

文章编号: 1000-0550(2010) 05-0953-09

塔里木盆地东部寒武系白云岩储层及相控特征¹

邵龙义¹ 韩俊² 马锋³ 刘永福⁴ 许怀先³ 郭光辉³ 吉丛伟¹

(1 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院 北京 100083;

2 中国石油化工股份有限公司西北油田分公司勘探开发研究院 乌鲁木齐 830011

3 中国石油勘探开发研究院 北京 100083 4 中国石油塔里木油田分公司勘探开发研究院 新疆库尔勒 841000)

摘要 根据钻井岩心、薄片、物性等数据资料,对塔里木盆地东部寒武系白云岩储层特征进行分析,并探讨沉积相对储层形成的控制作用。塔东地区寒武系白云岩可分为交代白云岩及缝洞充填型白云岩两大类型,交代白云岩又可分为泥粉晶白云岩、细一中晶白云岩、粗晶白云岩以及角砾状白云岩等次级类型。白云岩的储集空间主要以晶间孔隙、溶蚀孔隙、缝合线孔隙和裂缝为主,裂缝起到了连通孔隙的作用,储集空间组合类型以裂缝—孔隙型为主。研究表明:交代白云岩具有明显的相控特点,东侧的英东—罗西一带的交代白云岩主要发育在内缓坡背景的台地边缘浅滩、开阔台地及潮坪相带,而在西侧的古城 4 井一带的交代白云岩以角砾状白云岩为主,发育于环边陆棚的礁前斜坡带。白云岩储层发育除受后期成岩作用(白云化作用、胶结作用、溶蚀作用)和断裂等因素影响外,主要受早期沉积相带的控制,内缓坡是储层发育的有利部位。

关键词 塔里木盆地东部 寒武系 白云岩储层 相控特征

第一作者简介 邵龙义 男 1964 年出生 沉积学和煤田地质学 E-mail: shao@cumt.edu.cn

中图分类号 P588.24⁵ **文献标识码** A

0 引言

碳酸盐岩广泛分布于各地质时代,约占沉积岩总面积的 20%^[1],世界上有大约三分之一的油气资源赋存在碳酸盐岩中,其中又有一半是在白云岩中^[2-3]。白云岩中的各种次生孔隙被认为是潜在的油气储集空间^[4-7]。塔里木盆地广泛发育着下古生界碳酸盐岩,其中寒武系和奥陶系中白云岩的厚度达 1 600 余米,且遍布盆地大部分地区,近年来的油气勘探证明,下古生界白云岩储层是目前该盆地深层最重要的勘探领域之一^[8-10]。正因为如此,许多专家学者对白云岩岩石学特征、白云化机理、储集性及油气勘探潜力等进行了系列研究^[11-14],但以前的研究多集中在塔北雅克拉、巴楚和塔中这几个已发现下古生界白云岩油气藏的地区,对于具有油气远景的塔里木盆地东部地区的寒武系白云岩研究相对较少^[15-17]。目前塔东地区有古城 4 井、古城 2 井、英东 2 井、米兰 1 井、罗西 1 井、塔东 1 塔东 2 井等多口钻井钻遇寒武系白云岩,部分钻井如塔东 2 井、古城 4 井、英东 2 井还见良好显示,罗西 1、米兰 1、古城 2 在寒武系白云岩中见沥青,说明塔东白云岩具有良好勘探潜力。

本文以这些钻井的岩心、薄片等资料为基础,对塔东寒武系白云岩储层和相控特征进行分析。

1 区域地质背景

塔东地区位于塔里木盆地东部,西北方向为满加尔凹陷,东南方向为塔南隆起,东北方向为英吉苏凹陷—罗西坡折,西南方向为古城鼻隆,近似呈一个北东南西向展布的条带状低凸起。在区域构造上,塔东地区主要受车尔臣大断裂、孔雀河两条边界大断层的控制(图 1)。中央隆起在区内可进一步划分为古城鼻隆和塔东低凸起两个次一级构造单元^[18]。

塔东地区经历了加里东、海西、印支、燕山和喜马拉雅等多期构造活动的改造,总体表现为早古生代拉张裂陷、晚古生代抬升剥蚀、中生代稳定沉降的特征,沉积时限达 800 Ma^[18,8]。塔东寒武系自下而上分为下寒武统西大山组—西山布拉克组、中寒武统莫合尔山组以及上寒武统突尔沙克塔格群中下部(图 2)。从钻井揭示岩性来看,下寒武统西大山组—西山布拉克组主要为泥岩和硅质岩为主,夹少量石灰岩和白云岩,硅质岩和泥岩中见大量分散状黄铁矿晶体和豆状黄铁矿结核;中寒武统莫合尔山组总体上碳酸

¹ 国家油气重大专项(编号: 2009ZX0509009-002)及中国石油勘探开发研究院“塔里木盆地寒武系白云岩储层特征与主控因素研究”项目资助。
收稿日期: 2010-05-20 收修稿日期: 2010-06-20

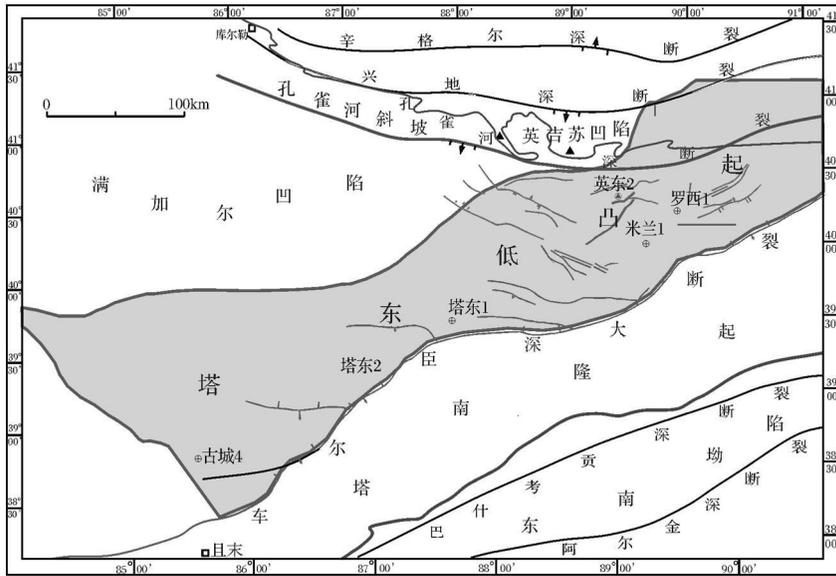


图 1 塔东地区位置及主要构造单元图

Fig 1 Them ap showing borehole beations and the main tectonic elements of the eastern Tarim Basin

