

## 塔里木盆地玛扎塔格断裂带构造特征 及其油气地质意义

郭颖<sup>1,2</sup>, 汤良杰<sup>1,2</sup>, 余腾孝<sup>3</sup>, 李九梅<sup>1,2</sup>, 岳勇<sup>3</sup>

(1. 中国石油大学(北京) 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249; 2. 中国石油大学(北京) 盆地与油藏研究中心, 北京 102249; 3. 中国石化西北油田分公司, 新疆 乌鲁木齐 830011)

**摘要:**根据最新地震资料精细解释成果,建立塔里木盆地玛扎塔格断裂带断裂发育模式,并对断裂活动时代和构造演化过程展开分析。玛扎塔格断裂带具有明显的分层构造特征,同时又具有分段差异性:深层铲式逆冲断裂主要发育在断裂带中、西段,走滑-逆冲断裂沿断裂走向自西向东转换为走滑-逆冲断裂;浅层铲式逆冲断裂各构造段均有发育。断裂带主要经历了 4 个构造变形阶段:晚奥陶世—泥盆纪铲式逆冲断裂、二叠纪末—三叠纪继承活动性铲式逆冲断裂、古近纪末逆冲-走滑断裂(或走滑-逆冲断裂)、上新世末—全新世浅层铲式逆冲断裂。玛扎塔格断裂带在晚奥陶世—泥盆纪和二叠纪末—三叠纪向下滑脱于中寒武统,对烃源岩和储层的沟通作用有限,且对古油气藏具有破坏作用;古近纪末期演化为巴楚隆起的南侧边界断裂,成为天然气运移的有利通道,断裂带中、西段形成较好的断垒构造圈闭,与喜马拉雅期主成藏期具有良好的时空配置关系。

**关键词:**断裂构造;变形特征;分层差异;分段差异;构造演化;油气地质;塔里木盆地

**中图分类号:**P542<sup>+</sup>.3;TE121

**文献标志码:**A

## Structural Characteristics and Petroleum Geological Significances of Mazhatage Fault Belt in Tarim Basin

GUO Ying<sup>1,2</sup>, TANG Liang-jie<sup>1,2</sup>, YU Teng-xiao<sup>3</sup>, LI Jiu-mei<sup>1,2</sup>, YUE Yong<sup>3</sup>

(1. State Key Laboratory of Petroleum Resources and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 2. Basin and Reservoir Research Center, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 3. Northwest Oilfield Company, SINOPEC, Urumqi 830011, Xinjiang, China)

**Abstract:** Based on the latest elaborations of seismic data, the fault development model, active stages and tectonic evolution of Mazhatage fault belt in Tarim Basin were discussed in terms of unconformities, strata thickness and syntectonic strata. Mazhatage fault belt has clear layered and segmentation characteristics. Deep listric thrust fault mainly lies in the western and middle sections, thrusting strike-slip faults gradually change into strike-slip thrust fault from the west to the east, and the shallow listric thrust develops in the whole fault belt. The study area has experienced four deformation stages and four fault systems, the Late Ordovician-Devonian listric thrust fault, the Permian-Triassic inherited active listric thrust fault, and the Late Paleogene thrusting strike-slip thrust fault (or strike-slip thrust fault) and the Late Pliocene-Holocene

收稿日期:2015-10-28

基金项目:国家自然科学基金项目(41572105,41172125);

国家重点基础研究发展计划(“九七三”计划)项目(2012CB214804,2005CB422107);

国家科技重大专项项目(2011ZX05002-003-001);中国石油化工股份有限公司项目(P14131,P11086)

作者简介:郭颖(1986-),男,山东日照人,理学博士研究生,E-mail:guoy9991@163.com。

通讯作者:汤良杰(1957-),男,安徽泾县人,教授,博士研究生导师,理学博士,E-mail:tanglj@cup.edu.cn。

thrust fault have been recognized. Mazhatage fault belt, which is an accompanied fault of Hetian palaeohigh in Upper Ordovician-Devonian and Permian-Triassic, provides limited communications between the source rock and reservoir, and could damage paleo-oil-gas reservoirs. Then, it evolves into a boundary fault on the south side of Bachu uplift in Late Paleogene, becoming a favorable channel for natural gas transportation; and a good structural trap is formed in the middle and west sections of the fault, showing a good spatial-temporal relationship with the main accumulation period during the Himalayan.

**Key words:** fault structure; deformation characteristic; stratification difference; segmentation difference; structural evolution; petroleum geology; Tarim Basin

## 0 引言

玛扎塔格断裂带是塔里木盆地腹地少数出露地表的断裂带之一,同时也是反映塔里木盆地内部构造演化历史和隆坳格局变迁的重要窗口<sup>[1-3]</sup>。李曰俊等针对玛扎塔格断裂带变形特征和活动时代开展过大量研究工作,认为玛扎塔格断裂带主断裂为基底卷入型,由北倾的玛南断裂及南倾的玛北断裂构成剖面上的反“Y”字型样式<sup>[4-5]</sup>,挤压背斜顶部发育沿古近系膏盐层滑脱的浅层逆冲断裂,切截深部断裂并向北逆冲出地表<sup>[6-7]</sup>。杨海军等认为,断裂带底部存在以中寒武统膏盐层为滑脱面的深层逆冲断裂<sup>[1]</sup>,而断裂带东段则发育正花状构造<sup>[8]</sup>。对于玛扎塔格断裂带活动期次的研究,主要存在以下观点:

断裂活动始于中生代,新生代继承性发育<sup>[9]</sup>;断裂主要活动期为中新世末期,更新世—全新世断裂再次活化<sup>[6]</sup>;构造带经历了新生界沉积前(白垩纪末)、中新世末和更新世—全新世 3 次明显的断裂活动<sup>[1,5]</sup>。

总体而言,现阶段玛扎塔格断裂带断裂解释方案尚存在分歧,构造演化过程不够清晰,一些重要的问题有待深入探讨(图 1):沿断裂带走向,断裂样式是否具有差异;断裂带发生了几期断裂活动;断裂演化在油气成藏过程中的作用是什么。本文结合区域不整合、地层厚度变化以及生长地层样式,利用钻井层位精确标定开展地震剖面精细解析,对上述问题展开探讨,以期深化对玛扎塔格断裂带形成和演化过程的认识,并为今后巴楚—麦盖提地区东段油气勘探提供参考。

