

文章编号: 0253-9985(2009)02-0127-09

塔里木斜坡带类型、特征及其与油气聚集的关系

金之钧, 云金表, 周 波

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 根据斜坡带的形成和演化特点, 将塔里木盆地古生界斜坡带划分为 3 类, 即同沉积古斜坡、构造斜坡和叠合斜坡。按照沉积物的补偿特征, 斜坡又可分为上斜坡和下斜坡。前者是台地的延伸, 后者是盆地区的延伸。塔里木盆地沉积斜坡在盆地的不同沉降阶段都有发育, 主要形成于古生代, 特别是寒武纪和奥陶纪。沉积期台缘上斜坡带是碳酸盐岩高能相带发育区, 台缘下斜坡是碎屑岩地层-岩性圈闭发育区。沉积古斜坡带发育了以礁滩体为主要储层、以致密碳酸盐岩或上奥陶统泥岩为主要盖层的成藏组合。构造斜坡是指受区域构造运动或局部构造隆升作用形成的, 上部以剥蚀为主, 下部沉积埋藏的斜坡区。斜坡环绕古隆起周缘分布, 离古隆起区越近, 剥蚀作用越强。对于碎屑岩沉积体系而言, 构造斜坡上、下斜坡过渡区, 是地层-岩性的变化带, 也是各类地层-岩性圈闭发育的有利区带。对于碳酸盐岩地层来说, 不整合面的发育对下伏地层改造作用强烈, 有利于岩溶作用的发育和缝洞型储层的形成。构造斜坡发育的岩溶储层与不同层系泥岩盖层构成有利的成藏组合。综合塔里木油气田特征得出结论, 多期叠合、同向叠合斜坡和枢纽带是油气分布最有利的区域。

关键词: 斜坡带; 油气成藏组合; 油气分布; 塔里木盆地

中图分类号: 121.1 **文献标识码:** A

Types and characteristics of slope zones in Tarim Basin and their relationship with oil accumulation

Jin Zhijun¹, Yun Jinbiao¹, Zhou Bo¹

(1. SINOPEC Exploration and Production Research Institute, Beijing 100083 China)

Abstract The Paleozoic slope zones in Tarim basin are divided into three types according to the characteristics of their formation and evolution: syndepositional paleo-slope, structural slope and superimposed slope. The slopes can also be classified into upper slope and lower slope in accordance with sediment compensation characteristics. The former is the extension of the platform and the latter is the stretch-out of the basin. Slope zones were developed in different evolution stages of the basin, mainly during the Paleozoic, the Cambrian and the Ordovician in particular. The high-energy phase belts of carbonates were developed in the upper slope of platform margin, while clastic stratigraphic-lithologic traps were formed in the lower slope of platform margin. Reservoir assemblage with deposits of reef-bank facies as the main reservoirs and tight carbonates or the Upper Ordovician mudstone as the caps was developed in the palaeo-slope zone. The structural slopes were resulted from regional tectonic movement or local uplift and are characterized by erosion in the upper part and deposition in the lower part. The slopes distribute around the margin of the palaeohighs and the nearer of the slopes to the uplift, the stronger the erosion. For clastic sedimentary system, the transitional zone between the upper and lower slopes is a place where stratigraphy and lithology change and favorable for the formation of stratigraphic-lithology traps. As for the carbonate sedimentary system, the development of unconformity exerts a strong shaping effect upon the underlying layers, being favorable for the formation of karst and fractured-vuggy reservoirs. The karst reservoirs developed on the structural slope together with the mudstone caps form favorable reservoir assemblages. A comprehensive analysis of oil and gas fields in the

收稿日期: 2008-12-03

第一作者简介: 金之钧 (1957-), 男, 教授、博士生导师, 油气藏形成机理与分布规律研究、盆地分析与资源评价。

基金项目: 中石化科技部项目 (G0800-07-ZS-173)。

basin indicates that multiphase concordant superimposed slopes and hinge zones are the potential areas for oil and gas accumulations

Key words slope zone; reservoir assemblage; oil and gas distribution; Tarim basin

塔里木盆地是我国最大的含油气盆地,截至 2007 年底塔里木全盆探明油气储量 23.67×10^8 t 油气当量,拥有巨大的油气资源潜力^[1~3]。目前,在塔北、塔中、库车、巴楚和塔西南地区均发现大油气田^[4~5]。从塔里木盆地目前发现的 30 多个油气藏的特征来看^[6],斜坡带是油气田富集的主要领域,因此塔里木盆地斜坡带是油气勘探的重点^[7~8]。前人针对斜坡带已经开展了大量的研究工作^[9~10],并指出了典型斜坡带的成藏组合^[11,12]。然而,由于地震资料和勘探工作的限制,前人描述的斜坡带分布特征仍存在问题,进而影响了油气分布的预测分析。本文根据最新的地震资料和油气勘探成果,按照塔里木盆地不同构造单元斜坡带的特点,将塔里木盆地斜坡带划分为 3 类,即同沉积斜坡、构造斜坡和叠合斜坡。依据这个分类,对塔里木盆地不同时期的斜坡进行分类,并分别描述其特征,分析斜坡带与油气聚集的关系,为下一步油气勘探部署提供理论依据。

1 不同类型斜坡带的特征与分布

1.1 同沉积斜坡

1.1.1 斜坡带特征

沉积斜坡是指地层形成过程中的沉积地貌斜坡带。沉积斜坡在不同类型盆地中广泛存在,如海相盆地陆架斜坡、陆相盆地三角洲前缘斜坡等。同沉积斜坡可能发育于区域伸展或收缩过程,且不同区域构造下斜坡沉积层序发育不同,因而斜坡生储盖组合发育特征及油气的运聚特征和后期保存特征不同。因此,斜坡按盆地扩展形成过程进一步分为裂谷阶段的斜坡、大洋阶段的斜坡和收缩阶段的斜坡 3 种类型。另外,由于盆地与台地过渡区的斜坡沉积补偿与剥蚀特征不同,故按照沉积物的补偿特征,斜坡又可分为上斜坡和下斜坡。前者是台地的延伸,后者是盆地的延伸。