盐岩增多, 泥岩相对减少, 说明相对下寒武统来说水体变浅, 除英东 2 井仍以泥岩为主外, 其他井多以碳酸盐特别是石灰岩为主; 上寒武统突尔沙克塔格群中下部是研究区主要的白云岩分布层位, 主要以白云岩和石灰岩为主, 夹少量泥岩, 镜下可见硅化残余鲕粒和圆环状排列的白云石, 叠层石及藻纹层常见。总的来看, 从下寒武统到中、上寒武统, 白云岩含量比例呈逐渐增大的趋势, 而泥质灰岩及泥岩的比例则逐渐降低, 白云岩化程度逐渐增加的趋势明显。

2 白云岩储集层特征

2.1 岩石学特征

塔东地区寒武系埋藏深, 分布广泛, 厚度较大, 由于时代较老, 经历沉积后成岩改造作用强烈, 所以其岩石类型复杂多样。通过岩心观察和岩石薄片鉴定, 可将研究区白云岩划分为交代白云岩及缝洞充填型

白云岩两大类型, 交代白云岩又可分为泥粉晶白云岩、细—中晶白云岩、粗晶白云岩以及角砾状白云岩等次级类型 (表 1)。

(1) 泥—粉晶白云岩

泥—粉晶白云岩白云石晶体小于 0.063 mm, 粉晶白云石是泥晶白云石经受重结晶作用而形成的, 白云石晶体多呈半自形—它形等粒状、镶嵌状结构, 陆源泥质含量较高。这类白云岩中常常见到交代残余的藻纹层以及少量的海绵骨针, 有时还见到由暗色藻纹层和亮色微晶白云石相间构成的双粘土层构造以及粒序层理, 部分样品中还见到可疑的石膏假晶, 在英东 2 井莫合尔山组 (井深 4 801 m) 的粉晶白云岩中还见到粪球粒残余。藻纹层构造与潮汐环境密切相关, 双粘土层指示潮间带的潮汐作用, 粒序层理一般是潮上风暴潮形成, 粪球粒指示潮下浅水环境, 因此这类白云岩的原岩形成环境以潮间或潮上为主, 偶

表 1 塔里木盆地东部寒武系白云岩主要岩石类型

Table 1 Main types of dolomites in the Cambrian of the eastern Tarim Basin

岩石类型	晶体大小 /mm	自形程度	主要产出位置
iv 晶粒白云岩	泥粉晶白云岩	< 0.063	米兰 1C ₃ 、英东 2C ₃
	细—中晶白云岩	0.063~ 0.5	米兰 1C ₃
	粗—巨晶白云岩	> 0.5	米兰 1C ₃ 、古城 4C ₃
⊕ 角砾状白云岩	0.063~ 1.0	半自形—他形	英东 2C ₂₋₃
⊖ 缝洞充填型白云岩	缝洞型泥粉晶白云岩	< 0.063	米兰 1C ₂
	缝洞型细—中晶白云岩	0.063~ 0.5	米兰 1C ₃ 、英东 2C ₃
	缝洞型粗—巨晶白云岩	> 0.5	米兰 1C ₃