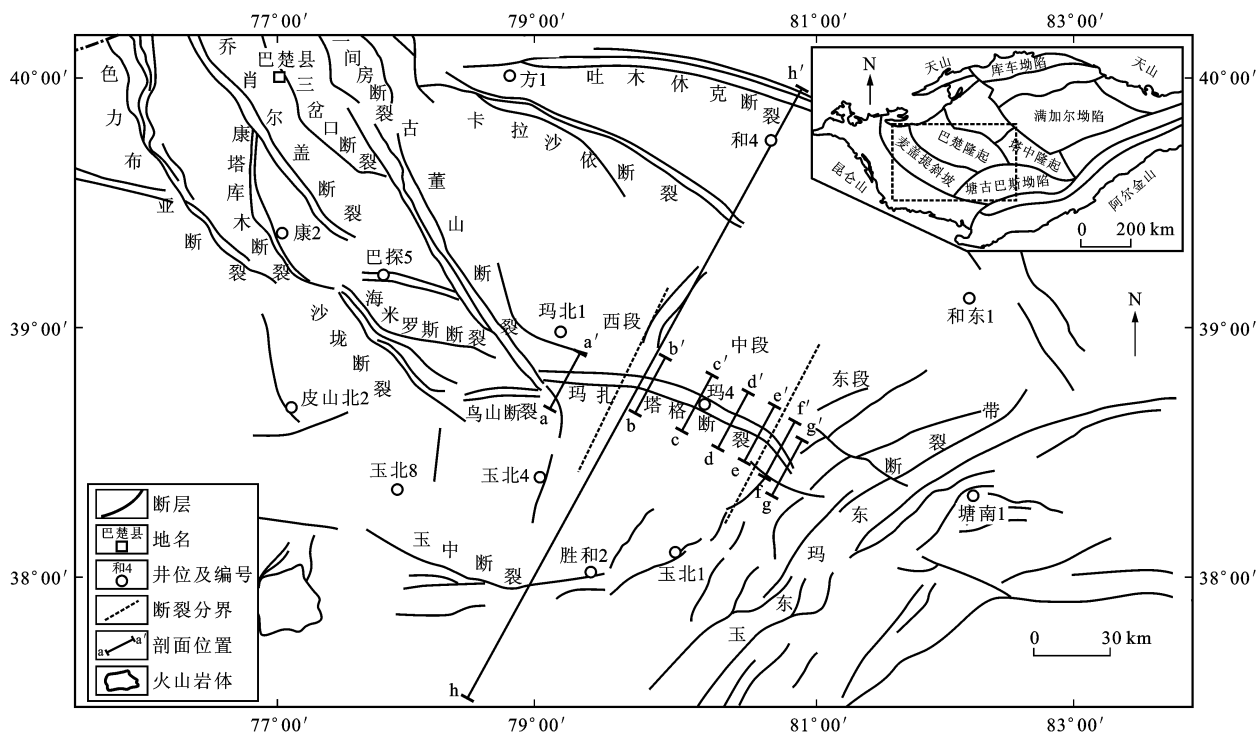


图 1 塔里木盆地巴楚—麦盖提地区构造简图

**Fig. 1 Schematic Structural Framework of Bachu-Markit Area in Tarim Basin**

## 1 区域地质概况

玛扎塔格断裂位于塔里木盆地西南部,向西与古董山断裂带相连,向东终止于玛东断裂带,构造划分上属于巴楚隆起与麦盖提斜坡的东段分界线(图1)。平面上自西向东,断裂带走向为NW—SEE逐渐转变为NNW—SSE,延伸长度约140 km。剖面上表现为冲出地表的大型断垒带,断裂具有多期活动特征,构造叠加和改造作用显著<sup>[1,9]</sup>。

塔里木西南部自古生代以来经历了早—中寒武世被动陆缘、晚寒武世—中奥陶世克拉通内拗陷、晚奥陶世—石炭纪克拉通内挠曲拗陷、石炭纪—二叠纪陆内裂陷和中—新生代前陆盆地等演化阶段<sup>[4,6,10-12]</sup>。玛扎塔格断裂带及邻区地层发育较为齐全,仅缺失侏罗系和白垩系(图2)。寒武系—中

奥陶系主要岩性为白云岩、灰岩,其中中寒武统阿瓦塔格组发育膏盐岩,构成研究区深部滑脱层;上奥陶统一泥盆系自断裂带北部和东部向西南方向超覆,沉积泥灰岩、砂岩和泥岩;石炭系—二叠系发育海陆交互相碳酸盐岩和碎屑岩地层,全区稳定连续分布,厚度可达2 000 m;中生界被剥蚀殆尽,仅巴楚隆起中、东部尚残留部分三叠系;新生界由南向北超覆减薄,古近系膏盐层构成研究区浅部滑脱层<sup>[13-15]</sup>。

## 2 断裂构造样式

地震剖面解释成果显示,玛扎塔格断裂带主要发育 $F_1 \sim F_3$ 等3条规模较大的断裂,构造变形体现出分层特征,同时沿断裂带走向又具有分段差异性。

### 2.1 玛扎塔格断裂带西段

玛扎塔格断裂带西段为NW—SEE走向、延

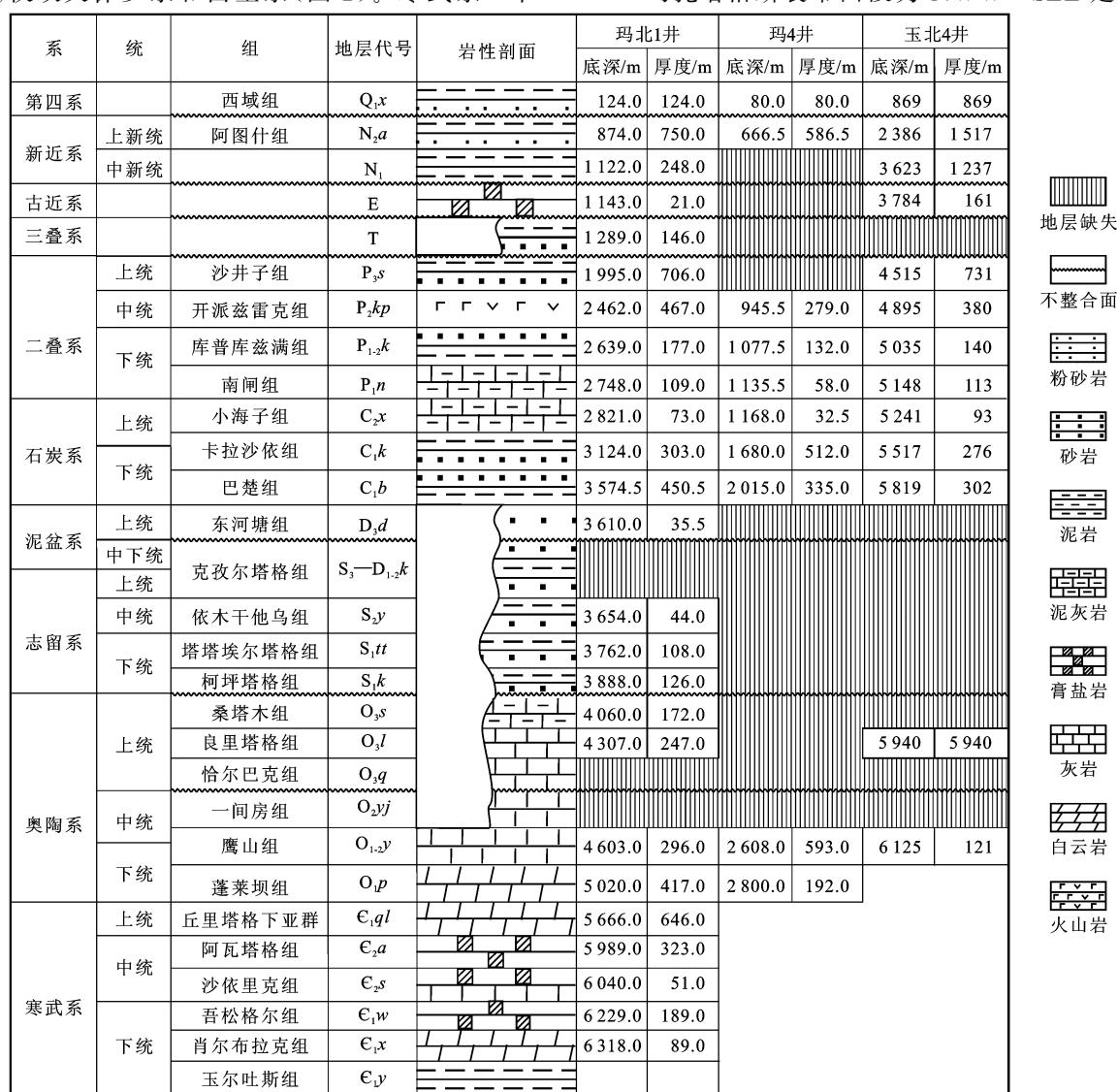
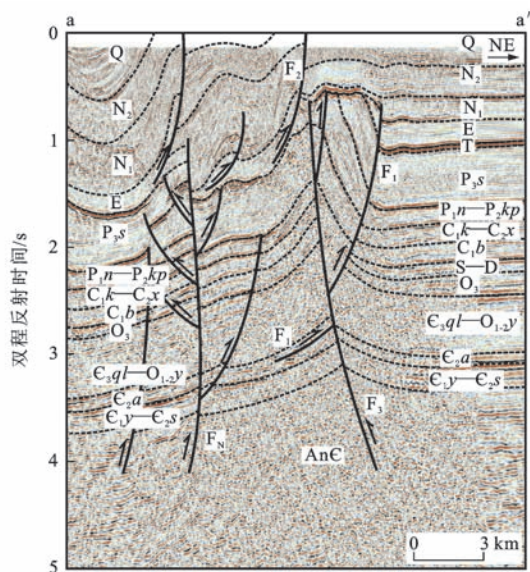


