

塔西南地区海相碳酸盐岩勘探突破新领域: 寒武系白云岩

肖冰清^{1,2}, 曹淑娟¹, 郭光辉³

(1 桂林理工大学; 2 中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院; 3 中山大学海洋学院)

摘要 塔里木盆地西南地区近期勘探方向集中在奥陶系的碳酸盐岩,但成效不大,勘探也陷入迟滞。基于钻井解剖及成藏关键要素分析认为:塔西南地区奥陶系碳酸盐岩不仅储层欠发育,而且油气充注欠佳;中下寒武统白云岩储层优于奥陶系石灰岩储层,而且盐膏层盖层发育,基底卷入断裂欠发育,盐下油气保存条件较优越,有利于形成大规模的寒武系自生自储油气藏;塔西南古隆起北斜坡长期稳定发育的古构造是勘探突破的主攻方向,和田河气田周缘的古隆起斜坡区中下寒武统成藏条件优越,有望获得新的大发现。

关键词 塔里木盆地; 古隆起; 寒武纪; 白云岩; 储层; 油气成藏; 控制因素; 勘探领域

中图分类号: TE122.3

文献标识码: A

近年来,中国海相碳酸盐岩油气勘探开发成效显著,深层勘探不断获得新发现^[1-2]。塔里木盆地塔北、塔中地区奥陶系碳酸盐岩发现了大量的油气资源^[3-4],已成为油气战略接替的重要领域,但塔西南广大地区虽然历经30余年的不懈探索,对下古生界不同层位、不同领域、不同类型的碳酸盐岩油气圈闭都有不同程度的勘探与研究^[5-9],并获得了一些发现,但随后的勘探展开与评价却屡屡受挫,未取得预期的成效。面对塔西南地区以海相碳酸盐岩为主的油气勘探迟迟难以取得规模发现的困境,本文在钻井解剖、区域构造成因与构造解析的基础上,将结合区域地质背景与成藏主控因素分析,探讨本区寒武系白云岩油气勘探潜力与突破方向。

1 地质背景

塔里木盆地西南地区包括巴楚隆起、西南坳陷及塘古坳陷的西部^[6-7](图1a),勘探面积约 $9.5 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该区地层结构上可划分为三个层(图1b):下构造层主体为寒武系—奥陶系巨厚碳酸盐岩,具有北厚南薄的特征(图1b),厚度为1 500~3 050 m(图2),中上奥陶统碎屑岩除塘古坳陷有巨厚分布外,在巴楚地

区向南部麦盖提斜坡减薄尖灭;中构造层为志留系—二叠系碎屑岩,普遍缺失中生界,麦盖提斜坡东部缺失志留系—泥盆系,石炭系直接覆盖在奥陶系碳酸盐岩风化壳之上(图1b);上构造层由新生界构成(图1b),在西南坳陷沉积逾8 000 m,向北部减薄至500 m以内。

2 下古生界钻探分析

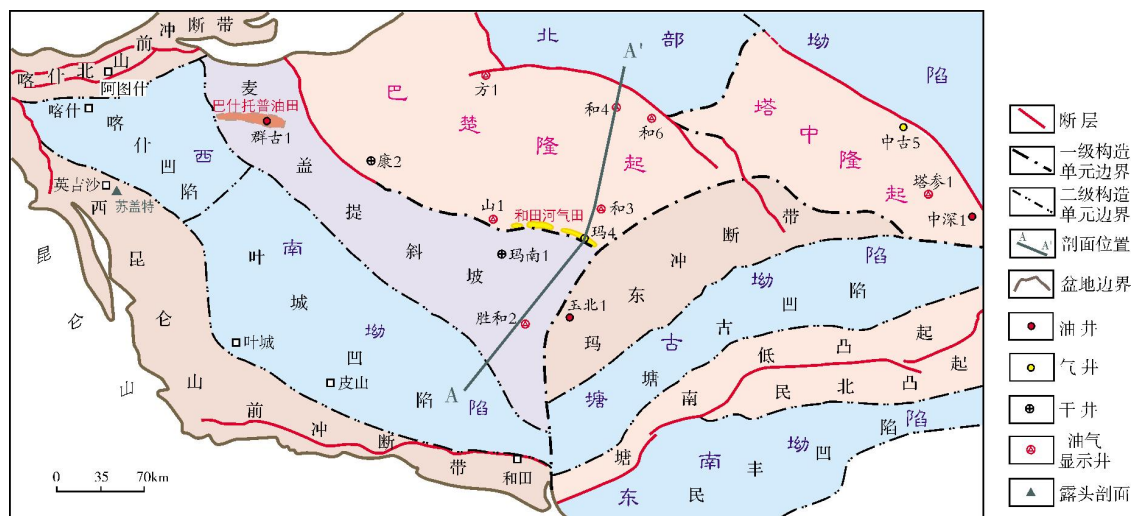
塔西南地区发育寒武系—奥陶系碳酸盐岩、志留系—石炭系碎屑岩与碳酸盐岩等多套勘探目的层^[5-9],油气主要分布在石炭系与奥陶系。前期勘探主要集中在巴楚隆起之上,目前油气勘探重点在西南坳陷麦盖提斜坡的奥陶系风化壳与塘古坳陷西部冲断构造带的奥陶系碳酸盐岩,已发现和田河气田、巴什托普油田等(图1a),近期在玉北又有新发现^[8]。

