

文章编号:0253-9985(2005)03-0277-07

塔里木盆地奥陶系台地边缘生物礁、滩发育特征

顾家裕,张兴阳,罗平,罗忠,方辉

(中国石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:塔里木盆地中晚奥陶世碳酸盐台地边缘可划分为低能、相对低能、相对高能、高能4种类型。不同的台地边缘发育不同的生物礁、滩组合:1)低能台地边缘型,以塔中I号断裂带上奥陶统良里塔格组沉积早期台缘灰泥丘、含泥滩相组合为代表;2)相对低能台地边缘型,以巴楚露头区中奥陶统一间房组(大湾沟组)沉积期障积礁、含灰泥滩组合为代表;3)相对高能台地边缘型,以轮南中奥陶统一间房组沉积期障积礁、滩相组合为代表;4)高能台地边缘型,以塔中I号断裂带上奥陶统良里塔格组沉积晚期骨架礁、滩相组合为代表。高能台地边缘骨架礁、滩组合是最有利的勘探目标。海平面上升、构造升降和碳酸盐产率是控制台地边缘迁移和台地边缘类型的主要因素,并进一步控制了台地边缘生物礁、滩的发育。

关键词:碳酸盐台地边缘;生物礁、滩复合体;碳酸盐岩储层;奥陶系;塔里木盆地

中图分类号:TE112.2

文献标识码:A

Development characteristics of organic reef-bank complex on Ordovician carbonate platform margin in Tarim Basin

Gu Jiayu, Zhang Xingyang, Luo Ping, Luo Zhong, Fang Hui

(Petroleum Exploration and Development Research Institute, PetroChina, Beijing)

Abstract: The Middle - Late Ordovician carbonate platform margin in Tarim basin can be divided into 4 types, including low energy, relatively low energy, relatively high energy, and high energy types. Different organic reef-bank complexes have been developed in different platform margin types. 1) The low energy type carbonate platform margin can be represented by lime mud mound - muddy bank complex in Tazhong I faulted zone which have been developed during the early-stage deposition of the Upper Ordovician Lianglitage Formation. 2) The relatively low energy type carbonate platform margin can be represented by the barrier reef - lime mud bank complex in Bachu outcrop area which have been developed during the deposition of Middle Ordovician Yijianfang Formation (Dawangou Formation). 3) The relatively high energy type carbonate platform margin can be represented by the barrier reef - bank complex in Lunnan area which have been developed during the deposition of Middle Ordovician Yijianfang Formation. 4) The high energy type carbonate platform margin can be represented by the framework reef - bank complex in Tazhong I faulted zone which have been developed during the late-stage deposition of the Upper Ordovician Lianglitage Formation. The framework reef - bank complexes in the high energy carbonate platform margin are the most favorable exploration targets. Sea level ascending, tectonic uplifting and descending and carbonate yield are the main factors that control the migration of carbonate platform margins and their types, and they further control the development of organic reefs and banks on carbonate platform margins.

Key words: carbonate platform margin; organic reef - bank complex; carbonate reservoir; Ordovician; Tarim basin

基金项目:国家“973”重点基础研究发展规划项目(G1999043311)

第一作者简介:顾家裕,男,61岁,教授级高级工程师(博士生导师),石油地质和沉积储层学

收稿日期:2005-04-05



图2 塔里木盆地构造单元划分图

Fig. 2 Regional tectonic units in Tarim basin

露头区生物礁以粘结-障积生物礁为主,主要造礁生物为托盘类(*Calathium*)。此类生物一般生活在水深5~10 m、水体能量相对较低的环境。通过巴楚达吾孜塔格中奥陶统一间房组沉积相剖面的精细对比以及对巴楚-柯坪露头区中奥陶统一间房组(大湾沟组)区域上沉积相剖面的对比发现,生物礁主要沿相对低能的碳酸盐台地边缘发育。台地边缘相主要发育由粘结-障积礁及泥晶颗粒灰岩构成的礁、滩复合体(图3);台地边缘外带主要发育障积礁、亮晶砂屑灰岩构成的礁、滩复合体,加积厚度小于60 m,镶边程度不大。

