

文章编号:1009-9603(2019)04-0001-08

DOI:10.13673/j.cnki.cn37-1359/te.2019.04.001

济阳坳陷潜山“挤-拉-滑”成山机制及 油气藏类型划分

宋明水¹,王惠勇^{2,3},张云银²

(1.中国石化胜利油田分公司,山东 东营 257001; 2.中国石化胜利油田分公司物探研究院,
山东 东营 257022; 3.中国石油大学(华东)地球科学与技术学院,山东 青岛 266580)

摘要:济阳坳陷是中国东部重要的新生代油气资源生产基地,潜山油气藏是其重要的油气藏类型。中生代构造运动对潜山油气藏的形成机制及类型具有关键性作用。基于印支、燕山和喜马拉雅运动的动力学性质及构造响应研究,综合不同地质历史时期构造演化特征,分析济阳坳陷潜山形成机制,探讨油气藏类型,发现印支、燕山和喜马拉雅运动的共同作用使济阳坳陷具有“挤-拉-滑”成山机制,主要表现在地层不整合、背斜、逆断层、倒转构造、负反转及雁形断层等挤压、拉张和走滑构造响应等方面。潜山油气藏的储层类型及分布与挤压、拉张和走滑运动密切相关,根据储层特征和成藏主控因素将济阳坳陷潜山油气藏划分为地层类、断块类和复合类3大类,进而可细分为9小类。

关键词:前新生代;挤压;拉张;走滑;油气藏类型;潜山;济阳坳陷

中图分类号:TE122.1⁺11

文献标识码:A

“Extrusion, tension and strike-slip” mountain- forming mechanism and reservoir type of buried hills in Jiyang Depression

SONG Mingshui¹, WANG Huiyong^{2,3}, ZHANG Yunyin²

(1. Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying City, Shandong Province, 257001, China; 2. Geophysical Research Institute, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying City, Shandong Province, 257022, China; 3. School of Geosciences, China University of Petroleum (East China), Qingdao City, Shandong Province, 266580, China)

Abstract: Jiyang Depression is an important Cenozoic oil and gas resource production base in eastern China, and the buried hill reservoir is an important reservoir type. The Mesozoic and Cenozoic tectonic movements play a key role in the formation mechanism and types of buried hill reservoirs. Based on the study of the dynamics of Indosinian movement, Yanshan movement and Himalayan movement and their tectonic responses, the formation mechanism of buried hills in Jiyang Depression was analyzed by synthesizing the tectonic evolution characteristics of different periods, and then types of reservoirs were explored. It was found that the combined actions of Indo-China movement, Yanshan movement and Himalayan movement make Jiyang Depression extruded, tensioned and strike-slipped, which is characterized by extrusion, tension and strike-slip structure responses such as unconformity of the stratum, anticline, reverse fault, inverted structure, negative reversal, and geese fault, etc. Reservoir type and distribution of buried hill reservoir are closely related to extrusion, tension and strike-slip movements. According to reservoir and reservoir control factors, buried hill reservoirs in Jiyang Depression are classified into 3 types including strata, fault block and compound reservoir, and can be further classified into nine subclasses further.

收稿日期:2019-03-04。

作者简介:宋明水(1964—),男,山东沾化人,教授级高级工程师,博士,从事勘探部署研究与勘探管理工作。联系电话:(0546)8505096, E-mail:songmingshui@sinopec.com。

通信作者:王惠勇(1977—),男,山东肥城人,高级工程师,在读博士研究生。联系电话:(010)82312406, E-mail:wanghy.syky@sinopec.com。
基金项目:中国石化科研攻关项目“济阳坳陷复杂潜山及内幕地震描述技术研究”(P17021-3)。

Key words: pre-Cenozoic; extrusion; tension; strike-slip; reservoir type; buried hill; Jiyang Depression