早期以西昆仑山前地表勘探为主,发现柯克亚油气田,并在巴楚隆起西部地区石炭系获得突破^[5,7]。后来的勘探评价没有取得更大的发现,一般认为是该区地震资料品质差、圈闭不落实^[5-9]。20世纪90年代随着地震技术的进步,开展了巴楚隆起的整体评价,在巴楚隆起上不同部位相继钻探了方1、和4、康2等

收稿日期: 2015-09-25; 改回日期: 2016-12-29

本文受国家重大科技专项“塔里木盆地海相碳酸盐岩油气资源潜力、有利区带评价与目标优选”(编号: 2011ZX05004-004)资助

肖冰清: 1990年生,在读硕士,构造地质学专业。通讯地址: 841000 新疆库尔勒中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院; E-mail: 1099849203@qq.com



(a) 研究区及周缘构造区划

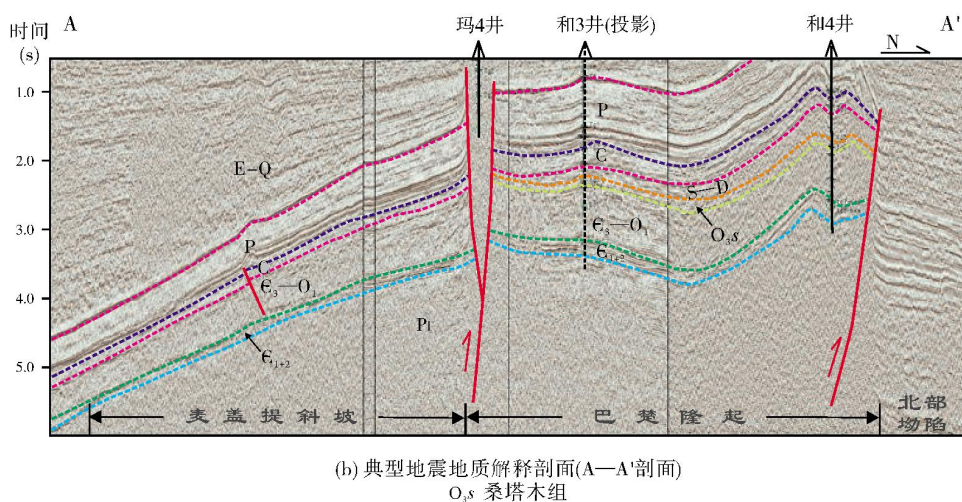
(b) 典型地震地质解释剖面(A—A'剖面)
O_{3s} 桑塔木组

图1 塔西南地区构造区划及典型地震地质解释剖面

井(图1)。1997年发现和田河气田(石炭系—奥陶系)^[7],随后周缘的展开勘探一直没有突破,油气勘探陷入停滞期。研究表明巴楚隆起发育寒武系高成熟度烃源岩,但隆起与圈闭主要形成于喜马拉雅晚期,构造与烃源岩成藏期不配套^[5-7]。

2007年以来,在麦盖提斜坡发现有古生代古隆起存在^[7],在古隆起控油的指导认识下,以及塔北、塔中奥陶系海相碳酸盐岩油气勘探的启发下^[1-4],围绕具有古隆起背景的麦盖提斜坡及其周缘开展了一系列奥陶系碳酸盐岩的探索,先后钻探了群古1、玛南1、玉北1等井,并在麦盖提斜坡东部的玉北1井奥陶系中获得新发现^[8]。塔西南地区随即又进行了新一轮的以奥陶系碳酸盐岩为主的整体评价。但自玉

北获得油气发现以来尚未再取得新发现,而且油藏评价也多有失利,勘探又陷入迟滞。

针对前人普遍认为塔西南地区海相碳酸盐岩勘探潜力巨大、但勘探实效较差的现状,笔者对中石油矿权区内21口失利井进行了解剖。结果表明:(1)71%的失利井奥陶系碳酸盐岩储层不发育,本区储层明显差于轮南与塔中地区钻遇的碳酸盐岩储层。塔西南地区奥陶系碳酸盐岩岩心孔隙度一般在0.2%~4.5%,平均<1.2%;渗透率分布范围(0.01~120)×10⁻³ μm²,平均<1.5×10⁻³ μm²。例如,和3井(井位见图1a)上奥陶统碳酸盐岩获油气显示的层厚14.04 m,测井解释孔隙度<1.5%,渗透率<1×10⁻³ μm²,测试为干层,系因储层不发育而失利。(2)其余29%的失利

| 系 | 统 | 组 | 岩性剖面 | 厚度(m) | 岩性简述 | 储盖组合 | |
|-----|----|--------|-------------|-------------------|--------------------------|-----------|----|
| | | | | | | 储层 | 盖层 |
| 奥陶系 | 上统 | 桑塔木组 | | 0 ~ 2000 | 灰色、深灰色泥岩、粉砂质泥岩夹薄层泥灰岩、粉砂岩 | | |
| | | 良里塔格组 | 9 9 9 | 100 ~ 700 | 浅灰色泥晶灰岩、砂屑灰岩和砾屑灰岩、泥晶灰岩 | 塔中 轮南 | |
| | | 叶木休克组 | | 20 ~ 50 | 紫红色泥晶灰岩 | | |
| | 中统 | 一间房组 | | 0 ~ 400 | 浅灰色砂屑灰岩、泥晶灰岩 | 轮南 英买力 | |
| | | 鹰山组 | | 200 ~ 800 | 灰色、褐灰色泥晶灰岩、砂屑灰岩夹白云岩 | 塔中 轮南 | |
| | 下统 | 蓬莱坝组 | | 400 ~ 600 | 灰褐色白云质灰岩、灰质白云岩、白云岩 | 塔中 | |
| 寒武系 | 上统 | 下丘里塔格群 | | 2000 ~ 3000 | 灰色粉细晶白云岩 | 塔中 牙哈 | |
| | 中统 | 阿瓦塔格组 | | 200 ~ 600 | 灰色泥质白云岩、白云质岩、膏岩 | | |
| | 下统 | 白垩组 | | 100 ~ 600 | 灰色粉细晶白云岩 | 塔中 | |

