

塔北隆起西部英买32地区寒武系—奥陶系 断裂特征及其对油气成藏的影响

成凡¹,朱才伐^{1,2},戴传瑞³,常少英³,王茂林¹,周晓龙¹,陈俊舟¹,于洋¹

(1.中国石油大学(北京)地球科学学院,北京 102249; 2.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; 3.中国石油杭州地质研究院,浙江 杭州 310023)

摘要:塔北隆起西部英买32地区经历多期构造运动,地层剥蚀严重、断裂发育。在前人研究的基础上,根据构造地质学、构造应力学和构造成藏学理论,对研究区寒武系—奥陶系的构造演化及断裂特征进行分期次、分性质、分走向研究。结果表明,英买32地区主要发育3期断裂,分别为晚加里东期断裂、早海西期断裂和晚海西期断裂;其中,早海西期断裂和晚海西期断裂均持续活动至白垩纪。根据断裂是否控制潜山边界及内部隆坳的形成、断裂发育规模及断距,将研究区寒武系—奥陶系断裂分为3级,其中油气主要分布于一级和二级断裂控制的区域。研究区寒武系—奥陶系以发育逆冲断裂和走滑断裂为主,致使其潜山内部形成隆坳相间的构造格局,并形成花状、背冲和叠瓦状逆冲等构造样式。通过综合分析断裂特征以及油气分布规律可知,正花状构造高部位为研究区最有利的油气聚集区。

关键词:寒武系—奥陶系 断裂特征 构造样式 油气成藏 英买32地区

中图分类号:TE112.3

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2014)06-0053-04

前人对塔北隆起的构造特征已进行了较为深入的研究^[1-17],但针对塔北隆起西部英买32地区构造演化和断裂特征的研究却仅限于区域上的宏观描述,缺乏对断裂特征及其如何控制油气成藏的深入研究,不能满足油藏开发的需要。为此,运用构造地质学、构造应力学和构造成藏学理论,对英买32地区寒武系—奥陶系的构造演化和断裂特征进行分期次、分性质、分走向的研究,并综合油气分布规律,分析断裂对油气成藏的影响,以期对研究区油藏的精细勘探提供借鉴和参考。

岩和下白垩统卡普沙良群泥岩所覆盖。

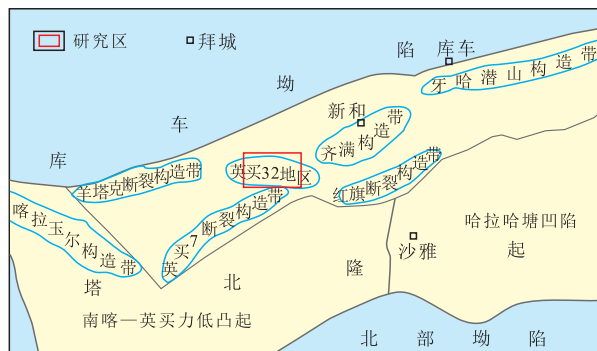


图1 塔北隆起西部英买32地区区域构造位置

1 地质概况

英买32地区位于塔里木盆地塔北隆起西部轮台凸起西段,为大型复合型潜山,整体表现为北倾的大型斜坡,是塔北隆起古生界潜山的最高部位,其中—新生界属于库车前陆盆地前缘隆起部位(图1)。研究区新生界下覆地层主要发育寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、侏罗系和白垩系,主要目的层为寒武系白云岩、下奥陶统蓬莱坝组白云岩和中—下奥陶统鹰山组灰岩,古生界潜山被志留系砂、泥

2 构造演化特征

2.1 断裂演化

程海艳等认为在盆地发育构造背景下,塔北隆起经历了6个构造演化阶段,即前震旦纪结晶基底形成阶段、中奥陶世克拉通边缘坳拉槽被动大陆边缘形成阶段、晚奥陶世—中泥盆世克拉通隆起形成阶段、石炭纪—三叠纪前缘隆起发育阶段、侏罗纪—古近纪断陷盆地形成阶段和新近纪—第四纪

收稿日期:2014-09-10。

作者简介:成凡,男,在读硕士研究生,从事油气田开发地质研究。联系电话:15724808750, E-mail:419082617@qq.com。

基金项目:国家科技重大专项“大型油气田及煤层气开发专项”(2008ZX05004-002)。

复合前陆盆地斜坡发育阶段^[2]。虽然英买32地区缺失地层较多,但根据塔北隆起构造演化分期以及英买力地区的断裂发育特征^[5-8],结合研究区的地质、地震资料,可以总结出英买32地区断裂的主要活动时期。

