

文章编号:0253-9985(2011)06-0909-11

塔里木盆地麦盖提斜坡构造演化及油气地质意义

张仲培¹,刘士林¹,杨子玉²,李建交¹

(1. 中国石化 石油勘探开发研究院,北京 100083;

2. 中国石油 大港油田分公司 勘探开发研究院,天津 300280)

摘要:为分析塔里木盆地麦盖提斜坡的有利成藏条件,并提出下一步有利区带和部署建议,从地震和钻井资料入手,运用叠合盆地构造解析方法,在动态分析麦盖提斜坡形成过程的基础上,分别研究了东、西两段的构造带特征与成因,并阐述其油气勘探意义。研究认为,多期构造演化与东西差异演化是东、西两段油气成藏条件、运聚背景和重点勘探层系明显不同的关键。西段处于斜坡背景上的海西晚期构造带,保存条件好,与断裂紧邻的上倾方向的上古生界岩性体是控制油气成藏与富集的关键因素。斜坡东段位于和田古隆起,玉北1井区构造处于加里东中、晚期与海西晚期的构造应力叠加区,更有利于奥陶系岩溶缝洞型储层的发育。玉北1井东部潜山带下奥陶统暴露区上覆一定厚度的地层,对溶蚀孔、洞、缝的有效保留更有利,也值得选择性探索。

关键词:差异构造演化;构造带;碳酸盐岩;油气勘探;麦盖提斜坡;塔里木盆地

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Tectonic evolution and its petroleum geological significances of the Maigaiti Slop, Tarim Basin

Zhang Zhongpei¹, Liu Shilin¹, Yang Ziyu², Li Jianjiao¹

(1. SINOPEC Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China;

2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina Dagang Oilfield Company, Tianjin 300280, China)

Abstract: In order to analyze the favorable conditions of hydrocarbon accumulation and identify favorable plays of Maigaiti slop in Tarim basin, we used the tectonic analytical method of superimposed basins to study the characteristics and genesis of the eastern and western segments of the slope and discussed their hydrocarbon exploration significances based on integration of seismic and well data and analysis of the dynamic evolution of Maigaiti Slope. Multi-stage evolution and differential evolution are the key factors causing the obvious differences between the eastern and western segment in respects of hydrocarbon, migration and accumulation conditions and main exploration targets. The western segment in the Late Hercynian tectonic belts has good preservation conditions, and the up-dip upper Paleozoic lithologic body near the faults are key factor controlling hydrocarbon accumulation and enrichment. The eastern segment is located in the Hetian paleo-uplift, where Yubei-1 wellblock is placed in an area with the Middle and Late Caledonian tectonic stress superimposing with the Late Hercynian tectonic stress, providing more favorable conditions for the Ordovician fractured-vuggy reservoir development. The Lower Ordovician exposure in the buried hill zone to the east of Yubei-1 wellblock is covered by a seal of certain thickness which is favorable for the effective preservation of solution pores, vugs and fractures, thus is also a potential exploration target.

Key words: differential tectonic evolution, tectonic belt, carbonate rock, petroleum exploration, Maigaiti Slop, Tarim Basin

收稿日期:2010-09-02。

第一作者简介:张仲培(1974—),男,博士、高级工程师,盆地构造与油气地质研究。

基金项目:国家科技重大专项(2008ZX05005-004-003)。

麦盖提斜坡是塔里木盆地西南坳陷东北部的一个次级构造单元,现今表现为向西南倾斜的构造斜坡。其西北以柯坪断裂为界与柯坪断隆相邻,东北部与巴楚隆起以南缘构造带为界,东南部以玛东构造带为界向塘古孜巴斯凹陷过渡,向西南由喀什凹陷和叶城-和田凹陷过渡到塔西南山前构造带(图1)。

在碎屑岩沉积盆地,斜坡是油气区域运移的指向区,自身就具有生烃能力,油气成藏条件优越;坡折带是斜坡的特殊部位,直接影响到层序和沉积体系的发育,对油气勘探具有重要的意义^[1-2]。对碳酸盐岩沉积盆地的斜坡来说,岩溶斜坡是最有利的储层发育区^[3-4];原始的沉积斜坡与后期构造运动造成的翘倾相叠加的枢纽部位是碳酸盐岩油气最富集的部位^[5]。已有研究结果也表明,塔里木盆地油气分布受到古隆起和斜坡控制^[6-9]。麦盖提斜坡是塔西南被动大陆边缘的重要组成部分^[10],发育寒武系与石炭系-二叠系两套烃源岩,油源供给条件充足,并且发育古近系区域性优质膏盐盖层,同时还发育有奥陶系、泥盆

系、石炭系、二叠系、第三系等多套储集层,以及构造型与地层-岩性型等多种类型的圈闭^[11-12],因此具备形成大油气田的基本地质条件^[13-14]。

目前,麦盖提斜坡二维地震测网基本达4 km × 4 km。中石化和中石油两家公司在麦盖提斜坡区内已部署探井29口,其中已完钻21口,正钻4口,待钻4口。另外,在巴楚隆起南缘构造带已完钻21口探井。巴-麦地区已发现巴什托、亚松迪、鸟山、和田河4个油气田(藏),主要分布在麦盖提斜坡的西北部和斜坡与巴楚隆起的交界处,探明与控制储量共 1.02×10^8 t。麦盖提斜坡西段上古生界泥盆系、石炭系与二叠系油气显示普遍良好,并且在前二者中获得工业油气流。在斜坡东段的和田古隆起上,玉北1井在下奥陶统鹰山组获得工业油气流,是麦盖提斜坡上第一口在奥陶系获得的突破井,展现了奥陶系广阔的勘探前景。

然而,麦盖提斜坡并不是一个简单的单斜构造,它经历了复杂的演化历史,不同地区演化存在差异。目前,斜坡西段勘探层系以上古生界为主;弄清成藏主控因素,尽快甩开,在其他构造带上取