塔里木盆地沉积斜坡在盆地的不同沉降阶段都有发育,主要形成于古生代,特别是寒武纪和奥陶纪。受海水深度、海平面变化和碳酸盐岩沉积

速率的影响,盆地内斜坡带的剖面几何结构、平面延伸方向及内部岩相组合在不同时期均有明显不同。经过研究认为,盆地内斜坡至少经历了 4 期演变:①早、中寒武世碳酸盐岩台地缓斜坡;②晚寒武世一早、中奥陶世碳酸盐岩台地弱镶边斜坡;③晚奥陶世早期孤立型碳酸盐岩台地斜坡;④晚古生代台缘大型缓斜坡。

1.1.2 斜坡带分布

早、中寒武世碳酸盐岩台地缓斜坡沿着草 1—满参 1—塔东 2 井一带分布,环绕着满加尔坳陷呈向西凸的马蹄形(图 1)。其特点是台地斜坡地层倾角平缓,呈多期发育的前积结构,台缘发育滩相碳酸盐岩沉积。它是满加尔坳陷槽向盆地延伸形成台地,由此造成了西台东盆的沉积格局。其中,中寒武世西部局限台地和东部盆地相分别是膏泥质(阿瓦塔格组)和泥质(玉尔吐斯组)烃源岩发育的有利区,而西部台地向东部盆地过渡的斜坡带是碳酸盐岩高能相带发育的有利区域。

晚寒武世一早、中奥陶世,由于海水的扩大,台地向盆地过渡的斜坡带位置也逐步向西迁移(图 1)。此时,形成了以中央隆起和塔北隆起为核心的两个碳酸盐岩台地及环绕台地的弱镶边斜坡带,它们分别分布在阿满过渡带、塔北周边、阿克苏—柯坪和塘古孜巴斯坳陷南部。下奥陶统继承早期的斜坡展布特点,但斜坡坡度明显增大。尤其是在满参 1 井—且末一带,两侧地层沉积变化显著,西侧地层明显增厚,成层性变差。在地震剖面上,台—盆结构明显,斜坡上部地层厚度明显增厚,斜坡下部发育角度明显的前积结构。前积层分 3 个期次,每个期次由退积至进积组成。上斜坡地层加厚带与台缘高能相带的分布相对应,塔深 1 井钻探已证实为一套礁滩相储层。另外,此时的斜坡沉积还有塔北地区发育的一间房组台缘斜坡高能相带及台地西部的巴楚唐王城露头剖面、吾孜塔格露头剖面等,主要为亮晶颗粒灰岩,为塔河、轮南礁滩型油气田的形成奠定了基础。此时的斜坡带,特别是阿满过渡带,甚至包括整个盆地北部坳陷区,都是烃源岩发育的有利区。

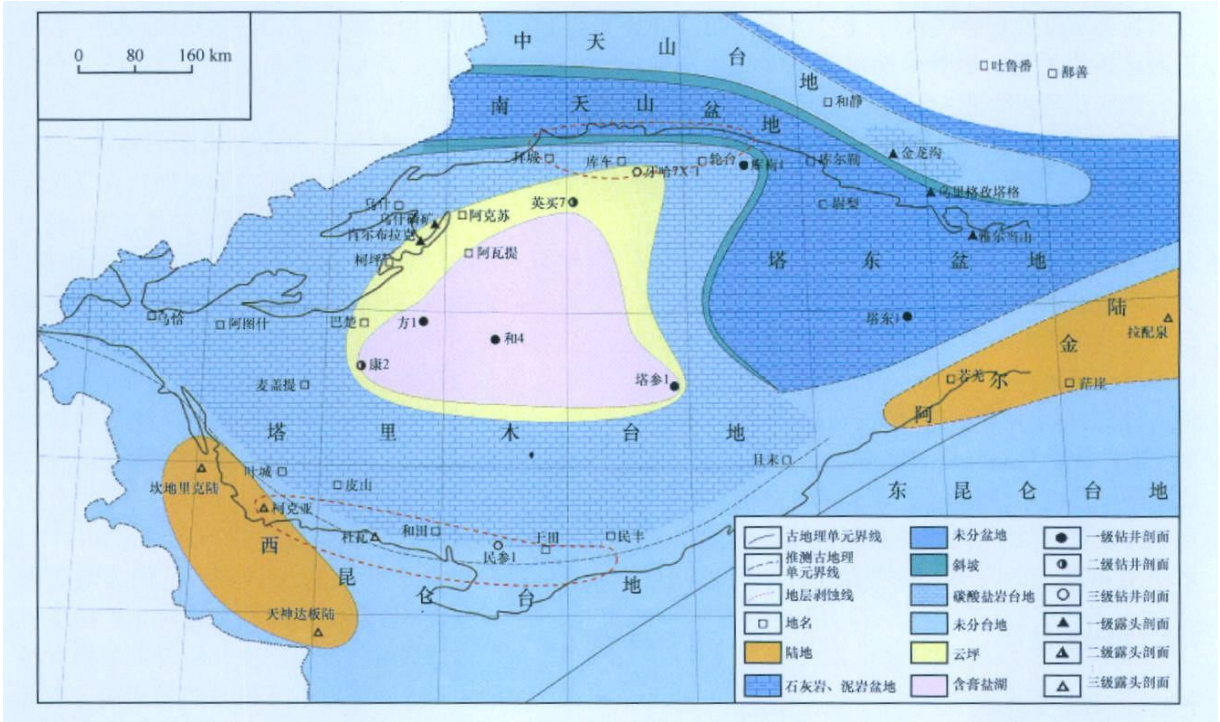


图 1 晚寒武世岩相古地理^[13]

