

文章编号: 0253-9985(2005)01-0114-07

塔中、塔北古隆起形成演化及油气地质条件对比

徐国强¹, 刘树根^{1,2}, 李国蓉^{1,2}, 武恒志³, 闫相宾³

(1. 成都理工大学能源学院, 四川成都 610059; 2. “油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 四川成都 610059;
3. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 塔中、塔北古隆起构造演化及油气地质条件对比结果表明: 中加里东期, 塔中隆升使得中奥陶统缺失, 风化壳岩溶发育, 上奥陶统生油岩及礁滩相储层局限于古隆起分布; 而塔北还处于台地-斜坡环境, 中、上奥陶统较全, 台缘相灰泥丘生油岩分布广, 中奥陶统礁滩相层序不整合面岩溶储层发育。中晚加里东期, 塔中强烈活动而发育3个背斜构造带, 仅背斜顶部碳酸盐岩出露区发育风化壳岩溶; 而塔北因整体抬升, 风化壳岩溶因为碳酸盐岩未出露地表而不发育。晚加里东期, 塔中因古隆起已形成而大量汇聚油气; 而塔北则呈零星分散充注。早海西期, 塔中东部相对抬高而使古隆起呈东高西低地势, 在中西部沉积东河砂岩, 在东部潜山带发育多个小规模风化壳岩溶储集体; 塔北地区则发生强烈隆升, 碳酸盐岩在鼻凸构造上整体暴露地表而发育大型风化壳岩溶系统。早海西期以后, 塔中古隆起随盆地升降而呈残留古隆起, 其东高西低的地势使其可以通过iv号断裂带汇聚阿瓦提凹陷油气; 而塔北地区继续强烈隆升而呈继承性古隆起, 为满加尔凹陷油气运移的主要指向区。据此, 认为塔北油气勘探可向南斜坡拓展; 而塔中可向西斜坡拓展, 其东南外围地区应以寻找晚加里东期古油藏为主。

关键词: 塔里木盆地; 古隆起; 构造演化; 油气地质条件; 古岩溶储层; 对比

中图分类号: TE111.1 文献标识码: A

Comparison of tectonic evolutions and petroleum geological conditions in Tazhong and Tabei palaeohighs in Tarim Basin

Xu Guoqiang¹, Liu Shugen^{1,2}, Li Guorong^{1,2}, Wu Hengzhi³, Yan Xiangbin³

(1. Energy Resource Institute, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan; 2. National Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu, Sichuan; 3. Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing)

Abstract: Comparison of tectonic evolutions and petroleum geological conditions between Tazhong and Tabei palaeohighs shows that, in Middle Caledonian, Tazhong area was uplifted, resulting in the absence of Middle Ordovician and well developed weathered residuum and karst, while the Upper Ordovician source rock and reef flat reservoirs facies were limited on the palaeohigh. Tabei area was then still in a platform-slope environment, Upper and Middle Ordovician were relatively complete, lime-mud mound source rocks of platform edge facies were widely distributed, and karst reservoirs on the unconformable surface in the Middle Ordovician sequence of reef flat facies were well developed. In Middle-Late Caledonian, 3 anticlinal structural belts were developed in Tazhong area due to strong movement, and weathered residuum and karst were developed only in carbonate outcrops on top of the anticlines. Whereas Tabei area was overall uplifted, then weathered residuum and karst were undeveloped, because carbonates had not been cropping out. In Late Caledonian, large amount of hydrocarbons accumulated in Tazhong area, since the palaeohigh had been formed; while only sporadic charging of hydrocarbons occurred in Tabei area. In Early Hercynian, the eastern part of Tazhong area was relatively elevated, leading to the palaeohigh to have a topography of high in the east and low in the west. The Donghe Formation sandstone was deposited in the west-central part, while multiple small

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目部分成果(2001BA605A-03-01)

第一作者简介: 徐国强, 男, 40岁, 副教授, 石油地质

收稿日期: 2004-12-13

residuum-karst reservoirs were developed in the eastern buried hill zone. Tabei area was strongly uplifted, and carbonates in the nose structure had wholly been cropped out, resulting in the development of large residuum-karst system. After Early Hercynian, Tazhong palaeohigh became a residual palaeohigh along with elevation and subsidence of the basin, and the topography of high in the east and low in the west made it possible to collect and accumulate hydrocarbons in Awati sag through fracture belt iv. The strong and continuous uplifting of Tabei area made it to be an inherited palaeohigh and became the major directed area of hydrocarbons migration from Manjiar sag. Considering the situation the mentioned above, it is suggested that the petroleum exploration in Tabei area can be extended to the southern slope, while that in Tazhong area can be extended to the western slope, and the exploration in the southeast periphery area should be target at the Late Caledonian fossil oil accumulations.