图2 玛扎塔格地区部分钻井揭示的地层发育特征

Fig. 2 Stratigraphic Features and Main Unconformity Revealed by Some Wells in Mazhatage Area



伸约 40 km 的窄变形带,主要发育铲式逆冲断裂和逆冲-走滑断裂(图 3)。地震剖面上,浅部断裂清晰可辨,深部地震反射质量较差,断裂带南侧中寒武统阿瓦塔格组膏岩盐层汇聚增厚,上寒武统一二叠系向北逐渐抬升且与盐下地层变形不协调,断裂带北侧发育上奥陶统一泥盆系和三叠系生长地层,是推测深部断裂  $F_1$  存在的有力证据。依据断层相关褶皱理论,铲式逆冲断裂  $F_1$  和  $F_2$  分别以中寒武统阿瓦塔格组和古近系膏盐层为滑脱面,由南向北冲断,相对塑性的膏盐层调节了由盐上和盐下断裂活动所引起的变形不协调,并引起上盘上寒武统一二叠系和新生界形成断展褶皱。断裂  $F_3$  同时具有逆冲和走滑活动特征,断面北倾,倾角超过  $70^\circ$ ,向上被断裂  $F_2$  切截,向下错断  $F_1$  并消失于前寒武系;因逆冲量较大,断裂上盘发育背冲断裂,断垒背斜南翼遭受强烈改造,现今呈北倾单斜构造形态。紧邻断裂带的乌山东断裂( $F_N$ )断面陡倾,分支断裂均具逆断距,构成下窄上宽的正花状构造样式,也从区域上反映了玛扎塔格断裂带西段具有一定走滑分量。



剖面位置见图 1;剖面编号为 OGSZ-30-djj-2015

图 3 玛扎塔格断裂带西段地震剖面解释

Fig. 3 Interpreted Seismic Profile Across the Western of Mazhatage Fault Belt

## 2.2 玛扎塔格断裂带中段

玛扎塔格断裂带中段整体走向 NW—SE, 平面延伸约 70 km, 断裂带宽度较西段明显增大, 构造样式更为复杂, 但整体变形程度有所减弱。地震剖面显示, 深层铲式逆冲断裂  $F_1$  和浅层铲式逆冲断裂  $F_2$  变形特征与断裂带西段基本一致, 均由南向北冲断, 断面上陡下缓, 向上分别断穿古生界和新生界, 向下

滑脱于中寒武统阿瓦塔格组和古近系膏岩层, 盐层之上古生界和新生界发育断展褶皱。断裂  $F_1$  虽被  $F_3$  错断, 但是通过构造归位仍可以判断, 逆冲抬升产生的地形高差是褶皱北翼发育志留系—泥盆系和三叠系生长地层楔的主要控制因素。高角度逆冲-走滑断裂  $F_3$  断面北倾, 向上延伸错断断裂  $F_1$ , 并伴生断裂  $F_4$  等一系列背冲断裂, 形成不对称的构造形态, 指示其压扭活动性质; 背斜顶部新生界略具顶薄翼厚特征, 呈微弱褶皱变形, 说明断裂  $F_3$  在新生代晚期仍然具有活动性(图 4)。

