

塔里木盆地巴楚隆起西南缘构造特征与勘探前景

宁飞^{1,2}, 云金表^{1,2}, 李建交², 宋海明², 赵亮东³

(1. 页岩油气富集机理与有效开发国家重点实验室, 北京 100083; 2. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083; 3. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要:塔里木盆地中央隆起带西部巴楚隆起发育丰富的断裂构造样式。为了揭示巴楚隆起西南缘构造特征,进而为寻找有利勘探目标提供基础依据,通过对三维地震资料的精细解析,明确了断裂构造几何学特征及分布规律,并结合已知油气藏的特征,揭示了油气成藏规律。巴楚隆起西南缘主要发育扭动变形和逆冲推覆等两类典型的构造样式,NW走向的断裂多具有扭动变形特征,近EW走向的断裂则以逆冲作用为主,且都具有多期复合叠加特征,滑脱层的存在加剧了构造变形的复杂程度;近EW走向的断裂形成的圈闭完整性比NW走向的断裂相关背斜圈闭好,且膏盐岩之下的推覆体下盘构造圈闭具有较好的保存条件,和寒武系烃源岩形成完整的油气系统。寒武系盐下、盐间构造相对完整的圈闭及加里东期古构造圈闭不但具备良好的烃源岩条件,保存条件也相当优越,是下一步勘探的有利目标。

关键词:断裂样式;构造特征;油气成藏;勘探前景;巴楚隆起;塔里木盆地

中图分类号:TE121.2

文献标识码:A

Structural characteristics and exploration prospects of the southwestern margin of Bachu Uplift, Tarim Basin

Ning Fei^{1,2}, Yun Jinbiao^{1,2}, Li Jianjiao², Song Haiming², Zhao Liangdong³

(1. State Key Laboratory of Shale Oil and Gas Enrichment Mechanisms and Effective Development, SINOPEC, Beijing 100083, China;

2. Petroleum Exploration and Production Research Institute, SINOPEC, Beijing 100083;

3. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing 100083, China)

Abstract: Structural faults of various styles are developed in the Bachu Uplift of western central uplift zone in the Tarim Basin. To pinpoint potential exploration targets in the southwestern margin of this petroliferous uplift, the geometry and distribution of the faults were defined through a fine interpretation of available seismic data and the connection between the faults and hydrocarbon pooling patterns was analyzed based on known reservoir characteristics. The results reveal two typical faulting styles in the margin: transpression, mostly recognized in NW-trending faults, and thrust nappe, largely found in near EW-trending faults. Both of the faults show a multi-phase composite superposition feature, which is made more complicated with the occurrence of some decollement layers. Traps formed by the EW-trending faulting is comparatively better than the NW-trending faulting-related anticline traps in terms of integrity. The structural traps in thrust nappe footwall under the gypsolyte are relatively favorable for hydrocarbon preservation, and together with the overlying gypsolyte and the Cambrian source rocks, they form a complete petroleum system. It is then concluded that the relatively integrated traps in the Cambrian pre-salt and inter-salt structures as well as the Caledonian paleo-tectonics in the margin are potential targets for further exploration with their quality source rocks and excellent preservation conditions.

Key words: faulting pattern, structural characteristics, hydrocarbon accumulation, exploration prospect, Bachu Uplift, Tarim Basin

巴楚隆起位于塔里木盆地中央隆起带西部,是塔里木盆地构造样式最为丰富的地区。受到西昆仑造山

带构造演化的影响和制约^[1],塔里木盆地内部的构造变形强烈,特别是中央隆起区经历了多期复杂构造运

收稿日期:2019-02-22;修订日期:2020-02-10。

第一作者简介:宁飞(1981—),男,博士、高级工程师,盆地分析与油区构造解析。E-mail:ningfei_syky@sinopec.com。

基金项目:国家自然科学基金项目(41972128,41872161,41902160);中国科学院A类战略性先导科技专项(XDA14010402)。

动,构造变形改造剧烈,且多期构造叠加复合,形成了复杂的构造-沉积演化格局。尽管经过多年的勘探,在巴楚和麦盖提地区已经发现了和田河气田、巴什托油田、亚松迪气藏和玉北1油藏,但仍有多口井的钻探效果并不佳,说明了巴麦地区具有复杂的油气成藏系统,不仅和该区复杂的构造特征有关,圈闭样式和保存条件也是实现钻探成功的关键。以往研究主要单独集中于对巴楚隆起内断裂构造的解剖^[2-6]或者对麦盖提斜坡的油气运聚元素及过程的解读^[7-11],对巴楚隆起西南缘构造枢纽部位的油气地质条件并没有引起足够的重视,然而巴楚隆起西南缘作为隆起和斜坡的过渡区,不仅影响着构造特征和沉积环境,恰恰也是油气运移的必经之路,具有重要的油气地质意义。本文通过对巴楚隆起西南缘构造特征的详细解析,结合油气成藏要素分析,揭示巴麦地区油气富集规律,探讨巴麦地区的油气勘探潜力,以期为打开巴麦地区油气勘探新局面提供借鉴。

1 区域地质背景

巴楚隆起西南缘特指塔里木盆地中央隆起西部巴

楚隆起和麦盖提斜坡的边界(图1)。主要包括 NNW 走向的色力布亚断裂带、海米罗斯断裂带和近 EW 走向的玛扎塔格断裂带,这三个构造带构成了巴楚隆起的西部边界。巴楚隆起与其西南侧麦盖提斜坡和塔西南坳陷共同组成了典型的前陆盆地系统。西昆仑造山带的构造演化强烈制约和影响塔里木盆地内部的构造变形^[12],前人的研究对巴楚隆起的形成演化历史提出了多种模式^[5,13-14],并划分了古隆起演化阶段,认为巴楚隆起的构造带多表现为喜马拉雅期强烈活动的特点。钻井资料显示,研究区内存在古近系、石炭系和中寒武统3套含膏岩地层,既可作为区域性盖层,对油气保存条件有利,同时也是构造变形的3个重要滑脱层参与断裂构造的发育。早期的构造特征容易受到后期构造运动的改造,从而加剧了构造变形的复杂程度。巴楚隆起的形成一方面伴随着内部褶皱逆冲带的发育,另一方面,彻底改变了前中生代巴麦地区西南高东北低的格局,使麦盖提斜坡发生了跷跷板运动,在倾向上发生了反转,从而改变了油气成藏条件。巴楚隆起西南缘是构造变形的枢纽带,承担着构造倾跷的支点作用,因此,巴楚隆起西南缘的变形过程和特征具有更为重要的地质意义。

