

塔里木盆地玉北地区 奥陶系沉积相与沉积演化模式

罗少辉¹, 李九梅^{2,3}, 张旭光¹, 张长建¹, 岳勇¹

(1 中国石化西北油田分公司勘探开发研究院)

(2 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室; 3 中国石油大学盆地与油藏研究中心)

摘要 在塔里木盆地玉北地区奥陶系层序地层格架建立的基础上,通过对岩心、钻井、测井、地震及古生物等相关资料分析,以地震地层学和海相碳酸盐岩沉积模式为指导,对玉北地区奥陶系沉积相进行详细的研究,结果表明研究区奥陶系可划分为台地潮坪、局限台地、开阔台地、台地边缘、陆架内缘斜坡和陆棚等6种沉积相,并明确了研究区奥陶纪各期沉积相平面展布特征,总结了纵向上的沉积演化规律为:早奥陶世早期发育台地潮坪相;早奥陶世晚期随着海平面的持续缓慢上升,过渡为局限台地相;中奥陶世演化为开阔台地相;晚奥陶世早期演变为斜坡相,至晚奥陶世中晚期则发育陆棚相沉积体系。综合考虑古地理沉积环境、沉积相平面组合规律及控制因素,建立了玉北地区奥陶系沉积演化模式。

关键词 塔里木盆地; 玉北地区; 奥陶系; 沉积相; 沉积演化; 沉积模式

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

1 引言

玉北地区位于塔里木盆地麦盖提斜坡构造单元东段(图1),目前该区勘探程度较低,基础研究薄弱,尤其是在奥陶系地层格架、沉积相研究方面,前人虽对玉北地区的层序格架^[1-3]和巴楚—麦盖提地区的奥陶系碳酸盐岩沉积特征及模式^[4]进行过总结,但是缺乏对玉北地区奥陶系沉积相与沉积演化模式的系统论述。本文研究区主要范围是东至玛参1井、北至古董1井、西至皮山北2井、南至皮山北新1井—玉东4井(图1),旨在利用区内已有的钻井、测井、地震等资料,结合目前碳酸盐岩沉积相研究的最新进展,讨论玉北地区奥陶系沉积相的特征及其平面展布与演化,并建立该区奥陶系碳酸盐岩沉积相模式,以期为下一步的勘探提供理论依据。

2 区域地质背景

塔里木盆地是经多期构造运动叠加的复合盆

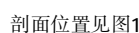
地,经历了加里东中期、海西期、印支—燕山期和喜马拉雅期等构造运动^[5-14]。玉北地区及邻区发育多期不整合^[14-15],不整合的形成受控于和田古隆起的迁移演化和麦盖提斜坡的构造反转。受其影响,中生界在玉北地区整体缺失,古生界的志留系、泥盆系大部分缺失。

受加里东中期 I 幕构造运动的影响,玉北地区沿玉北7井—胜和2井一线(位置见图1)出现东西分异,东部下沉,中西部隆升;加里东晚期—海西早期,和田古隆起在玉北地区持续隆升,根据和田古隆起的演化特征^[16],可将玉北地区划分为东部断褶区、中部平台区和西部斜坡区(图1)。东部断褶区发育鹰山组—一间房组—恰尔巴克组—却尔却克组地层序列(如图2中的玉北5井,表1),断隆带高部位缺失中、上奥陶统(如图2中的玛东1井、玉北7井,表1)。中部平台区和西部斜坡区奥陶系发育鹰山组—良里塔格组地层序列。中部平台区奥陶系的上覆地层为石炭系巴楚组,西部斜坡区奥陶系的上覆地层为志留系—泥盆系(表1)。

收稿日期: 2016-12-27; 改回日期: 2017-06-19

本文受中国石化先导项目“塔里木盆地塔中、玉北油气富集规律研究与突破目标”(编号:2013KTXD01)资助

罗少辉: 1979年生,工程师,2009年获中国地质大学(武汉)矿产普查与勘探专业硕士学位,目前主要从事油气勘探工作。通讯地址: 830011 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市长春南路466号; E-mail: luoshaohui1@163.com



