

文章编号:0253-9985(2012)01-0070-07

塔里木盆地巴楚隆起中、下寒武统高精度层序地层与沉积特征

刘忠宝¹, 杨圣彬¹, 焦存礼¹, 蔡习尧¹, 邢秀娟¹, 王恩辉²

(1. 中国石化 石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 中国石油 辽河油田公司, 辽宁 盘锦 124010)

摘要: 针对塔里木盆地寒武系埋深大、钻井少的问题, 以层序地层学、沉积学理论为指导, 对巴楚隆起中下寒武统膏盐岩、碳酸盐岩、红褐色泥岩互层发育的特殊岩性组合开展了深入研究, 提出该沉积体系中 GR 泥质含量高低不能反映相对海平面升降, 精细沉积相划分是识别基准面旋回升降变化的关键。以此为依据, 将寒武系划分为 3 个超层序, 7 个三级层序, 其中中、下寒武统发育 4 个三级层序, 上寒武统发育 3 个三级层序, 并分析了各层序发育特征, 建立寒武系等时地层对比格架。巴楚隆起中、下寒武统属蒸发台地-局限台地沉积体系, 可识别出 2 种相、5 种亚相、19 种微相, 其中下寒武统以发育局限台地相灰坪、灰云坪、膏云坪、云坪沉积为主, 东西沉积存在差异, 西部以膏云坪沉积为主, 东部主要为云坪沉积, 而中寒武统以发育蒸发台地相潮间坪和盐湖沉积为主, 巴 3 井-巴 1 井一线以西为潮上坪沉积, 以东主要为潮间坪和盐湖沉积。

关键词: 蒸发岩; 沉积相; 层序地层; 寒武系; 塔里木盆地

中图分类号: TE121.3 **文献标识码:** A

High resolution sequence stratigraphy and sedimentary characteristics of the Middle-Lower Cambrian in Bachu Uplift, the Tarim Basin

Liu Zhongbao¹, Yang Shengbin¹, Jiao Cunli¹, Cai Xiyao¹, Xing Xiujuan¹ and Wang Enhui²

(1. SINOPEC Petroleum Exploration and Production Research Institute, Beijing 100083, China;

2. PetroChina Liaohe Oilfield Company, Panjin, Liaoning 124010, China)

Abstract: The Cambrian is of large burial depth and few exploration wells in Tarim Basin, The specific lithologic assemblage consisting of interbedded evaporites, carbonate rocks and bronzing mudstones in the middle-lower Cambrian is analyzed using sequence stratigraphy and sedimentology theories. We suggest that clay contents of GR within the depositional system can not reflect the relative sea level change, and that fine sedimentary facies division is key to base-level cycle identification. The Cambrian is divided into 3 supersequences and 7 third-order sequences, among which 4 third-order sequences occur in the Middle-Lower Cambrian and 3 in the Upper Cambrian. In addition, the features of each third-order sequence are analyzed and an isochronous stratigraphic framework is built for the Cambrian. The sedimentary environments of the Middle-Lower Cambrian in Bachu Uplift are evaporate platform and restricted platform, where 2 sedimentary facies, 5 subfacies and 19 microfacies are identified. The Lower Cambrian is mainly of restricted platform deposits dominated by lime flat, limestone-dolomite flat, gypsum-dolomite flat and dolomite flat deposition. In Bachu Uplift, the gypsum-dolomite flat deposits dominate in the west and dolomite flat deposits in the east. In contrast, the major sedimentary facies of the Middle Cambrian is evaporate platform dominated by intertidal flat and saline lacustrine deposits. Taking the Ba3-Ba1 wells as the line of demarcation, the Middle Cambrian is mainly of supertidal flat deposits to its west, and is

收稿日期: 2011-10-06; 修订日期: 2012-01-15。

第一作者简介: 刘忠宝(1978—), 男, 博士、高级工程师, 层序地层学及储层沉积学。

基金项目: 国家科技重大专项(2011ZX05005), (2011ZX05005-004-01)。

dominated by intertidal flat and salt lake deposits to its east.

