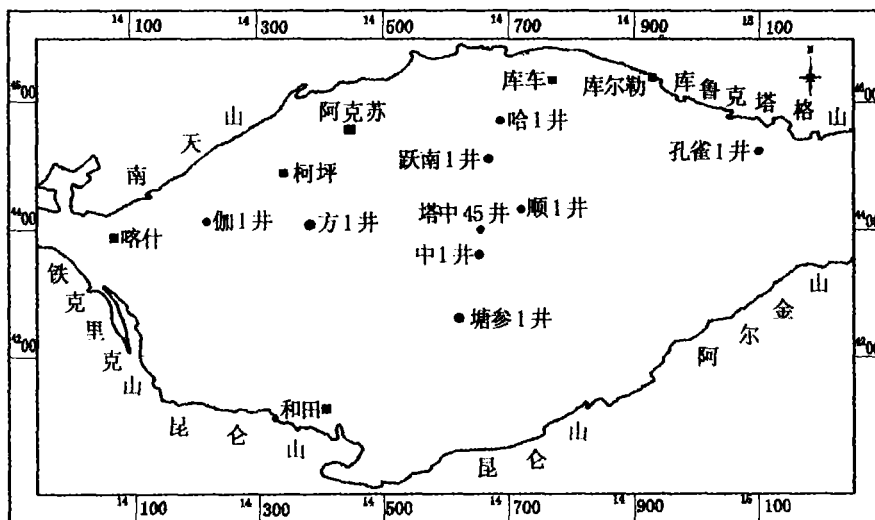


图 1 塔里木盆地地质图

Fig 1 The regional geological map of Tarim Basin

中国石油化工股份公司西部新区勘探指挥部科研项目 (编号: XBKT2002KY-05040) 资助。
收稿日期: 2005-07-07 收修改稿日期: 2005-09-07

表 1 塔里木盆地塔塔埃尔塔格组沉积特征

Table 1 The sedimentary characters of Tataertage Formation in Tarim Basin

岩石地层		岩石特征	颜色标志	测井标志	地震特征	横向展布
依木干他乌组	红泥岩段	巨厚层泥岩夹薄层粉砂岩、泥质粉砂岩。	以红色、棕褐色为特征, 夹灰、浅灰绿色	自然伽玛为微齿型、中—低幅值。	横向变化大, 总体为低频中振幅连续反射波。	塔北、满加尔—阿瓦提分布零星, 塔克拉玛干全区、塔西南西部
塔塔埃尔塔格组	下砂岩段	细砂岩夹粉砂岩及泥岩, 泥岩厚度横向变化大, 偶夹砾岩及含砾不等粒砂岩。	杂色, 包括紫灰、灰紫、浅灰色等	自然伽玛曲线呈不规则的参差状、中—高幅值。	塔北表现为两至三个弱波组, 塔中表现为两个低频中—强振幅较连续的层状反射。	塔北分布零星, 满加尔、塔克拉玛干全区及塔西南分布广泛
柯坪塔格组	上段	细砂岩、粉砂岩和泥岩互层为主。	深灰、灰、灰绿色。	自然伽玛曲线呈不规则参差状、中高幅值。	弱振幅—中强振幅的连续层状反射。	塔北西部、满加尔、塔东北、巴楚及塔西南西部