综合以上分析认为,该地区的台地边缘水体能量相对低,为弱镶边陆架型碳酸盐台地边缘相。本地区台地边缘生物礁的发育同中奥陶世的区域沉积地质背景是相符合的^[11],但有别于前人认为本地区中晚奥陶世生物礁为台内生物礁的观点^[6]。

2 塔中、轮南地区中晚奥陶世台缘生物礁、滩发育特征

通过对塔中地区各井中上奥陶统沉积相剖面的对比,结合区域构造演化背景分析,塔中地区中晚奥陶世经历了低能向高能台地边缘的转化。

中晚奥陶世良里塔格组沉积早期,塔中低凸起继续隆升,塔中I号断裂自东向西以逆冲形式开始发育^[12~14],使得塔中低凸起在区域性海平面上升的背景下保持了浅水沉积环境。由于塔中低凸起周围多与凹陷相接或与碳酸盐物源区相邻,得不到陆源碎屑供给,发育了一套碳酸盐台地沉积。由于塔中I号断裂初始发育,而且主要集中于东端,由塔中I号断裂引起的塔中低凸起与满加尔坳陷地形差异不明显,发育宽缓的碳酸盐台缘斜坡。宽缓的斜坡削弱了来自广海的波浪的能量,高能台地边缘相不发育。塔中I号断裂带为低能缓坡型碳酸盐台地边缘,以发育灰泥丘及低能泥晶颗粒屑滩为特征,骨架礁及障积礁不发育(图4)。

中上奥陶统良里塔格组沉积晚期,I号断裂东段活动明显,断距大,向西断裂活动减弱,形成I号断裂带东部抬升、西部沉降的古构造格局。受其影响,I号断裂带各段沉积格局发生分异。TZ45-TZ49井区的I号断裂西段在构造升降微弱、海平面回升的作用下,水体加深,处于台地向西北倾没的斜坡上,属宽缓型台缘斜坡相。台缘斜坡内侧发育低能台缘丘滩相(图5)。TZ54-TZ44井区,台地边缘经过良里塔格组沉积早期一定程度的加厚,I号同生逆冲断层的发育使得断裂两侧地形有明显的高差,两种因

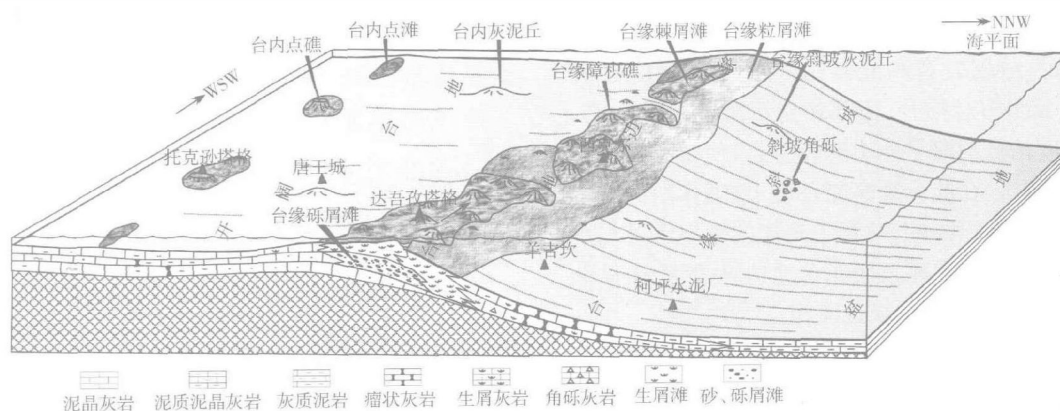


图3 塔里木盆地巴楚-柯坪露头区中奥陶世沉积模式图

Fig. 3 Depositional model of Middle Ordovician strata in Bachu-Kalpin outcrop area, Tarim basin