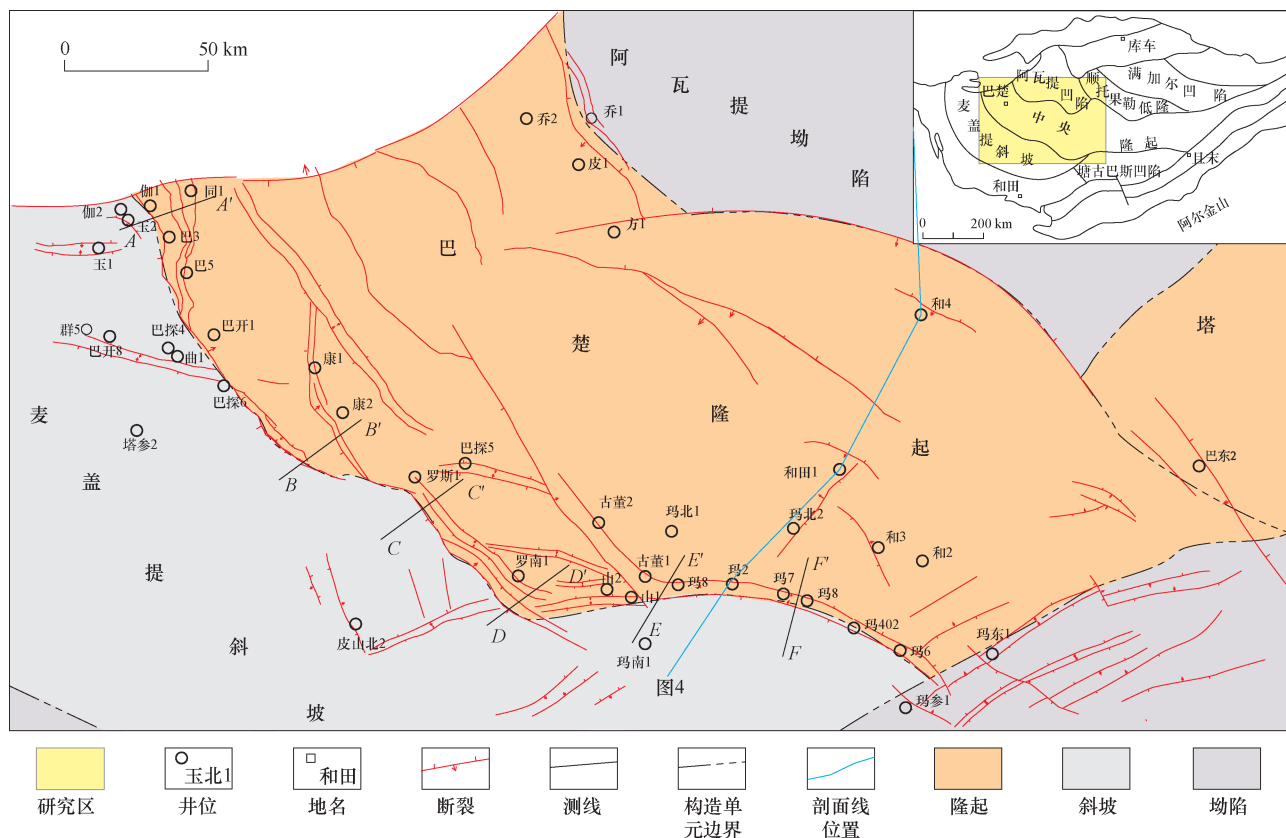


图1 巴楚隆起周缘构造纲要图

Fig. 1 Structural outline map showing the Bachu Uplift and adjacent areas

2 构造几何学特征

巴楚隆起西南边缘构造带主体构造走向以 NW 向延伸为主,且不同构造带沿走向具有明显的分段性变形特征。构造带多以扭动、逆冲构造变形为主,叠加了以古近系膏岩为滑脱层的变形,具有明显晚期改造的特点(图 2)。

2.1 扭动构造带

2.1.1 色力布亚构造带

色力布亚构造带位于巴楚隆起西部边缘的边界断裂,向北被柯坪隆起所切割,南部延伸至海米罗斯一带,长度超过 180 km,构造带宽 2 ~ 14 km(图 2a, b)。构造样式沿断裂走向上发生变化,北部近同岗断裂段表现为 NE 倾向的高角度逆断层,向下切穿基底,向上断入新近系。在剖面上可看到断裂从深部到浅部控制了色力布亚构造带的构造与沉积,两盘高差大。断层面上盘地层褶皱严重,表现为典型的扭动变形特征。色力布亚断裂至东侧同岗断裂的缓坡构成了巴楚隆起和麦盖提斜坡的过渡区域。南部亚松迪断裂仍为高陡断

裂,且在剖面上表现为明显的多期叠加构造。晚期断裂倾向为 SW 方向,向下在古近系膏岩层内滑脱,早期则发育 NE 向断裂控制的断背斜构造,且有反冲断层发育,形成了优越的构造圈闭。

2.1.2 海米罗斯构造带

位于巴楚隆起的西南缘的海米罗斯构造带,走向和色力布亚构造带近平行,平面上位于色力布亚构造带的东南延伸区域。通过对地震资料的解析,发现海米罗斯构造带存在上、下两个构造组合样式,为多期构造运动叠加改造的产物(图 2c, d)。上构造组合以古近系底面为主滑脱面,形成主断裂倾向 SW 的逆冲推覆构造,自麦盖提斜坡向巴楚隆起方向冲断,并可能冲出地表或近地表,断裂滑脱冲断位移量大,地层缩短明显,并且断层上盘地层受到剥蚀,强烈改造了早期的褶皱构造的浅层形态;下构造组合则为高角度断裂控制的背冲断块,且引起了基底的隆起与抬升。海米罗斯构造带两侧地层高差超过 2 000 m,表明基底也参与了构造变形,并影响了褶皱的内部形态。该构造带明显的区分了麦盖提斜坡与巴楚隆起两个构造单元。

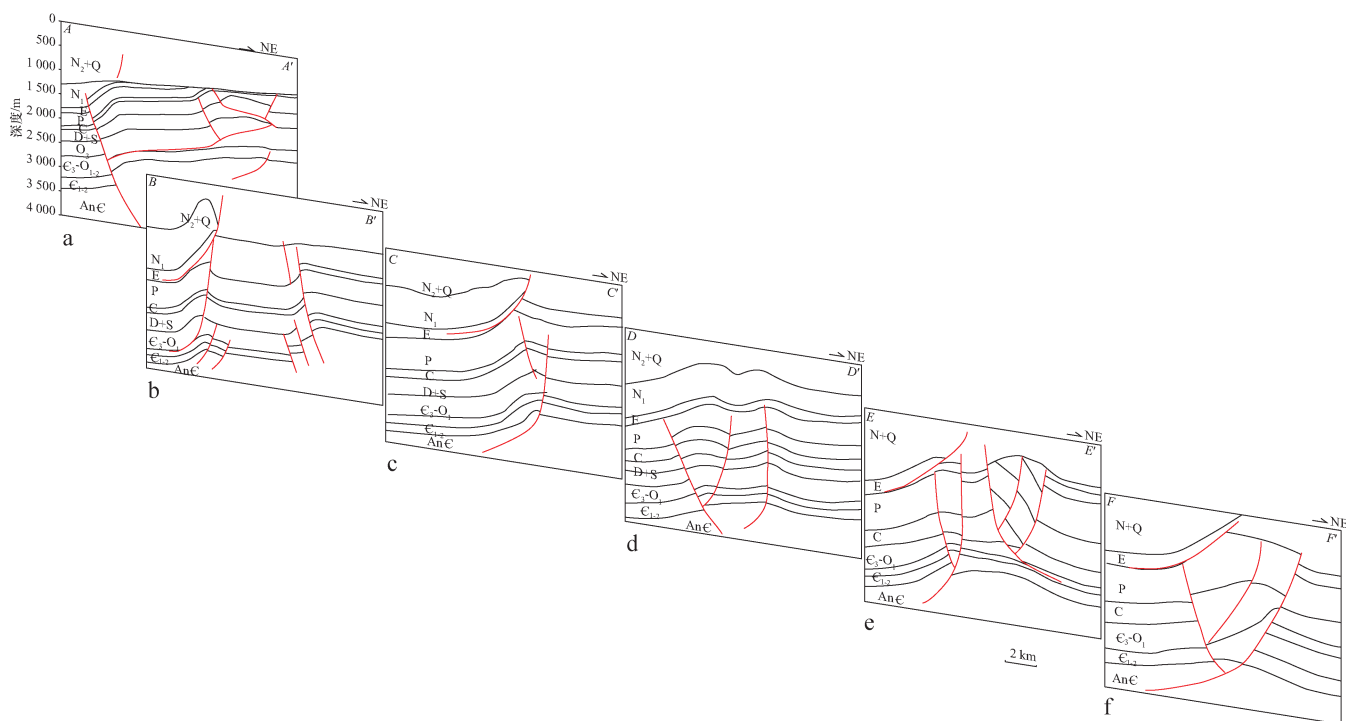


图 2 巴楚隆起西南缘断裂联合图(剖面位置见图 1)

