

文章编号:0253-9985(2010)06-0795-07

塔里木盆地西部罗斯塔格地区断裂特征和活动时代

赵岩¹,李勇²,吴根耀¹,师骏²,李日俊¹,敬兵²

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029;

2. 中国石油天然气股份有限公司塔里木油田分公司石油勘探开发研究院,新疆库尔勒 841000)

摘要:通过对塔里木盆地西部罗斯塔格地区地震资料的构造解释,认为海米-罗斯塔格深部断裂是一条走滑-斜冲断裂,向东随冲断作用增强断裂带变宽,内部结构趋于复杂;其北西走向段以右行走滑为主,起构造变换作用。该断裂在白垩纪—古近纪早期活动,向北冲断,向下收敛于中—下寒武统膏盐层。同时活动的沙垅断裂向南西冲断,深切入基底。海米-罗斯塔格浅部断裂在更新世向北冲断,向下收敛于古近系底部膏盐层。罗斯塔格地区位于巴楚断隆的南界断裂带由近东西走向转变为近北西走向的部位,含油气断裂构造带发育欠佳,油气勘探前景不容乐观。

关键词:海米-罗斯塔格断裂带;沙垅断裂带;断裂活动;油气勘探;塔里木盆地

中图分类号:TE121.1

文献标识码:A

Characteristics and timing of faults in Luositage area, the western Tarim Basin

Zhao Yan¹, Li Yong², Wu Genyao¹, Shi Jun², Li Yuejun¹ and Jing Bing¹

(1. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

2. Research Institute of Petroleum Exploration & Development, PetroChina Tarim Oilfield Company, Korla, Xinjiang 841000, China)

Abstract: Detailed interpretations of seismic profiles are carried out for analyzing features in the Luositage area, western Tarim Basin. The results reveal that the deep Haimi-Luositage fault is a strike-slipping-oblique thrust fault. Towards the east, the fault belt becomes wider and its inner configuration gets more complex along with the intensification of thrusting. The NW-striking segment of the fault is dominated by dextral strike-slipping and acts as a relay structure. This fault activated in the Cretaceous-Early Paleogene when it thrust northwards and ceased downwards in the Lower-Middle Cambrian salts. The contemporaneous Shalong fault thrust southwards and were deeply involved in the basement. The shallow Haimi-Luositage fault thrust northwards during the Pleistocene and ceased downwards in salts at the bottom of the Paleogene. The Luositage area, situated in a relay zone where the southern boundary fault of the Bachu faulted uplift changes from near EW striking into near NW-striking, is not a good place for the development of fault-related structures where hydrocarbons can accumulate. Therefore, it is probably not a favorable lead.

Key words: Haimi-Luositage fault belt, Shalong fault belt, fault activation, hydrocarbon exploration, Tarim Basin

巴楚断隆是塔里木盆地西部一个次级构造单元,与邻侧构造单元(北为北部坳陷的阿瓦提凹陷,东为塔中隆起,东南和南部分别是西南坳

陷的塘沽孜巴斯凹陷和麦盖提斜坡)间均为断裂接触。其南界断裂自东向西断裂走向由近东西向变为近北西向,即:东段的玛扎塔格断裂带

收稿日期:2010-05-19。

第一作者简介:赵岩(1981—),男,博士研究生,构造地质。

基金项目:国家科技重大专项(2008ZX05008-063-001);国家自然科学基金项目(40972085);国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2006CB 202301)。

以近东西走向为主,西段色力布亚断裂带为近北西向(图 1)。海米-罗斯塔格断裂带正位于南界断裂带走向的变换处,其东段(罗斯塔格断裂)走向近东西,西段(海米塔格断裂)走向近北西,对研究区域断裂系统的演化有重要意义。

目前,沿海米-罗斯塔格断裂已完成罗南 1 井和罗斯 1 井两口预探井,钻井揭示该区缺失泥盆系、石炭系底部东河砂岩和中生界(表 1)。两口井都钻遇石炭系巴楚组生物碎屑灰岩,罗南 1 井钻达下奥陶统,但这两套目的层均未见油气显示。岩心和电测资料表明其失利的原因是目的层储层物性差、储油构造未落实。

为了对该断裂带有更深入的认识,在前人工作^[1~7]基础上,通过罗南 1 井 VSP 资料对剖面层位进行精确标定,重点剖析了过该井的 MZ93-84 地震剖面的构造特征,结合其它地震剖面的解析,研究了海米-罗斯塔格断裂带活动样式、构造演化、形成机制和区域动力学背景。同时对该区另一条重要断裂沙垅断裂(带)也进行了研究。