Key words: Tarim Basin; palaeohigh; tectonic evolution; petroleum geological conditions; paleokarst reservoirs; comparison

塔中、塔北古隆起是塔里木盆地两个重要的含油气古隆起。1984 年沙参 2 井^[1]、1989 年塔中 1 井的钻探成功在塔里木盆地油气勘探中都具有里程碑意义。近 20 年来,前人在塔中、塔北古隆起^[2]的形成演化、油气地质方面做了大量深入的工作,取得了长足的进展。本文通过对塔中、塔北古隆起形成演化的比较,研究古隆起构造演化差异性所造成的油气地质条件差异,并据此探索古隆起外围的油气勘探方向。

1 形成演化比较

根据塔里木盆地区域地震大剖面 Z-50、Z-45 和 520 恢复的地层构造演化剖面(图 1),以及剖面中代表古隆起不同构造位置的井点的构造升降史对比(图 2)。对塔中、塔北古隆起的构造演化进行了对比分析,发现两隆起的形成演化在性质、形成时间、形态及内部构造特征及沉降历史等方面具有差异性(表 1)。

表 1 塔北、塔中古隆起形成演化对比表

Table 1 Comparison of formations and evolutions of palaeohighs in Tazhong and Tabei

地质年代	盆地构造背景	古隆起构造特征	
		塔中	塔北
Z	拉伸扩展期 ^[4,5]	斜坡带	台地边缘
Є ₁₊₂	大规模海进期	低位斜坡带	陆棚(深水)
Є ₃ —O ₁	相对稳定的台地沉积期	台地-局限台地	台地
O ₁ —O ₂	中加里东运动期,中南部构造活动强烈,北部较弱	前陆隆起 ^[6] 形成;呈纺锤状穹隆构造,顶部长期暴露剥蚀;O ₂ y 组沉积缺失	整体抬升为台地,O ₂ y 组为浅水台地沉积,颗粒灰岩发育,后期大面积暴露地表,局部有侵蚀
O ₃	盆地整体下沉接受上奥陶统沉积,差异沉降明显	早期暴露地表,缺 O ₃ q 组;O ₃ l 组局限台地,颗粒灰岩发育;O ₃ s 组为混积陆棚	O ₃ q 组为高位斜坡相;O ₃ l 组为陆棚;O ₃ s 组为混积陆棚
O ₃ 末	中晚加里东运动期,南部构造活动强烈,北部较弱	强烈活动,发育 3 个冲断褶皱构造带,背斜顶部强烈隆升剥蚀,O ₁ 碳酸盐岩局部暴露	整体抬升,O ₃ 部分剥蚀,O ₁ 碳酸盐岩未暴露地表
S—D ₁	周缘前陆盆地	斜坡带,志留系-泥盆系底超顶削	盆地沉积中心 ^[7]
D ₃ 末—C ₁ 初	早海西期,塔里木陆壳的东端与中天山岛弧强烈碰撞 ^[5] ,北部活动强烈,南部较弱	断褶构造带局部继承性活动,东南部背斜顶部出露下奥陶统碳酸盐岩;中西部隆升幅度小,大面积残留志留系-泥盆系,东高西低地势形成	强裂活动,轮南断裂上冲幅度超过 4 000 m,古隆起形成;整体隆升剥蚀,中、下奥陶统灰岩大面积暴露地表
C—P	持续下沉	整体下沉,接受沉积	整体下沉,接受沉积
P 末	晚海西运动期,盆地北部活动强烈,中南部较弱	整体抬升幅度小,局部构造继承性活动,形成低幅褶曲构造	继承性强烈隆升,高出塔中 3 000 m;二叠系遭受大面积剥蚀
T—K	印支-燕山运动期	整体随盆地升降	整体随盆地升降
E—N	喜山运动	随盆地沉降,古隆起东高西低	北部随库车坳陷强烈下沉,南带相对翘起,鼻凸转为穹隆

