

渤海湾盆地埕北低凸起潜山断裂特征及其控藏机制

张在振¹, 张卫平¹, 李照廷¹, 陆友明¹, 施明华¹, 王艳珍²

(1 中国石化胜利油田分公司海洋采油厂; 2 中国石化胜利油田分公司孤岛采油厂)

摘要 通过对新地震资料的精细构造解释,结合区域地质分析表明,埕岛潜山受印支、燕山等多期构造运动的影响,发育了负反转、走滑拉张、构造调节三种断裂;紧邻古近系凹陷的负反转断裂以及与不整合面沟通的走滑拉张断裂在油气的纵向输导中起到了重要作用,构造调节断裂对油气聚集起到了侧向遮挡作用。总体上断裂体系控制了油气展布,形成了多个油气富集条带。

关键词 渤海湾盆地; 埕北低凸起; 断裂特征; 潜山油气藏; 油气储集

中图分类号 TE122.3·4

文献标识码 A

1 概况

渤海湾盆地埕北低凸起位于渤海浅海海域,它是一个在前第三系基底背景上发育的大型潜山披覆构造带(图1)。潜山由中生界、古生界及新太古界三个构造层组成,地层分布极不均衡,其中,下古生界碳酸盐岩地层具有良好的储盖组合,是潜山主力含油层系。经过近20年的勘探,已呈现出一个多层系立体含油的复式油气聚集带^[1]。在多样性潜山勘探理论^[2]指导下,迄今为止共完钻探井51口,其中获工业油流井26口,发现了15个潜山油气藏。

埕岛油田位于埕北低凸起东南端,累计探明含油面积49.1 km²,探明石油地质储量6 013×10⁴ t。本次研究区为埕岛油田及其周缘(简称埕岛潜山)。

埕岛潜山的前期研究工作以构造解释、储层研究为重点,但由于受早期三维地震资料品质的制约,潜山界面成像及断裂组合存在多解性,因此,对断裂的动力学机制以及断裂体系与成藏规律的认识需要深化。为了进一步落实潜山构造,研究区进行了双检波器地震资料采集,即采用高灵敏度磁电式检波器

和海洋压电检波器两种检波器合二为一的双检波器组合模式,有效压制了水层混响、鸣震等多次波,大幅提高了海上三维地震资料的品质^[3],保障了地震资料的解释精度。从新老资料对比看,新资料的潜山顶面成像品质有了大幅的提升,断裂位置清晰,断点较为干脆,有利于构造的精细落实(图2)。

本次研究基于新采集处理的三维地震资料,在前期研究的基础上,落实了断裂分布,分析了演化机制,并结合已发现油藏,着重分析断裂对成藏的控制作用,指出了油气富集带。

2 断裂特征

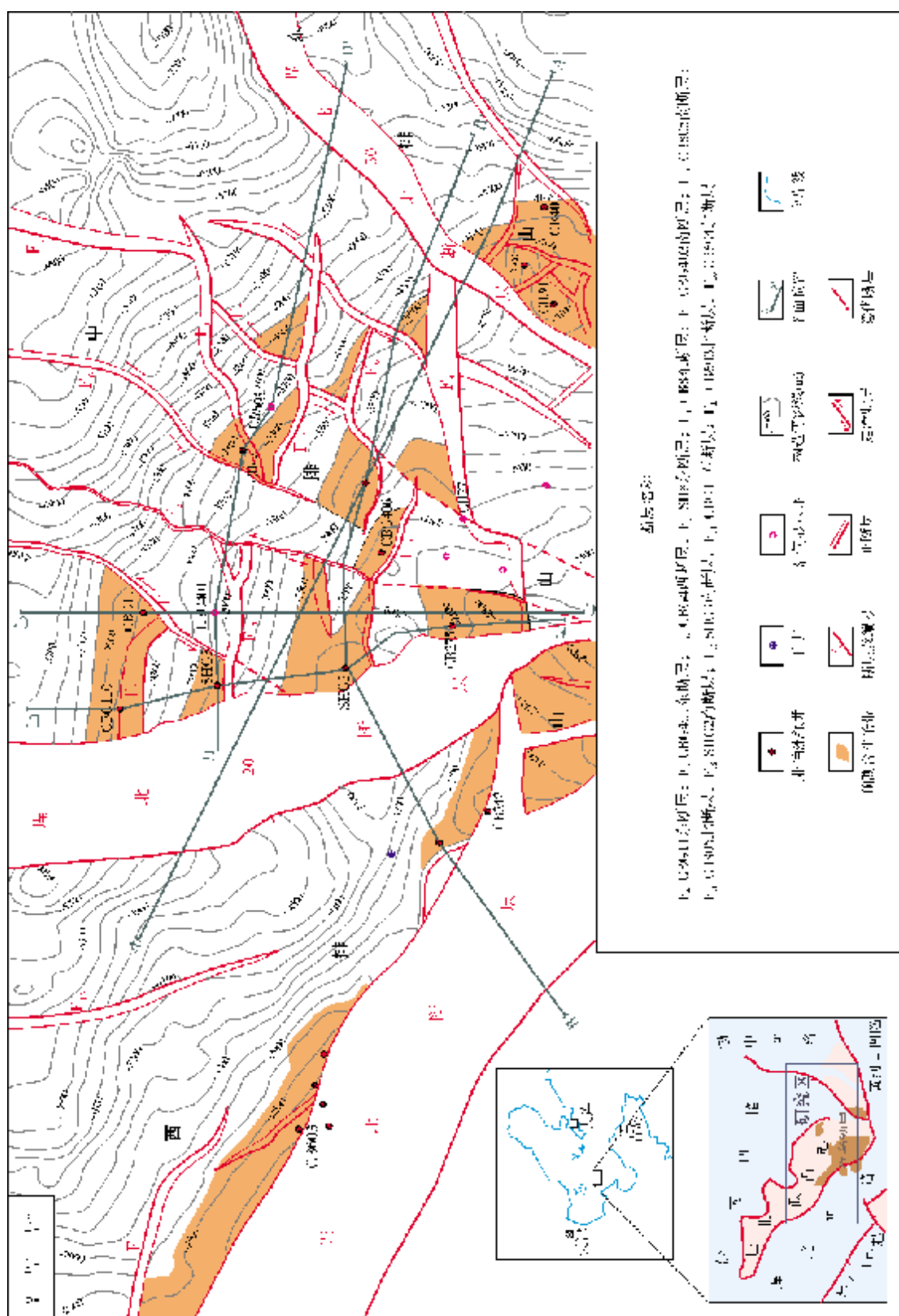
2.1 断裂演化分析

受多期构造运动影响,埕岛潜山形成了现今三组大断层(埕北断层(F₁)、埕北20断层(F₂)、埕北30北断层(F₃)),分别控制了西、中、东三排潜山带的宏观构造格局^[4]。这三排潜山带是北西、南北、北东走向的西部、中部和东部潜山带,分别简称为西排山、中排山和东排山(东排山仅东北翼在研究区)(图1)。

收稿日期: 2013-01-09; 改回日期: 2013-11-11

本文受国家重大科技专项“渤海湾盆地精细勘探关键技术”(编号:2011ZX05006)资助

张在振: 1983年生,工程师。2006年毕业于中国地质大学(北京)石油工程专业。主要从事浅海地区石油地质研究工作。通讯地址: 257237 山东省东营市中国石化胜利油田分公司海洋采油厂; E-mail: zzzhen@126.com