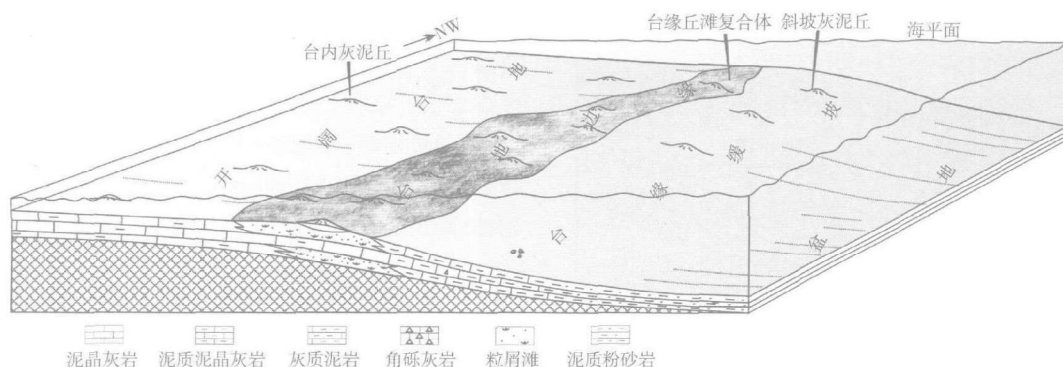


图4 塔中地区中晚奥陶世良里塔格组沉积早期沉积模式图

Fig. 4 Depositional model of the early-stage deposition of Middle - Late Ordovician Lianglitage Formation in Tazhong area, Tarim basin

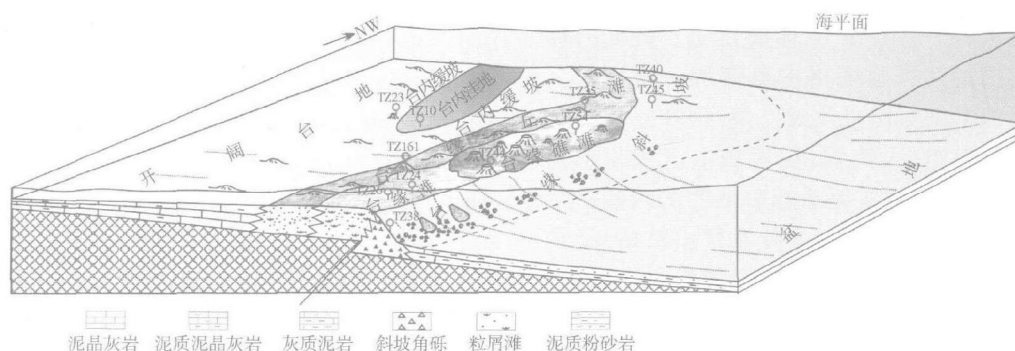


图5 塔中地区中晚奥陶世良里塔格组沉积晚期沉积模式图

Fig. 5 Depositional model of the late-stage deposition of Middle - Late Ordovician Lianglitage Formation in Tazhong area, Tarim basin

素的叠合使得台缘斜坡类型由宽缓型转换为窄陡型,来自广海的波浪可直接作用于台地边缘,易于发育高能台地边缘相。在 TZ24—TZ26 井区所在的 I 号断裂带东段, I 号断裂发育,构造抬升强烈,水体深度易于变浅,不利于礁相发育,礁易生长出水面而“干死”,故仅发育高能滩相。而 TZ54—TZ44 井区处于东部相对抬升、西部相对沉降的过渡地带,中等强度抬升与海平面上升相叠合,使得相对海平面缓慢上升。在此台缘高能环境下,礁体的向上生长与水体的加深匹配,发育了高能的骨架礁及与之伴生的高能砂砾屑滩。而在台地边缘内带,水体能量相对小,发育低能台缘丘滩相。