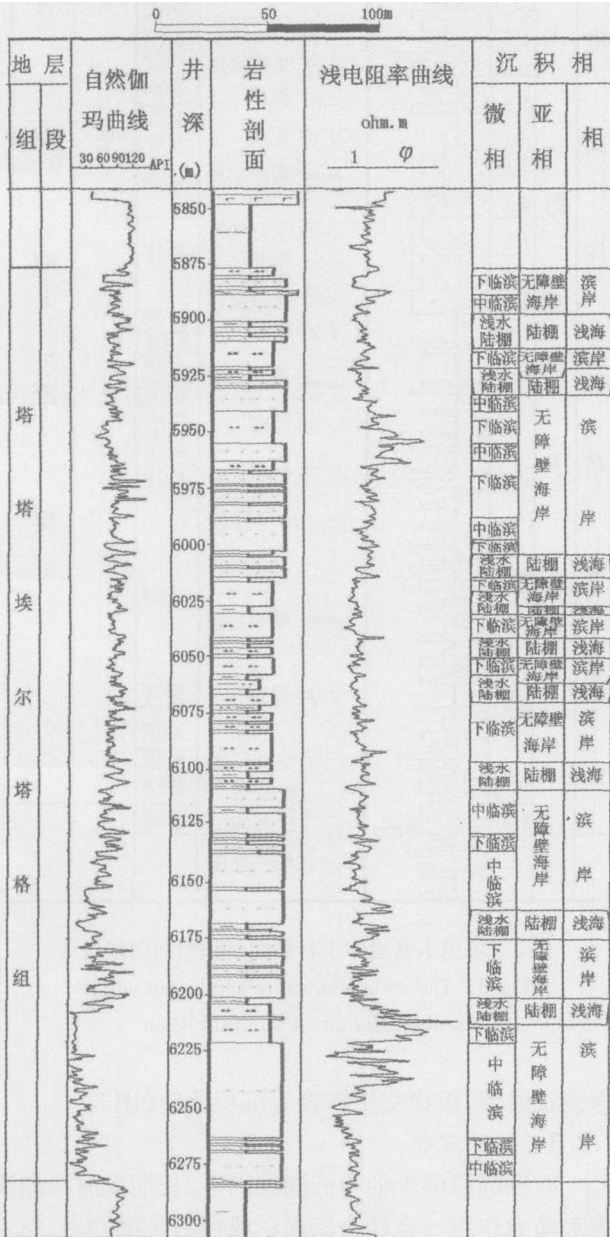


图 2 塔里木盆地胜利 1 井沉积相剖面结构图

Fig. 2 The section structure of Well Shengli 1 sedimentary facies in Tarim Basin

2 塔塔埃尔塔格期沉积体系及特征

通过对盆地周缘野外剖面和盆内众多钻井岩心进行详细的沉积学分析, 在研究区塔塔埃尔塔格组中识别出滨岸体系、陆棚体系, 其中滨岸体系又进一步划分为无障壁型海岸体系和潮坪体系两类。下面就各自沉积特征分述如下。

2.1 无障壁海岸体系

无障壁海岸位于与大海连通性很好的海岸地带, 它与广阔陆棚之间没有被障壁岛、滩或生物礁所隔开^[11]。主要由灰白色含砾石英砂岩、中粗粒石英砂岩组成, 砂岩中发育多向波痕、干涉波痕、透镜状层理、平行层理、楔状层理等沉积构造, 并可进一步划分为后滨—前滨、前滨、临(近)滨沉积(图 2)。

2.1.1 后滨—前滨沉积

后滨—前滨沉积位于最大高潮线与平均低潮线之间的地带, 地形平坦, 起伏较小, 并逐渐向海低斜^[11]。在后滨与前滨过渡带首先发育的是海滩沉积, 岩性主要为浅灰色细砾岩、含砾粗砂岩、中砂岩、细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩; 粒度概率图形表现为两段式和多段式, 具有明显的双跳跃总体, 反映波浪和水流等对沉积物的反复改造。沉积构造丰富多样, 常见波浪、流水和风暴作用成因的各种交错层理、低角度冲洗层理、平行层理、正粒序层理、冲刷面和生物扰动构造(图 2)。

2.1.2 前滨沉积

前滨沉积位于平均高潮线与平均低潮线之间, 广泛见于研究区众多钻井中, 主要由灰紫色、灰绿色细砂岩和砾状中细砂岩构成。颗粒次圆状, 分选较好。砂岩中砾石成分为石英岩、燧石和泥岩, 砾石磨圆较好。前滨砂的粒度概率曲线均为由跳跃总体和悬浮总体构成的两段式, 斜率陡, 并以跳跃总体含量高为特征。这反映了前滨沉积环境具有中等至较强的水

动力条件,分选很好。发育低角度交错层理、楔状层理、平行层理、波痕(图版 -1)等,反映了前滨地区的波浪作用(图 2)。

2.1.3 临(近)滨沉积

临(近)滨沉积是海水平均低潮面以下到正常浪基面与海底相交的地区^[11]。发育于研究区吉南 1 井、草 1 井等钻井和众多野外剖面中。岩性特征为由灰色、灰绿色细砂岩、中粗砂岩和砾质中粗砂岩、泥岩、泥质粉砂岩和灰绿色粉细砂岩组成。概率曲线特征为跳跃总体和悬浮总体构成的两段式。发育块状层理、平行层理、大型板状和楔状交错层理、中小型的楔状交错层理以(图版 -2)及平行层理和近于垂直的生物潜穴、丰富的生物扰动构造。按沉积特征可以分为上临滨、中临滨、下临滨(图 2)。

2.2 潮坪沉积体系

潮坪发育在具有明显的周期性潮汐作用的倾斜非常平缓的海岸区,该处没有强烈的海岸作用。潮坪沉积体系在研究区柯坪印干村剖面、柯坪铁热克阿瓦提剖面及众多钻井剖面上非常发育和典型,主要为一套紫红色砂砾岩、砂岩、粉砂岩和泥岩组成。发育人字形交错层理、脉状潮汐层理、沙纹层理等沉积构造,根据沉积特征又可进一步划分为砂坪、砂泥混合坪和泥坪等微相(图 3)。