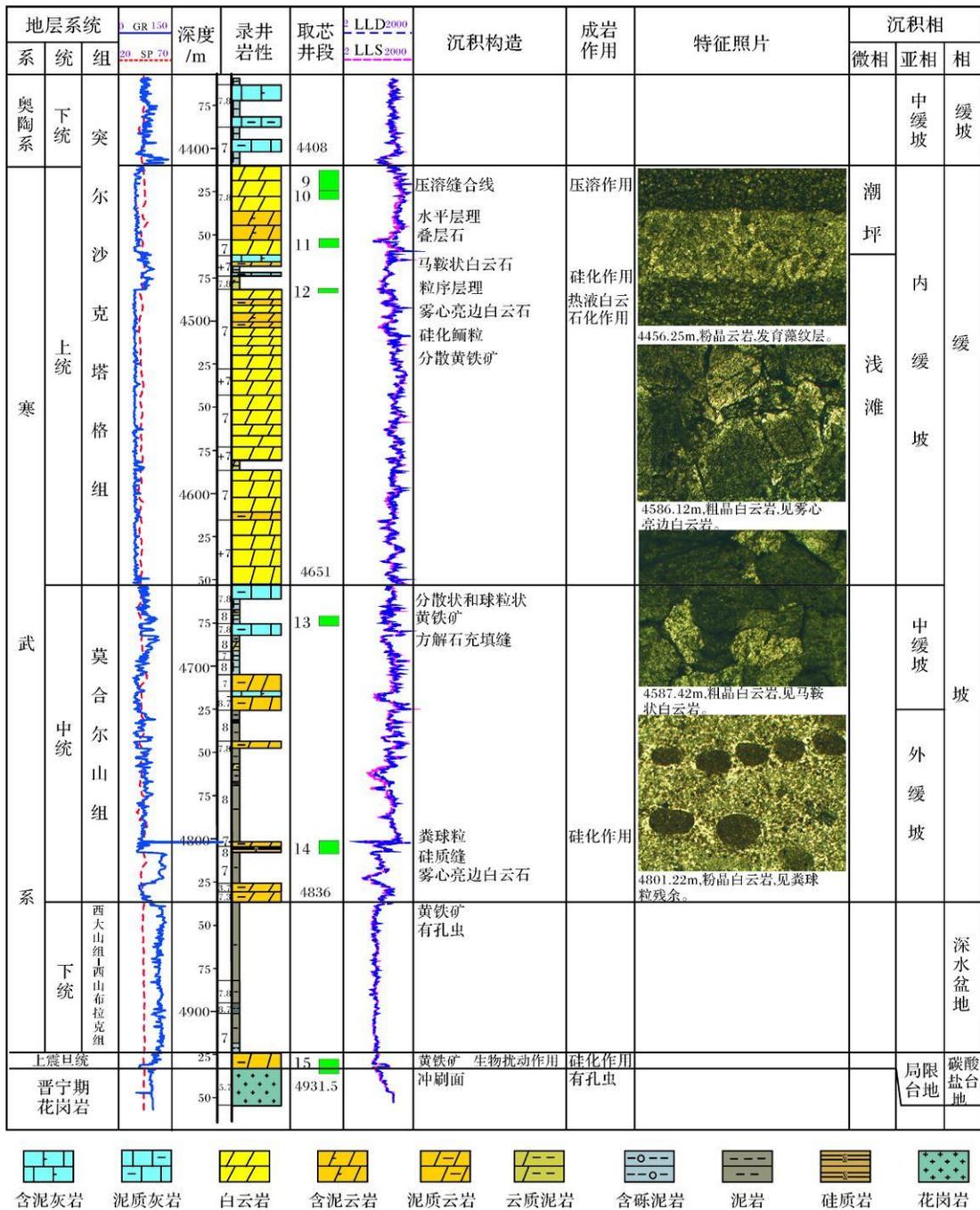


图 2 塔东地区英东 2 井沉积相柱状图

Fig 2 Columnar section showing stratigraphy and facies of the Cambrian in the eastern Tarim Basin

尔亦有浅水潮下环境, 主要分布在英东 2 井和米兰 1 井的上寒武统。这类白云岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值变化大, $\delta^{13}\text{C}$ 值基本都偏正 ($0 \sim 2.5\%$), $\delta^{18}\text{O}$ 值偏负, 在 $-2\% \sim -8\%$ 变化^[15]。塔东地区寒武系泥—粉晶白云岩的地球化学特征和岩石学特征反映出其早期渗透回流交代云化作用成因^[17]。

(2) 细—中晶白云岩

细—中晶白云岩晶粒大小范围为 $0.063 \sim 0.5$

mm, 多为自形一半自形, 具粒状镶嵌结构, 泥质含量较少, 晶体较为污浊, 单偏光镜下常呈淡黄色或褐黄色, 常见雾心亮边白云石, 并伴有黄铁矿晶体。这类白云岩亦常见残余的原生结构, 如含有钙质或硅化的生物化石、硅化的鲕粒等。含鲕粒残余白云岩一般为中晶白云岩, 呈现出两种形态, 一种为单一的鲕粒残余 (图 3E), 另一种是中细晶白云石呈圆环状排列而

表现出的鲕粒结构(图3F)。含鲕粒残余中细晶白云岩的沉积相带应为台地边缘鲕粒滩高能相带。主要分布在米兰1井的上寒武统,在英东2井和罗西1井的上寒武统亦有分布。这类白云岩在 $\delta^{13}\text{C}$ 在 $-1.5\text{‰} \sim +1.5\text{‰}$ 变化,而 $\delta^{18}\text{O}$ 值偏负,在 $-7\text{‰} \sim -10\text{‰}$ 变化,反映出埋藏期变盐度孔隙水的作用及其他来源的超盐度流体密切相关埋藏云化作用,并叠加有高温热液交代作用成因^[17]。

(3) 粗—巨晶白云岩

粗—巨晶白云岩晶粒大小为 $>0.5\text{mm}$,白云石自形程度较高,主要由自形的白云石菱面体及粗晶白云石组成粒状镶嵌结构。白云石表面亦显污浊,常见马鞍形白云石(图3C),个别粗晶白云岩中(米兰1井5524m深度)见到交错层理,代表滩相沉积。这类白云岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值与细—中晶白云岩相似,亦反映出这类白云岩的埋藏云化及热液云化作用成因^[17]。

(4) 角砾状白云岩

角砾状白云岩在古城4井上寒武统的白云岩为

代表,浅色的白云质角砾大小在 $0.5 \sim 1.0\text{cm}$,棱角明显,角砾之间充填充填大小约 $2 \sim 5\text{mm}$ 的固体沥青斑块,显微镜下观察发现角砾中的白云石晶体大小一般在 $0.2 \sim 0.6\text{mm}$ 之间,溶蚀孔隙发育,角砾间及溶蚀空隙中充填有固体沥青及燧石。该类白云岩发育于礁前斜坡带,由垮塌角砾石灰岩经过白云化作用形成(图3G及图4I)。这类白云岩在 $\delta^{13}\text{C}$ 在 -0.4 左右,而 $\delta^{18}\text{O}$ 值明显偏负,在 $-14\text{‰} \sim -9\text{‰}$ 变化^[15],反映出热液交代云化作用成因。

(5) 缝洞充填型白云岩

裂缝或晶洞内的白云石为粉晶白云石(图3H)、细—中晶白云石(图3A)和粗—巨晶白云石(图3I)都可见到。白云石较干净,白云石充填的裂缝常与缝合线、硅质充填的裂缝相互切割。在米兰1井、英东2井和罗西1井均有分布。晶洞内充填的白云石为后期热液充填裂缝化学沉淀所形成,晶体粗大,多为粗晶和巨晶白云石,马鞍形白云石常见。在英东2井上寒武统12筒岩心中最为常见。缝洞充填型白云岩