克组在平台区的大部分地区缺失;玉北地区东部断褶区为过渡相,奥陶系分为3统5组,即下奥陶统蓬莱坝组、鹰山组、中奥陶统一间房组、上奥陶统恰尔巴克组与却尔却克组。过渡相区的却尔却克组与台地相区的良里塔格组和桑塔木组为同期异相沉积。

表 1 塔里木盆地玉北地区奥陶系及上覆地层分区划分对比

地 层		台 地 相 区			过 渡 相 区 (东部)		
		纵向序列	西部斜坡区	中部平台区	纵向序列	东部断褶区	
						断洼区	断隆区
志留系—石炭系		上覆地层	志留系—泥盆系	石炭系	上覆地层	石炭系	石炭系
奥陶系	上统	桑塔木组			却尔却克组		
		良里塔格组					
		恰尔巴克组			恰尔巴克组		
	中统	一间房组			一间房组		
	下统	鹰山组			鹰山组		
		蓬莱坝组			蓬莱坝组		

泥岩

粉砂岩

石灰岩

泥质灰岩

白云岩

地层缺失

3 玉北地区沉积相类型及特征

玉北地区奥陶系沉积相研究主要依据岩性组合(岩心观察、薄片鉴定),结合测井相、地震相进行划分。根据重点井沉积相及地震剖面地震相分析,识别出台地潮坪、局限台地、开阔台地、台地边缘、陆架内缘斜坡和陆棚等6种沉积相,主要发育潮上坪、潮间坪、障壁丘(滩)、潟湖、台内滩、滩间海、台缘礁(丘)、台缘滩、沉积型缓斜坡和浅水混积陆棚等10种亚相,各亚相的岩性微观特征见图3。

(1)台地潮坪

玉北地区早奥陶世受晚寒武世构造格局的影响,古地形较平坦,水体循环不畅,能量较低,盐度偏高,生物种类单调、稀少,以台地潮坪相沉积为主,台地潮坪分为潮上坪和潮间坪。玉北5井蓬莱坝组及鹰山组底部揭示了台地潮坪相及其内部各亚相的沉积特征,潮上坪亚相以(膏质)白云岩、泥质白云岩和白云质泥岩为主,发育膏质白云岩坪、白云岩坪、泥质白云岩坪和白云质泥坪等微相;潮间坪亚相主要为灰质白云岩、白云质灰岩、白云岩,可识别出灰质白云岩坪、灰坪、隐藻发育的藻坪等微相。取心段发现多层量大的碴状层、钙结壳及渗流豆石等古暴露标志(图3a)。碴状层是指弱固结或半固结的碳酸盐岩沉积物,由于陆上暴露、干缩、碎解或成土,原始层理已被破坏的一种无层理或层理不清、具碎屑结构的一种岩石^[17]。

(2)局限台地

根据水动力条件、岩性组合、沉积构造特征,局限台地相又可进一步划分为障壁丘(滩)、潟湖2种亚相。局限台地相主要发育于下奥陶统蓬莱坝组和鹰山组下部。障壁丘(滩)亚相在下奥陶统蓬莱坝组和鹰山组均有发育,台内滩的岩石类型主要为(残余)

颗粒白云岩、夹细晶—中晶白云岩,残余颗粒有砂屑、砾屑、鲕粒等。颗粒分选好,磨圆程度高。这在玉北5井蓬莱坝组、鹰山组底部均有揭示(图3b)。

玉北3井在中下奥陶统鹰山组5 229~5 303 m发育局限台地潟湖亚相沉积,岩性以灰色灰质粉细晶白云岩、白云质泥晶灰岩为主,夹薄层泥质灰岩、粉晶白云岩,局部见弱的水平层理,整体上反映出水体循环较差的环境(图3c)。

