

塔里木盆地古生界碳酸盐岩油气成藏特征

黄太柱,蒋华山,马庆佑

(中国石化西北油田分公司 勘探开发研究院,新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:沙参2井实现了塔里木盆地古生界碳酸盐岩的首次重大突破,推动了塔中油田、塔河油田及和田河气田的相继发现和大油气田勘探理论的持续创新,逐步建立起盆地古生界海相碳酸盐岩油气成藏理论。对盆地古生界成藏地质条件与典型油气藏综合研究表明,稳定的古隆起古斜坡、多套非均质碳酸盐岩储集体、充足的油源供给与多期成藏等要素的配置控制了大型碳酸盐岩油气田的形成与分布;塔北沙雅隆起南坡受加里东-海西期岩溶叠加改造形成了复式的缝洞成藏系统,受满加尔、阿瓦提两大生烃坳陷多期的油气充注改造形成了复杂的油气藏类型,单个缝洞型油气藏具有相对独立的油-气-水系统,平面上叠合连片含油气、不均匀富集;塔中卡塔克隆起下古生界具有典型的复式成藏特征,从寒武系往上部层系气/油比逐渐降低,油气富集规律相比塔北更复杂,总体表现出“平面分块、纵向分层、多点充注、相对高点富集”的特点;和田古隆起是具有优越成藏条件的早古生代三大古隆起之一,已发现了受不均一岩溶缝洞体控制、不均匀含油的玉北奥陶系油藏,但近期的勘探进程表明该区成藏条件及油气富集规律尚不明朗。塔北沙雅隆起南坡及围斜区、卡塔克隆起及北坡顺南-古城地区是奥陶系油气勘探的现实领域,而顺托果勒低隆、麦盖提斜坡、塘古巴斯坳陷玛东冲断带和塔北、塔中-巴楚寒武系-奥陶系深层是重要的接替领域。

关键词:成藏地质条件;油气成藏特征;海相碳酸盐岩;下古生界;塔里木盆地

中图分类号:TE122.3

文献标识码:A

Hydrocarbon accumulation characteristics in Lower Paleozoic Carbonate reservoirs of Tarim Basin

Huang Taizhu, Jiang Huashan, Ma Qingyou

(Exploration and Production Research Institute, Northwest Oilfield Company, SINOPEC, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: The first major breakthrough of Well Shacan 2 in exploration of the Lower Paleozoic carbonates promotes the successive discoveries of Tazhong, Tahe and Hetianhe oilfields and continuous innovation of exploration theory of large fields. And the hydrocarbon accumulation theory of carbonate reservoir is also gradually put forward. The researches on hydrocarbon accumulation conditions and typical reservoirs in the Lower Paleozoic show that the formation and distribution of large carbonate fields are controlled by the temporal-spatial combination of stable paleo-uplifts and slopes, several heterogeneous carbonate reservoirs, abundant oil sources and multiple periods of hydrocarbon accumulation. The south slope of Shaya uplift is a complex fractured-vuggy reservoir system formed due to the modification by the Caledonian-Hercynian karstification and multi-staged hydrocarbon charging from Manjiaer and Awati depressions. Single fractured-vuggy reservoir has relatively independent oil, gas and water system. These reservoirs are superimposed vertically and connected laterally with inhomogeneous oil enrichment. Katake uplift in the central of Tarim Basin possesses the typical characteristics of composite hydrocarbon accumulation. The gas oil ratio decreases from the Cambrian to the upper formations and the patterns of hydrocarbon enrichment are more complicated than that in Tabei. The hydrocarbon accumulation is characterized by lateral zonation, vertical layering, incharging in multi-places and accumulation in relative structural highs. Hetian paleo-uplift is one of three lower Paleozoic uplifts with favorable hydrocarbon accumulation conditions. Yubei Ordovician reservoir was discovered recently in the Hetian paleo-high and it was an uneven karst fractured-vuggy carbonate reservoir system. However, the hydrocarbon accumulative conditions and patterns are still poorly understood. The south slope of Shaya uplift and its surrounding slope areas, Katake uplift and the northern slope Shunnan-Gucheng areas are potential target areas for exploration of the Ordovician, while Shuntuoguole uplift, Maigaiti slope, Madong fault belt of Tanggubasi depression, and Tabei, Tazhong-Bachu Cambrian-Ordovician deep formation area are the important areas for future exploration.

Key words: accumulation geological conditions, hydrocarbon accumulation characteristics, marine carbonates, Lower Paleozoic, Tarim Basin

收稿日期:2014-10-14;修订日期:2014-11-02。

第一作者简介:黄太柱(1961—),男,教授级高级工程师,油气勘探综合研究与管理。E-mail:htz41801@sina.com。

基金项目:国家重点基础研究发展计划(“973”计划)项目(2012CB214800);国家科技重大专项(2011ZX05005-004)。

塔里木海相克拉通盆地发育巨厚的下古生界碳酸盐岩,长期以来备受石油地质勘探家的关注,自1984年塔北沙参2井突破之后数十年坚持不懈的油气勘探,相继在塔中卡塔克隆起发现了塔中油田,在塔北沙雅隆起南坡发现了塔河、轮古、哈拉哈塘、英买力等油田,在巴楚断隆发现了和田河气田^[1-5],取得了塔里木盆地地下古生界碳酸盐岩多层系、多领域丰富的油气成果。近些年随着盆地石油地质研究与勘探的持续深入,以逼近主力烃源区、探寻碳酸盐岩台地相区的古隆起古斜坡为主要勘探思路,陆续在沙雅隆起南坡的围斜区、麦盖提斜坡的玉北地区、塔中北坡的顺南斜坡区获得了油气突破,同时在寒武系-奥陶系内幕白云岩领域获得了油气发现。据统计截止2013年底,塔里木盆地地下古生界碳酸盐岩领域已获得油气探明地质储量原油 16.19×10^8 t,凝析油 1.51×10^8 t,气层气 $4\,620.02 \times 10^8$ m³,溶解气 $1\,305.73 \times 10^8$ m³(图1),占塔里木盆地油气总探明地质储量的61.8%,表明塔里