1 地震剖面解释

研究中对海米-罗斯塔格断裂带的联合地震剖面进行了解释(图 2)。主测线 MZ93-84 地震剖面位于断裂带的东西走向段(也称罗斯塔格断裂带,北西走向段称海米塔格断裂带)(图 2d,图 3a)。研究表明罗斯塔格断裂带发育两条不同时代的断裂(图 3a)。罗斯塔格深部断裂(F_1)向南倾,向深部延伸倾角变缓收敛于地震反射的 T_8^7 界面(中-下寒武统膏盐层的底面),向上断裂分叉为两支,切穿古生界且可突破 T_8 界面(新生界的底面)而进入古近系底部。表明断裂是沿 T_8^7 界面向北滑脱的冲断层,但其垂直断距并不大,可能还伴有走滑活动。罗斯塔格浅部断裂(F_2)发育于新生界内,向北冲断,向下延伸收敛于 T_8 界面。因冲断量较大,部分地段可造成 T_8 界面重复出现。剖面上近北西走向的沙垅断裂(F_3)向下切入前寒武系,向上止于 T_8 界面,向南西冲断;其东北还有两条近北西走向的冲断层(F_4 , F_5),向东北陡倾,是沙垅断裂的次级构造。

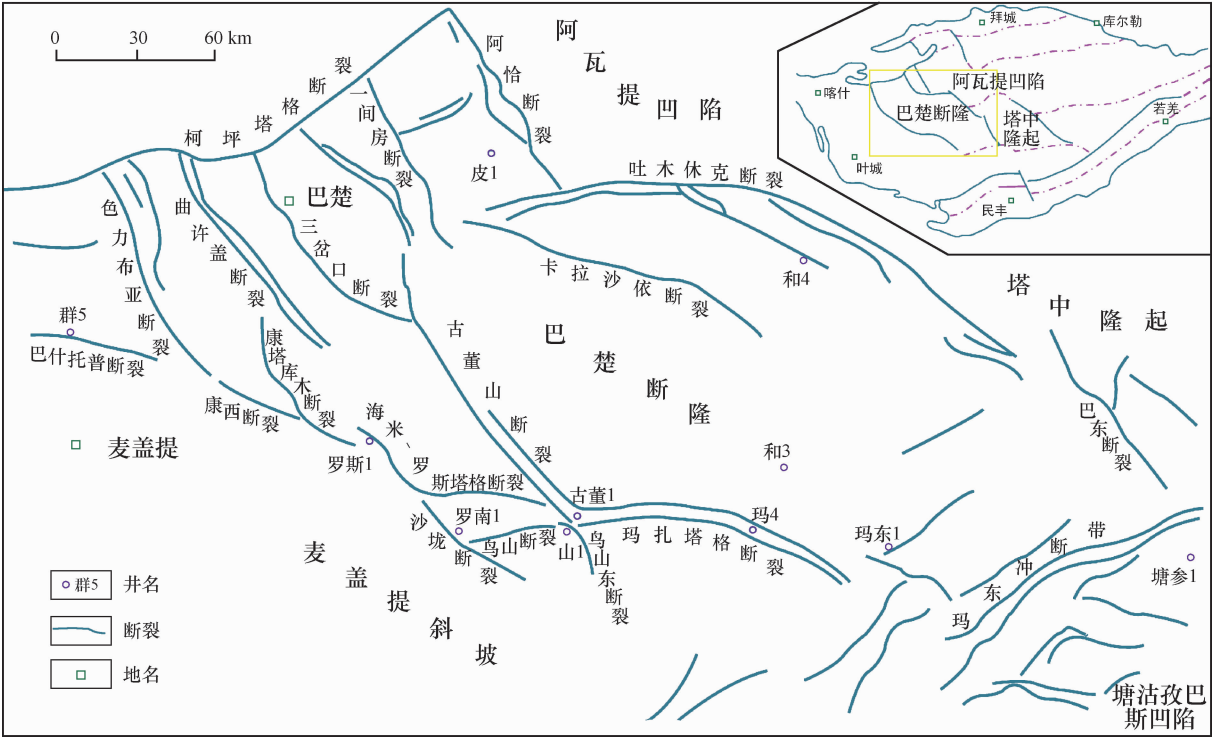


图 1 塔里木盆地西部罗斯塔格地区构造区划与断裂分布
Fig. 1 Structural Units and distribution of faults in Luositage area, the western Tarim Basin