(3)开阔台地

根据沉积物特征,可细分为台内滩亚相、台内(礁)丘亚相及滩间海亚相,其中台内生物(礁)丘亚相在玉北地区不发育。

台内滩亚相在鹰山组、一间房组及良里塔格组均较发育,典型的分别为玉北9井、玉北1井、玉北2井中的鹰山组(图3d)、一间房组,及玉北4井中的良里塔格组,岩性以灰色亮晶砂屑灰岩、亮晶含砾屑砂屑灰岩为主。

滩间海亚相在中下奥陶统鹰山组与上奥陶统良里塔格组均广泛发育,如玉北4井、皮山北2井、玉北6A井(图3e)等。岩性主要以低能沉积的泥晶灰岩、含藻屑泥晶灰岩及泥质灰岩为主,局部夹含砂屑泥晶灰岩、砂屑泥晶灰岩。局部可见白云石化和黄铁矿晶体。说明整体上水体的能量较低,水体循环较好,处于低洼区。

(4)台地边缘

台地边缘相带面向广海,背靠开阔海台地,水浅,能量高,粒屑滩、生物礁发育良好,颗粒类型和生物化石十分丰富。该相可细分为台缘礁(丘)与台缘滩两种亚相类型。

生物礁(丘)亚相见于皮山北2井良里塔格组(图3f),古生物有藻类、苔藓虫、海绵、棘皮类、腕足类和三叶虫化石碎片,偶见珊瑚碎片,造礁(丘)生物以藻

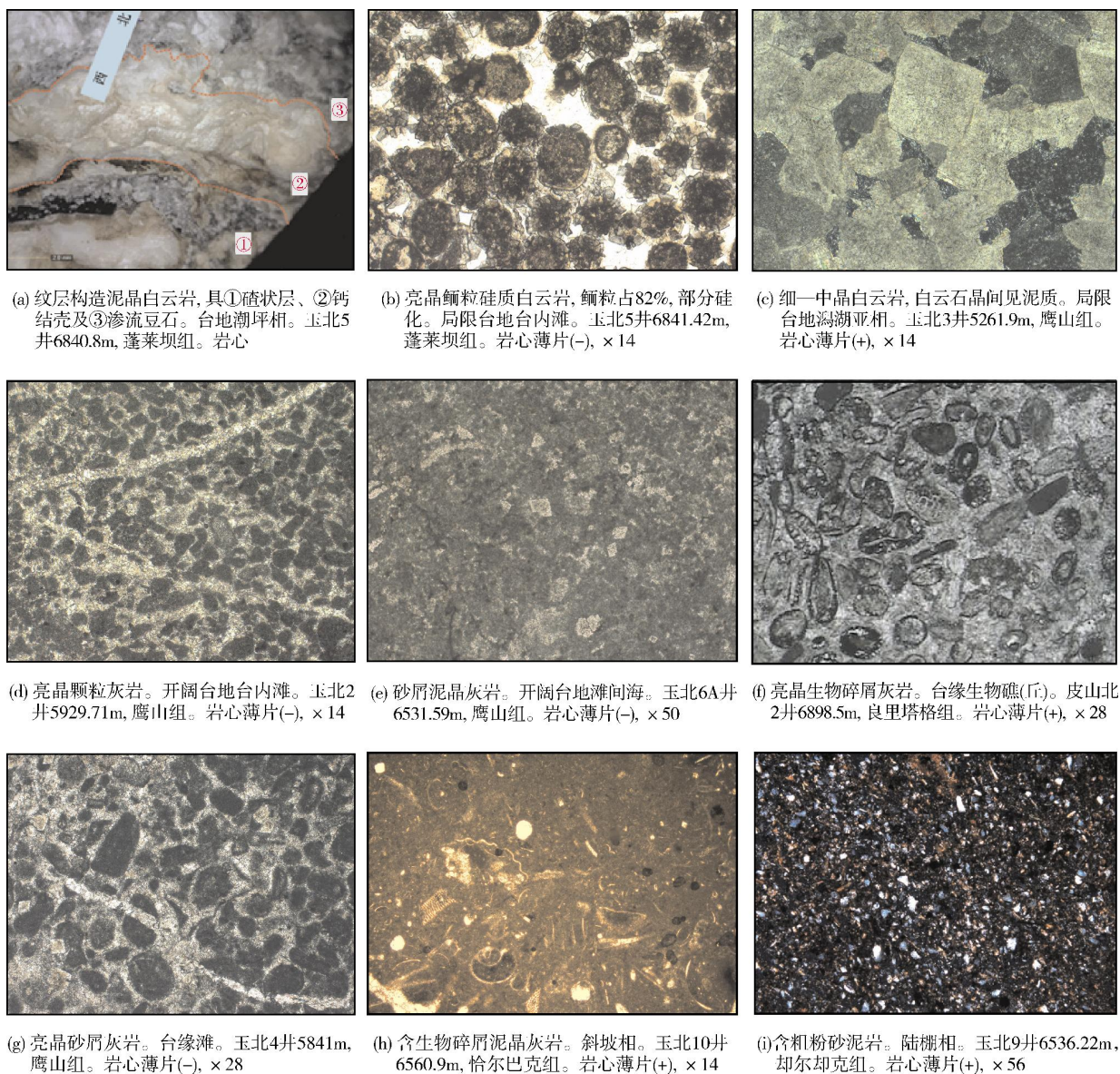


图3 塔里木盆地玉北地区奥陶系碳酸盐岩岩相类型

类与苔藓虫为主。

台缘滩亚相见于皮山北2井、玉北4井中的鹰山组(图3g),以砂屑滩为主,有少量的生物碎屑滩。砂屑滩岩性主要为亮晶含砾砂屑灰岩、砂屑灰岩及含生物碎屑砂屑灰岩。生物碎屑滩岩性以亮晶生物碎屑灰岩为主,见大量的棘皮类、三叶虫、介形虫、腕足、苔藓虫和少量的粗枝藻。