Key words: evaporite, sedimentary facies, sequence stratigraphy, Cambrian, Tarim Basin

巴楚隆起位于塔里木盆地西部,北邻柯坪断隆,北东接阿瓦提坳陷,东南与塘古巴斯坳陷相连,西南与喀什凹陷、莎车凸起、叶城凹陷为邻,是塔里木盆地重要的油气资源战略接替区之一。长期以来,寒武系深层盐下勘探领域倍受关注。巴楚隆起油气勘探从20世纪50年代至今,已投入了大量的地震、钻探等工作量,相继钻探了一批针对寒武系的探井,如方1、同1井发现了深层寒武系白云岩储层,和4井及沙雅隆起的星火1井、沙84井都发育寒武系烃源岩,尤其是塔深1井寒武系在埋深7 500 m以下的油迹显示,大大超过了目前一般认识的“液态窗下限”深度^[1]。前人研究普遍认为巴楚隆起中、下寒武统碳酸盐岩与膏盐岩互层的特殊层系,具备发育良好储盖组合的条件^[2-7]。但由于其埋深大、地震资料品质较差、钻遇寒武系井少等条件的限制,研究程度相对较低,寒武系盐下领域的油气勘探并未取得实质性进展。冯增昭(2006)^[8]、高志前(2006)^[9]等均对整个塔里木盆地寒武系沉积相做过研究,但针对巴楚隆起寒武系沉积相精细刻画尚少。于炳松(1996, 2001)^[10-11]、蔡习尧(2009)^[12]、肖朝晖(2011)等^[13-14]曾对塔里木盆地寒武系层序划分及对比开展过研究,但目前层序划分方案尚不统一。为此,本文以层序地层学、沉积学理论为指导,注重中下寒武统以膏盐岩、碳酸盐岩、红褐色泥岩互层发育岩性组合的特殊性,提出该沉积体系中自然伽马曲线泥质含量高低不能反映相对海平面升降,精细的沉积相划分是识别基准面旋回升降变化的关键。对研究区内目前钻遇寒武系的所有钻井开展了精细层序划分与沉积相类型分析,建立了等时地层对比格架,并结合地震均方根振幅属性分析刻画了沉积相平面展布特征及演化规律,对今后开展寒武系烃源岩与储集体预测具有重要指导意义。

1 层序地层格架

1.1 地层

巴楚隆起寒武系厚度发育稳定,分布范围广。

岩石地层序列自下而上依次为下寒武统玉尔吐斯组(硅质碎屑岩段,局部露头区为白云岩)、肖尔布拉克组(盐下白云岩段)、吾松格尔组(下膏盐岩段);中统沙依里克组(盐间灰岩、灰云岩段)、阿瓦塔格组(下部为上膏盐岩段,上部为含膏云岩段);上统丘里塔格下亚群,主要为一套巨厚纯白云岩段。

1.2 钻井层序识别的特殊性

通常在海相碳酸盐岩局限台地-开阔台地相区,岩性组合多以白云岩、灰云岩、云灰岩、灰岩及含灰色泥质灰岩、云岩为主。在此相带控制的岩性组合中主要是依据一些暴露特征(如局部白云石化作用、小型喀斯特作用等)、垂向剖面上岩相类型或相组合转换(如水体向上变浅的相序或相组合向水体逐渐变深的相序或相组合的转换处)、电测曲线组合型式的转换或者突变特征(如进积叠加型式向退积或加积叠加型式的转换等)来作为层序界面识别标志。而研究区中、下寒武统主要发育一套萨布哈环境蒸发-局限台地相膏(盐)岩、碳酸盐岩、红褐色泥岩互层发育特殊岩性组合。自然伽马曲线(GR)泥质含量高低不能反映海平面升降(水体能量),精细的沉积相划分是识别基准面旋回升降变化的关键。具体来说就是:根据不同沉积相沉积时水体能量的差异,来划分层序界面和最大海泛面,即在相对浅水沉积相带内或者不同相带转换处依据岩相组合变化确定层序界面,在相对深水沉积相带发育段内依据岩电组合特征确定最大海泛面[高GR(自然伽马),低Rt(电阻率)或者相对暗色细粒岩性]。

1.3 层序划分结果及其内部特征

盆地覆盖区地震剖面层位解释结果表明,在寒武系-下奥陶统的地震层序界面中,能够较好进行全盆地追踪对比的仅有3个界面,即寒武系底界面(T_0^0)、中、下寒武统顶界面(T_3^1)和中下奥陶统顶界面(T_7^4)。因此本次层序划分与对比工作更多的侧重于应用钻(测)井资料开展。根据寒武系现有实际资料及地层发育特点,本次研究除选择巴