Fig. 1 Lithofacies paleogeography during the Late Cambrian

晚奥陶世中期良里塔格组沉积时期, 随着海水的上升, 形成南、北两个孤立台地。台缘斜坡带是沉积最为发育的部位, 发育了具有规模的礁滩沉积体及其相伴生的灰泥丘烃源岩(图 2)。在中央隆起带两侧, 特别是塔中 I 号断裂-坡折带控制下, 礁滩体较为发育。目前发现的塔中 451、塔中

82、塔中 62、塔中 24、塔中 26 井礁滩相储层油气藏就位于这一斜坡上。玛扎塔格地区和田河、鸟山岩溶-礁滩型气田有人认为也是该期斜坡沉积形成的储层。塔北台缘坡折带高能沉积相带也是桑塔木油田、英买 2 油气田和塔河南部托普台地区礁滩相储层油藏形成的基础。

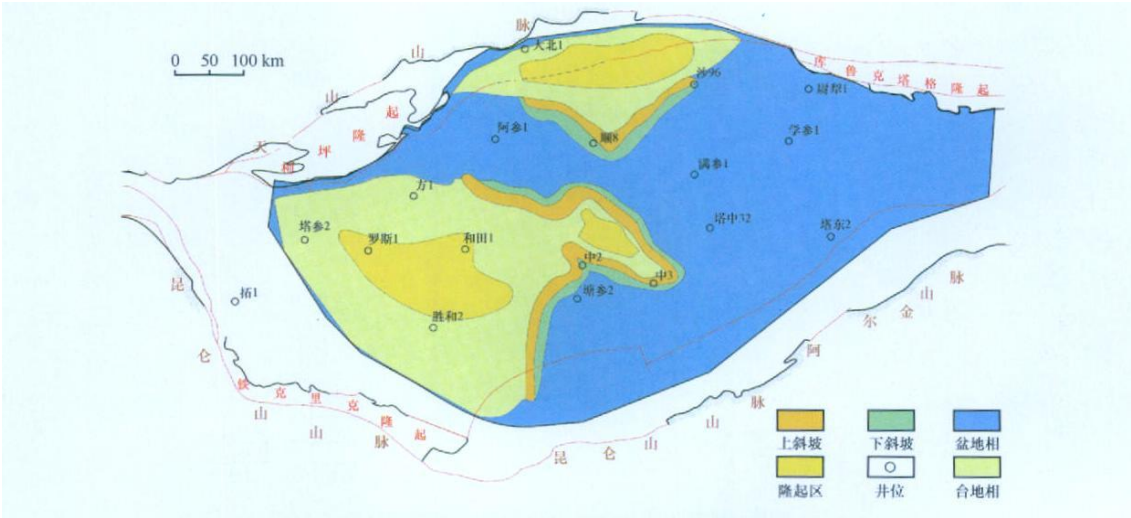


图 2 塔里木盆地晚奥陶世斜坡与古隆起分布

Fig. 2 Distribution of the Late Ordovician slopes and paleohighs in Tarim Basin

晚奥陶世晚期桑塔木组(群)沉积时期,盆地进入超补偿过程。尽管早期构造格局没有变化,但台地区及其边缘进入混积陆盆沉积时期。随着三角洲斜坡体向盆地的推进,斜坡逐渐变缓。

晚古生代,塔里木盆地进入了第二个沉降隆升旋回。从晚泥盆世到早二叠世主要为台内拗陷发育阶段(图 3),在台地与盆地区的过渡区形成大型缓斜坡区。其中,下斜坡主要分布在巴楚隆起与塔西南拗陷的过渡部位,主要为滨浅海沉积,以碎屑岩沉积为主,生储盖发育,可构成 3~4 个储盖组合,目前发现的巴什托、亚松迪和田河石炭—二叠系油气藏就位于该带。上斜坡主要分布在塔中及其北坡、阿满过渡带和塔北隆起南部,储层较为发育,是油气勘探的有利区域,目前发现的塔中 4 哈得、东河塘油田主要位于这一带上。

1.2 构造斜坡

1.2.1 斜坡带特征

构造斜坡是指受区域构造运动或局部构造隆升作用形成的,上部以剥蚀为主,下部沉积埋藏的斜坡区。斜坡环绕古隆起周缘分布,离古隆起区越近,剥蚀作用越强。对于碎屑岩沉积体系而言,构造斜坡上、下斜坡过渡区是地层—岩性的变化带,故是各类地层—岩性圈闭发育的有利区带。对于碳酸盐岩地层来说,不整合面的发育对下伏地

层改造作用强烈。其中,斜坡上部剥蚀强烈,岩溶储层发育较差。斜坡区有利于岩溶作用的发育和缝洞型储层的形成。

塔里木盆地经历了多期大规模的构造变动,主要形成于中—晚加里东期、海西晚期和喜马拉雅期。其中,大型斜坡发育期包括中加里东期、晚加里东—早海西期、晚海西期和中—晚喜马拉雅期。大型斜坡具体有:①中加里东末期古中央隆起南北对称性斜坡、塔北南倾斜坡(图 4);②晚加里东—早海西期塔东—塔中西倾、塔北南倾斜坡(图 5);③晚海西期塔北南倾斜坡;④中—晚喜马拉雅期前陆对称斜坡。构造斜坡的发育主要受两种作用控制,即断裂作用和构造挠曲作用。