(5) 陆架内缘斜坡

斜坡相可划分为沉积型缓斜坡与断崖型陡斜坡。其中沉积型缓斜坡在玉北东部断洼区的恰尔巴

克组广泛见及,岩性主要为灰色、深灰色含生物碎屑泥晶灰岩、泥晶生物碎屑灰岩及泥晶灰岩等(图3h),发育水平层理和水平虫迹。在中西部的皮山北2井良里塔格组亦见及,岩性以紫红色灰质泥岩为主。

(6) 陆棚

根据沉积物特征及其所反映的水体深度,可以进一步分为浅水混积陆棚和较深水陆棚两种亚相。其中浅水陆棚亚相在玉北东部断洼区的却尔却克组中广泛见及,岩性主要为大套的灰色、深灰色泥岩、粉砂质泥岩夹少量泥质粉砂岩及泥(晶)灰岩(图3i)。

4 玉北地区奥陶系沉积相平面相带划分

4.1 早中奥陶世沉积相平面相带划分

(1)早奥陶世早期 整个塔里木盆地的沉积相带在平面上沿北东—南西向展开,东北角为半深海盆地相,向西南依次发育斜坡相、台缘相、开阔台地相、局限台地相和台地潮坪相。玉北地区地势十分平坦,主体为台地潮坪相,沉积物以结晶白云岩、灰质白云岩为主,生物较贫乏。玉北地区自西南向东北方向发育潮上—潮间带、潮间—潮下带(图4a)。

(2)早奥陶世晚期 玉北地区地势仍然十分平坦,随着海平面的持续缓慢上升,沉积环境由台地潮坪逐渐演化为局限台地(图4b),沉积物由白云岩、灰质白云岩逐渐演变为白云质灰岩与石灰岩,见少量的广盐类生物。

