

文章编号:1000-0550(2004)03-0408-09

塔里木含油气盆地沉积学研究进展

孙龙德

(中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司 新疆库尔勒 841000)

摘要 随着近年来塔里木盆地油气勘探的深化,各主要目的层的沉积学研究取得了长足的进展:对轮南—塔河亿吨级油田为代表的奥陶系碳酸盐岩非均质古岩溶储层形成机理认识的进步及其地震识别技术的建立,极大地提高了勘探成功率;近年来油气勘探新突破也展示了轮南奥陶系主风化壳区外围台地边缘区带存在广阔的勘探前景;以哈得4亿吨级油田为代表的上泥盆统—下石炭统东河砂岩滨岸穿时砂体层序地层格架及其分布模式的建立,拓宽了东河砂岩岩性圈闭及岩性—构造复合圈闭油气藏的勘探领域;以英南2气田为代表的侏罗系低孔低渗砂岩储层—含水网状粘土胶结砂岩因水锁效应成为气藏直接盖层的特殊储盖组合的发现,拓宽了天然气勘探领域;以克拉2特大型气田为代表的高压气藏储盖组合(干旱气候下形成的下白垩统巴什基奇克组辫状河三角洲及扇三角洲巨厚砂岩储层—早第三纪海湾—蒸发泻湖环境沉积的巨厚膏盐泥岩优质盖层),在库车及塔西南等地区普遍分布,具有广阔的勘探前景。

关键词 奥陶系 东河砂岩 侏罗系 白垩系 盖层 古岩溶 层序地层 塔里木盆地

作者简介 孙龙德 男 1962年出生 博士 教授级高级工程师 石油地质

中图分类号 P512.2 **文献标识码** A

随着近年来塔里木盆地油气勘探工作的进行与深化,在各主要油气勘探层系的沉积学研究及认识方面,取得了长足的进展,对油气勘探生产发挥了重要指导作用。虽然塔里木盆地目前总体仍然处于早期勘探阶段,但部分层系岩性圈闭油气藏的勘探已经提到了议事日程,因此,深入进行沉积学研究就显得尤为重要与必要。本文试图展示近年来塔里木盆地油气勘探与研究中所取得的沉积学研究方面的新认识与进展。

1 奥陶系沉积学研究进展

1.1 确定了奥陶纪台地边缘及台内高能相带的展布规模

1.1.1 奥陶纪台地—斜坡—盆地“三分”沉积格局明显

震旦纪始,古塔里木板块北部边缘为被动大陆边缘,陆缘拉张活动从东北向西南发展,逐渐形成了库鲁克塔格—满加尔坳拉槽和塔西克拉通内坳陷盆地^[1]。这两个原型盆地的发展,对奥陶纪沉积相分布和演化起到了重要控制作用,造就了塔里木盆地奥陶纪东深西浅的沉积格局。整个奥陶纪沉积期,沿库南1井—满参1井—若羌一带,发育了向西凸出的马

蹄型斜坡带,该斜坡带以西为浅海碳酸盐台地相,以东发育半深海—深海盆地相。台地、斜坡和盆地“三分”沉积格局明显(图1)。

台地、斜坡和盆地相展布格局的确定,为塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩油气藏勘探指明了大方向。斜坡带以东的盆地相区是寒武系、奥陶系烃源岩主要分布区,紧邻斜坡带的中、西部地区是长期台地边缘相和台内中—高能粒屑滩的分布区,岩性纯,颗粒含量高,易受多期成岩改造,是有利的多成因、多类型储集体发育区及多期油气运聚区。因此,紧邻斜坡带的台地边缘相和台内滩分布区是奥陶系碳酸盐岩油气勘探有利区。

1.1.2 奥陶系台地边缘及台内高能相带展布规模大

沿斜坡带西侧的碳酸盐台地东部边缘,发育一条呈带状展布的台地边缘相带,主要由藻砂砾屑灰岩、砂屑灰岩、鲕粒灰岩、生屑灰岩、生物骨骼岩、隐藻凝块石灰岩和生物砾屑灰岩组成,沉积厚度一般在500~1500m。纵向上发育多个礁(丘)、滩微相组合,单个礁(丘)、滩组合厚度为30~70m。横向上,每个特定台地边缘相发育及侧向延伸宽度约为15~30km,因不同时期台地边缘相带的摆动和迁移,平面上奥陶系台地边缘相的分布宽度则在50~80km。紧邻台

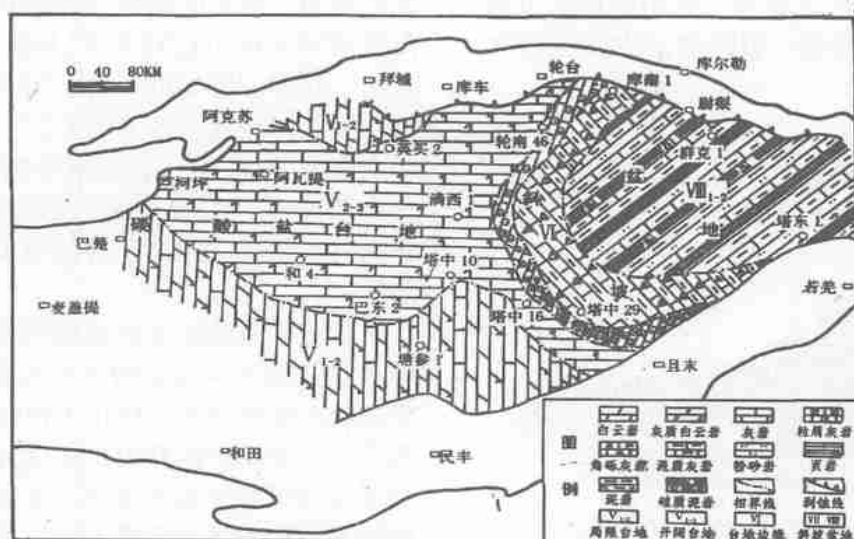


图1 塔里木盆地早奥陶世沉积相平面分布图

Fig. 1 Distribution of sedimentary facies in Early Ordovician epoch of Tarim basin