利用平衡剖面及构造恢复原理^[18],对研究区的断裂演化进行研究。结果表明(图2),英买32地区在中一下奥陶统鹰山组沉积之后,受塔里木板块运动的微弱影响,地层开始受到弱挤压应力作用而整体缓慢抬升;由于抬升幅度较小,地形高差也较小,形成向北缓慢抬升的缓坡形态。同时在中一晚奥陶世,受南昆仑洋关闭影响,塔里木盆地发生一次较大规模的海退^[19],造成上奥陶统缺失,中一下奥陶统裸露形成灰岩隆起并遭受强烈的剥蚀和风化。在初始隆起形成之后,研究区主要目的层经历了晚加里东期挤压作用、早海西期和晚海西期走滑运动以及印支期构造运动影响,基本形成现今古生界潜山的纺锤体构造形态。在燕山期和喜马拉雅期,受库车坳陷整体沉降影响,英买力地区加剧北倾,对油气成藏产生较大的影响^[20]。

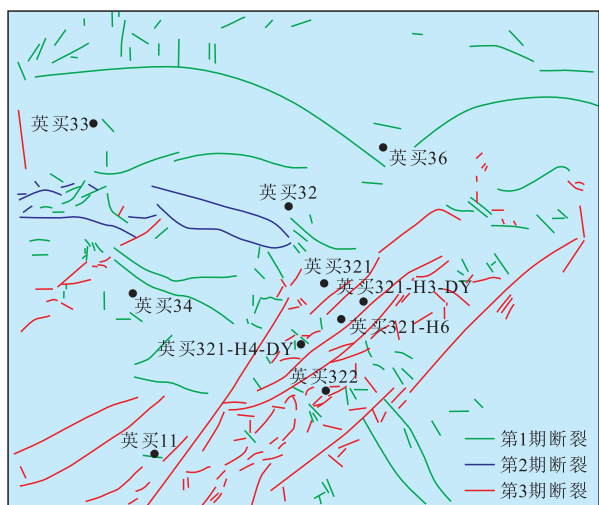


图2 英买32地区断裂分期展布特征

2.2 断裂分期

通过对构造演化的研究,将英买32地区的断裂分为3期(图2)。

第1期断裂始于晚加里东期,可能是在早一中奥陶世之后,塔里木盆地由震旦纪—奥陶纪的克拉通内拉张盆地转化为克拉通内挤压盆地或克拉通内挠曲盆地,塔里木板块南、北缘由被动已转化为主动反应^[6]。贾承造等认为该时期为克拉通内拗陷阶段,塔北隆起受到持续强烈的挤压应力作用,在英买32地区开始发育逆冲断裂,其潜山内部地层向北剧烈抬升并遭受剥蚀,上寒武统在北部亦发生剥

蚀^[7]。第1期断裂以近南北向构造挤压性质为主,发育北西向及大型近东西向逆冲断裂,研究区西部凹陷发育的第1期逆冲断裂仅活动至志留纪。第1期断裂中的大型逆冲断裂在地震剖面上表现为向上断至潜山面、向下断穿寒武系、停止于震旦系,具有上陡下缓的特征(图3),形成研究区的北部边界。