图2 塔西南地区下古生界碳酸盐岩综合柱状图

井中,奥陶系碳酸盐岩有储层发育,但没有油气显示或测试出水。同时,在和田河气田、玉北油田的油气流井的试采与开采过程中,发现部分工业油气流井有底水上升较快的现象,表明这中间存在着油气充注不足、油气柱高度较低的问题。

整体上分析,靠近麦盖提斜坡有早古生代古隆起发育的地区,不仅有和田河气田、玉北油田的发现,而且失利井的油气显示也普遍较多,约有33%的失利井(群古1、玛南1等井)见到了不同程度的油气显示,这证实了塔西南早古生代古隆起及其周缘油气相对比较富集^[7-9]。

3 寒武纪—奥陶纪构造—古地理

早期一般认为塔里木盆地内部,寒武系与震旦系是连续沉积的^[5-6]。新的资料表明,寒武系与震旦系之间发育广泛的不整合^[7,10],盆地内部塔中、塔北、巴楚等地区的钻井揭示,前寒武系之上有一大型的不整合发育。通过地震剖面解释追踪,在塔中、塔东、塔西南等地区都存在前寒武纪的基底隆起,寒武系削蚀下伏地层明显且分布广泛。在麦盖提斜坡区地

震剖面上发现有明显的基底古隆起(图1b),中下寒武统自南、北两翼向基底古隆起区超覆减薄特征明显,地层厚度从巴楚地区的逾400 m(和4井区)减薄至不足200 m,下寒武统出现沉积缺失。下寒武统底部玉尔吐斯组在巴楚隆起南缘已尖灭,并为钻井所证实(钻至前寒武纪地层的探井揭示,缺失震旦系或其上部地层^[7]),通过地震解释追踪,向南,新元古代地层剥蚀缺失更多。

通过地震资料对比追踪,在塔西南麦盖提斜坡一带,存在中下寒武统地层减薄区(图1b),并发育北西西向基底古隆起(图3),呈现宽缓褶皱隆起,北缓南陡,台地内坡度很小。该基底隆起向东延伸,可与塔中东部—塘古基底隆起相连,形成面积超过 $10 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的大型基底隆起区。现今巴楚隆起位于其北翼斜坡低部位,和田河气田、玉北油田等油气田(藏)均位于靠近基底古隆起的斜坡区。

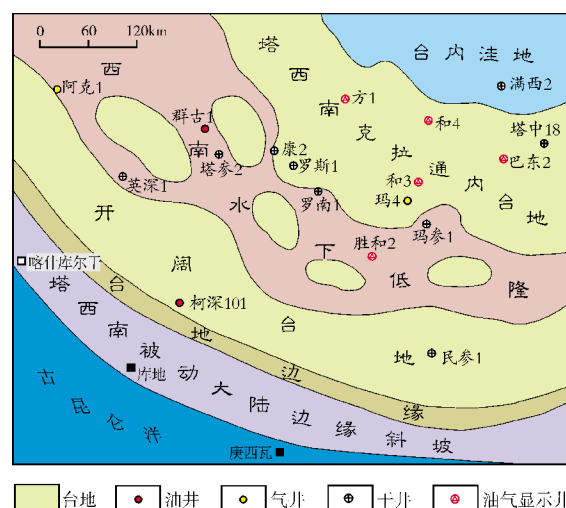


图3 塔西南地区早寒武世构造—古地理

早寒武世,塔里木板块内部发生广泛的海侵^[4,11],下寒武统玉尔吐斯组向塔西南基底隆起区超覆沉积,开始发育克拉通内稳定的碳酸盐岩台地^[7,9]。在板块内部宽缓的地形基础上,形成宽广陆表浅海,塔西南基底隆起逐渐淹没,形成水下低隆。板块边缘形成由浅海大陆架向深海洋盆延伸的被动大陆边缘斜坡,可能存在板块边缘烃源岩发育区^[7]。目前塔里木盆地南部碳酸盐岩台地边缘位置尚不清楚,但根据地震剖面追踪,推断其在西南坳陷至西昆仑冲断带。至下寒武统肖尔布拉克组沉积期,西部塔西克拉通内台地发育巨厚碳酸盐岩^[4,7,9-10]且遍布西部地区,塔

西台地基本形成。台地边缘为弱镶边的台地边缘或无镶边的缓坡型台地边缘。下寒武统厚度在巴楚隆起北部地区厚达500 m, 沉降稳定, 向南, 水下低隆起沉积缓慢减薄, 基底隆起部位一般小于200 m。

中寒武世—早奥陶世, 塔西南地区继承了早寒武世的构造-古地理格局^[4,11], 发育稳定的克拉通内碳酸盐岩台地。中寒武世台地出现扩张, 并在巴楚及其以北地区形成大面积蒸发潟湖^[4], 巴楚隆起的方1井、和4井揭示了大套膏盐岩夹白云岩、石灰岩, 厚度达600 m。晚寒武世—早奥陶世碳酸盐岩发育进入鼎盛期, 塔西南(巴楚)地区发育厚层状台地相白云岩^[4,11]。