构造斜坡是沉积斜坡发育的背景。如塔中、塔北隆起主要开始于中加里东期,它们为晚奥陶世—中泥盆世沉积斜坡的发育奠定背景。构造斜坡形成的方式影响斜坡的坡度。断裂斜坡相对较陡,如塔中北坡良里塔格沉积时期的断裂—坡折带;南坡则为挠曲型缓坡,相对较缓。

1.2.2 斜坡带分布

中加里东末期是塔里木盆地一次重大的变革期,盆地南、北强烈的构造运动形成古中央隆起带、和田河隆起、塔北隆起和塔东隆起,相应地在塔中南—北部、巴楚北部、塔北南坡和塔东西坡形成南、北对称性斜坡和南倾斜坡(图 4)。

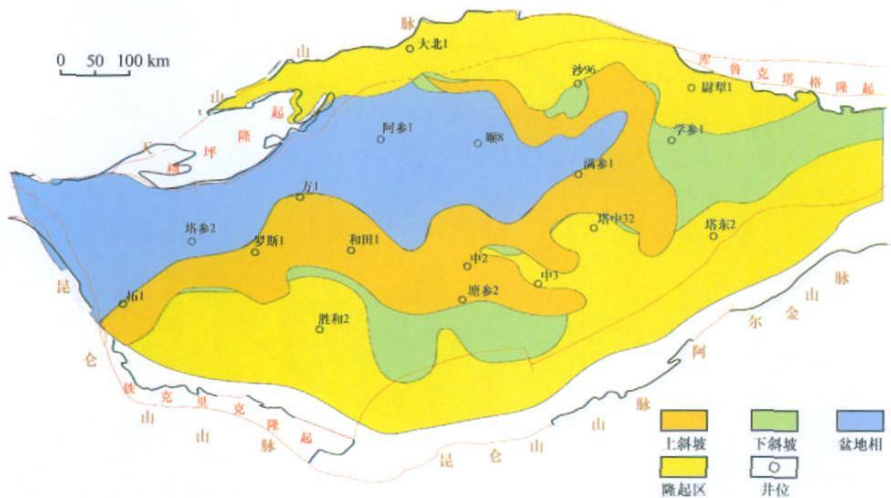


图 3 塔里木盆地晚泥盆世斜坡与古隆起分布

Fig. 3 Distribution of the Late Devonian slopes and paleohighs in Tarim Basin

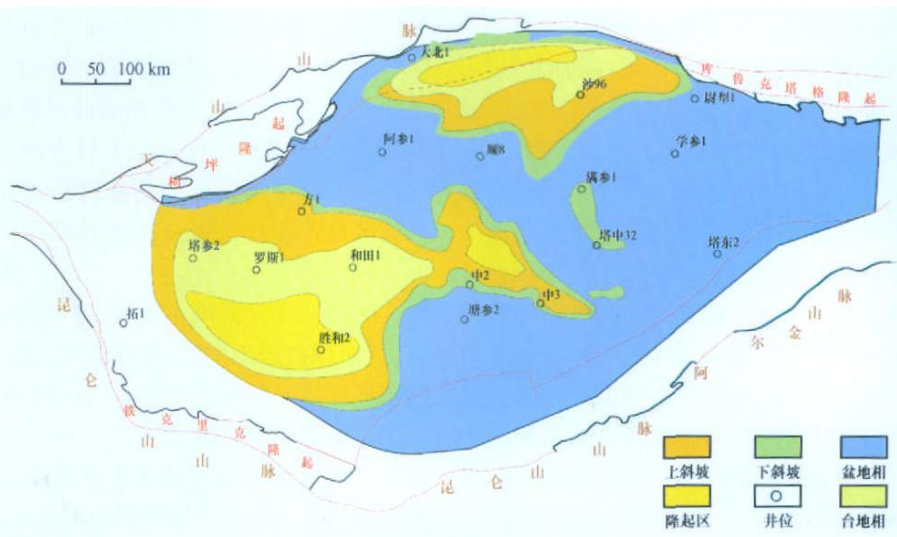


图 4 塔里木盆地中奥陶世斜坡与古隆起分布
Fig. 4 Distribution of the Middle Ordovician slopes and paleohighs in Tarim Basin

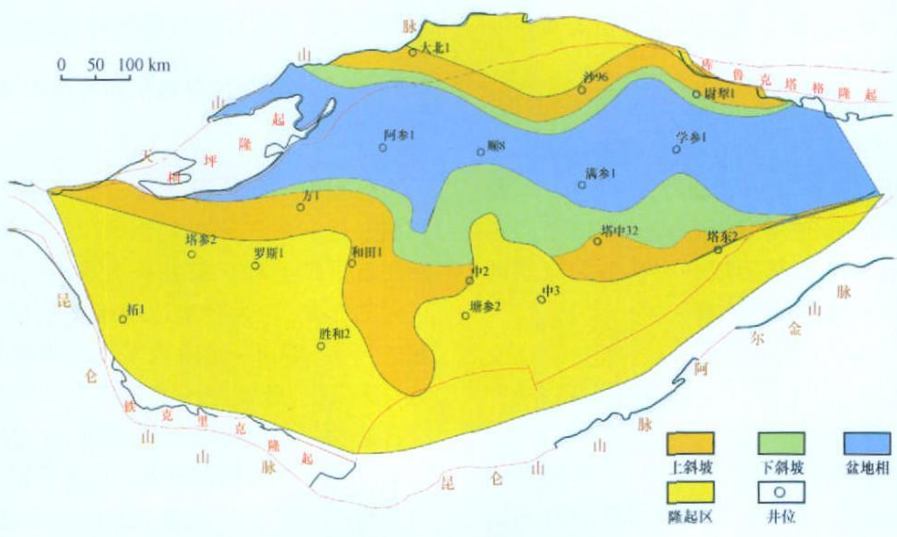


图 5 塔里木盆地志留纪末斜坡与古隆起分布
Fig. 5 Distribution of the Late Silurian slopes and paleohighs in Tarim Basin