地边缘的台内相带,常发育中—高能台内粒屑滩,岩性为藻砂屑灰岩、生屑灰岩和鲕粒灰岩,滩体多,分布广,侧向上常与台地边缘相连为一体。因此,塔里木盆地奥陶系碳酸盐台地边缘及台内高能相带的展布规模巨大,横向上延伸范围大于 100 km,紧邻斜坡带呈南北向“马蹄形”条带状贯穿了塔里木盆地。

通过塔中高分辨率三维地震及地质研究认为,通常所说的“塔中”号断裂带在晚奥陶世是一个沉积坡折带,沉积主要受沉积相控制,沿“塔中”号断裂带发育台地边缘相粒屑滩、生物滩,其南侧为开阔台地相碳酸盐岩,北侧从很窄的斜坡相迅速过渡为盆地相碎屑岩。

轮南早—中奥陶世以台地边缘及台内高能相带沉积为主,不同时期的台地边缘相带从东南逐步向西北迁移,平面上相互叠置,广泛发育台地边缘滩和台内滩。

在台缘(礁、丘)滩和台内滩体的向上堆积营建过程中,受海平面变化影响,滩体顶部常常暴露,易受大气淡水淋滤和白云石化作用的改造,早期粒间溶孔、铸膜孔和白云石晶间孔发育,晚期虽被不同程度地胶结充填,但总体基质孔隙度仍然较高。因岩性较纯,早期孔隙残留多,后期易受岩溶和构造破裂作用的改造。因此“塔中”号断裂带和轮南地区奥陶系碳酸盐岩处于有利的成岩改造区,是勘探有利区。

1.2 早石炭世岩溶古地貌和古水文体系控制了轮南地区奥陶系岩溶型储层的分布

1.2.1 岩溶型储层发育机制和分布模式研究不断深化

轮南地区石炭系与下奥陶统碳酸盐岩的不整合接触区分布面积在 1 500 km²以上。不整合面之下几百米厚地层内,存在强烈的岩溶作用。奥陶系碳酸盐岩储层类型以洞穴型、裂缝—孔洞型及孔洞缝复合型为主,主要分布于不整合面之下约 300 m 厚的地层内。

近年来,对轮南地区奥陶系岩溶型储层发育机制和分布模式的研究不断深化,主要表现在以下四个方面:碳酸盐岩储层顶面制图已由区域岩溶古地貌制图发展到微地貌制图,使奥陶系岩溶缝洞体系和岩溶型储层分布预测精度得到不断提高;取得了“轮南地区奥陶系岩溶型储层的分布主要受早石炭世岩溶古地貌和古水文体系控制”的重要认识;建立了岩溶体系及岩溶型储层分布模式;在勘探实践中创建了非均质碳酸盐岩溶洞储层地震识别模式。

轮南地区奥陶系碳酸盐岩岩溶属平缓褶皱型岩溶,均匀状的灰岩地层在不整合面上大范围出露,岩溶水的补给面积广泛,区域性地表和地下岩溶形态较为发育(图 2)。阶段性构造升降运动或海平面变化,至少造成了二个旋回的岩溶发育带。岩溶高地边缘、岩溶斜坡区及溶丘区是溶洞、洞顶破裂缝和覆盖角砾

灰岩所控制的洞穴型、裂缝—孔洞型储层发育区。岩溶高地和岩溶谷地上游区是裂缝—孔洞型储层发育区。岩溶谷地下游区是孔洞—裂缝型、裂缝型储层发育区。

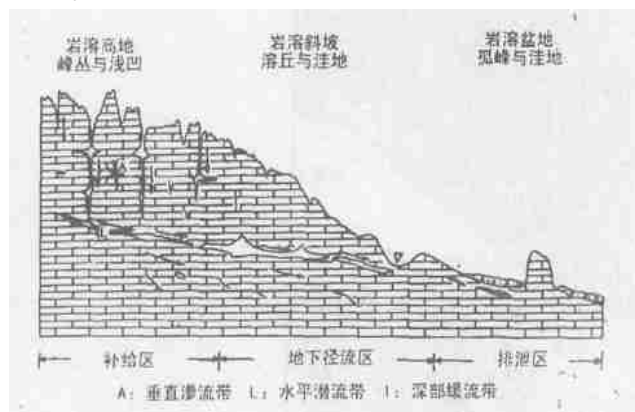


图2 轮南地区奥陶系平缓褶皱型岩溶水动力体系及岩溶发育模式示意图

Fig. 2 Schematic map showing the karst hydrodynamic system and development model of Ordovician flat-fold type karstification in Lunnan area

由于灰岩的岩溶作用主要沿断裂和裂隙进行,属非均一化岩溶作用,主要形成溶洞和地下暗河沉积物,溶洞等大型储集空间多呈串珠状分布,储层非均质性强,储集体空间形态展布复杂。

针对储层和油藏分布的特点,在轮南奥陶系风化壳油藏的勘探实践中创立了独特的非均质碳酸盐岩溶洞储层地震识别模式,勘探开发中采用水平井、高斜度井,横穿多个缝洞系统和储集单元,改善了油气的产出条件。