由此可知,塔中地区中上奥陶统良里塔格组沉积早期沿塔中 I 号断裂带台地边缘相以发育相对低能的灰泥丘、含泥粒屑滩复合体为特征;良里塔格组沉积晚期台地边缘外带以发育高能的骨架

礁、滩复合体为特征;台地边缘内带以发育相对低能的灰泥丘、含泥碳酸盐滩组成的复合体为特征。

轮南地区中奥陶统一间房组发育台地边缘障积礁,托盘类是主要的造礁生物^[15]。与巴楚—柯坪露头区不同的是,与生物礁相伴生的滩相岩性多为亮晶含生屑砂屑灰岩、棘屑灰岩,分析认为该类生物礁、滩发育于水体能量相对较高的台地边缘。

3 碳酸盐台地边缘类型与生物礁、滩发育特征

台地边缘生物礁的类型与造礁生物的种类密切相关。全球奥陶纪生物礁造礁生物的研究表明^[4],早奥陶世早期,造礁生物以微生物为主,含少量藻类及蠕虫;早奥陶世晚期至中奥陶世早期,造礁生物主要是微生物、海绵(珊瑚海绵及硅质海绵)及苔藓虫,含少量藻类;中奥陶世晚期至晚奥陶世,

造礁生物主要是海绵(珊瑚海绵和少量硅质海绵)、珊瑚及苔藓虫,含少量藻类及蠕虫,海绵及珊瑚的发育可能是造成该阶段内生物礁较发育的原因。塔里木盆地奥陶纪造礁生物种类与全球类似。

不同造礁生物的生活习性不同,所以不同生物类型发育的水深及水体能量均有规律性^[16],骨架礁、障积礁和灰泥丘三者发育环境的水体能量逐渐降低。塔里木盆地奥陶纪碳酸盐台地不同类型的台地边缘的沉积特征不同,发育的礁、滩组合也不同。根据水体能量,可以将塔里木盆地中晚奥陶世碳酸盐台地边缘定性地分为低能、相对低能、相对高能及高能 4 种类型(表 1)。不同类型的

台地边缘发育了不同类型的生物礁及滩相类型:灰泥丘在低能台地边缘发育;障积礁在中等能量的台地边缘发育;骨架礁在高能的台地边缘发育。

不同水体能量产生不同台缘生物礁、滩组合的同时,台地边缘镶边增厚的程度也不同。高能台地边缘相带生物礁、滩累积厚度大;反之就小。巴楚-柯坪露头区一间房组生物礁、滩的厚度约为 30~40 m;轮南一间房组台缘生物礁、滩厚度为 30~115 m;塔中地区台地边缘生物礁、滩的累积厚度为 50~250 m(图 6)。这种厚度差别一方面反映出台地边缘水体能量的高低,另一方面也反映出台地边缘发育成熟度的差别。

表 1 塔里木盆地中晚奥陶世不同类型碳酸盐台地边缘的特征对比

Table 1 Characteristics of various types of Middle-Late Ordovician carbonate platform margins in Tarim basin

台地边缘类型	低能台地边缘	相对低能台地边缘	相对高能台地边缘	高能台地边缘
所属台地类型	缓坡型	弱镶边陆架型	弱镶边陆架型	镶边陆架型
主要礁体类型	隐藻凝块石灰泥丘、珊瑚-凝块石灰泥丘、海绵-凝块石灰泥丘	托盘类障积礁、海绵-托盘类障积礁、藻粘结-托盘类障积礁	托盘类障积礁、苔藓虫-海绵障积礁	层孔虫骨架礁、珊瑚骨架礁、管孔藻骨架礁
主要滩体岩性	泥晶粒屑灰岩、含泥粒屑灰岩	泥晶、亮晶粒屑灰岩、泥晶粒屑灰岩	亮晶砂屑灰岩、鲕粒灰岩、亮晶生屑砂屑灰岩	亮晶藻屑灰岩、棘屑灰岩、亮晶砂屑灰岩
台缘斜坡特征	宽度大、坡度小,泥质条带灰岩夹泥岩及角砾灰岩	宽度较大、坡度较小,瘤状泥质灰岩、生屑灰岩	宽度较窄、坡度较大,泥灰岩及角砾灰岩	宽度窄、坡度大,塌积角砾灰岩、碎屑沉积发育
发育地区	塔中 I 号断裂带晚奥陶世良里塔格组沉积早期	巴楚露头区中奥陶世一间房组(大湾沟组)沉积期	轮南中奥陶世一间房组沉积期	塔中 I 号断裂带晚奥陶世良里塔格组沉积晚期
代表性剖面	塔中 24,44,45	达吾孜塔格	轮南 48,46,54	塔中 44,54

