

塔里木盆地玉北地区上奥陶统碳酸盐岩沉积微相及沉积环境

蔡习尧,高晓鹏,李慧莉,赵 焱

(中国石化 石油勘探开发研究院,北京 100083)

摘要:采用微相分析的方法,对玉北地区12口钻井上奥陶统恰尔巴克组、良里塔格组碳酸盐岩的微相类型和沉积环境进行了研究。通过在显微镜下对其颗粒成分、生物组合、基质类型及结构特征等进行深入观察,划分出8种碳酸盐岩微相类型。依据各微相类型组合特征,并结合钻测井、地震剖面、古生物及地球化学等资料,认为玉北地区上奥陶统碳酸盐岩主要形成于开阔台地、台地边缘与台缘斜坡3种沉积环境,晚奥陶世的沉积相带呈东西向分异:大致以玉北5-胜和2-皮山北2井南一线为界,东部为台缘斜坡-陆棚相,中西部为碳酸盐岩台地相。玉北地区晚奥陶世纵向沉积演化为开阔台地—台地边缘—台缘斜坡—陆棚,其沉积环境的演变主要受控于区域构造运动。

关键词:微相;沉积环境;碳酸盐岩;上奥陶统;玉北地区;塔里木盆地

中图分类号:TE121.3

文献标识码:A

Sedimentary microfacies and setting of the Upper Ordovician carbonates in the Yubei area, Tarim Basin

Cai Xiyao, Gao Xiaopeng, Li Huili, Zhao Yi

(Petroleum Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083, China)

Abstract: We studied the microfacies types and sedimentary settings of carbonate rocks of the Upper Ordovician Qrebake and Lianglitage Formations from 12 wells of the Yubei area, by means of microfacies analysis. Eight kinds of carbonate microfacies have been identified based on the microscopic observation of grains, biological assemblages, matrix and structural characteristics. Based on how the microfacies types are associated to each other, combined with drilling and logging data, as well as seismic profile, palaeontological and geochemical analyses, we believed that the Upper Ordovician carbonate rocks are mainly developed in the sedimentary environments of open platform, platform margin and marginal-platform slope. The sedimentary facies in the Late Ordovician differ from the east to the west. The boundary is delineated along Well YB5 - Well SH2 - the south of Well PSB2, with marginal-platform slope-continental shelf facies in the east, and carbonate platform facies in the center and the west. In conclusion, the Upper Ordovician in the Yubei area has evolved from open platform, to platform margin, to marginal-platform slope, and then to continental shelf facies in vertical sequence, and the variation of sedimentary environments in the area is mainly controlled by regional tectonic movements.

Key words: microfacies, sedimentary setting, carbonate rock, Upper Ordovician, Yubei area, Tarim Basin

玉北地区位于塔里木盆地西南部,构造位置上处于麦盖提斜坡东部,地理位置上位于和田地区,地跨叶城、皮山、墨玉、和田、洛浦、策勒等县市,西北角跨喀什地区麦盖提县^[1](图1)。玉北地区是塔里木盆地基础地质研究与油气勘探程度均较低的区域之一。2008

年之前,二维地震资料为4 km×4 km~8 km×8 km,且品质较差,完钻探井仅有胜和2井,地质与地震资料较贫乏,对玉北地区奥陶系层序格架及其分布特征不甚清晰,在碳酸盐岩沉积储层方面的研究十分零星。自2010年玉北1井中-下奥陶统鹰山组获高产工业

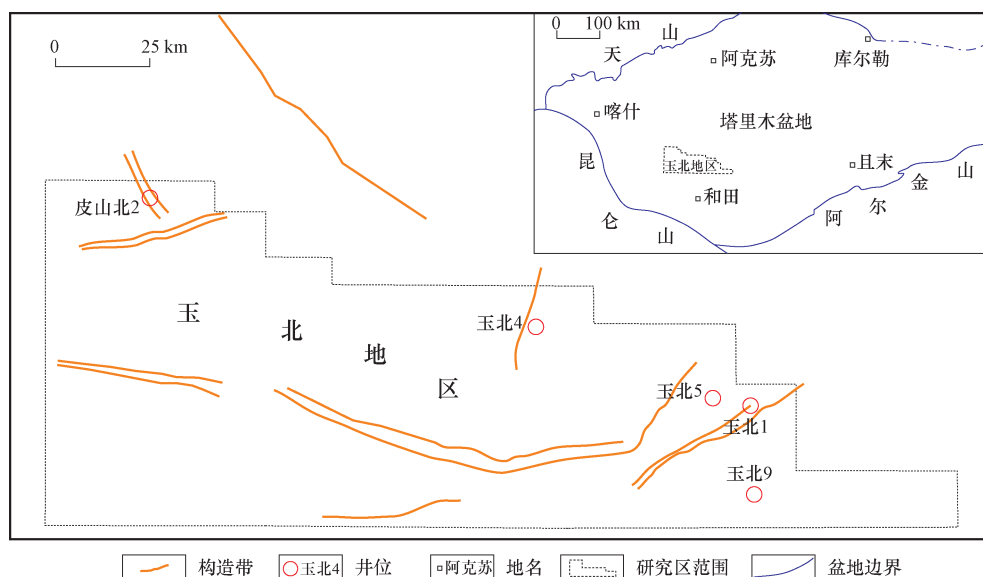


图1 塔里木盆地玉北地区位置

Fig. 1 Location of the Yubei area, Tarim Basin

油气流,实现奥陶系导向性油气勘探重大突破后,加速了该区奥陶系的勘探与研究进程,不仅在玉北1号构造带多口钻井持续获得商业油气流,在其它构造带及中西部平台区亦获油气发现,显示出玉北地区奥陶系具有较好的勘探潜力。另一方面,成俊峰^[2]、蔡习尧^[3]等利用皮山北2、玉北1、玉北4、玉北6等井丰富的牙形石资料,建立了玉北地区奥陶系的牙形石带,奠定了该区生物地层学的研究基础。同时,沉积相、储层及构造等方面的研究亦取得了较大进展^[4-6],但在沉积微相识别与划分方面仍有待深入。本文通过12口钻井岩心描述与观察、936块生物大薄片及普通岩石薄片的颗粒成分、生物组合、基质类型及结构特征等鉴定与分析,并结合地震、成像测井及微量元素等资料,将上奥陶统碳酸盐岩划分了8种沉积微相类型,为下一步的油气勘探及其它学科的深入研究提供了条件。

1 晚奥陶世地层特征

玉北地区上奥陶统分为中西部与东部两个地层小区(表1)^[7],中西部地层小区自上而下依次为桑塔木组、良里塔格组和恰尔巴克组,但仅残存良里塔格组,厚度约130~200 m,以灰、黄灰、棕灰色泥晶灰岩、砂屑泥晶灰岩为主,夹少量亮晶颗粒灰岩、亮晶生屑灰岩及少量紫红色灰质泥岩(条带),缺失桑塔木组与恰尔巴克组(图2),该地层层序、各组的岩性组合与巴楚地区露头剖面及中央隆起带主体部位探井的基本一致。东部地层小区为却尔却克组与恰尔巴克组,前者为大套的深灰、灰色泥岩夹粉砂质泥岩与灰质团块或条带,