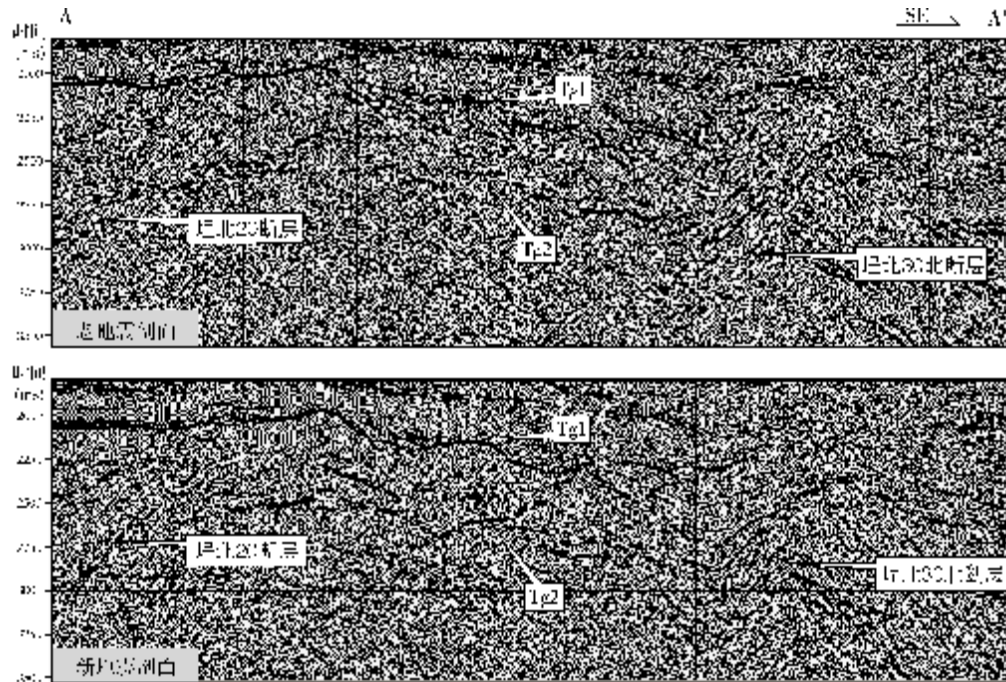


图2 埕岛潜山新、老三维地震剖面对比

A—A'剖面位置见图1

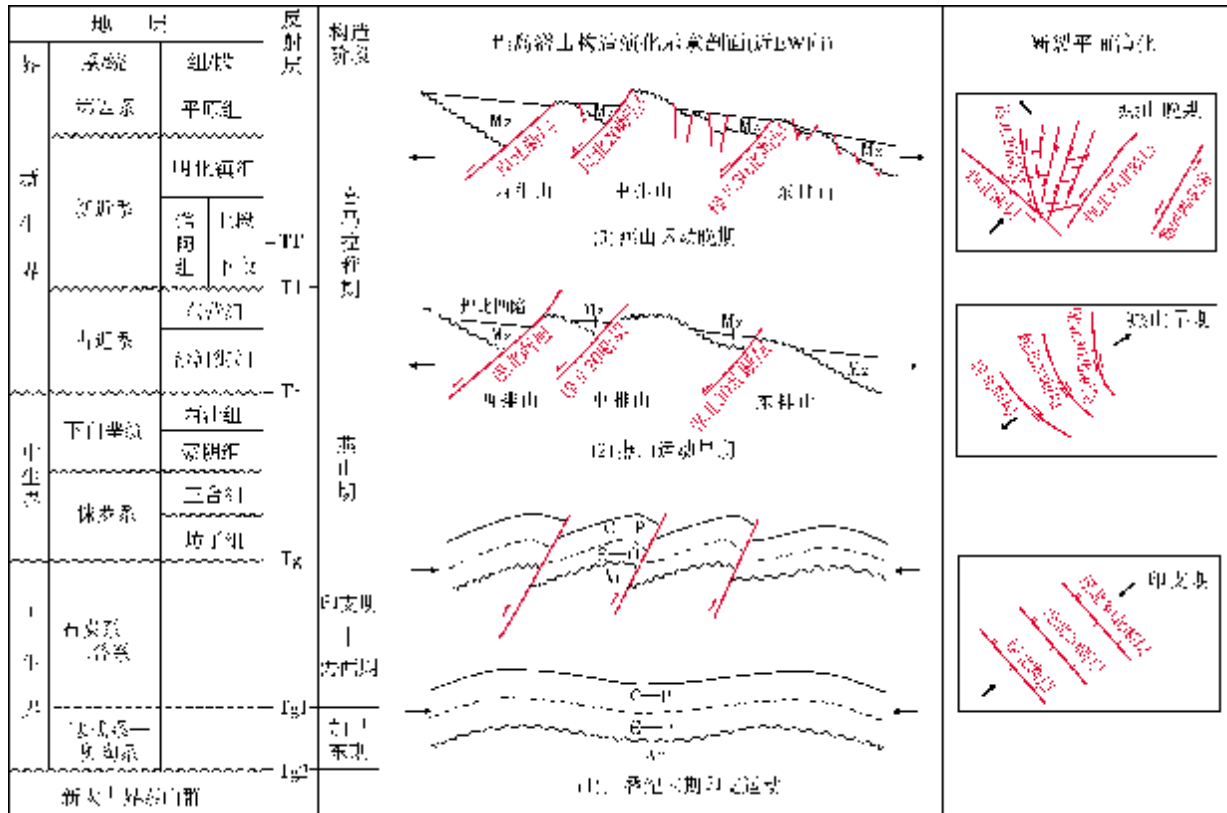


图3 埕岛地区构造演化阶段

影响研究区断层发育的构造运动主要包括印支、燕山及喜马拉雅运动^[5]。三叠纪末期印支运动区域挤压,基底褶皱、隆升、推覆,断裂成山,区域性大断层为逆断层,其走向近北西向平行展布;燕山期幕式运动^[6]使得早期北西向主断裂由逆断层转为正断层,主要包括埕北断层、埕北 20 断层、埕北 30 北断层,同时受到研究区东侧郯庐断裂左旋走滑影响,区域上产生北西向拉张、北东向挤压应力作用,在中排山发育多条北北东向走滑断层,平面上整体呈“北撒南敛”的帚状分布(图 3);喜马拉雅运动的区域拉张使得正断层发育,潜山得到一定程度的改造,并于新近纪早期定型。

2.2 断裂类型及特征

断裂体系一般是具有成因联系的不同产状、不同等级、不同性质、不同序次的断层之组合,它是一定方式的区域构造运动的产物,反映着一定类型的区域地质应力状态及其作用结果^[7]。本次研究利用叠前偏移三维地震资料解释了 16 条断层,落实了断层参数(表 1)。平面上,主要发育了北西、北东向及近东西向三种不同走向的断层,整体上呈现“北撒南敛”的特征(图 1);纵向上,断层活动受构造阶段影响具有明显的期次(表 1,图 4)。根据构造演化与断层几何学特点,该区断层按规模可划分为两个级别,其

中,印支期开始发育并控制了潜山主要构造格局的断层作为二级,受其制约的次级断层则归为三级。依据运动学特点以及其他复合特征,断层又可划分为三种类型,细述如下。

负反转断裂 是指先存逆断层在张性应力系统作用下沿原断层面转换形成的正断层^[8]。在研究区内,印支期受到区域挤压作用而逆断层发育,燕山早期在区域拉张应力作用下断层发生反转,并控制了中—新生代盆地的形成。研究区的负反转断裂包括埕北、埕北 20、埕北 30 北等断层。这些断层有的从印支期开始,持续活动至古近纪早期(如埕北 20 断层),有的甚至现今仍有一定的活动(埕北、埕北 30 北断层)。这几条断层平面上断层带较宽,延伸距离长(图 1);剖面上表现为张性正断层,但其上升盘的古生界,残留地层厚、地层时代新,而下降盘则残留地层薄、地层时代较老,由此证实了构造负反转过程的存在(图 4a)。

走滑拉张断裂 中排山的走滑断层发育,主要受东侧燕山期郯庐断裂巨大的左旋走滑运动影响(图 3)。其中, F₄—F₇ 四条断层形成于燕山期,于古近纪早期基本停止活动,属于走滑拉张断裂。平面上这些断层走向北北东向、断层带狭窄,沿断层走向常表现为断层倾向的转换(图 1);剖面上断面陡立、断层线平直、两盘地层厚度往往有差异,反映了断层有一定的水平位移(图 4)。