1.2.2 岩溶型储层地震识别处理技术的建立提高了油气勘探成功率

在轮南奥陶系岩溶型储层的预测评价工作中,对地质规律的认识和地质模型的建立是基础,而地震识别处理技术的建立与完善是关键。结合岩溶体系和储层分布模型,针对复杂的油藏分布特点,发展应用了地震属性参数古地貌刻画、均方根振幅岩溶系统识别、相干数据体识别断层、潜山表层储层特性及油层识别等技术。岩溶型储层地震识别处理技术的发展与应用,大大地增加了储层和油藏评价预测的精度和准确性,提高了勘探成功率,勘探成果得到不断扩大。

1.3 轮南奥陶系主风化壳区外围的台地边缘区带有广阔的油气勘探前景

轮南奥陶系主风化壳区外围的台地边缘区带的

滩体呈多期叠置发育,由于紧邻主风化壳区,早石炭世暴露期岩溶水的侧向溶蚀作用形成的潜流带和深部缓流带岩溶也比较发育,具备发育裂缝—孔洞型、裂缝—孔隙型储层的条件。另外,该区临近油源区,迄今为止已经在该区发现轮古13、18,轮南48、14、16等众多油气藏(田),在轮南南坡的羊屋2井、乡3井等钻井过程中,曾见含油岩芯等良好油气显示。说明轮南奥陶系主风化壳区外围也具有良好的油气成藏条件。

目前轮南地区奥陶系碳酸盐岩油气勘探主要集中在古隆起主体部位的早石炭世风化壳岩溶区。近年来随着勘探开发一体化工作的不断深入,探明的奥陶系油气储量不断升级扩大,已证实轮南奥陶系是一个复杂的碳酸盐岩大油田。正在钻探的雀马1井在奥陶系碳酸盐岩中发现了良好的油气显示层段,说明轮南奥陶系主风化壳区外围的台地边缘区带也具有良好而广阔的勘探前景。

除轮南地区这种沿潜水面分布的大型准层状复杂油气田外,塔里木盆地碳酸盐岩还发育潜山型、内幕背斜、内幕层状等多种类型的油气藏。塔中、英买力地区都可能存在碳酸盐岩大油田。

2 东河砂岩沉积学研究进展

2.1 东河砂岩是晚泥盆世至早石炭世海侵体系域穿时滨岸砂体

2.1.1 晚泥盆世至早石炭世沉积了“东河砂岩”

东河砂岩的时代归属一直存在着泥盆纪和石炭纪之争。新近钻探和研究表明,在泥盆纪晚期至早石炭世的古隆起周缘及凹陷中沉积了东河砂岩。古隆起的发育不但为东河砂岩沉积提供了丰富的物源,还控制了东河砂岩尖灭线的展布。

2.1.2 塔里木盆地上泥盆统—石炭系可划分为4个三级层序

塔里木盆地上泥盆统—石炭系是在海平面相对变化的二级周期中形成的,其顶、底界皆为由海平面下降所形成的明显不整合面或假整合面。由下向上可划分为四个三级层序:层序Ⅰ由巴楚组组成,包括东河砂岩段、下泥岩段和生屑灰岩段;层序Ⅱ由卡拉沙依组的中泥岩段、标准灰岩段和上泥岩段组成;层序Ⅲ由卡拉沙依组的砂泥岩段组成;层序Ⅳ由小海子组灰岩段组成。层序Ⅰ海侵体系域主要由巴楚组东河砂岩段和下泥岩段组成,以发育滨岸—陆棚沉积体系组合为特征;层序Ⅱ高位体系域由巴楚组生屑灰岩

段组成,以发育碳酸盐岩台地—滨岸沉积体系组合为特征。

2.2 古地貌控制了东河砂岩的分布

2.2.1 东河砂岩沉积前古地貌总体表现为西低东高的特征

塔里木盆地东河砂岩沉积前地貌总体上表现出西低东高的特征,地质层位从巴楚—塔中—满西—轮

南依次抬高,同时盆地内出现古地貌的侵蚀阶地现象。就轮南外围而言(图 3),其沉积前古地貌整体表现为东西凹陷并逐渐向轮南隆起抬高的特征。其中满参 1 井—觉马 1 井一带和草湖凹陷是整个轮南外围最低的部位;伊敏—哈拉哈塘为第二个台阶;羊屋 2—轮南和库尔勒鼻状隆起—塔东为古地貌最高部位,该区缺失巴楚组甚至整个上泥盆统一石炭系沉积。