注: Z 为震旦纪;Є₁₊₂ 为早、中寒武世;Є₃—O₁ 为晚寒武世—早奥陶世;O₁—O₂ 为早奥陶世—中奥陶世;O₃ 为晚奥陶世;S—D₁ 为志留纪—早泥盆世;D₃ 为晚泥盆世;C₁ 为早石炭世;C—P 为石炭纪—二叠纪;T—K 为三叠纪—白垩纪;E—N 为第三纪;O₂y 组为中奥陶统一间房组;O₃q 组为上奥陶统恰尔巴克组;O₃l 组为上奥陶统良里塔格组;O₃s 组为上奥陶统桑塔木组

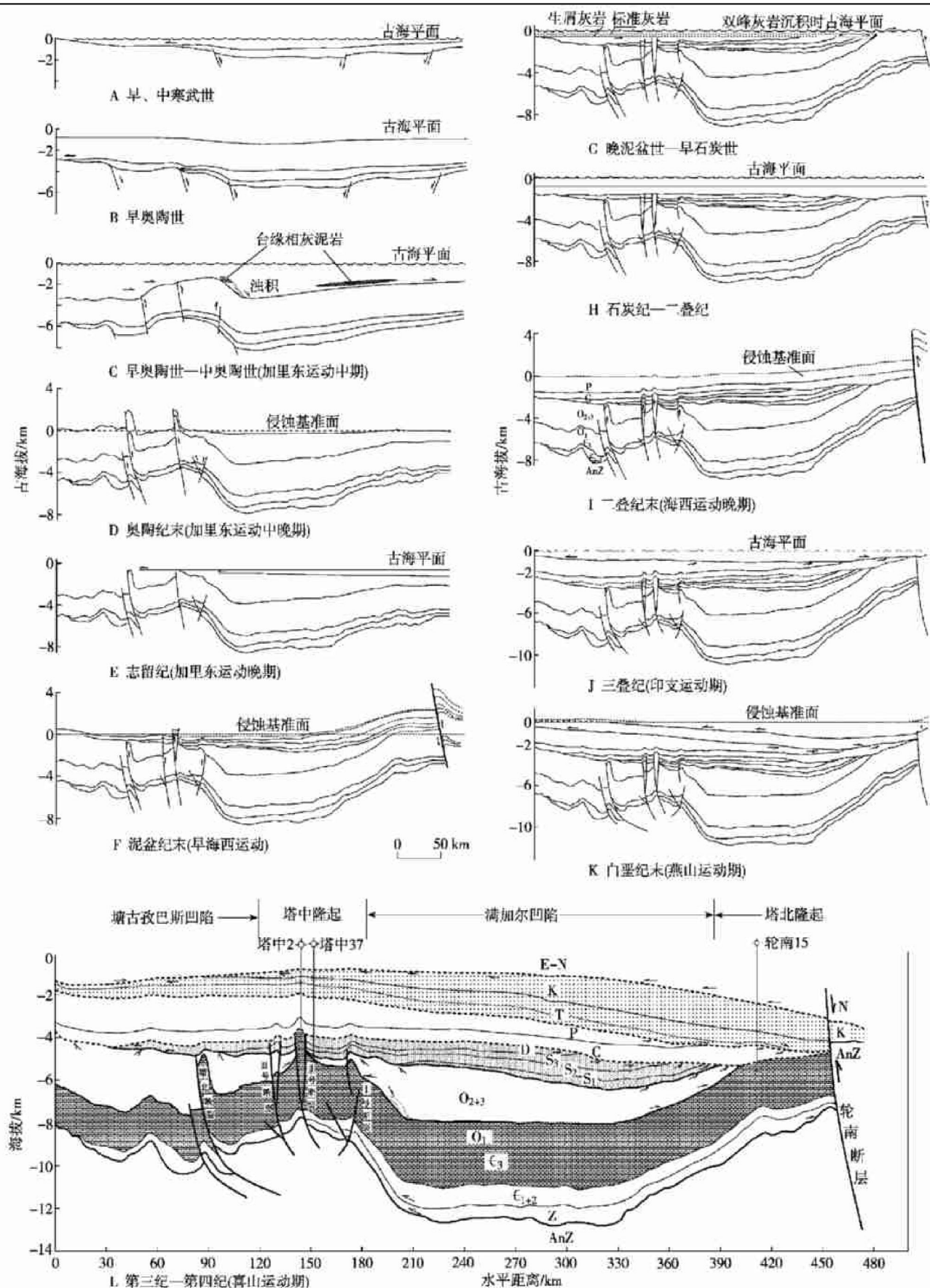


图1 塔北、塔中地区地层构造演化图

Fig. 1 Diagram showing stratigraphic and structural evolutions in Tabei and Tazhong areas

(图中奥陶系顶面深度数据与图2对应; 塔中2井代表塔中古隆起冲断背斜顶部的构造升降变化, 而轮南15井、塔中37井则分别代表塔北、塔中古隆起整体的升降变化; 年代采用1989国际年代地层表^[8])

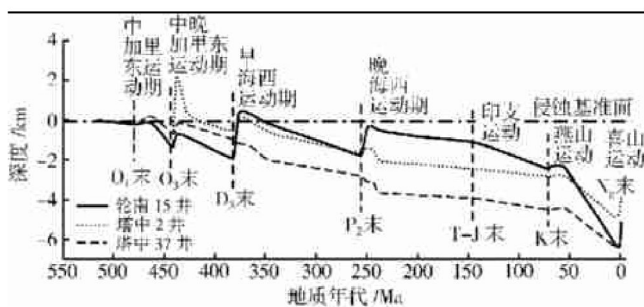


图2 塔北(轮南15)与塔中(塔中2,塔中37)
古隆起构造升降史对比图

Fig. 2 Comparison of tectonic elevation and subsidence
histories of Tabei palaeohigh (Ln15 well) and
Tazhong palaeohigh (Tz2 and Tz37 wells) in Tarim Basin

1.1 性质