表1 塔里木盆地西部罗斯塔格地区罗南1井和罗斯1井揭示的区域地层柱状图

Table 1 Stratigraphic columns revealed by Luonan-1 well and Luosi-1 well in Luositage area, the western Tarim Basin

系	统	组	钻井分层		罗南1井		罗斯1井		地震反射界面
					底界井深/m	视厚度/m	底界井深/m	视厚度/m	
新近系	更新统一全新统			50	50				— T ₃ —
	上新统	阿图什组		1 937.5	1 888	1 161	1 161	— T ₈ — — T ₈ ² — — T ₈ ³ — — T _g ¹ —	
		乌恰群							
古近系				1 995	57.5				
白垩系									— T _g ^{2'} — — T _g ³ — — T _g ⁵ — — T _g ⁶ —
侏罗系									
三叠系									
二叠系	中-上统		上碎屑岩段	2 741.5	746.5	1 374	213		
			火山岩段	3 210	468.5	1 973.5	599.5		
			下碎屑岩段	3 378	168	2 321.5	348		
	下统	南闸组		3 403.5	25.5	2 348.5	27		
石炭系	上统	小海子组	灰岩段	3 654	250.5	2 522.5	174		
		卡拉沙依组	砂泥岩段	3 768	114	2 625.5	103		
			上泥岩段	3 827	59	2 681.5	56		
	下统	巴楚组	标准灰岩段	3 950	123	2 816.5	135		
			下泥岩段	含膏泥岩亚段	4 096	146	2 994	177.5	— T _g ³ —
				上泥岩亚段					
				生屑灰岩亚段	4 135	39	3 033	39	
				下泥岩亚段	4 261	126	3 180.5	147.5	
				砂砾岩段	4 290	29	3 209	28.5	
			东河塘组	东河砂岩段					
泥盆系									
志留系	中-上统		上砂岩段			3 387.5	178		
			中泥岩段			3 557.5	170		
			下砂岩段	4 397	107	4 058.5	501		
奥陶系	上统		泥岩段	4 628	148				
	中统		灰岩段						
	下统		灰岩白云岩段	4 370	103				
			白云岩段						
寒武系								— T _g ^{6'} — — T _g ⁷ —	

MZ00-91地震剖面位于MZ93-84剖面以东约7 km处(图2e,图3b)。罗斯塔格断裂带仍由深部断裂(F₁)和浅部断裂(F₂)组成,但F₁的形态已有不同。1)在剖面MZ93-84中,F₁的北支和南支在T_g⁵界面以下(奥陶系中)汇合,向下倾角变缓并收敛于T_g⁷界面(图3a);但在此剖面上F₁的北支和南支分别切过

奥陶系和寒武系,收敛于T_g⁷界面(图3b)。2)北支断裂与南支断裂间的距离变大。3)南支断裂发育分支断裂,也向北冲断,两者在T_g²界面以下(石炭系中)会合。4)南支断裂及其分支断裂向上均突破T₈界面并切入古近系底部,北支断裂上延消失于上二叠统中。表明南支断裂是罗斯塔格深部断裂的主干断裂。