楚隆起方1、和田1、和4、同1(图1)等井外,还选取了塔中隆起中4井、塔参1井及塔东地区的塔东1、塔东2、米兰1、英东2等6口井,开展高精度层序划分与对比,建立全盆地不同相区层序对比方案。根据上述层序识别方法,将寒武系划分为3个超层序,7个三级层序,其中中、下寒武统发育2个超层序4个三级层序,上寒武统发育3个三级层序,这些超层序及三级层序在盆地范围内具有较好可对比性。

1) 超层序 SSq1

该超层序在巴楚隆起大致对应于下寒武统中、下部,主要发育于局限台地环境中,局部为蒸发台地环境。主要由深灰色、黑灰色泥质云岩、灰白色白云岩及膏质云岩组成,包含了2个三级层序;在塔中隆起区大致对应于下寒武统,主要由深灰色粉晶云岩、泥粉晶云岩与褐色含膏云岩、膏质云岩组成,局部夹薄层灰色云质膏岩。根据高频旋回的纵向叠置特点,认为最大海泛期发育于早寒武世早期,层序发育以下降半旋回为主,反映了快速海进,缓慢海退的沉积过程。

2) 超层序 SSq2

在巴楚隆起大致对应于中寒武统及下寒武统顶部,主要发育于蒸发台地环境,以褐灰色白云岩、泥质白云岩、膏质泥岩为主,夹有灰色云质膏岩,包含着2个三级层序;在塔中隆起区该层序大致对应于中寒武统,也主要发育于蒸发台地环境。岩性为中层状深灰色亮晶砂屑云岩与褐灰色云质膏岩、膏质云岩交替互层。该层序最大海泛期发育于中寒武世早期,位于沙依里克组盐间灰(云)岩内部,该时期也是早、中寒武世沉积时期塔里木盆地中央隆起区最大海泛期。在巴楚隆起 SSq2 层序,上升半旋回与下降半旋回近对称发育,而在塔中隆起区以下降半旋回为主,反映了在塔中隆起区 SSq1 层序顶面在沉积期可能存在沉积间断。

1.4 层序地层格架

通过钻井层序划分与对比,塔里木盆地巴楚隆起寒武系层序时空分布具有以下特点:①纵向上均发育3个超层序7个三级层序,且各超层序、三级层序横向上对比性强,厚度相差较小;②整体以碳酸盐岩台地沉积为主,其中中、下寒武统 SSq1 和 SSq2 以蒸发台地、局限台地沉积为主,而上寒武统 SSq3 以局限台地相白云岩沉积为主,与塔中

隆起较为相似,沉积厚度明显大于东部盆地相区;③中统沙依里克组主要为一套盐间灰岩(灰云岩)段,为局限台地-开阔台地相沉积,在隆起区分布稳定,厚度为35~50 m,其沉积期为早、中寒武世最大的一次海泛期,是中、下寒武统层序划分与对比的重要标志层。

2 沉积相展布及演化特征

巴楚隆起中、下寒武统以发育石膏岩、盐岩为其最重要的沉积特征。研究表明,海水蒸发时,可溶盐是按溶解度由小至大的顺序依次沉淀形成蒸发矿物的。海水在浓缩过程中,溶解度最小的碳酸盐(主要是方解石)首先沉淀,海水继续蒸发浓缩,浓度达到15%~17%时,石膏类矿物开始析出,海水浓度为26%时,石盐开始结晶。对于海水浓缩成盐的机理存在着若干假说:砂坝说、多级海盆说、返流假说、深盆地说及干缩深盆地说等^[15]。经过大量的文献调研,并结合塔里木盆地早、中寒武世沉积背景及巴楚隆起中、下寒武统蒸发岩与碳酸盐岩共生的岩性组合特点,综合分析认为:这套沉积物特征与现代盐沼地或萨布哈沉积物很相似,较符合潮上盐沼地或“萨布哈”假说,应属蒸发台地-局限台地相沉积体系。