中上部被剥蚀,残厚约200~300 m;后者为灰、深灰、少量紫红色(含)生屑泥晶灰岩、泥晶生屑灰岩、泥灰岩与灰质泥岩,厚18~25 m(图3),该地层层序、各组的岩性组合与柯坪地区露头剖面及塘孜孜巴斯-古城墟-大顺北地区十分相似。

2 碳酸盐岩沉积微相类型

碳酸盐岩的岩石组分、显微结构、原生沉积构造和生物组合是划分微相类型、分析沉积环境的重要依据^[8-10]。本文采用Dunham^[11]的碳酸盐岩分类命名方案,同时,根据粒泥比、生物化石组合等岩石结构特点,按Wilson^[12]和Flügel^[13]标准微相类型划分模式,将玉北地区上奥陶统碳酸盐岩划分为8种微相类型。

1) 微相1(MF1)

生屑-岩屑泥粒灰岩(图4a),颗粒成分主要为生屑与内碎屑。生屑以棘皮类与腕足类为主,含量约占30%。内碎屑颗粒为砂、粉级,粒径0.1~0.2 mm,由泥晶方解石组成,次棱角-次圆状,少量为圆状,含量约40%。基质以泥晶方解石为主,局部为亮晶。此微相形成于上斜坡的中低能沉积环境,相当于Wilson标准微相类型中的SMF4。

2) 微相2(MF2)

异地生屑泥粒灰岩(图4b,c),颗粒成分主要为生屑,其它内碎屑少见。生屑种类十分丰富,主要为介形虫、棘皮类和三叶虫,苔藓虫、粗枝藻、腕足类次之,腹足类和轮藻零星见及,分布杂乱,破碎严重,分选、磨圆均差,属异地搬运而成的,生屑含量占25%~35%。

表 1 玉北地区奥陶系小区划分对比

Table 1 Division and correlation of the Ordovician stratigraphic subregions in the Yubei area, Tarim Basin

地层	中西部地层	地层厚度/m	东部地层	地层厚度/m	构造运动
上覆地层	$S_1/D_3/C_1$		C_1		加里东晚期
上奥陶统	桑塔木组		却尔却克组	200 ~ 300	加里东中期 II 幕
	良里塔格组	130 ~ 180			
	恰尔巴克组		恰尔巴克组	18 ~ 25	加里东中期 I 幕
下伏地层	鹰山组		一间房组	40 ~ 80	

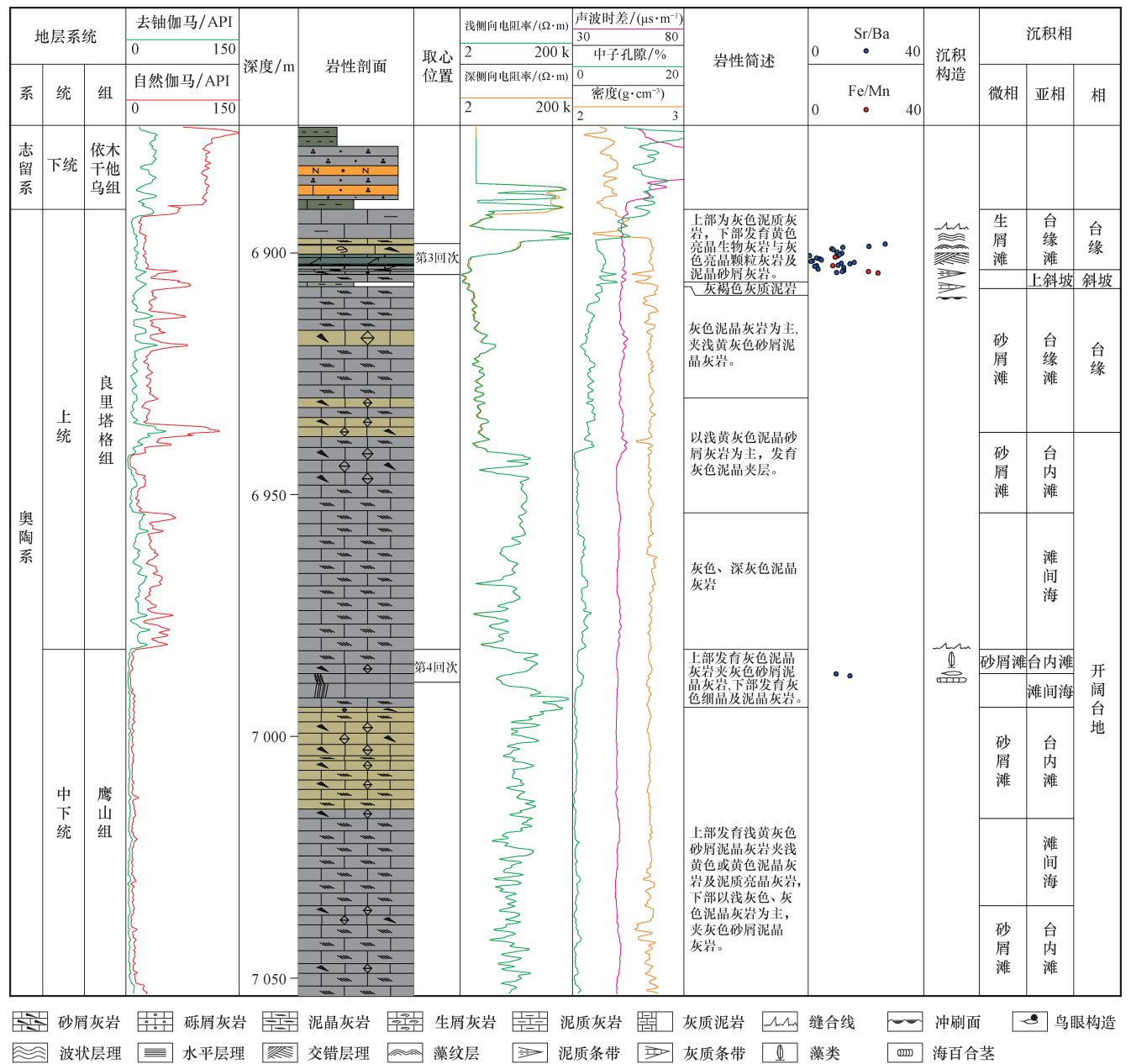


图 2 玉北地区中西部上奥陶统综合柱状图

Fig. 2 Comprehensive stratigraphic column of the Upper Ordovician in the central and western Yubei area

