

引用格式:王天宇,焦存礼,杨锋杰,等. 顺南地区中奥陶统一间房组沉积微相特征与展布规律研究[J]. 山东科技大学学报(自然科学版),2018, 37(4):12-21.

WANG Tianyu, JIAO Cunli, YANG Fengjie, et al. Research on sedimentary microfacies feature and distribution law of Middle Ordovician Yijianfang formation in Shunnan area[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology(Natural Science),2018, 37(4):12-21.

顺南地区中奥陶统一间房组沉积微相特征 与展布规律研究

王天宇^{1,3}, 焦存礼², 杨锋杰³, 高晓鹏²

(1. 中国石化胜利油田分公司纯梁采油厂, 山东 博兴 256504;

2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院, 北京 100083;

3. 山东科技大学地球科学与工程学院, 山东 青岛 266590)

摘要: 顺南地区位于塔中隆起北部围斜区, 其中奥陶统一间房组的存在已被证实, 但一直以来并未对其沉积特征、沉积微相类型、组合及展布规律进行研究。通过对顺南地区6口已钻井的测井、录井资料分析以及岩性观察, 详细阐述了顺南地区一间房组的沉积特征, 将其层序格架划分至4个四级层序并在研究区内建立了一间房组高精度层序格架。最后, 根据镜下薄片及岩心观察, 将顺南地区一间房组沉积微相分为7种类型, 3种微相组合。3种微相组合横向上分布局限, 反映东部地区水体能量较西部略高; 纵向上呈叠置发育, 高位域以能量较低的滩间海为主, 表现为对地貌的填平补齐, 海侵域呈能量略高的滩-丘组合, 为典型的海侵漫长特征。

关键词: 顺南地区; 一间房组; 高精度层序; 沉积微相; 微相组合; 展布规律

中图分类号: TE122.2

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2018)04-0012-10

DOI: 10.16452/j.cnki.sdkjzk.2018.04.002

Research on Sedimentary Microfacies Features and Distribution Law of Middle Ordovician Yijianfang Formation in Shunnan Area

WANG Tianyu^{1,3}, JIAO Cunli², YANG Fengjie³, GAO Xiaopeng²

(1. Oil Production Plant of Chunliang, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Boxing, Shandong 256504, China;

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

3. College of Earth Science and Engineering, ShanDong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China)

Abstract: Although the existence of Middle Ordovician Yijianfang formation strata has been confirmed in Shunnan area, the north periclinal area of Tazhong uplift, the study on its sedimentary characteristics, sedimentary microfacies types, assemblages and distribution law has not been conducted. According to the analysis of logging data, mud logging data, and observation of lithology of 6 drilled wells in Shunnan area, this paper first elaborated the sedimentary characteristics of Yijianfang formation of Shunnan area and then divided the Yijianfang formation strata with high accuracy sequence into 4 forth-order sequences. Finally, it divided the sedimentary microfacies into seven types

收稿日期: 2017-02-15

基金项目: 国家重点研发计划项目(2016YFC0601001); 国家自然科学基金项目(41340026)

作者简介: 王天宇(1990—), 男, 山东泰安人, 硕士研究生, 主要从事碳酸盐岩沉积与储层研究。

杨锋杰(1957—), 男, 山东济南人, 教授, 博士生导师, 主要从事遥感地质、前寒武纪地质研究, 本文通信作者。

E-mail: yangfj@yahoo.com

with three microfacies assemblages based on the observations and analysis of thin sections and core. Horizontally, the distribution of the three microfacies assemblages is limited, reflecting the higher water body energy in the east than that in the west. Vertically, the development of the three microfacies assemblages is superposed, with mainly low energy interbank sea in the highstand system tract(HST), filling and leveling up the landform, and high energy interplatform beach-mound combination in the transgressive system tract(TST), being typical of the transgressive feature.

Key words: Shunnan area; Yijianfang formation; high resolution sequence; sedimentary microfacies; microfacies assemblages; distribution law

碳酸盐岩地层具有巨大的油气资源储量,全球约 60%的油气产量来自碳酸盐岩地层中^[1-3]。塔里木盆地地下古生界发育巨厚层海相碳酸盐岩地层。近几年,中国石化西北石油分公司在塔中地区北部斜坡发现油气田,多口井中均见到良好油气显示,SN1、SN7 井先后在中奥陶统一间房组获得油气突破,SN1 井日产油 4.83 m³,日产气 3.8 m³;SN7 井一间房组日产气达 20.17 m³,说明顺南地区一间房组存在有利圈闭,拥有巨大的勘探开发潜能。

为对下一步油气勘探提供理论指导和技术支撑,通过对塔里木盆地顺南地区区域地质背景研究,结合钻、测井资料、岩心、镜下薄片观察等,对顺南地区中奥陶统一间房组层序特征、沉积相特征进行分析,探讨沉积微相在高频层序格架内的演变规律。

1 区域地质概况

顺南地区位于塔里木盆地中部塔中隆起北部围斜区顺托果勒南区块(图 1),构造上处于塔中 I 号断裂北侧下盘斜坡部位,东临满加尔坳陷,是油气运移的有利指向区,属于顺托果勒低隆和古城墟隆起的过渡区。