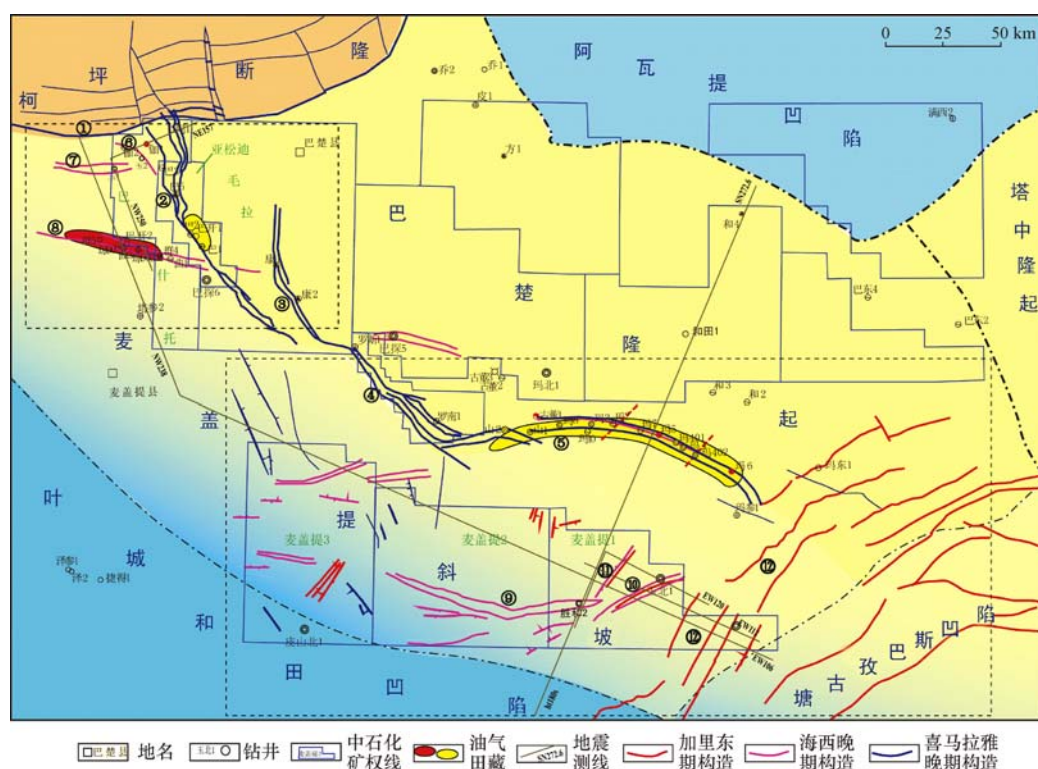


图1 塔里木盆地麦盖提斜坡构造带分布

Fig. 1 Distribution map of tectonic belts in Maigaiti slope, Tarim Basin

- ① 柯坪断裂;② 色力布亚构造带;③ 康塔库木构造带;④ 海米罗斯构造带;⑤ 鸟山-玛扎塔格构造带;⑥ 王间房构造带;
⑦ 玉带力克构造带;⑧ 巴什托-先巴扎构造带;⑨ 玛南构造带;⑩ 玉北1构造带;⑪ 玉北1西构造带;⑫ 玛东-塘北构造带

得更大的油气成果,建立中、小油气田群,是亟待解决的问题。斜坡东段以和田古隆起奥陶系风化壳岩溶领域为主要勘探层系;如何在深化认识和和田古隆起演化的基础上,弄清优质储层发育的主控因素,指出有利区带,提出部署建议,尽早探明和田古隆起下奥陶统的含油气性,是研究面临的首要问题。本文主要针对以上问题,从麦盖提斜坡构造演化的角度出发,围绕斜坡东、西段的构造带特征与成藏条件,结合钻井油气显示情况,探讨多期构造演化与差异构造演化对油气成藏条件的控制作用,进而指出有利勘探区带,提出下一步的勘探建议。

1 麦盖提斜坡形成过程

1.1 麦盖提斜坡的形成

地震资料显示,麦盖提斜坡的寒武系—中下奥陶统构造层相对其南、北均较薄;上奥陶统一

中下泥盆统向和田古隆起东、北、西三面减薄尖灭;中生界缺失,新生界巨厚;斜坡整体向南西倾斜,上倾末端为巴楚隆起南缘的逆冲断裂带,下倾方向过渡到深凹(喀什凹陷、叶城—和田凹陷)。这种结构特征与该区的多期构造演化直接相关。

1) 加里东早—中期“塔西南古隆起”形成阶段

中奥陶世末,受加里东中期 I 幕运动的影响,塔里木盆地周缘处于南压北张的构造环境,导致塔西南被动大陆边缘的南部(现今叶城—和田一带)隆升露出水面,形成一呈 NWW 向展布的大型隆起——塔西南古隆起^[15-16],其南翼是塔西南克拉通边缘拗陷,北翼为麦盖提—巴楚—阿瓦提斜坡,尚未发现强烈的断裂活动(图 2a)。麦盖提及其以南地区 O_{1-2} 遭受剥蚀,形成 $\epsilon-O_1$ 大型古隆起,呈西南高、北东低,推断当时在东部已经具有和田古隆起的雏形;麦盖提北部及现今巴楚隆起区属于当时隆起的北斜坡。

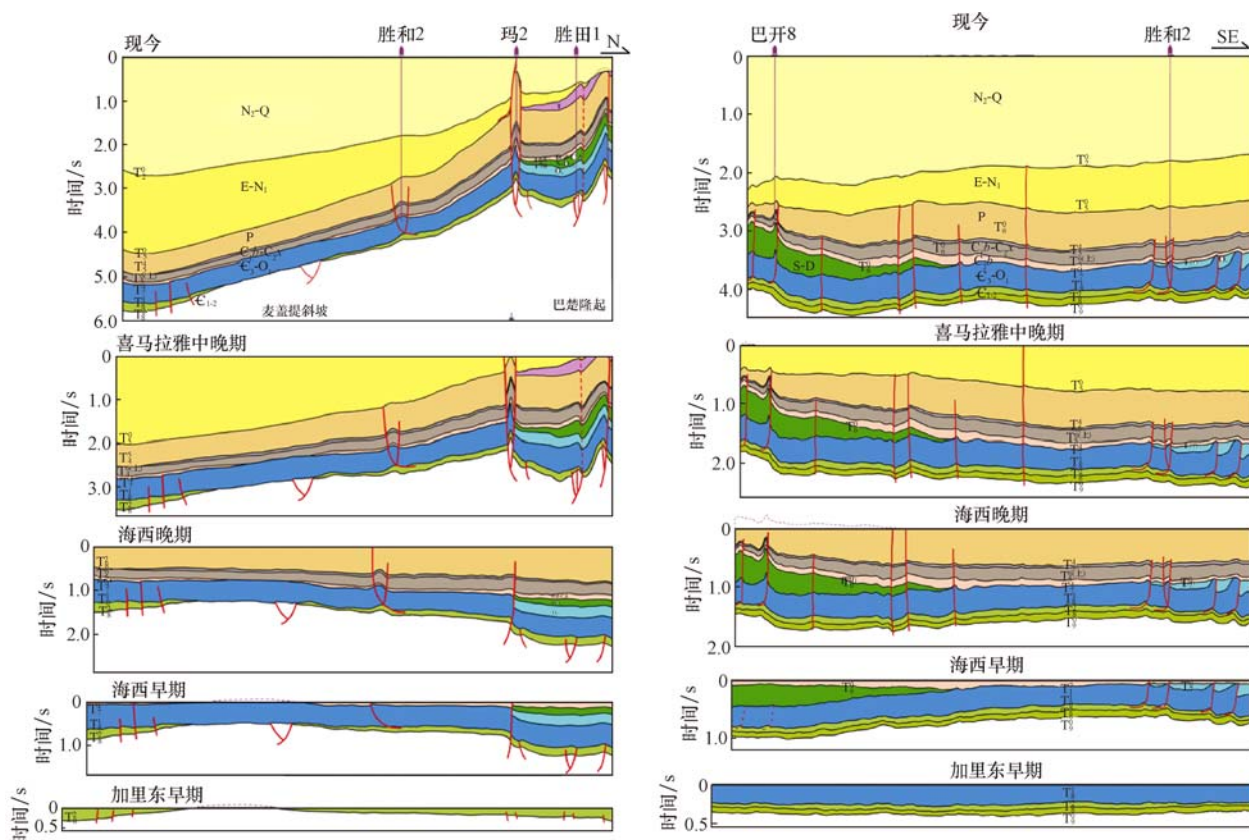


图2 塔里木盆地麦盖提斜坡构造演化剖面示意图(剖面位置见图1)