2.2.1 泥坪沉积

泥坪沉积位于平均高潮线上,在柯坪大湾沟剖面、柯坪铁克立克剖面及众多钻井中均钻遇了泥坪沉积。在塔中地区分布广泛,泥坪沉积岩性为紫红色、灰绿色泥岩和泥质粉砂岩、粉砂质泥岩(图版 -3);泥岩中具有水平纹层,粉砂岩中具生物扰动构造、生物潜穴以及变形层理,在局部地区尚可见到泥裂(塔中 10 井)。自然电位曲线起伏很小,自然伽玛曲线则呈高频的锯齿状,值较高(图 3)。

2.2.2 砂泥混合坪沉积

砂泥混合坪沉积位于平均高潮线与平均低潮线之间。砂泥坪岩性为不等厚互层的棕褐色、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩和浅灰色粉细砂岩。砂岩颗粒呈次棱角状至次圆状,分选中等至好。砂泥坪沉积物具两种概率曲线类型。一种是由跳跃和悬浮总体构成的两段式,悬浮总体含量较高,反映了波浪回流后水动力能量中等偏弱、泥质悬浮物含量较高的特点。另一种为过渡带沉积,由跳跃和悬浮总体构成的两段式,悬浮总体含量较低,反映波浪上涌时能量较强。发育泥裂、生物扰动以及波纹层构造、波状层理(图版 -4)、

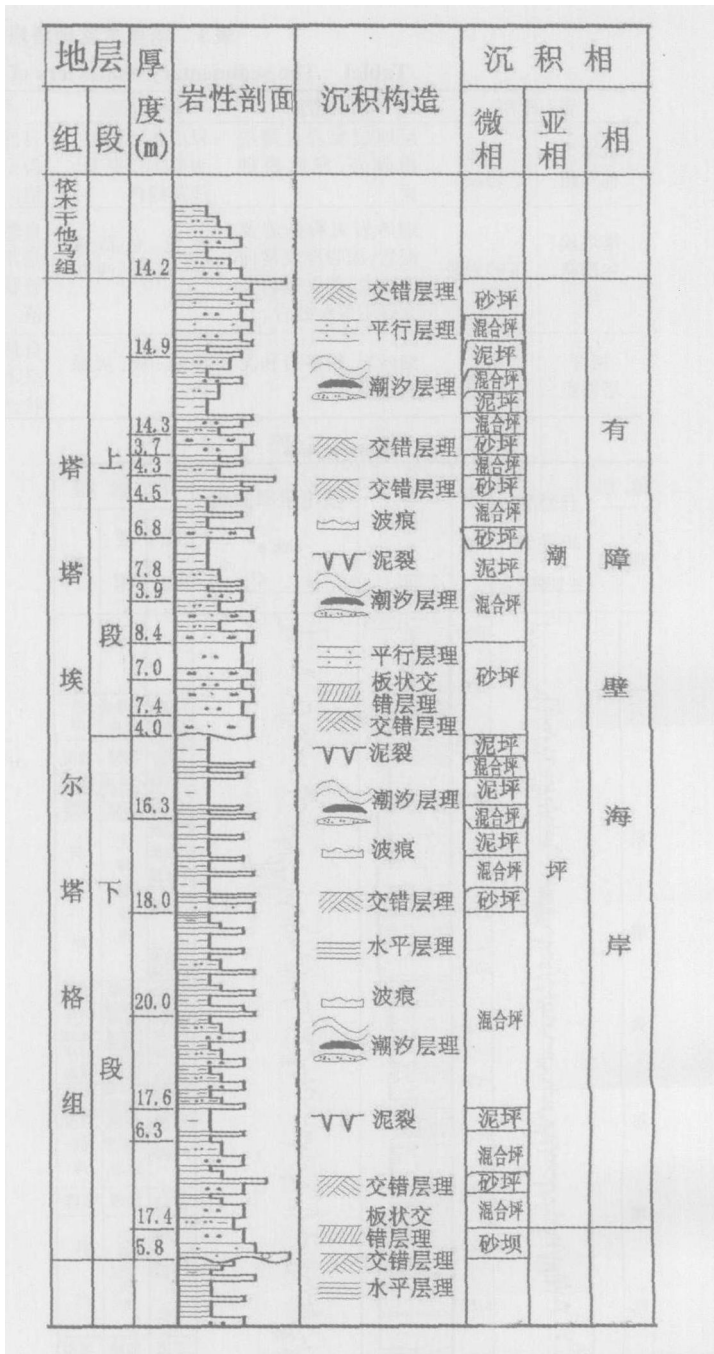


图 3 塔里木盆地印干村剖面沉积相剖面结构图

Fig 3 The section structure of Yigan village sedimentary facies in Tarim Basin

透镜状层理、板状交错层理等沉积构造(图 3)。

2.2.3 砂坪沉积

砂坪沉积位于平均低潮线以下,长期受海洋潮汐等水动力作用。岩性为棕褐色或浅灰色细砂岩、沥青质细砂岩、棕褐色粉砂岩及浅灰绿色泥岩。泥岩厚度较薄,一般小于 1m。砂岩颗粒为次棱一次圆状,分选中等至好。砂坪沉积物的粒度概率图一种是由跳跃