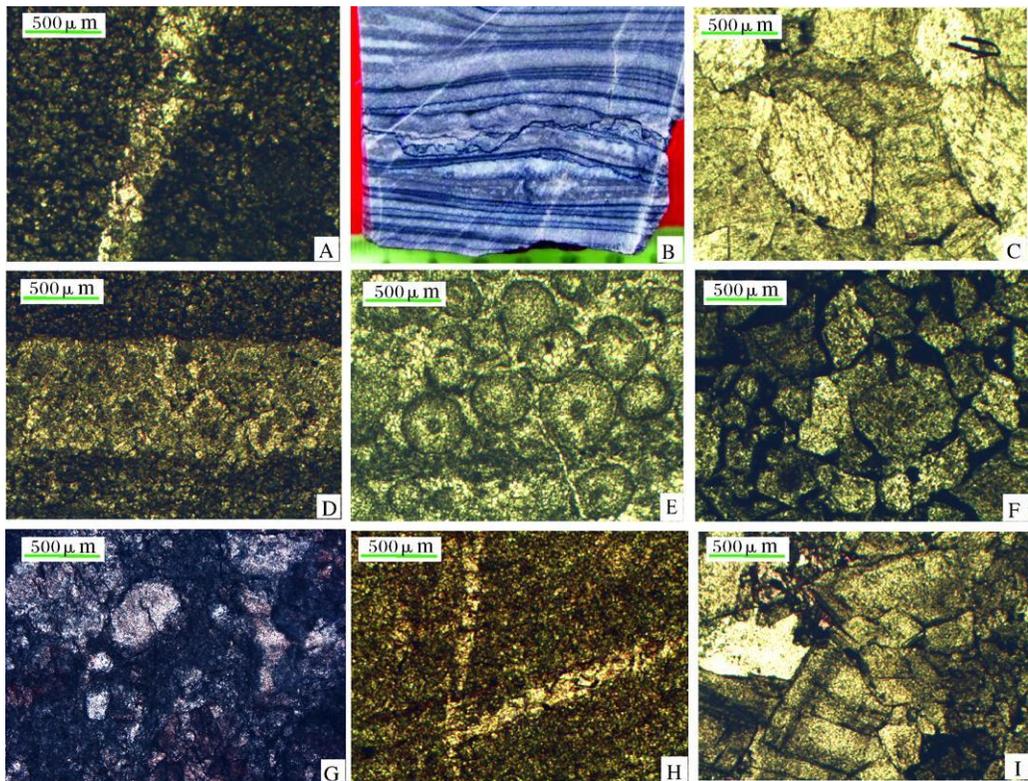


图3 不同类型的白云岩的结构和构造特征

A. 粉晶白云岩,见细晶云岩充填缝,米兰1井,5298.38m; B. 粉细晶白云岩,见残余双粘土层构造及示顶底构造,米兰1井,5523.15m; C. 粗晶白云岩,有机质充填晶间孔,见马鞍形白云石,米兰1井,5524.36m; D. 具叠层石构造的泥晶白云岩,水平状藻纹层发育,米兰1井,5435.79m; E. 具鲕粒残余的白云岩,英东2井,4800.71m; F. 圆环状排列的白云石,为含鲕粒残余粗晶白云岩,米兰1井,5255.36m; G. 角砾状白云岩,中—粗晶,沥青充填,古城4井,6504.94m; H. 泥晶灰岩,见有机质充填缝与粉晶白云石充填缝,米兰1井,5658.22m; I. 细晶白云岩中的粗晶白云石充填缝,米兰1井,5325.02m

Fig. 3. Photomicrographs showing textures and structures of different types of dolomite.

以 $\delta^{13}\text{C}$ 值偏正、 $\delta^{18}\text{O}$ 值明显偏负 ($-10\text{‰} \sim -13\text{‰}$) 为特征, 与 Boni 等^[19] 描述的热液白云石具有相似的同位素组成特征, 反映出该类白云石的构造热液沉淀成因。

2.2 储集空间类型

孔隙类型分类的一个基本的原则是孔隙的成因。Choquette 和 Pray^[20] 把碳酸盐岩孔隙分类分为原生孔隙和次生孔隙两大类。通过岩心观察、岩石薄片鉴定发现, 研究区白云岩储集空间组合类型以裂缝—孔洞型为主, 发育的孔隙主要以次生孔隙为主, 基本见不到原生孔隙。发育的次生孔隙类型主要有: 晶间孔、晶间溶孔、晶内溶孔、角砾孔和砾间溶孔及缝合线孔隙。未充填的裂缝不仅可以提供储集空间, 而且可以起到连通白云岩各种孔隙的作用, 这对有效白云岩储层的形成至关重要。各类白云岩发育的孔隙类型如图 4 所示。

晶间孔隙是指白云石晶体之间的孔隙, 即在白云

石含量高、呈晶体支撑状态时晶体间未被灰泥和胶结物充填的部分。晶间孔隙是一种结构选择性孔隙, 其大小和形态严格受到白云石晶体大小、形态与排列方式的制约^[21]。本区白云岩中具有储集意义的晶间孔发育于中晶以上的白云岩中, 主要分布于中晶白云岩 (图 4H)、细晶白云岩 (图 4B)、含鲕粒残余白云岩 (图 4D) 和粗晶白云岩 (图 4F) 中。研究区的晶间孔隙往往与裂缝相伴生, 是重要的有效储集孔隙之一。

溶蚀孔隙是由溶蚀作用形成的孔隙, 无结构选择性。其大小和形态不受原岩组分控制, 可大可小。其边界多呈港湾状, 常可切割原岩组构。溶蚀孔隙按照溶蚀部分的位置又可分为晶间溶蚀孔隙和晶内溶蚀孔隙。本区白云岩中的溶蚀孔隙以晶间溶孔 (图 4C) 为主, 含少量的晶内溶蚀孔隙 (图 4I), 主要分布于中晶云岩和粗晶云岩中, 常常与将晶间孔相伴生。溶蚀孔隙的储层性往往不如晶间孔隙, 因而其孔隙的连通性不如晶间孔, 缺乏足够的裂缝和缝合线连通孔隙。