中奥陶世, 受南部中昆仑岛弧的碰撞俯冲^[4,7,11], 塔里木板块内部已从伸展构造体制转变为挤压构造背景。随着海平面的上升, 塔里木盆地的古地貌面貌发生很大的改观。中奥陶统一间房组沉积厚度薄, 台地范围开始向隆起区收缩。塔西南—塔中广大地区缺失中上奥陶统一间房组—吐木休克组^[4,7], 北西西

向的塔西南古隆起、塔中古隆起出现锥形^[7]。至上奥陶统良里塔格组沉积时, 碳酸盐岩台地退缩到塔北古隆起、塔中古隆起、塘南古隆起^[4], 形成南北展布的台地, 台地面积不足早奥陶世的三分之一。随着周缘隆升, 碎屑物源开始进入盆地, 巨厚的上奥陶统桑塔木组泥岩发生快速与大面积的沉积充填, 塔西南—塔中碳酸盐岩台地先后为碎屑岩覆盖而消亡。

在基底古隆起基础上, 塔西南地区寒武纪—晚奥陶世碳酸盐岩台地发育, 晚奥陶世沿麦提斜坡一线形成大型东西走向的宽缓褶皱古隆起^[7](图4a), 地震可追踪面积 $8 \times 10^4 \text{ km}^2$, 是盆地内最大的古隆起。至新生代之前, 虽历经多期构造演化、变迁^[7], 该区稳定升降, 下古生界海相碳酸盐岩长期稳定发育(图2, 图4b)。

新近纪以来, 西昆仑的强烈隆升与塔西南前陆盆地的形成, 造成塔西南地区向南翘倾沉没, 成为塔西南前渊—斜坡, 隆起区向北大范围迁移, 形成现今的巴楚隆起^[4,7]。

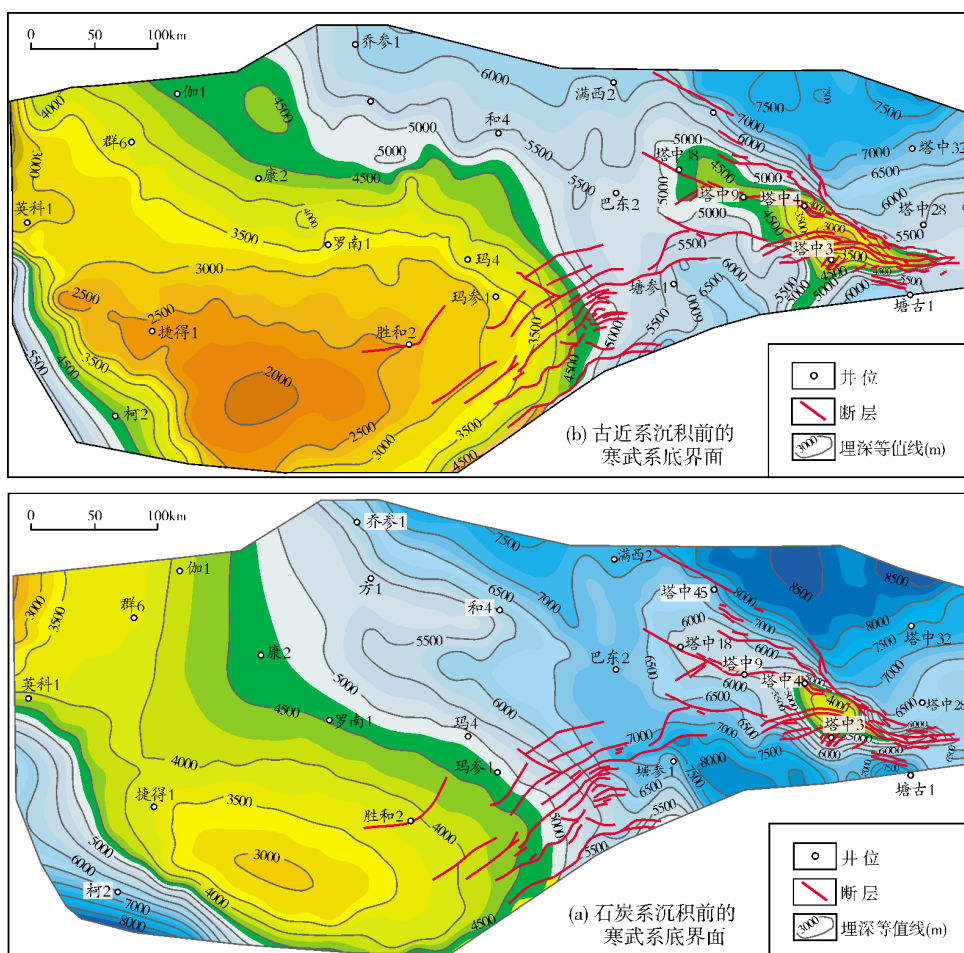


图4 塔西南地区寒武系底界面古构造

4 下古生界白云岩储层

经和4、方1等井标定,通过地震解释推断,研究区中下寒武统厚度为200~600 m,向南部早古生代古隆起区超覆减薄。塔西南地区中下寒武统广泛发育台地相白云岩^[4,10~11],中下奥陶统蓬莱坝组与鹰山组下部也有发育。