中加里东末期, 塔中隆起呈西部宽缓、东部窄陡的条状形态展布。北坡为断裂构造斜坡, 南坡为挠曲斜坡。整个隆起缺失中奥陶统, 具有形成碳酸盐岩岩溶的环境。塔中地区中古 17、中 1 井鹰山组岩溶油藏是该期岩溶形成的储层。和田河古隆起向北延伸, 从中加里东晚期至晚古生代沉积一直是处于上斜坡部位。和田河及其以南具有碳酸盐岩岩溶环境发育条件。塔东 1、塔东 2 井区则发育有低缓的、近扁圆形的塔东南隆起。塔北隆起是一个东西分布的隆起带, 处于塔里木克拉通北部与天山海槽之间。塔北隆起南坡西部为断

裂坡折斜坡, 东部为挠曲型大型斜坡, 斜坡发育为岩溶发育提供了背景。塔河南部和艾丁地区鹰山组岩溶缝洞油藏储层主要形成于斜坡岩溶区, 塔东 2 井岩溶油藏可能也与此时期形成的斜坡岩溶有关。

加里东晚期是塔里木盆地收缩定型期, 早期基本上继承了中加里东时期的构造格局, 但明显表现为东强西弱的构造挤压作用, 塔中东部和塔东地区强烈隆起 (图 5)。塔北隆起也进一步隆升, 南坡形成大型斜坡, 西部为断裂斜坡, 东部为大型挠曲缓坡。加里东晚期—早海西期, 盆地收缩加剧, 盆地边缘和塔中—和田河古隆起进一步隆

起,形成了和田河-塔中-塔东隆起带及塔北隆起带。目前,塔河-轮南隆起主体奥陶系一间房组岩溶储层与和田河-塔中-塔东隆起带整体为南西-北东走向,南高北低。斜坡区上部为剥蚀区,而且剥蚀区不断扩大;下部为滨岸潮坪-三角洲沉积区。塔中东部的岩溶也主要是在加里东晚期东高西低斜坡背景下形成的。

海西晚期,由于天山洋的关闭,盆地全面收缩。从早二叠世末期到三叠纪末,是塔里木盆地逐渐隆升、海水退出转化为陆相盆地的过程。正因如此,塔北隆起再次隆升,南斜坡再次由沉积斜坡转化为构造斜坡,使早期沉积的志留-泥盆系、石炭系、二叠系,甚至奥陶系部分地层遭受剥蚀,形成以剥蚀为主的斜坡区。此时的斜坡有沙西南斜坡、阿克库勒南斜坡和孔雀河斜坡。该期是塔北隆起剥蚀时间持续最长、强度最大的一次剥蚀过程,为塔河-轮南、英买、雅克拉油气田岩溶储层的发育提供了条件。

喜马拉雅期是盆地现今格局形成的定型期。由于盆-山体系的强烈作用,山前形成剧烈沉降的拗陷,盆地中央巴楚隆起强烈隆升,从而导致了盆地格局的重大转变,在麦盖提形成一个向南倾斜的大型缓坡,在塔北西部形成一个向西北倾斜的斜坡,孔雀河斜坡基本保持原样。

2 斜坡带与油气聚集、成藏的关系

分析斜坡带的发育过程可以看出,多数斜坡具有叠合发育特征,这是隆起区继承性发育的结果。斜坡的沉降过程是生储盖组合的主要发育时期;但对于碳酸盐岩地层而言,斜坡的隆升过程则是形成岩溶缝洞储层的主要过程。综合分析斜坡带的构造沉积特征认为,斜坡控制了成藏组合的时空分布,是多期叠合演化盆地油气聚集的最有利区域。然而,不同类型的斜坡带由于其处于不同的大地构造环境,加之后期处于盆地隆凹格局的不同部位,因此对生储盖的控制也不尽相同。

2.1 台内斜坡带是烃源岩发育有利区

在塔里木盆地寒武-奥陶纪和石炭纪-早二叠世两个伸展期,海水扩张阶段主要发育了3个台内斜坡,即寒武纪羊屋1-满参1-且末、阿满过渡带、麦盖提西部3个斜坡。

第一个斜坡发育于盆地伸展初期,西部为局限台地,形成大量发育的含膏云坪沉积(图1),在巴楚和4方1和田1井都钻遇此套地层,其中膏泥岩段是良好的烃源岩。东部为盆地相沉积,其中的玉尔吐斯组泥质岩是寒武系最好的烃源岩。斜坡区是碳酸盐岩台地高能相沉积,是形成储层的良好部位。

阿满过渡带斜坡主要发育于奥陶纪时期(图4),此时洋盆最为发育,水体较深。本带及其西部的台地区是上升洋流发育区,形成了黑土凹组-萨尔干组海相泥质烃源岩。

麦盖提西部斜坡发育于晚古生代,是盆地沉降时期的台内斜坡。从塔西南和盆地内部玛参1中13井等钻井资料可知,斜坡区在巴楚组泥岩段和卡拉沙依组砂泥岩段有机碳含量高,演化程度已达到成熟阶段,因此推断在塔西南一带的下斜坡部位石炭系存在有效烃源岩发育区。