Fig. 2 Sections with interpretations showing fault series of various styles in the southwestern edge of Bachu Uplift(see Fig. 1 for the locations)

- a. 色力布亚断裂北段断裂样式; b. 色力布亚断裂南段断裂样式; c. 海米罗斯断裂北段断裂样式; d. 海米罗斯断裂南段断裂样式;
e. 玛扎塔格断裂西段断裂样式; e. 玛扎塔格断裂东段断裂样式

An C. 前寒武系; C₁₋₂. 中、下寒武统; C₃ - O₁. 上寒武统 - 下奥陶统; D + S. 泥盆系和志留系; C. 石炭系;

P. 二叠系; E. 古近系; N₁. 中新统; N₂ + Q. 上新统和第四系

2.2 逆冲构造带

逆冲构造带主要以巴楚隆起南缘近 EW 走向的玛扎塔格构造带最为典型(图 2e, f)。平面上构造总体走向呈 NWW, 西段呈 EW 走向, 向东南逐渐过渡为 NWW 的弧形, 延伸超过 130 km。从剖面上可以看到玛扎塔格构造带由两期构造组成, 早期为两条逆断层控制的背冲断块, 主断裂倾向 SW, 且断裂切穿基底, 向上尖灭在二叠系中; 顶部滑脱构造为沿古近系底部膏盐层由深部背斜南翼斜坡向东北方向冲断滑脱, 向上出露地表。同多期活动的扭动构造带的演化过程类似, 玛扎塔格构造带的形成过程与西昆仑造山带的区域构造演化背景密切相关, 该构造带浅层的薄皮构造体系应为上新世—第四纪西昆仑山前冲断带的前缘部位, 而深层基底卷入型的大型逆冲褶皱变形则是中新世末塔西南山前逆冲体系向盆地腹地挤压变形的产物, 二者的形成时期存在差异。

3 成藏特征

巴麦地区是塔里木克拉通盆地重要的油气富集区之一, 经历了多期构造演化过程, 构造变形具有叠加特征。对近东西向的玛扎塔格构造带上的玛 2 井进行详细解剖(图 3), 明确了石炭系具有一套较厚的分布十分稳定的泥岩、含膏泥岩, 玛 2 井钻探证实为有效盖层。通过油气藏解剖, 揭示了油气成藏的地质条件, 并总结了圈闭样式(图 4), 从构造角度分析构造变形特征对油气成藏条件与成藏过程的控制作用, 对确定勘探方向和区带选择具有指导意义。

3.1 圈闭演化特征

从巴麦地区的演化历史来看, 寒武纪—奥陶纪期间处在南天山洋被动大陆边缘环境, 南边从震旦纪已经出现的北昆仑窄大洋(库地洋)在寒武纪—早奥陶世期间继续扩张, 从早奥陶世左右开始向南俯冲消减; 而北边的南天山洋则一直处于伸展扩张阶段^[15]。因此巴麦地区整体处于弱伸展阶段, 属于稳定的台地或者局限台地沉积期。受加里东中期 I 幕构造运动的影响, 中奥陶世末塔里木盆地周缘处于南压北张的构造环境, 塔西南地区发育 NWW 向展布的和田古隆起, 基本不受断层控制, 且隆起范围广、幅度低。奥陶纪末, 受盆地东南缘强烈挤压作用影响, 和田古隆起轴向发生旋转, 由 NWW 走向变为现今呈现的 NE 走向。

从石炭纪到三叠纪, 塔西南地区处于古特提斯洋

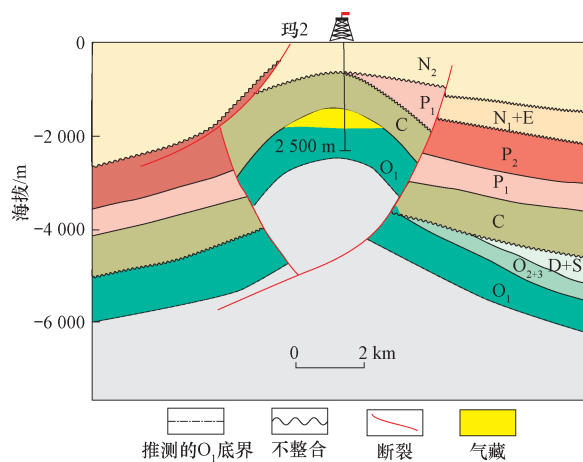


图 3 钻井揭示的巴楚隆起南缘玛 2 井气藏剖面
Fig. 3 Gas reservoir section revealed by Well Ma 2 in the southern margin of Bachu Uplift

O₁. 下奥陶统; O₂₋₃. 中、上奥陶统; D+S. 泥盆系和志留系;
C. 石炭系; P₁. 下二叠统; P₂. 上二叠统; N₁+E. 中新统和古近系;
N₂. 上新统

发展阶段, 经历了被动大陆边缘盆地—弧后伸展盆地—弧后前陆盆地发展旋回, 构造变形相对较弱(图 5)。海西晚期, 受南天山洋关闭的影响, 塔里木盆地西北侧受到由北向南推覆应力的挤压作用, 柯坪—巴楚古隆起雏形在西北部形成, 同时在麦盖提斜坡带形成了近东西向展布的玛南断层和巴什托断层等。巴楚隆起西南缘断层开始活动, 并形成一系列的古背斜圈闭(图 4a), 由此巴楚隆起与麦盖提斜坡带逐渐分割开来。以色力布亚构造带亚松迪段背冲断背斜圈闭为代表, 代表油气藏为巴楚组生屑灰岩油藏和亚松迪气藏, 该段油气藏已被巴 5、巴开 1 及巴探 2 井等钻井揭示(钻井位置见图 1)。

始于始新世晚期—渐新世早期印度和欧亚板块的陆陆碰撞^[16], 使塔里木盆地南侧呈现较强的挤压环境。渐新世末, 昆仑造山带向北冲断推覆, 南天山造山带亦因远距离效应而向南冲断推覆, 地壳缩短, 古近纪盆地全面抬升, 边缘地层变形并遭受剥蚀, 其上不整合了中新统。中新世晚期是印度和欧亚板块碰撞最为强烈的时期, 昆仑山造山带和南天山造山带加剧冲断和推覆, 使南北两侧的前陆拗陷边缘造山, 地层强烈变形, 沉积和沉降中心向盆地迁移。巴楚隆起西南缘近 NW 向的色力布亚构造带, 海米罗斯构造带和近 EW 向的玛扎塔格断裂系强烈活动, 将巴楚隆起高高抬起(图 5)。上新世开始, 印度板块向北快速推挤, 帕米尔突刺与南天山造山带碰撞, 这一构造事件使喀喇昆仑断裂系统强烈冲断, 并开始大规模的右旋走滑。上新世末到第四纪, 在塔西南挤压应力的传递作用下, 在巴