Fig. 2 Tectonic evolution section of Maigaiti slope, Tarim Basin (Profile line see Fig. 1)

a. 北东向 ht180s—SN272.6; b. 北西向 NW238—EW106

2) 加里东中晚期—海西早期和田古隆起形成阶段

奥陶纪末,受盆地东南缘强烈挤压作用影响,巴-麦东南及塔中隆起南部形成一系列冲断褶皱带,导致早期 NW 向大型古隆起的东部进一步褶皱隆升,上奥陶统大面积遭受剥蚀,中、下奥陶统再次暴露剥蚀。从现今上奥陶统地层展布和剥蚀尖灭线来看,此时下奥陶统剥蚀区在巴-麦的东南部呈 NEE 走向,和田古隆起已经开始形成。和田古隆起的存在明显控制了志留纪—泥盆纪的沉积作用(图 2),当时巴-麦地区的西北部相对沉降,沉积物从西北、北部整体向南超覆,并可能覆盖了大部分和田古隆起的范围。从塘古孜巴斯凹陷分布有志留系来看,推断当时志留系至少覆盖了和田古隆起的东部地区。中泥盆世末,塔里木盆地整体隆升,东部来自盆地南缘持续的挤压作用^[17]使得中央隆起带以南地区隆升剥蚀相对较强,和田古隆起隆起幅度和范围进一步扩大,使得现今志留系—泥盆系的剥蚀尖灭线沿和田古隆起北侧呈近 EW 走向(图 3)。

3) 海西中晚期—印支期先整体沉降、后巴楚雏形形成阶段

石炭纪,塔西南地区整体沉降,接受沉积;在东部,下石炭统地层超覆并披覆在早期的古隆起之上。晚二叠世,塔西南弧后前陆盆地形成,和田

古隆起进一步发育,并随前缘隆起向北迁移。海西晚期,受南天山洋关闭的影响,巴楚西北部受到由北向南的挤压应力作用,巴楚隆起雏形在西北部开始形成;同时,在麦盖提斜坡带形成了近东西向展布的巴什托断层和玛南断层等,并伴随断层产生了断层传播褶皱变形。随后,盆地整体隆升,石炭系与二叠系在西北部遭受剥蚀^[18],局部残留的三叠系仅分布在巴楚隆起东部,表明印支期可能继承了晚二叠世西北高、东南低的构造格局。

4) 喜马拉雅中—晚期西南倾斜坡形成阶段

侏罗纪—始新世,塔西南地区发育断陷盆地,早期发育河流—湖泊沉积体系,晚期发育海相碳酸盐岩—蒸发岩沉积体系。中新世开始,印度板块与欧亚板块之间陆—陆碰撞产生强烈的挤压变形,周缘造山带强烈隆升并向盆地内冲断推覆,从而使盆地边缘地带发生强烈的挠曲沉降而形成碰撞型前陆盆地,巴楚隆起成为前陆盆地体系的前缘隆起^[19]。麦盖提以南地区由于构造和载荷作用形成挠曲沉降,随盆地的演化,前陆拗陷中心逐渐北移,造成在原古生代隆起(塔西南古隆起、和田古隆起)部位被动塌陷,古隆起的构造特征逐渐消失。上新世,帕米尔突刺楔入,使塔里木盆地西部右旋,塔西南盆地转为压扭前陆盆地,巴楚隆起和麦盖提斜坡随之转向;同时,巴楚隆起西段隆起主

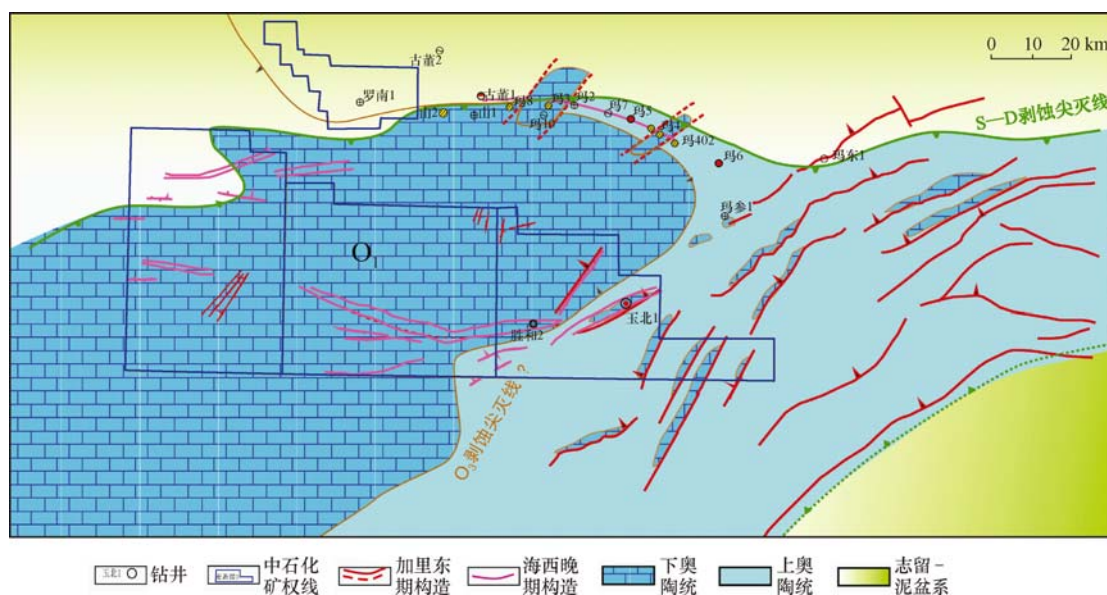


图 3 塔里木盆地麦盖提斜坡东段(和田古隆起)石炭系沉积之前古地质与断裂构造带分布

Fig. 3 Pre-Carboniferous geology and fault belts of the eastern segment of Maigaiti slop (Hetian paleo-uplift), Tarim Basin

体上的大多数局部构造亦在此时期定型,且多带有压扭走滑性质^[20-21]。

1.2 东、西段演化差异的比较

麦盖提斜坡在长期的演化过程中,因为在不同时期受到周缘造山带的影响不同,导致东、西两段在升降运动、构造变形程度及斜坡反转时间上存在明显差异。

1) 加里东晚期—海西早期东部隆升、西部沉降

由于和田古隆起的形成发育,造成东、西段不同的构造格局。麦盖提东部地区发育和田古隆起,奥陶系及志留系—泥盆系遭受剥蚀;而西部及现今隆起区大部处于沉降阶段,接受志留系—泥盆系沉积,导致海西早期呈南高北低、东高西底的构造格局(图2b)。

2) 早期构造变形及构造改造集中在东段、海西期及以后集中在西段

在加里东中晚期—海西早期,麦盖提斜坡由于塔西南、和田古隆起不同时期的发育,构造活动性相对斜坡西段要强,在其东侧边缘发育有加里东晚期的玛东构造带,北侧玛扎塔格构造带在海西早期有古构造发育(图3);而在斜坡西段加里东期古构造带不发育。到海西晚期,巴—麦西段受到来自西南天山的挤压应力作用,构造活动强烈,开始挤压隆升,巴楚隆起雏形开始发育,呈北西高、南东低之势;而斜坡东段仍保持南高、北低的格局。印支期—燕山期,巴—麦东段小海子区块、和田河区块内残留有三叠系沉积,西段地区无三叠系沉积,说明该时期西段的隆升较东段要强。