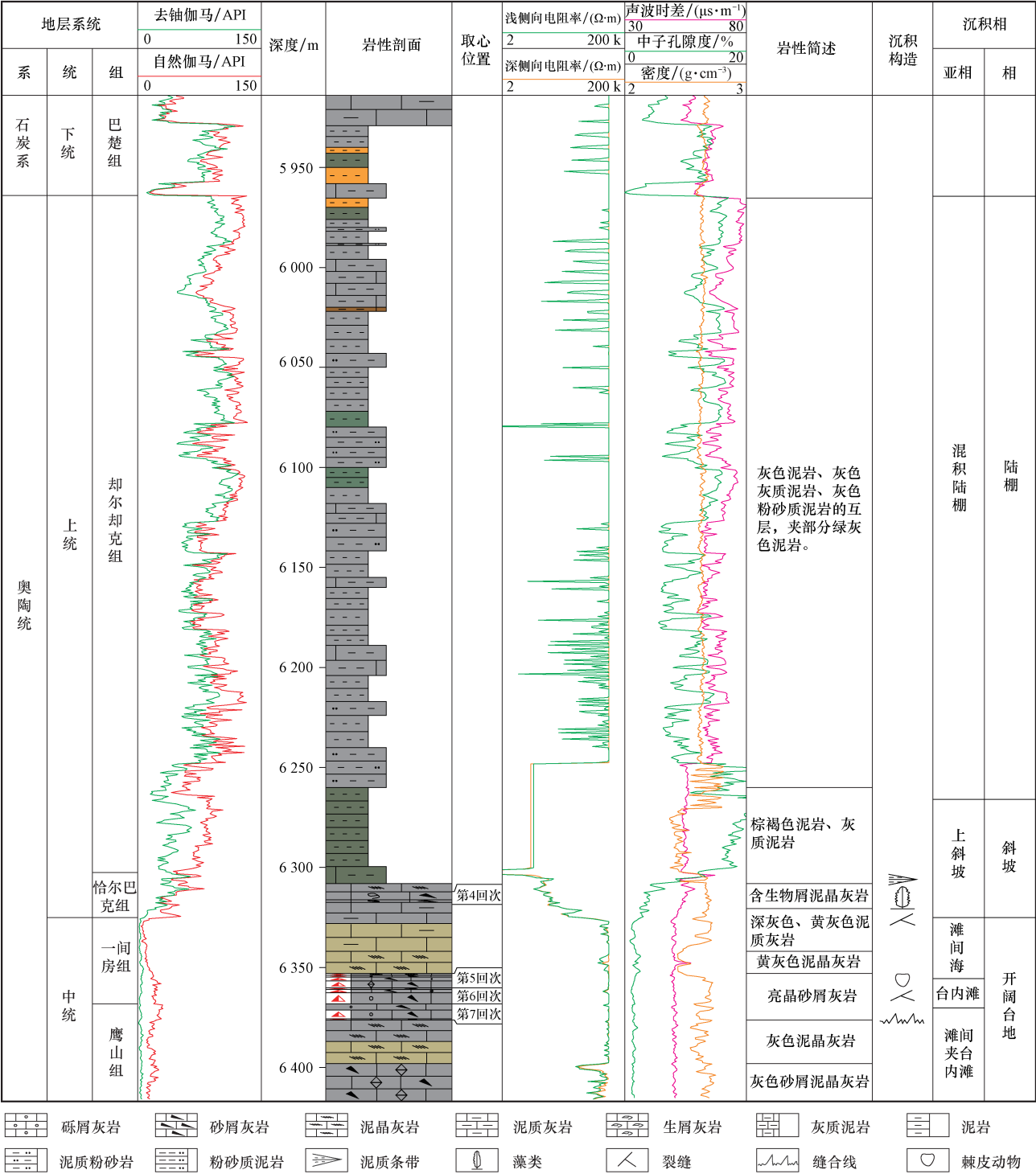


Fig. 3 Comprehensive stratigraphic column of the Upper Ordovician in the eastern Yubei area

基质主要为方解石灰泥,含量占 65%~75%。此微相形成于下斜坡的低能静水环境,相当于 Wilson 标准微相类型中的 SMF5。

3) 微相 3(MF3)

生物潜穴生屑粒泥灰岩(图 4d),颗粒成分为生物碎屑,主要有棘皮类、三叶虫、介形虫、腕足类、绿藻类等,生屑含量占 30%~50%,分选较差,多被泥晶套包

裹;见介形虫充填的潜穴。此微相中生物类型丰富,个体较大,保存较完整,均为正常浅海相的生物,生物组合及颗粒之间存在大量的灰泥,表明此微相形成于浅海潮下低能环境,大致相当于 Wilson 标准微相类型中的 SMF9。

4) 微相 4(MF4)

核形石-鲕粒砾状灰岩(图 4e),颗粒成分主要为

核形石,含量 25%~35%,内核多为生物碎屑或内碎屑,圈层外壁凹凸不平,由藻类粘结泥晶环绕而成。核心部分的生物碎屑主要为绿藻、粗枝藻,纹层部分为蓝细菌缠绕;分选与磨圆均一般,多呈圆状,少量的椭圆状,后者的外形受控于核心的形状(生物碎屑或内碎屑)。次要的颗粒成分为鲕粒及生物碎屑。胶结物为亮晶方解石,具二世胶结。此微相形成于正常浪基面上下、极浅水体的中高能环境,相当于 Wilson 标准微相类型中的 SMF13。

5) 微相 5(MF5)

含同心鲕的鲕粒颗粒灰岩(图 4f),鲕粒结构,重结晶结构,颗粒成分主要为鲕粒,含量 35%~50%,鲕粒多为同心鲕,可见少量的复鲕,分选与磨圆均较好,外壁光滑,呈圆状-椭圆状,内核为生物碎屑或微晶方

解石,多具 2~3 个圈层结构、大小 0.2~0.5 mm。次要的颗粒成分为生物碎屑及砂屑,生物碎屑主要为棘皮类、三叶虫及藻类。胶结物为亮晶方解石,具二世胶结。此微相形成于水体为正常浪基面之上,受波浪和潮汐作用影响较大,水体循环较通畅的高能鲕粒滩环境,相当于 Wilson 标准微相类型中的 SMF15C。

6) 微相 6(MF6)

含集合粒颗粒灰岩(图 4g),集合粒成分主要为生屑,少量砂屑、粉屑与砾屑,偶见鲕粒。多数颗粒具泥晶包壳,粒间被微亮晶方解石黏结在一起。依据水体环境能量的不同,颗粒的分选、磨圆可由好到差,代表水流动荡环境下的产物,大致相当于 Wilson 标准微相类型中的 SMF17。