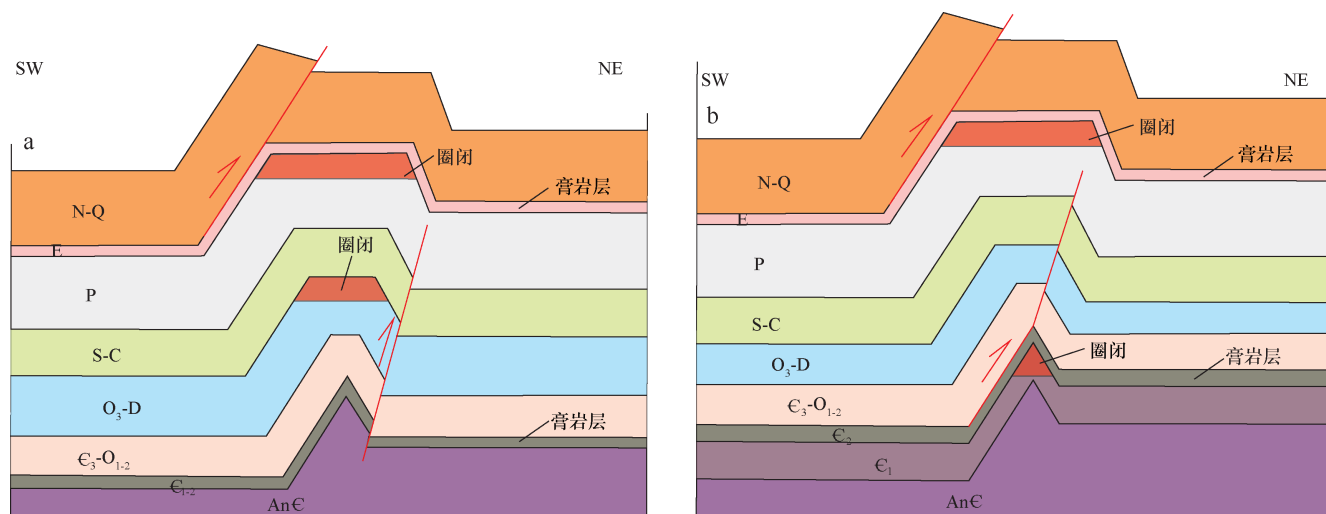


图4 巴楚隆起西南缘圈闭演化模式示意图

Fig.4 Sketch map showing the evolution model of traps in the southwestern margin of Bachu Uplift

a. 断背斜圈闭; b. 推覆体下盘构造圈闭

An-C. 前寒武系; C_1 . 下寒武统; C_2 . 中寒武统; $C_3 - O_{1-2}$. 上寒武统 - 中、下奥陶统; $O_3 - D$. 上奥陶统和泥盆系;

S-C. 志留系和石炭系; P. 二叠系; E. 古近系; N-Q. 新近系和第四系

楚隆起西南缘发育沿古近系底部膏岩滑脱的逆冲推覆构造,形成推覆体下盘构造圈闭(图5b),主要以玛扎塔格和乌山断裂带、色力布亚断裂南段、古董山构造带为代表。

3.2 储盖组合

膏盐岩层是构造变形中重要的滑脱层,也是油气成藏的重要盖层^[17-18]。巴麦地区发育中寒武统阿瓦塔格组、吾松格尔组、石炭系卡拉沙依组和古近系膏盐岩层。寒武系膏盐岩层在巴楚隆起厚度最大可达800 m(图6),目前巴麦地区已钻遇的寒武系探井中,在盐间沙依里克组和盐下肖尔布拉克组都见到了良好的油气显示,表明寒武系两套膏盐岩具有较好的封盖能力,中、下寒武统膏盐岩盖层与其下白云岩储层也是巴麦地区普遍存在的一套储盖组合,该组合在加里东晚期-海西早期已经形成,并在乌山断裂带和古董山构造带油气成藏中起着重要作用。

石炭系是塔里木盆地继晚加里东-早海西期碳酸盐岩古隆起后的一次大规模的海侵沉积,区域上连续分布且厚度在50~150 m稳定发育(图6),盖层岩石类型主要为泥岩和膏岩类,包括卡拉沙依组上泥岩段,巴楚组下泥岩段和中泥岩段。在巴楚隆起南缘和田古隆起志留系-泥盆系剥蚀区,存在石炭系下泥岩和奥陶系储盖组合,已经发现的和田河气田、乌山气藏和玉北1油藏均分布在此组合内,是最具潜力的储盖组合。石炭系巴楚组下泥岩与泥盆系的储盖组合主要发育在巴麦北部,南至皮山北2井玛扎塔格构造带,目前发现

有巴什托构造带BK8井-群5井油藏。

古近系底部膏岩的封盖能力在巴麦地区油气保存中占有重要地位,主要分布在麦盖提斜坡区,在巴楚隆起仅分布在西南边缘以南,在西南缘构造带上,存在以该套膏岩为滑脱层的逆冲推覆构造。古近系底部膏岩在油气保存中承担了多重角色,一方面,在构造变形中吸收了横向位移,从而阻滞了深部断裂继续向上传播,间接的提高了保存条件;另一方面,受到喜马拉雅中晚期地势的控制,古近系膏岩作为麦盖提斜坡至巴楚隆起西南缘边界巨厚的盖层,保存条件较好。除非新生代地层沿古近系底部膏盐岩滑脱形成逆冲推覆断层,古近系随断裂活动延伸到地表,保存作用受到破坏。

3.3 烃源岩分布

油气成藏资料研究表明,巴麦地区最主要的生排烃期是海西晚期,油气藏多在此时期形成;其次是海西早期和喜马拉雅晚期。巴麦地区油气来源较为复杂,对油气成藏有贡献的可能的烃源岩主要有3套^[11,19],即寒武系海相有机质和石炭系腐殖型及混合型有机质,以及少量的奥陶系海相烃源岩。巴楚地区主力烃源岩是中、下寒武统,烃源岩的发育与局限台地潟湖相沉积有关,并明显受局限台地台内洼陷所控制,主要由深灰、灰黑色含盐、含膏的泥质泥晶云灰岩组成。奥陶系烃源岩为一套灰、深灰色泥灰质烃源岩,该套烃源岩在麦盖提斜坡内分布有限,主要分布在东部,厚度较薄,从气源对比看,该套烃源对目前形成的气藏贡献较小^[20],是巴楚隆起东北缘油气藏的供给源。石炭系发