喜马拉雅期,巴楚隆起以强烈的隆升作用伴随大型断裂及其相关褶皱活动为特征,而麦盖提斜坡则以大幅度沉降和微弱褶皱变形为特征。邻近巴楚隆起南缘带附近的麦盖提斜坡西部地区以走滑压扭变形和继承性隆升为特征,边界大断裂如色力布亚等具走滑特征,呈NW走向;而麦盖提东段则以边缘大型断裂及其褶皱活动为特征,走滑特征不如西段强,且断裂构造带多近EW走向。

因此,加里东期—海西早期,麦盖提斜坡东段由于古隆起的继承性发育,该地区的构造变形活动较强(图2b);但在海西晚期—喜马拉雅期,由于盆地周缘挤压应力的影响,麦盖提西部地区的构造活动较东段要强烈得多,形成的断裂构造带

更复杂。

3) 构造反转时间不同

从区域构造演化的特征分析结果看,麦盖提斜坡东、西两段发生构造反转的时期不同,西段发生在海西晚期,而东段则发生在喜马拉雅期。加里东期—海西晚期,巴—麦地区西部由早期的西南高、北东低演变为北东高、西南低,而东部由于古隆起的继承性发育则仍保持南高、北低之势。海西晚期—喜马拉雅晚期,巴—麦地区西部仍保持北东高、西南低,但由于巴楚隆起的抬升导致其高差幅度增大;麦盖提斜坡东部地区喜马拉雅期加速沉降,靠近隆起处的北部抬升明显,进而由早期的南高、北低反转为现今的北高、南低(图2a)。因此,海西中、晚期是麦盖提斜坡构造格局东、西分异的关键时期。

2 断裂构造带特征及其成藏意义

麦盖提斜坡构造演化的差异性,导致在该地区形成多期次断裂构造带,且不同期次断裂构造带分布有差异。而且,这些构造带后期保存好,均位于上斜坡部位,埋深相对浅,是目前已经发现油气和重点评价与勘探的区带。

2.1 麦盖提斜坡西段

麦盖提斜坡西段色力布亚断裂下盘自南向北发育巴什托—先巴扎、玉带力克、五间房3个断裂构造带(图4)。巴什托—先巴扎、玉带力克构造带为近EW走向,玉2井所在的五间房构造带为NW走向。海西晚期以来的斜坡背景和断裂构造是该地区上古生界油气成藏条件形成的重要因素。

1) 五间房、玉带力克与巴什托—先巴扎构造带同是海西晚期近SN向挤压应力场下构造变形的产物。

五间房构造带(玉2井构造带)呈NW—SE走向,变形带狭窄,断层产状高陡,局部具有花状构造,表现为走滑构造的特征。构造带变形总体上可分为西(地震测线NE165—NE159间)、中(地震测线NE159—NE151间)、东(地震测线NE149以东)3段。西段表现为走滑挤压,具正花状特征,断层稍向西南倾,在上古生界形成了相对较宽的挤压背斜带;中段表现为扭压特征,断层稍向西南倾,上部背斜带较窄;东段表现为扭张特征,断层

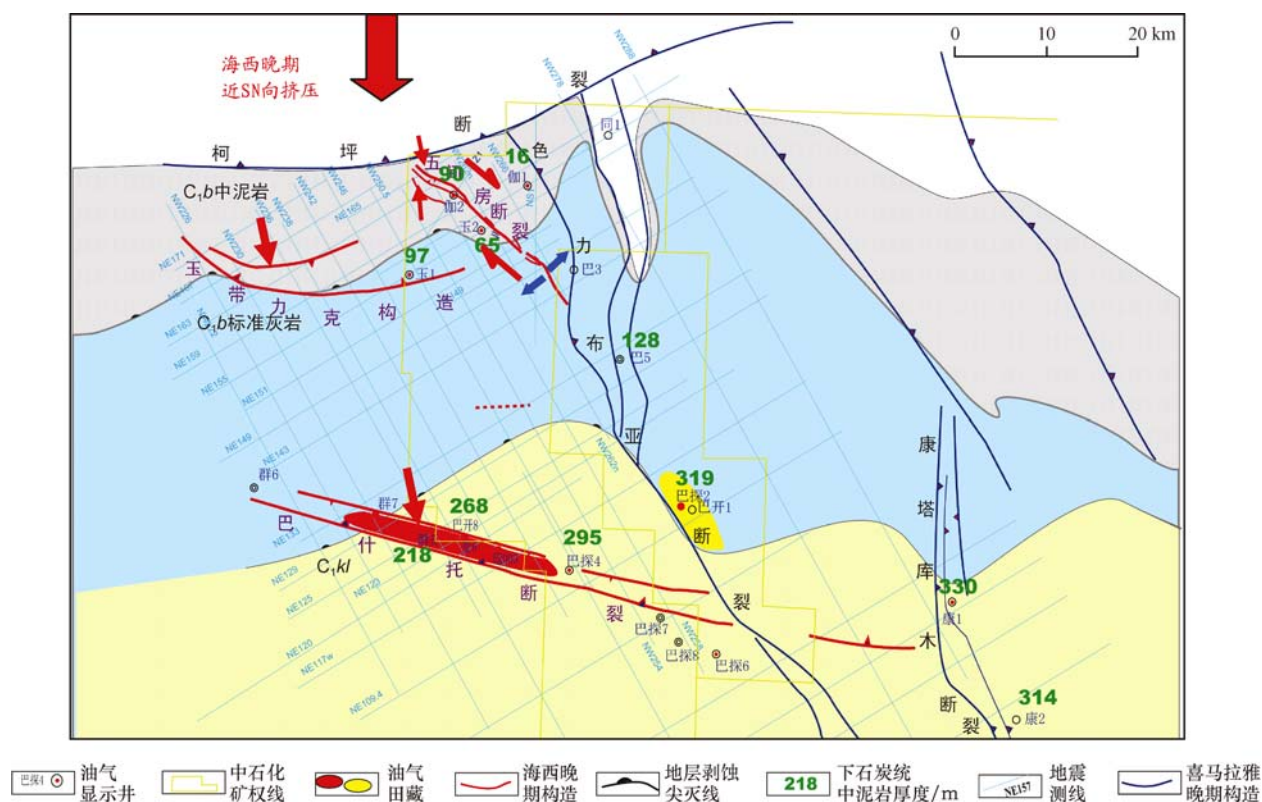


图4 塔里木盆地麦盖提斜坡西段构造带分布与构造应力示意方向

Fig.4 Structural belts and tectonic stress direction of the western segment of Maigaiti slope, Tarim Basin

稍向东北倾,上部石炭-二叠系层系现为小型断陷。从地震面剖面上分析,构造变形主要发生在第三系以下的地层。从地层接触关系看,构造主要形成于第三系沉积之前。相比较,断层形成期早于色力布亚断裂的主形成期。推断该构造主要形成于海西晚期,局部段(伽2井区)喜马拉雅期再活动。