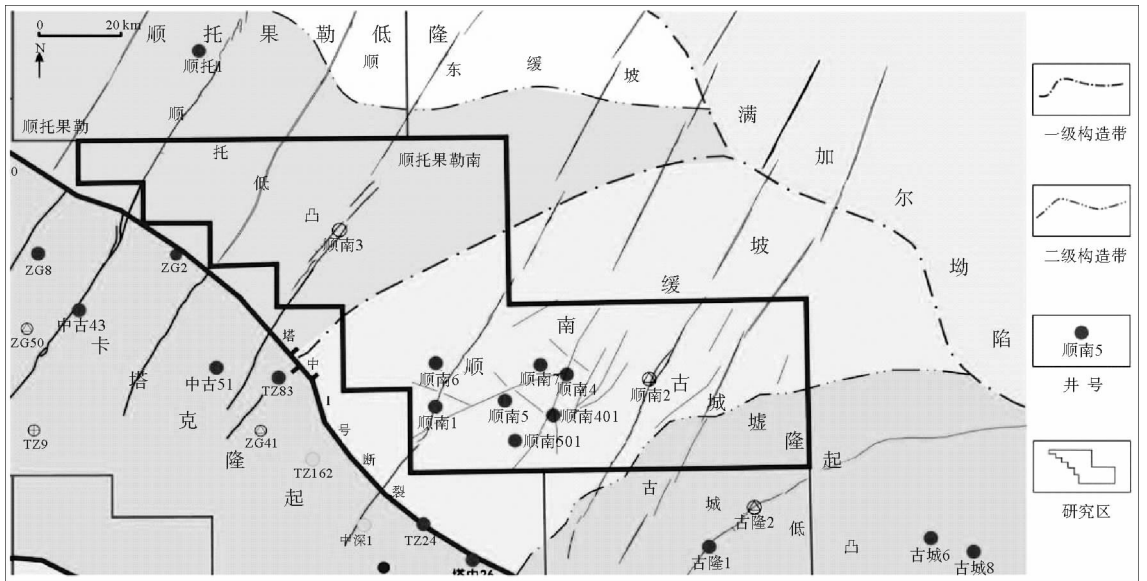


图 1 塔里木盆地顺南地区构造位置及断裂分布图

Fig. 1 Tectonic location and fracture distribution of Shunnan aea, Tarim basin

在长期的构造演化过程中,顺南地区经历了加里东运动、海西运动、印支运动、燕山运动和喜马拉雅运动。该地区发生多幕次抬升、暴露、剥蚀,形成了东南高、西北低的格局,主要发育 NE、NEE、NW 三组走滑断裂^[4]。除缺失侏罗纪地层外,其余地层均有发育。奥陶系自下而上分别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、上奥陶统哈尔巴克组、良里塔格组和桑塔木组。

自董宝清等^[5]在 TZ88 井中发现斜坡相牙形石,并结合地震、测井资料首次在塔中低凸起发现一间房组的存在之后,张正红等^[6]在塔中北坡油气勘探中也发现中奥陶晚期牙形石,确认一间房组的存在及其在塔中地区的分布。

在加里东运动中期 I 幕构造隆升和全球海平面上升期间,顺南地区位于塔中 I 号断裂带下盘的构造斜坡区,使其暴露时间短,剥蚀程度弱,一间房组与恰尔巴克组之间连续过渡,并未造成沉积间断。由于全球海平面在中奥陶统的迅速上升,使得顺南地区水体变深,碳酸盐岩生长速率明显降低,其构造格局由下奥陶世的海缘镶边结构逐渐演变为深水碳酸盐岩缓坡^[7-8]。

2 沉积特征

顺南地区一间房组横向上分布稳定,埋深 6 300~7 500 m,地层厚度 200 m,研究区中部地层最厚,向东西两端减薄。地层埋深自东南向西北逐渐增加,以 SN3 井达到最深,约 7 300~7 500 m。

2.1 岩性特征

顺南地区已钻井在一间房组均有取心,不同井取心位置略有不同。据测井曲线、碳同位素地层学与生物群落特征对比,认为该地区一间房组地层可分为上下两段。通过对各井岩心和镜下薄片观察,发现顺南地区大多数井一间房组上段岩性主要以泥晶灰岩为主,其次为砂屑灰岩和生屑灰岩,可见介形虫、海绵骨针、腕足和藻类等生物碎屑,藻类以蓝绿藻为主。SN5 井见大量自形、半自形石英颗粒,晶粒大小 0.04~0.18 mm; SN2 井靠近顺南地区东部边缘,其岩性主要为亮晶砂屑灰岩,亦见介形虫、棘屑等生屑,局部晶间和颗粒分布沥青质,说明沉积时水体能量较高。一间房组下段岩性多以砂屑灰岩为主,其次为泥晶灰岩和藻粘结灰岩,其裂缝、缝合线和晶间孔较发育,大部分被方解石或黑色沥青质所填充。

2.2 层序划分

高志前等^[9]根据地震反射特征及相序变化,将塔里木盆地寒武—奥陶系划分为 8 个超层序(SSq1—SSq8),其中奥陶系包含 5 个(SSq4—SSq8),分别对应下奥陶统下部地层、下奥陶统上部地层、中奥陶统下部地层、中奥陶统上部—上奥陶统下部地层、上奥陶统上部地层。

碳酸盐岩以盆内沉积为主,因此颗粒大小和圆度不像碎屑岩一样能反映水动力作用的过程和强弱。在成岩作用时,一方面碳酸盐岩改造强烈,减弱了原生沉积的旋回性;另一方面,碳酸盐岩沉积、成岩作用对沉积环境变化非常敏感,较小级别的海平面变化也会使得非渐变沉积模式变得具有一定旋回性^[10]。因此,对碳酸盐岩地层层序划分的主要依据是测井参数中自然伽马(GR)值的变化。

自然伽马测井主要是测定岩石中放射性元素含量的变化。碳酸盐岩沉积时泥质含量较高或含有火成岩或硅质成分时,GR 值较高;而在稳定的清水沉积环境中,GR 值则较低。根据碳酸盐中 GR 的高低,可反映沉积环境的变化,并可进行层序划分。