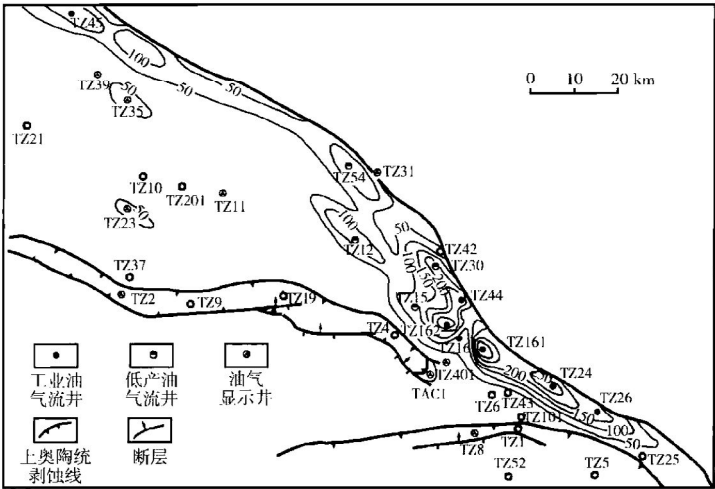


图 6 塔中地区上奥陶统生物礁、滩复合体等厚图

Fig. 6 Isopach map of Upper Ordovician reef-bank complex in Tazhong area, Tarim basin

4 台地边缘类型演化的控制因素

碳酸盐台地边缘类型之间是可以相互转换的,不同类型碳酸盐台地之间的转换有一定的规律性。在海平面上升的背景下,由最初的缓坡型碳酸盐台地可发展成为最终的具镶边的陆架型碳酸盐台地,对应的碳酸盐台地边缘由低能、相对低能、相对高能向高能转换。不同的台地边缘发育不同的礁、滩组合。如台地边缘处碳酸盐产率与海平面上升速度相匹配,则台地边缘不发生横向上的迁移。一个发育成熟的碳酸盐台地边缘处纵向上可由层状碳酸盐建隆、障积礁、滩组合及骨架礁组合构成。塔中 I 号断裂带台地边缘上的部分钻井(如塔中 44)纵向上由台缘丘滩组合发展成为骨架礁、滩组合,岩性也由含泥灰岩段演化为纯灰岩或颗粒灰岩段,反映出碳酸盐台地边缘由良里塔格组沉积早期的相对低能型发展成为晚期的高能型。

台地边缘在海平面上升的背景下,可以发生向台内的迁移,从而不能形成较为成熟、镶边程度较大的碳酸盐台地边缘。碳酸盐台地边缘不发生横向迁移的条件是台地边缘处碳酸盐的产率与相对海平面上升的速度相匹配。无论是同生正断层还是同生逆断层, I 号断裂在奥陶纪时使塔中低凸起部位隆升,加大了同满加尔坳陷之间的地形高差,从而在中晚奥陶世海平面上升时为 I 号断裂带中东部台地边缘的成熟发育及未随海平面上升而向台地内连续迁移提供了可能。而如前所述,由于 I 号断裂东西段构造活动存在差异, I 号断裂带在中晚奥陶世成东南端上翘、西北端倾没的构造格局。在海平面上升的情况下,良里塔格组沉积晚期, I 号断裂带西北段的塔中 45-49 井区由台地边缘向淹没台地或台缓斜坡转换,原台地边缘向台内高部位发生迁移。而只有在塔中 54-44 井区构造隆升、海平面上升、碳酸盐产率三者相匹配的情况下,台地边缘未发生迁移,发育为成熟的具高能礁、滩组合的台地边缘相(图 5)。这种高能台地边缘生物礁、滩复合体是目前塔里木盆地台盆区奥陶系生物礁最有利、最现实的勘探目标,是塔中 I 号断裂带上多个油气藏的储集体。而在奥陶纪晚期,海平面上升速度加剧,台地边缘处沉积增厚速度不能与相对海平面上升速度相匹配,台地边缘向台内迁移,塔中碳酸盐台地发