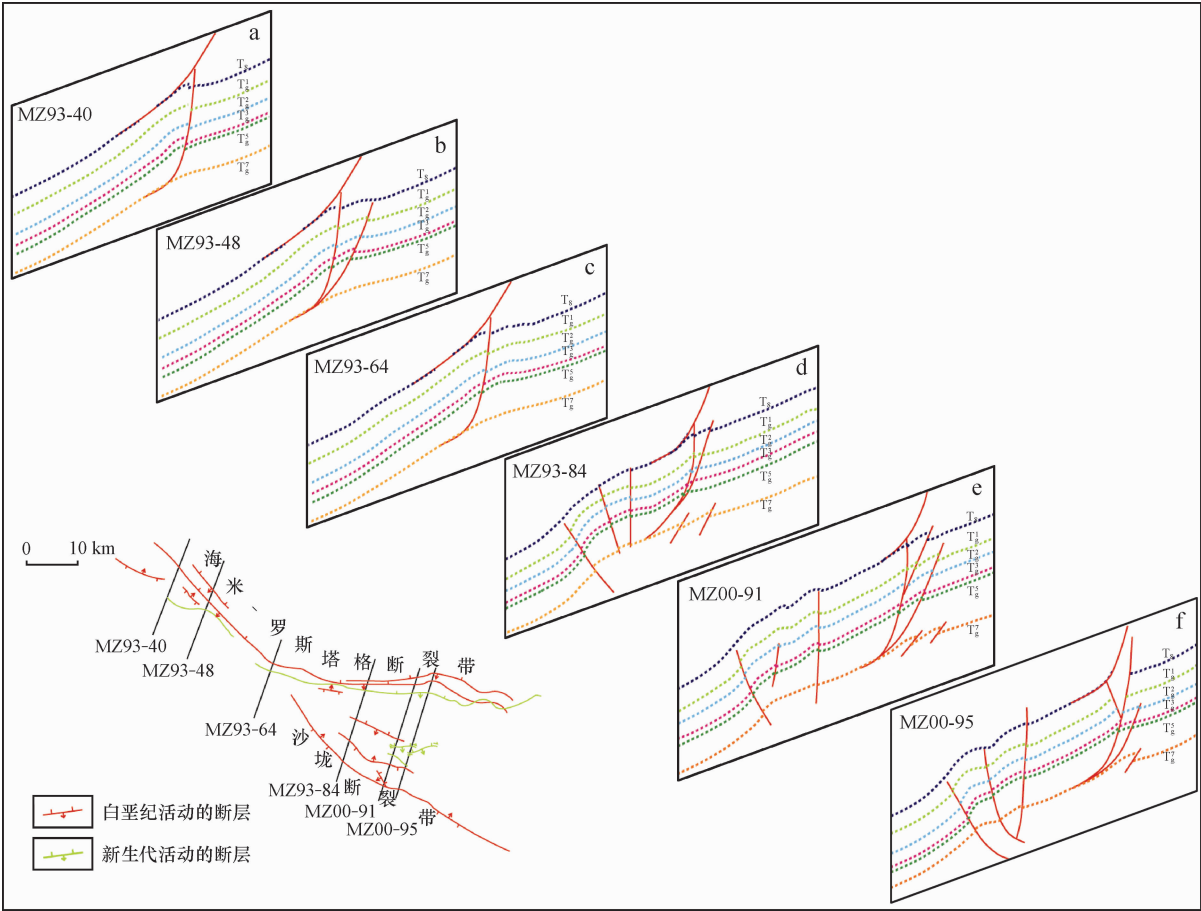


图2 塔里木盆地西部海米-罗斯塔格断裂带联合地震剖面

Fig. 2 Combined seismic profiles of the Haimi-Luosi tage fault belt in the western Tarim Basin