根据地震、测井及露头剖面等资料,可在一间房组识别出一个独立的三级层序 SQ4^[11]。SQ4 上界面 SB5 之上表现为自然伽马值明显升高,电阻率降低,且岩性主要为泥质灰岩或灰质泥岩。SQ4 中部稳定泥晶灰岩段为一套海泛界面 MSF4,代表了一次快速海侵过程。SQ4 下边界 SB4 之上自然伽马为低值中幅齿状,而边界之下呈中值高幅齿状(图 2)。

一间房组 SQ4 整体上构成一个完整的海侵小旋回。SQ4 高位域(HST)的 GR 值较高,约为 20 API, Th、K 值较下段略高,说明高水位期沉积的泥质含量变高;海侵域(TST)的 GR 值较低,约为 10 API,主要为较纯碳酸盐岩沉积。利用高精度层序地层学预测方法^[12-13],将露头、岩心与测井资料相结合,可在一间房组识别出 4 个四级层序,并由此建立顺南地区一间房组的层序地层格架(图 3)。

由图 3 可以看出,各井测井曲线均表现出相似的频率特征,均可识别出与四级层序相对应且每个三级层序或体系域内数量相当的地层层序。说明各井该级次层序的形成可能都受相同或相似地质过程或地质事件控制。因此,通过该方法可以进行各井间的高频层序识别与对比,具有较高的可操作性和可靠性。