表 1 埕岛潜山断层参数统计表

断层编号	断层级别	断距(m)	倾角(°)	断层走向	区内延伸距离(km)	形成时期	消亡时期	断层类型
F ₁ (埕北)	二级	>3000	70	NW	20	印支期	第四纪	负反转
F ₂ (埕北 20)	二级	>2000	50	NNW	18	印支期	古近纪早期	
F ₃ (埕北 30 北)	二级	300~500	60	NW	15	印支期	第四纪	
F ₄	三级	200~500	75	NNE	7	燕山期	古近纪早期	走滑拉张
F ₅	三级	200~800	75	NNE	12	燕山期	古近纪早期	
F ₆	三级	200~800	80	NNE	10	燕山期	古近纪早期	
F ₇	三级	200~800	70	NNE	9	燕山期	古近纪早期	
F ₈	三级	100~800	40	EW	10	燕山期	古近纪早期	构造调节
F ₉	三级	50~300	60	EW	6	燕山期	古近纪早期	
F ₁₀	三级	150	60	EW	6	燕山期	中生代早期	
F ₁₁	三级	100~300	60	EW	7	燕山期	中生代早期	
F ₁₂	三级	200	50	EW	6	燕山期	新近纪早期	
F ₁₃	三级	300	50	EW	5	燕山期	新近纪早期	
F ₁₄	三级	1000	50	EW	3	燕山期	新近纪早期	
F ₁₅	三级	300	80	NNW	7	燕山期	中生代早期	
F ₁₆	三级	200	80	NW	6	燕山期	中生代早期	

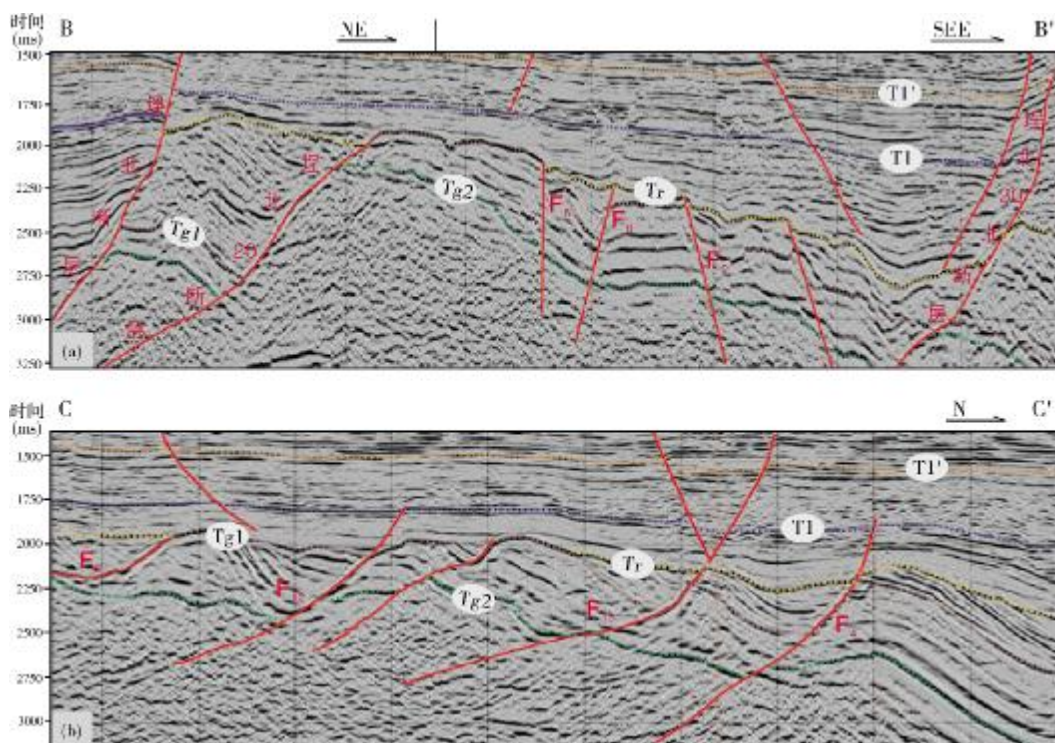


图 4 地震地质解释剖面

B—B'和 C—C'剖面位置见图 1

构造调节断裂 断层调节带是指两条断裂结合部因断距等运动学和应力场的变化导致两断层间新生一系列次级断层而形成的特殊构造现象^[9-13]。研究区除发育北西及北东向主断层之外,还发育了多条东西向断层(F_8 — F_{14} 断层),这是走滑拉张背景下产生的构造调节断裂。这些断层多受走滑带控制,夹持于走滑带内;平面上具有断层延伸较短、断层带宽的特点(图 1);剖面上具有倾角小、断面平缓的特征,且均为南倾的反向断层(图 4b)。

3 断裂对油藏的控制作用

埕北低凸起四面被埕北、黄河口、渤中、沙南四个古近系生油凹陷所环绕(图 1),湖相烃源岩发育,油源条件优越。油源分析表明,埕岛潜山油气来自周围凹陷的古近系沙河街组三段烃源岩;生烃演化史研究表明,在上新世(距今 2~5 Ma)进入明显排烃期^[14],由此,潜山圈闭开始充注油气而进入成藏期。一般地,不整合面是油气横向运移的主路径,断层是油气纵向运移的主通道,断层与不整合面的配置成为潜山成藏的关键,而断层形成机制及活动期的差

异性则影响了油气的空间分布。在断裂及其演化研究的基础上,本次研究结合已钻遇油藏,分析了不同类型的断层在油气输导、侧向遮挡方面对油藏的控制作用。

3.1 负反转断裂控制油气的宏观分布

三条负反转断裂将埕岛潜山分割为西部(CB242 井—CB603 井一线)、中部(CB275 井—CBG11 井—CBG4 井一线)、东部(CB30 井附近)三个潜山带。从目前的油气发现看,宏观上该区富含油条带均紧邻负反转断层上升盘,但由于三条断层活动性的差异,它们对油藏的控制作用也有所不同。其中埕北、埕北 30 北断层控制了西排山及东排山的油气富集。这两条断层控制了中—新生代盆地的沉积,在上新世排烃期持续活动,成为烃类沿断层纵向运移的主油源通道,且断层断距大(图 4a),上升盘古生界碳酸盐岩与下降盘古近系泥质岩直接接触,潜山侧向封堵条件好,油气近源富集成藏。钻探结果已经证实,这两条断层上升盘 CB242 井—CB603 井、CB30 井—CB40 井为两个富含油条带(图 1)。

埕北 20 断层则主要控制了中排山的油气富集, 该断层对中排山中生界的沉积具有控制作用, 于古近纪早期停止活动, 它虽不能沟通临近(南部)的古近系油源, 但依托中排山的走滑拉张断裂可以沟通来自北部生油凹陷带(沙南凹陷、渤中凹陷)的油气; 其西侧侧向对接中生界(图 4a, 图 5a), 可对中排山的油气聚集构成有效遮挡, 从而形成了中部的 CB275 井—CBG110 井、CBG406 井—CBG4 井两个富含油条带(图 1)。

3.2 走滑拉张断裂是中排山断块圈闭的主油源通道

中排山整体为受埕北 20、埕北 30 北断层夹持控制的北东倾向的大型单斜构造, 被 F_4 — F_7 走滑断

层分割为四个长条状断块构造带。这些走滑断层往北部的凹陷带有一定距离延伸, 可以沟通不整合面或直接沟通凹陷带古近系烃源岩, 成为中排山油气聚集的主油源断层(图 4b, 图 5a)。

3.3 构造调节断裂是中排山断块圈闭的重要遮挡

中排山构造调节断层发育规模较小, 或因活动时间短而在成藏期已经停止活动, 或纵向上因受差异压实作用影响虽在古近系有一定延伸, 但纵向输导油气的能力弱, 故它们除起到分割构造的作用之外, 对油气主要起遮挡作用^[13]。目前中排山含油断块均为高部位含油, 低部位含水, 油藏具有独立性, 这证实了东西向断层对油气的分割遮挡作用(图 4b, 图 5b)。