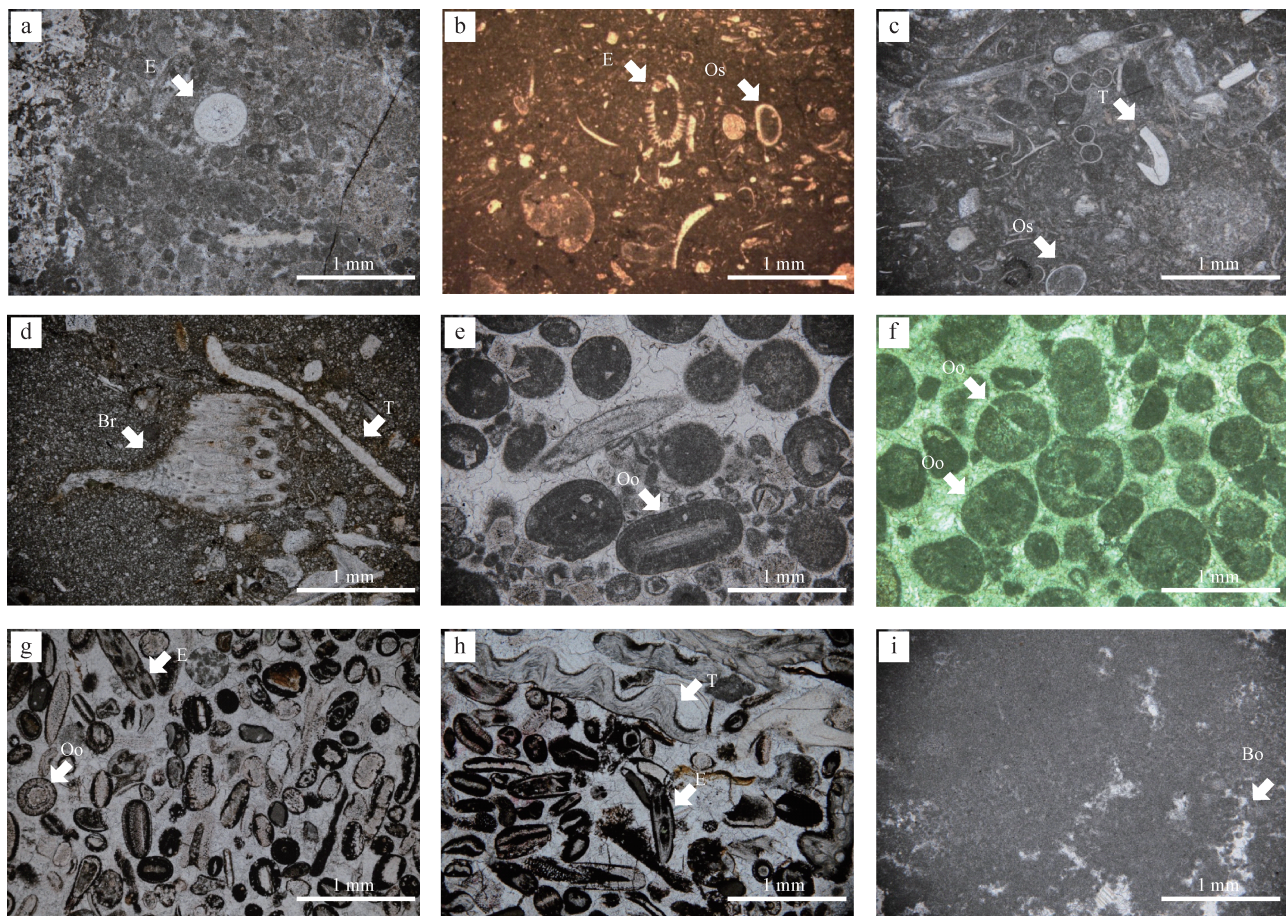


图 4 玉北地区上奥陶统碳酸盐岩微相

Fig. 4 Sedimentary microfacies in the Upper Ordovician carbonate rocks in the Yubei area

a. 生屑-岩屑泥粒灰岩, YB10 井, 恰尔巴克组 O_3q , 埋深 6 563.25 m; b. 异地生屑泥粒灰岩, YB6A 井, 恰尔巴克组 O_3q , 埋深 6 315.5 m; c. 异地生屑泥粒灰岩, YB10 井, 恰尔巴克组 O_3q , 埋深 6 561.8 m; d. 生物潜穴生屑泥粒灰岩, PSB2 井, 良里塔格组 O_3l , 埋深 6 903.01 m; e. 核形石-鲕粒砾状灰岩, YB4 井, 良里塔格组 O_3l , 埋深 5 844.32 m; f. 含同心鲕的鲕粒颗粒灰岩, YB4 井, 良里塔格组 O_3l , 埋深 5 846.72 m; g. 含集合体颗粒灰岩, PSB2 井, 良里塔格组 O_3l , 埋深 6 901.52 m; h. 含丰富底栖棘皮类的生屑颗粒灰岩, PSB2 井, 良里塔格组 O_3l , 埋深 6 900.55 m; i. 窗格泥粒灰岩, YB4 井, 良里塔格组 O_3l , 埋深 5 941.9 m。

E. 棘皮; T. 三叶虫; Os. 介形虫; Br. 苔藓虫; Oo. 鲕粒; Bo. 鸟眼

7) 微相 7(MF7)

含丰富底栖棘皮类的生屑颗粒灰岩(图 4h), 颗粒结构, 颗粒成分以棘皮类生物碎屑为主, 其次为三叶虫、苔藓虫碎屑, 以及少量的腕足类碎屑, 生屑含量达 60% 以上, 生物碎屑大小混杂, 磨圆度差。除生屑外, 还见个别的同心鲕粒和条形鲕粒, 颗粒间亮晶方解石胶结。此微相形成于经常有波浪作用的地区, 在浪底或浪底之上, 灰泥被带走, 相当于 Wilson 标准微相类型中的 SMF18。

8) 微相 8(MF8)

窗格泥粒灰岩(图 4i), 岩石组分单一, 由致密的泥晶方解石集合体组成, 含量达 95% ~ 100%, 杂基支撑结构。生物碎屑含量较少, 呈零星分布。见多种大小的窗格孔, 亮晶方解石充填。此微相形成于开阔台地滩间海的低能静水环境, 大致相当于 Wilson 标准微相类型中的 SMF21。

3 沉积相与沉积环境

本次对玉北地区上奥陶统的沉积环境研究, 笔者结合了构造背景和古地貌特征, 通过井震标定和三维地震资料的解释, 依据不同的地震反射特征与地震相, 先建立起玉北地区上奥陶统的沉积充填格架。再根据恰尔巴克组、良里塔格组碳酸盐岩颗粒特征、微相类型及相序结构特征, 从点-线-面-体进行综合分析, 认为玉北地区上奥陶统碳酸盐岩属弱镶边缓坡型沉积, 从滨岸区向深海区可划分出开阔台地、台地边缘、前缘斜坡及陆棚 4 种沉积相带。

3.1 开阔台地相

开阔台地位于台地边缘与局限海台地之间, 海域广阔, 海水循环较好, 盐度正常, 气候温暖, 水深由数米至数十米, 适应大量生物生存和繁盛。总体上水动力条件弱-中等, 沉积界面在正常浪基面附近或以下, 颗粒成分以生物碎屑及内碎屑为主, 生屑种类丰富, 包括牙形石、棘皮类、苔藓虫、三叶虫、粗枝藻、红藻、腕足类与软体动物等。基质由泥晶和亮晶组成, 岩性主要为灰、浅灰、黄灰色灰岩、(泥)亮晶颗粒灰岩、(含)生屑灰岩与泥微晶灰岩, 次之有核形石颗粒灰岩、不等粒颗粒灰岩等。微相类型以 MF3, MF5, MF8 为主。

玉北 4 和玉北 8 井良里塔格组钻遇该相。玉北 4 井第一回次取心段自下而上, 可分为 3 个向上变细的微旋回: 第一个为鲕粒滩-滩间海, 第二个为砂屑滩、砾屑滩-滩间海, 第三个为砂屑滩-滩间海(图 5)。GR 平缓低值, 电阻中高值。成像测井显示, 滩相为块

状, 亮黄色; 滩间海多为暗褐色, 略显成层性。产大量牙形石及介形虫、棘皮类碎片。碳氧同位素均为正值, 与塔里木盆地其他地区的十分相似^[14-15]。地震波组特征具有振幅弱、同相轴连续性差、频率中等、席状外形的反射特点。