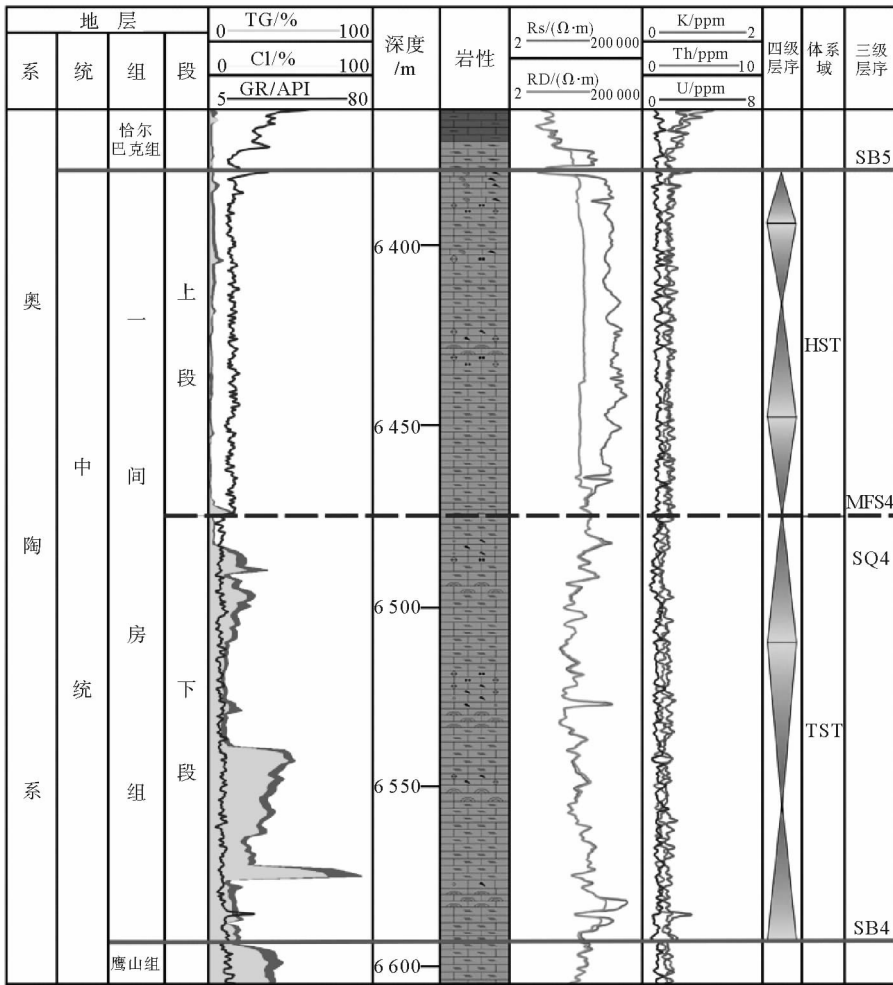


图 2 SN7 井一间房组层序划分图

Fig. 2 Division of stratigraphic sequence in Yijianfang formation in well SN7

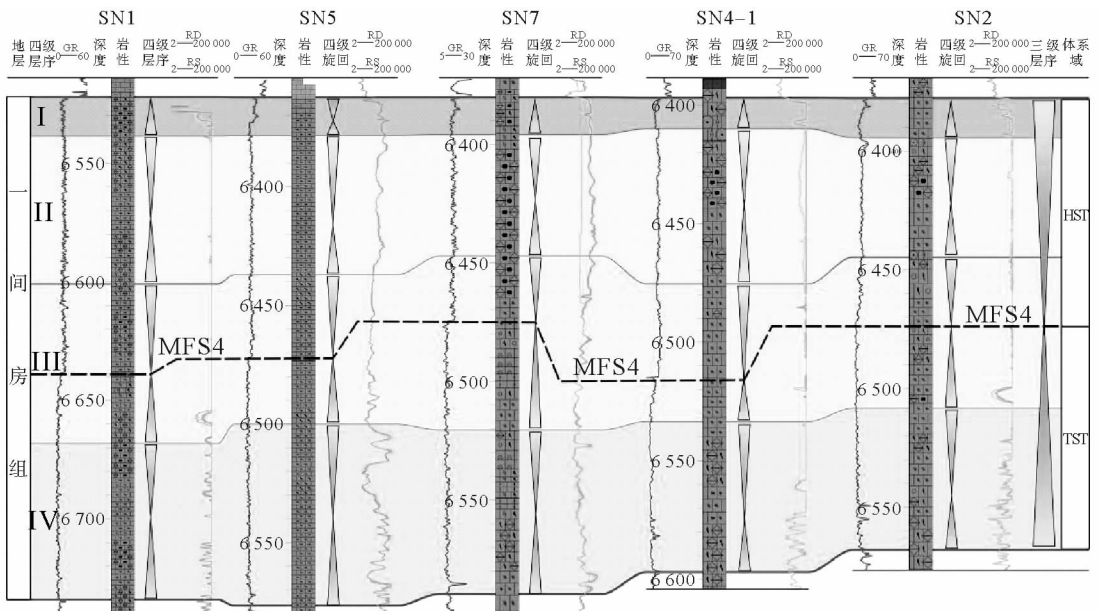


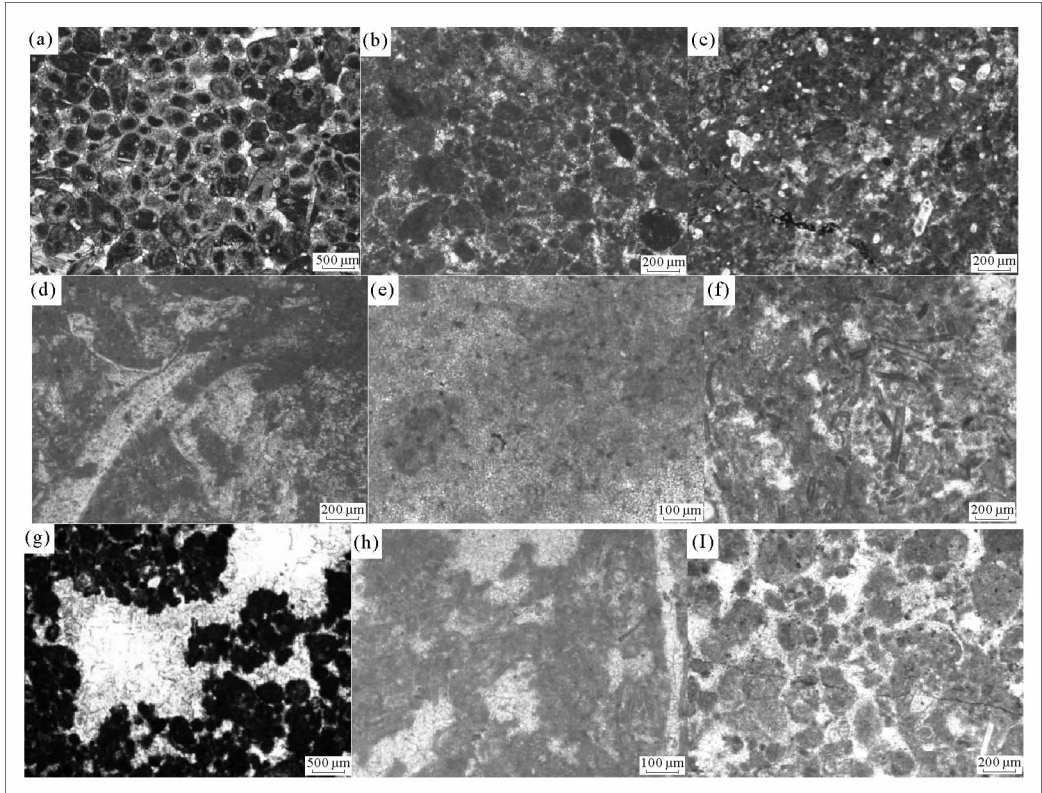
图 3 一间房组高精度层序地层格架

Fig. 3 The division of the high-resolution sequence stratigraphy in Yijianfang formation

3 沉积微相特征及微相组合

3.1 岩性微相分析

通过对碳酸盐岩薄片镜下鉴定和沉积微相分析,描述岩石沉积特征和古生物学特征,进而建立微相组合,解释古环境和沉积背景具有重要意义^[14]。基于顺南地区 300 余张薄片观察,将研究区一间房组沉积微相归纳为 7 种(图 4)。



(a)含鲕粒砂屑灰岩,×2.5(-),SN2井,6 454.97 m;(b)泥晶砂屑灰岩,×5(-),SN501井,6 368.03 m;(c)含石英泥晶砂屑灰岩,石英呈自形-半字形,×5(-),SN5井,6 615 m;(d)生屑泥晶灰岩,可见棘屑、三叶虫、海绵骨针、腕足等生物碎屑,×5(-),SN7井,6 382 m;(e)泥晶灰岩,×10(-),SN3井,7 546 m;(f)藻屑灰岩,×5(-),SN501井,6 413.59 m;(g)藻粘结灰岩,×10(-),SN7,6 489.86 m;(h)藻粘结灰岩,×10(-),SN7井,6 532.03 m;(i)亮晶砂屑灰岩,×5(-),SN2井,6 451.76 m

图 4 顺南地区一间房组主要沉积微相岩性薄片(MF1—MF7)

Fig. 4 Main microfacies of Yijianfang formation in Shunnan area

微相 1(MF1)含鲕粒砂屑灰岩(图 4(a)):以正常鲕粒为主,亦见藻鲕、表皮鲕,含量 20%,砂屑含量 60%,亮晶方解石胶结,几乎不含生物碎屑。该微相主要见于研究区东部 SN2 井、SN4-1 井一间房组上段,表明其沉积时水体往复动荡,能量较高,但还不足以形成真正的鲕粒滩,为开阔台地内较高能含鲕砂屑滩。

微相 2(MF2)泥晶颗粒灰岩(图 4(b),4(c)):主要为泥晶粉屑灰岩(图 4(b)),亦见泥晶砂屑灰岩(图 4(c))。其中颗粒含量大于 60%,颗粒支撑,见泥晶重结晶,含少量(约 1%)三叶虫、介形虫、棘类等生物碎屑,局部白云化,呈自形细晶。表明沉积时水动力条件中等一较弱,形成于开阔台地中低能滩等浅水环境。