和悬浮总体构成的两段式,另一种是具有过渡带沉积的、由跳跃和悬浮总体构成的两段式,悬浮总体含量很少。这两种粒度概率曲线特征反映了在平均高潮线之下较强的潮汐作用以及潮流作用,使得较粗粒沉积物在半悬浮状态下搬运。发育板状层理(图版 5)、冲洗交错层理、层面的浪成波痕沉积构造以及生物扰动和潜穴。在砂坪沉积环境中常发育潮汐水道沉积(图版 6),它是由灰色细砂岩、含砾不等粒砂岩和粉砂质泥岩、泥岩组成。常见数个向上变细的潮道沉积旋回叠置,单个潮道序列由潮道床底、活动潮汐水道、废弃潮道组成(图 3)。

2.3 陆棚沉积体系

陆棚沉积体系是指晴天浪底至陆棚边缘沉积,研究区塔塔埃尔塔格组以浅水陆棚沉积为特征。在研究区巴楚小海子麻扎尔塔格志留纪剖面及众多钻井中均非常发育。由不等厚互层的深灰色、灰绿色较厚层泥岩以及泥质粉砂岩、粉砂岩、灰白色细砂岩组成(图版 7)。泥岩具水平层理和小型波纹层(图版 8),在泥岩层面上发育较多的生物扰动构造,包括层面生物遗迹蛇形迹、网状迹等以及钻入泥岩内部的 U 形迹。粉砂岩中具有微细波状交错层理、透镜状层理等沉积构造。细砂岩中发育楔状层理、平行层理

等。可见腕足类、海百合茎、植物化石碎片和完整的蛤化石。在垂向上构成了厚 0.5~5 m 的下粗上细,下为波状交错层理、上为水平层理的正韵律。

3 塔塔埃尔塔格期沉积相平面展布特征

在上述沉积相研究的基础上,编制了塔里木盆地塔塔埃尔塔格期岩相古地理图(图 4),表明了该期的沉积相平面展布特征。该期海侵来自于盆地北东部和北西部,总体沉积格局表现为南北向分带、东西向展布的特点。此时研究区北部为塔北隆起,沿隆起边缘广泛发育了潮坪沉积体系和滨岸沉积体系,其中潮坪沉积体系分布于柯坪—阿合奇地区。由于中部地区的抬升,滨岸沉积体系分布范围大,且浅滩广泛发育。广大陆棚被分割为东西两个沉积区,即巴 2 井—方 1 井—和田 4 井—古董 1 井—塔参 3 井向西地区和满东 1 井—吉南 1 井—顺 1 井—维马克 1 井—一线向东的地区为陆棚沉积。同时在满西 1 井区发育浊流沉积。和田 3 井—塔中 49 井—塔中 66 井—塔中 33 井—一线以南地区演化为潮坪沉积,其它地区为滨岸沉积。在塔西南地区为滨岸沉积体系所占据。