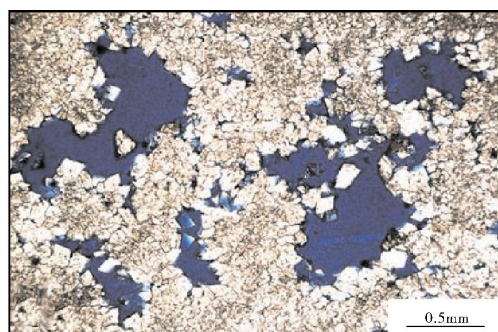
塔里木盆地寒武系白云岩发育多种类型的储层^[10,12]。露头、岩心与薄片观察分析(图5)表明:白云岩储层以粉细晶—粗晶白云岩为主,由于其晶体较大,且晚期胶结作用弱于石灰岩,残余晶间孔普遍发育,晶间溶孔、粒间溶孔也较石灰岩发育(图5a),而石灰岩粒间多为方解石胶结充填,很少保留原生孔隙。在中下寒武统盐膏层发育区,膏模孔(图5b)比较常见,通常以斑点状分布在白云岩中,还有层状溶蚀的呈条带状分布。通过薄片观察分析,总体上溶蚀孔隙(图5a,5c)优于膏模孔的发育,并且中下寒武统白云岩中的溶蚀孔隙普遍优于上寒武统白云岩。

白云岩岩心裂缝(图5d)与薄片微裂缝出现频率比较高。微裂缝主要是构造缝和缝合线,裂缝率一般

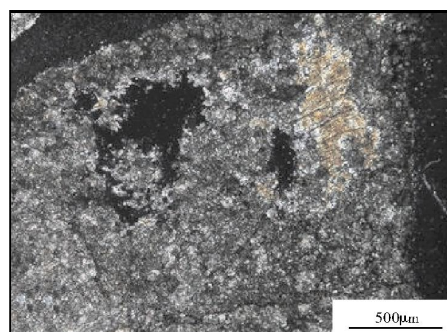
0.1%~0.5%,高于奥陶系石灰岩^[7]。观察发现,同一地区寒武系白云岩裂缝充填程度普遍低于奥陶系石灰岩。例如:塔参1井寒武系顶面裂缝密度达6.8条/m,张开缝占78%;而奥陶系石灰岩全充填裂缝一般达50%以上,裂缝充填程度高。

白云岩潜山溶蚀孔洞发育,通常规模较小,洞径一般<5 mm,但多密集分布,例如山1井白云岩潜山溶蚀孔洞密度达10~50个/m,充填也较少,溶蚀孔洞充填程度低于石灰岩。埋藏期也有多期的晶间溶孔、溶洞发育,如和4井、方1井、塔参1井中下寒武统白云岩均有晶间孔、晶间溶孔发育。热液白云石化与热液溶蚀作用通常也会改变白云岩储层^[13],有些区域能形成规模分布的白云岩储层。

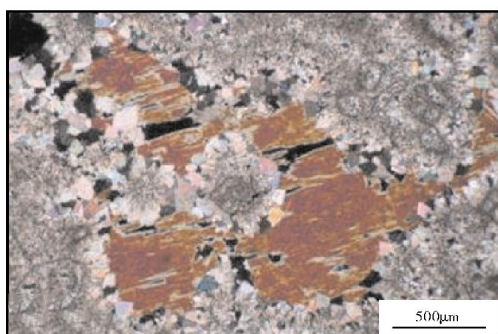
据麦盖提斜坡及其周缘奥陶系石灰岩样(116个)和白云岩样(40个)的统计分析,白云岩的基质孔隙度明显优于石灰岩(图6),石灰岩中则以颗粒灰岩孔隙度相对较大。根据新的钻井资料,寒武系的白云岩储层基质孔隙度则更高。如塔中隆起的塔中408井上寒武统4531~4750 m测井解释孔隙度4.6%~23.2%,平均值10.88%;中深1井在碳酸盐岩顶面以下2000多米



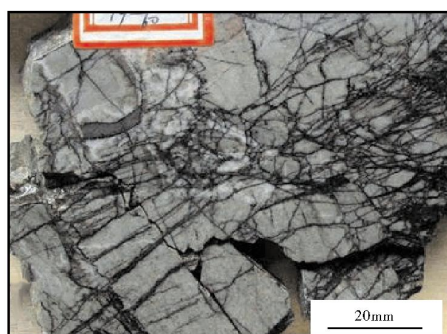
(a) 粉细晶白云岩,晶间溶孔发育。苏盖特剖面,下寒武统。薄片



(b) 膏质粉晶白云岩,石膏呈斑块状,见膏模孔。中深1井6442m,中寒武统。薄片



(c) 含膏白云岩,晶间溶孔含石膏。方1井4606.8m,下寒武统。薄片



(d) 白云岩,网状裂缝发育。塔参1井7118m,寒武系。岩心

图5 塔西南及邻区寒武系白云岩储层特征

的中下寒武统获得重大突破^[14],下寒武统钻遇Ⅰ类储层1 m/1层,孔隙度12.6%,Ⅱ类储层19 m/3层,孔隙度8.36%,最大储层单层厚度9 m,这表明深层白云岩也能发育优质储层。