2.2 台缘上斜坡带是碳酸盐岩高能相带储层油藏发育区

已发现的海相碳酸盐岩油气藏中,台缘礁滩相储层是一个重要的类型(图2)。塔中地区I号断裂坡折带上有9口井获工业油气流,发现6个工业油气藏,均为台地边缘礁滩相储层。塔北隆起的英买、塔河-轮南也发现了礁滩相储层油气藏。事实上,寒武纪-晚奥陶世环满加尔拗陷西缘普遍发育台地边缘高能相带,且自寒武纪到中奥陶世相带逐渐向西迁移,形成了较大的空间分布规模。塔深1井钻遇了寒武系高能相带,并有油气显示,进一步证实了该区寒武系一下奥陶统台缘高能浅滩相带的存在。塔里木盆地与台缘斜坡带相关的成藏组合的形成受沉积相带展布特征和沉积物岩性分布规律控制。综合塔北、塔中和巴楚地区的礁滩储集体发育情况,塔里木盆地与礁滩储集体有关的成藏组合主要有以下3种^[11]。

1) 寒武系烃源岩+上寒武-下奥陶统滩相储层+下奥陶统致密灰岩或上奥陶统泥岩盖层成藏组合

该成藏组合主要在满加尔拗陷西缘,沿塔深1井-塔中32井-古城4井连线一带分布,塔深1井是其典型代表。

2) 寒武系烃源岩+中奥陶统一间房组生物礁滩相储层+上覆泥灰岩或桑塔木组泥岩盖层成

藏组合

该成藏组合主要分布在塔北斜坡带和巴楚地区南部的台缘斜坡地带,沙108井是其代表。早奥陶世末,随着海水的上升,在 T_{47} 不整合面之上发育大量生物礁滩,后期的溶蚀改造作用使其形成良好的储集层,而其上的泥质灰岩和泥岩起到很好的封堵作用,这就为一间房组礁滩储集体形成油气藏提供了良好的条件。

3) 寒武系烃源岩或中—上奥陶统烃源岩+上奥陶统良里塔格组生物礁滩相储层+桑塔木组泥页岩盖层成藏组合

该成藏组合主要分布在中央隆起带北侧的塔中I号断裂坡折带、塔中10号断裂坡折带以及塔中南斜坡,塔中62井和塔中82井油气藏是该成藏组合的良好体现。塔中I号断裂和塔中南缘断裂对寒武系的油气源起到了很好的垂向输导作用,而奥陶系烃源岩则可直接沿 T_{47} 不整合面作横向运移到达礁滩储集层;其上覆的厚层桑塔木组泥岩为油气藏的保存起到了关键作用。塔中82井区油气藏是典型的礁滩型储层油气藏,该井处于发育上奥陶统礁滩的台缘斜坡带,礁滩储层储集物性好、临近油源,之上又有桑塔木组泥岩作盖层,具备形成大油气田的优越条件。

2.3 台缘下斜坡带是碎屑岩地层超覆成藏组合发育区

地壳差异升降运动常引起水体的进退,在剖面上表现为地层的超覆和退覆。当水体渐进时,沉积范围逐渐扩大,较新沉积层覆盖在较老的沉积层之上,并向陆地方向扩展,与更老的地层侵蚀面以不整合相接触时就形成了地层超覆和地层超覆型圈闭。这类过程主要发生在台缘下斜坡带,因此该区是油气聚集的有利区域。如塔里木盆地哈得油田、塔河—轮南油田志留系—东河砂岩油藏和塔中101井东河砂岩油藏,均属于此种类型的油气藏。

1) 志留系地层超覆带成藏组合

受构造运动和沉积古地理的制约,塔里木盆地志留系的古地貌斜坡带主要分布在盆地的南、北两侧。盆地北部古地貌斜坡带主要沿英买力—草湖连线一带分布;盆地南部坡折带主要沿山1—塘参1—塔中1—塔中12—英苏连线一带分布。沿着这两个区带,发育多期地层超覆,并形成地层

超覆型油气藏。志留系超覆斜坡带成藏组合可以根据储层和圈闭的发育特征划分为4种类型:

①岩性—地层圈闭成藏组合,主要分布在塔北隆起南缘的乡3井—轮南57井—一线、孔雀河南斜坡、塔东隆起北坡和塔中隆起南缘的塘参1井—塔中4井—一线;②地层超覆圈闭成藏组合,主要分布在草湖凹陷南缘和满加尔凹陷西缘;③岩性—构造圈闭成藏组合,主要分布在塔中隆起中部的塔中2—塔中32井连线一带;④构造圈闭成藏组合,主要发育在巴楚隆起西部、塔北隆起南缘、塔中隆起北部和塔东隆起龙口地区。每一类成藏组合都有其独特的油气分布特征。

2) 上泥盆统—石炭系地层超覆带成藏组合

上泥盆统东河砂岩是塔里木盆地储盖条件最为优越的层系之一。晚泥盆世—石炭纪古地貌坡折带的分布,影响着东河砂岩岩性油气藏的形成。与志留系的古地貌斜坡带相比,上泥盆统—石炭系的古地貌斜坡在走向和展布上发生了根本性的变化,由原来志留系的東西向展布转变为南北向展布,由原来分布在盆地的南北两侧转变为分布在盆地的东西两侧。上泥盆统—石炭系古地貌坡折带主要发育在两个区域:一是分布于盆地东部的轮南—古城低隆起的两侧;另一分布于盆地西部的山1—和4—巴1井一带。其中,东部坡折带要比西部坡折带坡度大,形态也较为明显。