微相 3(MF3)生屑泥晶灰岩(图 4(d)):主要由灰泥组成,生物种类较丰富,可见棘类、三叶虫、腕足、介形虫等浅海生物,保存完整。内部为泥晶方解石充填,部分泥晶重结晶为中、粗晶,偶见亮晶胶结物。形成于开阔台地水体能量较低的环境。

微相 4(MF4)泥晶灰岩(图 4(e)):主要由泥晶方解石组成,含量大于 90%,部分含少量粒屑,生屑含量

较少。表明当时的水动力条件微弱,主要形成于开阔台地低能的滩间海等沉积环境。

微相5(MF5)藻屑灰岩(图4(f)):藻屑灰岩在研究区分布广泛,颜色为灰色、深灰色,基质以藻类为主,多为粉泥晶胶结,无明显藻粘结结构(图4(f))。主要形成于台地水体能量较低的灰泥丘(丘翼)中。

微相6(MF6)藻粘结灰岩(图4(g),4(h)):具有藻粘结结构,由葛万藻、直管藻等藻类通过粘结作用粘结砂屑、粉屑和灰泥所形成。藻粘结灰岩中的亮晶方解石胶结物(图4(g)),多见于能量偏高的滩中,若为泥晶(图4(h))多见于能量偏低的灰泥丘等浅水环境。

微相7(MF7)亮晶颗粒灰岩(图4(i)):包括亮晶砂屑灰岩和亮晶粉屑灰岩,主要以亮晶砂屑灰岩为主。其中,砂屑含量约80%,胶结物为亮晶方解石,约占20%,几乎不含泥晶基质,含少量生物碎屑。形成于开阔台地水动力条件持续稳定的中高能台内滩。

3.2 沉积微相组合

顺南地区在中奥陶统时其构造格局由早奥陶统的台缘镶边结构变为缓坡台地。通过对研究区内各井的岩心观察以及岩性微相的组合,在台地内部进一步识别出台内滩、滩间海和灰泥丘(表1)。

表1 顺南地区一间房组主要沉积微相组合与沉积环境解释

Tab.1 Main microfacies association and sedimentary interpretation of Yijianfang formation

微相组合代码	微相组合	主要微相类型	沉积环境解释	
MA1	台	含鲕砂屑滩	MF1、MF7	开阔台地潮上带高能环境
	内	砂屑滩	MF2、MF7	开阔台地潮上带中-高能环境
	滩	生屑砂屑滩	MF2-MF3	开阔台地潮间-潮上带中能环境
MA2	滩间海		MF4	开阔台地潮下带低能环境
MA3	灰泥丘		MF5、MF6	开阔台地潮间-潮上带较低能环境

1) 台内滩型微相组合(MA1)

台内滩一般发育在台地内部水体浅,粒屑丰富的高地貌处,以波浪、潮汐作用为主,水动力条件较强,多成孤立状,也可连片出现。该微相组合底部主要为生屑泥晶灰岩(MF3)或泥晶粉屑灰岩(MF2),中部为泥晶颗粒灰岩或亮晶砂屑灰岩(MF7),顶部发育亮晶砂屑或含鲕粒颗粒灰岩(MF1)。该微相组合是一个向上水体变浅、能量变高的沉积序列。由于其更容易受到水动力作用的影响,根据水体能量的高低可进一步分为高能含鲕砂屑滩、中高能砂屑滩和中能生屑砂屑滩3种类型。

①含鲕砂屑滩(MA1-1):形成于开阔台地水体往复动荡环境,主要发育在水动力条件较高条件。主要微相为含鲕粒砂屑灰岩和亮晶砂屑灰岩,几乎不含生物碎屑。该微相组合主要发育在靠近台缘地带的水体能量高的开阔台地内,SN2井、SN4-1井都不同程度钻遇该微相组合。

②砂屑滩(MA1-2):形成于强烈的波浪、潮汐作用中。主要微相为亮晶砂屑灰岩和泥晶砂屑灰岩,砂屑含量一般大于50%,以细一中屑为主,少量粉屑,分选中等,磨圆度较好,几乎不含生物碎屑。发育于开阔台地水体能量中一高地区,SN1井、SN2井、SN5井均不同程度钻遇该微相组合。

③生屑砂屑滩(MA1-3):主要微相为生屑泥晶灰岩和泥晶粉屑灰岩,见棘类、三叶虫、腕足、介形虫等。发育于水体能量中等环境,SN501井、SN7井均不同程度钻遇该微相。

2) 滩间海型微相组合(MA2)

滩间海在开阔台地内广泛发育,形成于浪基面以下较深水体环境。在这种低能静水环境,沉积物多为悬浮的细小颗粒,颜色较暗,生物碎屑含量较少,可见腕足类、腹足类等以底栖为主的生物。其微相以泥晶灰岩(MF4)夹薄层含藻屑球粒灰岩(MF5)或泥晶粉屑灰岩(MF2)为主。顺南地区各井均不同程度钻遇该微相组合。

3) 台内灰泥丘型微相组合(MA3)

灰泥丘的主要造丘生物为蓝绿藻、细菌和真菌。这种微相组合通常是在水体能量偏低环境下形成的。

完整发育的灰泥丘横向上可分为丘核、丘翼 2 个微相;纵向上可分为丘基、丘核、丘盖和丘坪 4 个微相^[15]。其中,丘基一般由砂屑组成;丘核是隐藻生物所形成的泥晶凝块,以至于产生块状扛浪格架;丘盖、丘坪常是蓝绿藻通过披覆、粘结缠绕其他生物或碎屑、砂屑以及泥晶基质形成。该微相组合主要分布在一间房组海侵体系域,其下部为泥晶颗粒灰岩,上部为藻粘结灰岩(MF6)和藻屑灰岩(MF5)。SN5-1 井、SN501 井、SN7 井均不同程度钻遇该微相组合。