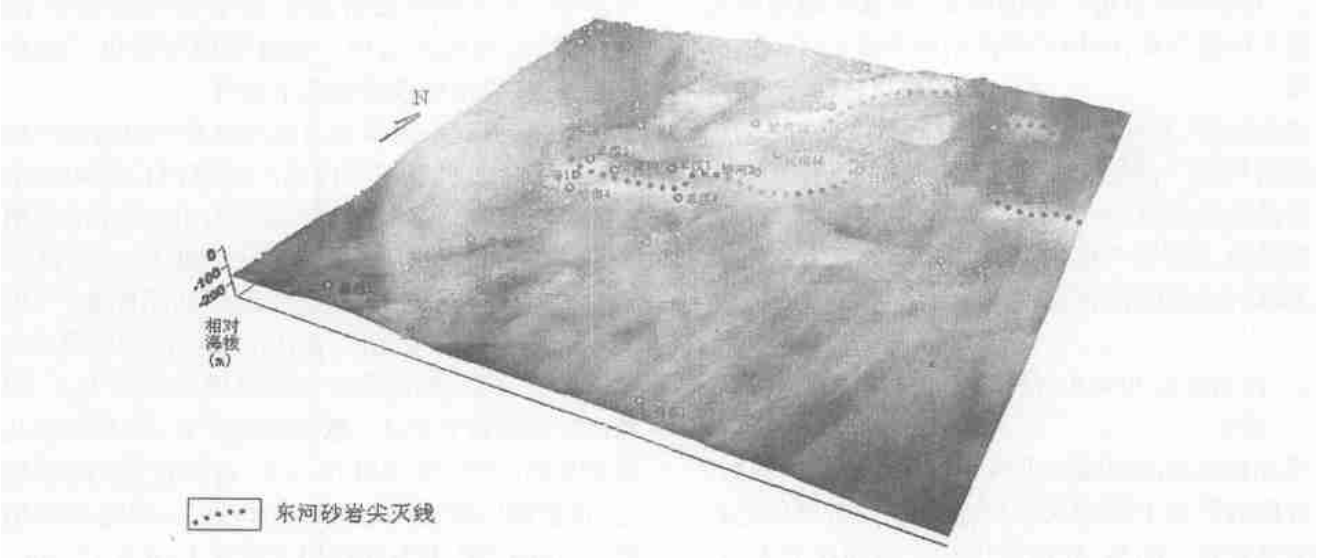


图 3 轮南外围地区东河砂岩沉积前古地貌图

东河砂岩分布于南西部。根据东河砂岩段底面至膏泥岩段底面之间的地层厚度编制

Fig. 3 Paleogeomorphology before the sedimentation of Donghe sandstone in the peripheral regions of Lunnan area

2.2.2 古地貌对东河砂岩沉积的控制作用

塔里木盆地东河砂岩是在持续海侵背景下沉积的滨岸砂体或砂砾岩体,其沉积规律主要受控于当时的古地貌,对其下伏的古侵蚀面起到填平补齐的作用,沉积厚度平面上变化较大。受古地貌的影响,盆

地内东河砂岩平面上整体表现为东厚西薄的特征。在塔中北坡、东河塘及哈拉哈塘地区东河砂岩沉积最厚,显示出在这些地区东河砂岩沉积前存在较深的河流侵蚀谷(图 4)。在西部的巴楚、和田河一带和塘古孜巴斯坳陷,东河砂岩厚度普遍较薄,一般在 50 m 以内。

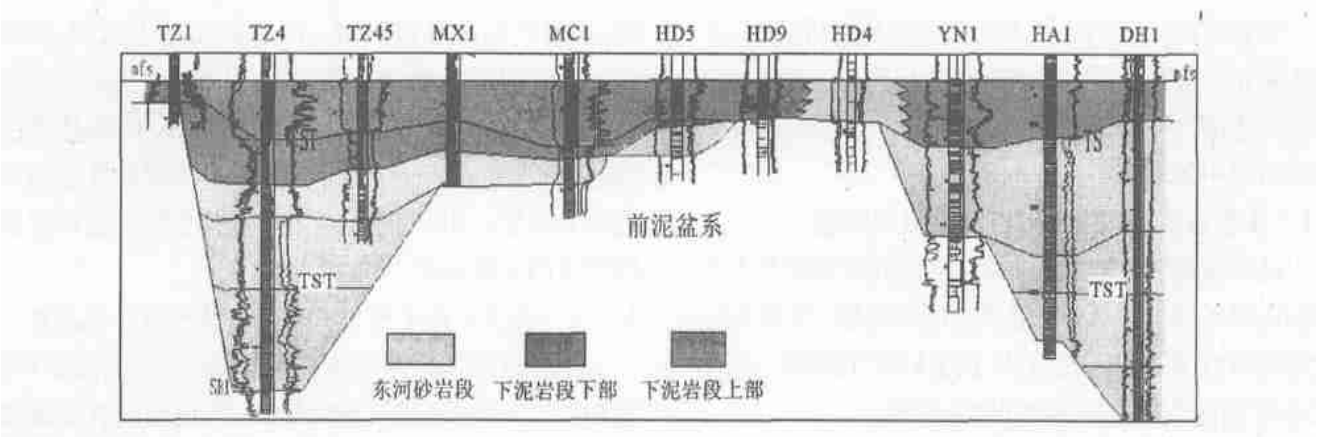


图 4 塔中—哈得逊—东河塘巴楚组地层对比图

Fig. 4 Strata correlation of Bachu formation along Tanzhong-Hadexun-Donghetang line

2.3 东河砂岩地层圈闭识别及勘探意义

2.3.1 多信息综合识别技术的应用在哈得逊及其周缘地区取得了一系列勘探成果

通过近几年的不断探索和创新,提出了层序地层学方法、古地貌恢复及层序地震多信息识别技术等多手段联合应用是识别东河砂岩尖灭线及寻找东河砂岩地层圈闭行之有效的方法。在层序地层学研究的基础上,对地震层位进行精细标定,开展古地貌恢复和地震多信息分析,应用多种技术联合确定东河砂岩尖灭线。

通过地震、地质联合攻关,特别是多信息识别技术的应用与推广,在哈得逊东河砂岩油气勘探中取得了良好的勘探效果,发现并探明了哈得4、哈得11岩性—构造复合型油气藏,探明石油地质储量近亿吨。通过不断的滚动勘探开发,该区储量规模有望继续扩大。

2.3.2 轮南凸起外围东河砂岩是油气勘探的有利远景区

受环轮南凸起超覆尖灭线及南部相变线的控制,轮南外围有形成上倾超伏和相变上倾封堵两种地层圈的良好条件。同时,轮南外围构造圈闭比较发育,也是寻找东河砂岩低幅度构造圈闭油气藏的有利区块。目前在轮南外围共发现和落实东河砂岩地层及岩性—构造复合型等各类圈闭75个、总面积854.7 km²,圈闭资源量3.5亿吨,预示了该区广阔的黑油勘探前景。