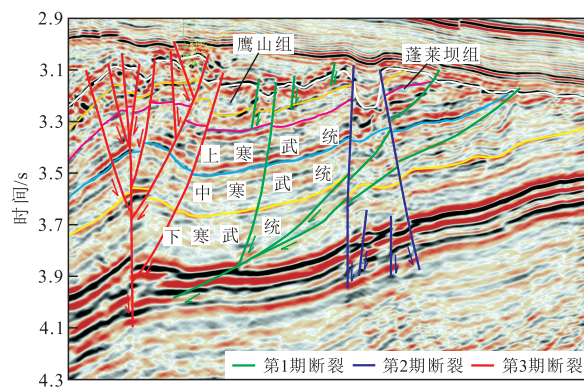


图3 英买32地区地震剖面特征

第2期断裂始于早海西期。在泥盆纪—石炭纪,南天山洋与北昆仑洋俯冲消减、碰撞闭合^[1,6,9],塔北隆起受来自北西—南东向挤压运动的影响,形成轮南大型背斜,也称为天山早期运动^[6]。受先期东西向逆冲带的影响,北西—南东向应力在英买32地区西北部发生分解,发育近东西向走滑剪切断裂。第2期断裂的发育规模相对局限,但活动时间长,持续至白垩纪。在研究区西南部发育2个小型拉分断陷,沉积了较厚的志留系—泥盆系;志留系与奥陶系的分界线在研究区西南部异常曲折,且在北部与鹰山组和蓬莱坝组的地层分界线重合。该期断裂在地震剖面上表现为近于直立,向上断穿志留系、泥盆系和侏罗系,向下切割第1期大型逆冲断裂,并深入基底(图3)。

第3期断裂始于晚海西期。二叠纪末期南天山洋自东向西剪刀式闭合,塔北隆起压扭性构造活动强烈,决定了研究区古生界的构造形态^[1,6]。在哈拉哈塘—英买力地区发育北东向和北西向走滑断裂^[10],英买32地区第3期断裂为北东—南西向,主要发育于大型近东西向逆冲断裂上盘边缘;在经历了印支期和早燕山期运动之后,持续发育至白垩纪。研究区第3期断裂是在右旋压扭应力作用下形成的,地震剖面上主要呈花状构造,在碳酸盐岩顶部常形成断隆;其主干断裂往往向上断至下白垩统巴什基奇克组,向下断穿基底,断面较陡,分布范围较广。综合分析认为该期断裂为右旋走滑断裂,其依据主要有2点:①与走滑断裂伴生的小型断裂在平面上呈右旋带状雁列式展布(图2);②由于潜山

内幕地层为单向倾斜并向北东方向逐渐减薄,而走滑断裂的走向与地层减薄方向基本一致^[21],东西向地震剖面显示主干断裂东盘同一层系地层的厚度小于西盘,表明断裂东盘是由北东向至南西向沿断面走滑运动至现今位置,因此研究区北东向走滑断裂表现为右旋走滑性质。第3期断裂控制研究区潜山东、西部边界,形成南部一隆二凹的构造格局。

3 断裂分级及构造样式

3.1 断裂分级

英买32地区以东西走向的逆冲断裂作为北部边界,东、西部边界主要受北东向断裂控制。根据断裂是否控制潜山边界及内部隆坳的形成、断裂发育规模及断距,将研究区寒武系—奥陶系断裂分为3级(图4),其中油气主要分布于一级和二级断裂控制的区域。

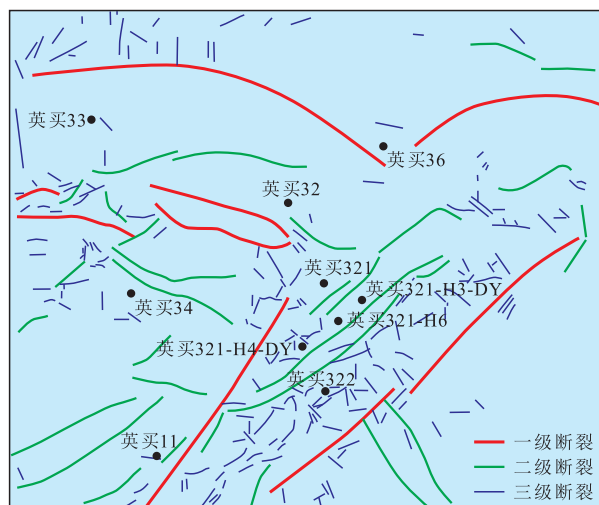


图4 英买32地区断裂分级展布特征

一级断裂的规模较大,可作为潜山的边界,其断距为20~60 m;三维地震资料范围内最小延伸距离为4 km,最大延伸距离为10 km。研究区北部的2条逆冲断裂属于一级断裂,在三维地震资料范围内的延伸距离为5~10 km,断穿寒武系—奥陶系,断距约为20~40 m。

二级断裂以走滑性质为主,主要为潜山内部形成隆坳相间的构造格局提供力学基础,在研究区南部的走滑构造带内尤为发育,且剖面上断距较小,平面上延伸距离存在差异。例如英买32地区南部一级断裂带内北东—南西向带状分布的走滑断裂,在三维地震资料范围内延伸距离为1~5 km,向下断穿寒武系—奥陶系,向上断至白垩系,断距为10~30 m,即属于二级断裂,其对碳酸盐岩的溶蚀