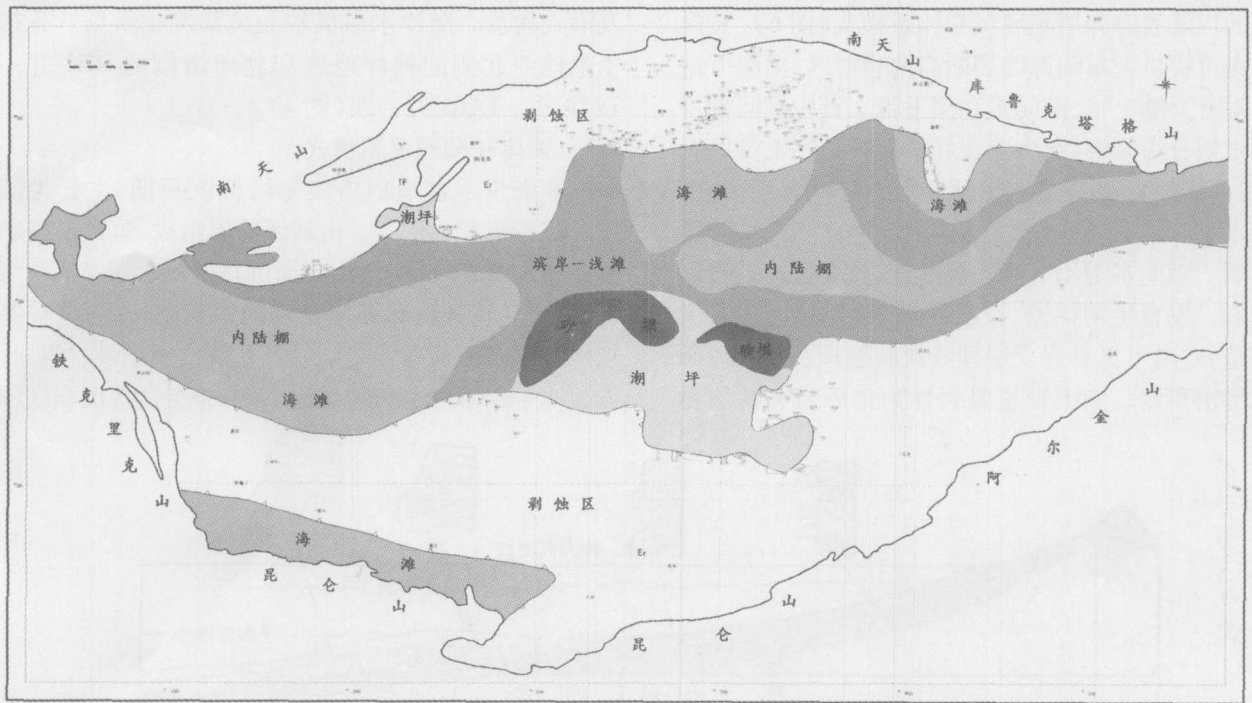


图 4 塔里木盆地塔塔埃尔塔格期沉积相平面展布图

Fig 4 The sedimentary facies plane distribution of Tataertage Formation in Tarim Basin

4 塔塔埃尔塔格期沉积模式

沉积模式是对沉积环境、沉积作用及其产生的结果三者相互联系的解释和描述,是对沉积相的成因解释和理论概括^[12]。在塔里木盆地塔塔埃尔塔格期沉积演化过程中,沉积体系类型及展布特征不同,从而导致不同时期沉积模式不同,根据不同时期的古构造背景、古地形、古气候和沉积作用类型和沉积特征^[13],总体可将塔塔埃尔塔格组归纳为三种沉积模式。

4.1 滨岸沉积模式

塔里木盆地塔塔埃尔塔格组主要是在无障碍海岸环境中沉积的,主要受波浪和海流这两种营力的作用,由灰白色含砾石英砂岩、中粗粒石英砂岩组成,砂岩中发育多向波痕、干涉波痕、透镜状层理、平行层理、楔状层理等沉积构造。滨岸还可进一步划分为沙丘、后滨、前滨、临滨等几个次级环境(图 5),分布于盆地甫参 1 井—杜 1 井—民参 1 井、英科 1 井—LUN1 井、YM 31 井—HD7 井和 PH1 井—XC1 井一线(图 4)。

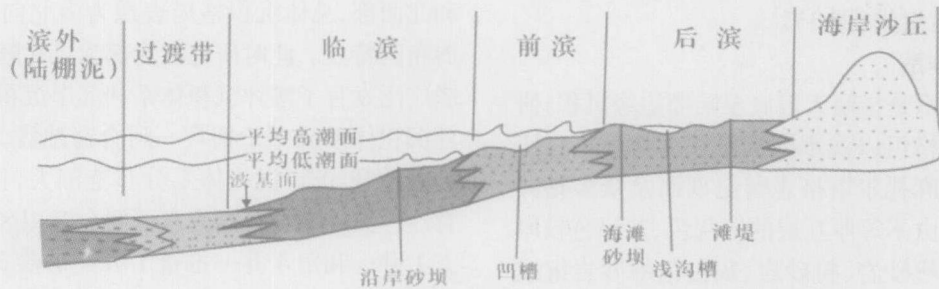


图 5 塔里木盆地塔塔埃尔塔格期滨岸沉积模式图

Fig 5 The coastal sedimentary model of Tataertage Formation in Tarim Basin

4.2 潮坪沉积模式

以塔中北斜坡志留系下砂岩段沉积为代表,建立如下的古陆表海碎屑潮坪沉积体系模式(图 6),其向陆侧为可提供大量陆源碎屑的高地物源区,向海可进一步划分为潮上带、潮间带和潮下带。其中潮间带可进一步划分为高潮坪、中潮坪和低潮坪。潮上带以泥岩、粉砂质泥岩和泥质粉砂岩为主的泥坪沉积,其中常见水平纹层、生物扰动及生物潜穴构造等,局部可见泥裂。潮间带为不等厚互层的泥岩、泥质粉砂岩和细砂岩。发育生物扰动、波状层理、透镜状层理等沉积构造,有时可见具递变层理或块状层理及片状泥砾的风暴沉积物。潮下带主要岩性为细砂岩夹薄层粉