(3)中奥陶世早期 沉积格局具有继承性,但塔里木盆地的海平面上升速率开始大于碳酸盐的生长速率,玉北地区的沉积环境由局限台地相逐渐演变为开阔台地相,且以滩间海沉积为主,台内滩仅分布于玉北7井—玉北5井—玉北1井等井区,多为中低能滩,局限台地与开阔台地之间存在台内的次级缓坡(图4b)。

(4)中奥陶世晚期 玉北地区以开阔台地相沉积为主。因后期剥蚀,残存的一间房组分布区主要为东部的断洼区(图4c)。

4.2 晚奥陶世沉积相平面相带划分

(1)晚奥陶世早期 由于加里东中期 I 幕构造运动影响,塔里木盆地的古地理格局由先前的东盆西台演变为南北凹凸相间。而玉北地区则表现为东西分异,大致以玉北7井—胜和2井一线为界,东部与塘古孜巴斯坳陷融为一体,发生强烈的下降,沉积了斜坡相的哈尔巴克组;中西部平台区与巴楚—塔中地区主体一起剧烈地上升,不仅沉积中缺失了哈尔巴克组,而且还将一间房组剥蚀殆尽(图4d)。

(2)晚奥陶世中期(良里塔格组沉积期) 由于加里东中期 I 幕构造运动影响,塔里木盆地古地理格局发生巨大变化,形成了巴楚—麦盖提中西部—卡塔克统一的碳酸盐岩台地,麦盖提东部—塘古巴斯快速下沉为坳陷,演化成陆棚—盆地相区,大致沿玛4井—玉北7井—胜和2井—皮山北2井一线为台地边缘相,玉北中西部平台区则以开阔台地沉积为主(图4e)。