玉带力克构造带(玉1井构造)与巴什托-先巴扎构造相似,剖面上具有3个变形构造层, T_8^1 以下表现为小断层和低隆起,推断是加里东早期的古构造。 $T_8^1-T_5^0$ 面之间是主要变形层,断层从寒武系断至泥盆系、石炭系、二叠系等不同层位,但断距在 T_4^1 面以上不明显,总体表现为断层传播褶皱。五间房构造带、玉带力克构造(玉1井构造)与巴什托-先巴扎构造是同时期形成的挤压构造,同属海西晚期的近SN向挤压应力场下的变形产物。

2) 构造带保存条件良好。

巴什托构造油气藏的发现表明,该构造带保存条件良好。相比较,玉带力克、五间房断裂构造带也应该具备较好的保存条件。首先,通源断层均未明显断穿 T_5^0 面(古生界顶),而且断层逆冲量

均相对巴什托断裂小。其次,海西晚期受构造抬升影响,虽然往西、北改造相对较强,石炭系、二叠系剥蚀减薄,但泥岩盖层仍具有一定的厚度。玉2井生屑灰岩上覆的中泥岩段厚度为65 m;在色力布亚断裂下盘地层剥蚀最多的地区,如伽1井,生屑灰岩上覆的中泥岩段厚度仍有19 m(图4);小海子组灰岩段与南闸组灰岩上覆有30 m的库普库兹满组紫红色泥岩。当然,伽1井未获油气突破,可能是因为邻近喜马拉雅期形成的色力布亚断层不封闭,造成保存条件变差;但向西南远离色力布亚断层,受喜马拉雅期断裂的影响变小,保存条件应该较好。

3) 喜马拉雅晚期受巴楚断隆形成的影响,构造高点东迁,更有利于油气晚期向东调整。

喜马拉雅晚期,巴楚断隆的形成导致麦盖提斜坡上近EW走向的构造带构造高点向东变迁。过巴什托-先巴扎构造从西向东的三维地震剖面清楚显示,二叠系从东向西明显剥蚀减薄。上覆地层拉平显示第三系沉积之前构造带高点在巴什托构造上的群5—巴开2—巴开8井区,但现今构造图上显示巴探4井区要比西段高,说明喜马拉

雅晚期受色力布亚断层抬升的影响高点东迁。同样,在玉带力克构造带,现今的构造高点不是在断层带中部或西部,而是在最东端的玉1井处。在 T_7^1 面(东河塘组顶面)深度图上,玉1井埋深比构造带西端点高出920m。此外,-2425 m等高线大致沿五间房构造的断层展布也表明,晚期受到了NE向抬升的影响。

正是因为受巴楚断隆形成影响导致构造高点东迁,才更有利于油气晚期向东调整。因此,两个构造带的东段是有利的油气聚集部位。巴什托油气成藏地化指标的变化也显示,油气具有往东迁移的趋势^[22]。

4) 断裂和有利储集相带内的岩性体是控制油气富集的关键因素。

目前,在该地区上古生界多层系见工业油气流,巴什托构造已建工业产能,另外两个构造带目前未见工业油气流。明确油气分布与成藏的主控因素是关键。沉积与储层研究表明,泥盆系碎屑岩储集层受滨岸相沉积砂坝控制,石炭系巴楚组生屑灰岩和小海子组灰岩储层均受台缘浅滩相和局部台地内部的台内滩相控制^[23-24]。有利储集相带内的岩性圈闭是下一步勘探的主要目标类型。因此,结合该地区油气显示与分布特征,认为断裂和有利储集相带内的岩性体是控制油气富集的关键因素;在斜坡背景下的古生界,断裂垂向疏导,断层两边的岩性圈闭是油气富集的有力部位(图5)。

2.2 麦盖提斜坡东段

麦盖提斜坡东段发育有玛南构造带、玉北1井构造带及玉北1井以东的玛东构造带(图1)。该地区下奥陶统碳酸盐岩岩溶储层发育区一直是研究关注的重点。玉北1井获得工业油流,在给勘探带来了信心和希望的同时,也给我们带来了问题。玉北1井奥陶系出油层段既有溶蚀孔洞,又有裂缝,储层发育情况均比胜和2井的微细裂缝和微细溶孔要好。因此,玉北1井构造与玛南构造带中, $O_{1-2}y$ 储层类型与其形成的构造背景有何不同,下一步三维地震与钻探目标如何部署等,都成为关键问题。

1) 和田古隆起发育EW向与NE向两组断裂构造带,主要形成时期为加里东中、晚期和海西晚期。

麦盖提斜坡东段主要发育两个走向的断裂构造带。其中,玛南构造带走向为近EW向,整体呈弧形向南凸出;玉北1井构造带、玉北1井西构造带以及玉北1井东构造带(玛东构造带)为NE走向。玉北1井构造有明显的两期叠加现象。地震剖面显示,玉北1井构造带上古生界明显褶皱,断层倾角大,断距较小,表现为压扭的特征,构造定型于海西晚期。但在寒武-奥陶系,地震反射不连续, T_7^1 面断层断距较大,且断层上、下盘下古生界地层在背斜顶部明显减薄,证明该构造在加里东中晚期—海西早期已有古构造带雏形。

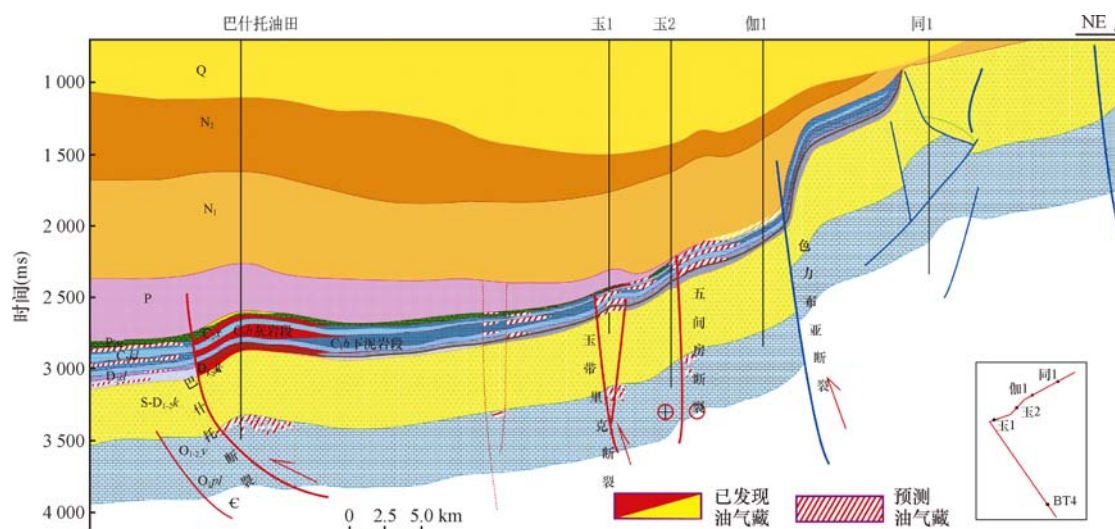


图5 塔里木盆地麦盖提斜坡西段油气成藏模式

Fig. 5 Hydrocarbon accumulation model of the western segment of Maigaiti slop, Tarim Basin