上泥盆统—石炭系地层超覆带以东河砂岩成藏组合最为典型。该套组合是以前东河砂岩为储层,以上覆泥岩为盖层,以寒武—奥陶系烃源岩为源岩,以断裂和不整合为输导的成藏组合,可进一步划分为4种类型:①地层超覆圈闭成藏组合,为东河砂岩向轮南凸起和塔中隆起等地区逐渐超覆、后被石炭系及三叠系不整合覆盖而形成的有效成藏组合,主要分布于塔中隆起的塔中2—塔中1—塔中26—塔中44井、塔北隆起的东河1—东河4井及轮南的轮南57—草2井等地区;②岩性成藏组合,零星分布于塔中地区;③构造—地层超覆圈闭复合型成藏组合,主要分布于哈得逊地区,哈得4油田是其典型代表;④构造成藏组合,主要分布于塔中、巴楚和塔西南地区,规模小,零星分布。

2.4 台缘构造斜坡带是岩溶储层组合油气藏形成有利区

塔里木盆地由削截不整合形成的风化壳岩溶

油气藏是目前发现的最主要油藏类型。该类油气藏的形成既受不整合类型的控制,也受沉积斜坡的控制,但更重要的是受构造上斜坡的控制(图4)。塔河-轮南油田主体油气藏就是该类型的典型代表。油田储层主要以一间房组和少量鹰山组、良里塔格组高能相带碳酸盐岩为基础,在中、晚加里东期和晚海西期构造隆升,遭受剥蚀风化形成缝洞、孔洞型储层;其后石炭系巴楚组泥岩盖层封闭,形成大型缝洞型油气藏。

塔里木盆地古生代构造斜坡都是在寒武-奥陶系发育巨厚台地相碳酸盐岩地层的基础上发育起来的,受多期构造运动隆起抬升与岩溶作用的影响,形成一定厚度的风化淋滤破碎带,可作为良好的缝洞型储集体。由于不同隆起区的岩溶发育状况不同,与岩溶储层相关的成藏组合也有着一定的差异。归纳塔中、巴楚和塔河地区与碳酸盐岩岩溶储层有关的成藏组合,主要有以下两种类型。

1) 寒武系烃源岩+奥陶系岩溶储层+上奥陶统泥岩或致密碳酸盐岩、志留系泥岩以及石炭系下泥岩段为盖层的气藏成藏组合

该成藏组合在塔河-轮南、巴楚和塔中地区普遍发育。塔河-轮南大油田位于塔北隆起阿克库勒凸起南斜坡,其储层包括鹰山组、一间房组和良里塔格组,主要分布在 T_{74} (中奥陶统顶部)和 T_{57} (巴楚组底部)不整合之下的碳酸盐岩岩溶缝洞之中。奥陶系碳酸盐岩储层主要由粒屑灰岩、鲕粒灰岩和细结构的泥晶灰岩组成,储层类型为风化壳岩溶型;储集空间主要为粒间孔、晶间孔等基质孔隙和溶蚀孔洞,其次是构造裂缝;储集类型以裂缝-孔洞型为主。

巴楚地区的典型代表是位于巴楚凸起南缘玛扎塔格构造带上的和田河气田,其碳酸盐岩储集层发育于 T_{74} 不整合面下的下奥陶统和石炭系生屑灰岩段。奥陶系碳酸盐岩储层主要由生物灰岩、粒屑灰岩、鲕粒灰岩和细结构的泥晶灰岩组成,储层类型为风化壳岩溶型;储集空间主要为粒间孔、晶间孔等基质孔隙和溶蚀孔洞,其次是构造裂缝;储集类型以裂缝-孔洞型为主。

塔中地区以塔中1井区气藏为代表。受多期构造运动影响,塔中1井井区地层遭受巨大剥蚀,石炭系地层直接覆盖在下奥陶统地层之上,形成与风化壳作用有关的多期白云岩岩溶储层。以白

云岩储层为储集体,石炭系泥岩为盖层,源岩断裂为输导,寒武系膏盐岩为烃源岩,形成了早期成藏的塔中1井气藏。

2) 寒武-奥陶系烃源岩+上奥陶统良里塔格组岩溶储层+上奥陶统泥岩或致密碳酸盐岩、志留系泥岩以及石炭系下泥岩段为盖层的油气藏成藏组合

该成藏组合主要分布于塔中地区。如位于塔中地区中东部的塔中16号构造是一个受塔中1号基底断裂及其伴生断裂控制的下古生界潜山,塔中16和塔中161井缺失上奥陶统泥岩段,上奥陶统灰岩储层形成于塔中地区第三期岩溶作用,灰岩段储集空间主要为垂直裂缝、溶洞晶间孔和网状微裂缝,是较好的岩溶储集体,形成了一个中型油气田。

2.5 晚期构造斜坡带成藏组合

对于塔里木台盆区而言,纯粹的构造斜坡主要形成于晚海西期以来,现今表现为斜坡环境。对于前中生界地层而言,晚期形成的斜坡主要有麦盖提-巴楚南缘斜坡、巴楚北部斜坡和孔雀河斜坡。这些斜坡由于早期盖层的发育与下覆各类储层形成了有效储盖组合。更为重要的是,这些斜坡为晚期油气的运聚提供了条件。分析储盖组合的时空配置,大体可形成两类成藏组合。

1) 巴楚隆起构造与斜坡带寒武系烃源岩+中、下寒武统白云岩储层+中寒武统膏盐岩盖层气藏成藏组合

该成藏组合以中寒武统盐膏层为盖层,下伏寒武系(或震旦系)碳酸盐岩为储层。在和4井、方1井及巴楚隆起南缘的康2井等均在寒武系钻遇了一套厚达300~400 m的盐膏层,在塔参1井寒武系6800~7085 m井段也发现了泥质云岩、膏质云岩和膏岩组成的优质盖层。地震资料表明,该套盐膏层分布广泛,厚度较稳定,是一套区域性的优质盖层。并且,和4井、和田1井见到良好油气显示,中、下寒武统岩心录井获得含气岩心3层17193 m,塔参1井在7108~7132 m井段见到4层10 m气测异常段。该套成藏组合是巴楚和塔中地区的一个重要勘探领域,储层主要以内幕岩溶为特征,斜坡带后期保存良好。