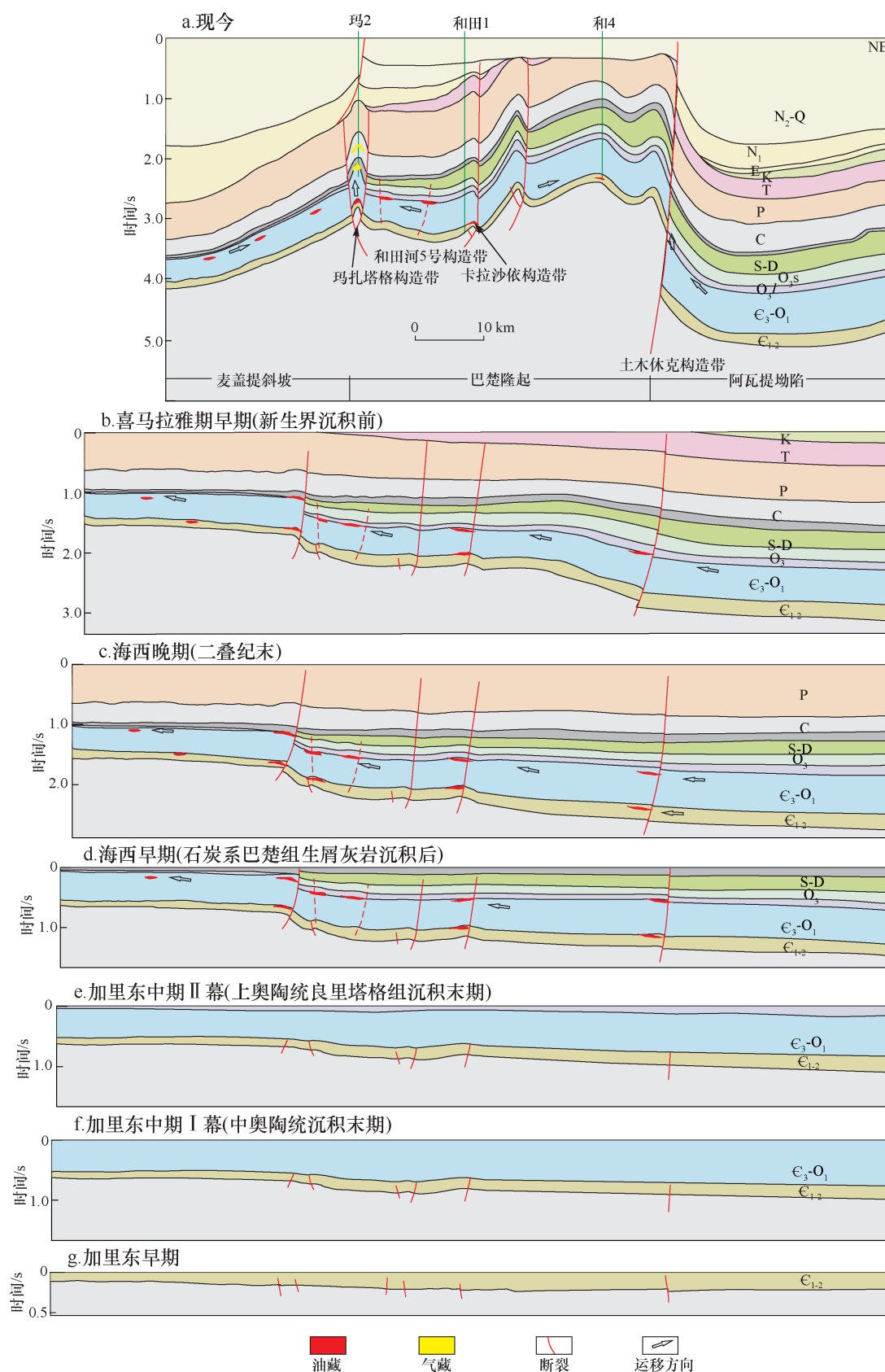


图5 巴楚隆起东部近南北向剖面演化过程图(剖面位置见图1)

Fig.5 Near SN-trending sections showing the evolution process of eastern Bachu Uplift (see Fig.1 for locations)

ϵ_{1-2} . 中、下寒武统; ϵ_3-O_1 . 上寒武统-下奥陶统; O_3l . 上奥陶统良里塔格组; O_{3s} . 上奥陶统桑塔木组; $S-D$. 志留系和泥盆系;

C . 石炭系; P . 二叠系; T . 三叠系; K . 白垩系; E . 古近系; N_1 . 中新统; N_2-Q . 上新统和第四系

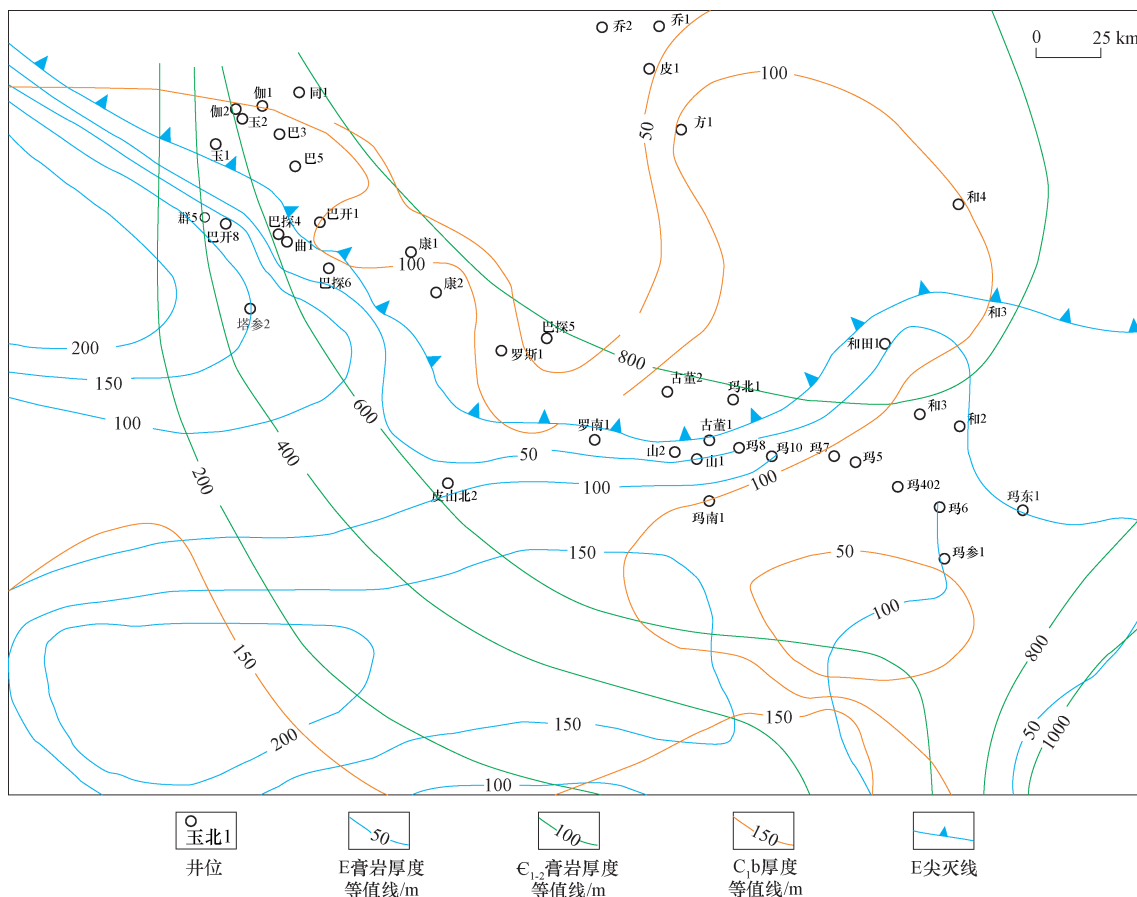


图6 巴楚隆起西南缘盖层厚度

Fig. 6 Isopach map showing the thickness of cap rocks in the southwestern margin of Bachu Uplift