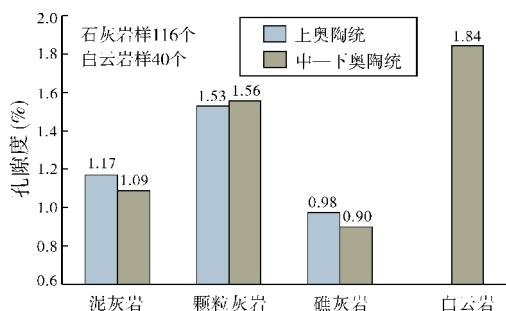


图6 麦盖提斜坡及其周缘奥陶系白云岩与石灰岩孔隙度直方图

塔里木盆地下古生界碳酸盐岩是喜马拉雅晚期发生快速深埋的^[4],地温梯度低,加上白云岩具有比石灰岩更好的抗压实能力,碳酸盐岩储层的发育程度与埋深的关系不很大,故在8 000 m以下还有优质白云岩储层发育。通过野外露头结合岩心薄片的分析,塔里木盆地下古生界内幕的白云岩储层特性与岩石粒度相关,不同成因的白云岩中都有储层发育,优质储层主要存在于细晶—粗晶白云岩中。因此在台缘带、台内高能滩发育区储层相对发育。同时,裂缝对白云岩储层的改造作用明显,裂缝发育带是晚期储层改造的有利部位。

5 寒武系盐下白云岩成藏组合

从全球碳酸盐岩油气藏分布分析,下古生界寒武系—奥陶系碳酸盐岩油气藏的储层绝大多数是白云岩,它们与盐膏层形成优质的储盖组合^[15]。塔里木盆地寒武系—下奥陶统蓬莱坝组中发育有巨厚的白云岩,并具有多套勘探目的层^[14-15],这些层在塔里木盆地西南部也都有分布。

5.1 储盖组合

钻探揭示,寒武系顶部及中寒武统盐下白云岩,分别与其上覆地层组成了两套区域储盖组合(图2)^[4,16],这也是两套广泛分布的成藏组合。由于塔里木盆地经历多期复杂的构造演化与变迁,深层古老碳酸盐岩油气成藏对盖层的条件要求也更为苛刻。目前塔中隆起的钻井在上寒武统顶部见良好的显示,也揭示有储层发育,但由于寒武系与上覆的下奥陶统蓬

莱坝组之间岩性是渐变过渡关系,并且断裂发育,保存条件相对较差,这是一些钻井失利的主要原因。但塔中隆起上的中深1井却在寒武统盐膏层及其之下的下寒武统白云岩获得重大突破^[14],揭示了中寒武统盐膏层与下寒武统白云岩所形成的储盖组合,是古老克拉通盆地油气勘探的又一个有利方向。

塔里木盆地中西部普遍发育中寒武统潟湖相盐膏层^[4,11],在塔中—巴楚—英买力地区广大范围内都有分布,这已为巴楚地区、塔中地区的钻井所证实,它们与下伏碳酸盐岩储层形成了优越的区域储盖组合^[4,16]。下寒武统向塔西南早古生代古隆起的超覆减薄明显(图1b),中寒武统盐膏层与上寒武统白云岩形成的多套强波组在本区可以连续对比追踪,局部可见明显的盐膏层塑性变形。通过露头与井下地层的重新对比分析,塔里木盆地西南地区存在下寒武统(肖尔布拉克组、吾松格尔组)白云岩与其上覆的中寒武统膏岩所组成的储盖组合,地震追踪的分布面积达 $16 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

5.2 充注与保存条件

研究表明,塔里木盆地下寒武统烃源岩分布广泛,是台盆区的主力油气源^[17-18]。下寒武统顶部白云岩储层发育,且紧邻寒武系烃源岩,在加里东期、海西期又处于油气运聚的有利方向^[4,7],故有利于形成寒武系自生自储的原生古油藏。塔里木盆地台盆区所发现的大量天然气,主要为来自于深部原油的裂解气^[4,7],这意味着深层白云岩中存在的大量古油藏资源,可构成晚期巨大天然气资源的基础。

由于上覆有巨厚的碳酸盐岩,深层的寒武系白云岩具有比奥陶系碳酸盐岩顶部更好的油气保存条件,它们可能保存着更多数量的古油藏。塔里木盆地寒武系—下奥陶统深层白云岩见到良好的油气显示^[4],表明寒武系白云岩曾经有过大规模的油气充注。奥陶系、石炭系—三叠系的次生油气藏分析^[4,7],既表明了这中间有深部早期古油藏的垂向调整再成藏的贡献,也暗示着在内幕白云岩中可能仍保存有原生古油藏。

具有地震强反射、杂乱反射和塑性变形的中寒武统盐膏层,在巴楚隆起区和麦盖提斜坡区广泛分布(图1b),经对比分析,其厚度不小于塔中古隆起东部的塔参1井区。不同于发育基底卷入断裂的塔中、塔北地区^[4-9],塔西南地区除巴楚隆起上有喜马拉雅期的大断裂外,在古隆起发育区的麦盖提斜坡则缺少断裂(图1b,图4),东部玛东地区北东向的逆冲断裂均在

寒武统盐膏层中滑脱,故缺乏断裂对下寒武统烃源岩的沟通。因此,寒武系盐下及盐间白云岩,不仅是寒武系烃源岩大量油气充注的有利层位,容易形成自生自储原生油气藏,而且它们位于盆地底层,也有利于油气的保存(图7)。本区断裂的发育程度明显低于塔中隆起东部地区(图4),且中深1井的勘探突破也证实了

中下寒武统盐下有利于油气藏的保存^[14]。正是由于塔西南古隆起区中寒武统盐膏层广泛分布,同时沟通油源的断裂不发育,在新生代以前上覆奥陶系碳酸盐岩中油气充注也很少,因此,盐下寒武系白云岩可能赋存更多的油气资源,因而这是继奥陶系石灰岩大油气田之后的有利接替领域。