木盆地地下古生界碳酸盐岩勘探潜力巨大,是今后继续增储上产的现实目标。

塔里木盆地地下古生界碳酸盐岩油气田埋藏深、储层非均质性强、油气水分布复杂,前人对其油气成藏条件、油气富集规律等方面取得了很多成果^[1-10]。本文结合近几年新增的油气成果和地质资料,重点论述了下古生界碳酸盐岩大油气田的形成条件、油气成藏特征及资源潜力,提出了有利勘探区带与攻关方向,旨在对丰富塔里木盆地海相碳酸盐岩油气成藏与勘探理论产生积极作用。

1 大型碳酸盐岩油气田成藏条件

1.1 有利的物质基础与充足的油源供给

塔里木盆地寒武系-奥陶系的沉积格局研究表明^[12-13],早、中寒武世盆地中部为浅水碳酸盐岩台地相区,而周缘为深水斜坡-陆棚相区;晚寒武世开始至早、中奥陶世,盆地中部碳酸盐岩台地相区向西南部扩展,盆地中西部呈现大型台地,而东部发育陆棚-盆地相区(图2)。盆地中西部寒武系-奥陶系广泛发育的巨厚台地相碳酸盐岩为后期岩溶缝洞储层以及内幕白云岩储层的形成提供了有利的物质基础。同时盆地东部与西南部寒武系-奥陶系的西山布拉克组、西大山组、莫合尔山组(图3)、黑土凹组泥质烃源岩发育^[14-15],而星火1井、尉犁1等井揭示下寒武统玉尔吐斯组陆棚-盆地相泥质烃源岩发育(图4),经过多套烃源岩多期的油气充注与调整,为盆地地下古生界碳酸盐岩油气成藏提供了重要的资源保障。

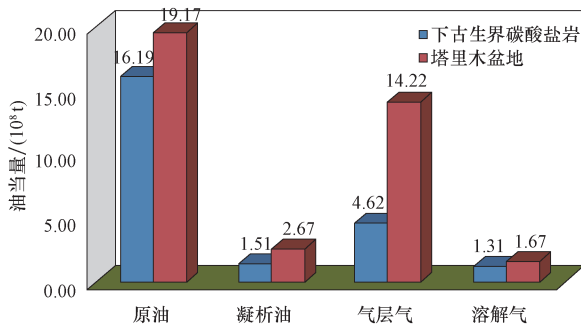


图1 塔里木盆地地下古生界碳酸盐岩储量分布

Fig. 1 Reserves distribution in the Lower Paleozoic carbonate reservoirs of Tarim Basin

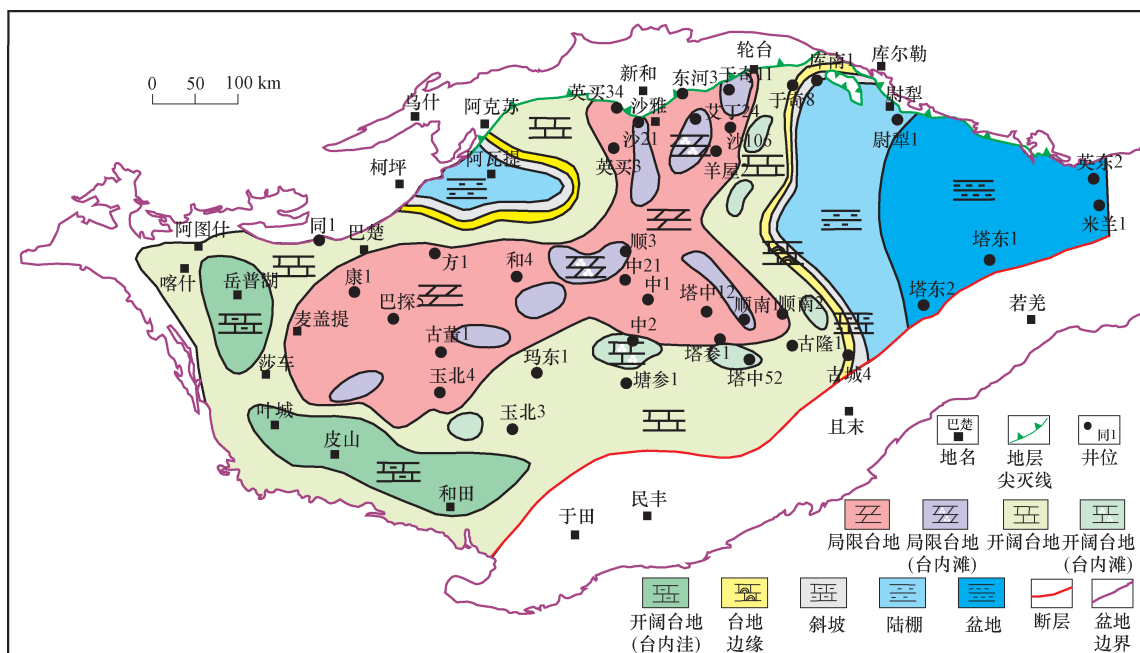


图2 塔里木盆地中、下奥陶统鹰山组沉积相

Fig. 2 Sedimentary facies of the Yingshan Formation in the Middle and Lower Ordovician of Tarim Basin