玉北1井东构造带(4排早期冲断褶皱带),断层从 T_8^1 以下断至石炭系底面,表现为沿 T_8^1 面以下滑脱逆冲的低角度断层。构造带下古生界表现为冲断褶皱构造的特征,上古生界有微弱褶皱、断层不明显,表明该构造是形成于加里东中晚期—海西早期的冲断褶皱带。从走向和构造样式上推断,它是玛东构造带向SW方向的延伸部分。从区域上分析,该期冲断构造开始形成的时间在奥陶纪末,并影响到整个中央隆起带以南地区。塔中隆起南部的塘古孜巴斯凹陷中,塘参1井钻遇志留系和上奥陶统,地震剖面上可见志留系角度不整合于上奥陶统之上;玛东地区的玛东1井同样钻遇志留系,剖面上表现为角度不整合于下奥陶统之上。该期构造在志留纪—泥盆纪再次挤压变形。这期构造是加里东中期—海西早期来自SE方向持续挤压形成的变形产物,山前表现为向NW方向的逆冲,而工区内表现为从NW向SE方向的后冲构造体系,中间夹持塘古孜巴斯凹陷^[10]。

玛南构造带(胜和2井构造及其以西)剖面上主体变形样式表现为自 T_8^1 面(或以下)滑脱形成的逆冲断层及其形成的背斜,局部在断层上盘形成反冲断层。主冲断层向上最高断至 T_5^0 面,断面均具有上陡下缓的趋势。反冲断层部分断至 T_7^1 面,有的表现不明显。构造带表现为多期活动,主要成形时间为海西晚期,喜马拉雅期进一步微弱变形并定型。

2) 两期构造应力的叠加区应更有利于构造带岩溶缝洞型储层的发育。

从上述构造变形特征上看,该地区遭受过两期挤压应力的作用。两期构造应力的叠加区集中在玉北1井区、玉北1井西构造带和玛南构造东段(胜和2井区),可能更有利于裂缝型储层的发育。玉北1井钻井取心,在5~6回次的5 603~5 618 m深度段,共观察到31条中、高角度裂缝,缝长5~12 cm不等,缝宽在0.1~2.0 cm均有,大部分未充填,局部见沿裂缝发育的溶蚀孔。前人采用VSD(裂缝空间定量描述)技术对该区进行的裂缝模拟结果也表明^[25],玛南构造东段(实指玉北1井构造带)奥陶系的褶皱纵张裂缝和断层裂缝均较玛南构造西段发育。因此,从构造演化上分析,两期构造应力的叠加区应该更有利于构造

带裂缝型储层的发育,更能促进岩溶—缝洞型储层的形成。

3) 石炭系沉积之前的下奥陶统暴露区上覆一定厚度的地层,对有效溶蚀孔、洞、缝的保存可能更有利。

玉北1井出油层段的裂缝发育尚不能说明该区油气受裂缝控制。前期的研究已经表明,和田古隆起奥陶系具备发育多期岩溶的构造背景,且周边已发现了岩溶储层^[16,26]。但经历长期隆升剥蚀,有效溶蚀孔、洞、缝能否保存下来是关键。石炭系沉积之前,和田古隆起上形成了两个下奥陶统暴露区:一是胜和2井及其以西的普遍暴露区;一是胜和2井以东的沿NE向构造带展布的多个局部暴露区(图3)。根据奥陶系展布特征,上奥陶统沉积之前,和田古隆起高点位于麦盖提2、麦盖提3区块以南,向NE方向倾斜。在经历了加里东晚期—海西早期的构造活动之后,麦盖提1区块及其以东地区有所抬升,并发育多个冲断构造,从而使得石炭系沉积之前下奥陶统顶面的古地貌更加复杂。从该区及周边的和3、玛5、玛参1、玛东1、玉北1与胜和2井奥陶系—下石炭统地层对比结果来看(图6),下奥陶统直接上覆的地层有很大差异。玉北1井区钻遇巴楚组下泥岩段28 m,胜和2井钻遇131 m,玛参1井直接上覆下石炭统含砾岩段,玛东1井上覆志留系。因此,石炭系沉积之前,下奥陶统上覆地层有多种类型,形成几种不同类型接触关系的潜山。没有上覆地层,表明长期处于高隆起部位,可能面临风化壳剥蚀或溶蚀孔、缝被充填的风险;上覆厚度较大的地层,表明处于低部位,不利于储层的改造或遭受巨厚度地层的压实而使溶蚀孔、洞、缝不能有效保留下来;只有经历了多期暴露溶蚀和上覆一定厚度的地层,才可能对溶蚀孔、洞、缝的有效保留更有利。玉北1井以东的多个潜山构造,下奥陶统顶面在石炭系沉积之前,有的有上覆地层,有的没有(图7)。虽然目前对潜山带之间和上覆的残留地层尚不清楚,但仍值得选择性地探索。