3.2 台地边缘相

台地边缘面向广海, 背靠开阔台地, 处于正常浪基面之上, 受波浪和潮汐作用影响较大, 水动力强, 能量高, 水体温暖、透光, 是造礁生物喜居、繁盛的高能带。在此环境中有多颗粒组分, 包括鲕粒、核形石、生物碎屑等。岩石类型以反映中高能条件的鲕粒颗粒灰岩、核形石颗粒灰岩、生屑颗粒灰岩等为主, 岩石中颗粒分选中等-好, 磨圆度较好, 亮晶胶结物发育。微相类型以 MF7 为主, MF4 和 MF5 次之。

皮山北 2 井良里塔格组钻遇该相。皮山北 2 井良里塔格组第三回次取心段发育台缘礁(丘)、生屑滩沉积(图 6), 单层厚度较薄为 0.2 ~ 0.5 m。岩石类型以亮晶生屑颗粒灰岩与亮晶鲕粒颗粒灰岩为主, 生屑粒泥灰岩次之。亮晶生屑颗粒灰岩的矿物组分: 99% 方解石、1% 硅质; 结构组分: 砂屑约 5%, 鲕粒 3%, 生屑 57% ~ 80%, 灰质亮晶胶结物 20% ~ 35%; 生物(屑)包括大量的偏暖型牙形石, 以及丰富的能抗风浪、喜水体动荡、阳光充足、营养丰富的生物, 如底栖固着的苔藓类、棘皮类、粗枝藻等, 底栖爬行的腕足类、介形虫, 底栖附着的红藻、蓝细菌等, 营游泳的或漂浮的三叶虫等, 偶见珊瑚碎片, 造礁(丘)生物苔藓虫为主, 生物群落为苔藓虫-棘皮类-三叶虫密群落, 与前人识别的台缘生物礁的生物群落接近^[16]。亮晶鲕粒颗粒灰岩的矿物组分: 方解石 92% ~ 96%, 白云石 2% ~ 5%, 海绿石 + 褐铁矿 2% ~ 3%; 结构组分: 砂屑 5%, 鲕粒 35% ~ 40%, 生屑 25% ~ 30%, 灰质亮晶胶结物 20% ~ 25%; 生屑包括棘屑、腕足、苔藓、三叶虫; 发育不规则裂缝和缝合线。

礁(丘)间灰泥沉积以褐红色泥质生屑泥粒岩与灰质泥岩为主, 见水平层理, 红、灰相间。生屑泥粒岩含大量泥质和粉砂, 生屑含量较高, 主要包含棘皮类、三叶虫类、腕足类和苔藓虫, 生屑分选一般, 个体较大, 保存较好。

GR 平缓低值, 灰泥灰岩段略高, 电阻块状中高值。多种化学元素分析数据表明, 当时的沉积水体整体上较稳定, 无突变现象。地震波组特征具有振幅中等-弱、同相轴连续性差、频率低、略具丘状外形的反射特点。

良里塔格组取心段主要发育 5 种微岩相组合: ① 滩-丘: 上部岩石单元为灰、褐灰色含生屑藻粘结灰

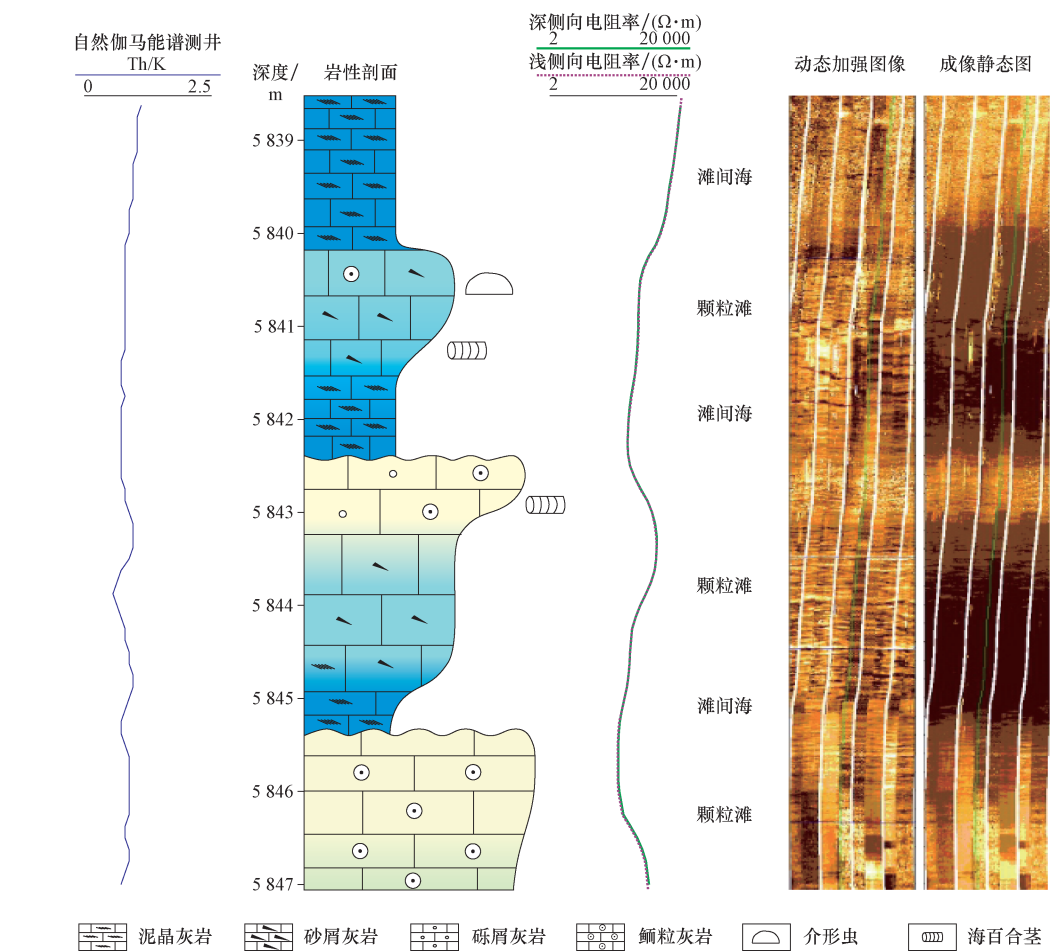


图 5 玉北地区玉北 4 井上奥陶统良里塔格组取心段沉积微相

Fig. 5 Sedimentary microfacies in the coring interval of the Upper Ordovician Lianglitage Formation in Well YB4 of the Yubei area