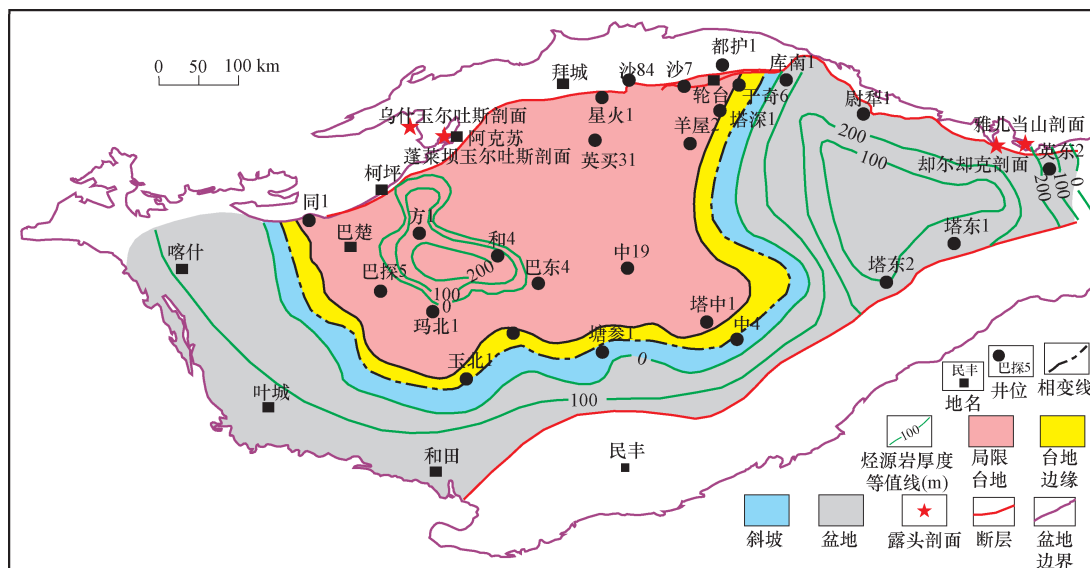


图3 塔里木盆地中、下寒武统烃源岩分布

Fig. 3 Source rocks distribution in the Middle and Lower Cambrian of Tarim Basin

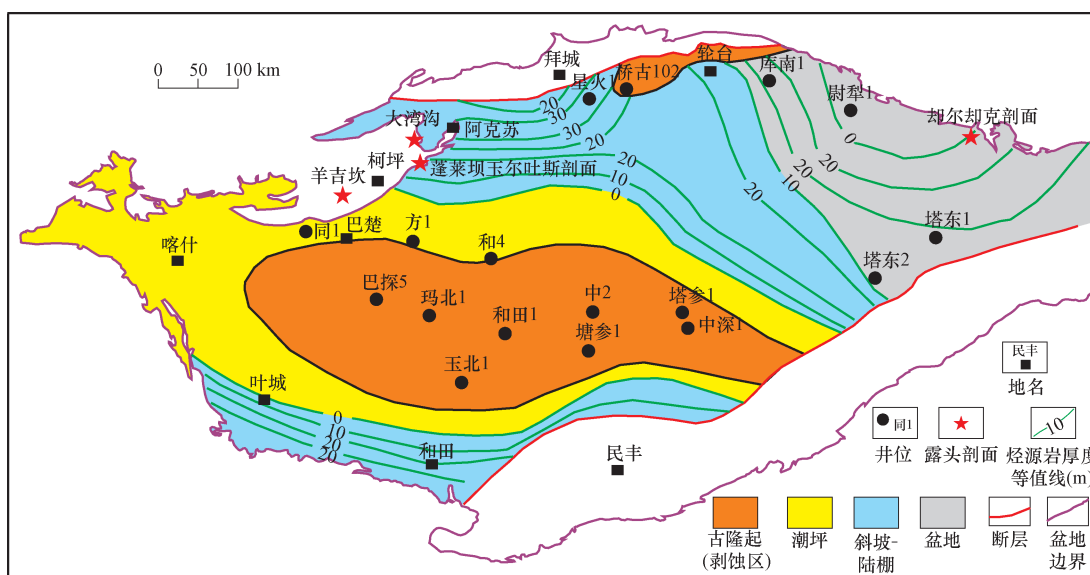


图4 塔里木盆地寒武统玉尔吐斯组烃源岩分布

Fig. 4 Source rocks distribution of the Yuertusi Formation in Lower Cambrian of Tarim Basin

1.2 古隆起、古斜坡及断裂系统控制油气运、聚格局

受多期构造运动影响,塔里木盆地古生界呈现隆坳相间的构造格局(图5),其中塔北沙雅隆起、塔中卡塔克隆起为继承型古隆起,玉北所处的麦盖提斜坡发育消亡型的和田古隆起,而巴楚断隆为海西晚期后形成的活动型古隆起^[16]。塔里木盆地古隆起及斜坡区在古生代经历了多期抬升剥蚀与构造变迁,形成了围绕古隆起边缘分布的高能台缘相带,和沿不整合面分布的多期、多类型的古岩溶缝洞型碳酸盐岩储集系统(图6),且古隆起古斜坡毗邻生烃坳陷,成为油气聚集的有利指向区,如围绕满加尔生烃坳陷区发育的塔北沙雅隆起及南部斜坡、塔中卡塔克隆起及北部顺南斜坡均形成了下古生界碳酸盐岩的油气有利富集区。