砂岩和泥岩。砂岩中发育楔状交错层理、冲洗交错层理、层面的浪成波痕沉积构造、底冲刷、生物扰动构造及潜穴构造。潮汐水道沉积和风暴沉积常见。分布于盆地西北侧的柯坪地区和盆地南侧的 BD2 井—TZ22 井—TAC1 井一线(图 4)。

4.3 滨岸—陆棚沉积模式

在塔里木盆地塔塔埃尔塔格沉积期,主要为滨岸—陆棚沉积(图 7)。由陆源碎屑组成,包含了滨岸和陆棚的沉积特征,其中陆棚沉积以浅水陆棚沉积为特征,岩性特征由不等厚互层的深灰色、灰绿色较厚层泥岩以及泥质粉砂岩、粉砂岩、灰白色细砂岩组成,发育水平层理和小型波纹层。广布于盆地沉积区的

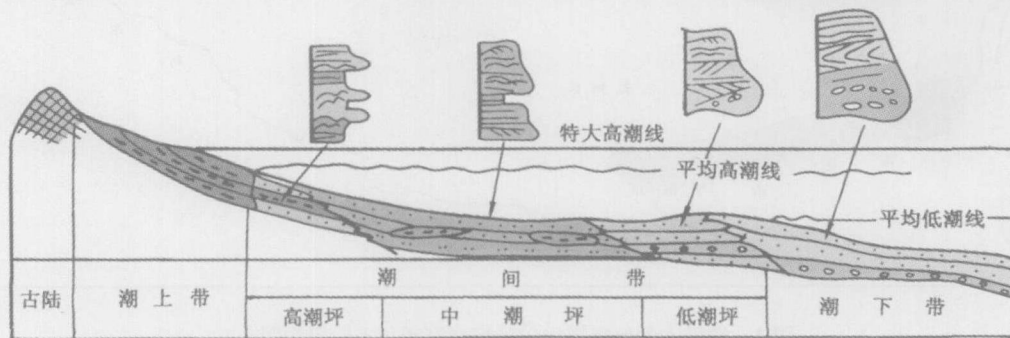


图 6 塔中北斜坡塔塔埃尔塔格期潮坪沉积模式图

Fig 6 The tidal flat sedimentary model of Tataertage Formation in Tarim Basin

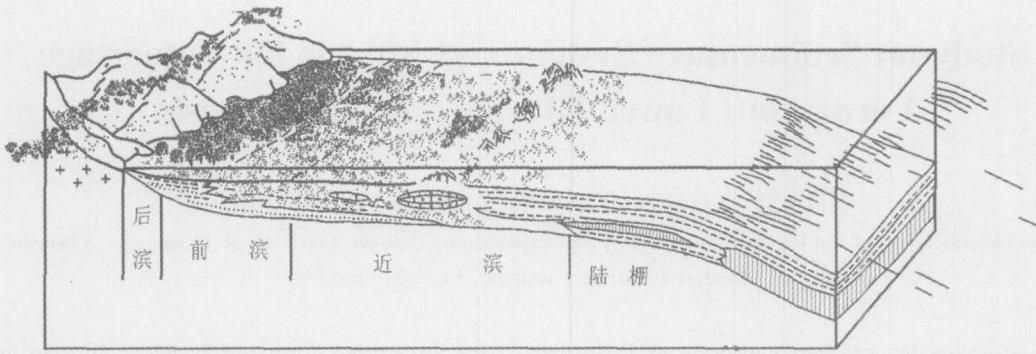


图 7 塔里木盆地塔塔埃尔塔格期滨岸—陆棚沉积模式图

Fig. 7 The coastal-shelf sedimentary model of Tataertage Formation in Tarim Basin

东西两侧(图 4)。

5 结 论

塔里木盆地塔塔埃尔塔格组划分为滨岸沉积体系和陆棚沉积体系,其中滨岸沉积体系又进一步划分为无障碍型海岸体系和有障壁潮坪体系两类;陆棚沉积体系主要为浅水陆棚沉积。同时建立了塔里木盆地塔塔埃尔塔格期潮坪、滨岸和滨岸—陆棚沉积模式,这为更详尽的了解塔里木盆地的沉积环境提供了依据,为下一步的油气勘探奠定了基础,为进一步储层研究提供了地质基础资料。

参考文献 (References)