加里东构造中期,塔中古隆起为纺锤状穹隆构造;加里东中晚期,改造为复合背斜;早海西期后,古隆起部分破坏,呈东高西低地势,后期继承性构造活动弱,为一残留古隆起^[3]。而塔北古隆起在加里东期为台地-斜坡,早海西期强烈隆升形成南低北高鼻凸构造,早海西晚期继续强烈隆升,喜山期随库车凹陷强烈下沉,由于北部差异下沉使早期鼻凸转为穹隆,为一继承性古隆起^[3]。

1.2 形成时间

塔中古隆起形成于中加里东期;塔北古隆起形成于早海西期。

1.3 形态及内部构造特征

塔中古隆起是在台地边缘基础上发育起来的复合背斜构造,由3个从东向西呈帚状散开的冲断褶皱构造带构成。而塔北地区是在下古生界斜坡-台地基础上形成的穹隆状鼻凸构造,内部大型冲断-背斜构造不发育,但发育较为密集的小断层及小褶曲。

1.4 沉降历史

加里东构造运动期,塔中古隆起地势高于塔北;早海西构造运动后,塔北高于塔中;第三纪,两者基本持平(图2)。

2 油气地质条件对比

2.1 生油条件

塔里木盆地的下古生界主力油源岩包括中、下寒武统和上奥陶统^[9]。中、下寒武统作为区域优质烃源岩已得到钻井验证,也已基本得到各方

认同^[9-12]。对上奥陶统的生油能力还有不少争议^[12],一般认为上奥陶统的台缘相灰泥丘具有较好的生油能力^[9,13]。

在早中寒武世,塔中地区处于台地及陆棚边缘,塔北地区处于低位斜坡,故塔中、塔北地区都具有很好的原地中、下寒武统烃源岩条件。但由于塔中以南地区水体相对变浅、厚度减薄,原地生油岩条件向南逐渐变差。

晚奥陶世,塔中古隆起表现为一个向北前倾的复合背斜构造,形成一个北陡南缓的局限台地沉积环境,使得该地区具有生油能力的灰泥丘主要发育在北坡台缘相及中坳带的局部,由于北坡很陡,所以台缘相烃源岩分布范围窄小(图1-C);塔北地区处于台地-缓坡环境(如恰尔巴克组斜坡环境沉积的泥灰岩、瘤状灰岩),其台缘相烃源岩分布范围较大(图1-C)。