3 侏罗系沉积学研究进展

塔里木盆地侏罗系巨厚的辫状河和辫状三角洲砂岩分布广泛,是油气勘探的重要目的层系。石油地质调查、勘探和研究表明,侏罗系中蕴藏着丰富的油气。英吉苏凹陷英南2井油气藏的发现告诉我们,侏罗系存在一套特殊的储盖组合,砂岩不仅是储层,也可作为盖层。砂岩怎么能形成盖层?这已成为沉积储层研究中的一个新问题。

3.1 侏罗系致密砂岩沉积特征及形成环境

侏罗系沉积受孔雀河断裂、车尔臣断裂和英吉苏凹陷内部系列北东、北西向两组断裂控制,沉积环境主要是辫状河及辫状三角洲,致密砂岩主要是三角洲前缘滑塌的重力流沉积和部分远砂坝。

3.1.1 高岩屑含量致密砂岩沉积特征

致密砂岩石英含量一般为20%~40%,长石含量3%~16%,岩屑含量50%~73%,以岩浆岩岩屑

为主,次为变质岩岩屑;胶结物含量为1%~35%,分为方解石、铁方解石及少量硅质,以方解石为主。杂基含量为1%~12%,以泥质杂基为主;泥质含量高达10.2%;岩石结构以细砂级为主,少量粗砂、中砂及粉砂级;分选差。

致密砂岩内部含大量泥砾,泥砾是盆内湖滨泥岩干固变硬后近距离搬运且快速沉积的产物。这种泥砾增加了砂岩中的泥质含量,使砂岩孔隙变小,泥质含量增加,为成岩后伊—蒙混层增加提供了物质基础,也为形成水锁效应创造了条件。

3.1.2 远砂坝及浅水重力流是致密砂岩的沉积环境

致密砂岩沉积的环境是三角洲河口坝和浅水重力流。河口坝以细砂岩、粉砂岩为主,发育小型槽状交错层理,粒度概率曲线以跳跃组分为主,砂体厚度0.2~0.5 m。受沉积古坡度、断裂活动影响,三角洲前缘沉积物滑塌再沉积,在浅水部位快速堆积形成浅水重力流沉积,其岩性以含泥砾细粉砂岩为主,泥砾漂浮于细粉砂岩之上;递变层理发育,显著特征是泥质含量高,颗粒分选性中—差,磨圆度差,储层物性差,自然伽玛曲线形态为钟形和齿形,自然伽玛值一般在150~250 API;单层厚度变化大(0.5~2 m)。

3.2 砂岩盖层形成机理

3.2.1 砂岩盖层的物性条件

砂岩盖层岩性多为细、粉砂岩。这类砂岩孔喉连通性差^[2,3],孔隙度小于5%,渗透率为0.2~1×10⁻³ μm²。孔喉半径<0.16 μm,排驱压力高,一般>1.1 MPa。进汞曲线和退汞曲线差异小,很难具备流体流动能力^[5,6]。

3.2.2 网状粘土是砂岩盖层形成的物质条件

致密砂岩富含高度分散状分布的蜂窝状伊蒙—绿蒙混层粘土(泥质杂基)。虽然其孔隙度并不很低,但砂岩的孔隙被伊蒙—绿蒙混层粘土充填,形成孔喉直径很小的微细孔隙(图5),孔喉半径分布范围在0.025~0.63 μm。经地层水束缚后,很容易发生水锁现象,具很高的毛管压力,因此渗透率极低而可能成为盖层。伊—蒙混层网状粘土的形成是砂岩盖层形成的关键因素。

3.2.3 水锁效应是砂岩成为盖层的外部必要条件

水锁效应是指外来流体进入地层后,使地层含水饱和度上升,增加油气渗流阻力,导致油气有效渗透率下降的现象^[2,7]。水锁亦可定义为在毛细管中,当非湿润相驱替湿润相时,湿润相对非湿润相产生的附加毛细管阻力^[4]。

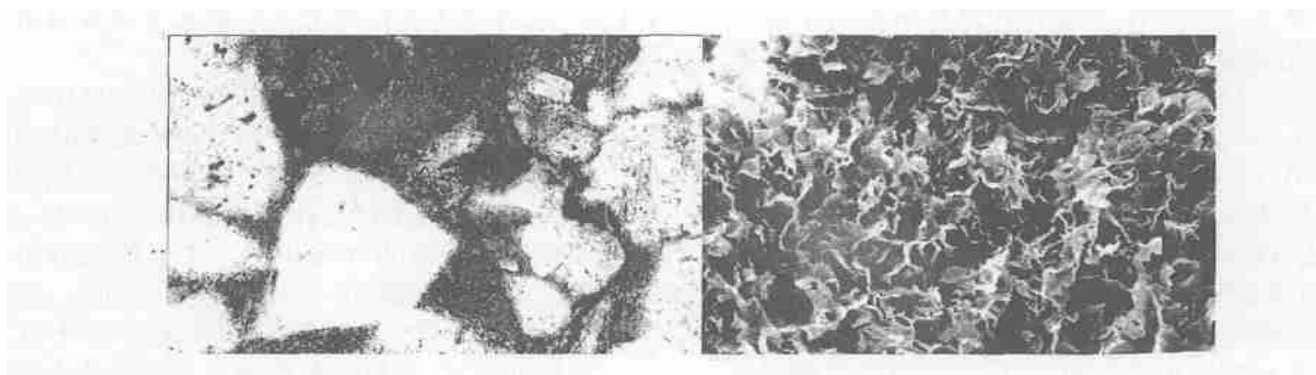


图5 砂岩孔隙中被蜂窝状伊蒙—绿蒙混层粘土充填形成微孔隙

Fig. 5 Microporosity formed by honeycomb-like I/S-C/S interlayers within sandstone porosity