4 高精度层序对比与微相组合平面展布

碳酸盐岩沉积微相受高频海平面变化影响。通过研究区多口井沉积微相精细划分和高频层序分析,归纳出顺南地区一间房组沉积微相组合在垂相上和横向上的变化规律和空间展布。

顺南地区中奥陶世整体处于开阔台地(图 5),通过一间房组沉积相平面分布图 a-a'、b-b'两条剖面进行四级层序格架的沉积微相组合连井对比,发现其分布具一定规律性差异变化。剖面 a-a'为贯穿顺南缓坡东西向的剖面,东起 SN1 井,经 SN7 井至西部 SN2 井;剖面 b-b'为贯穿顺南缓坡南北向剖面,北起 SN7 井,经 SN5-1 井至南部 SN501 井。

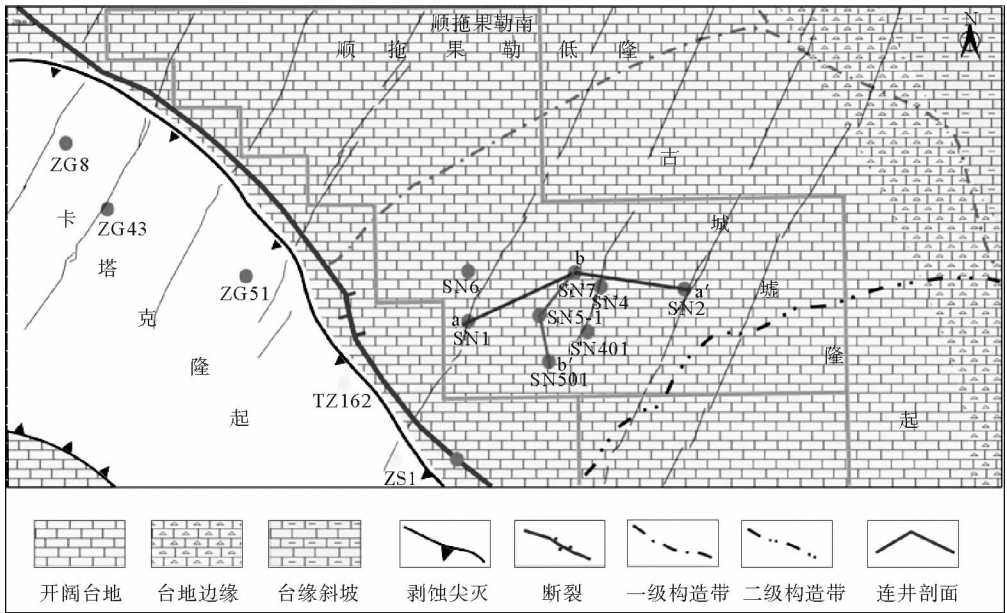


图 5 顺南地区一间房组沉积相分布平面图

Fig. 5 Distribution of sedimentary facies of Yijianfang formation in Shunnan area

一间房组各四级旋回内发育多个沉积微相组合(图 6、图 7),横向上具有一定连续性。以每一个次级海泛面为底界面,水体能量自下而上逐渐增强,低能以滩间海为主,高能以砂屑滩为主,到顶部以次级海退面代表一个沉积序列的结束,可能伴随有短暂的沉积间断。位于研究区西部的 SN1 井、SN6 井位于台地内部,其微相组合主要发育滩间海(MA2)和砂屑滩(MA1-2);研究区中部的 SN7、SN5、SN501 等钻井,其微相组合主要以灰泥丘(MA3)和砂屑滩(MA1-2)为主;研究区东部的 SN2、SN4-1 井靠近台地边缘地区,主要发育含鲕砂屑滩(MA1-1)、砂屑滩(MA1-2)和滩间海(MA2)两种微相组合。

通过剖面 a-a'(图 6)、b-b'(图 7)微相组合连井剖面对比分析,认为顺南地区一间房组 SQ4 高位域以中一低能沉积为主,主要发育滩间海和少量中一低能台内滩,台内滩相沉积发育于每个四级层序界面附近,一间房组顶部界面常发育厚层滩相沉积,且生屑砂屑滩仅在顺南地区中部靠近顶部界面处发育。SQ4 海侵域以中一低能沉积为主夹高能沉积,两条剖面中各井微相组合发育略有不同。SN1 井、SN2 井以台内滩、滩间海叠置模式为主,而 SN7、SN5-1、SN501 井则主要发育灰泥丘和滩间海,代表了海侵过程中持续低能一中