2.2 储集条件

2.2.1 溶蚀孔洞性储层

一间房组沉积期,由于塔北地区隆升幅度小,沉积了一套具有先存孔隙条件^[14]的台地及台地边缘礁滩相颗粒灰岩,在加里东运动中期被整体抬升暴露地表后,形成塔北地区大面积分布的溶蚀孔洞性储层。塔中地区由于构造隆升幅度大,古隆起顶部遭受强烈剥蚀或缺少一间房组沉积,该套储层不发育。也正因为如此,塔中古隆起在鹰山组顶部发育加里东中期的风化壳岩溶溶蚀孔洞性储层。塔北地区由于当时处于水下沉积区或有上覆地层覆盖,难以发育风化壳岩溶储层。

良里塔格组沉积期,由于塔中古隆起早期的强烈隆升使得该地区处于地势相对较高的局限台地沉积环境,特别是北坡i号断裂带附近,沉积了一套具有较好原生孔隙条件的礁滩相颗粒灰岩,经过暴露地表溶蚀作用后形成良好的溶蚀孔洞性储层;而塔北地区由于构造位置低,当时处于较深水陆棚沉积环境,发育了一套含泥质较重的台地相灰岩,先存孔隙不发育,低水位期也难以暴露地表,故塔北地区良里塔格组溶蚀孔洞性储层不发育。

由于受塔中古隆起向北前倾古隆起构造形态的控制,塔中地区的下奥陶统、上奥陶统底部具有先存孔隙条件的颗粒灰岩主要发育在i号断裂带附近,故加里东中期形成的溶蚀孔洞性储层主要沿i号断裂带呈带状分布^[15,16],分布范围较为局限;而塔

北地区中奥陶统一间房组礁滩相颗粒灰岩受台地及台地边缘沉积环境的控制,分布范围较广。

2.2.2 缝洞性及大型洞穴型储集层

中晚加里东运动期,由于塔中地区某些背斜顶部暴露的碳酸盐岩陆块,具有古构造裂缝及(或)颗粒碳酸盐岩先存孔隙条件,平面上可以形成多个风化壳岩溶储集体(如塔中16井);在塔北地区,该时期表现为整体抬升,上奥陶统部分遭受剥蚀(图2-D),尚无碳酸盐岩可溶蚀地层暴露地表,该时期风化壳岩溶总体不发育。

早海西运动期,塔中地区整体隆升幅度小,中西部地区普遍残留志留系—泥盆系。可岩溶地层出露区主要分布在相对隆起较高的东部地区,分布在断褶构造顶部,呈小块、小片状出露(图3)。大型断褶构造内局部小断层不发育,构造裂缝主要集中在强烈褶曲构造及断层附近。多个彼此独立的岩溶系统中,某些小区块还可以发育成非常好的缝洞型储集体(如塔中1、塘古1),但单个面积小,不连片;阿克库勒凸起由于构造活动强烈,呈穹隆状隆起,内部地层起伏小,整体抬升幅度大,使得可溶蚀地层大面积出露地表(图3),加之古隆起上多期构造作用叠加发育的多组小断层及小褶皱^[17],构造裂缝分布相对均一,造就了一个大型斜坡带的地下水岩溶体系和规模宏大的风化壳岩溶洞穴系统^[18,19]。



图3 塔里木盆地油气分布及早海西古地质图

1—古隆起上奥陶系碳酸盐岩出露区;2—油气田

Fig.3 Oil & gas distribution and Early Hercynian palaeogeologic map of Tarim Basin

1. Outcropped area of Upper Ordovician carbonates on palaeohighs; 2. Oil and gas fields

2.2.3 石炭系东河砂岩储层

早海西构造运动期,塔中地区呈东高西低的

构造格局及古地势,东部为多个高陡潜山,中西部为洼地。在晚泥盆世—早石炭世海侵期,这种古地貌可以形成多个海湾,非常有利于发育东河砂岩储层。阿克库勒凸起由于抬升幅度大、古地理位置高而缺失东河砂岩沉积。南坡的东河砂岩也因为连片碳酸盐岩陆块作为物源区而难以发育储集性能好的石英砂岩。