英南2井的岩心分析数据分别采用两种不同含水饱和度所测试的渗透率和驱替压力梯度,从中可看出,在1.18~1.394 MPa的驱替压力条件下,当含水饱和度达到60%以上时,渗透率值降低到 $1.17 \times 10^{-6} \sim 8.25 \times 10^{-6} \mu\text{m}^2$,其渗透率分别下降了数千倍乃至上万倍,渗透率几乎降为零(图6),产生水锁效应后的封堵能力,理论上计算可高达上千个MPa单位,完全可以作为气藏的盖层。

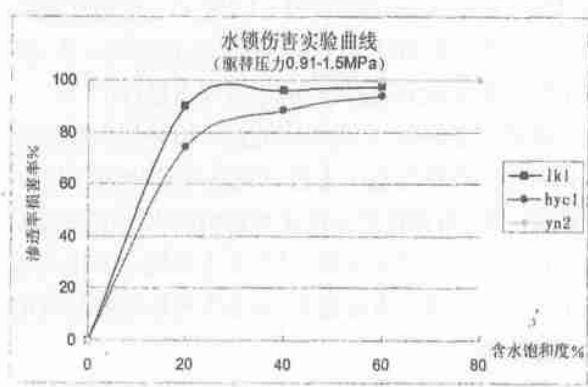


图6 英南2井侏罗系致密砂岩水锁试验孔渗损害图

Fig. 6 Water-locking experiment for the damage on Jurassic tight sandstone in Well Yingnan 2

据测井解释,英南2井某井段砂岩的含水饱和度达到了80%以上,部分井段含水饱和度达到了100%,完全符合水锁效应所具备的含水条件。即英南2井某井段砂岩可以作为气藏盖层。

3.3 英南2井砂岩特殊储盖组合的发现预示了塔里木盆地油气勘探新领域

英南2井侏罗系致密砂岩特殊储盖组合气藏的发现具有重要意义。勘探和研究表明,类似的砂岩储

盖组合油气藏不仅在侏罗系目的层系内有,而且在志留系目的层系内也可能存在(如满东1井);不仅在英吉苏凹陷有,在盆地内其它地区也可能分布。因此,这种特殊储盖组合所形成油气藏的广泛存在给油气勘探带来了新的希望。

4 白垩系—下第三系沉积学研究进展

塔里木盆地白垩纪—早第三纪属于弱挤压—弱伸展拗陷—断陷盆地演化阶段。白垩系—古近系所发育的优质储盖组合,是山前地区油气富集的主要层系。

4.1 库车拗陷白垩系巨厚储层沉积机理

4.1.1 库车拗陷下白垩统顶部数百米厚的巴什基奇

克组砂岩是南天山山前区最重要的优质储层

塔里木盆地白垩系厚0~2000 m,山前地带较厚,盆地腹地较薄。下白垩统分布广泛,分布总面积约为 $31 \times 10^4 \text{ km}^2$,约80%集中于盆地东北部,约20%呈带状分布于昆仑山前;上白垩统大部分地区缺失,仅在塔西南地区发育了一套海相地层。白垩系与上覆和下伏地层均为不整合接触。

库车拗陷主要接受早白垩世沉积,普遍缺失上白垩统,沉积范围较侏罗系大得多,以氧化环境的滨浅湖—辫状河三角洲红色碎屑岩沉积为主。自下而上分为亚格列木组、舒善河组、巴西盖组和巴什基奇克组。亚格列木组以砂、砾岩为特征,夹粉砂岩、泥岩,厚2~243 m。舒善河组以褐色泥岩为主,夹少量砂岩,厚140~3060 m。巴西盖组为数十米至数百米厚的砂岩、粉砂岩夹泥岩,向东尖灭。巴什基奇克组为褐红色砂岩、砾岩夹粉砂岩、泥岩,厚400余米,向东、西减薄。

巴什基奇克组数百米厚的砂岩是南天山山前区最重要的优质储层。克拉2气田产层主要为巴什基奇克组砂岩,储层厚度为220~285 m,孔隙度为1.1%~22.4%,平均12.83%;渗透率为 $0.004 \times 10^{-3} \sim 1770.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均 $51.46 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;砂岩以剩余原生粒间孔为主。

4.1.2 巴什基奇克组优质储层砂岩属于干旱气候下的辫状河三角洲及扇三角洲沉积

库车坳陷早白垩世古地形呈北高南低,沉积物源主要来自北部的天山造山带,在南部的塔北古隆起丘陵地区也有物源注入,总体上古流向自北向南,沉积厚度自山前向盆地由厚变薄。坳陷北部沿山前发育冲积扇,向南至克拉苏构造带发育扇三角洲—辫状河三角洲沉积,坳陷中部的大部分地区为滨浅湖相分布,坳陷南部以发育滨浅湖相为主,在英买1—英买21—英买7井区和东河2井区发育有河流三角洲沉积(图7)。



图7 库车坳陷早白垩世岩相古地理图

Fig. 7 Lithofacies and paleogeography of the early Cretaceous in Kuiche depression

通过钻井和露头剖面沉积相对比^[8],克拉2气田巴什基奇克组砂岩储层属于辫状河三角洲平原、辫状河三角洲前缘及扇三角洲前缘沉积。巴什基奇克组沉积时期,古气候以干旱炎热为主,库车坳陷北部发育多个扇体,在平面上相互连接、叠置而形成多个物源出口,形成了一系列由辫状河道组成的辫状河三角洲,从而形成大面积分布的稳定砂体。沉积微相对比表明,巴什基奇克组储层是由互相切割的多个辫状河道砂体叠置而成,各段微相在横向上分布十分稳定,各砂体互相连通、连续性好,泥岩夹层薄、不连续,空间上具有厚度大、分布广、连续性好、物性好和隔夹层少的特点,为一套优质天然气储层。