多期构造运动形成的断裂与隆升剥蚀为下古生

界岩溶缝洞型储集体的形成提供了发育背景与先决条件。从盆地中、下奥陶统顶面地质结构分析,加里东期岩溶在盆地中西部台地相区广泛发育,而海西期岩溶作用仅在古隆起高部位及断垒带上发育(图6),且呈多期叠加改造特征,再加上断裂系统与不整合在空间上组成的网状输导体系,形成了分布复杂、非均质性极强的岩溶缝洞型储层系统。另外还发育埋藏白云岩晶间孔隙型储层及沿断裂带发育的热液溶蚀改造型缝洞储集体,可见多成因、多类型的储集体在古隆起、古斜坡部位叠合较为广泛,为油气运聚成藏提供了良好的场所。目前油气显示与发现都集中在断裂断穿的层位,且高产稳产井多沿断裂带附近分布,表明了断裂系统对油气分布与成藏的控制作用,不同断裂体系有不同的油气运聚方式及不同的油气分布特征^[17]。

征及资源潜力的显著差异。

2.1 塔北沙雅隆起南坡奥陶系连片整体含油气

沙雅隆起南坡下古生界具有相似的构造沉积演化背景,在加里东中晚期为统一的北东东向展布的古隆起,经历了加里东中晚期的风化剥蚀作用,而在海西早期运动后形成凸(阿克库勒凸起、沙西凸起)、凹(哈拉哈塘凹陷、草湖凹陷)相间的构造格局。沙雅隆起南坡潜山地区石炭系直接覆盖在中、下奥陶统碳酸盐岩之上(图7),斜坡区为上奥陶统泥质岩覆盖,受加里东期、海西期多期岩溶叠加改造形成了庞大的古岩溶缝洞系统,为后期油气大规模充注聚集提供了储集空间。

沙雅隆起南坡可能存在东(满加尔坳陷-草湖凹陷)、西(阿瓦提坳陷)两大海相烃源岩区,并自南西、南东和东部3个方向对其进行油气充注,经历了加里东晚期-海西早期、海西晚期和喜马拉雅晚期3期主成藏期,晚期轻质油气的充注对早期的油气藏存在强烈的调整改造作用。不同期次、不同方向的油气充注改造形成了现今沙雅隆起南坡碳酸盐岩复杂多样的油气藏类型,以轮台断裂为界,断裂以北油气藏类型较为单一,为凝析气藏;而南部斜坡区则具有自东南部凝析气藏、西部轻质油藏、正常油藏至西北部的重质-超重质油藏,油质逐渐变差的趋势。

多年的勘探实践表明^[4],沙雅隆起南坡奥陶系整体含油气(图7),油气藏是受构造-岩溶旋回作用形成的缝洞系统控制、由多个缝洞单元在空间上叠合形成的复合油气藏,单个缝洞型油气藏具有相对独立的

油气水系统,平面上大面积叠合连片含油气、不均匀富集,纵向上产层严格受储集体发育程度控制,且难以进行横向对比的特征。同时受多套区域盖层和断裂带的控制,在上覆S-D、T、K、E等碎屑岩层系形成了一大批海相次生油气藏,使整个沙雅隆起南坡具有立体含油与复式成藏的特征。

近两年沙雅隆起南坡中石化在跃参区块、于奇东区块和中石油在哈拉哈塘、英买力地区奥陶系油气藏的勘探进展,进一步证实了其连片整体含油气的巨型油气藏格局。目前勘探程度低的沙雅隆起南坡围斜区,如顺北北部、盐下东、于奇东等地区,位于晚期轻质油气充注的有利地区,且发育多条北东东向走滑断裂带,具有良好的油气勘探前景。2014年塔深3井在鹰山组中下部试获工业油气流,开拓了新的增储上产层系,坚定了“塔河之下找塔河”的信心,进一步揭示出沙雅隆起南坡寒武系-奥陶系深层领域巨大的资源潜力。

2.2 塔中卡塔克隆起复式成藏但富集规律复杂

塔中卡塔克隆起是以寒武系-奥陶系碳酸盐岩为主长期发育的继承性古隆起,已有研究表明^[6],卡塔克隆起的油气主要来源于满加尔坳陷西部中、下寒武统烃源岩及少量的上奥陶统烃源岩,主要经历了加里东晚期-海西早期、海西晚期的油气充注与海西早期油气破坏调整、喜马拉雅期油气补充调整等过程。卡塔克隆起下古生界碳酸盐岩油气藏具有气藏、高、低气油比的凝析气藏及油藏等多种类型,整体上从寒武系往上部层系气油比逐渐降低。油气藏具有整体含油气、