3 结论与建议

3.1 主要认识

1) 麦盖提斜坡具备大油气田形成的基本地

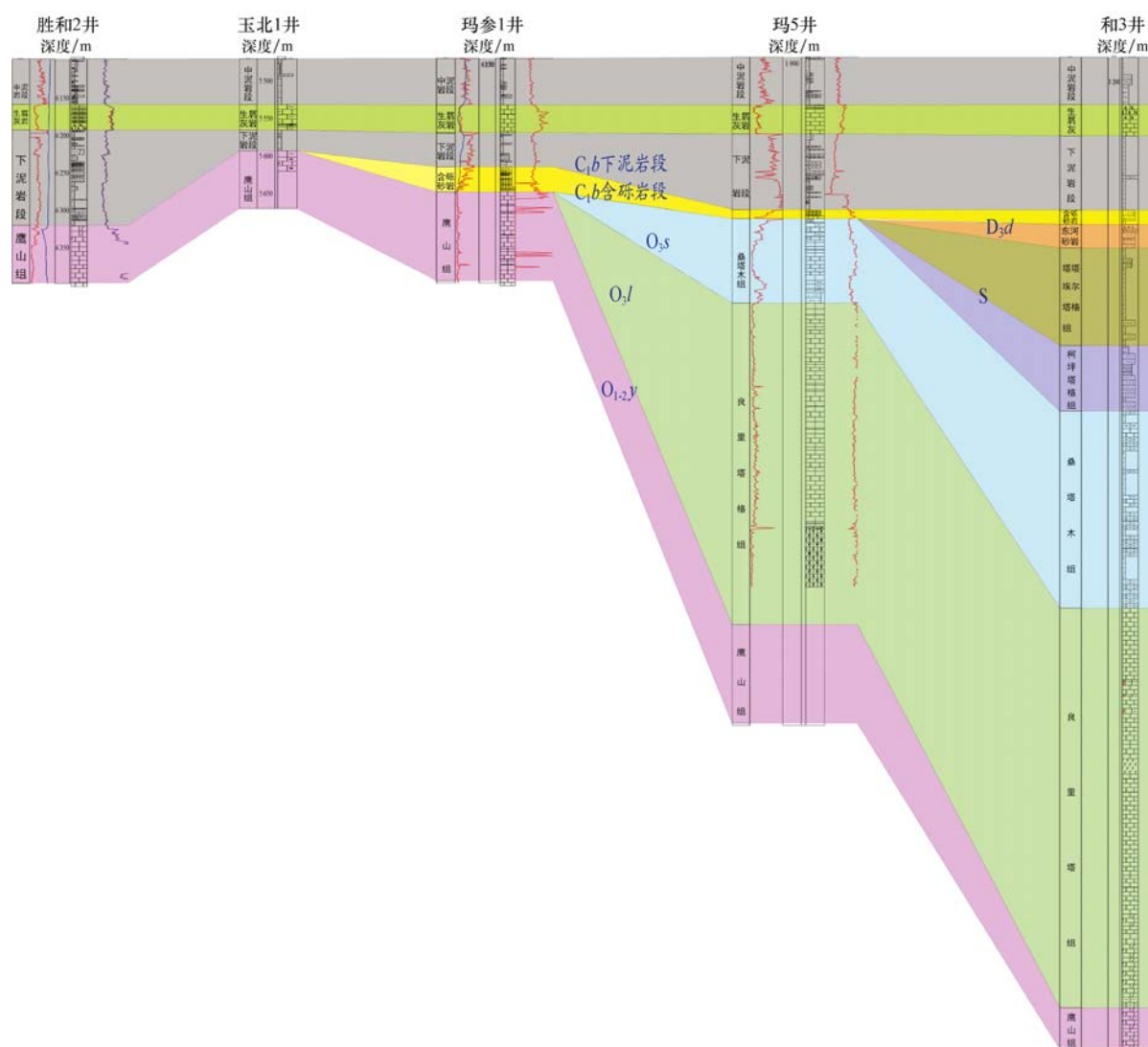


图6 塔里木盆地和3井—玛5井—玛参1井—玉北1井—胜和2井下石炭统一奥陶系地层对比

Fig.6 Stratigraphic correlation of the Ordovician-Lower Carboniferous across He3, Ma5, Macan1, Yubei1 and Sh2 wells, Tarim Basin

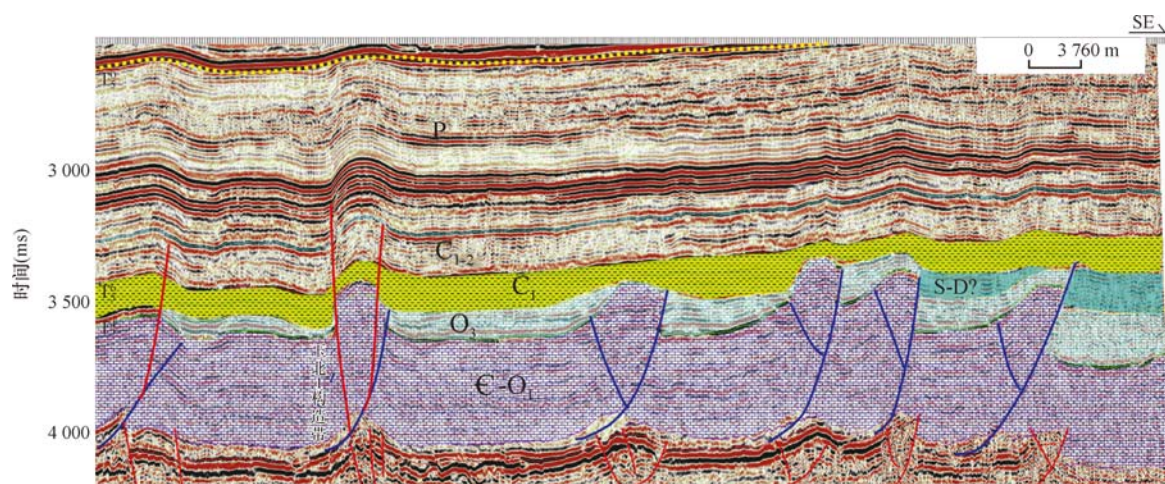


图7 塔里木盆地玉北1井构造带与玛东-塘北构造带地质结构

Fig.7 Geological structure of Yubei-1 well tectonic belt and Madong-Tangbei tectonic belt, Tarim Basin

质条件。多期构造演化导致晚期构造斜坡与早期沉积斜坡相互叠加,差异构造演化使得东、西两段的油气成藏条件、运聚背景和重点勘探层系明显不同。

2) 麦盖提斜坡西段处于斜坡背景上的海西晚期构造带,保存条件好,与断裂紧邻的上倾方向的岩性体是控制油气成藏与富集的关键因素。

3) 麦盖提斜坡东段下奥陶统受和田古隆起形成与演化的控制。玉北1井构造、玉北1井西构造和玛南构造东段处于两期构造应力的叠加区,断层与裂缝更发育,也促进了岩溶-缝洞型储层的发育。下奥陶统暴露区上覆一定厚度的地层,对溶蚀孔、洞、缝的有效保留更有利,东部的潜山带值得选择性探索。

3.2 建议

麦盖提斜坡西段色力布亚断裂下盘玉1井区、玉2井区钻井证实油气显示丰富,表明有过成藏;构造带保存条件好,断裂与岩性圈闭是油气富集的有利部位;在斜坡背景下的古生界,断裂垂向疏导,断层两边的岩性圈闭是油气富集的有利部位。因此,建议加快部署三维地震,为加强储层预测和精细刻画断裂和疏导体系提供资料;同时,选择目标上钻,进一步评价该区的含油气性。麦盖提斜坡东段下奥陶统多期暴露,早期断裂发育,上覆的石炭系为该区提供了优质的盖层和保存条件。玉北1井喜获工业油流,证实了油源的存在和良好的保存。建议在玉北1井区部署三维地震,为该区刻画岩溶古地貌和进行优质储层预测奠定资料基础;同时,加大对玉北1井区东部冲断带的预探力度,以探索东部潜山带的含油气性。