4.1.3 巴什基奇克组砂岩储层物性有从北向南变好的趋势

巴什基奇克组砂岩厚度大、分布广,是库车坳陷最重要的储集层。主要分布于拜城凹陷及其周缘地区。纵向上下粗中间细,平面上北粗南细。储集物性有从北向南变好的趋势,孔隙度从山前的8%左右,逐渐增大到前隆带的20%以上。类储层分布于前隆带的羊塔克—英买力一带,孔隙度>20%,渗透率> $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。类储层分布较广,分布于吐北—克拉苏地区、西秋—却勒地区及前隆带东部。类储层主要分布于拜城凹陷和克拉苏构造带北部,压实程度较强。—类储层主要为山前的冲积扇沉积区。

4.2 库车坳陷古近系和新近系巨厚优质膏盐泥岩盖层

4.2.1 古近系和新近系优质膏盐泥岩盖层在库车坳陷普遍分布

古近系和新近系巨厚的膏盐岩、膏泥岩是库车坳陷最重要的区域性盖层,在库车河以西,膏盐岩、膏泥岩主要发育在古近系,克拉苏地区钻井揭示最小厚度也达300 m,纯盐层厚度可达250 m以上。新近系的膏泥岩盖层主要分布在库车河以东地区,岩性为膏泥岩、膏岩、泥岩互层,厚度800~1200 m。这两套膏盐岩盖层对油气的封闭能力强,在空间上连成一体,覆盖了整个库车坳陷,是优质的区域性盖层(图8)。

值得注意的是,古近系底部的库姆格列木群存在海相夹层。塔西北地区古近系海相地层出露于柯坪至拜城一带,海相夹层出现在库姆格列木群下部的塔拉克组和小库孜拜组下段,层位为古新统。海相夹层的主要证据是其中有腹足类、双壳类及沟鞭藻等海相化石的出现^[9]。

4.2.2 古近系膏盐泥岩形成于受新特提斯海侵影响的咸化海湾泻湖环境

古近纪,塔里木盆地北缘为古天山隆起,南缘为西昆仑隆起和东昆仑—阿尔金山隆起。经长期剥蚀,这些隆起已趋于夷平,盆地与周缘隆起地区高差不大。盆地内演变为统一的断陷—坳陷盆地,塔西南和库车地区曾受新特提斯海侵的影响,发育海湾、泻湖环境。盆地北缘库车地区天山古陆前至东秋立塔格构造带发育冲积扇和扇三角洲沉积,向南至塔北英买2井—东河4井—轮台一线,逐渐相变为泻湖相或咸化湖泊相。盆地东部的广大地区主要为冲积平原和滨浅湖相分布区,天山山前的英吉苏地区和阿尔金山前的若羌地区发育扇三角洲沉积。塔西南地区主要

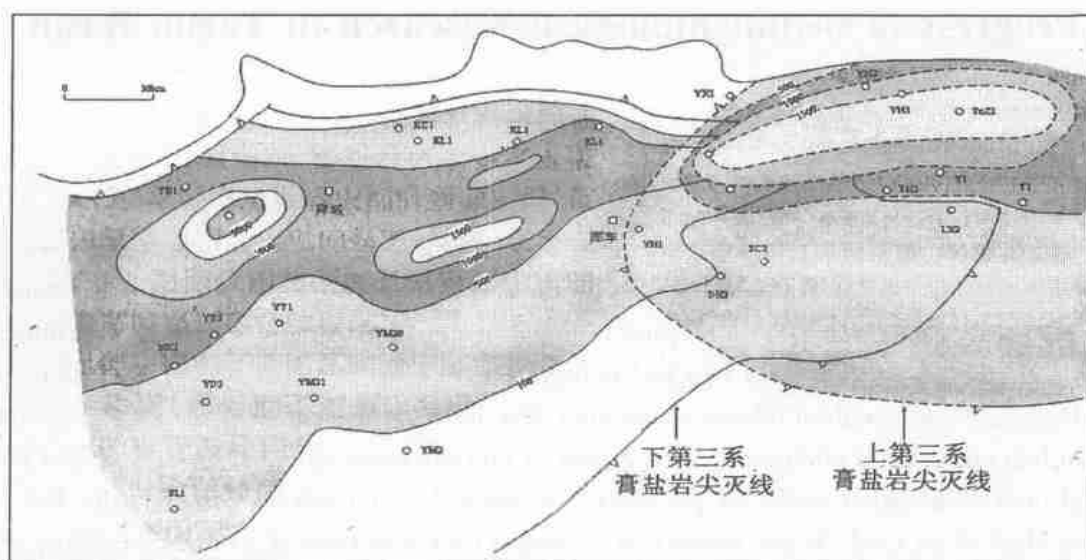


图8 库车坳陷第三系膏盐岩分布

Fig. 8 Distribution of Tertiary gypsum and salt rocks in Kuche depression

为蒸发潮坪相、泻湖相或局限海台地相分布区。

根据露头剖面和钻井资料,塔西北地区新生代的海侵只有一次,海侵时代为古新世,最大海侵时期是古新世晚期,海侵范围北至南天山褶皱带,南到塔北隆起,东达依奇克里克构造带南。海水来自新特提斯海,海侵可能是全球海平面上升的结果。