2.1 沉积相划分及类型

通过精细的单井沉积相分析,巴楚隆起中、下寒武统共识别出2种相、5种亚相、19种微相(表1)。

1) 蒸发台地相

岩性以厚层状盐岩、膏盐岩、石膏岩和含膏或膏质白云岩夹薄层红色泥岩、膏泥岩沉积为主,其形成主要是由于海水极浅或长期出露地表,海水蒸发量大,含盐度高,水循环差,形成了这套膏盐岩及红色泥岩层。在炎热干燥气候条件下,该带常形成鸟眼构造、多边形干裂、蒸发矿物如石膏、硬石膏、盐岩、石盐假晶以及风暴粉屑纹层和潮上准同生白云石等,缺乏完整生物化石和生物扰动构造,只是偶尔见到稀少的潜穴^[16]。在巴楚隆起蒸发台地相主要形成于中寒武世,其次是早寒武世中晚期。在康2井、和4井井区也发育一些蒸发台地相沉积。从单井划分结果来看,巴楚隆起中寒武统蒸发台地相沉积主要以潮间坪和盐湖沉积为主,潮上坪发育较少。其中潮间坪亚相又

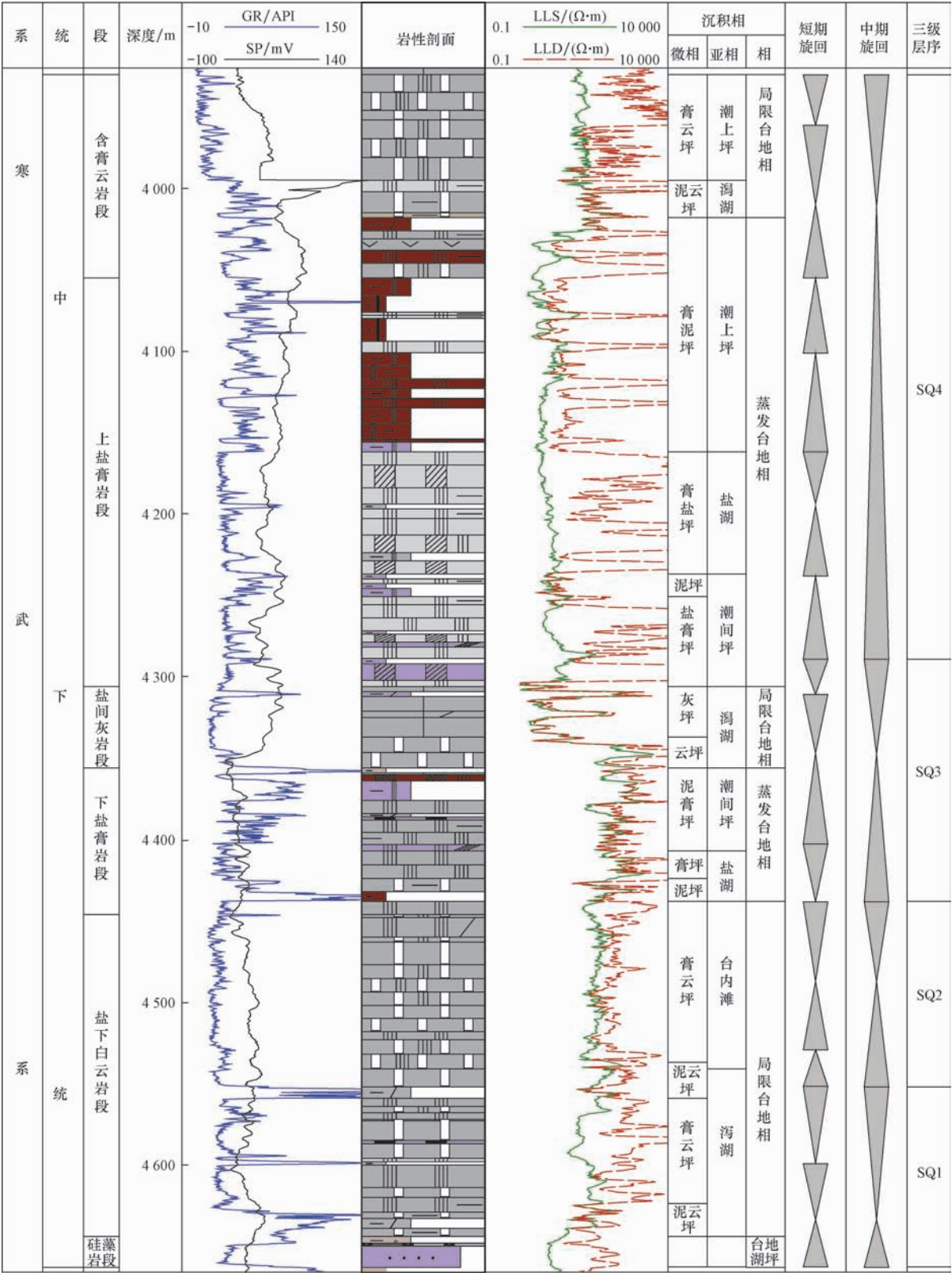


图1 塔里木盆地巴楚隆起同1井中、下寒武统层序地层与沉积相分析柱状图

Fig.1 Histogram showing sequence stratigraphy and sedimentary facies of the Middle-Lower Cambrian inTong-1 well in Bachu Uplift,Tarim Basin

表 1 塔里木盆地巴楚隆起中、下寒武统沉积相划分

Table 1 Sedimentary facies of the Middle-Lower Cambrian in Bachu Uplift, Tarim Basin

相	亚 相	微 相
蒸发台地	潮上坪	盐坪,盐膏坪,膏泥坪,云坪
	潮间坪	盐坪,膏盐坪,膏云坪,云坪,灰云坪,泥云坪
	盐湖	盐坪,膏盐坪
局限台地	潟湖	灰坪,云灰坪,灰云坪,泥云坪,云坪
	台内滩	膏云坪,云坪

可以进一步划分为盐坪、膏盐坪、膏云坪、云坪、灰云坪、泥云坪等 6 种微相,而盐湖则主要以盐坪和膏盐坪微相沉积为主。

2) 局限台地相