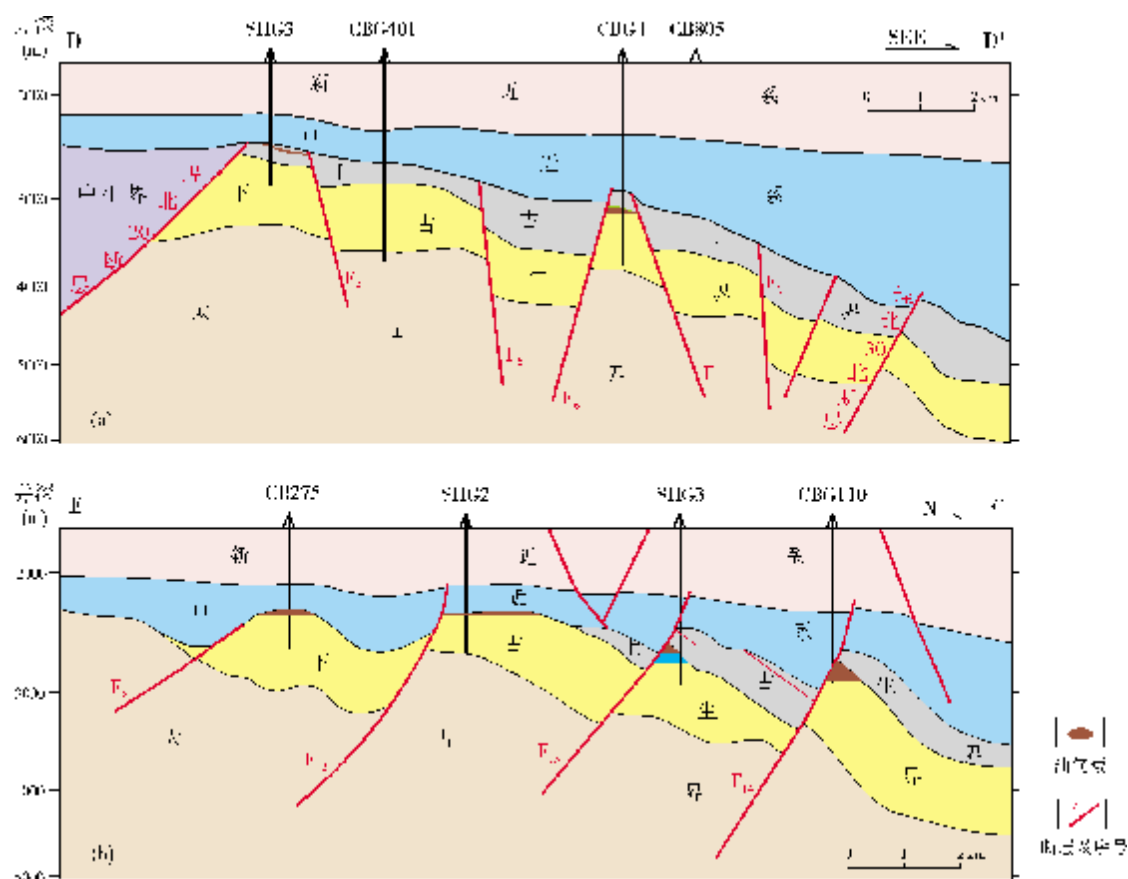


图 5 埕岛潜山油藏示意剖面

D—D'和 E—E'剖面位置见图 1

3.4 各潜山带油气富集规律

西排山及东排山紧邻古近系生油凹陷, 油气在

负反转断层上升盘的构造高部位富集, 含油高度大, 单井产能高。而中排山成藏则较为复杂, 主要是来自北部凹陷带的油气沿不整合面及北北东向走滑断层

的复合运移,在走滑断层带的地垒块内遇东西向构造调节断层遮挡而聚集成藏,表现为多个走滑断裂带夹持的数个北东向展布的含油条带,如 CB275 井—CBG11 井、CBG406 井—CBG4 井含油条带;油藏具有断块独立成藏、含油高度低的特点。

4 结 论

(1)受复杂的构造演化影响,研究区发育了负反转、走滑拉张、构造调节三种断裂类型,它们分别具有较典型的平面与剖面几何学特征。

(2)紧邻凹陷的负反转断裂,以及与不整合面沟通的走滑拉张断裂,在油气成藏过程中主要起纵向输导作用,而构造调节断裂主要起到侧向遮挡作用。

(3)油气主要在负反转断裂及走滑断裂上升盘的断鼻、断块构造内聚集,同时受调节断裂遮挡,形成了多个油气富集条带。

参 考 文 献

- [1] 孔凡仙,林会喜. 埕岛地区潜山油气藏特征[J]. 成都理工大学学报,2000,27(2):116-122.
- [2] 李丕龙,张善文,王永诗,等. 断陷盆地多样性潜山成因及成藏研究——以济阳坳陷为例[J]. 石油学报,2004,25(3):29-31.
- [3] 周建新,姚姚. 双检波器压制海上鸣震[J]. 中国海上油气(地质),1999,13(5):359-361
- [4] 戴俊生. 埕岛油田古生界构造特征及演化[J]. 中国海上油气(地质),2000,14(3):174-176.
- [5] 李丕龙,等. 陆相断陷湖盆地油气地质与勘探(卷1):陆相断陷盆地构造演化与构造样式[M]. 北京:石油工业出版社,2003:24-35.
- [6] 任纪舜,王作勋,陈炳蔚,等. 从全球看中国大地构造——中国及邻区大地构造图简要说明[M]. 北京:地质出版社,1997:1-36.
- [7] 吕宝凤,杨永强,李丽. 柴达木盆地断裂体系划分及其成盆动力学意义[J]. 西北地质,2010,43(4):143-150
- [8] GLENNIE K W,BOEGNER P L E. Sole pit inversion tectonics [M]//ILLING L V,HOBSON G D. Petroleum Geology of the Continental Shelf of Northwest Europe. London:Institute of Petroleum,1981:110-120.
- [9] 陈发景. 调节带(或传递带)的基本概念和分类[J]. 现代地质,2003,17(2):186-188.
- [10] DAHLSTROM C D A. Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains[J]. Bulletin of Canadian petroleum geology,1970,18(3):332-406.
- [11] MORLEY C K,NELSON R A,PATTON T L. Transfer zones in the East African Rift system and their relevance to hydro carbon exploration in rifts[J]. AAPG Bulletin,1990,74(8):1234-1253.
- [12] FAULDS J E,VARGA R J. The role of accommodation zones and transfer zones in the regional segmentation of extended terranes[G]. GSA Special Papers,1998,323:1-45.
- [13] 田飞,金强,王端平,等. 东营凹陷永8断块断层调节带及其对油气分布的控制作用[J]. 高校地质学报,2012,18(2):358-364.
- [14] 陈永红,鹿洪友,曾庆辉,等. 应用生烃动力学方法研究渤海湾盆地埕岛油田成藏地质时期[J]. 石油实验地质,2004,26(6):580-583.

编辑:董庸,金顺爱

Characteristics and Control of Faults on Hydrocarbon Accumulation in Buried Hill Reservoirs in Chengbei Arch, Bohaiwan Basin

Zhang Zaizhen, Zhang Weiping, Li Zhaoyan, Lu Youming,
Shi Minghua, Wang Yanzhen

Abstract: The analysis of fine structure explanation of seismic data and regional geology shows that it is controlled by Indosinian, Yanshanian and Himalayan movements and three types of faults, including negative structural inversion, strike-slip extension and structural adjustment, develop in Chengdao Buried Hill. Both the negative inversion faults near the Paleogene sag and the strike-slip extensional faults communicated with unconformities play an important role in vertical hydrocarbon migration, while the structural adjustment faults act as lateral barrier for hydrocarbon accumulation. It is suggested that the fault system controls the hydrocarbon accumulation in many oil-rich zones.