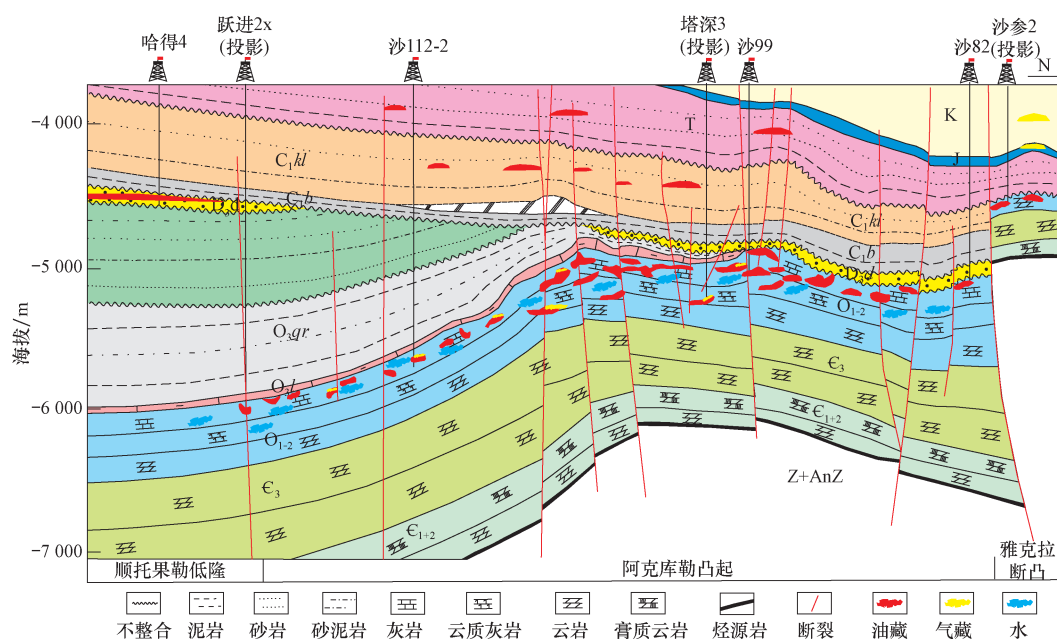


图7 塔里木盆地沙雅隆起近南北向油气藏剖面

Fig. 7 Nearly south-north trending oil and gas reservoir profile in the Shaya uplift of Tarim Basin

Z + AnZ. 震旦系-前震旦系; ϵ_{1-2} . 中、下寒武统; t_3 . 上寒武统; O_{1-2} . 中、下奥陶统; O_3l . 上奥陶统里塔格组; O_3qr . 上奥陶统却尔却克组; O_3d . 上泥盆统东河塘组; C_1b . 下石炭统巴楚组; C_1kl . 下石炭统卡拉沙依组; T. 三叠系; J. 侏罗系; K. 白垩系

局部富集、多期成藏、晚期为主的特征,是一个典型的复式油气藏。但同时卡塔克隆起下古生界油气水分布规律相比塔北沙雅隆起南坡更复杂,其油气产层落差大、气油比横向变化大、油气井中间有水井、一口油气井上下油气层中间有水层,总体表现出“平面分块、纵向分层、多点充注、相对高点富集”的特点。据估算,卡塔克隆起上奥陶统礁滩复合体剩余资源量达 1×10^8 t,而下奥陶统风化壳岩溶缝洞体剩余资源量达 5×10^8 t,是形成类似沙雅隆起南坡大油气田的主攻领域^[6]。同时近两年完钻的中深1井和中深1C井首次在寒武系盐下白云岩获得工业油气流^[11],揭示了一个新领域、新层系,资源潜力巨大,初步表明塔里木盆地寒武系盐下白云岩可作为新的资源接替层系与阵地。

卡塔克隆起北坡顺南-古城地区毗邻满加尔生烃拗陷西南缘,具有良好的古构造背景与储盖组合条件,油气成藏条件优越^[17-18]。借鉴卡塔克隆起区的勘探经验,中石油、中石化两家单位经过多年的不懈努力,近两年在顺南-古城地区一间房组、鹰山组和蓬莱坝组相继获得了高产天然气突破,如中石化钻探的顺南4井、顺南5井、顺南7井等陆续突破(图8),中石油的古城6井、古城8井试获高产天然气,证实了该地区的天然气勘探潜力,初步印证了塔里木几代勘探家对于环满加尔拗陷下古生界碳酸盐岩大气田的构想,发现了塔里木盆地继塔北、塔中之后的又一个下古生界碳酸盐岩增储上产阵地。

研究表明,顺南-古城地区中下奥陶统发育受大

气淡水岩溶作用、构造破裂作用及深部流体改造作用控制的大型缝洞型储集体,与上奥陶统却尔却克组巨厚的泥岩区域盖层及奥陶系内幕致密灰岩局部盖层构成多套优质储盖组合,同时毗邻寒武系-中、下奥陶统陆棚-盆地相优质烃源岩分布区,多排NE向通源断裂可有效沟通,喜马拉雅期大规模聚集成气藏,成藏条件十分有利。塔中北坡顺南-古城地区可能是一个统一的、内部有局部封隔的、气柱高度大、富集程度受储层发育控制的大型天然气藏群,据估算该地区中石化探区下古生界碳酸盐岩8000 m埋深内可勘探面积约 1.2×10^4 km²,奥陶系资源油气当量可达 4.3×10^8 t,勘探前景广阔,是下古生界碳酸盐岩天然气增储上产的现实领域。

2.3 和田古隆起成藏条件与富集规律有待攻关

在麦盖提斜坡区发育的和田古隆起,其早古生代的构造特征类似塔中,发育加里东中期大型不整合面,而海西期的构造特征类似塔河,形成石炭系盖层与下伏碳酸盐岩储层的优质储盖组合^[18],直至新近纪早期仍是继承性的北西向古隆起,喜马拉雅晚期由于塔西南强烈的构造沉降才形成现今的斜坡区,是具有优越成藏条件的早古生代三大古隆起之一。

位于巴楚隆起与麦盖提斜坡结合部的和田河气田(图9),气源可能为寒武系烃源岩形成的古油藏油裂解气和过成熟干酪根裂解气的混合气^[2],主力产气层为奥陶系碳酸盐岩以及石炭系海相碳酸盐岩和碎屑