育泥质岩和碳酸盐岩两种类型烃源岩,碳酸盐岩烃源岩岩性为灰、深灰色泥质泥晶灰岩,泥质烃源岩母质类型为腐殖型及混合型。

塔里木盆地寒武系-奥陶系有效烃源岩主要发育于深水陆棚环境。在远离碳酸盐岩台地位置,受有限洋盆、裂隙槽扩张引起的上升洋流、热水作用影响下,主要沉积硅质岩、泥岩,底栖藻生物相占优势,发育高TOC含量的烃源岩,且成熟度较高,称之深水陆棚泥质烃源岩,主要分布在塔西南坳陷南部。盆地内的斜坡带的构造沉积特征控制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^[11,17],并认为麦盖提西部斜坡带是盆地沉降时期的台内斜坡,在巴麦地区最主要的生排烃期海西晚期,成为油气侧向运移集中的地区(图7)。

4 油气勘探前景

4.1 油气聚集规律

通过对巴楚隆起西南缘构造特征的解析,结合巴麦地区已知油气藏成藏特征,发现油气藏聚集具有一

定的规律性,主要受到构造演化、圈闭样式和保存条件的制约。多种证据表明^[12,15,21-26]巴楚隆起的隆升以及断裂构造样式的形成受控于西昆仑造山带的演化,是中新世末塔西南山前逆冲体系向盆地腹地南北向挤压的产物。在这样的应力背景下,近EW走向和NNW走向的断裂多是逆冲作用形成的,而巴楚隆起西缘受到基底性质的差异性的影响,形成了NW走向的断裂,因此NW走向断裂的应力状态应为挤压扭动作用。

虽然挤压作用和扭动作用都可以形成背斜或断背斜圈闭,但保存条件具有本质上的差异性^[27-28]。在挤压状态下,形成的断裂倾角相对缓,背斜宽缓幅度较低;而在扭动作用下断裂多为高角度,背斜曲率大,幅度相对窄,且在扭动断裂周围容易形成剪切裂缝,容易对保存条件造成破坏。巴麦地区已发现的油气藏也揭示了这一规律,巴楚隆起以钻井揭示了西南缘乌山气藏、巴什托气藏和玛扎塔格构造带和田河气藏等都是在挤压作用下形成的构造圈闭,而在NW向扭动构造带上,除了亚松迪1号气藏得益于古近系膏岩较好的保存条件外,没有更多的油气发现。

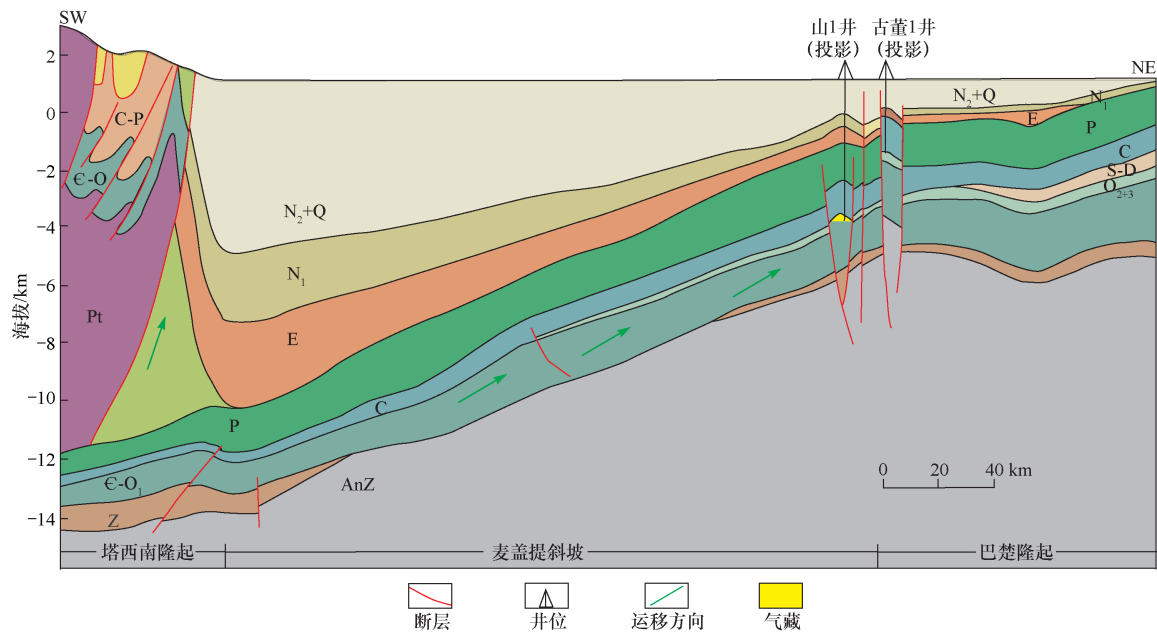


图 7 巴楚隆起西缘油气聚集模式

Fig. 7 Hydrocarbon accumulation models in the western margin of Bachu Uplift

AnZ. 前震旦系; Z. 震旦系; C-O₁. 寒武系-下奥陶统; O₂₊₃. 中、上奥陶统; S-D. 志留系和泥盆系; C. 石炭系; P. 二叠系; E. 古近系; N₁. 中新统; N₂+Q. 上新统和第四系