Key words: Fault characteristics; Buried hill reservoir; Hydrocarbon accumulation; Chengbei Arch; Bohaiwan Basin

Zhang Zaizhen; male, Petroleum Geology Engineer. Add: Offshore Oil Production Plant, SINOPEC Shengli Oilfield Company, Dongying, Shandong, 257237, China

渤海湾盆地埕北低凸起潜山断裂特征及其控藏机制

张在振¹, 张卫平¹, 李照廷¹, 陆友明¹, 施明华¹, 王艳珍²

(1 中国石化胜利油田分公司海洋采油厂; 2 中国石化胜利油田分公司孤岛采油厂)

摘要 通过对新地震资料的精细构造解释,结合区域地质分析表明,埕岛潜山受印支、燕山等多期构造运动的影响,发育了负反转、走滑拉张、构造调节三种断裂;紧邻古近系凹陷的负反转断裂以及与不整合面沟通的走滑拉张断裂在油气的纵向输导中起到了重要作用,构造调节断裂对油气聚集起到了侧向遮挡作用。总体上断裂体系控制了油气展布,形成了多个油气富集条带。

关键词 渤海湾盆地; 埕北低凸起; 断裂特征; 潜山油气藏; 油气储集

中图分类号 TE122.3·4

文献标识码 A

1 概况

渤海湾盆地埕北低凸起位于渤海浅海海域,它是一个在前第三系基底背景上发育的大型潜山披覆构造带(图1)。潜山由中生界、古生界及新太古界三个构造层组成,地层分布极不均衡,其中,下古生界碳酸盐岩地层具有良好的储盖组合,是潜山主力含油层系。经过近20年的勘探,已呈现出一个多层系立体含油的复式油气聚集带^[1]。在多样性潜山勘探理论^[2]指导下,迄今为止共完钻探井51口,其中获工业油流井26口,发现了15个潜山油气藏。

埕岛油田位于埕北低凸起东南端,累计探明含油面积49.1 km²,探明石油地质储量6 013×10⁴ t。本次研究区为埕岛油田及其周缘(简称埕岛潜山)。

埕岛潜山的前期研究工作以构造解释、储层研究为重点,但由于受早期三维地震资料品质的制约,潜山界面成像及断裂组合存在多解性,因此,对断裂的动力学机制以及断裂体系与成藏规律的认识需要深化。为了进一步落实潜山构造,研究区进行了双检波器地震资料采集,即采用高灵敏度磁电式检波器

和海洋压电检波器两种检波器合二为一的双检波器组合模式,有效压制了水层混响、鸣震等多次波,大幅提高了海上三维地震资料的品质^[3],保障了地震资料的解释精度。从新老资料对比看,新资料的潜山顶面成像品质有了大幅的提升,断裂位置清晰,断点较为干脆,有利于构造的精细落实(图2)。

本次研究基于新采集处理的三维地震资料,在前期研究的基础上,落实了断裂分布,分析了演化机制,并结合已发现油藏,着重分析断裂对成藏的控制作用,指出了油气富集带。

2 断裂特征

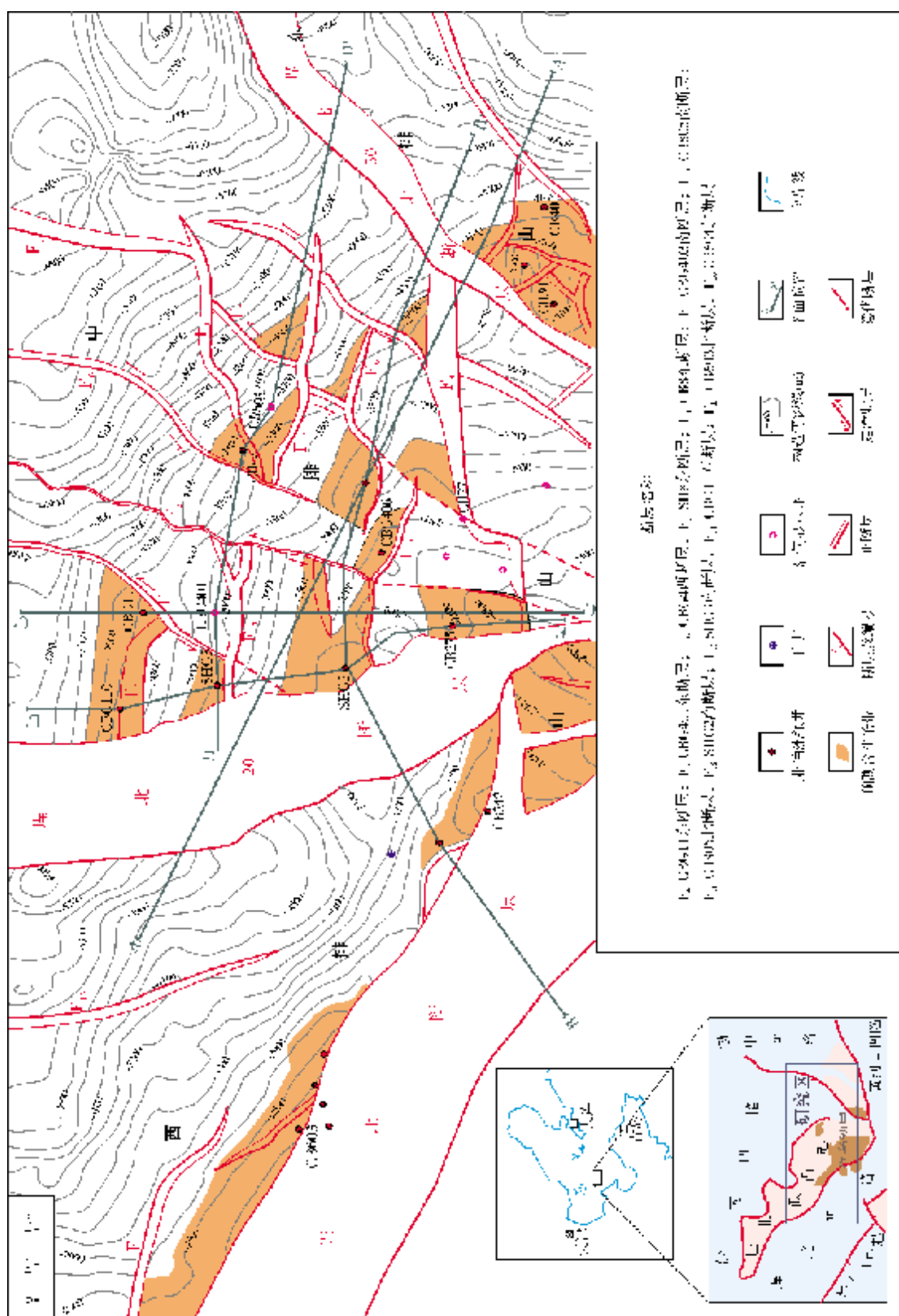
2.1 断裂演化分析

受多期构造运动影响,埕岛潜山形成了现今三组大断层(埕北断层(F₁)、埕北20断层(F₂)、埕北30北断层(F₃)),分别控制了西、中、东三排潜山带的宏观构造格局^[4]。这三排潜山带是北西、南北、北东走向的西部、中部和东部潜山带,分别简称为西排山、中排山和东排山(东排山仅东北翼在研究区)(图1)。

收稿日期: 2013-01-09; 改回日期: 2013-11-11

本文受国家重大科技专项“渤海湾盆地精细勘探关键技术”(编号:2011ZX05006)资助

张在振: 1983年生,工程师。2006年毕业于中国地质大学(北京)石油工程专业。主要从事浅海地区石油地质研究工作。通讯地址: 257237 山东省东营市中国石化胜利油田分公司海洋采油厂; E-mail: zzzhen@126.com