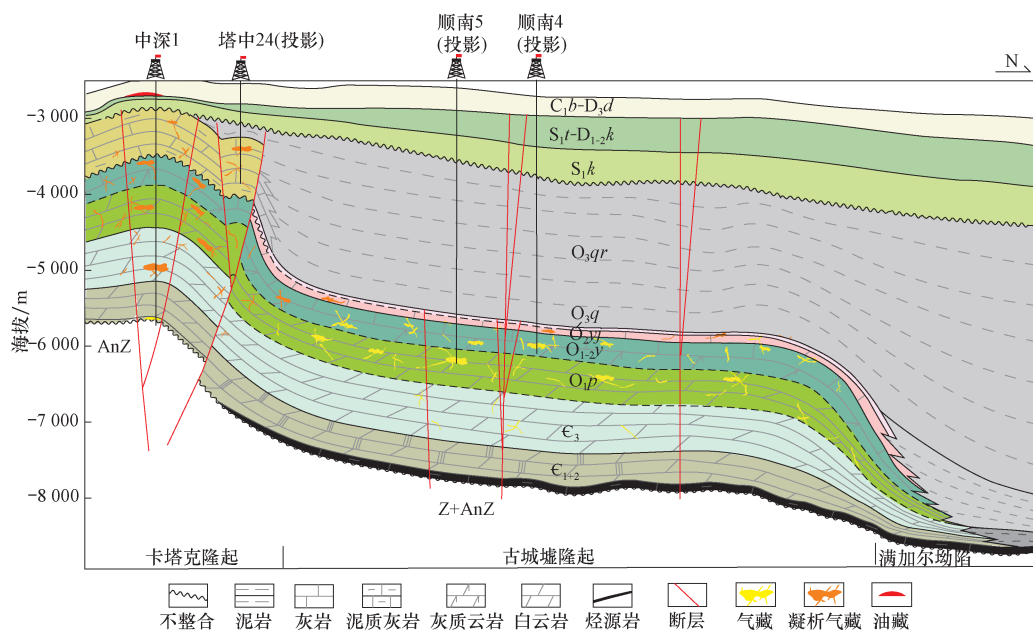


图8 塔里木盆地卡塔克隆起-顺南斜坡油气藏剖面

Fig. 8 Oil and gas reservoir profile in the Katake uplift and the Shunnan slope of Tarim Basin

Z + AnZ. 震旦系-前震旦系; C_{1-2} . 中、下寒武统; t_3 . 上寒武统; O_{1p} . 下奥陶统蓬莱坝组; O_{1-2y} . 中、上奥陶统鹰山组; O_{2y} . 中奥陶统一间房组; O_{3q} . 上奥陶统恰乐巴组; O_{3qr} . 上奥陶统却尔却克组; S_1k . 下志留统柯坪塔格组; S_1t . 下志留统塔塔格组; D_{1-2k} . 中、下泥叠统克孜勒塔格组; C_1b . 下石炭统巴楚组; D_3d . 上泥叠统东河塘组

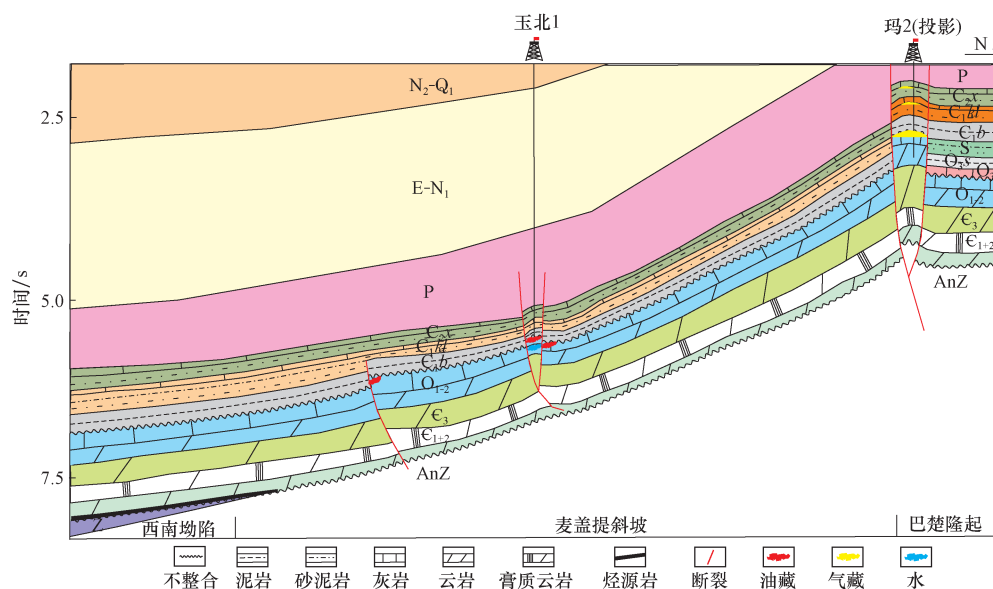


图9 塔里木盆地和田河气田-玉北地区油气藏剖面

Fig. 9 Oil and gas reservoir profile in the Hetianhe gas field and the Yubei area, Tarim Basin

AnZ. 前震旦系; Z. 震旦系; C_{1-2} . 中下寒武统; C_3 . 上寒武统; O_{1p} . 蓬莱坝组; O_{1-2y} . 下、中奥陶统鹰山组; O_{2y} . 中奥陶统一间房组; O_{3qr} . 上奥陶统却却克组; S. 志留系; D_{1-2k} . 下、中泥盆统克孜尔塔格组; D_{3d} . 上泥盆统东河塘组; C. 石炭系; P. 二叠系; T. 三叠系; J. 侏罗系; K. 白垩系; E-Q. 古近系-第四系; C_{1kl} . 下石炭统卡拉沙依组; C_{2x} . 上石小海子组