生萎缩,由混积陆棚向陆源碎屑陆棚转化。

当碳酸盐台地边缘处的碳酸盐沉积增厚速度不能与相对海平面上升速度相匹配时,如台地边缘外无同生断层发育、碳酸盐产率小于海平面上升速度时,成熟的台地边缘体系就不容易发育,从而就会“夭折”于低能或相对低能的台地边缘。巴楚-柯坪地区达吾孜塔格-西克尔一线中奥陶统一间房组沉积期的台地边缘,就是这种未发育成熟的台地边缘。而轮南地区的台地边缘未发育高能的骨架礁、滩组合,也与该台地边缘无类似塔中的同生断层形成相对低能的台地边缘有关。

由以上分析可知,海平面上升、构造升降和碳酸盐产率是控制台地边缘迁移与台地边缘发育程度的主要因素,并进一步控制了台地边缘生物礁、滩的发育。

参 考 文 献

- 徐向华,周庆凡,张玲. 塔里木盆地油气储量及其分布特征[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(3): 300~303
Xu Xianghua, Zhou Qingfan, Zhang Ling. Oil and gas reserves and their distribution in Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(3): 300~303
- Flügel E, Flügel-Kahler. Phanerozoic reef evolution: basic questions and data base[J]. *Facies*, 1992, 26: 167~278
- Greenlee S M, Lhmann P J. Stratigraphic framework of productive carbonate buildups[A]. In: Lorcks R G, Sarg J F, eds. Carbonate sequence stratigraphy: recent developments and applications [C]. AAPG Memoir, 1993, 57: 43~62
- Kiesslin W, Flügel E, Golonka T. Paleoreef maps: evolution of comprehensive database on Phanerozoic reefs[J]. AAPG Bull, 1999, 83(10): 1552~1587
- 范嘉松, 吴亚生. 我国生物礁研究中的问题与发展方向[J]. 石油与天然气地质, 1992, 13(4): 463~464
Fan Jiasong, Wu Yasheng. Problems concerning China's bioherm researches and its developing direction[J]. Oil & Gas Geology, 1992, 13(4): 463~464
- 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): 114~122
He Yuanbi, Wang Zhenyu, Chen Jingshan, et al. Biologic assemblage and facies of Cambrian-Ordovician in Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1995, 16(2): 114~122
- 顾家裕, 方辉, 蒋凌志. 塔里木盆地奥陶系生物礁的发现及其意义[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(4): 1~3
Gu Jiayu, Fang Hui, Jiang Lingzhi. The significance of Ordovician reef discovery in Tarim Basin[J]. Petroleum Exploration & Development, 2001, 28(4): 1~3
- 胡明毅, 朱忠德, 贺萍, 等. 轮南-巴楚地区奥陶系生物礁储层