具有较强的控制作用。

三级断裂的平面延伸距离较小,剖面断距亦较小。受一级和二级断裂控制,三级断裂对潜山的构造发育未产生明显影响,但对碳酸盐岩的溶蚀具有重要的控制作用。

3.2 构造样式

在晚加里东期,英买32地区受南北向挤压应力作用,形成一系列与挤压应力相关的构造样式,如叠瓦逆冲构造、背冲构造、对冲构造和铲式逆冲构造等;随后受剪切应力及北西向压扭应力作用,形成雁列式断裂、剪切走滑构造、正花状构造、负花状构造和半花状构造等(图3)。

叠瓦逆冲构造主要发育于研究区的西部和北部,剖面上表现为南倾,其被第2期断裂中的剪切走滑断裂错断。研究区2条逆冲断裂背向倾向的组合即为背冲构造,形成背冲构造的逆冲断裂的位移使其中间共同的上盘相对向上抬升;相反,如果2条逆冲断裂相向倾向即构成对冲构造,使其中间共同的下盘相对向下陷落。在研究区横切走滑构造带的剖面上常可见主干走滑断裂向上发育近对称的分支,构成下窄上宽的花朵状破裂带,又称为棕榈树构造,可分为正花状构造、负花状构造和半花状构造;在走滑断裂收敛处常发育正花状构造,其主干断裂上部散开形成背冲的分支断裂,在碳酸盐岩潜山顶部形成断垒,向下断面收敛合并,主要发育于研究区南部的英买321井区和英买322井区。剪切走滑构造为同一断裂沿走向断面倾向左右摇摆、掉向多变,造成断裂沿走向时而呈正断裂,时而呈逆断裂,形成剪切变形带^[10],在研究区潜山顶面明显发育受剪切走滑断裂影响形成的2个断陷。

4 断裂对油气成藏的影响

英买32地区断裂发育,构造样式丰富。由于不同构造样式的活动方式和关键性构造要素存在较大差异,因此不同断裂对储层改造及油气成藏会产生不同的影响。

第1期和第3期断裂对英买32地区的油气成藏具有很大的影响。研究区初始隆起形成之后,经过晚加里东期的剧烈抬升,发育逆冲断裂,之后研究区处于稳定抬升阶段直至白垩纪,整个碳酸盐岩隆起部位持续暴露,为碳酸盐岩的溶蚀提供了条件。走滑断裂的活动致使临近潜山顶部的岩石破碎、裂缝发育。破碎的断裂带不仅有利于酸性流体的运移和溶蚀^[10],还使得地表水和地下水在破裂带汇

聚,更有利于岩溶作用的发生^[22]。岩心观察发现,岩层沿裂缝常形成溶蚀孔洞,局部可形成洞穴,如英买321井。薄片分析结果表明,在裂缝发育层段,碳酸盐岩储层的孔渗性变好,大多溶蚀孔洞常与裂缝伴生。在碳酸盐岩埋藏期,由于走滑断裂陡直地深入基底,沟通了深部热液,使研究区潜山发育热液白云岩^[23],碳酸盐岩的储层物性得到改善。走滑断裂还在碳酸盐岩顶部形成断垒,如研究区南部英买321井区的3个条带状隆起,是最有利的油气成藏区。此外,英买32地区自南向北发生逆冲运动,导致地层向北抬升并暴露剥蚀,寒武系—奥陶系逐渐向北尖灭,地层南倾,而上覆盖层白垩系卡普沙良群北倾,地层由北向南逐渐增厚,使研究区南部的油气成藏条件更为优越;且研究区油源来自库车坳陷三叠系黄山街组的湖相烃源岩,该套烃源岩于新近纪进入排烃高峰期^[11,24],而构造圈闭已于第3期断裂发育完成即早白垩世形成,因此大大增加了油气在研究区圈闭成藏的可能性。

英买32地区南部的走滑断裂发育,形成半花状、负花状和正花状等构造。其中正花状构造的主干断裂在上部散开形成背冲的分支断裂,在碳酸盐岩潜山顶部发育断垒,形成局部构造高点;来自北部库车坳陷的油气通过不整合面向潜山运聚^[25-26],在向南运移的过程中,油气可在裂缝、溶蚀孔洞中聚集。正花状构造高部位处于油气运移的优势通道,且由于走滑断裂对储层的改造作用使其物性变好,使得正花状构造高部位成为研究区油气成藏的最有利场所。截至2012年12月,英买32地区共完钻18口探井,其中累积产油量超过 2×10^4 t的探井有9口,位于正花状构造高部位的探井有7口,占研究区高产井总数的77.8%;目前仍获高产工业油气流的英买321-H4、英买321-H6和英买321-H3井均位于正花状构造高部位。