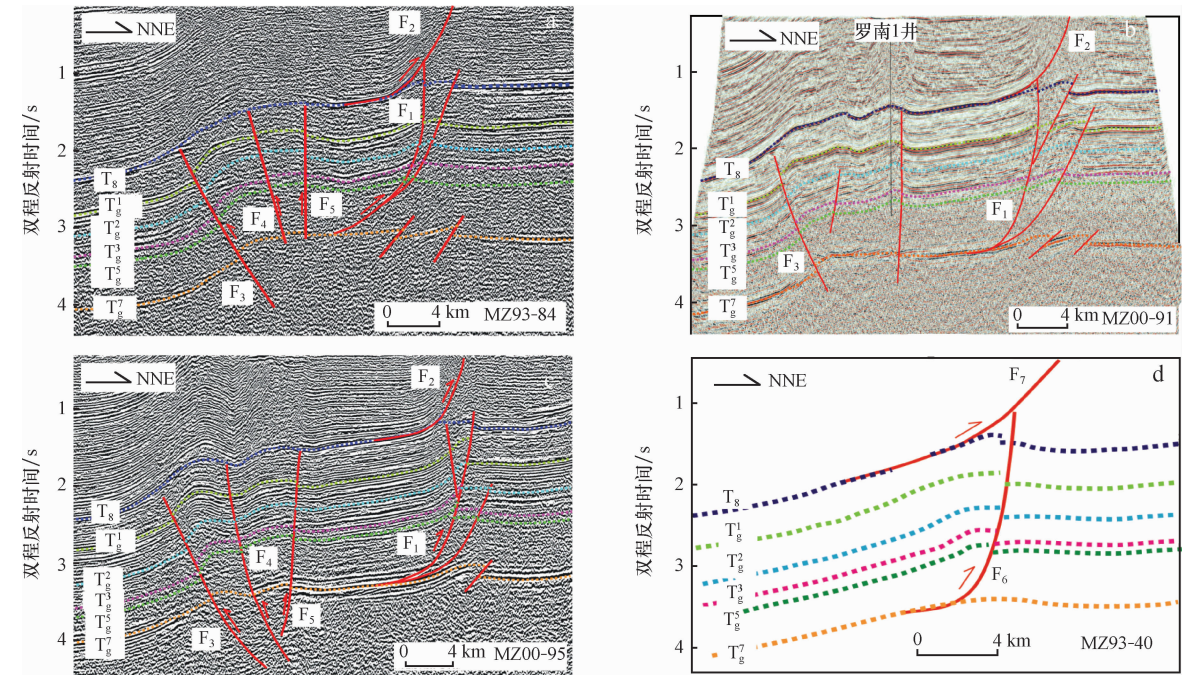


图3 塔里木盆地西部过海米-罗斯塔格断裂带典型地震剖面

Fig. 3 Four typical seismic profiles across the Haimi-Luosi tage fault belt in the western Tarim Basin

位于MZ00-91剖面以东约2 km处的MZ00-95地震剖面中 F_1 主干断裂的南支断裂因发育向南冲的背冲断裂而进一步复杂化(图3c);北支断裂上延止于 T_g^2 界面(二叠系底面)。通过MZ93-84,MZ00-91和MZ00-95等3条剖面对比分析,发现 F_1 断裂的垂直断距明显增大,表明罗斯塔格断裂作为一条具走滑分量的逆冲断层,越向东其冲断的特征越明显。该剖面也进一步揭示了沙垅断裂带的发育特征,即:沙垅北断裂(F_4)向下延伸与沙垅断裂(F_3)会合,两者均向南西冲断; F_5 向下延伸止于 F_4 ,向北冲断,构成沙垅断裂带中的背冲断层。

海米塔格深部断裂则与罗斯塔格深部断裂有明显不同。平面上呈北西向延伸,断层线相对平直,不像罗斯塔格深部断裂那样呈反“S”形弯曲(北西西向-东西向-北西西向);此外,它仅在部分地段(图2b)分为两支,构成断裂带,大部分地段它是单支断裂。在地震剖面上海米塔格深部断裂(F_6)向下延伸也收敛于 T_g^7 界面(图2,图3d),但断层面相对平直(罗斯塔格深部断裂的断层面呈弧形弯曲),倾角甚陡。表明海米塔格深部断裂以走滑活动为主,兼有斜冲。海米塔格浅部断裂(F_7)的活动特点与罗斯塔格浅部断裂(F_2)基本一致,只是平面延伸距离较短。

2 活动方式和活动时代

为了研究该区断裂活动方式和时代,分析了是罗斯塔格地区和其南部鸟山地区 T_g 反射界面(新生界的底面)上断裂分布特征(图4)。不仅对海米-罗斯塔格断裂特征进行了分析,而且对其南部鸟山北右行剪切断裂、鸟山断裂带和以东的鸟山东(古董山)断裂带也进行了研究,以利于从区域上考察断裂活动方式和变换构造的发育。

2.1 海米-罗斯塔格深部断裂和沙垅断裂

研究表明这两条断裂显然是在中生代(古近系沉积之前)活动的,主要活动期是白垩纪,可延续到古近纪早期。其原因如下:1)塔西南地区盆地发育与西昆仑造山带的演化耦合^[8,9],与铁克里克推覆体的向北逆冲有关。侏罗-白垩纪是铁克里克的第一次冲断高峰期^[10],这受下列两个因素制约:一是西昆仑洋三叠纪闭合,晚三叠-早侏罗世开始发生陆-弧碰撞(磨拉石建造始自早侏罗世)^[9];二是早白垩世印度河-雅鲁藏布洋发生大规模的消减^[11],之后随洋盆闭合印度板块与欧亚板块发生碰撞,这一造山作用导致西昆仑山崛起并在山前形成冲积扇-扇三角洲相沉