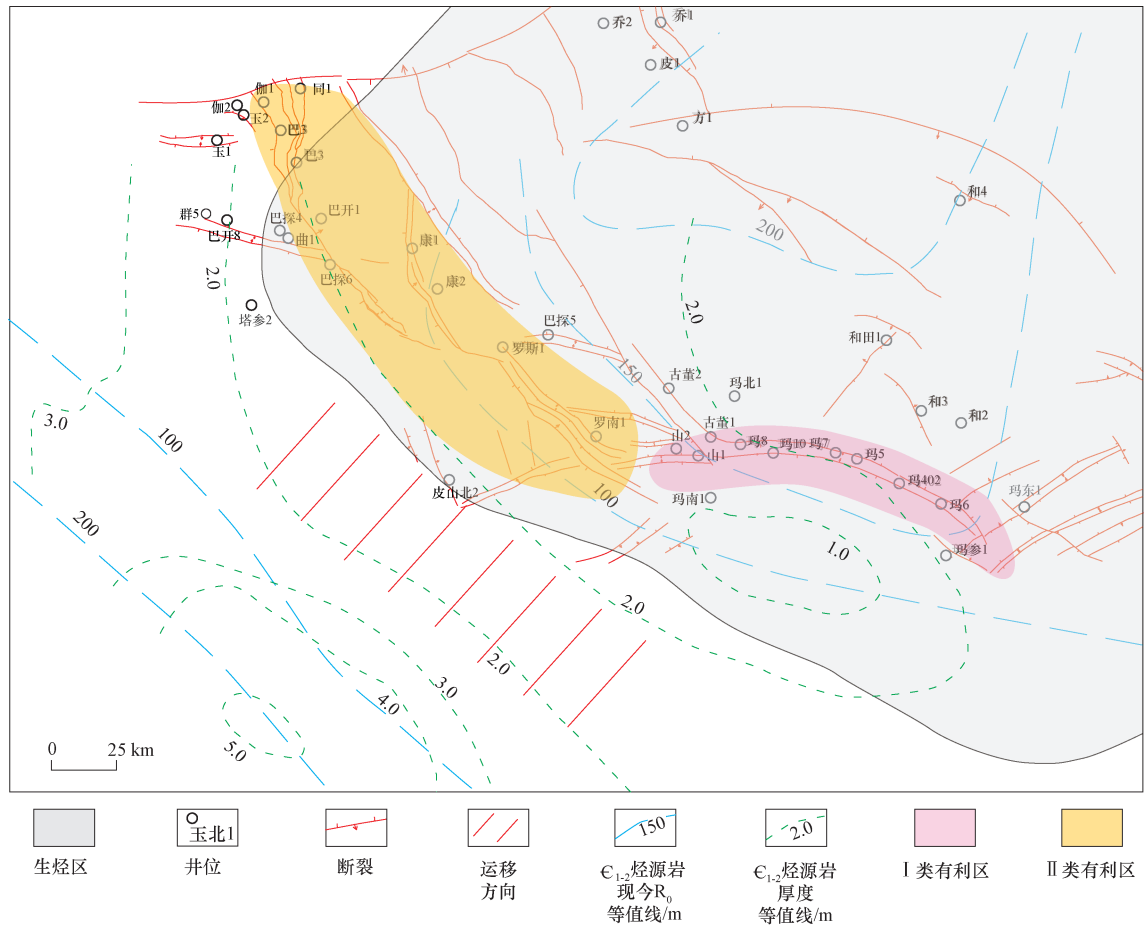


图 8 巴楚隆起及邻区烃源岩分布及有利区预测

Fig. 8 Source rock distribution and potential area prediction in Bachu Uplift and adjacent areas

4.2 有利区预测

由于巴楚隆起主要油气成藏期为加里东-海西期和喜马拉雅期,主力烃源岩为中、下寒武统。喜马拉雅中、晚期,巴楚隆起构造活动强烈,西南边缘多是复合叠加构造,强烈的盖层滑脱作用可能对早期形成的盐下或盐间油气藏有所改造和调整。但统计结果显示,阿尔塔什组膏盐几乎覆盖了整个巴楚隆起西南缘构造带,厚度在50~150 m(图8),这对于寒武系一二叠系的中深层背斜构造的油气起到很好的保护作用。如果圈闭完整,加上寒武系斜坡相烃源岩以及良好的通源断裂的发育,理论上能形成完整的油气系统。

但事实上,在新生代断裂的活动会破坏圈闭的完整性,特别是扭动构造,容易形成派生剪切裂缝以及走滑断裂诱导的微裂缝,从而破坏油气保存条件。在南北向挤压的应力状态下,巴麦地区发育的3套滑脱层在很大程度上吸收了变形产生的位移,对早期形成的古构造具有很好的保护作用。因此对于巴楚隆起西南缘下古生界逆冲构造带内(图8),尤其是寒武系盐下、盐间构造相对完整的圈闭及加里东期古构造圈闭是下一步勘探的有利目标。

5 结论

1) 扭动变形和逆冲推覆是巴楚隆起西南缘两类典型的构造样式,且都具有多期复合叠加特征,NW走向的断裂多具有扭动变形特征,近EW走向的断裂则以逆冲作用为主。滑脱层的存在加剧了构造变形的复杂程度。

2) 近EW走向的断裂形成的圈闭完整性较好,膏盐岩之下的推覆体下盘构造圈闭具有较好的保存条件。中、下寒武统膏盐岩盖层与其下白云岩储层是巴麦地区普遍存在的一套储盖组合。

3) 通过对巴楚隆起西南缘构造特征及油气成藏要素的分析,建议下一步勘探的有利目标集中在寒武系盐下、盐间构造相对完整的圈闭及加里东期古构造圈闭,不但具备良好的烃源岩条件,保存条件也相当优越。

参 考 文 献

[1] 肖序常,王军.西昆仑-喀喇昆仑及其邻区岩石圈结构、演化中几个问题的探讨[J].地质论评,2004,50(3):285-294.
Xiao Xuchang, Wang Jun. Discussion on the lithospheric structure and evolution of the west Kunlun mountains-Karakorum mountains and their adjacent areas[J]. Geological Review, 2004, 50(3): 285-294.

[2] 谢会文,陈新伟,朱民,等.塔里木盆地玛扎塔格断裂带变形特征、演化及对深层油气成藏的控制[J].地球科学,2017,42(9):1578-1589.
Xie Huiwen, Chen Xinwei, Zhu Min, et al. Deformation characteristics, tectonic evolution and their control on deep petroleum accumulation of Mazhatage fault belt in Tarim Basin[J]. Editorial Committee of Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2017, 42(9): 1578-1589.

[3] 董洪奎,李洪辉,杜德道,等.塔里木盆地巴楚隆起吐木休克断裂带构造特征及形成演化[J].天然气地球科学,2018,29(7):951-960.
Dong Hongkui, Li Honghui, Du Dedao, et al. Structural characteristics and evolution of the Tumsheg fault belt, Bachu Uplift, Tarim Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2018, 29(7): 951-960.

[4] 郑晓丽,何光玉,姚泽伟.巴楚隆起亚松迪断裂带构造特征及几何学模型[J].地学前缘,2016,23(4):255-264.
Zheng Xiaoli, He Guangyu, Yao Zewei. Structural characteristics and geometric models of the Yasongdi Fault Belt, the Bachu Uplift[J]. Earth Science Frontiers, 2016, 23(4): 255-264.

[5] 张强,黄太柱,李慧莉,等.塔里木盆地西部的新生代断裂活动[J].岩石学报,2016,32(3):833-846.
Zhang Qiang, Huang Taizhu, Li Huili, et al. The Cenozoic faults in western Tarim Basin, NW China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2016, 32(3): 833-846.

[6] 张永,何登发,刘长磊,等.塔里木盆地巴楚隆起海米罗斯断裂带几何学与运动学特征[J].石油与天然气地质,2018,39(5):984-1000.
Zhang Yong, He Dengfa, Liu Changlei, et al. Geometrical and kinematical characteristics of Haimiluosi fault zone in the Bachu uplift, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(5): 984-1000.

[7] 崔海峰,田雷,张年春,等.塔西南坳陷寒武系玉尔吐斯组烃源岩分布特征[J].天然气地球科学,2016,27(4):577-583.
Cui Haifeng, Tian Lei, Zhang Nianchun, et al. Distribution characteristics of the source rocks from Cambrian Yuertusi Formation in the Southwest Depression of Tarim Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 2016, 27(4): 577-583.

[8] 何娟,王毅,刘士林,等.塔里木盆地西南坳陷东部构造特征及对油气成藏的控制[J].石油实验地质,2016,28(3):326-332.
He Juan, Wang Yi, Liu Shilin, et al. Characteristics of fault structure and its control on hydrocarbon accumulation in the eastern part of southwestern Tarim Basin[J]. Petroleum Geology and Experiment, 2016, 28(3): 326-332.

[9] 马安来,金之钧,朱翠山,等.塔里木盆地麦盖提斜坡罗斯2井奥陶系油气藏的TSR作用:来自分子标志物的证据[J].石油与天然气地质,2018,39(4):730-737.
Ma Anlai, Jin Zhijun, Zhu Cuishan, et al. Effect of TSR on the crude oil in Ordovician reservoirs of Well Luosi-2 from Maigaiti Slope, Tarim Basin: Evidences from molecular markers[J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(4): 730-737.