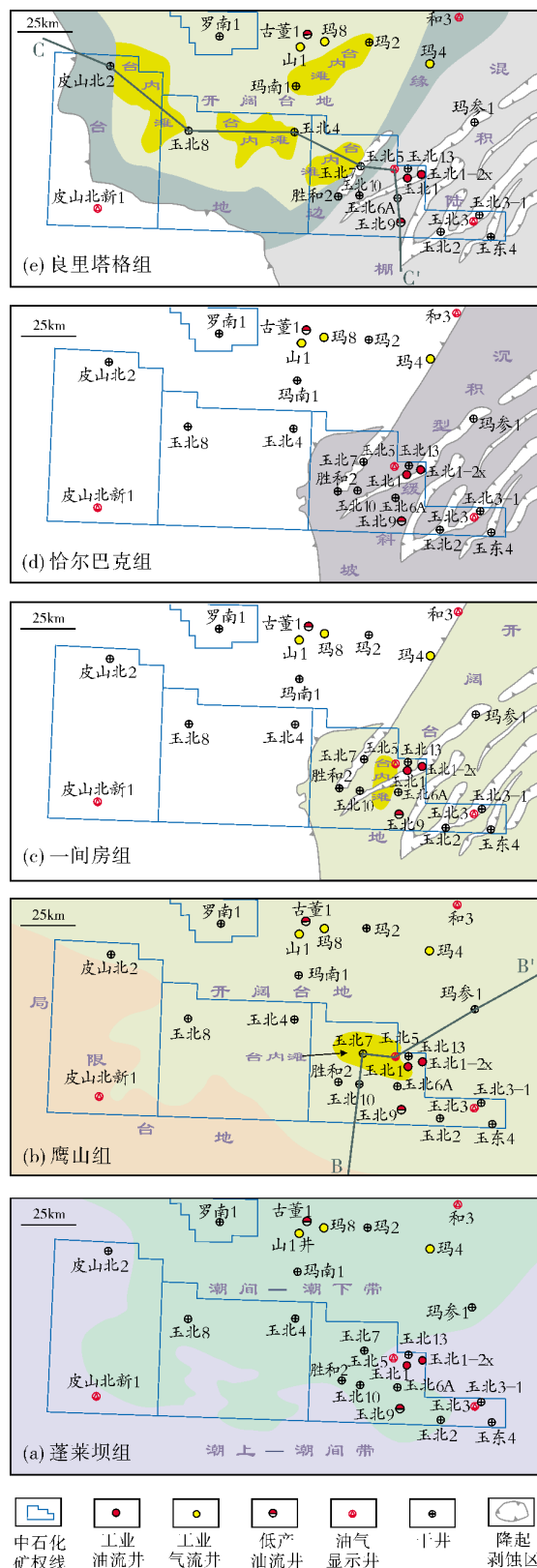


图4 塔里木盆地玉北地区奥陶系沉积相演化图

(3)晚奥陶世晚期(桑塔木组或却尔却克组沉积期) 随着海平面的快速上升,沉积格局再次发生显著变化;巴楚—麦盖提中西部—卡塔克统一台地,不断由东往西被淹没而收缩,直至消亡;取而代之的是面积广阔的混积陆棚沉积体系;晚奥陶世末期,受构造作用影响,塔中地区快速隆升成陆,遭受剥蚀。

5 沉积演化规律及沉积相发育模式

钻井及地震剖面资料证实:玉北地区奥陶纪沉积在晚寒武世—中奥陶世中期,海平面不断上升,沉积相依次为台地潮坪相→局限台地相→开阔台地相;中奥陶世晚期,受加里东中期 I 幕构造运动的影响,玉北地区发生强烈的差异升降运动,东部由台地演化为陆棚,并与塘古孜巴斯坳陷融为一体,中西部隆升成陆,与巴楚—塔中隆起一块遭受强烈剥蚀(图 4c);晚奥陶世中期—晚期,沉积相依次为开阔台地相→斜坡相→陆棚相;晚奥陶世末期,受加里东中期 II 幕构造运动的影响,出现大规模的海退,玉北地区

大面积隆升而成为剥蚀区,结束了本区晚寒武世—奥陶纪的沉积演化史。

在对玉北地区下奥陶统鹰山组、良里塔格组沉积相分布特征分析的基础上,根据岩石学、沉积结构和古构造特征以及沉积相在纵横向剖面上的组合变化,本次研究建立了玉北地区早中奥陶世、晚奥陶世中期的沉积相模式(图5)。

早中奥陶世,玉北地区及邻区属于碳酸盐岩台地沉积体系。据塔西南野外露头揭示,下奥陶统整体上属于陆地边缘相区滨浅海沉积,向北延伸至碳酸盐岩台地相区,主要以局限台地、开阔台地为主,玉北地区开阔台地内部发育滩间海、台内滩、台内丘沉积(图 5a,古城4井位于研究区之外);晚奥陶世中期,研究区属于台棚相间沉积体系,良里塔格组在玉北地区局限分布,从南到北依次为陆棚→斜坡→台地边缘→开阔台地→台地边缘→斜坡→陆棚(图5b),在台地边缘上以粒屑滩沉积为主,局部可能发育有生物礁、灰泥丘,开阔台地以台内滩和滩间海沉积为主。