岩,喜马拉雅晚期巴楚隆起的剧烈活动,使天然气沿断裂发生垂向运移进入上覆奥陶系、石炭系等圈闭,形成现今断块潜山型气藏格局。

中石化玉北地区玉北1井区油藏的发现(图9),增加了对麦盖提斜坡区(和田古隆起)的勘探信心,目前揭示的玉北奥陶系油藏位于麦盖提斜坡中东部,为受不均一的岩溶缝洞体控制、不均匀含油、常温常压的中-重质未饱和油藏^[10],2012年提交控制石油地质储量 $7\,874.94 \times 10^4 \text{ t}$ 。玉北奥陶系原油地化特征与塔河主体区类似,同样遭受过严重的生物降解,海西晚期为主成藏期,推测来源于塔西南南部中下寒武统烃源岩。受和田古隆起的控制影响,油气富集与“深大”断裂及储层有关,油气沿早期断裂及加里东中期运动不整合面网状输导运移至两期岩溶缝洞型储层中聚集成藏。但近两年的勘探进程表明该地区成藏条件复杂、储层发育特征以及油气富集规律尚不明朗,反映出和田古隆起可作为后续攻关研究的主要地区。

3 有利勘探区带与攻关方向

在长期的油气发现与勘探实践研究过程中,逐步建立起塔里木盆地下古生界海相碳酸盐岩油气成藏理论,其核心内容为^[3-4]:长期发育的古隆起、古斜坡是油气运聚成藏的有利指向区;多期岩溶叠加与断裂控制形成类型多样的缝洞型储集体;优质烃源岩长期生烃多期排烃,形成油气成藏雄厚的物质基础;多期成藏、改造与调整控制成藏特征。该理论不仅对塔里木盆地下古生界

油气勘探具有重要的指导意义,对我国广大的古生界海相碳酸盐岩沉积区的油气勘探也具有借鉴意义。

根据目前研究认识,塔里木盆地下古生界存在满加尔拗陷寒武系-中奥陶统、阿瓦提拗陷寒武系-中奥陶统、塔西南地区寒武系三大陆棚-盆地相烃源岩发育区,其不同演化阶段形成的成熟度各异的油气运聚控制着盆地下古生界油气成藏特征与成藏演化过程,形成了环满加尔、阿瓦提、塔西南油气分布态势。可见临近烃源区,下古生界台地相碳酸盐岩在不同时期发育的古隆起、古斜坡是寻找中晚期油气藏的有利部位,其中塔北沙雅隆起南坡及围斜区、卡塔克隆起及北坡顺南-古城地区是奥陶系油气勘探的现实领域与主攻方向,而顺托果勒低隆、麦盖提斜坡、塘古巴斯拗陷玛东冲断带和塔北、塔中-巴楚寒武系-奥陶系深层是重要的有利接替领域。

4 结论

1) 塔里木盆地下古生界碳酸盐岩油气勘探在坚持创新勘探理论、勇于转变勘探思路的进程中,不断扩大油气勘探成果。自沙参2井首次取得重大突破后,在“逼近烃源岩,寻找下古生界原生油气田”的勘探信念指导下,经历了漫长发现期后终于相继在盆地古隆起、古斜坡区发现了大油气田,并且在勘探实践中逐步建立起盆地下古生界海相碳酸盐岩油气成藏理论,来进一步指导和推动油气田的不断勘探壮大及外围新区、新层位的油气突破。

2) 塔里木盆地经历多期构造运动形成下古生界

隆坳相间的构造格局,古隆起、古斜坡区多套碳酸盐岩储集体的广泛分布与多套区域或局部盖层的叠合为大油气田形成提供了物质基础,而坳陷区多套烃源岩的多期油气充注,为毗邻的古隆起、古斜坡区下古生界油气成藏提供了重要的资源保障,同时也造成了下古生界碳酸盐岩油气藏复杂的面相与分布的差异。

3) 塔里木盆地三大古隆起迁移演化规律及油气充注条件不同,造成其油气成藏特征及资源潜力的显著差异。塔北沙雅隆起南坡奥陶系具有连片整体含油气的巨型油气藏格局,围斜区及奥陶系深层碳酸盐岩是重要的资源接替阵地;塔中卡塔克隆起为典型的复式油气藏但富集规律复杂,塔中北坡奥陶系展示出大气田的规模前景,而寒武系盐下成为新的战略接替领域;塔西南和田古隆起经历多期风化壳岩溶作用,是具有优越成藏条件的早古生代三大古隆起之一,但成藏条件与富集规律有待后续攻关研究,可作为奥陶系碳酸盐岩的接替领域。