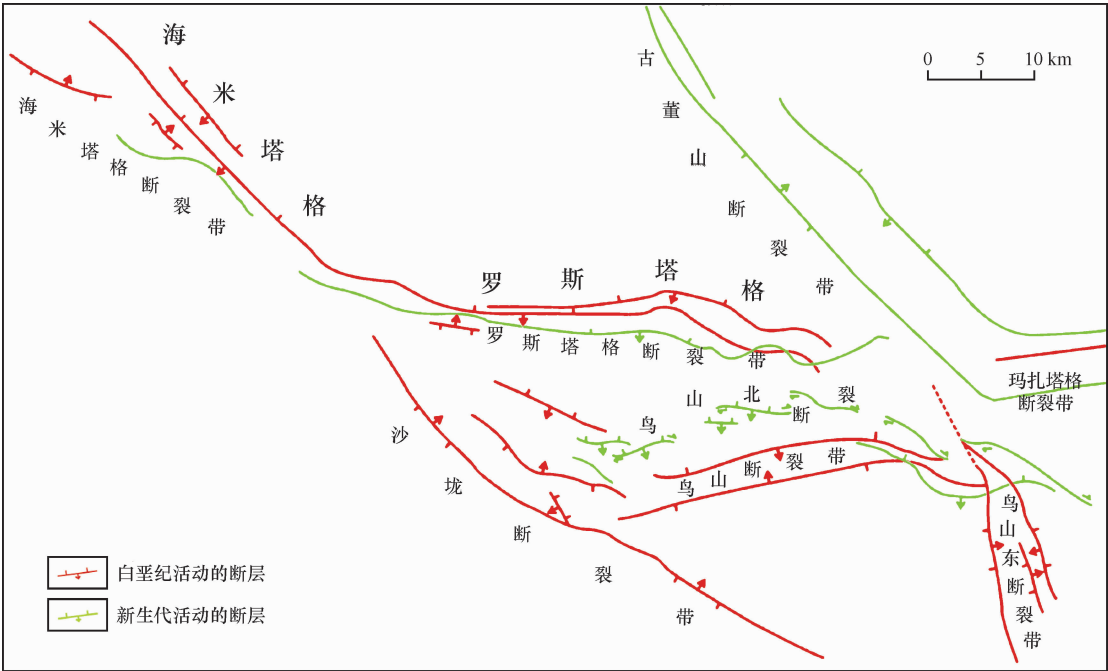


图4 塔里木盆地西部罗斯塔格-鸟山地区 T_g 反射界面上的断裂分布

Fig. 4 Fractures on the T_g interface (subface of the Cenozoic) in Luositage-Niaoshan area, the western Tarim Basin

积^[12]。巴楚断隆中生代长期隆起,作为一个稳定地块阻挡了冲断带的继续向北扩展,海米-罗斯塔格断裂作为前锋断裂成为巴楚断隆与麦盖提斜坡间的分界。沙垅断裂早加里东运动时曾向南西冲断(另文讨论),白垩纪时其西北段(乌山断裂带以北)因罗斯塔格深部断裂和乌山深部断裂的向北冲断而被激活。2)其东部塔中低凸起和塘沽孜巴斯凹陷有下白垩统发育,晚白垩世隆起^[9]指示了挤压作用和冲断活动影响的范围扩大;其西部喀什凹陷有大面积的白垩系发育,但在东部(邻近麦盖提斜坡的地区)缺失白垩系^[13],可能也与该期冲断活动有关。3)其东部玛扎塔格断裂带^[14]深部断裂和其西巴什托普断裂^[15]在新生界沉积前(晚白垩世—白垩纪末)都发生过冲断,向下延伸也都收敛于 T_7^7 界面。4)研究区古近系发育较差,甚至与邻区厚逾百米的古近系(如山1井揭示的古近系视厚度为885 m)相比也形成明显的反差,应与海米-罗斯塔格深部断裂和沙垅断裂在古近纪早期的活动有关。前者切过 T_8 界面进入新生界底部,为其在古近纪早期活动提供了直接证据。沙垅断裂带的3条断层尽管上延都止于 T_8 界面,但其活动形成的古构造格局和古地貌对古近系沉积乃至后期变形有直接的控制作用。

海米-罗斯塔格深部断裂是一条压扭性断裂。其越向东(近东西走向的罗斯塔格深部断裂)冲断活动越明显;相应地断裂带宽度变大,内部结构变复杂。北西向的海米塔格深部断裂以走滑活动为主,兼有斜冲。区域上其与近北西走向的乌山东(古董山)断裂构成右行斜列走滑断裂带,在晚燕山期的俯冲型造山作用形成的近东西走向挤压构造带的发育中起了构造变换带的作用,其东部与西部的白垩纪冲断活动特征有较明显不同(另文讨论)。沙垅断裂(西北段)与海米塔格深部断裂呈左行斜列,是早加里东期断裂在晚燕山期发生继承性活动,向南西冲断。