2.3 圈闭条件

塔北和塔中地区的油藏圈闭类型都非常丰富^[20,21]。在塔中古隆起的3个冲断背斜构造带上发育了大量的背斜圈闭。后期构造在背斜构造的基础上继承性发育,在早海西、晚海西构造运动期,石炭系—二叠系又继承发育了许多背斜构造,从而形成了众多的背斜圈闭。塔中地区以背斜圈闭为主。塔中4、塔中11、塔中1也是以背斜构造为背景的地层圈闭、披覆背斜圈闭、潜山圈闭;阿克库勒凸起为台背斜^[20],局部的背斜构造带不发育,油气圈闭以构造—地层—岩性复合圈闭为主^[21]。

2.4 油气运移方向及持续时间

油气成熟度及沥青包裹体等研究表明,晚志留世—早泥盆世、白垩纪—早第三纪、晚第三纪为塔里木盆地的3个主要的油气运移与聚集期^[9,22]。

晚志留—早泥盆世是塔里木盆地的第一个大规模生排烃期。由于该时期志留系底面总体呈南高北低地势(图1-E),塔中古隆起及其断褶构造带圈闭已经形成,因此,满加尔凹陷及塔中本地的油气主要向塔中古隆起运移。塔中古隆起是该时期最为有利的油气聚集目标,塔中古隆起志留系内广泛分布的沥青砂岩,局部残留的原油^[23](塔中11),均是这次大规模聚集的结果。相比之下,由于塔北地区当时处于或靠近盆地沉积中心,古隆起尚未形成,大量向北运移的油气指向比较分散,奥陶系溶蚀孔洞型储层内普遍见油气充注^[24]。

白垩纪—早第三纪,是塔里木盆地中、上奥陶统烃源岩^[22]的大规模生排烃期。由于在早海西期塔中、塔北的地势发生了逆转(图2),塔北高出塔中3000 m以上,这种态势从泥盆纪末一直持续到早第三世(图1-F—图1-L,图2)。在这个漫长的时间内,满加尔凹陷排出的烃类主要向塔北运移。而塔中古隆起在早海西构造运动后长期保持的东高西低地势,使得西部阿瓦提凹陷的油气向塔中地区运移。

晚第三纪,虽然塔北地区整体快速下沉与塔中埋深基本相当(图2),但不改变早期油气运移的基本趋势,而且,塔北古隆起北部的差异下沉使得早期的古鼻凸构造向穹隆构造转化,更有利于该地区油气的保存。

3 讨论

塔中古隆起形成时间早,在晚志留世一早泥盆世曾大量捕获油气,东部由于早海西期构造抬升幅度大,剥蚀强烈,古油藏破坏严重,而中西部地区由于剥蚀少而相对保存较好。自海西期以后,塔中古隆起东高西低的地势使得阿瓦提凹陷的油气长期大量地通过iv号断裂带向东运移,形成主体构造带的大型油气藏^[2]。在塔中古隆起的东部、南部外围区域,加里东中期、中晚期、早海西风化壳岩溶每期都发育,虽然规模不及塔北,但个别区块岩溶储集体非常好。圈闭、盖层也都不缺,圈闭形成时间还早于塔北古隆起,所缺的可能是油源条件。如前所述,中、下寒武统生油岩向南变差,上奥陶统灰泥丘生油岩又主要分布在早期穹隆状古隆起控制的局限台地及北坡台缘相狭长区域,因此,古隆起主体构造以外的东南区域的原地生油岩条件差(相对于环满加尔凹陷的斜坡带区域),残留古隆起中轴带对异地油源供给的阻隔可能是制约该地区成藏的主要不利因素。所以,该地区的油气勘探应立足于北带和中带,并向西拓展。对于塔中古隆起东部潜山带,应着重于推覆断层下盘或保留了中、上奥陶统盖层的自生自储原生古油藏的勘探;对于塔中古隆起的南带及塘古孜巴斯凹陷地区,也应首先考虑早海西运动期以前形成的原生古油气藏。