5 结论

塔北隆起西部英买32地区断裂发育,主要可以分为3期。第1期逆冲断裂发育于晚加里东期,呈北西向和近东西向展布;第2期断裂发生于早海西期,研究区受剪切应力影响,局部形成拉分断陷,该期断裂多次活动,停止于白垩纪,呈东西向展布,剖面上表现为断面深陡并切断大型基底逆冲断裂的走滑断裂;第3期断裂发育于晚海西期,受右旋压扭应力影响,呈北东向展布,剖面上表现为具有明显花状构造样式的走滑断裂,该期断裂后期多次活

动,停止于白垩纪。研究区断裂可分为3级:一级断裂为潜山边界断裂,规模较大;二级断裂控制形成隆坳相间的构造格局,规模一般次于一级断裂;三级断裂为小型断裂,与一级和二级断裂伴生发育,且三级断裂可为确定走滑断裂的运动方向提供佐证。逆冲断裂使得英买32地区逐步隆起,地层南倾并向北尖灭;研究区发育大量走滑断裂,使碳酸盐岩储集空间得以改善,为油气运移提供了良好条件;且在研究区南部,走滑断裂成为潜山形成的控制边界。在英买32地区南部的潜山隆起区,受压扭走滑断裂影响,发育花状构造,形成一隆二凹的构造格局,正花状构造高部位为最有利的油气成藏区。

参考文献:

- [1] 安海婷,李海银,王建忠,等.塔北地区构造和演化特征及其对油气成藏的控制[J].大地构造与成矿学,2009,33(1):142-147.
- [2] 程海艳,李江海,赵星.塔北隆起西部不同构造层构造样式及其成因关系[J].高校地质学报,2009,15(4):529-536.
- [3] 沈淑敏,冯向阳,刘文英.塔里木盆地北部地区主要断裂带构造应力场与油气运移[J].地质力学学报,1995,1(2):11-20.
- [4] 张光亚,陈发景,汪新文.塔北地区变形样式及其分布规律[J].地球科学——中国地质大学学报,1994,19(6):756-768.
- [5] 崔军文,唐哲民.塔里木盆地构造格架和构造应力场分析[J].岩石学报,2011,27(1):231-242.
- [6] 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):108-113.
- [7] 贾承造,魏国齐.塔里木盆地构造特征与含油气关系[J].科学通报,2002,47(增刊):1-8.
- [8] 刘训,王永.塔里木板块及其周缘地区有关的构造运动简析[J].地球学报,1995,(3):246-260.
- [9] 魏国齐,贾承造.塔里木盆地逆冲带构造带特征与油气[J].石油学报,1998,19(1):11-17.
- [10] 邹光辉,成丽芳,刘玉魁,等.塔里木盆地寒武—奥陶系走滑断裂系统特征及其控油作用[J].新疆石油地质,2011,32(3):239-243.
- [11] 龚铭,邵鸿良,伍泓,等.塔里木盆地断裂构造样式与油气关系探讨[J].石油与天然气地质,1995,16(1):11-21.
- [12] 黄玉平,姜正龙,李景瑞,等.塔里木盆地新构造运动时期构造应力方向[J].油气地质与采收率,2013,20(3):5-9,17.
- [13] 杨海军,李曰俊,吴根耀,等.塔里木盆地西部乌山地区断裂的主要特征和活动时代[J].石油实验地质,2011,33(2):113-119.
- [14] 罗小龙,汤良杰,谢大庆,等.塔里木盆地雅克拉断凸构造样式与油气成藏[J].油气地质与采收率,2012,19(3):38-41,52.
- [15] 倪新锋,王招明,杨海军,等.塔北地区奥陶系碳酸盐岩储层岩溶作用[J].油气地质与采收率,2010,17(5):11-16.
- [16] 邱贻博,王永诗,刘伟.断裂带内部结构及其输导作用[J].油气地质与采收率,2010,17(4):1-3.

(下转第60页)