2.2 海米-罗斯塔格浅部断裂

海米-罗斯塔格浅部断裂形态简单,延伸也相对平直,总体呈北西西走向,故在各地地震剖面上几乎表现出相同的形态。该断裂显然是新生代形成和活动的。塔西南地区新生代的强烈冲断作用可分为两期,分别发生在中新世和更新世^[13~15]。研究表明其冲断活动发生在更新世。1)尽管地震

剖面上未区分出新生界内的地震反射界面,钻井已揭示该地缺失中新统,更新—全新统厚度较小, T_8 界面以上的地层以上新统为主,已被海米-罗斯塔格浅部断裂切穿,为它在更新世的活动提供了直接依据。2)其西部从原色力布亚断裂带中单独分出的康西(浅部)断裂^[16],其东部玛扎塔格浅部断裂^[15],及邻近的喀什地区^[13]的更新世冲断层,都表现为自南(西)向北(东)冲断,向下延伸均收敛于古近系底部的膏盐层。海米-罗斯塔格浅部断层的活动特征与其一致,表明同属西昆仑前陆褶皱冲断系。3)海米-罗斯塔格断裂夹持在北西向的康塔库木断裂和古董山断裂之间,后者中新世都发生向南西的冲断,前者却不活动,表明它处于一个特殊的构造部位。上已述及,海米塔格深部断裂和乌山东(-古董山)断裂在白垩纪近东西走向的冲断带活动时起了构造变换作用,中新世时这一地区仍有构造变换带发育,只是挤压冲断带和剪切变换带的走向都发生了变化:罗斯塔格断裂以南的乌山北右行剪切断裂在北西向断裂的冲断活动中起了构造变换作用,吸收了冲断变形量,使海米-罗斯塔格浅部断裂处于相对稳定状态。

3 油气远景浅析

尽管塔西南地区的北西西向构造对油气勘探有重要意义^[17~19],基于储油构造发育和后期改造两点考虑,本文对罗斯塔格地区的油气勘探前景并不持乐观态度。

就储油构造而言,塔里木盆地的一大特点是,作为有效圈闭的各种褶皱的发育常受制于断层(可统称为断层相关褶皱),故含油气构造带常是断裂构造带^[19]。像玛扎塔格断裂带,由玛南断裂与玛北断裂构成的断裂带宽5~6 km,长逾120 km,带内的背斜褶皱幅度大,连续性好,因而在断裂带西段(东西走向段)和中段(东西走向变为北西西走向的转折段)即玛8、玛2和玛4等背斜圈闭上发现和田河气田^[18]。海米塔格深部断裂在大部分地区是单条断裂,且其活动以走滑为主。罗斯塔格深部断裂尽管有两条断裂构成断裂构造带,其西段断裂带宽度小于1 km,东段断裂带宽度稍大,约2~2.5 km。该断裂上盘尽管有牵引背斜发育,但伴有低级别断层发育,冲断伴有走滑活动,兼之其南部被乌山北断裂及沙垅断裂所截,古

生界沿 T_g^7 界面的滑脱量有限,故只能形成低幅度的褶皱构造,带内不易形成好的背斜圈闭(图3)。沙垅断裂带西北段相对开阔,带内可形成较好的背斜圈闭,但断裂带长度太短(限于罗斯塔格断裂与乌山断裂之间),仅十余千米。

后期改造包括油气形成后的改造和储油构造遭受的改造。在和田河气田,钻井揭示了6个含气层段,自上至下为:石炭系卡拉沙依组砂泥岩段,巴楚组标准灰岩段、生屑灰岩亚段、下泥岩亚段、砂砾岩段,和奥陶系灰岩(古潜山)^[20]。这6个层段在罗斯塔格地区均有发育(仅卡拉沙依组砂泥岩段的厚度相对较小),但均未见油气显示。原因可能是罗斯塔格断裂及其南部地区二叠纪的基性岩侵入活动较为强烈^[21],火山岩的厚度也较大(表1),这一热事件及相伴的构造行为(如发育张节理或张裂缝,局部隆升,辉绿岩脉穿入等)可能是对奥陶系和石炭系中油气的第一次破坏。白垩纪是储油构造的形成期。如前所述,海米塔格深部断裂和乌山东断裂是白垩纪近东西走向的冲断带中的构造变换带。罗斯塔格地区恰好夹持在这两条断裂之间,因而位于巴楚断隆的南界断裂带由近东西走向转变为近北西走向的部位。中新世区域上北西向断裂普遍发生向南西的冲断,近东西走向的乌山北断裂发生右行走滑,构成北西向冲断系中的剪切变换断层(另文讨论)。表明白垩纪的构造变换带在中新世因乌山北断裂的发育而进一步复杂化;相应地,白垩纪形成的储油构造在中新世遭受了较强烈的改造。一个典型实例是罗斯塔格断裂带以南的、活动方式和时代均与之十分相似的、近东西走向的乌山断裂带(另文讨论),位于后者东端1995年钻探的山1井是麦盖提斜坡北缘地区的第一口工业油气流井(和田河气田1997年发现)。之后在山1井以西钻探的山2井因钻遇乌山北断裂而失利,从此乌山断裂带的油气勘探再无建树,充分说明乌山北断裂的发育对乌山断裂带中白垩纪形成的含油气构造的破坏。