对于塔北地区,古隆起南坡外围地带虽然早海西风化壳岩溶储层不发育,但一间房组沉积台地相分布区域(图1B)和加里东中期岩溶暴露区的范围(可以通过图1L中下奥陶统顶面上超点确定)都很大,表明一间房组礁滩相溶蚀孔洞性储层在塔河油田以南斜坡地带有一定的延伸空间。另外,由于塔北地区在中、上奥陶统台缘相生油岩分布广泛,油气资源丰富,自海西构造运动期以后塔北地区又是油气长期运移的指向,斜坡带是油气运移的必经路径。所以,塔河油田的外围油气勘

探应该向南坡拓展,寻找与一间房组礁滩相溶蚀孔洞性储层相关的油气藏。

参 考 文 献

- 1 康玉柱. 塔里木盆地油气勘查获巨大成果[J]. 石油与天然气地质, 1989, 10(3): 14~20
Kang Yuzhu. Great successes in oil and gas investigation in the Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 1989, 10(3): 14~20
- 2 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
Jia Chengzao. Structural characteristics and oil/gas accumulative regularity in Tarim basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(3): 177~183
- 3 张宗命, 贾承造. 塔里木克拉通盆地内古隆起及其找油方向[J]. 西安石油学院学报, 1997, 12(3): 8~13
Zhang Zongming, Jia Chengzao. Palaeohighs in craton basin of Tarim and the exploration objectives[J]. Journal of Xi'an Petroleum Institute, 1997, 12(3): 8~13
- 4 何登发, 李德生. 塔里木盆地构造演化与油气聚集[M]. 北京: 地质出版社, 1996
- 5 汤良杰. 略论塔里木盆地主要构造运动[J]. 石油实验地质, 1997, 19(2): 108~114
Tang Liangjie. An approach to major tectogenesis of Tarim basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 1997, 19(2): 108~114
- 6 张振生, 李明杰, 刘社平. 塔中低凸起的形成演化[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 28~31
Zhang Zhensheng, Li Mingjie, Liu Sheping. Generation and evolution of Tazhong low uplift[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(1): 28~31
- 7 朱筱敏, 王贵文, 谢庆宾. 塔里木盆地志留系沉积体系及分布特征[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2002, 26(3): 5~11
Zhu Xiaomin, Wang Guiwen, Xie Qingbin. Characteristics and distribution of depositional systems of Silurian in Tarim basin[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Natural Science), 2002, 26(3): 5~11
- 8 Harland W B, Armstrong R L, Cox A V, et al. A geologic time scale [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1989
- 9 梁狄刚. 塔里木盆地油气勘探若干地质问题[J]. 新疆石油地质, 1999, 20(3): 184~188
Liang Digang. Several geological problems of oil and gas exploration in Tarim basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1999, 20(3): 184~188
- 10 王大锐. 塔里木盆地中、上奥陶统烃源岩的碳同位素宏观证据[J]. 地质论评, 2000, 46(3): 14~18
Wang Darui. Macro-evidence of carbon isotopes for the Middle-Upper Ordovician source rocks in the Tarim basin[J]. Geological Review, 2000, 46(3): 14~18

(下转第129页)

- 11 葛家理. 现代油藏渗流力学原理[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 65~ 71
- 12 俞启泰, 罗洪, 冯明生. 我国油田河流相与三角洲相储层参数统计研究[J]. 大庆石油地质与开发, 1999, 18(1): 29~ 31
Yu Qitai, Luo Hong, Feng Mingsheng. Statistical study on reservoir parameter of fluvial and delta facies of oilfield in china[J]. Daqing Petroleum Geology and Development, 1999, 18(1): 29~ 31
- 13 李汉林, 赵永军. 石油数学地质[M]. 东营: 石油大学出版社, 1998. 55~ 70
- 14 张晓丽, 闫静华, 杜永波. 用甲型水驱特征曲线计算油水相对渗透率曲线[J]. 江汉石油学院学报, 2001, 23(增刊): 100~ 102
Zhang Xiaoli, Yan Jinghua, Du Yongbo. Calculation of relative permeability plot with first water drive characteristic curve[J]. Journal of Jiangnan Petroleum Institute. 2001, 23(sup): 100~ 102
- 15 秦积舜, 李爱芬. 油层物理学[M]. 东营: 石油大学出版社, 2001. 123~ 144

(上接第 119 页)