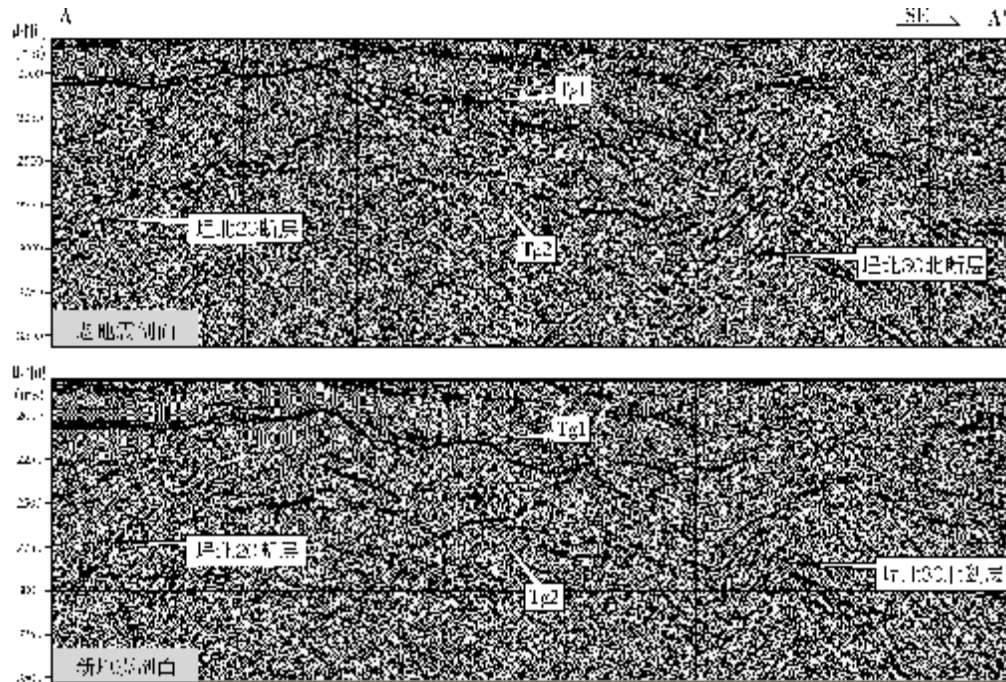


图2 埕岛潜山新、老三维地震剖面对比

A—A'剖面位置见图1

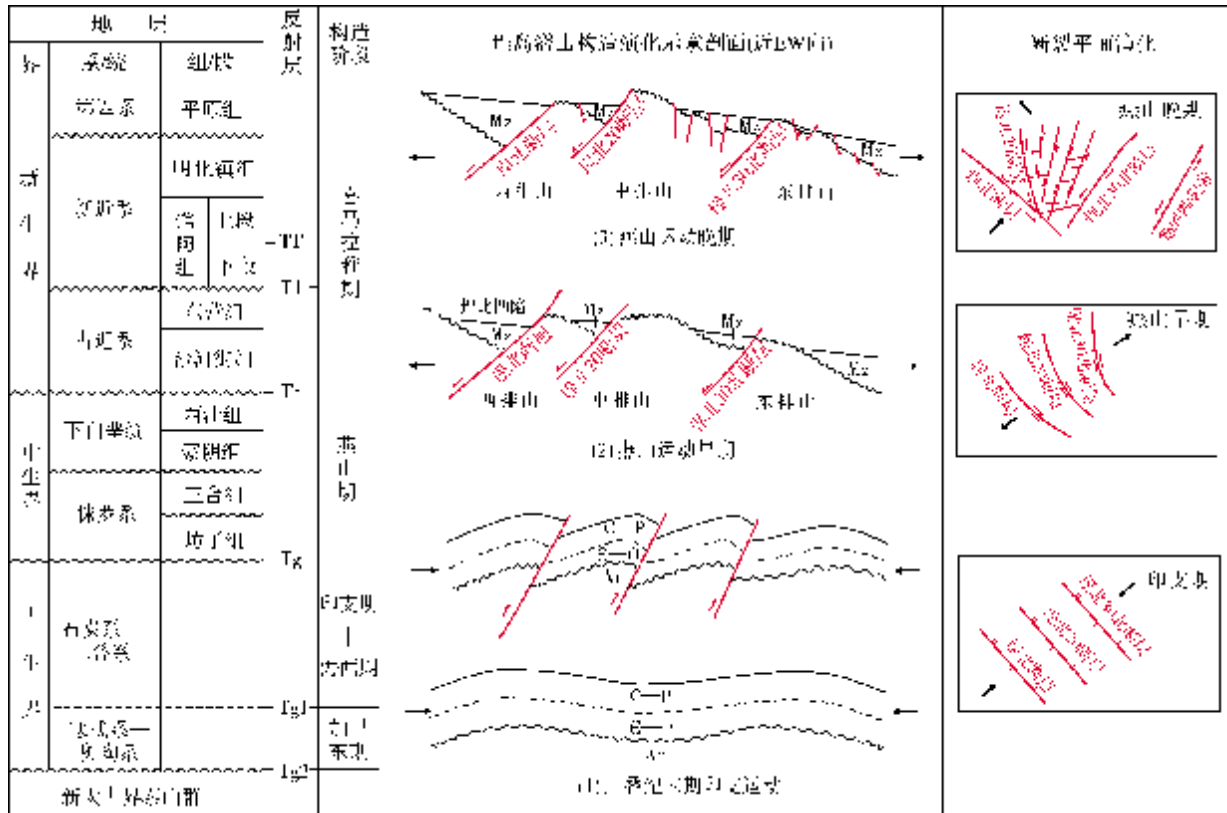


图3 埕岛地区构造演化阶段

影响研究区断层发育的构造运动主要包括印支、燕山及喜马拉雅运动^[5]。三叠纪末期印支运动区域挤压,基底褶皱、隆升、推覆,断裂成山,区域性大断层为逆断层,其走向近北西向平行展布;燕山期幕式运动^[6]使得早期北西向主断裂由逆断层转为正断层,主要包括埕北断层、埕北 20 断层、埕北 30 北断层,同时受到研究区东侧郯庐断裂左旋走滑影响,区域上产生北西向拉张、北东向挤压应力作用,在中排山发育多条北北东向走滑断层,平面上整体呈“北撒南敛”的帚状分布(图 3);喜马拉雅运动的区域拉张使得正断层发育,潜山得到一定程度的改造,并于新近纪早期定型。

2.2 断裂类型及特征

断裂体系一般是具有成因联系的不同产状、不同等级、不同性质、不同序次的断层之组合,它是一定方式的区域构造运动的产物,反映着一定类型的区域地质应力状态及其作用结果^[7]。本次研究利用叠前偏移三维地震资料解释了 16 条断层,落实了断层参数(表 1)。平面上,主要发育了北西、北东向及近东西向三种不同走向的断层,整体上呈现“北撒南敛”的特征(图 1);纵向上,断层活动受构造阶段影响具有明显的期次(表 1,图 4)。根据构造演化与断层几何学特点,该区断层按规模可划分为两个级别,其

中,印支期开始发育并控制了潜山主要构造格局的断层作为二级,受其制约的次级断层则归为三级。依据运动学特点以及其他复合特征,断层又可划分为三种类型,细述如下。

负反转断裂 是指先存逆断层在张性应力系统作用下沿原断层面转换形成的正断层^[8]。在研究区内,印支期受到区域挤压作用而逆断层发育,燕山早期在区域拉张应力作用下断层发生反转,并控制了中—新生代盆地的形成。研究区的负反转断裂包括埕北、埕北 20、埕北 30 北等断层。这些断层有的从印支期开始,持续活动至古近纪早期(如埕北 20 断层),有的甚至现今仍有一定的活动(埕北、埕北 30 北断层)。这几条断层平面上断层带较宽,延伸距离长(图 1);剖面上表现为张性正断层,但其上升盘的古生界,残留地层厚、地层时代新,而下降盘则残留地层薄、地层时代较老,由此证实了构造负反转过程的存在(图 4a)。

走滑拉张断裂 中排山的走滑断层发育,主要受东侧燕山期郯庐断裂巨大的左旋走滑运动影响(图 3)。其中, F₄—F₇ 四条断层形成于燕山期,于古近纪早期基本停止活动,属于走滑拉张断裂。平面上这些断层走向北北东向、断层带狭窄,沿断层走向常表现为断层倾向的转换(图 1);剖面上断面陡立、断层线平直、两盘地层厚度往往有差异,反映了断层有一定的水平位移(图 4)。