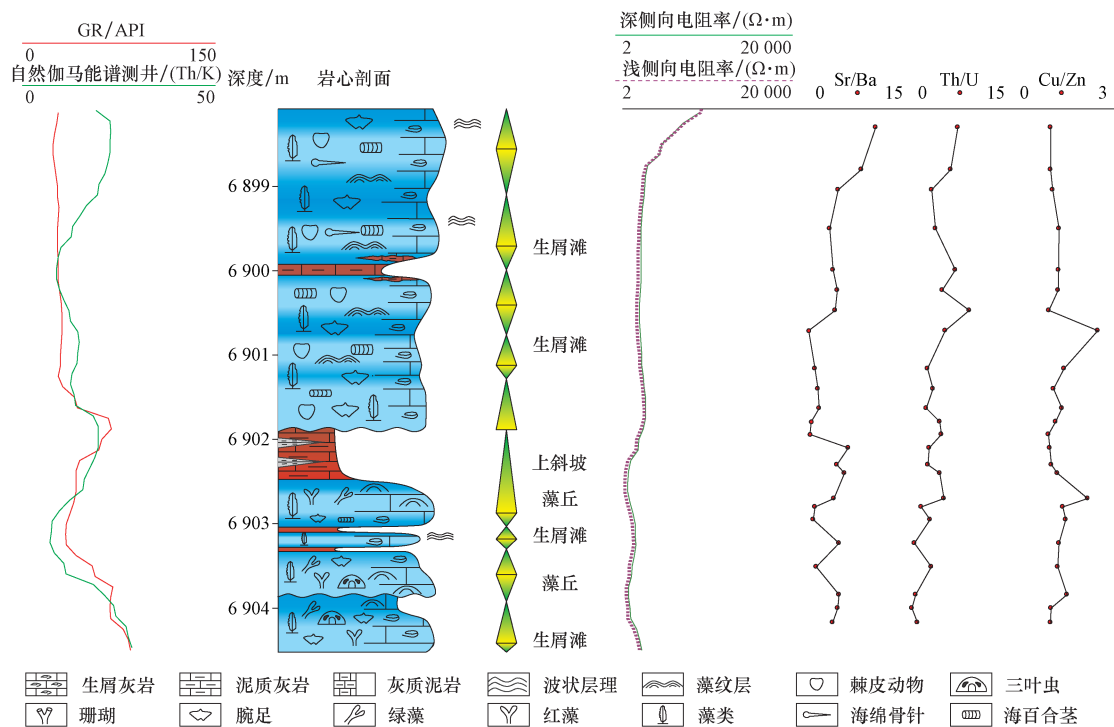


图 6 玉北地区皮山北 2 井上奥陶统良里塔格组取心段沉积微相

Fig. 6 Sedimentary microfacies in the coring interval of the Upper Ordovician Lianglitage Formation in Well PSB2 of the Yubei area

岩,下部岩石单元为浅灰、灰色亮晶颗粒灰岩;②滩-滩:十分常见,以亮晶砂(砾)屑、砂屑滩和生屑滩为主,多为砂屑与生屑滩组合,上部为褐灰色泥亮晶砂屑灰岩或含生屑砾屑砂屑灰岩,下部为灰色砂屑藻粘结灰岩;③台缘丘-丘间:上部为灰、深灰色泥晶灰岩,下部为灰、深灰色生屑藻粘结灰岩;④台缘丘-斜坡泥:上部为褐红色灰质泥岩,下部为灰、深灰色生屑藻粘结灰岩;⑤斜坡泥-台缘滩:上部为褐灰色亮晶含砾颗粒灰岩,下部为紫红、褐色灰质泥(图7)。

由图6可看出,微量元素 Sr/Ba 值绝大部分大于1,表明其属于正常的海水环境。由下往上比值变化可分为两段,从6 904.17~6 902.10 m井段,比值由3.819 5上升至6.062 6,反映了由台缘礁滩沉积演化为斜坡沉积。从6 902.10~6 898.06 m井段,比值由0.453 6上升至7.899 4,再次反映了海平面小幅的上升。其中,有3个数据小于1,可能是滩相沉积时受到了大气淡水的作用。Th/U 值大部分在0.386 4~4.751 2,平均值为0.411 3,亦表示其主体处于还原环境。Cu/Zn 值变化较不大,基本上在1.107 2~1.652 9,有2个数据达到2.265,亦显示出其属于还原环境。

3.3 前缘斜坡相

该相带位于深水陆棚与浅水碳酸盐岩台地的过渡带,水体较深,长期位于浪基面之下,碎屑物质堆积在斜坡上,粒度变化较大。岩石类型以泥粒灰岩、粒泥灰岩、粘结岩及生屑-砂屑灰岩为主,生屑以藻类及小型、薄壳类生物屑为主。微相类型以 MF1-2 为主。

玉北6A,玉北9,玉北10和玉北13井等恰尔巴克组钻遇该相。岩石类型以褐灰色、灰色、深灰色、少量紫红色(含)生屑粒泥灰岩、泥粒生屑灰岩、泥粒灰岩、生屑-砂屑灰岩等为主。(含)生屑粒泥灰岩的矿物成分:方解石80%~100%,少量白云石,黄铁矿小于1%;结构

组分:生屑18%~22%,灰泥质78%~82%;分选一般,磨圆差,生屑大多较破碎,以棘皮类和介形虫为主,见少量的三叶虫。泥粒生屑灰岩以灰泥支撑,灰泥含量约30%,生屑含量可高达70%,生屑颗粒0.05~0.2 mm,不均匀分布在泥晶基质中,生屑分选较差-中等、破碎严重,主要为介形虫、腹足类、棘皮类、三叶虫,腕足类,轮藻,葛万菌团块局部较为常见,粗枝藻罕见。

GR与电阻率曲线分别为钟形与漏斗状,两者组合呈典型的“八字型”,其值变化大。地震波组具有振幅中等-强、同相轴连续性中等-好、频率中等-高、平行内部结构和席状外形的反射特征。

3.4 陆棚相

该相位于浪基面以下、氧化界面之上,水域宽广,水动力能量较低。其物质由远洋浮游生物及由风暴、等深流等带来的细碎屑组成。其碳酸盐岩岩石类型以灰泥灰岩为主,少量内碎屑泥粒灰岩和微角砾岩。因缺乏岩心资料,故该相的识别主要是根据岩电特征、古生物及测井资料等。

玉北6A、玉北9、玉北10和玉北13井等却尔却克组钻遇该相。岩性主要为灰色、深灰色、少量紫灰、紫红色含灰质泥岩、泥岩、粉砂质泥灰岩夹薄层灰泥灰岩、泥粒灰岩与灰质团块。

4 沉积模式及其演化规律

4.1 沉积模式

通过以上分析,归纳出玉北地区晚奥陶世的沉积模式(图8)。皮山北2井以西为斜坡-陆棚,皮山北2井往东经玉北8、玉北4至玉北7井,为向北U型开口的台地边缘与开阔台地,其中,玉北4井台内滩亚相发育;玉北7-玉北5-玉北9井沉积相分别为台地边缘-前缘斜坡-陆棚。

4.2 沉积演化规律

通过玉北地区奥陶纪地层沉积特征的研究,并与柯坪、巴楚地区露头剖面及中央隆起带探井的对比分析,认为中奥陶世晚期发生的加里东中期I幕构造运动,使得早期统一的塔西碳酸盐岩台地发生解体,玉北地区中西部与巴楚-塔中地区主体一块急剧隆升成陆、暴露、剥蚀,不仅一间房组被剥蚀殆尽、鹰山组亦遭受不同程度的剥蚀,而且沉积缺失了恰尔巴克组及良里塔格组底部;东部与塘古孜巴斯-古城墟地区一道强烈下沉为凹陷,接受了作为塔里木盆地级地层划分对比标志层——恰尔巴克组的沉积。晚奥陶世中期