## 2.3 玛扎塔格断裂带东段

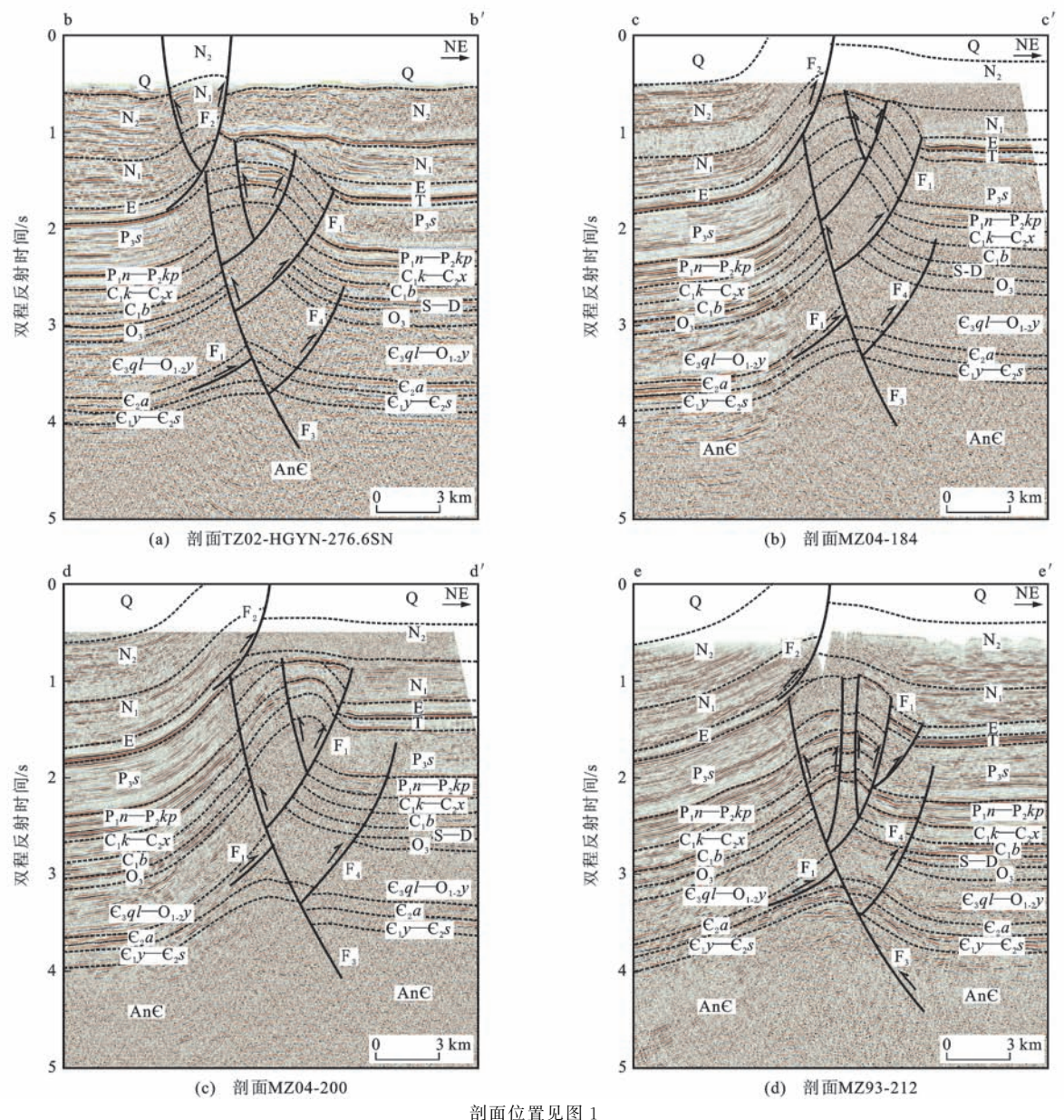
玛扎塔格断裂带东段走向为 NNW—SSE, 长度约 30 km, 整体上构造样式变化较大, 发育以古近系膏盐岩为滑脱面的浅层铲式逆冲断裂  $F_2$  以及走滑-逆冲断裂  $F_3$ 。该构造段断裂带两侧寒武系—石炭系地层发育一致, 厚度相差不大, 未见深层式铲式断裂  $F_1$  活动标志; 二叠系南、北厚度不一致的现象可能是因局部构造古地貌的差异而形成。浅层逆冲断裂  $F_2$  由麦盖提斜坡向巴楚隆起方向逆冲, 构造样式与断裂带西、中段类似。主断裂  $F_3$  断距明显减小, 断面深插基底, 略向北倾, 断裂顶部被二叠系顶面主不整合面所截, 两侧发育多条分支逆断裂, 并向深部收敛, 构成正花状构造, 指示断裂  $F_3$  在该构造段由走滑-逆冲断裂沿断裂走向自西向东转换为走滑-逆冲断裂。此外, 断裂带南侧还发育  $F_5 \sim F_7$  等 3 条小规模断裂, 分别切穿中—下寒武统、寒武系—奥陶系和新生系, 因断距较小、平面延伸也不远, 推测其作用是协调局部水平挤压缩短量之间的差异(图 5)。

## 3 断裂活动期次及分布

根据断裂几何学特征, 结合区域不整合、地层厚度变化和生长地层样式, 厘定玛扎塔格断裂带主要经历了 4 个构造变形阶段, 发育 4 期逆冲断裂。

### 3.1 晚奥陶世—泥盆纪铲式逆冲断裂

中奥陶统顶面为塔里木盆地区域性不整合面。地震剖面显示, 不整合面之下, 断裂带中段发育  $F_1$  断裂, 上寒武统一中奥陶统由南向北冲断, 倾角上陡下缓, 垂直断距一般为 460~530 m, 向下终止于中寒武统阿瓦塔格组膏岩盐层, 并引起膏岩盐汇聚、增厚(表 1)。不整合面之上, 沿断裂带走向发育断裂坡折, 断裂  $F_1$  南侧缺失志留系—泥盆系, 钻井资料也指示上奥陶统在断裂带两侧具有南薄、北厚的沉积特征(图 3), 整体表现为上奥陶统一泥盆系向 NE 退覆, 指示断裂在晚奥陶世开



剖面位置见图 1

图 4 玛扎塔格断裂带中段地震剖面解释

Fig. 4 Interpreted Seismic Profiles Across the Middle of Mazhatage Fault Belt

表 1 玛扎塔格断裂带不同构造段各活动时期主断裂垂直断距统计

Tab. 1 Main Fault Displacements of Different Active Periods in the Different Parts of Mazhatage Fault Belt

断裂活动时期	垂直断距/m						
	西段	中段				东段	
	a-a'剖面	b-b'剖面	c-c'剖面	d-d'剖面	e-e'剖面	f-f'剖面	g-g'剖面
上新世末—全新世	315	284	441	449	309	356	297
古近纪末	1 118	958	788	308	284	263	246
二叠系末—三叠系	227	200	198	260	216	—	—
晚奥陶纪—中泥盆纪	529	467	461	509	503	—	—

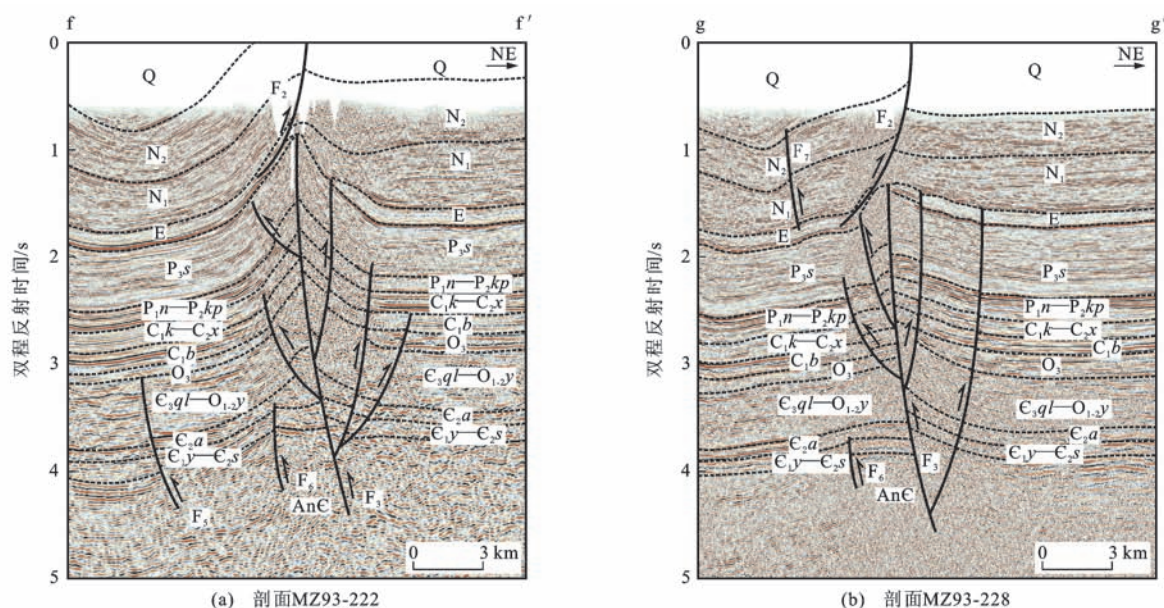
注：“—”表示该期断裂不发育；断距值由时间剖面读取，经时深转换获得；剖面位置见图 1。