局限台地沉积界面位于平均海平面与平均低潮面之间。受地势和沉积物的局部阻隔,海水循环受到一定的限制,与外海交换不畅通,水体能量弱。典型沉积特征主要有叠层石、鸟眼及窗格孔构造、砾屑和球粒等^[16]。巴楚隆起中、下寒武统局限台地相主要发育在盐间灰(云)盐段、盐下白云岩段,在个别井区的下膏盐段和含膏云岩段中也有发育。其沉积物主要为白云岩、灰质云岩、云质灰岩、泥晶灰岩及膏质云岩。从单井相分析结果来看,在巴楚隆起局限台地相的发育主要以灰坪、灰云坪、膏云坪、云坪 4 种微相沉积为主。

2.2 沉积相展布及演化

将单井相分析、相类型划分与地震均方根振幅属性分析相结合(图 2),对巴楚隆起中、下寒武统沉积相的平面分布规律进行了综合分析。

巴楚隆起下寒武统主要以局限台地相沉积为主,东西沉积存在差异。西部以膏质云坪沉积为主,在群 5 井-群 4 井-曲 1 井一线附近发育云坪

沉积;东部主要为云坪沉积,方 1 井区为相对深水灰质云坪沉积。早寒武世,在和 4 井及康 2 井区局部层段存在褐色盐岩沉积,表明其曾经处于水体较浅或暴露地表的沉积环境中,发育盐质云坪沉积,主要分布于和 4-巴东 4 井一线附近地区、和田河西区块西部包括和田 1 井在内的部分地区及康 2 井区附近的部分地区。此外,沿小海子区块与夏河区块的交界一线地区还发育一些膏质云坪沉积(图 3)。

中寒武统主要以蒸发台地相沉积为主,主要包括潮上坪、潮间坪和盐湖 3 种沉积类型。巴 3 井-巴 5 井-巴 1 井一线以西为潮上坪沉积,以东主要为潮间坪沉积,在夏河区块和小海子区块的西部地区及和 4 井、和田 1 井、巴东 4 井所构成的三角区及附近地区为两个盐湖沉积(图 4)。

从沉积演化特征来看,震旦纪末的柯坪运动(加里东早期构造运动)使塔里木盆地整体抬升,并遭受剥蚀,至寒武纪早期,与全球海平面上升、缺氧事件相对应,区内发生海侵,塔里木盆地形成“东盆西台”的古地理格局^[16]。巴楚隆起同样是一个起始于震旦纪的继承性古隆起,早古生代寒武-奥陶系总体上表现为从深-浅-深的沉积环境演化过程。早寒武世经历了短暂的深水盆地环