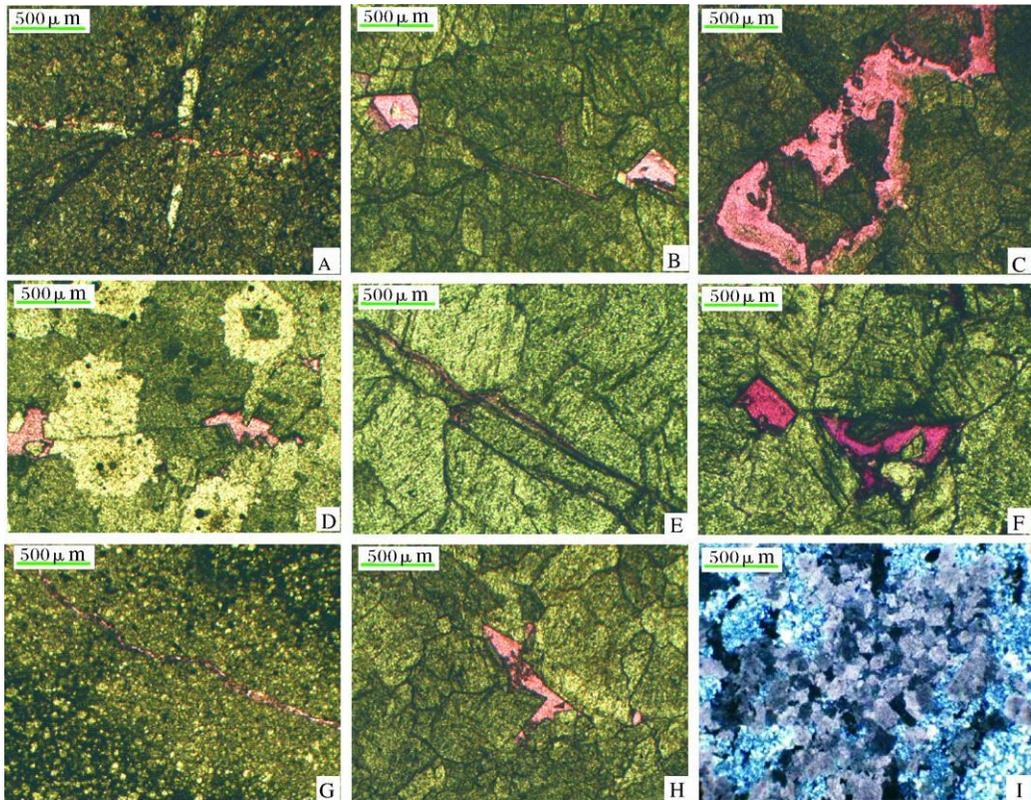


图 4 塔里木盆地东部寒武纪不同类型的白云岩

- A. 粉晶白云岩, 见半充填裂缝切割有机质充填缝, 英东 2 井, 4 425.37 m; B. 细晶白云岩, 晶间孔发育, 裂缝连接晶间孔, 米兰 1 井, 5 356.4 m; C. 中晶白云岩, 见晶内溶蚀孔隙和未充填裂缝, 米兰 1 井, 5 357.45 m; D. 粗晶白云岩, 半充填缝连接晶间孔, 米兰 1 井, 4 587.71 m; E. 粗晶白云岩, 未充填缝切割白云石, 米兰 1 井, 5 524.5 m; F. 粗晶白云岩, 见晶间孔, 米兰 1 井, 5 524.5 m; G. 泥粉晶白云岩, 发育晶间孔及未充填裂缝, 米兰 1 井, 5 252.49 m; H. 中晶云岩, 发育晶间孔, 米兰 1 井, 5 325.24 m; I. 角砾状白云岩, 见燧石胶结物, 晶间缝、沥青收缩缝发育, 见少量晶间溶孔, 古城 4 井, 6 503.86 m。

Fig 4 Photomicrographs showing different types of dolomites in the Cambrian of the eastern Tarim Basin

角砾孔隙及砾间溶孔主要出现在本区的古城地区,见于古城 4井上寒武统。此类孔隙的形成是两种作用叠加的结果:一是礁前斜坡垮塌角砾化作用形成角砾间孔,二是在此基础上又发生溶蚀作用,进一步形成砾间溶蚀孔隙。砾间溶孔是在角砾孔的基础上经后期溶蚀扩大而形成的^[21],其边界常呈浑圆状或港湾状,溶蚀痕迹明显,孔隙大小介于 1~ 50 mm,孔隙壁沥青充填较多(图 4I)。在角砾孔及砾间溶孔发育段,岩石不仅具有孔隙大、孔隙度较高的特点,而且孔隙的连通性良好,因而构成了一种优质的白云岩储集层。

缝合线孔隙在本区白云岩中相当常见,镜下观察主要分布在泥粉晶白云岩(图 4A 和图 4G)、细晶白云岩(图 4B)及粗晶白云岩(图 4E)。缝合线的宽度一般 0.1~ 1 mm,其内除充填有白云石外,还常有有机质充填,说明这些缝合线不仅是白云化流体的运移通道,也是烃类运移的通道和储集空间。此外,缝合线可使岩石渗透率有明显改善作用。根据对英东 2井上寒武统岩心观察和物性统计表明,孔渗特征较好的层段往往缝合线发育,发育密度 2~ 5条/10m,而孔渗特征较差的层段缝合线少见,发育密度很小。

裂缝在白云岩储层形成的作用主要体现在以下两方面:一是裂缝的发育有利于白云化作用尤其是后生白云化作用的进行。裂缝不仅能够提供后期白云化流体运移的通道,而且裂缝愈发育,白云化作用对原岩的改造愈彻底,这有利于形成大规模的白云化储层;二是裂缝可以起到连通各种次生孔隙的作用。