参 考 文 献

- [1] 林畅松,潘元林,肖建新,等. 构造坡折带——断陷盆地层序分析与油气预测的重要概念[J]. 地球科学——中国地质大学学报,2000,25(3):26-32.
Lin Changsong, Pan Yuanlin, Xiao Jianxin, et al. Structural slope-break zone; key concept for stratigraphic sequence analysis and petroleum forecasting in fault subsidence basins[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2000,25(3):26-32.
- [2] 张善文,王英民,李群. 应用坡折带理论寻找隐蔽油气藏[J]. 石油勘探与开发,2003,30(3):5-12.
Zhang Shanwen, Wang Yingmin, Li Qun. Searching subtle traps using the theory of slope break[J]. Petroleum Exploration and Development,2003,30(3):5-12.
- [3] 许效松,杜佰伟. 碳酸盐岩地区古风化壳岩溶储层[J]. 沉积与特提斯地质,2005,25(3):1-7.
Xu Xiaosong, Du Baiwei. The palaeoweathering crust-type karst reservoir rocks in carbonate rocks[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology,2005,25(3):1-7.
- [4] 王振宇,李凌,谭秀成,等. 塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩古岩溶类型识别[J]. 西南石油大学学报(自然科学版),2008,30(5):11-16.
Wang Zhenyu, Li Ling, Tan Xiucheng, et al. Types and recognizable indicators of Ordovician carbonate rock okarstification in Tarim Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition),2008,30(5):11-16.
- [5] 金之钧,云金表,周波. 塔里木斜坡带类型、特征及其与油气聚集的关系[J]. 石油与天然气地质,2009,30(2):127-135.
Jin Zhijun, Yun Jinbiao, Zhou Bo. Types and characteristics of slope zones in Tarim Basin and their relationship with oil accumulation[J]. Oil & Gas Geology,2009,30(2):127-135.
- [6] 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.
- [7] 吕修祥,金之钧,周新源,等. 塔里木盆地轮南地区奥陶系碳酸盐岩油气富集特点[J]. 科学通报,2004,49(增刊1):54-58.
Lu Xiuxiang, Jin Zhijun, Zhou Xinyuan, et al. The oil and gas accumulation characteristics of Ordovician carbonate rock in Lunnan area, Tarim Basin[J]. Chinese Science Bulletin,2004,49(S1):54-58.
- [8] 蔡希源. 塔里木盆地台盆区油气成藏条件与勘探方向[J]. 石油与天然气地质,2005,26(5):59-66.
Cai Xiyuan. Reservoiring conditions and exploration targets in Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology,2005,26(5):59-66.
- [9] 何登发,李德生,童晓光,等. 多期叠加盆地古隆起控油规律[J]. 石油学报,2008,9(4):475-488.
He Dengfa, Li Desheng, Tong Xiaoguang, et al. Accumulation and distribution of oil and gas controlled by paleo-uplift in poly-history superimposed basin[J]. Acta Petrolei Sinica,2008,9(4):475-488.
- [10] 周路. 塔里木盆地麦盖提斜坡油气地质与勘探[M]. 北京:石油工业出版社,2006:6-40.
Zhou Lu. Oil and gas geology and exploration of the Magaiti Slope, Tarim Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2006:6-40.
- [11] 范明,郑冰. 麦盖提斜坡地层-岩性圈闭类型[J]. 石油实验地质,2001,23(1):38-40.
Fan Ming, Zheng Bing. Types of stratigraphic-lithologic traps in the Maigaiti slope[J]. Experimental Petroleum Geology,2001,23(1):38-40.

- [12] 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, 1997, 17(20): 114-120.
Zheng Xianhua. Petroleum geological characteristics of and exploration proposals to Bachu-Maigaiti area of the West Tarim Basin[J]. Experimental Petroleum Geology, 1997, 17(20): 114-120.
- [13] 何登发, 柳少波, 李洪辉, 等. 塔里木盆地大油田的勘探方向——以麦盖提斜坡构造为例[J]. 勘探家, 1999, 4(2): 57-64.
He Dengfa, Liu Shaobo, Li Honghui, et al. Exploration direction of huge oil and gas fields in Tarim Basin[J]. China Petroleum Exploration, 1999, 4(2): 57-64.
- [14] 刘高波, 施泽进, 余晓宇. 巴楚-麦盖提的区域构造演化与油气分布规律[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2004, 31(2): 157-161.
Liu Gaobo, Shi Zejin, She Xiaoyu. Regional tectonic evolution and distribution of Bachu-Markit[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2004, 31(2): 157-161.
- [15] 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]. 地质前缘(中国地质大学, 北京), 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.
- [16] 吕海涛, 张仲培, 邵志兵, 等. 塔里木盆地巴楚-麦盖提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.
Lü Haitao, Zhang Zhongpei, Shao Zhibing, et al. Structural evolution and exploration significance of the Early Paleozoic paleo-uplifts in Bachu-Maigaiti area, the Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(1): 76-83.
- [17] 周新源, 罗金海, 王清华. 塔里木盆地南缘冲断带构造特征及其油气地质特征[J]. 中国科学(D辑), 2004, 34(增刊I): 56-62.
Zhou Xinyuan, Lou Jinhai, Wang Qinghua. Structural characteristics and petroleum geology of the thrust belts in southern Tarim Basin[J]. Science in China(Series D), 2004, 34(SI): 56-62.
- [18] 张现军, 王月华, 玛丽克, 等. 塔里木盆地麦盖提斜坡西段上石炭统研究新进展[J]. 新疆石油地质, 2006, 27(1): 56-58.
Zhang Xianjun, Wang Yuehua, Ma Likea, et al. Novel progress of Upper Carboniferous study in west section of Maigaiti Slope, Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2006, 27(1): 56-58.
- [19] 何文渊, 李江海, 钱祥麟, 等. 塔里木盆地巴楚断隆中新生代的构造演化[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2000, 36(4): 539-545.
He Wenyuan, Li Jianghai, Qian Xianglin, et al. The Meso-Cenozoic evolution of Bachu fault-uplift in Tarim Basin[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinesis, 2000, 36(4): 539-545.
- [20] 丁文龙, 林畅松, 漆立新, 等. 塔里木盆地巴楚隆起构造格架及形成演化[J]. 地质前缘, 2008, 15(2): 242-251.
Ding Wenlong, Lin Changsong, Qi Lixin, et al. Structural framework and evolution of Bachu uplift in Tarim basin[J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(2): 242-251.
- [21] 杨明慧, 金之钧, 吕修祥, 等. 塔里木盆地基底卷入扭压构造与巴楚隆起的形成[J]. 地质学报, 2007, 81(2): 158-164.
Yang Minghui, Jin Zhijun, Lü Xiuxiang, et al. Basement-involved transpressional structure and the formation of the Bachu Uplift, Tarim Basin, northwestern China[J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81(2): 158-164.
- [22] 杨海军, 李勇, 单家增, 等. 岩石物性对油气成藏过程的控制作用——以塔里木盆地麦盖提斜坡为例[J]. 岩石学报, 2007, 23(4): 824-830.
Yang Haijun, Li Yong, Shan Jiazeng, et al. Controlled effort of rock physical properties to migration and accumulation process of oil and gas: an example from Maigaiti slope, Tarim basin, China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(4): 824-830.
- [23] 蒋凌志, 于德龙. 塔里木盆地麦盖提斜坡石炭系生屑灰岩段储层特征研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2003, 39(3): 428-434.
Jiang Lingzhi, Yu Delong. Research on Reservoir Characteristics of Carboniferous bioclast limestone member in Maigaiti Slope, Tarim Basin[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinesis, 2003, 39(3): 428-434.
- [24] 张惠良, 张荣虎, 李勇, 等. 塔里木盆地麦盖提西段石炭系生屑灰岩段旋回划分及意义[J]. 地层学杂志, 2008, 32(1): 91-98.
Zhang Huiliang, Zhang Ronghu, Li Yong, et al. Cyclostratigraphic division and significance of the carboniferous bioclast limestone member in the west Maigaiti slope, Tarim Basin[J]. Journal of Stratigraphy, 2008, 32(1): 91-98.
- [25] 杜永灯, 张翠梅. VSD技术在构造裂缝预测分析中的应用[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33(1): 168-174.
Du Yongdeng, Zhang Cuimei. The application of VSD techniques for reservoirs fractures prediction: an example from Hetian Uplift[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2009, 33(1): 168-174.
- [26] 库丽曼, 刘树根, 徐国强, 等. 和田古隆起区下古生界碳酸盐岩储层特征[J]. 天然气工业, 2004, 24(6): 25-29.
Ku Liman, Liu Shugen, Xu Guoqiang, et al. Lower Paleozoic carbonate reservoir characteristics of Hetian paleo-uplift area[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(6): 25-29.

(编辑 李军)