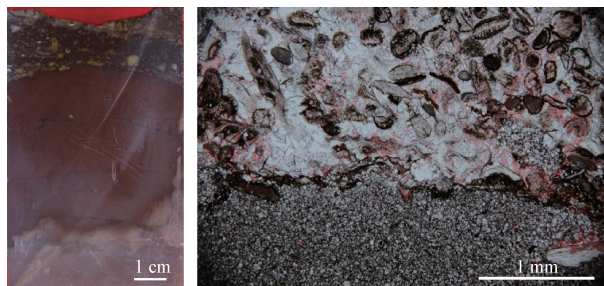


图7 玉北地区皮山北2井良里塔格组斜坡泥-台缘生屑滩微相组合(埋深6 901.85 m)

Fig.7 Microfacies assemblage of slope shale-marginal-platform shoal with bioclastics in the Lianglitage Formation (6 901.85 m) in Well PSB2 of the Yubei area

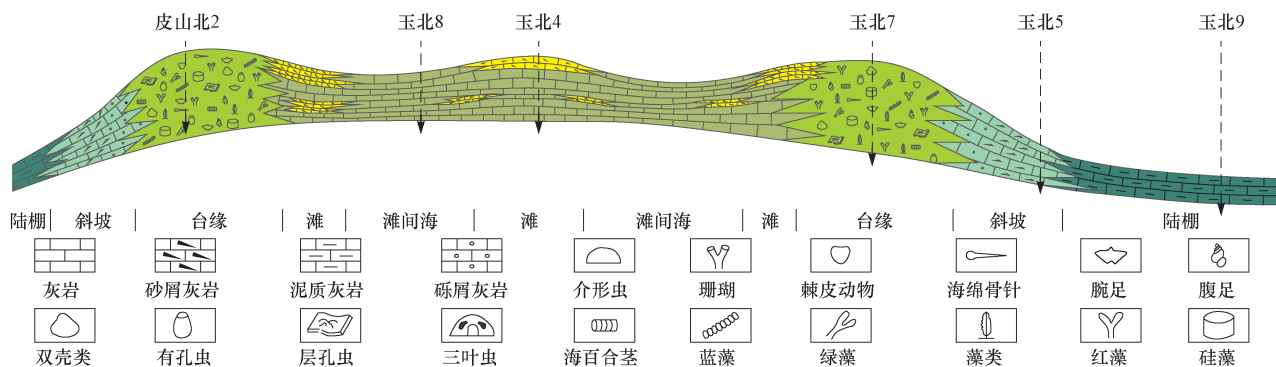


图 8 玉北地区晚奥陶世中晚期沉积模式

Fig. 8 Sedimentation pattern of the Upper Ordovician during the Katian-Hirnantian Age in the Yubei area

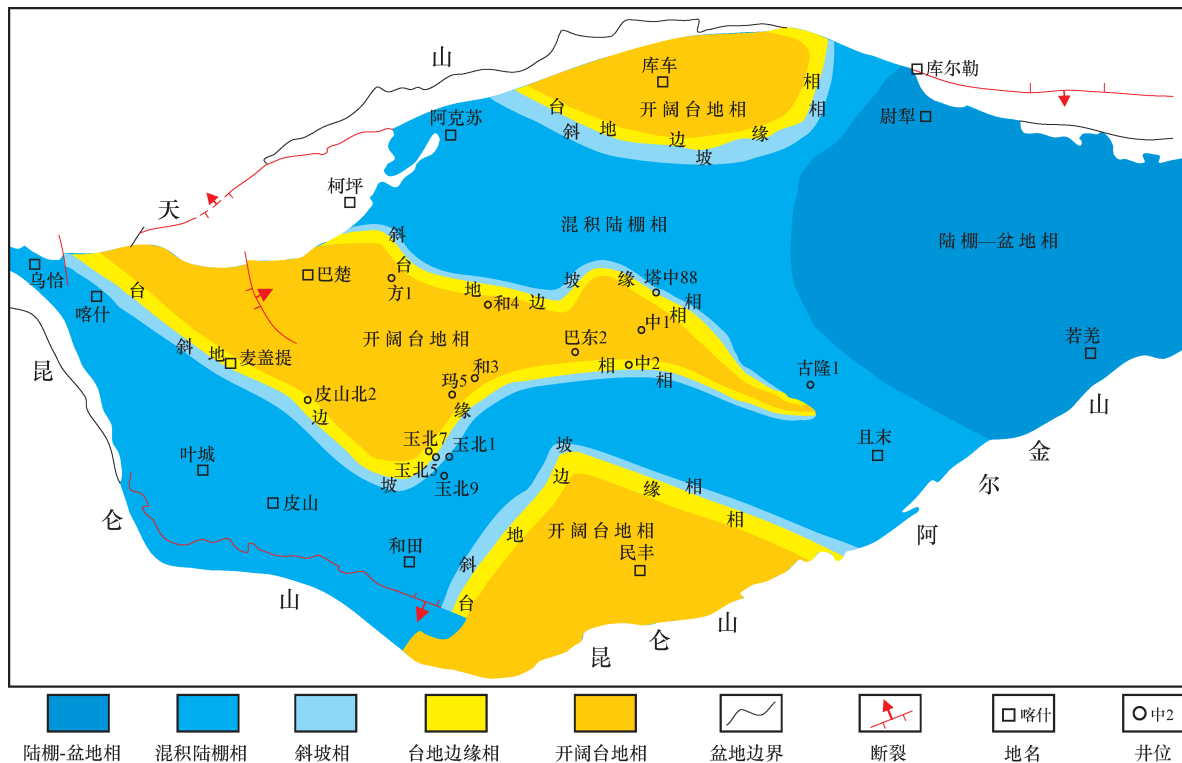


图9 塔里木盆地晚奥陶世中晚期沉积相平面分布

Fig. 9 Plane view distribution of the sedimentation facies in the Upper Ordovician during the Katian-Hirnantian Age, Tarim Basin

(良里塔格组沉积早期)初始,构造背景由强烈挤压逐渐演变弱伸展环境,玉北中西部-巴楚-塔中构成的中央隆起区处于剥蚀或无沉积状态,皮山北2、玉北8、玉北4三口探井揭示,良里塔格组具有“底缺顶剥”的特征,地层对比至少缺失了 *Beltoniodus alobatus* 带、*Belodina compressa* 带,可能还包括 *Phragmodius undatus* 带的下部。东部凹陷区持续下沉,由恰尔巴克组的泥粒灰岩、(含)生屑粒泥灰岩等演变为大套泥岩夹粒泥灰岩薄层或灰质团块。随着海水不断地由东往西浸入,到 *Belodina confluens* 带或 *Yaoxinagnathus neimongguensis* 带初期,中西部平台区被海水快速淹没,碳酸盐岩台地获得再生(图9),并产出 *Yaoxinagnathus neimon-*

guensis 带^[2]。东部凹陷区仍在持续下沉,以大套的灰色、深灰色泥岩占绝对优势,产典型的营漂浮生活的、具有指示陆棚-盆地相意义的几丁虫化石。晚奥陶世中期末发生的加里东中期Ⅱ幕构造运动,结束了塔里木盆地整个奥陶纪的碳酸盐岩台地发育史,全区演化为陆棚-盆地相。