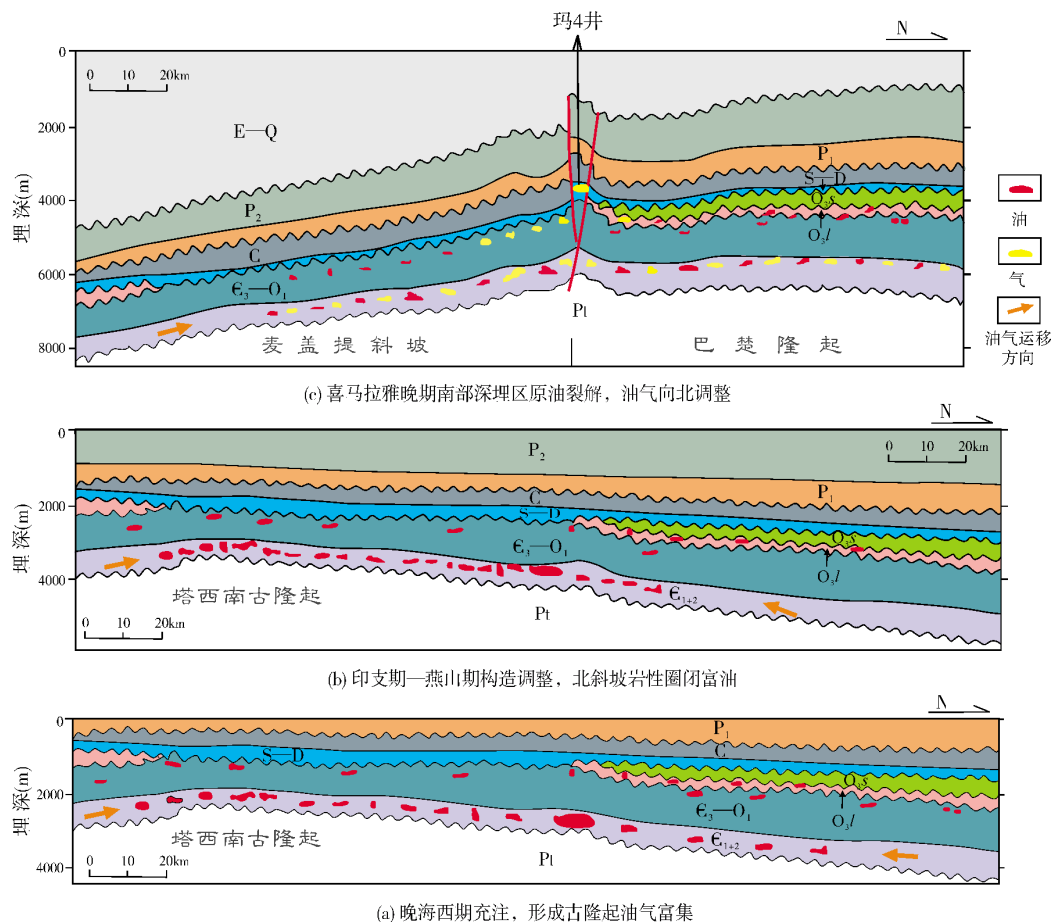


图7 塔西南地区东段构造-成藏演化剖面

O₃I 良里塔格组; O₃S 桑塔木组

6 塔西南地区深层白云岩勘探方向

塔里木盆地塔西南地区深层油源来自中下寒武统烃源岩^[4,7-8],由于这套烃源岩在海西期已进入高—过成熟阶段^[4],因而石炭纪以前的塔西南古隆起是油气运聚的最有利方向。石炭纪以前的塔西南古隆起不仅形成早,而且后期多持续稳定发育^[7]。塔西南古隆起北部斜坡区是油气长期运聚的指向区(图4,图7),并且与晚海西期大规模的石油运聚成藏配套优越,故造成了古隆起广大地区都有油气的充注,并有利于多期的油气聚集。

古隆起经历多期升降运动,白云岩中流体出现多期改变调整,地下流体平衡状态的改变形成了多期的溶蚀作用^[12,16],同时断裂、裂缝的改造作用较强,有利于白云岩储层的发育。统计分析表明,目前寒武系白云岩普遍见油气显示,但主要分布在塔中隆起、塔北隆起,而塔东地区、巴楚地区显示级别低、厚度小,由此可见,长期稳定发育的古隆起是深层油气运聚的最有利方向。

通过区域构造图与地质条件分析,和田河气田及其周缘长期位于塔西南古隆起北部斜坡鼻状隆起带(图4,图7),是中下寒武统烃源岩在加里东晚期—

晚海西期所生的烃、喜马拉雅晚期的分散液态烃以及古油藏裂解气所充注的有利部位,同时中寒武统盐膏层发育,具有与塔中隆起东部相同的沉积微相与储盖组合,保存条件优越,故可作为中下寒武统白云岩勘探的有利方向。和田河气田及其周缘下寒武统顶面埋深小于7000m的勘探面积超过 $2 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图4),有利面积达6000 km^2 ,预测资源量18亿吨油当量,一旦获得油气突破,将带动和田河气田及其周缘的油气勘探,开拓出寒武系白云岩油气勘探新领域,而且可能成为石油资源的重要战略接替区。