高能循环的水体环境。

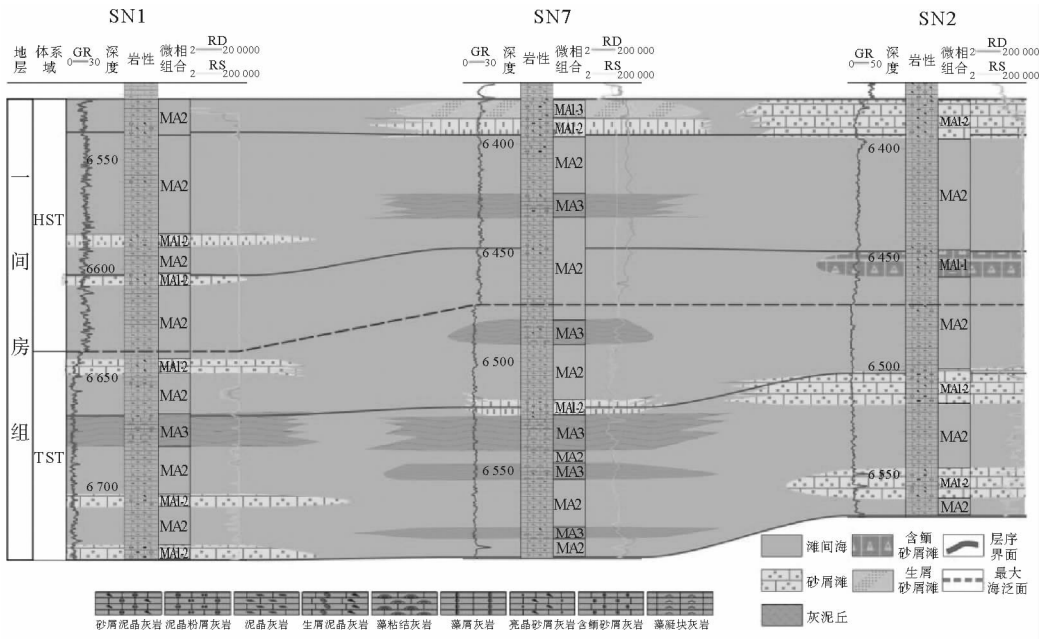


图 6 SN1 井—SN7 井—SN2 井微相组合连井对比图

Fig. 6 Microfacies association pattern connecting well section SN1-SN7-SN2

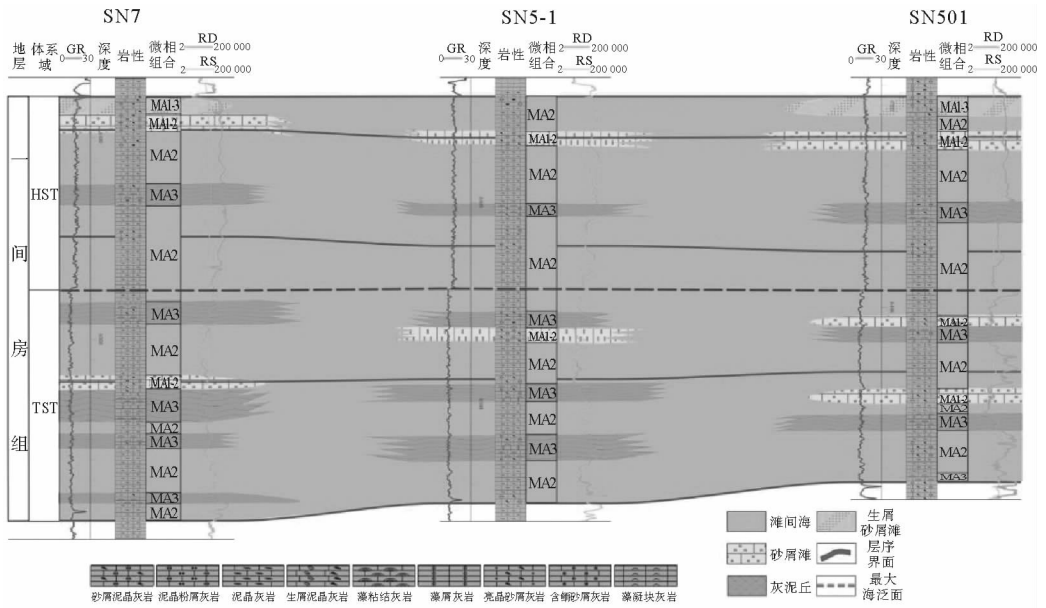


图 7 SN7—SN5-1—SN501 井微相组合连井对比图

Fig. 7 Microfacies association pattern connecting well section SN7-SN5-1-SN501

从平面展布特征分析,横向上,滩间海广泛分布,主要由泥晶灰岩组成,一间房组 MSF4 对应一段由泥晶灰岩组成的滩间海;灰泥丘、台内滩多成孤立状局限分布,研究区自西向东水体能量逐渐增高,靠近台缘方向出现高能量含鲕粒砂屑滩;垂向上,一间房组地层纵向上发育多个台内滩、滩间海和灰泥丘的沉积旋回。SN1 井和 SN2 井主要为台内滩与滩间海叠置发育,SN7、SN5-1、SN501 井则以发育台内低能生屑滩、灰泥丘

以及滩间海为主。台内滩相在 SN1、SN5-1 井主要为亮晶砂屑灰岩和泥晶颗粒灰岩组成的中低能砂屑滩; SN501、SN7 井为生屑泥晶灰岩、泥晶粉屑灰岩组成的生屑砂屑滩; SN2 井靠近台缘地带, 水体能量较中西部略高, 其滩相主要为含鲕粒砂屑灰岩、亮晶颗粒灰岩和泥晶颗粒灰岩组成的含鲕粒砂屑滩和砂屑滩。

5 结论

顺南地区一间房组地层在横向上稳定发育, 该组识别出 1 个独立的三级层序 SQ4, 其界面上下存在明显相序变化差异, 整体上构成一个海侵小旋回。对 SQ4 内部进一步可划分出 4 个四级旋回, 建立顺南地区一间房组的高精度层序地层格架。

SQ4 高位域时期岩性以内碎屑灰岩和泥晶灰岩互层为主; 海泛面上下发育稳定的泥晶灰岩段, 海侵期各井间岩性差异较大, 位于研究区东部的 SN2、SN4、SN4-1 等井以亮晶砂屑灰岩和泥晶灰岩互层为主; 研究区中部的 SN7、SN5、SN501 等井以藻粘结灰岩、藻球粒灰岩以及砂屑灰岩为主; 研究区西部的 SN1、SN6 井以泥晶灰岩为主。反映了高位域时期海平面上升缓慢, 可容纳空间较大, 水体能量偏低, 台内沉积厚、向台缘方向变薄, 表现为对地貌的填平补齐; 而海侵期为水体较浅、循环加深的演化过程, 较高能量的滩—丘组合发育, 生屑含量较少, 为典型的海侵体系域追长特征。