参 考 文 献

- [1] 周新源,王招明,杨海军,等. 中国海相油气田勘探实例之五—塔中奥陶系大型凝析气田的勘探和发现[J]. 海相油气地质,2006,11(1):45—51.
ZhouXinyuan, Wang Zhaoming, Yang Haijun, et al. Cases of discovery and exploration of marine fields in China (Part 5): Tazhong Ordovician condensate field in Tarim Basin[J]. Marine Origin Petroleum Geology,2006,11(1):45—51.
- [2] 周新源,杨海军,李勇,等. 中国海相油气田勘探实例之七—塔里木盆地和田河气田的勘探与发现[J]. 海相油气地质,2006,11(3):55—62.
ZhouXinyuan, Yang Haijun, Li Yong, et al. Cases of discovery and exploration of marine fields in China (Part 7): Hotanhe gas field in Tarim Basin[J]. Marine Origin Petroleum Geology,2006,11(3):55—62.
- [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—575.
KangYuzhu. Review and revelation of oil/gas discoveries in the Paleozoic marine strata of China[J]. Oil & Gas Geology,2007,28(5):570—575.
- [4] 翟晓先. 塔里木盆地塔河特大型油气田勘探实践与认识[J]. 石油实验地质,2011,33(4):323—331.
Zhai Xiaoxian. Exploration practice and experience of Tahe giant oil and gas field, Tarim Basin[J]. Petroleum Geology&Experiment, 2011,33(4):323—331.
- [5] 金晓辉,闫相宾,李铁军,等. 塔里木盆地油气勘探实践与发现规律探讨[J]. 石油与天然气地质,2008,29(1):45—52.
JinXiaohui, Yan Xiangbin, Li Tiejun, et al. A discussion on gas and oil exploration activities and discovery patterns in the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology,2008,29(1):45—52.
- [6] 韩剑发,张海祖,于红枫,等. 塔中隆起海相碳酸盐岩大型凝析气田成藏特征与勘探[J]. 岩石学报,2012,28(3):769—780.
Han Jianfa, Zhang Haizu, Yu Hongfeng, et al. Hydrocarbon accumulation characteristic and exploration on large marine carbonate condensate field in Tazhong Uplift[J]. Acta Petrologica Sinica,2012,28(3):769—780.
- [7] 汪泽成,赵文智,胡素云,等. 我国海相碳酸盐岩大油气田油气藏类型及分布特征[J]. 石油与天然气地质,2013,34(2):153—160.
Wang Zecheng, Zhao Wenzhi, Hu Suyun, et al. Reservoir types and distribution characteristics of large marine carbonate oil and gas fields in China[J]. Oil & Gas Geology,2013,34(2):153—160.
- [8] 杜金虎,周新源,李启明,等. 塔里木盆地碳酸盐岩大油气区特征与主控因素[J]. 石油勘探与开发,2011,38(6):652—661.
Du Jinhu, Zhou Xinyuan, Li Qiming, et al. Characteristics and controlling factors of the large carbonate petroleum province in the Tarim Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2011,38(6):652—661.
- [9] 詹俊阳,马旭杰,何长江. 塔河油田缝洞型油藏开发模式及提高采收率[J]. 石油与天然气地质,2012,33(4):655—660.
Zhan Junyang, Ma Xujie, He Changjiang. Development scheme and EOR technique of fracture-vug reservoirs in Tahe oilfield[J]. Oil & Gas Geology,2012,33(4):655—660.
- [10] 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,2014,35(1):26—32.
Tan Guanghui, Qiu Huabiao, Yu Tengxiao, et al. Characteristics and main controlling factors of hydrocarbon accumulation in Ordovician Yingshan Formation in Yubei area, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology,2014,35(1):26—32.
- [11] 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.
Wang Zhaoming, XieHuiwen, Chen Yongquan, et al. Discovery and exploration of Cambrian subsalt dolomite original hydrocarbon reservoir at Zhongshen-1 Well in Tarim Basin[J]. China Petroleum Exploration,2014,19(2):1—13.
- [12] 冯增昭,鲍志东,吴茂炳,等. 塔里木地区奥陶纪岩相古地理[J]. 古地学报,2007,9(5):447—460.
Feng Zengzhao, Bao Zhidong, Wu Maobing, et al. Lithofacies palaeogeography of the Ordovician in Tarim area[J]. Journal of Palaeogeography,2007,9(5):447—460.
- [13] 刘忠宝,杨圣彬,焦存礼,等. 塔里木盆地巴楚隆起中、下寒武统高精度层序地层与沉积特征[J]. 石油与天然气地质,2012,33(1):70—76.
Liu Zhongbao, Yang Shengbin, Jiao Cunli, et al. High resolution sequence stratigraphy and sedimentary characteristics of the Middle-Lower Cambrian in Bachu Uplift, the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology,2012,33(1):70—76.
- [14] 胡广,刘文汇,腾格尔,等. 塔里木盆地寒武统泥质烃源岩成烃生物组合的构造—沉积环境控制因素[J]. 石油与天然气地质,2014,35(5):685—693.
Hu Guang, Liu Wenhui, Tengger, et al. Tectonic-sedimentary constraints for hydrocarbon generating organism assemblage in the Lower Cambrian argillaceous source rocks, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology,2014,35(5):685—693.
- [15] 黄继文,顾忆,丁勇,等. 塔里木盆地北部地区上奥陶统烃源条件[J]. 石油与天然气地质,2012,33(6):853—858.
HuangJiwen, Gu Yi, Ding Yong, et al. Upper Ordovician source rocks in northern Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology,2012,33(6):853—858.
- [16] 何登发,周新源,杨海军,等. 塔里木盆地克拉通内古隆起的成因机制与构造类型[J]. 地学前缘,2008,15(2):207—221.
He Dengfa, Zhou Xinyuan, Yang Haijun, et al. Formation mechanism and tectonic types of intracratonic paleo-uplifts in the Tarim basin[J]. Earth Science Frontiers,2008,15(2):207—221.
- [17] 黄太柱. 塔里木盆地塔中北坡构造解析与油气勘探方向[J]. 石油实验地质,2014,36(3):1—11.
Huang Taizhu. Structural interpretation and petroleum exploration targets in northern slope of middle Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment,2014,36(3):1—11.
- [18] 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.
Lv Haitao, Zhang Zhongpei, Shao Zhibing, et al. Structural evolution and exploration significance of the Early Paleozoic palaeoupifts in Bachu-Maigaiti area, the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology,2010,31(1):76—83.

(编辑 张亚雄)