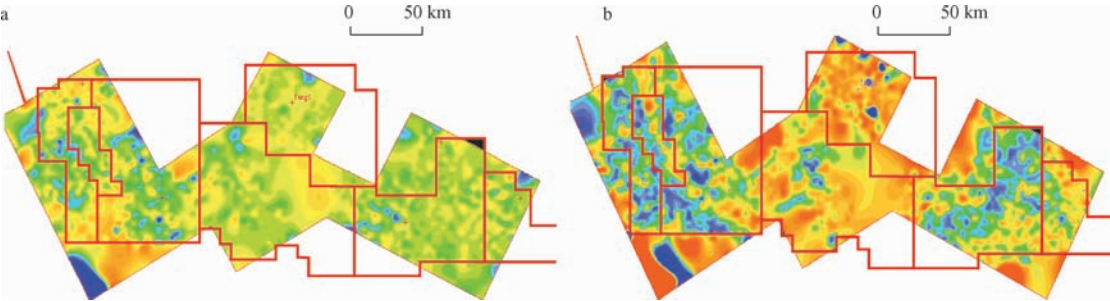


图 2 塔里木盆地巴楚隆起中、下寒武统均方根振幅属性分布

Fig. 2 RMS amplitude distribution of the Middle-Lower Cambrian in Bachu Uplift, Tarim Basin

a. 下寒武统;b. 中寒武统

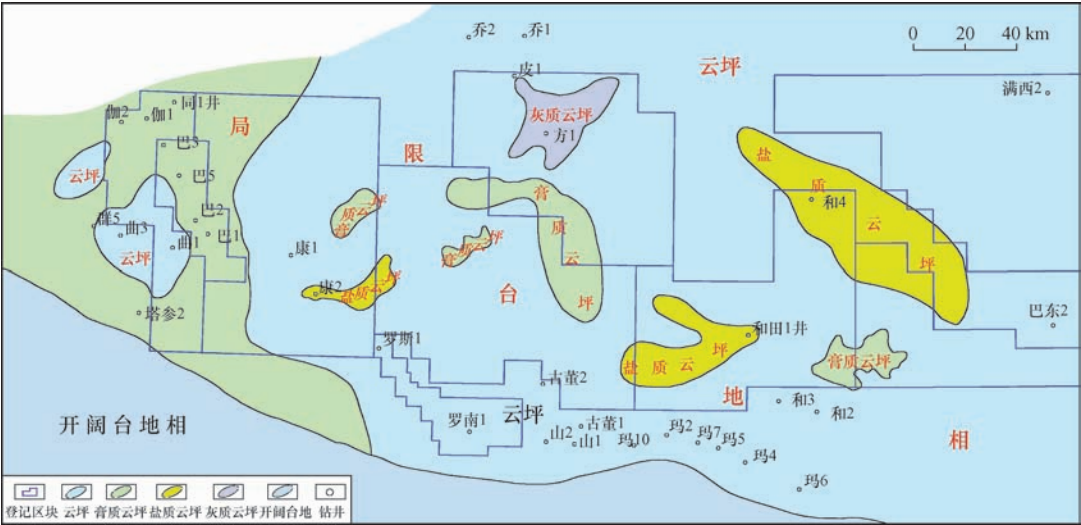


图3 塔里木盆地巴楚隆起下寒武统沉积相

Fig.3 Plane distribution of sedimentary facies of the Lower Cambrian in Bachu Uplift,Tarim Basin