3 白云岩储层发育的相控特征分析

从岩性组合与沉积特征来看,本区寒武系交代白云岩的发育具有明显的相控特点,塔东罗西地区寒武系主要为盆地—缓坡沉积相带,交代白云岩主要发育在内缓坡背景的台地边缘浅滩、开阔台地及潮坪相带(图 5),塔东 1和塔东 2深水盆地相带寒武系多以泥晶灰岩和泥岩为主,白云岩很少见;英东 2米兰 1和罗西 1井缓坡相带寒武系白云岩发育,粉晶—粗巨晶均有分布;而在西侧的古城 4井一带寒武系主要为盆地—斜坡沉积相带,交代白云岩以角砾状白云岩为主,发育于环边陆棚的礁前斜坡带(图 6),白云石主要为含颗粒残余的粗晶云岩且多为沥青浸染。

纵向上白云岩的分布与沉积演化的关系密切,随着寒武系水体逐渐变浅(图 5和 6),沉积相带逐渐由深水盆地相带、斜坡相带向高能浅滩和生物礁相带转化,碳酸盐岩的含量也随之增多,这充分说明塔东碳酸盐岩尤其是白云岩的宏观分布具有明显的相控特点。

白云岩储层发育的影响因素较多,关系复杂。本区白云岩储层的发育除受后期成岩作用(白云化作用、胶结作用、溶蚀作用)和断裂等因素影响外,其交代成因的基体白云岩储层主要受早期沉积相带的控制。白云岩储层主要发育在碳酸盐台内颗粒滩和台缘高能相带(图 7)。沉积相对碳酸盐岩的形成、分布以及储层物性都有明显的控制作用。白云化流体最容易进入孔渗较好的高能相带的石灰岩,因而白云化