5 结论

1) 玉北地区上奥陶统恰尔巴克组、良里塔格组碳酸盐岩共划分为 8 种微相:生屑-岩屑泥粒灰岩、异地生屑泥粒灰岩、生物潜穴生屑泥粒灰岩、核形石-鲕粒

砾状灰岩、含同心鲕的鲕粒颗粒灰岩、含集合粒颗粒灰岩、含丰富底栖棘皮类的生屑颗粒灰岩与窗格泥粒灰岩。

2) 玉北地区晚奥陶世属弱镶边碳酸盐岩台地型沉积,发育开阔台地、台地边缘、前缘斜坡及陆棚相沉积,碳酸盐岩台地呈向北开口的宽“U”字型,玉北7井与皮山北2井分别位于东、西两个台地边缘上,该台缘属中央隆起区南侧台缘的西延部分。

3) 该区沉积环境的演变严格受区域构造控制。中奥陶世末发生的加里东中期I幕构造运动导致统一的塔西碳酸盐岩台地解体,玉北中西部与巴楚-塔中地区隆升成陆,并遭受强烈剥蚀;玉北东部与塘古孜巴斯-古城墟地区沉降为凹陷;晚奥陶世中期初,构造背景由强烈挤压逐渐演变弱伸展环境,玉北中西部与巴楚-塔中地区再度演化为碳酸盐岩台地;晚奥陶世中期末发生的加里东中期II幕构造运动,结束了塔里木盆地奥陶纪碳酸盐岩台地的发育史。

参 考 文 献

- [1] 何治亮,陈强路,钱一雄,等. 塔里木盆地中央隆起区油气勘探方向[J]. 石油与天然气地质,2006,27(6):769-778.
He Zhiliang, Chen Qianglu, Qian Yixiong, et al. Hydrocarbon exploration targets in central uplift area of Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(6): 769-778.
- [2] 成俊峰,王虹,武涛,等. 塔里木盆地玉北地区奥陶系牙形石生物地层初步研究[J]. 新疆地质,2013,31(增刊):21-27.
Cheng Junfeng, Wang Hong, Wu Tao et al. A preliminary study on the Ordovician condont biostratigraphy in Yubei Region, Tarim Basin [J]. Xinjiang Geology, 2013, 31(Sup): 21-27.
- [3] 蔡习尧,赵丽娜,李慧莉,等. 麦盖提斜坡上奥陶统良里塔格组的确认及其意义[J]. 新疆石油地质,2015,36(3):351-356.
Cai Xiyao, Zhao Lina, Li Huili et al. Confirmation and significance of Lianglitage Formation of Upper Ordovician in Maigaiti Slope, Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2015, 36(3): 351-356.
- [4] 邱华标,谭广辉,曹自成,等. 塔里木盆地玉北地区构造演化与油气聚集关系[J]. 新疆地质,2013,31(增刊):28-33.
Qiu Huabiao, Tan Guanghui, Cao Zicheng et al. Tectonic evolution and its relation to hydrocarbon accumulation in Yubei Area, Tarim Basin[J]. Xinjiang Geology, 2013, 31(Sup): 28-33.
- [5] 张谦,黄文辉,丁文龙,等. 玉北地区奥陶系碳酸盐岩碳氧同位素特征及成岩环境分析[J]. 西安石油大学学报(自然科学版),2015,30(5):20-30.
Zhang Qian, Huang Wenhui, Ding Wenlong et al. Analysis of carbon and oxygen isotopic characteristics and diagenetic environment of Ordovician carbonate rock in Yubei area[J]. Journal of Xian Shiyou University (Natural Science Edition), 2015, 30(5): 20-30.
- [6] 林水城,傅恒,曾毅. 塔里木盆地玉北地区奥陶系层序界面识别及特征[J]. 新疆地质,2014,32(2):219-224.
Lin Shuicheng, Fu Heng, Zeng Yi. Recognition and the character of sequence boundary of Ordovician in Yubei area of Tarim Basin[J]. Xinjiang Geology, 2014, 32(2): 219-224.
- [7] 蔡习尧,马宇驰,陈跃,等. 塔里木盆地中央隆起区恰尔巴克组与一间房组分布及意义[J]. 石油实验地质,2015,37(5):591-598.
Cai Xiyao, Ma Yuchi, Chen Yue, et al. Distribution and significance of the Ordovician Qrebake and Yijianfeng Formations in the Central Uplift of the Tarim Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2015, 37(5): 591-598.
- [8] 余素玉. 化石碳酸盐岩[M]. 北京:地质出版社,1982:1-137.
Yu Suyu. Fossil carbonate[M]. Beijing: Geology Press, 1982: 1-137.
- [9] 包洪平,杨承运. 碳酸盐岩微相分析及其在岩相古地理研究中的意义[J]. 岩相古地理,1999,19(6):59-64.
Bao Hongping, Yang Chengyun. Carbonate microfacies analysis and the significance in the sedimentary facies and palaeogeography[J]. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 1999, 19(6): 59-64.
- [10] 刘涛,章文忠,杨忠宝,等. 新疆阿合奇地区哈拉奇组、康克林组碳酸盐岩微相特征和沉积环境[J]. 地质通报,2014,33(1):60-70.
Liu Tao, Zhang Wenzhong, Yang Zhongbao, et al. The carbonate microfacies and sedimentary environment of Karaqi Formation and Kangkelin Formation in Akqi area, Xinjiang[J]. Geological Bulletin of China, 2014, 33(1): 60-70.
- [11] Dunham RJ. Classification of carbonate rocks according to depositional texture[M]. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 1962:108-121.
- [12] 威尔逊 JL. 地质历史中的碳酸盐岩[M]. 北京:地质出版社,1981:1-80,291-365.
Wilson, J. L. Carbonate facies in geologic history. Beijing: Geologic Press 1981: 1-80, 295-365.
- [13] 弗吕格尔. 埃里克. 碳酸盐岩微相:分析、解释及应用[M]. 马永生,主译. 北京:地质出版社,2006:1-696.
Flügel E. Microfacies of carbonate rocks analysis, interpretation and application[M]. Translated by Ma Yongsheng, Beijing: Geology Press, 2006: 1-695.
- [14] 刘忠宝,张福顺,高山林,等. 塔里木盆地麦盖提斜坡奥陶纪地层划分对比及意义[J]. 世界地质,2016,35(3):708-716.
Liu Zhongbao, Zhang Fushun, Gao Shanlin, et al. Ordovician stratigraphic divisions and correlation of Maigaiti slope in Tarim Basin and its significance[J]. Global Geology, 2016, 35(3): 708-716.
- [15] 王大锐,白玉雷,贾承造. 塔里木中、上奥陶统碳同位素组成正向偏移的石油地质学意义[J]. 石油勘探与开发,1998,25(4):15-16.
Wang Daru, Bai Yulei, Jia Chengzao. The petroleum geological significance of carbon isotopic positive anomaly of the Middle-Upper Ordovician in Tarim Basin, Northwest China[J]. Petroleum Exploration and Development, 1998, 25(4): 15-16.
- [16] 王建坡,马璐,张园园,等. 塔里木板块塔中地区上奥陶统良里塔格组的生物礁类型[J]. 微体古生物学报,2013,30(3):228-238.
Wang Jianpo, Ma Lu, Zhang Yuanyuan, et al. Reef types of the Upper Ordovician Lianglitage Formation in the central high, Tarim Block, NW China[J]. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2013, 30(3): 228-238.

(编辑 张玉银)