因此,塔西南地区深层寒武系白云岩具有广阔的勘探前景,这是继上部奥陶系石灰岩油气大发现后海相碳酸盐岩接替领域的重要勘探方向。

6 结 论

(1)塔西南古隆起区海相碳酸盐岩是油气勘探的有利方向,但目前以奥陶系碳酸盐岩为主的油气勘探存在储层欠发育、油气充注不足的问题。

(2)塔西南古隆起北部斜坡中下寒武统盐膏层与白云岩组成优质储盖组合,寒武系白云岩储层优于奥陶系石灰岩储层,这类储层有利于形成大规模的寒武系自生自储油气藏。

(3)受控于古隆起与油气保存条件,和田河气田周缘中下寒武统是实现新突破的重要勘探方向。

参 考 文 献

- [1] Sun Longde, Zou Caineng, Zhu Rukai, et al. Formation, distribution and potential of deep hydrocarbon resources in China[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2013, 40(6): 687-695.
- [2] Zhao Wenzhi, Hu Suyun, Liu Wei, et al. Petroleum geological features and exploration prospect of deep marine carbonate rocks in

China onshore: A further discussion[J]. *Natural Gas Industry B*, 2014, 1(1): 14-23.

- [3] 康玉柱. 中国古生代海相油气田发现的回顾与启示[J]. *石油与天然气地质*, 2007, 28(5): 570-576.
- [4] 杜金虎. 塔里木盆地寒武—奥陶系碳酸盐岩油气勘探[M]. 北京: 石油工业出版社, 2010.
- [5] 郑显华. 塔里木盆地西部巴楚—麦盖提地区石油地质特征及勘探建议[J]. *石油实验地质*, 1995, 17(2): 114-120.
- [6] 陈强路, 周凌方, 张根法, 等. 塔里木盆地巴楚—麦盖提地区油气勘探领域评价[J]. *石油实验地质*, 2009, 31(4): 343-349.
- [7] 郭光辉, 李洪辉, 张立平, 等. 塔里木盆地麦盖提斜坡奥陶系风化壳成藏条件[J]. *石油勘探与开发*, 2012, 39(2): 144-153.
- [8] 谭广辉, 邱华标, 余腾孝, 等. 塔里木盆地玉北地区奥陶系鹰山组油藏成藏特征及主控因素[J]. *石油与天然气地质*, 2014, 34(1): 26-32.
- [9] 杨紫, 贾承造, 潘校华, 等. 塔西南寒武系—奥陶系斜坡带特征与油气成藏条件分析[J]. *地质科技情报*, 2014, 33(4): 159-164.
- [10] 焦存礼, 邢秀娟, 何碧竹, 等. 塔里木盆地古生界白云岩储层特征与成因类型[J]. *中国地质*, 2011, 38(4): 1008-1015.
- [11] 张光亚, 刘伟, 张磊, 等. 塔里木克拉通寒武纪—奥陶纪原型盆地、岩相古地理与油气[J]. *地学前缘*, 2015, 33(3): 269-276.
- [12] 赵文智, 沈安江, 胡素云, 等. 塔里木盆地寒武—奥陶系白云岩储层类型与分布特征[J]. *岩石学报*, 2012, 28(3): 758-768.
- [13] 潘文庆, 刘永福, Dickson J A D, 等. 塔里木盆地古生界碳酸盐岩热液岩溶的特征及地质模型[J]. *沉积学报*, 2009, 27(5): 983-994.
- [14] 王招明, 谢会文, 陈永权, 等. 塔里木盆地中深1井寒武系盐下白云岩原生油气藏的发现与勘探意义[J]. *中国石油勘探*, 2014, 19(2): 1-13.
- [15] 谷志东, 汪泽成, 胡素云, 等. 全球海相碳酸盐岩巨型油气田发育的构造环境及勘探启示[J]. *天然气地球科学*, 2012, 23(1): 106-118.
- [16] 郑和荣, 吴茂炳, 郭兴威, 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.
- [17] 张永昌, 高志勇, 李建军, 等. 塔里木盆地寒武系—奥陶系海相烃源岩识别与分布预测[J]. *石油勘探与开发*, 2012, 39(3): 305-314.
- [18] 云金表, 金之钧, 解国军. 塔里木盆地古生界主力烃源岩分布[J]. *石油与天然气地质*, 2014, 35(6): 827-838.

编辑:董庸

New Realm of Marine Carbonate Exploration in Southwestern Tarim Basin: Cambrian Dolomite

Xiao Bingqing, Cao Shujuan, Wu Guanghui

Abstract: The recent petroleum exploration in the southwest of Tarim Basin is concentrated on the Ordovician carbonate rocks, but the exploration effect is not ideal. Based on the analysis of drilling and the key elements of hydrocarbon accumulation, different exploration strata in the study area were evaluated. Ordovician carbonate reservoirs are underdeveloped, and the hydrocarbon is poorly packed according to the oil and gas shows. Cambrian has a large-scale petroleum potential of self-generated and self-stored reservoir. Cambrian hydrocarbon source is abundant, and the middle-lower Cambrian dolomite reservoir is superior to the Ordovician limestone, and the salt cap layer is extensively developed with few faults involved. On the north slope of the paleo-uplift, especially in Hetianhe gas field and its periphery, it is expected to get a new oil and gas breakthrough in the middle-lower Cambrian dolomite.

Key words: Paleo-uplift; Dolomite reservoir; Hydrocarbon accumulation; Control factor; Exploration realm; Tarim Basin

Xiao Bingqing: Master degree in progress at Guilin University of Technology. Add: Research Institute of Exploration and Development, PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla, Xinjiang, 841000, China