表 1 埕岛潜山断层参数统计表

断层编号	断层级别	断距(m)	倾角(°)	断层走向	区内延伸距离(km)	形成时期	消亡时期	断层类型
F ₁ (埕北)	二级	>3000	70	NW	20	印支期	第四纪	负反转
F ₂ (埕北 20)	二级	>2000	50	NNW	18	印支期	古近纪早期	
F ₃ (埕北 30 北)	二级	300~500	60	NW	15	印支期	第四纪	
F ₄	三级	200~500	75	NNE	7	燕山期	古近纪早期	走滑拉张
F ₅	三级	200~800	75	NNE	12	燕山期	古近纪早期	
F ₆	三级	200~800	80	NNE	10	燕山期	古近纪早期	
F ₇	三级	200~800	70	NNE	9	燕山期	古近纪早期	
F ₈	三级	100~800	40	EW	10	燕山期	古近纪早期	构造调节
F ₉	三级	50~300	60	EW	6	燕山期	古近纪早期	
F ₁₀	三级	150	60	EW	6	燕山期	中生代早期	
F ₁₁	三级	100~300	60	EW	7	燕山期	中生代早期	
F ₁₂	三级	200	50	EW	6	燕山期	新近纪早期	
F ₁₃	三级	300	50	EW	5	燕山期	新近纪早期	
F ₁₄	三级	1000	50	EW	3	燕山期	新近纪早期	
F ₁₅	三级	300	80	NNW	7	燕山期	中生代早期	
F ₁₆	三级	200	80	NW	6	燕山期	中生代早期	

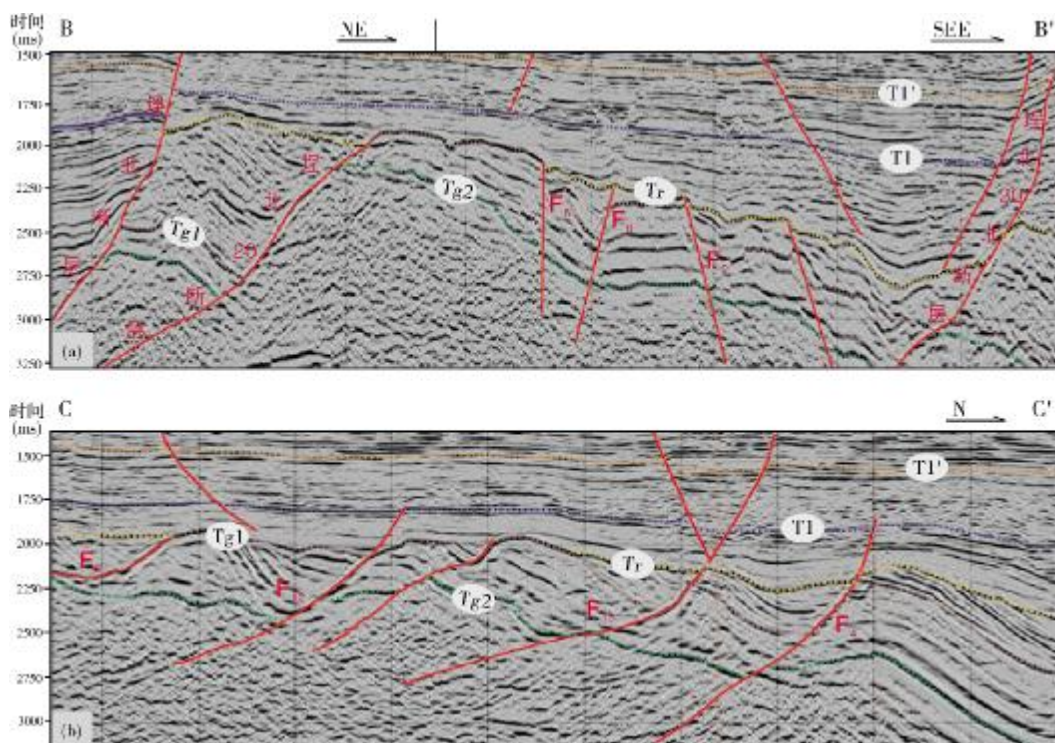


图 4 地震地质解释剖面

B—B'和 C—C'剖面位置见图 1

构造调节断裂 断层调节带是指两条断裂结合部因断距等运动学和应力场的变化导致两断层间新生一系列次级断层而形成的特殊构造现象^[9-13]。研究区除发育北西及北东向主断层之外,还发育了多条东西向断层(F_8 — F_{14} 断层),这是走滑拉张背景下产生的构造调节断裂。这些断层多受走滑带控制,夹持于走滑带内;平面上具有断层延伸较短、断层带宽的特点(图 1);剖面上具有倾角小、断面平缓的特征,且均为南倾的反向断层(图 4b)。

3 断裂对油藏的控制作用

埕北低凸起四面被埕北、黄河口、渤中、沙南四个古近系生油凹陷所环绕(图 1),湖相烃源岩发育,油源条件优越。油源分析表明,埕岛潜山油气来自周围凹陷的古近系沙河街组三段烃源岩;生烃演化史研究表明,在上新世(距今 2~5 Ma)进入明显排烃期^[14],由此,潜山圈闭开始充注油气而进入成藏期。一般地,不整合面是油气横向运移的主路径,断层是油气纵向运移的主通道,断层与不整合面的配置成为潜山成藏的关键,而断层形成机制及活动期的差

异性则影响了油气的空间分布。在断裂及其演化研究的基础上,本次研究结合已钻遇油藏,分析了不同类型的断层在油气输导、侧向遮挡方面对油藏的控制作用。

3.1 负反转断裂控制油气的宏观分布

三条负反转断裂将埕岛潜山分割为西部(CB242 井—CB603 井一线)、中部(CB275 井—CBG11 井—CBG4 井一线)、东部(CB30 井附近)三个潜山带。从目前的油气发现看,宏观上该区富含油条带均紧邻负反转断层上升盘,但由于三条断层活动性的差异,它们对油藏的控制作用也有所不同。其中埕北、埕北 30 北断层控制了西排山及东排山的油气富集。这两条断层控制了中—新生代盆地的沉积,在上新世排烃期持续活动,成为烃类沿断层纵向运移的主油源通道,且断层断距大(图 4a),上升盘古生界碳酸盐岩与下降盘古近系泥质岩直接接触,潜山侧向封堵条件好,油气近源富集成藏。钻探结果已经证实,这两条断层上升盘 CB242 井—CB603 井、CB30 井—CB40 井为两个富含油条带(图 1)。

埕北 20 断层则主要控制了中排山的油气富集, 该断层对中排山中生界的沉积具有控制作用, 于古近纪早期停止活动, 它虽不能沟通临近(南部)的古近系油源, 但依托中排山的走滑拉张断裂可以沟通来自北部生油凹陷带(沙南凹陷、渤中凹陷)的油气; 其西侧侧向对接中生界(图 4a, 图 5a), 可对中排山的油气聚集构成有效遮挡, 从而形成了中部的 CB275 井—CBG110 井、CBG406 井—CBG4 井两个富含油条带(图 1)。

3.2 走滑拉张断裂是中排山断块圈闭的主油源通道

中排山整体为受埕北 20、埕北 30 北断层夹持控制的北东倾向的大型单斜构造, 被 F_4 — F_7 走滑断

层分割为四个长条状断块构造带。这些走滑断层往北部的凹陷带有一定距离延伸, 可以沟通不整合面或直接沟通凹陷带古近系烃源岩, 成为中排山油气聚集的主油源断层(图 4b, 图 5a)。

3.3 构造调节断裂是中排山断块圈闭的重要遮挡

中排山构造调节断裂发育规模较小, 或因活动时间短而在成藏期已经停止活动, 或纵向上因受差异压实作用影响虽在古近系有一定延伸, 但纵向输导油气的能力弱, 故它们除起到分割构造的作用之外, 对油气主要起遮挡作用^[13]。目前中排山含油断块均为高部位含油, 低部位含水, 油藏具有独立性, 这证实了东西向断层对油气的分割遮挡作用(图 4b, 图 5b)。