[10] 姜海健,储呈林,杨鑫,等.塔里木盆地西南地区早中寒武世岩相古地理[J].海相油气地质,2017,22(1):32-38.
Jiang Haijian, Chu Chenglin, Yang Xin, et al. Lithofacies paleogeography of early-middle Cambrian in southwestern Tarim Basin[J]. Ma-

- rine Origin Petroleum Geology, 2017, 22(1): 32–38.
- [11] 程丽娟, 李忠, 刘嘉庆, 等. 塔里木盆地巴楚—塔中地区寒武系盐下白云岩储层成岩作用及物性特征[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(2): 316–327.
- Cheng Lijuan, Li Zhong, Liu Jiaqing, et al. Diagenesis and physical properties of subsalt dolomite reservoirs of the Cambrian, Bachu-Tazhong areas, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2020, 41(2): 316–327.
- [12] 张辉善, 计文化, 马中平, 等. 甜水海地块寒武纪安山岩的地球化学和年代学研究: 对西昆仑—喀喇崑崙造山带原特提斯洋演化的启示[J]. 岩石学报, 2020, 36(1): 257–278.
- Zhang Huishan, Ji Wenhua, Ma Zhongping, et al. Geochronology and geochemical study of the Cambrian andesite in Tianshuihai Terrane: Implications for the evolution of the Proto-Tethys Ocean in the West Kunlun-Karakoram Orogenic Belt[J]. Acta Petrologica Sinica, 2020, 36(1): 257–278.
- [13] 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]. 地学前缘, 2008, 15(2): 242–252.
- 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): 242–252.
- [14] 王斌, 王祥, 程晓敢, 等. 塔里木盆地巴楚—麦盖提地区古构造迁移特征及其意义[J]. 地质科学, 2018, 53(1): 133–145.
- Wang Bin, Wang Xiang, Cheng Xiaogan, et al. Significance and characteristics of paleotectonic migration in Bachu-Makit area of Tarim Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2018, 53(1): 133–145.
- [15] 张斌, 陈文, 喻顺, 等. 南天山洋古生代期间俯冲作用过程探讨[J]. 岩石学报, 2014, 30(8): 2351–2362.
- Zhang Bin, Chen Wen, Yu Shun, et al. Subduction process of south Tianshan Ocean during Paleozoic[J]. Acta Petrologica Sinica, 2014, 30(8): 2351–2362.
- [16] Liu M, Cui X, Liu F. Cenozoic rifting and volcanism in eastern China: a mantle dynamic link to the Indo-Asian collision? [J]. Tectonophysics, 2004, 393(1–4): 29–42.
- [17] 金之钧, 周雁, 云金表等. 我国海相地层膏盐岩盖层分布与近期油气勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(6): 715–724.
- Jin Zhijun, Zhou Yan, Yun Jinbiao, et al. Distribution of gypsum-salt cap rocks and near-term hydrocarbon exploration targets in the marine sequences of China[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(6): 715–724.
- [18] Johnson K S. Evaporite-karst problems and studies in the USA[J]. Environmental Geology, 2008, 53(5): 937–943.
- [19] 庞雄奇, 陈君青, 李素梅, 等. 塔里木盆地特大型海相油田原油来源—来自深部低 TOC 烃源岩的证据与相对贡献评价[J]. 石油学报, 2018, 39(1): 23–41.
- Pang Xiongqi, Chen Junqing, Li Sumei, et al. Crude oil sources of giant marine oilfield in Tarim Basin: evidences and relative contribution evaluation of deep present-day low-TOC source rocks[J]. Acta Petrologica Sinica, 2018, 39(1): 23–41.
- [20] 胡明毅, 孙春燕, 高达. 塔里木盆地寒武统肖尔布拉克组构造—岩相古地理特征[J]. 石油与天然气地质, 2019, 40(1): 12–23.
- Hu Mingyi, Sun Chunyan, Gao Da. Characteristics of tectonic lithofacies paleogeography in the Lower Cambrian Xiaerbulake Formation, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2019, 40(1): 12–23.
- [21] Wittlinger G, Vergne J, Tapponnier P, et al. Teleseismic imaging of subducting lithosphere and Moho offsets beneath western Tibet[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2004, 221(1–4): 117–130.
- [22] 晁文迪, 厉小钧. 青藏高原西北缘新生代超基性—基性岩脉锆石 U–Pb 年代学及地球化学特征[J]. 岩石矿物学杂志, 2020, 39(1): 1–17.
- Chao Wendi and Li Xiaojun. Zircon U–Pb dating and geochemical characteristics of Cenozoic ultrabasic dyke swarms in northwestern Tibetan Plateau[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2020, 39(1): 1–17.
- [23] 瞿长, 赵锐, 李慧莉, 孔强夫, 邓尚. 塔里木盆地顺北 5 断裂带储集体地震反射与产能特征分析[J]. 特种油气藏, 2020, 27(1): 68–74.
- Qu Chang, Zhao Rui, Li Huili, Kong Qingfu, Deng Shang. Seismic Reflection and Productivity of Reservoirs in the Fault-Zone 5 of Shunbei, Tarim Basin[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2020, 27(1): 68–74.
- [24] 王向荣, 李潮流, 邓继新, 等. 塔里木盆地鹰山组致密碳酸盐岩地震岩石物理特征[J]. 大庆石油地质与开发, 2020, 39(5): 117–126.
- Wang Xiangrong, Li Chaoliu, Deng Jixin, et al. Seismic petrophysical properties of Yingshan-Formation tight carbonate rock in Tarim Basin[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2020, 39(5): 117–126.
- [25] 李兵, 邓尚, 李王鹏, 高利君, 许杰. 塔里木盆地塔河地区走滑断裂体系活动特征与油气地质意义[J]. 特种油气藏, 2019, 26(4): 45–51.
- Li Bing, Deng Shang, Li Wangpeng, Gao Lijun, Xu Jie. Strike-slip fault system activity and hydrocarbon geology understanding in Tahe of Tarim Basin[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2019, 26(4): 45–51.
- [26] 赵锐, 赵腾, 李慧莉, 等. 塔里木盆地顺北油气田断控缝洞型储层特征与主控因素[J]. 特种油气藏, 2019, 26(5): 8–13.
- Zhao Rui, Zhao Teng, Li Huili, et al. Fault-controlled fracture-cavity reservoir characterization and main-controlling factors in the Shunbei hydrocarbon field of Tarim Basin[J]. Special oil & Gas Reservoirs, 2019, 26(5): 8–13.
- [27] 杨润泽, 王宏语, 樊太亮, 等. 银额盆地拐子湖凹陷构造特征及其对古地貌演化的控制[J]. 大庆石油地质与开发, 2020, 39(6): 39–51.
- Yang Runze, Wang Hongyu, Fan Tailiang, et al. Structural characteristics and their controlling effects over the paleogeomorphic evolution for Guaizihu Sag in Yin'e Basin[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2020, 39(6): 39–51.
- [28] 梅俭. 输导断裂主要特征部位及其对油气运移的控制[J]. 大庆石油地质与开发, 2020, 39(1): 35–40.
- Mei Jian. Main characteristic parts of the transporting fault and their controls on the hydrocarbon migrations[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2020, 39(1): 35–40.