4.3 塔里木盆地白垩系—古近系优质储盖组合具备广阔勘探前景

库车坳陷拜城凹陷及其周缘地区古近系巨厚的膏盐岩、膏泥岩与下伏的古近系底砂岩段—下白垩统巴什基奇克组砂岩组成了优质的区域性储盖组合。目前在库车坳陷所发现的以克拉2特大型气田为代表的众多油气田主要发育在该套储盖组合中。白垩系—古近系储盖组合厚度大,分布广,油气圈闭类型多,规模大,勘探前景十分广阔。它在库车、塔东北和塔西南等地区均有分布,很可能库车与塔西南在白垩纪—古近纪为统一的沉积盆地,后来被柯坪推覆体分隔。在盆地山前区坚持以白垩系—古近系储盖组合为主要目的层的油气勘探,是塔里木盆地寻找中、新生界大中型油气田的主要勘探方向之一,具有十分广阔的勘探前景。

参考文献(References)

1 贾承造主编. 中国塔里木盆地构造特征与油气. 北京:石油工业出版社,1997. 1~425[Jiao Chengzao. The tectonic feature and oil-gas

of Tarim Basin, China. Beijing: Petroleum Industry Press,1997. 1~425]

- 2 魏新善. 低渗透天然气储层中水封和烃封污染机理. 低渗透油气田,2002,(3):6~60[Wei Xinshan. The pollution mechanism of water-sealing and hydrocarbon-sealing in low-permeability gas reservoir. Low-permeability Oil and Gas Field, 2002, (3): 6~60]
- 3 张士诚,王鸿勋. 致密砂岩气层伤害特点分析. 低渗透油气田,2002,(3):22~25[Zhang Shicheng and Wang Hongxun. Analysis on the damage-characteristics of compacted sandstone gas-layer. Low-permeability Oil and Gas Field, 2002, (3): 22~25]
- 4 黄月明. 低渗透致密砂岩储层研究. 低渗透油气田,1998,(3):10~13[Huang Yuening. Study on compacted sandstone reservoir with low-permeability. Low-permeability Oil and Gas Field, 1998, (3): 10~13]
- 5 Bennion D B. Reduction in productivity of oil and low permeability gas reservoir due to aqueous phase trapping. JCPT,1994,33(9):56~62
- 6 Bennion D B. Remediation of water and hydrocarbon phase trapping problems in low permeability gas reservoir. Journal of Canadian Petroleum Technology, 1999,38(8):99~108
- 7 张敏谕,毛美利. 长庆低渗气田水锁效应与抑制对策. 低渗透油气田,1999,4(2,3):66~68[Zhang Minyu and Mao Meili. Water-sealing and its controlling on Changqing low-permeability gas field. Low-permeability Oil and Gas Field, 1999, 4 (2 & 3): 66~68]
- 8 贾进华,顾家裕,郭庆银,等. 塔里木盆地克拉2气田白垩系储层沉积相. 古地理论,2001,3(3):67~75[Jia Jinhua, Gu Jiayu, Guo Qingyin, et al. The sedimentary facies of the Cretaceous reservoir in Kela 2 gas-field, Tarim Basin. Journal of Paleogeography, 2001, 3 (3): 67~75]
- 9 周志毅. 塔里木盆地各纪地层. 北京:科学出版社,1992. 320~323[Zhou Zhiyi. Stratigraphy of Tarim Basin. Beijing: Science Press, 1992. 320~323]

Progress of Sedimentological Research in Tarim Basin

SUN Long-de

(Tarim Oil-Field Company, PetroChina, Korla Xinjiang 841000)

Abstract Along with deepening of oil-gas exploration in Tarim basin in recent years, many progresses have been obtained in sedimentological research of several chief target strata: as the recognition progress of formation mechanism to the Ordovician heterogeneous carbonate paleo-karst reservoir and establishment of its seismic identification technology in Lun 'nan-Tahe oil field with more than hundred million tons reserve, the exploration success ratio has been enhanced greatly. Recent breakthrough of oil-gas exploration also indicates that there exists wider exploration foreground in platform margin belt out of main Ordovician karst region in Lun 'nan area; due to establishment of sequence stratigraphy framework and distribution model of the Upper Devonian-Lower Carboniferous Donghe Fm. unsynchronous shore sandstone in Hade 4 oil field, it has broadened to prospect for reservoirs of stratigraphic traps and stratigraphy-structure compound traps in Donghe Sandstone; as the discovery of special reservoir-cap rocks combination in which low porosity & permeability sandstone as reservoir rocks and reticulation clay cementated sandstone as gas cap rocks because of water-locking effect in Jurassic of Yin 'nan 2 gas field, the gas prospect domain has been broadened; the high-pressure gas reservoir-cap rocks combinations as in Kela 2 large gas field, in which Lower Cretaceous Basijiqike Fm. thick sandstones formed in braided river delta & alluvial fan delta under arid climate as the reservoir rocks and the Paleogene thick gypsum-salt & mudstones formed in evaporite bay & lagoon as good cap rocks, are widespread distributed in Kuche depression and southwestern Tarim basin. So there is a great potential for exploration.

Key words Ordovician, Donghe sandstone, Jurassic, Cretaceous, reservoir, cap combination, paleo-karst, sequence stratigraphy, Tarim basin

本刊收取稿件审理费的通知

承蒙广大地质工作者的厚爱与信任,近几年来《沉积学报》的收稿量急剧增加。由于本刊采取比较严格的审稿制度,外审的工作量很大,致使稿件审理费的开支逐年增大。为了弥补办刊经费的不足,经慎重研究,决定从 2004 年下半年起,本刊对投稿的作者一律酌收稿件审理费 50 元/篇。此费用由编辑部开具收据,不再另开发票。敬请广大作者谅解与配合。具体办法:凡投稿者请在寄送稿件的同时通过邮局汇寄审稿费,每篇 50 元。通过电子信箱投稿的作者,也请通过邮局将一份打印稿及审稿费寄至编辑部。汇款地址:730000 甘肃省兰州市东岗西路 324 号《沉积学报》编辑部。汇单附言中请注明“审稿费”。

《沉积学报》编辑部

2004 年 6 月