渤海湾盆地是中国东部重要的油气生产基地,潜山油气藏是渤海湾盆地重要的油气藏类型。据统计,渤海湾盆地已发现的61个潜山油气藏储量占盆地总储量的10.4%;其中,辽河拗陷8个潜山油气藏的探明储量占拗陷总储量的20.3%,黄骅拗陷8个潜山油气藏的探明储量占拗陷总储量的2.9%,济阳拗陷20个潜山油气藏的探明储量占拗陷总储量的14.8%,冀中拗陷21个潜山油气藏的探明储量占拗陷总储量的59.7%,渤海海域4个潜山油气藏的探明储量占其总储量的2.3%,因此潜山油气藏可成为未来重要的油气勘探领域。潜山油气藏的形成主要受控于构造背景、储层发育及油气源条件,且构造背景对于油气成藏具有关键性作用^[1-4]。前人对渤海湾盆地潜山油气藏的形成机制进行了研究,认为济阳拗陷前新生界潜山的形成和演化主要受印支、燕山和喜马拉雅运动控制,同时构造运动也控制了潜山裂缝、风化壳和溶蚀孔洞的形成^[5-7]。李丕龙等根据成因类型、构造形态和内幕结构对潜山发育的储集类型进行了划分,认为济阳拗陷下古生界储层主要发育次生孔隙、溶蚀孔洞和构造裂缝3种储集类型^[8]。高平等认为潜山的油气成藏条件与所处的区域应力场环境、油气源条件、油气运移通道、反向断层封堵以及储集空间密切相关。依据潜山的构造位置及其与烃源岩的接触关系和运移通道特征,将济阳拗陷潜山油气成藏模式划分为它源(自源)断块式、它源(自源)褶皱式和它源-残丘式3种类型^[9]。前人的研究成果主要强调构造作用对潜山形成及油气成藏的控制作用,但对渤海湾盆地形成过程中不同地质历史时期的力学机制,尤其是潜山演化过程中挤压、拉张和走滑等动力学机制及其对油气成藏的控制作用尚未开展系统研究^[5-8]。为此,笔者在借鉴前人研究成果的基础上,综合利用岩心、地震等资料,系统分析济阳拗陷前新生界潜山各地质历史时期构造活动性质及其构造响应,分析不同构造背景下的潜山油气成藏机制,进而提出一套新的潜山油气藏类型划分方案,研究成果对中国东部陆相断陷盆地潜山油气勘探具有一定的指导意义。

1 区域地质概况

济阳拗陷在构造上属于渤海湾盆地的一个次级负向构造单元^[1-8],其东部以郯庐断裂与鲁东隆起

相隔,南部以齐广断层与鲁西隆起分界,西、北部与埕宁隆起相接(图1);地层自下而上发育太古界、下古生界、上古生界、中生界、古近系(孔店组、沙河街组、东营组)、新近系(馆陶组、明化镇组)以及第四系(平原组)。济阳拗陷潜山的形成、演化主要经历了4个阶段,分别为三叠纪褶皱隆升阶段(潜山形成初期)、侏罗纪-白垩纪块断抬升阶段(潜山发育期)、古近纪块断改造阶段(潜山定型期)和新近纪整体拗陷掩埋阶段(潜山成藏期)^[5-10]。

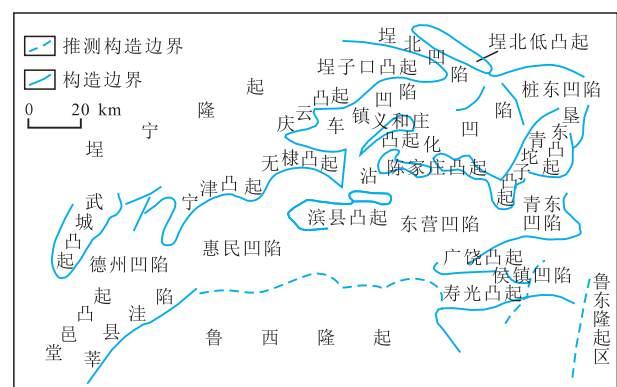


图1 济阳拗陷构造纲要

Fig.1 Structure outline of Jiyang Depression

2 潜山形成机制

自中新世以来,济阳拗陷发生多次构造运动,主要经历了印支、燕山和喜马拉雅运动^[11-12],各构造运动又分为多个构造幕,包括4期挤压、3期拉张和2期走滑运动(图2)。这些构造运动是盆地沉积及潜山形成的主要控制因素。

2.1 挤压运动

研究区挤压运动主要发生于印支期和燕山期,挤压运动形成的构造产物包括不整合、背斜、逆断层和倒转构造。

2.1.1 印支期

印支运动主要是由华北板块与扬子板块的NE(N)向挤压聚敛作用引起,多形成NW向压性构造。济阳拗陷印支运动的逆冲造山运动一般可以分为2期,早期以褶皱和隆升为主,活动强度较小;后期挤压运动强度较大,发生大规模构造隆升。印支期挤压造山运动导致古生界剥蚀,形成古生界顶部区域不整合以及多条NW向展布的背斜、断层及构造带^[13]。研究区已发现印支运动形成的地质构造,最为典型的是5条NW向大型断裂带,即五号桩-埕北