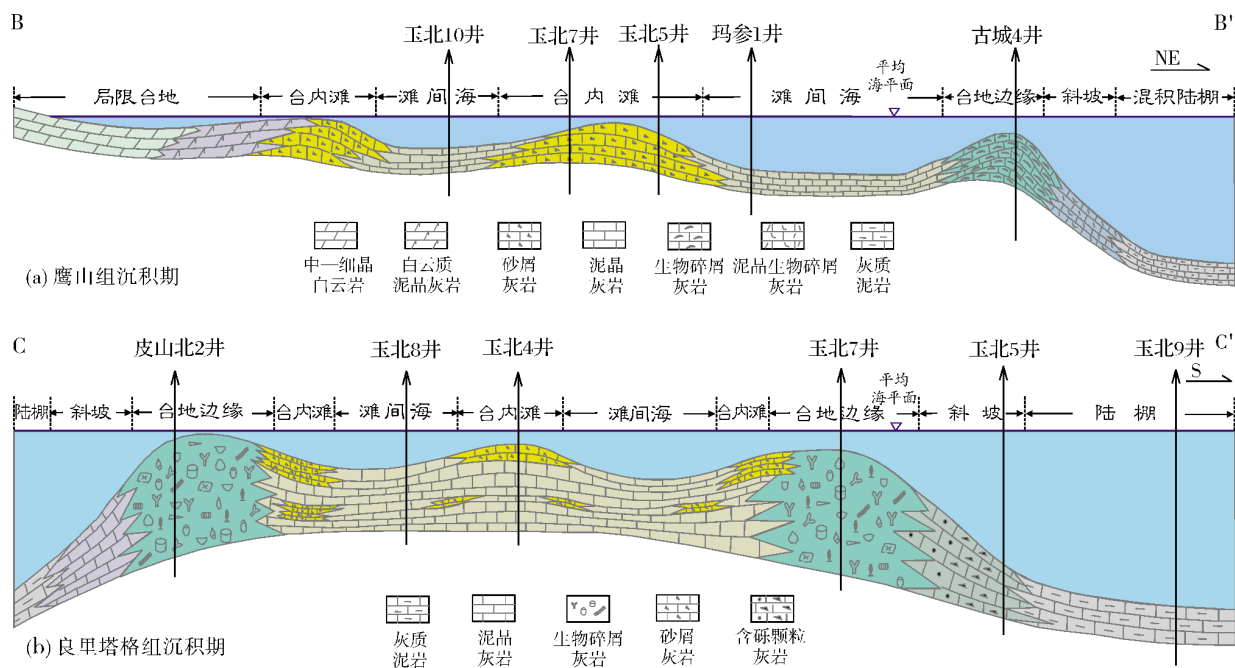


图5 塔里木盆地玉北地区沉积相模式

B—B'剖面位置见图4b; C—C'剖面位置见图4e

6 结论

(1)塔里木盆地玉北地区奥陶系碳酸盐岩可分为中西部台地相区与东部过渡相区,东部过渡相区

可进一步细分为东部断洼区与东部断隆区。各个地层分区的奥陶系发育模式以及后期遭受的剥蚀程度不同。

(2)通过对岩心观察,钻井、测井及地震等资料

的综合研究,表明玉北地区奥陶系发育台地潮坪、局限台地、开阔台地、台地边缘、陆架内缘斜坡和陆棚等6种沉积相类型。

(3)早中奥陶世玉北地区属于碳酸盐岩台地沉积体系;中奥陶世晚期东部由台地演变为陆棚,中西部隆升成陆;晚奥陶世早期属于台棚相间沉积体系;晚奥陶世中期,沉积相由南向北依次为陆棚→斜坡→台地边缘→开阔台地→台地边缘→斜坡→陆棚;晚奥陶世末海退,造成玉北地区大面积隆升而成为剥蚀区。