顺南地区一间房组沉积微相可识别出 7 种类型, 其中垂相上发育 3 种微相组合, 分别为台内滩微相组合(MA1)、滩间海微相组合(MA2)和灰泥丘微相组合(MA3)。通过沉积微相组合在高频层序格架内的展布特征和演变规律研究, 认为每一个四级层序界面附近为滩相沉积, 研究区东部靠近台缘地区水体能量比中西部高, 主要发育能量较高的台内滩; 中部灰泥丘呈南北向广泛发育; 西部位于台地内部, 主要为滩间海和能量较低的砂屑滩。垂向上, 研究区一间房组地层发育多个台内滩、滩间海和灰泥丘的沉积旋回。在 SQ4 海侵期研究区东部和西部垂相上台内滩和滩间海的叠置发育, 中部各井在垂相上则以灰泥丘和滩间海为主, 反映了南北向条带状展布的沉积特征。

参考文献:

- [1]SELLWOOD B W. Concepts and models of dolomitization[J]. *Sedimentary Geology*, 1982, 32(1/2): 154-155.
- [2]ROEHL P O, CHOQUETTE P W. Carbonate petroleum reservoirs[M]. New York and Berlin: Springer-Verlag, 1985.
- [3]金之钧. 中国海相碳酸盐岩层系油气勘探特殊性问题[J]. *地学前缘*, 2005, 12(3): 15-22.
JIN Zhijun. Particularity of petroleum exploration on marine carbonate strata in China sedimentary basins[J]. *Earth Science Frontiers*, 2005, 12(3): 15-22.
- [4]甄素静, 汤良杰, 李宗杰, 等. 塔中北坡顺南地区走滑断裂样式、变形机理及石油地质意义[J]. *天然气地球科学*, 2015, 26(12): 2315-2324.
ZHEN Sujing, TANG Liangjie, LI Zongjie, et al. The characteristics, formation and petroleum geology significance of the strike-slip fault system in Shunnan area, northern slope of Tazhong uplift[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2015, 26(12): 2315-2324.
- [5]董宝清, 杜品德, 刘兴礼, 等. 塔中 88 井奥陶系吐木休克组的发现及地层划分[J]. *新疆石油地质*, 2008, 29(5): 599-602.
DONG Baoqing, DU Pinde, LIU Xingli, et al. Well Tazhong 88 Ordovician Tumuxiuke formation discovery and stratigraphic division[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2008, 29(5): 599-602.
- [6]张正红, 赵治信, 潘文庆, 等. 塔中北斜坡中奥陶统一间房组划分对比及分布[J]. *地层学杂志*, 2015, 39(3): 274-282.
ZHANG Zhenghong, ZHAO Zhixin, PAN Wenqing, et al. The division and distribution of the Yijianfang formation in the north slope of the Tazhong uplift[J]. *Journal of Stratigraphy*, 2015, 39(3): 274-282.
- [7]云露, 曹自成. 塔里木盆地顺南地区奥陶系油气富集与勘探潜力[J]. *石油与天然气地质*, 2014, 35(6): 788-797.
YUN Lu, CAO Zicheng. Hydrocarbon enrichment pattern and exploration potential of the Ordovician in Shunnan area, Tarim basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 2014, 35(6): 788-797.
- [8]樊太亮, 于炳松, 高志前. 塔里木盆地碳酸盐岩层序地层特征及控油作用[J]. *现代地质*, 2007, 21(1): 57-65.
FAN Tai liang, YU Bingsong, GAO Zhiqian. Characteristics of carbonate sequence stratigraphy and its control on oil-gas in Tarin basin[J]. *Geoscience*, 2007, 21(1): 57-65.

- [9]高志前,樊太亮,焦志峰,等.塔里木盆地寒武系—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 Tailiang, 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]王宏语,樊太亮,赵为永,等.碳酸盐岩测井层序识别方法研究:以塔中隆起卡1地区奥陶系为例[J].地学前缘,2008,15(2):51-58.
WANG Hongyu, FAN Tailiang, ZHAO Weiyong, et al. Study of the method for identification of carbonatite logging sequence stratigraphy: A case study of the Ordovician in the Kal area of Tazhong uplift, Tarim basin[J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(2): 51-58.
- [11]林畅松,杨海军,蔡振中,等.塔里木盆地奥陶纪碳酸盐岩台地的层序结构演化及其对盆地过程的响应[J].沉积学报,2013,31(5):907-919.
LIN Changsong, YANG Haijun, CAI Zhenzhong, et al. Evolution of depositional architecture of the Ordovician carbonate platform in the Tarim basin and its response to basin processes[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2013, 31(5): 907-919.
- [12]林畅松,刘景彦,刘丽军,等.高精度层序地层分析:建立沉积相和储层规模的等时地层格架[J].现代地质,2002,16(3):276-281.
LIN Changsong, LIU Jingyan, LIU Lijun, et al. High resolution sequence stratigraphy analysis: Construction of chronostratigraphic sequence framework on facies and reservoir scale[J]. Geoscience, 2002, 16(3): 276-281.
- [13]林畅松,张燕梅,刘景彦,等.高精度层序地层学和储层预测[J].地学前缘,2000,7(3):111-117.
LIN Changsong, ZHANG Yanmei, LIU Jingyan, et al. High resolution sequence stratigraphy and reservoir prediction[J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(3): 111-117.
- [14]FLÜGEL E. Microfacies of carbonate rocks: Analysis, interpretation and application[M]. Berlin and Heidelberg: Springer, 2004: 7-52.
- [15]吴光红,张宝民,边立曾,等.塔中地区中晚奥陶世灰泥丘初步研究[J].沉积学报,1999,17(2):198-203.
WU Guanghong, ZHANG Baomin, BIAN Lizeng, et al. Preliminary study of carbonate mud-mounds, Middle-Late Ordovician, Tazhong area[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(2): 198-203.

(责任编辑:高丽华)