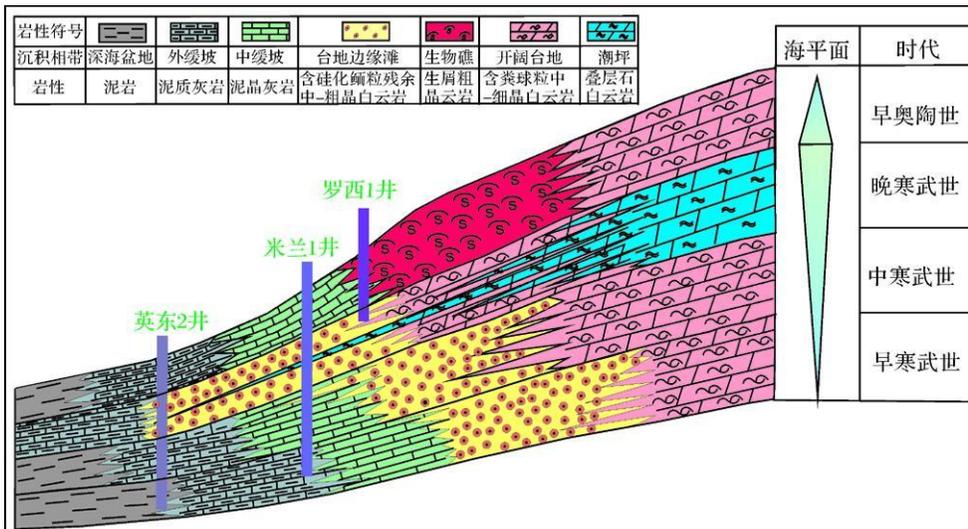


图 5 塔东罗西地区寒武系沉积模式图

Fig 5 Depositional model of the Cambrian in the Luoxia area

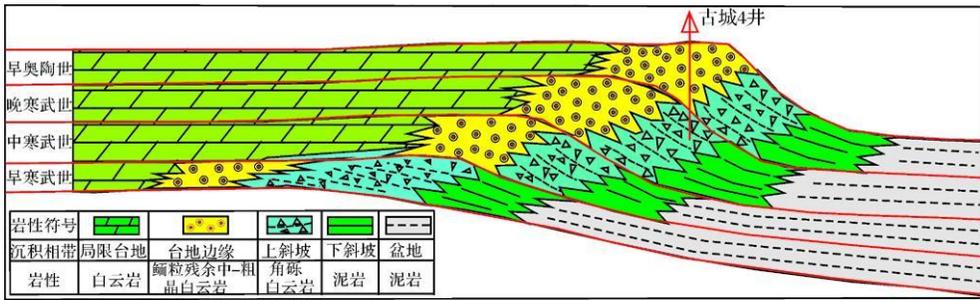


图 6 古城坡折带附近寒武系沉积模式图

Fig 6 Depositional model of the Cambrian in the Gucheng Slope Break area

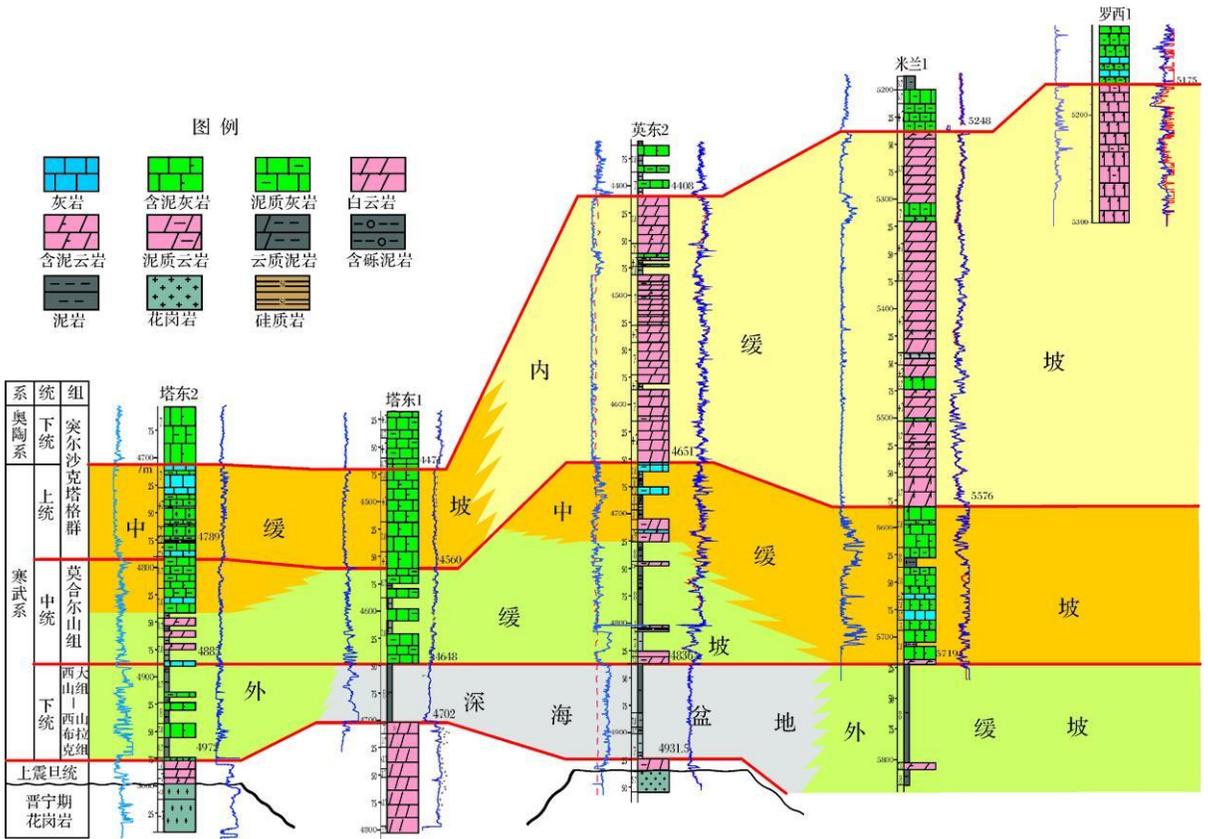


图 7 塔东地区寒武系岩性与沉积相对比图

Fig 7 The Tadong 2 (west)—Luoxi 1 (east) cross section showing the variation in lithology and sedimentary facies of the Cambrian

后表现出白云岩分布的相控特点。

4 结论

(1) 按照晶体结构、特殊的构造和成分以及白云岩的赋存状态, 可将塔东地区寒武系白云岩类分为交代白云岩、缝洞充填型白云岩两大类, 交代白云岩按晶体大小可分为泥粉—晶白云岩、细—中晶白云岩、粗—巨晶白云岩以及角砾状白云岩等次级类型。

(2) 白云岩的储集空间主要以晶间孔隙、溶蚀孔隙和缝合线孔隙和裂缝为主, 裂缝起到了连通孔隙的作用, 储集空间组合类型以裂缝—孔洞型为主。受埋藏云化作用交代成因的细—粗晶白云岩储层物性最好。

(3) 塔东地区寒武系白云岩发育具有明显的相控特征, 罗西 1、米兰 1 井、英东 2 井一带白云岩主要发育于缓坡背景的内缓坡浅滩相带, 而古城 4 井的白

云岩发育于环边礁台地背景的礁前斜坡相带。

(4) 区内白云岩储层发育除受原始沉积相带控制外, 还受到后期成岩作用(白云化作用、胶结作用、溶蚀作用)和断裂等因素影响, 原始的沉积相带是白云岩储层发育的基础条件, 有利的后期溶蚀作用和白云化作用为优质储层的形成提供了保证。构造断裂的存在控制了流体的运移和随后的相关的成岩作用过程以及产生了有利的裂缝系统。

致谢 中国石油勘探开发研究院塔里木分院对本文野外工作及资料收集工作给予支持, 中国矿业大学张鹏飞教授和刘焕杰教授审阅了初稿, 在此一并致谢。

参考文献 (References)