- 1 王毅. 塔里木盆地震旦系—中泥盆统层序地层分析. 沉积学报, 1999, 17(3): 414~421 [Wang Yi. Sequence stratigraphy of the Sinian—Middle Devonian System in the Tarim Basin. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(3): 414~421]
- 2 王显东, 姜振学, 庞雄奇, 张俊. 塔里木盆地志留系盖层综合评价. 西安石油大学学报(自然科学版), 2004, 19(4): 49~53. [Wang Xiandong, Jiang Zhenxue, Pang Xiongqi, Zhang Jun. Comprehensive evaluation of sealing ability of Silurian cap rocks in Tarim Basin. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2004, 19(4): 49~53]
- 3 刘绍平, 钟广发, 刘学锋, 等. 塔中志留系碎屑岩储层特征及评价. 江汉石油学院学报, 1996, 18(4): 21~25 [Liu Shaoping, Zhong Guangfa, Liu Xuefeng, et al. Characteristics and Evaluation of Silurian sandstone reservoir in Tazhong area, Tarim basin. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 1996, 18(4): 21~25]
- 4 陈方鸿, 王贵文. 塔里木盆地塔中地区志留系测井层序地层学研究. 沉积学报, 1999, 17(1): 58~62 [Chen Fanghong, Wang Guiwen. On logging-sequence stratigraphy of Silurian in Tazhong area, Tarim basin. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(1): 58~62]
- 5 刘洛夫, 赵建章, 张水昌, 等. 塔里木盆地志留系沉积构造及沥青砂岩的特征. 石油学报, 2001, 22(6): 11~17 [Liu Luofu, Zhao Jianzhang, Zhang Shuichan, et al. The depositional and structural settings and the bituminous sandstone distribution characters of the Silurian in Tarim basin. Acta Petrologica Sinica, 2001, 22(6): 11~17]
- 6 朱筱敏, 王贵文, 谢庆宾. 塔里木盆地志留系沉积体系及分布特征. 石油大学学报(自然科学版), 2002, 26(3): 5~11 [Zhu Xiaomin, Wang Guiwen, Xie Qingbin. Characteristics and distribution of depositional systems of Silurian in Tarim basin. Journal of the University of Petroleum, 2002, 26(3): 5~11]
- 7 王少依, 张惠良, 寿建峰, 等. 塔中隆起北斜坡志留系储层特征及控制因素. 成都理工大学学报(自然科学版), 2004, 31(2): 148~152 [Wang Shaoyi, Zhang Huiliang, Shou Jianfeng, et al. Characteristics and controlling factors of Silurian reservoir in northern slope of central uplift in Tarim Basin. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2004, 31(2): 148~152]
- 8 Reading H G. Sedimentary Environments and Facies. Oxford: Blackwell Scientific Publication, 1978
- 9 Selly R C. Ancient Sedimentary Environments. London: Chapman and Hall, 1978, 1985.
- 10 Walker R G. Facies Models. Geoscience Canada, 1979
- 11 刘宝训, 曾允孚. 岩相古地理基础和工作方法. 北京: 地质出版社, 1985 [Liu Baojun, Zeng Yunfu. The Base and Research Method for Lithofacies-paleogeography. Beijing: Geological Publishing House, 1985]
- 12 王良忱, 张金亮. 沉积环境和沉积相. 北京: 石油工业出版社, 1996 [Wang Lingchen, Zhang Jinliang. Sedimentary Environments and Sedimentary Facies. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996]
- 13 曾允孚, 夏文杰. 沉积岩石学. 北京: 地质出版社, 1986 [Zeng Yunfu, Xia Wenjie. Sedimentary Petrology. Beijing: Geological Publishing House, 1986]

Study on Sedimentary System and Models for Tataertage Formation (Lower Silurian) in Tarim Basin