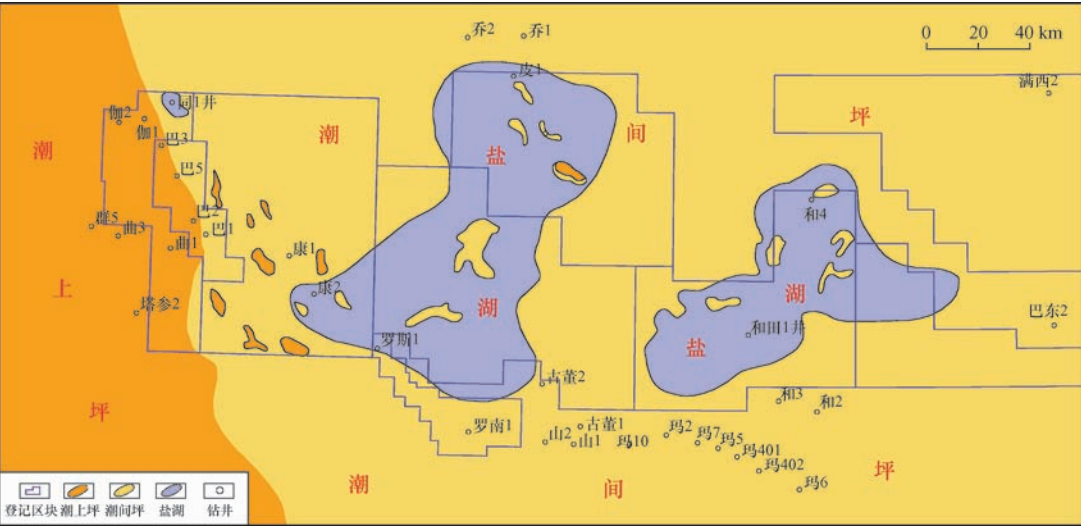


图4 塔里木盆地巴楚隆起中寒武统沉积相

Fig.4 Plane distribution of sedimentary facies of the Middle Cambrian in Bachu Uplift,Tarim Basin

境(和4井下寒武统底部厚25 m的硅藻岩,方1井下寒武统见到胶磷矿)后,很快演变成以云坪为主的局限台地环境。中寒武世,海平面开始下降,气候炎热干燥,步入海水更浅、更为局限的沉积环境,海水蒸发量大,咸化程度高,形成了以膏盐坪和膏云坪为主的蒸发盐台地环境。到晚寒武世,海平面恢复上升之势,气候变得潮湿,重新恢复到浅海台地沉积环境。

3 结论

1) 将寒武系划分为3个超层序,7个三级层

序。其中中、下寒武统发育4个三级层序,上寒武统发育3个三级层序。针对中下寒武统膏盐岩、碳酸盐岩及褐色泥岩互层的特殊岩性组合,提出了应主要通过岩性剖面的精细沉积微相划分来分析沉积基准面旋回变化,进行层序界面及最大海泛面的识别,并详细分析了各层序的发育特征,建立寒武系等时地层对比格架。

2) 巴楚隆起中、下寒武统共识别出2种相、5种亚相、19种微相。中寒武统蒸发台地相沉积主要以潮间坪和盐湖沉积为主,潮上坪发育较少。而下寒武统局限台地相主要以灰坪、灰云坪、膏云坪、云坪4种沉积微相为主。