2) 孔雀河斜坡多层位油气聚集区域

从地层与构造特征分析,孔雀河斜坡受到库

鲁克塔格断隆与多期构造运动的影响, 是一个长期倾向西南的斜坡带, 是满加尔凹陷生成油气运聚的有利指向区。本区主要发育古生界和中-新生界两套构造层。三叠系及古生界剥蚀严重, 侏罗系由西南向东北方向直接超覆在下古生界志留系之上。

寒武-奥陶系主要发育两类成藏组合带, 即构造圈闭成藏组合和海底扇成藏组合。构造圈闭带主要分布在铁南 2-龙口 1-英南 1 井区; 海底扇分布范围大, 从尉犁 1 井延伸至孔雀 1 井区。

志留-泥盆系主要发育两类成藏组合, 即受断裂带控制的构造圈闭成藏组合带和受地层剥蚀尖灭线控制的岩性-地层圈闭成藏组合带。志留系以扇三角洲-滨岸-浅海陆棚相的沉积为主, 纵向上发育下砂岩段和上砂岩段两个储集层段。下砂岩段主要为一套灰色中砂岩、灰色泥质中砂岩、灰色泥质细砂岩、灰色泥质粉砂岩及薄层灰色-浅紫色泥岩, 向上颜色逐渐变为紫色; 上砂岩段主要发育紫色砾状砂岩、绿灰色粗砂岩、紫色和绿灰色中砂岩、紫色细砂岩、紫色粉砂质泥岩及泥岩。两套储集层中间主要发育一套紫色泥岩、粉砂质泥岩及泥质粉砂岩, 为下砂岩段的良好盖层, 与下砂岩段构成一套有效的储盖组合。

侏罗系主要为一套扇三角洲-滨湖-浅湖相的含煤陆源碎屑岩沉积, 主要以岩屑砂岩和岩屑长石砂岩为主, 成分成熟度低, 结构成熟度也较差, 分选中等-差。英南 2 井在侏罗系发现了凝析气藏。该气藏是一个受背斜控制的单一气藏, 位于英吉苏凹陷英南 2 号构造带上, 完整的构造背斜形态、断至深部寒武系和奥陶系烃源岩的通源断裂及良好的盖层封堵是该气藏形成的必要条件。因此, 侏罗系以构造圈闭型成藏组合为主。

3 结论

1) 塔里木盆地古生界广泛发育不同类型的斜坡带。按照成因特点, 可以分为 3 个基本类型, 即地层形成时期的沉积古斜坡、由构造隆升造成地层不同程度剥蚀而形成的构造斜坡以及构造抬升与沉积古斜坡叠加的斜坡。沉积斜坡和生储盖组合的发育与盆地发育的大地构造背景相关。大洋阶段盆内斜坡是烃源岩发育的有利区带。

2) 沉积古斜坡带发育了以礁滩体为主要储层、致密碳酸盐岩或上奥陶统泥岩为主要盖层的成藏组合; 地层超覆斜坡带在志留系和上泥盆统-石炭系主要形成地层超覆圈闭。构造斜坡带发育了不同层系岩溶储层(中、下奥陶统岩溶储层、上奥陶统岩溶储层和寒武系白云岩储层)与不同层系泥岩盖层(上奥陶统泥岩盖层、志留系泥岩盖层和石炭系下泥岩段盖层)构成的成藏组合。

3) 多期叠合的斜坡带是油气聚集的有利区带。现已在塔中 I 号断裂坡折带发现了礁滩型油气田和岩溶油气田, 在塔河-轮南岩溶斜坡带发现了缝洞型储层油气田, 在阿满过渡带哈得逊地区东河砂岩段发现了超覆型地层油气藏, 在巴楚隆起南缘多期斜坡的枢纽带的和田和、鸟山气田以及孔雀河斜坡区的多个构造油气藏。

参 考 文 献

- 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
- 何登发. 塔里木盆地地层整合面与油气聚集 [J]. 石油学报, 1995, 16(3): 14~21
- 何治亮, 毛洪斌, 周晓芬, 等. 塔里木多旋回盆地与复式油气系统 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21(3): 207~213
- 贾承造, 魏国齐. 塔里木盆地构造特征与含油气性 [J]. 科学通报, 2002, 47(增刊): 1~8
- 贾承造. 塔里木盆地构造特征与油气聚集规律 [J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3): 177~183
- 金之钧, 王清晨. 中国典型叠合盆地与油气成藏研究新进展——以塔里木盆地为例 [J]. 中国科学 (D 辑), 2004, 34(增刊 1): 1~12
- 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, 3(2): 180~191
- 李德生. 中国含油气盆地构造类型 [J]. 石油学报, 1982, 3(3): 1~12
- 王金琪. 塔里木奥陶系岩溶储集的油气远景 [J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(4): 305~310
- 俞连仁, 闫相宾, 金晓辉, 等. 塔里木盆地研究进展与勘探方向 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 598~604
- 樊太亮, 高前志, 刘聪, 等. 塔里木盆地古生界不同成因斜坡带特征与油气成藏组合 [J]. 地学前缘, 2008, 15(2): 127~136
- Li Desheng, Liang Digan, Jia Chengzao, et al. Hydrocarbon accumulation in the Tarim Basin, China [J]. AAPG Bulletin, 1996, 80(10): 1587~1603
- 冯增昭, 鲍志东, 吴茂炳, 等. 塔里木地区寒武纪和奥陶纪岩相古地理 [M]. 北京: 地质出版社, 2005, 23~60

(编辑 李 军)