- 11 林青, 林壬子, 王培荣, 等. 塔中北斜坡西部原油类型及主力油源层[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 150~ 153
Lin Qing, Lin Renzi, Wang Peirong, et al. Crude types and main source rocks in west part of north slope, central Tarim[J]. Oil & Gas Geology, 2001, 22(2): 150~ 153
- 12 赵靖舟. 塔里木盆地北部寒武系~ 奥陶系烃源岩重新认识[J]. 沉积学报, 2001, 19(1): 117~ 124
Zhao Jingzhou. Evaluation on the Cambrian-Ordovician marine source rocks from the north Tarim basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(1): 117~ 124
- 13 马安来, 张永昌, 张大江, 等. 轮南、塔河油田稠油油源对比[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 31~ 38
Ma Anlai, Zhang Shuichang, Zhang Dajiang, et al. Oil and source correlation in Lunan and Tahe heavy oil fields[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(1): 31~ 38
- 14 James N P, Choquette P W. Paleokarst[M]. New York: Springer, 1988
- 15 代宗仰, 周翼, 陈景山, 等. 塔中中上奥陶统礁、滩相储层的特征及评价[J]. 西南石油学院学报, 2001, 23(4): 1~ 4
Dai Zongyang, Zhou Yi, Chen Jingshan, et al. The characteristics and evolution of Middle-Upper Ordovician reef and shoal related carbonate reservoir in Tazhong northern slope, Tarim Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum Institute, 2001, 23(4): 1~ 4
- 16 王兴志, 王振宇, 马青, 等. 塔里木盆地中部生物屑灰岩段滩体特征及储集性[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1): 58~ 62
Wang Xinzh, Wang Zhenyu, Ma Qing, et al. Characteristics and reservoir property of bioclastic limestone banks in central Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(1): 58~ 62
- 17 徐杰, 李涛, 陈国光, 等. 塔里木盆地轮南潜山构造特征[J]. 石油学报, 2002, 23(5): 14~ 18
Xu Jie, Li Tao, Cheng Guoguang, et al. Structural features of the buried hill in Lunan area of Tarim Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2002, 23(5): 14~ 18
- 18 顾家裕, 周兴熙, 刘雯林, 等. 塔里木盆地轮南潜山古岩溶作用及油气分布[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001. 67~ 187
- 19 叶德胜, 林忠明. 塔里木盆地北部寒武系-奥陶系碳酸盐岩储层特征及油气远景[M]. 成都: 四川大学出版社, 2000
- 20 林忠民. 塔里木盆地塔河油田奥陶系大型油气藏形成条件[J]. 地质论评, 2002, 48(4): 371~ 376
Lin Zhongmin. Formation condition of large-scale oil-gas pool in Ordovician carbonate rock in the Tahe oilfield, Tarim Basin[J]. Geological Review, 2002, 48(4): 371~ 376
- 21 牟泽辉, 熊海河, 朱宏权, 等. 塔里木盆地阿克库勒凸起的油气成藏演化[J]. 石油与天然气地质, 1997, 18(3): 228~ 242
Mu Zehui, Xiong Haihe, Zhu Hongquan, et al. Evolution of oil reservoiring in Akekule uplift, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(3): 228~ 24
- 22 王建宝, 郭汝泰, 肖贤明, 等. 塔里木盆地轮南低隆起早古生代油气藏的形成期次与时间研究[J]. 沉积学报, 2002, 20(2): 320~ 332
Wang Jianbao, Guo Rutai, Xiao Xianming, et al. Timing and phases of hydrocarbon migration and accumulation of the formation of oil and gas pools in Lunan low uplift of Tarim Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2002, 20(2): 320~ 332
- 23 吕修祥. 塔里木盆地塔中低凸起志留系油气成藏机理初探[J]. 石油实验地质, 1997, 19(4): 328~ 331
Lu Xiuxiang. Preliminary investigation on the formation mechanism of Silurian reservoir in Tazhong low-uplift of Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 1997, 19(4): 328~ 331
- 24 刘洛夫, 赵建章, 张永昌, 等. 塔里木盆地志留系沉积构造及沥青砂岩的特征[J]. 石油学报, 2001, 22(6): 11~ 17
Liu Luofu, Zhao Jianzhang, Zhang Yongchang, et al. The depositional and structural settings and the bituminous sandstone distribution characters of the Silurian in Tarim Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2001, 22(6): 11~ 17