始活动，泥盆纪之前活动逐渐增强，断褶抬升速率大于沉积速率<sup>[16]</sup>。

3.2 二叠纪末—三叠纪继承活动性铲式逆冲断裂

二叠纪末—三叠纪铲式逆冲断裂仅发育于断裂





剖面位置见图1

图5 玛扎塔格断裂带东段地震剖面解释

Fig. 5 Interpreted Seismic Profiles Across the Eastern of Mazhatage Fault Belt

带中、西段,由晚奥陶世—中泥盆世铲式逆冲断裂 $F_1$ 继承性发育而来。断面向上断至二叠系顶面,向下滑脱于中寒武统膏岩层,垂直断距一般不超过260 m。古生界随断裂活动卷入变形,形成后翼宽缓、前翼陡倾的不对称断褶带。断褶带顶部二叠系缺失或者减薄,反映存在明显的剥蚀作用或原始沉积减薄现象,说明断裂在二叠纪末期已经开始活动(图2~4)。从构造对沉积控制作用的角度来看, $F_1$ 断裂逆冲活动构成坡折带,使断裂带北侧三叠系生长地层超覆于二叠系顶面不整合之上,指示三叠纪断裂依然具有较强的活动性。

### 3.3 古近纪末逆冲-走滑断裂(或走滑-逆冲断裂)

古近纪末期发育的断裂是研究区主控断裂,主要由断裂 $F_3$ 及其派生断裂构成,在过断裂带的所有剖面上均清晰可见。断裂 $F_3$ 主要发育在古生界,向上延伸至古近系顶面,向下断入前寒武系,断层倾角可达 $70^\circ$ 。断垒背斜顶部遭受强烈剥蚀,上二叠统、古近系被剥蚀殆尽,而断裂两侧石炭系—二叠系和古近系厚度变化稳定,反映断裂活动开始于古近纪末期(图2~4)。根据断裂解析和平衡剖面复原结果,该期断裂沿构造带走向自西向东,逆冲分量逐渐减小,垂直逆冲断距由1 118 m逐渐减小为246 m;同时,断裂性质由逆冲-走滑转变为走滑-逆冲,说明断裂走滑分量逐渐增大(表1)。

### 3.4 上新世末—全新世铲式逆冲断裂

上新世末—全新世活动的浅层铲式逆冲断裂

$F_2$ 位于主控断裂 $F_3$ 顶部偏南侧,以古近系底部的膏盐层为主滑脱面,由南向北逆冲出地表,垂直断距为284~449 m。断裂上盘发育断层传播褶皱,新生界随断裂活动卷入变形,断垒背斜顶部遭受剥蚀。断裂带南翼生长地层由第四系底部开始发育,向断背斜轴部逐渐超覆减薄,说明断裂至全新世仍然活动。在由南向北水平挤压作用下,玛扎塔格断裂带中段具有最大的缩短位移量,形成向北凸出的弧形。此时,古近系膏盐层之下深层断裂也有轻微活动,与浅层断裂共同吸收了来自盆地南缘的冲断位移量。

## 4 构造演化过程分析

综合以上分析,玛扎塔格断裂带形成于晚奥陶世—泥盆纪,发展于二叠纪末—三叠纪,现今仍具活动性(图6),断裂活动在一定程度上控制了构造格局和地层的展布,其动力主要来源于周边板块与塔里木板块之间的相互作用。

南华纪开始,塔里木地块从Rodinia泛大陆裂解,形成独立且稳定的克拉通<sup>[17-20]</sup>。晚奥陶世—泥盆纪,北昆仑洋向北俯冲、消亡,中昆仑岛弧和中昆仑地体相继与塔里木地体碰撞造山,加之阿尔金地体的斜向推挤,塔里木西南缘由拉张环境转变为挤压环境<sup>[21-22]</sup>,发育和田古隆起(塔西南古隆起)。在叠加而成的SN向挤压应力场作用下,玛扎塔格断裂带发育深层铲式断裂,由南向北逆冲滑脱,中寒武统膏盐层作为滑脱层带动断裂带上盘大幅隆升,控

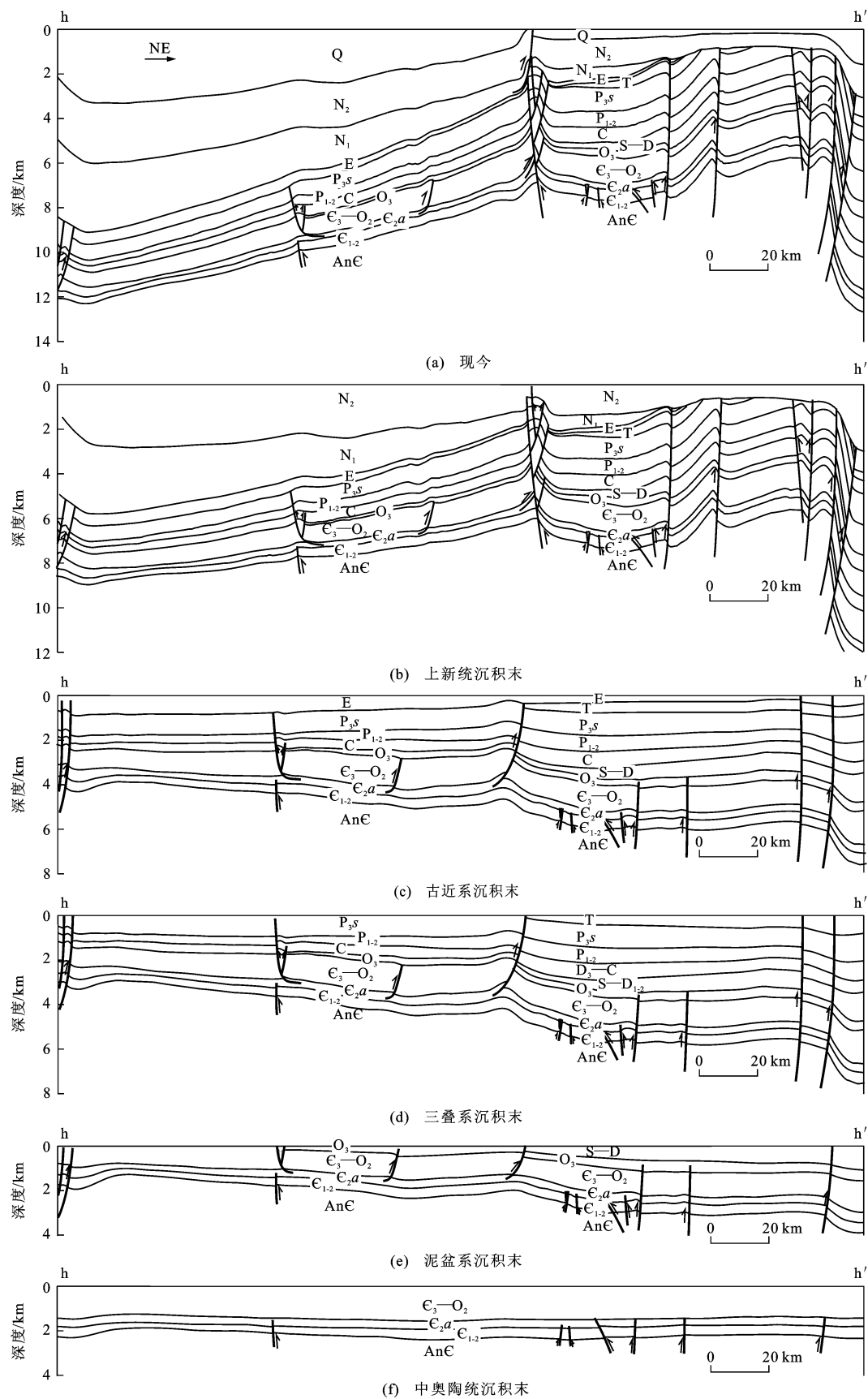


图 6 过玛扎塔格断裂带测线构造演化剖面

Fig. 6 Tectonic Evolution Sections Acrossing Mazhatage Fault Belt

制断垒带前翼(北翼)发育晚奥陶统一泥盆系生长地层楔[图7(a)]。

二叠纪末—三叠纪,古特提斯南、北大洋几乎同时关闭,甜水海地体和羌塘地体碰撞拼接,向北推挤塔里木地体形成大型碰撞造山带,盆地内部沿盆缘形成边缘隆起<sup>[23-25]</sup>。和田古隆起作为隆起带的一部