- 特征[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 179~182
- Hu Mingyi, Zhu Zhongde, He Ping, et al. Ordovician reef in Lunnan-Bachu area and their reservoir characteristics[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(2): 179~182
- 9 何幼斌, 张兴阳, 戴福贵, 等. 塔中 I 号断裂带中奥陶统灰岩储层特征[J]. 江汉石油学院学报, 1999, 21(3): 17~20
- He Youbin, Zhang Xingyang, Dai Fugui, et al. Characteristics of Middle Ordovician limestone reservoirs along Tazhong I Fracture zone[J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 1999, 21(3): 17~20
- 10 张涛, 闫相宾, 王恕一, 等. 塔河油田奥陶系一间房组礁滩相溶蚀孔隙型储层特征与成因[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(4): 462~464
- Zhang Tao, Yan Xiangbin, Wang Shuyi, et al. Characteristics and genesis of reef-bank facies reservoirs with dissolution pores in Ordovician Yijianfang Formation in Tahe Oilfield[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(4): 462~464
- 11 周志毅. 塔里木盆地各纪地层[M]. 北京: 科学出版社, 2001. 125~168
- Zhou Zhiyi. Strata in Tarim Basin[M]. Beijing: Science Press, 2001. 125~168
- 12 杨海军, 李勇, 刘胜, 等. 塔中地区中、上奥陶统划分对比的主要认识[J]. 新疆石油地质, 2000, 21(3): 208~212
- Yang Haijun, Li Yong, Liu Sheng, et al. Classification and correlation of Middle-Upper Ordovician in Tazhong area and its key understanding[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2000, 21(3): 208~212
- 13 刘胜, 杨海军, 李新生, 等. 塔中地区早奥陶世沉积特征及沉积演化分析[J]. 新疆石油地质, 2000, 21(1): 54~57
- Liu Sheng, Yang Haijun, Li Xinsheng, et al. Analysis of sedimentary characteristics and evolution of Early Ordovician in central Tarim area[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2000, 21(1): 54~57
- 14 张振生, 李明杰, 刘社平. 塔中低凸起的形成和演化[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 28~31
- Zhang Zhensheng, Li Mingjie, Liu Sheping. Generation and evolution of Tazhong Low Uplift[J]. Petroleum Exploration & Development, 2002, 29(1): 28~31
- 15 肖传桃, 刘岭山, 罗传容, 等. 塔里木盆地轮南地区奥陶纪生物礁古生态特征[J]. 新疆石油地质, 1995, 16(1): 38~42
- Xiao Chuantao, Liu Lingshan, Luo Chuanrong, et al. Paleocology of organic reef (Ordovician) in the Lunnan area, Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1995, 16(1): 38~42
- 16 吴亚生, 范嘉松. 钙质海绵之古生态[J]. 古生物学报, 2000, 39(4): 544~547
- Wu Yasheng, Fan Jiasong. Paleocology of calcisponges (inxoans, thalamid sponges, sclerosponges)[J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2000, 39(4): 544~547

“中国石化南方下组合油气勘探技术交流会”在重庆召开

5月23日至25日,中国石化股份有限公司在重庆组织召开了“中国石化南方下组合油气勘探技术交流会”。股份公司油田部、科技开发部、南方勘探开发分公司、江苏油田分公司、成都理工大学及西北大学等13个单位共110余人参加了会议,集团公司王志刚高级副总裁、牟书令董事参加会议并作了重要指示,中国科学院院士刘光鼎、孙枢、刘宝珺及原油工业部老部长闫敦实也作了发言。

中国南方下组合分布面积约 $149 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中有利勘探区 $76 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。中石化南方探区与下组合勘探相关的区块矿权登记面积约 $19.1 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。中国南方勘探历程长,但勘探程度相对较低,勘探成效不明显。这次技术交流会继1996年三亚会议之后的又一次历史性会议,目的就是要探索南方海相下组合油气勘探的新思路,早日实现油气资源战略接替。

为期3天的会议,共做了21个精彩的大会报告。全面回顾了南方近半个世纪的油气勘探实践,着力分析了南方海相下组合油气地质条件,提出了“十一五”油气勘探方向和勘探目标。这对于贯彻落实集团公司的油气资源战略具有十分重要的意义。

这次会议进一步深化了对南方海相下组合石油地质的认识,明确了今后勘探的主攻方向,增强了发展南方特别是南方海相下组合勘探的信心,达到了预期的目的。

(孙冬胜)