致谢:本文得到过中石化西北油田分公司专家余腾孝、中石化勘探开发研究院蔡习尧博士的指导和帮助,在此表示感谢。

参考文献

- [1] 姜欢,傅恒,林水城,等.塔里木盆地玉北地区奥陶系层序地层研究[J].天然气技术与经济,2014,8(5): 1-4.
- [2] 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.
- [3] 钱一雄,余腾孝,周凌方,等.麦盖提斜坡东部构造带奥陶系岩相、成岩作用带与储层成因[J].石油与天然气地质,2014,35(6): 870-882.
- [4] 刘忠宝,高山林,刘士林,等.塔里木盆地巴楚—麦盖提地区奥陶系碳酸盐岩沉积特征及模式[J].中南大学学报:自然科学版,2015,46(11): 4165-4173.
- [5] 付建奎,张光亚,马郡,等.塔里木盆地巴楚地区构造样式与演化[J].石油勘探与开发,1999,26(5): 10-11.
- [6] 周鹏.塔里木盆地和田古隆起构造演化及油气关系[D].成都:成都理工大学,2002.
- [7] 黄泽光,吕俊祥,翟常博,等.塔里木盆地和田古隆起油气远景探讨[J].石油实验地质,2003,25(增刊): 543-547.
- [8] 刘高波,施泽进,余晓宇.巴楚—麦盖提的区域构造演化与油气分布规律[J].成都理工大学学报:自然科学版,2004,31(2): 157-161.
- [9] 孙玮,刘树根,徐国强,等.和田古隆起构造演化及油气分布[J].新疆石油地质,2004,25(2): 147-149.
- [10] 丁文龙,林畅松,漆立新,等.塔里木盆地巴楚隆起构造格架及形成演化[J].地学前缘,2008,15(2): 242-252.
- [11] 吕海涛,张仲培,邵志兵,等.塔里木盆地巴楚—麦盖提地区早古生代古隆起的演化及其勘探意义[J].石油与天然气地质,2010,31(1): 76-83,90.
- [12] 张仲培,刘士林,杨子玉,等.塔里木盆地麦盖提斜坡构造演化及油气地质意义[J].石油与天然气地质,2011,32(54): 909-919.
- [13] 陈刚,汤良杰,余腾孝,等.塔里木盆地玉北地区断裂构造差异变形及其控制因素[J].地球科学与环境学报,2015,37(3): 42-54.
- [14] 康玉柱,康志宏.塔里木盆地构造演化与油气[J].地球学报 中国地质科学院院报,1994,15(3/4): 180-191.
- [15] 何登发,贾承造,李德生,等.塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化[J].石油与天然气地质,2005,26(1): 64-77.
- [16] 丁文龙,漆立新,云露,等.塔里木盆地巴楚—麦盖提斜坡地区古构造演化及其对奥陶系储层发育的控制作用[J].岩石学报,2012,28(8): 2542-2556.
- [17] 蔡习尧,李慧莉,尤东华,等.塔里木盆地玉北5井下奥陶统蓬莱坝组沉积期的暴露标志及其意义[J].岩石学报,2016,32(3): 915-921.

编辑:黄革萍

Depositional Facies and Sedimentary Evolution Model of Ordovician in Yubei area, Tarim Basin

Luo Shaohui, Li Jiumei, Zhang Xuguang, Zhang Changjian, Yue Yong

Abstract: On the basis of the sequence stratigraphic framework, the sedimentation of Ordovician in the Yubei area of Tarim Basin was studied through the analysis of core, drilling, logging, seismic and palaeontological data. The results show that six sedimentary facies are developed during the Ordovician Period in the studied area, including platform tidal flat, restricted platform, open platform, platform margin, continental margin slope, and shelf. The lateral distribution of sedimentary facies of Ordovician Period were characterized respectively. The characteristics of vertical sedimentary evolution were summarized as follows: At the early stage of Early Ordovician the platform tidal flat facies were developed, and at the late stage, the transitional restricted platform were formed by sea-level rise continuously and gradually, then the open platform facies were developed at Middle Ordovician. At the early stage of Late Ordovician, the slope facies were developed, and at the late stage of Late Ordovician, the shelf depositional system was developed. By the comprehensive analysis of the lateral distribution and vertical evolution of Ordovician sedimentary facies, and the palaeogeographic sedimentary environment, and the controlling factors, the sedimentary evolution models of Ordovician in Yubei area were established.

Key words: Sedimentary facies; Sedimentary evolution; Sedimentary model; Ordovician; Yubei area; Tarim Basin
Luo Shaohui; MSc, Engineer. Add: 466 Changchun Nan Rd., Urumqi, Xinjiang, 830011, China