分,整体剧烈抬升并产生向北的挤压作用,导致玛扎塔格断裂带早期铲式断裂继承性活动,带动上寒武统一二叠系整体卷入变形,发育与断裂走向一致的褶皱带[图7(b)]。侏罗纪—白垩纪,断裂带仍位于盆内隆起区,地层整体抬升并经历准平原化作用,地层未见沉积<sup>[26]</sup>,据此推测这一时期断裂活动较弱。

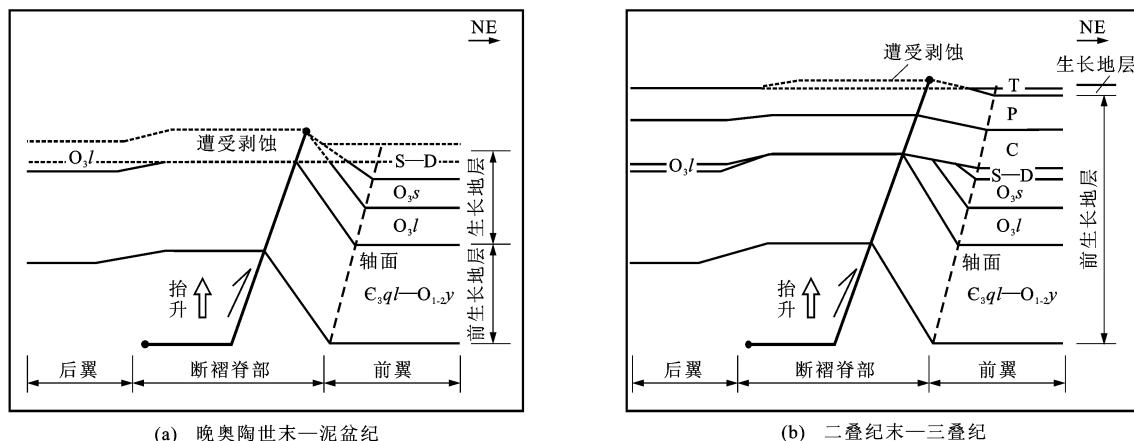


图7 玛扎塔格断裂带生长地层发育

Fig.7 Sketch Maps of Growth Strata of Mazhatage Fault Belt

古近系末期,由于印度板块与欧亚板块碰撞的远程效应,以及侏罗纪—古近纪新特提斯洋闭合所积聚能量的大量释放<sup>[24]</sup>,造成塔里木盆地南缘造山带强烈隆升并向盆内逆冲推覆<sup>[27]</sup>,构造负载作用使盆地西南部地层翘倾,构造格局由北倾反转为南倾,巴楚隆起逐渐隆升。在区域剪切应力场作用下,玛扎塔格断裂带发生构造反转,由早期向北逆冲转换为向南逆冲,发育走滑-逆冲断裂或走滑断裂,断面切穿古生界并错断早期铲式逆冲断裂,使断裂带内部构造组合样式复杂化。

上新世末期—全新世,青藏高原的快速崛起,西昆仑造山带向塔里木盆地再次大规模冲掩<sup>[28]</sup>,盆地南缘剧烈挠曲沉降,巴楚隆起作为塔西南前陆盆地和阿瓦提—库车前陆盆地共同的前缘隆起持续隆升。由于剧烈挤压作用和古近系膏岩层流动,麦盖提斜坡新生界向巴楚隆起逆冲滑脱,断裂带之上发育浅层铲式逆冲断层,截切古生界断裂带顶部,造就现今玛扎塔格断裂带深层铲式逆冲断裂、走滑-逆冲断裂(或走滑断裂)与浅层铲式逆冲断裂相叠加的构造样式。

## 5 油气地质意义

玛扎塔格断裂带断裂构造活动对和田河气田油气成藏有明显的控制作用,主要体现在对油气运移的控制作用和对油气藏的改造作用两方面。

### 5.1 对油气运移的控制作用

秦胜飞等研究揭示,研究区烃源岩主要来自下寒武统,主要储集层为奥陶系碳酸盐岩和石炭系<sup>[29-30]</sup>。中寒武统膏岩盐层全区连续分布,沉积厚度稳定、封闭性较好,是油气由烃源岩到储集层运移的不利因素。晚奥陶世—泥盆纪以及二叠纪末—三叠纪,玛扎塔格断裂带中、西段铲式逆冲断裂向深部滑脱于中寒武统膏岩盐层,可见该时期盐下寒武系烃源岩与盐上储层并没有直接相连,油气垂向运移的效果一般。侏罗纪—白垩纪,断裂活动性不强,对油气运移作用与前期基本类似。至古近系末期,断裂带中、西段发育断面北倾的高角度逆冲-走滑断裂,与早期南倾断面交切,构成断裂夹持的背斜构造,从而有效连接了烃源岩与上部奥陶系和石炭系储层(图3、4);而断裂带东段以走滑活动为主,断距较小,开启程度低,几乎未发现油气向上运移成藏,这一点已被油气勘探实践所证实(图5)。烃源岩的热演化史分析表明,和田河气田经历了加里东晚—海西早期、海西晚期和喜马拉雅期等3个成藏过程,其中喜马拉雅期构造运动是天然气聚集的主要时期<sup>[31]</sup>,与断裂带中、西段高角度逆冲-走滑断裂活动时间具有良好的对应关系,有利于油气沿断裂的垂向运移。上新世末期—全新世断裂主要活动于新生界,对油源的沟通作用不大。



## 5.2 对油气藏的改造作用

研究区圈闭类型比较单一,以与挤压背景有关的构造圈闭为主,断裂控制了构造圈闭的主体形态和演化过程。晚奥陶世—泥盆纪铲式逆冲断裂活动,与加里东晚期—海西早期成藏过程相匹配,断裂上盘发育断展褶皱,形成奥陶系碳酸盐岩油藏。但因隆起高部位缺失上奥陶统桑塔木组—泥盆系,上奥陶统良里塔格组及其之下碳酸盐岩在石炭系沉积前受风化剥蚀、大气淡水淋滤和构造裂缝的共同作用[图 7(a)],奥陶系古油藏被破坏,形成降解沥青<sup>[32]</sup>。二叠纪末—三叠纪铲式逆冲断裂继承性活动,与海西晚期天然气成藏过程相匹配,但是该期断裂对油气成藏主要具有破坏性的影响,断裂活动导致石炭纪—二叠纪形成的潜山披覆构造被刺穿[图 7(b)],天然气发生逸散<sup>[31]</sup>。侏罗纪—白垩纪构造整体抬升,天然气向构造高部位聚集,逸散作用加剧。古近纪末期,强烈的逆冲断裂活动造就了高角度逆冲断裂所夹持的断垒背斜样式,在奥陶系和石炭系形成了较好的圈闭构造,对喜马拉雅期次生天然气藏的形成有很强的控制作用。上新世末期之后,古生界断裂活动较弱,构造圈闭的规模和完整性得以保存,新生界断裂在浅层逆冲滑脱,造成地层重复、增厚,断层封闭性较好。