参 考 文 献

- [1] 云露,翟晓先. 塔里木盆地塔深1井寒武系储层与成藏特征探讨[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(6): 726-732.
Yun Lu, Zhai Xiaoxian. Discussion on characteristics of the Cambrian reservoirs and hydrocarbon accumulation in well Tashen-1, Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(6): 726-732.
- [2] 何治亮,魏修成,钱一雄,等. 海相碳酸盐岩优质储层形成机理与分布预测[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(4): 489-498.
He Zhiliang, Wei Xiucheng, Qian Yixiong, et al. Forming mechanism and distribution prediction of quality marine carbonate reservoirs[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(4): 489-498.
- [3] 郑和荣,吴茂炳,郭兴威,等. 塔里木盆地地下古生界白云岩储层油气勘探前景[J]. 石油学报, 2007, 28(2): 1-8.
Zheng Herong, Wu Maobing, Wu Xingwei, et al. Oil-gas exploration prospect of dolomite reservoir in the lower Paleozoic of Tarim basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28(2): 1-8.
- [4] 陈新军,蔡希源,徐旭辉,等. 塔中地区寒武—奥陶系层序地层格架与沉积演化特征[J]. 新疆地质, 2006, 24(3): 276-280.
Chen Xinjun, Cai Xiyuan, Xu Xuhui, et al. The research on sedimentation features in Cambrian-Ordovician sequence frame in the center of Tarim[J]. Xinjiang Geology, 2006, 24(3): 276-280.
- [5] 朱德丰,刘和甫,萧德铭,等. 塔里木盆地西部地区主要石油地质特征及油气远景[J]. 地质科学, 2008, 43(3): 473-487.
Zhu Defeng, Liu Hefu, Xiao Deming, et al. Main petroleum geological characteristics and oil-gas potentials in the western Tairim basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(3): 473-487.
- [6] 肖中尧,崔会英,谢增业,等. 塔里木盆地台盆区天然气地球化学特征[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(6): 784-788.
Xiao Zhongyao, Cui Huiying, Xie Zengye, et al. Gas geochemical characteristics of platform-basin region in Tarim basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2007, 18(6): 784-788.
- [7] 周新源,王清华,杨文静,等. 塔里木盆地天然气资源及勘探方向[J]. 天气地球科学, 2005, 16(1): 8-11.
Zhou Xinyuan, Wang Qinghua, Yang Wenjing, et al. The resource and exploration of natural gas in Tarim basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2005, 16(1): 8-11.
- [8] 冯增昭,鲍志东,吴茂炳,等. 塔里木地区寒武纪岩相古地理[J]. 古地理学报, 2006, 8(4): 427-439.
Feng Zengzhao, Bao Zhidong, Wu Maobing, et al. Lithofacies palaeogeography of the Cambrian in Tarim area[J]. Journal of Palaeogeography, 2006, 8(4): 427-439.
- [9] 高志前,樊太亮,焦志峰,等. 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[J]. 沉积学报, 2006, 24(1): 19-27.
Gao Zhiqian, Fan Taiyang, Jiao Zhifeng, et al. The structural types and depositional characteristics of carbonate platform in the Cambrian-Ordovician of Tarim basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(1): 19-27.
- [10] 于炳松. 塔里木盆地北部寒武—奥陶纪层序地层格架[J]. 矿物学报, 1996, 16(3): 298-303.
Yu Bingsong. Sequence stratigraphy framework of the Cambrian-Ordovician in northern Tarim basin[J]. Acta Mineralogica Sinica, 1996, 16(3): 298-303.
- [11] 于炳松,陈建强,林畅松. 塔里木地台北部寒武纪—奥陶纪层序地层及其与扬子地台和华北地台的对比[J]. 中国科学: D辑, 2001, 31(1): 17-26.
Yu Bingsong, Chen Jianqiang, Lin Changsong. The sequence stratigraphy of Cambrian-Ordovician in Tarim basin and its relationship with the Yangtze platform and North China platform comparison[J]. Science in China: Series D, 2001, 31(1): 17-26.
- [12] 蔡习尧,毛树华,钱一雄,等. 塔里木盆地巴楚隆起寒武系划分与对比[J]. 新疆石油地质, 2009, 30(1): 38-42.
Cai Xiyao, Mao Shuhua, Qian Yixiong, et al. Stratigraphic classification and correlation of Cambrian in Bachu uplift Tarim basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30(1): 38-42.
- [13] 肖朝晖,王招明,姜仁旗,等. 塔里木盆地寒武系碳酸盐岩层序地层特征[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(1): 1-10.
Xiao Zhaohui, Wang Zhaoming, Jiang Renqi, et al. Sequence stratigraphic features of the Cambrian carbonate rocks in the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(1): 1-10.
- [14] 潘文庆,王招明,孙崇浩,等. 塔里木盆地地下古生界碳酸盐岩层序界面类型划分及其意义[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(4): 531-541.
Pan Wenqing, Wang Zhaoming, Sun Chonghao, et al. Classifications of sequence boundaries in the Lower Paleozoic carbonates in Tarim Basin and their significances[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(4): 531-541.
- [15] 姜在兴. 沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003: 236-240.
Jiang Zaixing. Sedimentology[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2003: 236-240.
- [16] 何宏,彭苏萍,邵龙义. 巴楚隆起与阿瓦提凹陷寒武系及奥陶系沉积古地理分析[J]. 煤田地质与勘探, 2002, 30(6): 1-4.
He Hong, Peng Suping, Shao Longyi. Sedimentology and palaeogeography of the Cambrian-Ordovician in Bachu uplift and Awati depression, the Tarim Basin[J]. Coal Geology & Exploration, 2002, 30(6): 1-4.

(编辑 张亚雄)