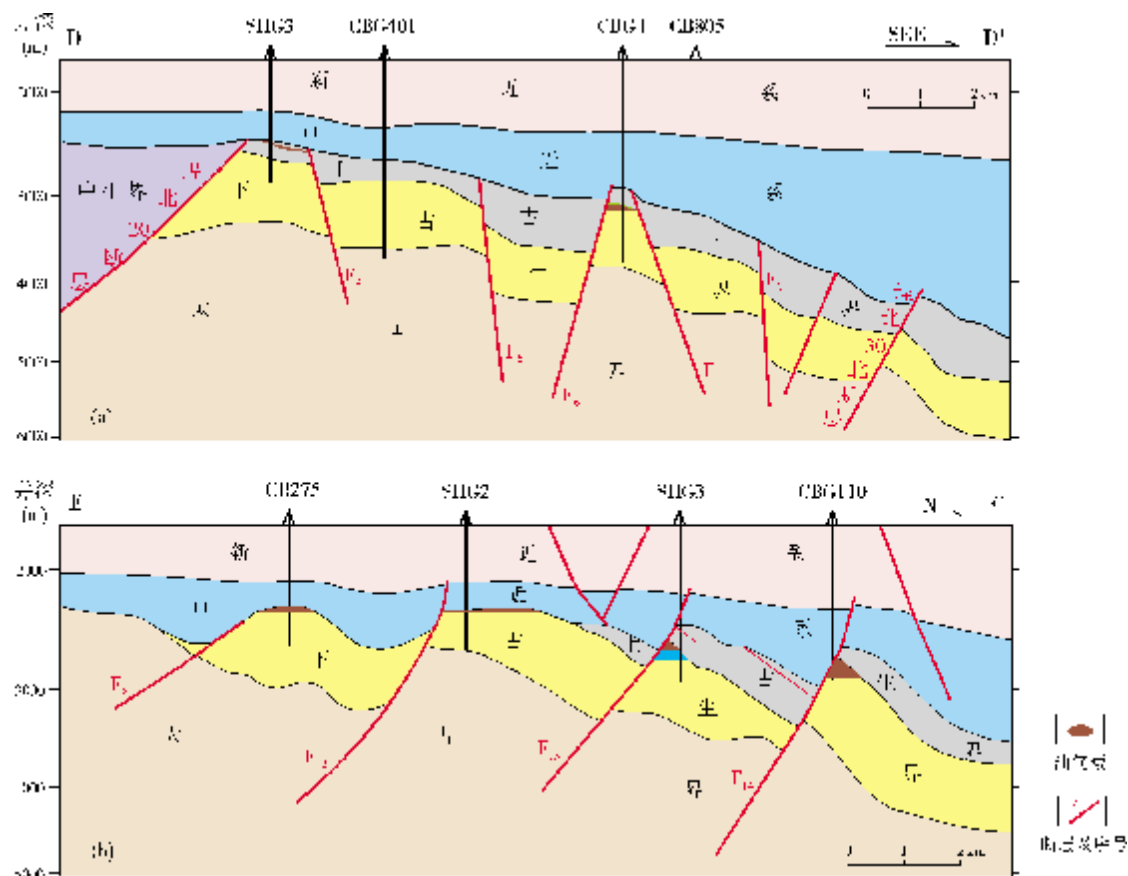


图 5 埕岛潜山油藏示意剖面

D—D'和 E—E'剖面位置见图 1

3.4 各潜山带油气富集规律

西排山及东排山紧邻古近系生油凹陷, 油气在

负反转断层上升盘的构造高部位富集, 含油高度大, 单井产能高。而中排山成藏则较为复杂, 主要是来自北部凹陷带的油气沿不整合面及北北东向走滑断层

的复合运移,在走滑断层带的地垒块内遇东西向构造调节断层遮挡而聚集成藏,表现为多个走滑断裂带夹持的数个北东向展布的含油条带,如 CB275 井—CBG11 井、CBG406 井—CBG4 井含油条带;油藏具有断块独立成藏、含油高度低的特点。

4 结 论

(1)受复杂的构造演化影响,研究区发育了负反转、走滑拉张、构造调节三种断裂类型,它们分别具有较典型的平面与剖面几何学特征。

(2)紧邻凹陷的负反转断裂,以及与不整合面沟通的走滑拉张断裂,在油气成藏过程中主要起纵向输导作用,而构造调节断裂主要起到侧向遮挡作用。

(3)油气主要在负反转断裂及走滑断裂上升盘的断鼻、断块构造内聚集,同时受调节断裂遮挡,形成了多个油气富集条带。

参 考 文 献

- [1] 孔凡仙,林会喜. 埕岛地区潜山油气藏特征[J]. 成都理工大学学报,2000,27(2):116-122.
- [2] 李丕龙,张善文,王永诗,等. 断陷盆地多样性潜山成因及成藏研究——以济阳坳陷为例[J]. 石油学报,2004,25(3):29-31.
- [3] 周建新,姚姚. 双检波器压制海上鸣震[J]. 中国海上油气(地质),1999,13(5):359-361
- [4] 戴俊生. 埕岛油田古生界构造特征及演化[J]. 中国海上油气(地质),2000,14(3):174-176.
- [5] 李丕龙,等. 陆相断陷湖盆地油气地质与勘探(卷1):陆相断陷盆地构造演化与构造样式[M]. 北京:石油工业出版社,2003:24-35.
- [6] 任纪舜,王作勋,陈炳蔚,等. 从全球看中国大地构造——中国及邻区大地构造图简要说明[M]. 北京:地质出版社,1997:1-36.
- [7] 吕宝凤,杨永强,李丽. 柴达木盆地断裂体系划分及其成盆动力学意义[J]. 西北地质,2010,43(4):143-150
- [8] GLENNIE K W,BOEGNER P L E. Sole pit inversion tectonics [M]//ILLING L V,HOBSON G D. Petroleum Geology of the Continental Shelf of Northwest Europe. London:Institute of Petroleum,1981:110-120.
- [9] 陈发景. 调节带(或传递带)的基本概念和分类[J]. 现代地质,2003,17(2):186-188.
- [10] DAHLSTROM C D A. Structural geology in the eastern margin of the Canadian Rocky Mountains[J]. Bulletin of Canadian petroleum geology,1970,18(3):332-406.
- [11] MORLEY C K,NELSON R A,PATTON T L. Transfer zones in the East African Rift system and their relevance to hydro carbon exploration in rifts[J]. AAPG Bulletin,1990,74(8):1234-1253.
- [12] FAULDS J E,VARGA R J. The role of accommodation zones and transfer zones in the regional segmentation of extended terranes[G]. GSA Special Papers,1998,323:1-45.
- [13] 田飞,金强,王端平,等. 东营凹陷永 8 断块断层调节带及其对油气分布的控制作用[J]. 高校地质学报,2012,18(2):358-364.
- [14] 陈永红,鹿洪友,曾庆辉,等. 应用生烃动力学方法研究渤海湾盆地埕岛油田成藏地质时期[J]. 石油实验地质,2004,26(6):580-583.

编辑:董庸,金顺爱

Characteristics and Control of Faults on Hydrocarbon Accumulation in Buried Hill Reservoirs in Chengbei Arch, Bohaiwan Basin

Zhang Zaizhen, Zhang Weiping, Li Zhaoyan, Lu Youming,
Shi Minghua, Wang Yanzhen

Abstract: The analysis of fine structure explanation of seismic data and regional geology shows that it is controlled by Indosinian, Yanshanian and Himalayan movements and three types of faults, including negative structural inversion, strike-slip extension and structural adjustment, develop in Chengdao Buried Hill. Both the negative inversion faults near the Paleogene sag and the strike-slip extensional faults communicated with unconformities play an important role in vertical hydrocarbon migration, while the structural adjustment faults act as lateral barrier for hydrocarbon accumulation. It is suggested that the fault system controls the hydrocarbon accumulation in many oil-rich zones.

Key words: Fault characteristics; Buried hill reservoir; Hydrocarbon accumulation; Chengbei Arch; Bohaiwan Basin

Zhang Zaizhen; male, Petroleum Geology Engineer. Add: Offshore Oil Production Plant, SINOPEC Shengli Oilfield Company, Dongying, Shandong, 257237, China