## 6 结 语

(1)根据最新地震资料精细解释成果,玛扎塔格断裂带以古近系为界,体现为深、浅两种层次的分层特征,同时沿断裂带走向又具有分段差异:深层铲式逆冲断裂主要发育在断裂带中、西段,走滑-逆冲断裂沿断裂走向自西向东转换为走滑-逆冲断裂,浅层铲式逆冲断裂各构造段均有发育。

(2)结合区域不整合、地层厚度变化以及生长地层样式分析,玛扎塔格断裂带主要经历 4 个构造变形阶段:晚奥陶世—泥盆纪铲式逆冲断裂、二叠纪末—三叠纪继承活动性铲式逆冲断裂、古近纪末逆冲-走滑断裂(或走滑-逆冲断裂)以及上新世末—全新世浅层铲式逆冲断裂等。

(3)晚奥陶世—泥盆纪和二叠纪末—三叠纪,玛扎塔格断裂为和田古隆起北倾斜坡的伴生断裂,向下滑脱于中寒武统膏岩盐层,对烃源岩和储层的沟通作用有限,且生成的古油气藏多因构造活动而破坏;古近系末期,断裂演化为巴楚隆起的南侧边界断裂,切穿古生界,成为天然气运移的有利通道,断裂带中、西段形成较好的断垒构造圈闭,与喜马拉雅期

主成藏期具有良好的时空配置关系。

## 参考文献:

## References:

- [1] 杨海军,李曰俊,冯晓军,等.塔里木盆地玛扎塔格构造带断裂构造分析[J].地质科学,2007,42(3):506-517.  
YANG Hai-jun, LI Yue-jun, FENG Xiao-jun, et al. Analysis on Thrustings of the Mazhatage Structural Belt in the Tarim Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2007, 42(3): 506-517.
- [2] 裴军令,李海兵,司家亮,等.早更新世以来青藏高原隆升作用在塔里木盆地腹地的响应[J].岩石学报,2011,27(11):3487-3498.  
PEI Jun-ling, LI Hai-bing, SI Jia-liang, et al. The Response of the Tibet Uplift Since Lower Pleistocene in the Centre of Tarim Basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(11): 3487-3498.
- [3] 杨庚,李伟,陈竹新,等.塔里木盆地和田河气田玛扎塔格滑脱背斜构造特征[J].石油与天然气地质,2015,36(4):563-572.  
YANG Geng, LI Wei, CHEN Zhu-xin, et al. Mazhatage Detachment Anticline in Hetianhe Gas Field, Tarim Basin, Western China[J]. Oil and Gas Geology, 2015, 36(4): 563-572.
- [4] 李曰俊,吴根耀,孟庆龙,等.塔里木盆地中央地区的断裂系统:几何学、运动学和动力学背景[J].地质科学,2008,43(1):82-118.  
LI Yue-jun, WU Gen-yao, MENG Qing-long, et al. Fault Systems in Central Area of the Tarim Basin: Geometry, Kinematics and Dynamic Settings[J]. Chinese Journal of Geology, 2008, 43(1): 82-118.
- [5] 张洪安,吴根耀,李曰俊,等.塔里木盆地西部巴楚断隆南界断裂带的主要特征和构造演化[J].地质通报,2011,30(10):1547-1556.  
ZHANG Hong-an, WU Gen-yao, LI Yue-jun, et al. Main Features and Structural Evolution of Southern Boundary Fractural Zone of the Bachu Fault-rise in Western Tarim Basin[J]. Geological Bulletin of China, 2011, 30(10): 1547-1556.
- [6] 任建业,张俊霞,阳怀忠,等.塔里木盆地中央隆起带断裂系统分析[J].岩石学报,2011,27(1):219-230.  
REN Jian-ye, ZHANG Jun-xia, YANG Huai-zhong, et al. Analysis of Fault Systems in the Central Uplift, Tarim Basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 2011, 27(1): 219-230.
- [7] 胡望水,陈毓遂,肖安成,等.塔里木色力布亚—玛扎塔格断裂系与油气[J].新疆地质,1996,14(1):61-

- 68.
- HU Wang-shui, CHEN Yu-sui, XIAO An-cheng, et al. Deformation of Serikbuya-Mazartag Fault System in Tarim and Its Relation with Oil-gas[J]. Xinjiang Geology, 1996, 14(1): 61-68.
- [8] 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): 539-546.
- HE Wen-yuan, LI Jiang-hai, QIAN Xiang-lin, et al. The Meso-Cenozoic Evolution of Bachu Fault-uplift in Tarim Basin[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2000, 36(4): 539-546.
- [9] 杨海军, 李曰俊, 曾昌民, 等. 塔里木盆地西部鸟山—古董山地区断裂构造分析[J]. 地质科学, 2015, 50(4): 1023-1043.
- YANG Hai-jun, LI Yue-jun, ZENG Chang-min, et al. Niaoshan-Gudongshan Structural Joint in Western Tarim Basin and Its Formation and Evolution[J]. Chinese Journal of Geology, 2015, 50(4): 1023-1043.
- [10] 吕 明, 汤良杰, 余腾孝, 等. 塔里木盆地巴楚隆起早古生代古构造格局研究[J]. 中国矿业大学学报, 2014, 43(1): 99-106.
- LU Ming, TANG Liang-jie, YU Teng-xiao, et al. Palaeotectonic Framework of the Early Paleozoic in Bachu Uplift, Tarim Basin[J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2014, 43(1): 99-106.
- [11] 郭 刚, 许应石, 欧 健. 新疆塔里木盆地西南缘盆山结合带新生代盆地演化与青藏高原北缘隆升的关系[J]. 西北地质, 2014, 47(4): 13-23.
- GUO Gang, XU Ying-shi, OU Jian. Evolution of Cenozoic Basin in Basin-range Junction Belt of Southwestern Tarim Basin and Its Relation with Uplift of North Qinghai-Tibet Plateau[J]. Northwestern Geology, 2014, 47(4): 13-23.
- [12] 汤良杰, 李 萌, 杨 勇, 等. 塔里木盆地主要前陆冲断带差异构造变形[J]. 地球科学与环境学报, 2015, 37(1): 46-56.
- TANG Liang-jie, LI Meng, YANG Yong, et al. Differential Structural Deformation of Main Foreland Thrust Belts in Tarim Basin[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2015, 37(1): 46-56.
- [13] 陈 刚, 汤良杰, 余腾孝, 等. 塔里木盆地玉北地区断裂构造变形及其控制因素[J]. 地球科学与环境学报, 2015, 37(3): 42-54.
- CHEN Gang, TANG Liang-jie, YU Teng-xiao, et al. Differential Deformation and Control Mechanism of Fault Structures in Yubei Area of Tarim Basin[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2015, 37(3): 42-54.
- [14] 陈 刚, 汤良杰, 余腾孝, 等. 塔里木盆地巴楚-麦盖提地区前寒武系不整合对基底古隆起及其演化的启示[J]. 现代地质, 2015, 29(3): 576-583.
- CHEN Gang, TANG Liang-jie, YU Teng-xiao, et al. Implications of Precambrian Unconformity to Basement Paleo-uplift and Its Tectonic Evolution of Bachu-Markit Area, Tarim Basin[J]. Geoscience, 2015, 29(3): 576-583.
- [15] 任建业, 阳怀忠, 胡德胜, 等. 塔里木盆地中央隆起带断裂活动及其对海相克拉通解体的作用[J]. 地球科学, 2012, 37(4): 645-653.
- REN Jian-ye, YANG Huai-zhong, HU De-sheng, et al. Fault Activity and Its Controlling to Marine Cratonic Breakup in Tarim Basin[J]. Earth Science, 2012, 37(4): 645-653.
- [16] 郭卫星, 漆家福, 李明刚, 等. 生长褶皱发育模式[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2010, 34(1): 1-6.
- GUO Wei-xing, QI Jia-fu, LI Ming-gang, et al. Development Models of Growth Fold[J]. Journal of China University of Petroleum: Natural Science Edition, 2010, 34(1): 1-6.
- [17] 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 Deng-fa, ZHOU Xin-yuan, YANG Hai-jun, et al. Formation Mechanism and Tectonic Types of Intracratonic Paleo-uplifts in the Tarim Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(2): 207-221.
- [18] GAO Z Q, FAN T L. Extensional Tectonics and Sedimentary Response of the Early-Middle Cambrian Passive Continental Margin, Tarim Basin, Northwest China[J]. Geoscience Frontiers, 2012, 3(5): 661-668.
- [19] 郑孟林, 邱小芝, 何文军, 等. 西北地区含油气盆地动力学演化[J]. 地球科学与环境学报, 2015, 37(5): 1-16.
- ZHENG Meng-lin, QIU Xiao-zhi, HE Wen-jun, et al. Geodynamic Evolution of Petroliferous Basins in Northwest China[J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2015, 37(5): 1-16.
- [20] 郑孟林, 王 毅, 金之钧, 等. 塔里木盆地叠合演化与油气聚集[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(6): 925-934.
- ZHENG Meng-lin, WANG Yi, JIN Zhi-jun, et al. Superimposition, Evolution and Petroleum Accumulation of Tarim Basin[J]. Oil and Gas Geology, 2014, 35(6): 925-934.
- [21] 许志琴, 李思田, 张建新, 等. 塔里木地块与古亚洲/特