综上所述,罗斯塔格地区的储油构造发育欠佳,兼之位于近北西向的海米塔格断裂和乌山东(古董山)断裂构成的构造变换带上,后期改造较强,油气勘探前景不容乐观。向西(巴什托普阔什拉克断裂构造带)和向东(玛扎塔格断裂构造带)随断裂构造带变宽和变形强度降低,油气勘探前景变好,是可供下一步精细勘探考虑的地区。

参 考 文 献

1 李新民,丁勇,张旭,等.巴楚-麦盖提地区不整合面特征与油气分布关系[J].新疆石油地质,2001,22(6):475~477

2 刘高波,施泽进,余晓宁.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

3 王宏语,樊太亮,魏福军,等.塔里木盆地巴楚中部地区寒武系盐下构造发育特征[J].石油与天然气地质,2004,25(5):554~558

4 肖安成,杨树锋,李曰俊,等.塔里木盆地巴楚-柯坪地区新生代断裂系统[J].石油与天然气地质,2005,26(1):78~85

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

6 邵志兵,吕海涛,耿锋.塔里木盆地麦盖提地区石炭系油藏地球化学特征[J].石油与天然气地质,2010,31(1):84~90

7 吕海涛,张仲培,邵志兵,等.塔里木盆地巴楚-麦盖提地区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):76~84

8 吴根耀,马力.“盆”“山”耦合和脱耦在含油气盆地分析中的应用[J].石油实验地质,2003,25(6):648~660

9 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

10 高长林,叶德燎,张玉箴,等.塔里木中新生代盆地扩张和盆地俯冲与地幔柱[J].石油实验地质,2003,25(6):661~669,678

11 吴根耀,王晓鹏,钟大赉.藏东南地区早白垩世的安第斯型弧火山岩[J].岩石学报,1999,15(3):422~429

12 孙龙德.塔里木盆地库车坳陷与塔西南坳陷早白垩世沉积相与油气勘探[J].古地理学报,2004,6(2):252~260

13 苗继军,贾承造,侯向辉,等.塔里木盆地西部喀什地区新生代褶皱冲断带构造解析[J].地质科学,2007,42(4):740~752

14 金之钧,蔡立国.中国海相油气勘探前景,主要问题与对策[J].石油与天然气地质,2006,27(6):722~730

15 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

16 庞雄奇.中国西部叠合盆地深部油气勘探面临的重大挑战及其研究方法意义[J].石油天然气地质,2010,31(5):517~534,541

17 孟庆龙,李曰俊,敬兵,等.塔里木盆地西部巴什托普断裂的主要特征及其油气勘探意义[J].地质科学,2008,43(3):569~575

18 孟庆龙,李曰俊,师骏,等.塔里木盆地西部色力布亚断裂和康西断裂的主要特征及活动时代[J].地质科学,2008,43(2):282~293

19 吴根耀,杨海军,王步清,等.塔里木克拉通继承性构造与新生构造并存的时空发育特征及其对海相油气勘探的指导[J].石油实验地质,2009,31(4):315~323

20 杨威,王清华,赵仁德.和田河气田奥陶系碳酸盐岩裂缝[J].石油与天然气地质,2000,21(3):252~255

21 罗俊成,李曰俊,雷刚林.巴楚断隆火成岩研究[A].见:王福同,编.第三届天山地质矿产资源学术讨论会论文集[C].新疆乌鲁木齐:新疆人民出版社,2000.475~482

(编辑 张亚雄)