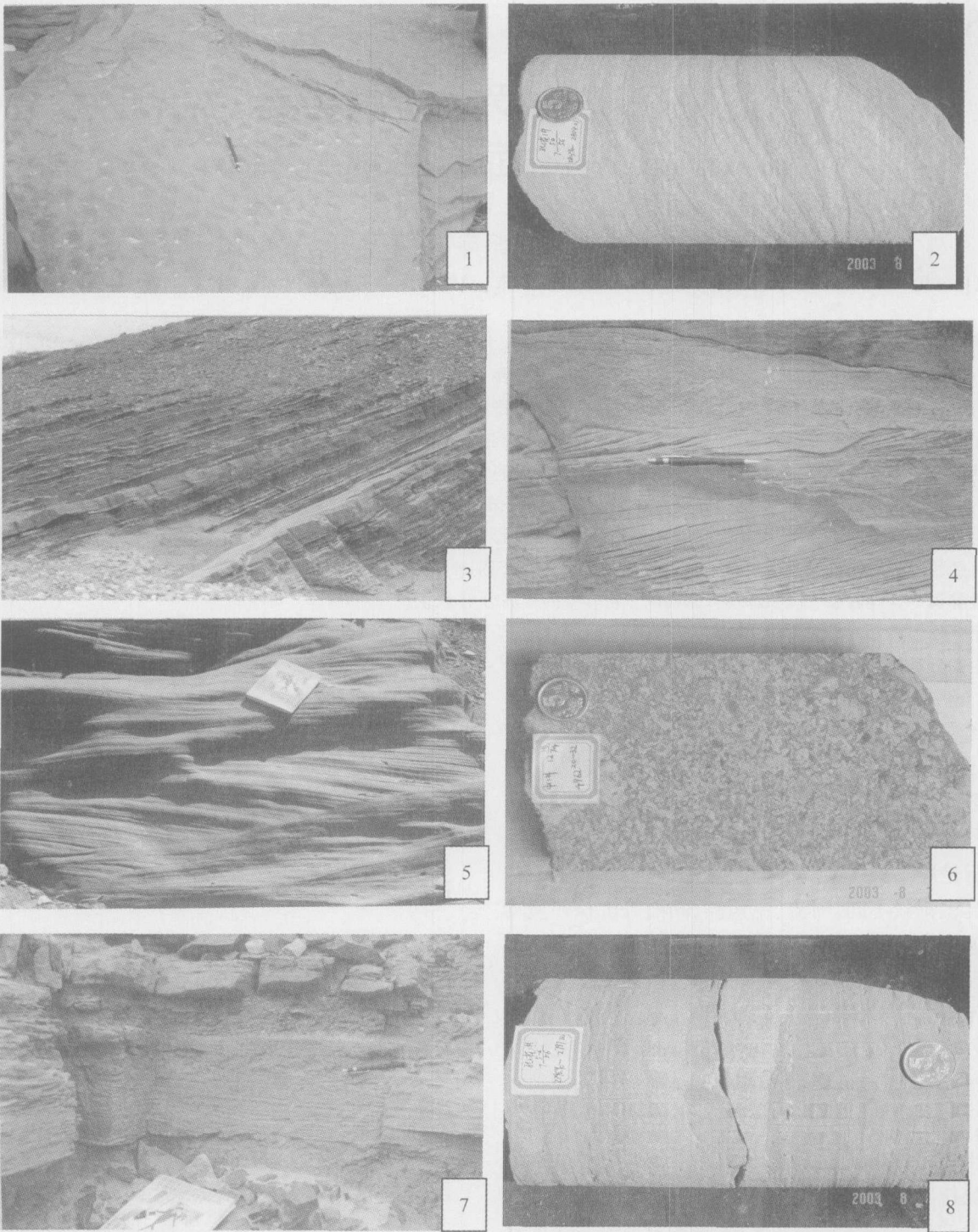
ZHANG Xiang¹ TIAN Jing-chun¹ PENG Jun²

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059;

2. Southwest Petroleum Institute, Chengdu 610500)

Abstract By studying the sections and cores of Tarim basin, the Tataertage Formation of lower Silurian in Tarim Basin primarily deposited a set of clastic rock composed of sandstone and mudstone. The authors divided Tataertage Formation into onshore sedimentary system and continental shelf sedimentary system by its lithologic, petrologic and geographic character. And the onshore sedimentary system could be further divided into non-barrier coast sediment and barrier wadd sediment. Its shallow shelf sediment features the continental shelf sedimentary system. The authors also studied the types of rock, grains size distribution and sedimentary tectonic character of these sedimentary facies of Tataertage Formation mentioned above. Based on these studies, the authors analyzed the plane distribution character of Tataertage Formation during sedimentation. The direction of its strike is approximate by south to north, layers distribute nearly parallel from west to east as a whole. The authors established the onshore wadd, onshore-wadd sedimentary model of Tataertage Formation in Tarim Basin, which is primary onshore-wadd sedimentary model.

Key words Tarim Basin, Lower Silurian, Tataertage Formation, sedimentary system, sedimentary models



图版 说明 1 前滨沉积中的干涉波痕, 柯坪印干村志留系剖面; 2 灰色细砂岩中的双向交错层理, 临滨沉积, 孔雀 1 井; 3 潮上泥坪—潮间砂泥坪沉积, 柯坪印干村志留系剖面; 4 潮间坪中的波状层理, 柯坪印干村志留系剖面; 5 潮下砂坪砂岩中的板状层理, 柯坪印干村志留系剖面; 6 潮道沉积中的细砾岩, 中 1 井; 7 陆棚沉积的砂、泥岩互层, 巴楚小海子志留系剖面; 8 陆棚相泥岩中的水平层理及波状层理, 孔雀 1 井