- 提斯构造体系的对接[J]. 岩石学报, 2011, 27(1): 1-22.
- XU Zhi-qin, LI Si-tian, ZHANG Jian-xin, et al. Paleo-Asian and Tethyan Tectonic Systems with Docking the Tarim Block[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2011, 27(1): 1-22.
- [22] 林畅松, 李思田, 刘景彦, 等. 塔里木盆地古生代重要演化阶段的古构造格局与古地理演化[J]. 岩石学报, 2011, 27(1): 210-218.
- LIN Chang-song, LI Si-tian, LIU Jing-yan, et al. Tectonic Framework and Paleogeographic Evolution of the Tarim Basin During the Paleozoic Major Evolutionary Stages[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2011, 27(1): 210-218.
- [23] 贾承造. 塔里木盆地板块构造与大陆动力学[M]. 北京: 石油工业出版社, 2004.
- JIA Cheng-zao. *Tectonics and Continental Dynamics of Tarim Basin* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004.
- [24] 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 青藏高原与大陆动力学: 地体拼合、碰撞造山及高原隆升的深部驱动力[J]. 中国地质, 2006, 33(2): 221-238.
- XU Zhi-qin, YANG Jing-sui, LI Hai-bing, et al. The Qinghai-Tibet Plateau and Continental Dynamics: A Review on Terrain Tectonics, Collisional Orogenesis, and Processes and Mechanisms for the Rise of the Plateau [J]. *Geology in China*, 2006, 33(2): 221-238.
- [25] 邬光辉, 李启明, 肖中尧, 等. 塔里木盆地古隆起演化特征及油气勘探[J]. 大地构造与成矿学, 2009, 33(1): 124-130.
- WU Guang-hui, LI Qi-ming, XIAO Zhong-yao, et al. The Evolution Characteristics of Palaeo-uplifts in Tarim Basin and Its Exploration Directions for Oil and Gas[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 2009, 33(1): 124-130.
- [26] 贾承造. 中国塔里木盆地构造特征与油气[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997.
- JIA Cheng-zao. *Tectonic Characteristics and Petroleum in Tarim Basin of China* [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997.
- [27] WEI H H, MENG Q R, DING L, et al. Tertiary Evolution of the Western Tarim Basin, Northwest China: A Tectono-sedimentary Response to Northward Indentation of the Pamir Salient[J]. *Tectonics*, 2013, 32(2): 558-575.
- [28] 周瑞琦, 傅恒, 徐国盛, 等. 塔里木盆地周缘洋盆开合在盆地内部的构造沉积响应[J]. 科学技术与工程, 2014, 14(35): 5-15.
- ZHOU Rui-qi, FU Heng, XU Guo-sheng, et al. The Opening-closing of Surrounding Ocean Basin in Response to Tectonic-sedimentation in Tarim Basin[J]. *Science Technology and Engineering*, 2014, 14(35): 5-15.
- [29] 秦胜飞, 贾承造, 李梅. 和田河气田天然气东西部差异及原因[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(5): 16-18.
- QIN Sheng-fei, JIA Cheng-zao, LI Mei. The Difference in Geochemical Characteristics of Natural Gases Between Eastern and Western Parts in Hetianhe Gas Field of Tarim Basin and Its Origin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2002, 29(5): 16-18.
- [30] 李洪辉, 邬光辉, 王洪江, 等. 塔里木盆地和田河气田周缘构造演化、成藏与勘探领域[J]. 现代地质, 2009, 23(4): 587-594.
- LI Hong-hui, WU Guang-hui, WANG Hong-jiang, et al. Structural Evolution, Reservoir-forming and Exploration Field of Peripheral Area of the Hetianhe Gas Field in Tarim Basin [J]. *Geoscience*, 2009, 23(4): 587-594.
- [31] 王招明, 王清华, 赵孟军, 等. 塔里木盆地和田河气田天然气地球化学特征及成藏过程[J]. 中国科学: D辑, 地球科学, 2007, 37(增2): 69-79.
- WANG Zhao-ming, WANG Qing-hua, ZHAO Meng-jun, et al. Natural Gas Geochemical Characteristics and Accumulation Process of Hetianhe Gas Field, Tarim Basin [J]. *Science in China: Series D, Earth Sciences*, 2007, 37(S2): 69-79.
- [32] 杨威, 魏国齐, 王清华, 等. 和田河气田奥陶系碳酸盐岩储层特征及建设性成岩作用[J]. 天然气地球科学, 2003, 14(3): 191-195.
- YANG Wei, WEI Guo-qi, WANG Qing-hua, et al. Carbonate Rock Reservoir and Constructive Diagenesis of Ordovician in Hetianhe Gas Field, Tarim Basin [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2003, 14(3): 191-195.