- 1 刘宝珺. 沉积岩石学[M]. 北京: 地质出版社, 1980: 497 [Liu Baojun Sedimentary Petrology [M]. Beijing Geological Publishing House, 1980: 497]
- 2 Zenger D H, Dunham J B, Ethington R L. Concepts and models of dolomitization[M]. SEPM Special Publish 1980: 28: 320
- 3 Sun S Q. Dolomite reservoirs: porosity evolution and reservoir characteristics[J]. AAPG Bulletin, 1995, 79(2): 186-204
- 4 Feng Zengzhao, Zhang Yongsheng, Jin Zhenkui. Type, origin and reservoir characteristics of dolomite of the Ordovician Majiugou Group, Ordos North China Platform [J]. Sedimentary Geology, 1998, 118: 127-140
- 5 马永生, 田海芹. 碳酸盐岩油气勘探[M]. 山东东营: 石油大学出版社, 1999: 206 [Ma Yongsheng, Tian Haiqin, Hydrocarbon Exploration of Carbonate Rocks[M]. Dongying Shandong Petroleum University Publishing House, 1999: 206]
- 6 Warren J. Dolomite occurrence, evolution and economically important associations[J]. Earth Science Reviews, 2000, 52: 1-81
- 7 Qing H, Bosence D W J, et al. Dolomitization by penesaline seawater in Early Jurassic peritidal platform carbonates, Gibraltar, western Mediterranean[J]. Sedimentology, 2001, 48: 153-163
- 8 孙龙德, 周新源, 王国林. 塔里木盆地石油地质研究新进展和油气勘探主攻方向[J]. 地质科学, 2005, 40(2): 167-178 [Sun Longde, Zhou Xinyuan, Wang Guolin. Contributions of petroleum geology and main directions of oil-gas exploration in the Tarim Basin[J]. Journal of Chinese Geology, 2005, 40(2): 167-178]
- 9 郑和荣, 吴茂炳, 邬兴威, 等. 塔里木盆地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]
- 10 邹才能, 李启明, 邬光辉, 等. 塔里木盆地寒武-奥陶系碳酸盐岩基本特征与勘探方向[J]. 新疆石油地质, 2009, 30(4): 450-453 [Zou Caineng, Li Qiming, Wu Guanghui, et al. Characteristics and exploration direction of Cambrian-Ordovician carbonate rocks in Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30(4): 450-453]
- 11 顾家裕. 塔里木盆地奥陶统白云岩特征及成因[J]. 新疆石油地质, 2000, 21(2): 120-122 [Gu Jiayu. Characteristics and origin analysis of dolomite in Lower Ordovician of Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2000, 21(2): 120-122]
- 12 邵龙义, 何宏, 彭苏萍, 等. 塔里木盆地巴楚隆起寒武系及奥陶系白云岩类型及形成机理[J]. 古地理学报, 2002, 4(2): 19-27 [Shao Longyi, He Hong, Peng Suping, et al. Types and origin of dolostones of the Cambrian and Ordovician of Bachu Uplift area in Tarim Basin[J]. Journal of Paleogeography, 2002, 4(2): 19-27]
- 13 何莹, 鲍志东, 沈安江, 等. 塔里木盆地牙哈英买力地区寒武系-奥陶统白云岩形成机理[J]. 沉积学报, 2006, 24(6): 806-818 [He Ying, Bao Zhidong, Shen Anjiang, et al. The genetic mechanism of dolostones of the Cambrian-Lower Ordovician in Yaha-Yingmaili region, Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(6): 806-818]
- 14 陈永权, 周新源, 杨海军. 塔里木盆地塔中地区上寒武统三种截面特征白云岩的岩石地球化学特征及成因研究[J]. 沉积学报, 2010, 28(2): 209-218 [Cheng Yongquan, Zhou Xinyuan, Yang Haijun. Geochemical research and genesis of dolostones with different crystal characteristics occurring in the Upper Cambrian, central area of Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(2): 209-218]
- 15 刘永福, 殷军, 孙雄伟, 等. 塔里木盆地东部寒武系沉积特征及优质白云岩储层成因[J]. 天然气地球科学, 2008, 2(19): 126-132 [Liu Yongfu, Yin Jun, Sun Xiongwei, et al. Cambrian sedimentary characteristics and origin of high-quality dolomite reservoirs in eastern Tarim Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2008, 2(19): 126-132]
- 16 刘永福, 桑洪, 孙雄伟, 等. 塔里木盆地东部震旦-寒武白云岩类型及成因[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 2008, 30(5): 27-31 [Liu Yongfu, Sang Hong, Sun Xiongwei, et al. The types and genesis of Cambrian and Sinian dolomite in eastern Tarim Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum University Science & Technology Edition, 2008, 30(5): 27-31]
- 17 马锋, 顾家裕, 许怀先, 等. 塔里木盆地东部上寒武统白云岩沉积特征[J]. 新疆石油地质, 2009, 30(1): 33-37 [Ma Feng, Gu Jiayu, Xu Huaixian, et al. Sedimentary characteristics of Upper Cambrian dolomite in eastern Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30(1): 33-37]
- 18 贾承造, 魏国齐, 姚慧君, 等. 盆地构造演化与区域构造地质[C]//塔里木盆地油气勘探丛书. 北京: 石油工业出版社, 1995: 174 [Jia Chengzao, Wei Guoqi, Yao Huijun, et al. Tectonic Evolution and Regional Tectonic Geology of Basin in Basin[C]//Book Series of the Hydrocarbon Exploration in Tarim Basin. Beijing: Petroleum Industry Press, 1995: 174]
- 19 Boni M, Parente G, Bechstadt T, et al. Hydrothermal dolomites in SW Sardinia (Italy): evidence for a widespread late-Variscan fluid flow event[J]. Sedimentary Geology, 2000, 131: 181-200
- 20 Choquette P W, Pray L C. Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates[J]. AAPG Bulletin, 1970, 54

(2): 207-250

21 朱井泉, 吴仕强, 王国学, 等. 塔里木盆地寒武-奥陶系主要白云岩类型及孔隙发育特征 [J]. 地学前缘, 2008, 15(2): 67-79

[Zhu Jingquan, Wu Shiqiang, Wang Guoxue, et al. Types and porosity characteristics of the Cambrian-Ordovician dolostones in Tarim basin [J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(2): 67-79]

Characteristics of the Cambrian Dolomite Reservoirs and Their Facies-controlling in Eastern Tarim Basin

SHAO Long-yi¹ HAN Jun² MA Feng³ LIU Yong-fu⁴
XU Hua-xian³ WU Guang-hui³ JI Cong-wei¹

(1. College of Geoscience and Surveying Engineering, China University of Mining and Technology, Beijing 100083

2. Northwest Petroleum Company, SINOPEC, Urumqi 830013;

3. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina, Beijing 100083

4. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina Tarim Oilfield Company, Kork, Xinjiang 841000)

Abstract Based on data from core samples, thin section, and physical property, we have investigated petrological characteristics and reservoir properties of dolomite reservoirs in the Cambrian of the eastern Tarim Basin. The dolomites in eastern Tarim basin can be subdivided into two categories: replacement dolomite and crack-cavity-filled dolomite. The replacement dolomite can be further subdivided into mud-silt-sized dolomite, fine and medium crystal dolomite, coarse crystal dolomite, and breccia dolomite. The reservoir space in dolomites is predominated by inter-crystal pore, dissolved pore, stylolite pore and cracks and fractures. Cracks and fractures mainly play the role of connecting the pores. The most common reservoir space is mainly the overlapped complex of cracks and cavities. The replacement dolomites show an obvious facies-controlled feature, with the dolomite of the Yingdong-Luoxi region being developed in the marginal shoal and tidal flat facies belts of the inner ramp setting, and the dolomite in the vicinity of Well Gucheng 4 being developed in the fore-reef slope facies belt of the rimmed shelf setting. Thin section identification and geochemical analysis indicate that the genesis of dolomite in the study area includes the seepage-reflux, burial, and hydrothermal dolomitization. The distribution of the dolomite reservoirs were controlled by the sedimentary facies, diagenesis (dolomitization, cementation, dissolution), and fractures. Higher quality reservoirs are those shoal facies dolomite overprinted with interaction of seepage-reflux dolomitization, burial dolomitization and/or hydrothermal dolomitization.

Key words eastern Tarim Basin; Cambrian; dolomite reservoir; facies-controlling features