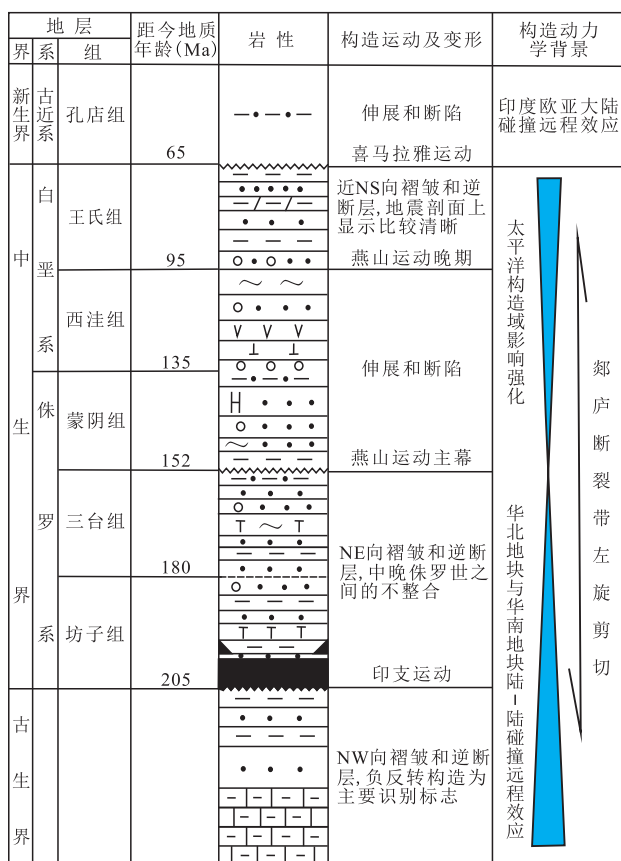


图2 济阳拗陷地层特征

Fig.2 Stratigraphic profile of Jiyang Depression

逆冲断裂带、孤西-埕南逆冲断裂带、陈南-罗西-车西逆冲断裂带、石村-阳信逆冲断裂带以及仁风-滋镇逆冲断裂带。这些断裂带下降盘的古生界具有自SW向NE方向逐渐变薄的趋势,说明在印支期造山运动期间沿断裂带曾发生大规模的挤压隆升和地层剥蚀,且靠近断裂带隆升和剥蚀程度较高,造

成古生界的厚度减薄;断层上升盘多具有背斜形态,被断层切割形成NW走向断背斜,该类断背斜在桩西、埕东等地区均有发育。

印支期NW向逆断层在燕山运动过程中曾发生大规模负反转,孤西、陈南等断裂至沙河街组沉积时期才停止活动,逆断层和倒转构造仅在孤岛、桩海等局部地区发现^[14]。根据地层对比及已钻井分析,车西洼陷北带车571-5井钻遇寒武系和奥陶系倒转地层,并发现倒转构造沿NW向分布,由此认为该地区发育印支期残存逆断层。下古生界倒转构造也是印支运动的构造产物,目前在孤东、桩海和埕岛地区均有发现,桩古13井下古生界地层呈褶曲状,为典型的倒转褶皱,且褶皱现象仅发育于古生界内部,因此可以推断该倒转褶皱构造形成于印支期。

2.1.2 燕山期

燕山运动是强烈的断块造山运动,其构造应力场的变化主要受控于郟庐断裂的活动和伊泽奈崎板块向欧亚板块的NNW向俯冲^[14]。燕山期挤压运动主要包括2期,第1期是中侏罗统沉积后发生的挤压抬升,主要表现为中下侏罗统与上侏罗统-白垩系之间发育的不整合,该不整合在东营凹陷南坡、陈家庄凸起北坡等地区普遍发育;第2期为白垩系沉积后,济阳拗陷发生大规模挤压隆升,地层由ES向NW方向挤压抬升,形成大规模NE向的冲断带和地层剥蚀现象^[15](图3)。该时期形成的大部分逆断层在喜马拉雅期发生负反转,仅在桩西、孤岛和埕岛地区钻遇。燕山期挤压运动在活动强度较低地区多形成褶皱背斜,在东营凹陷南坡EW向地

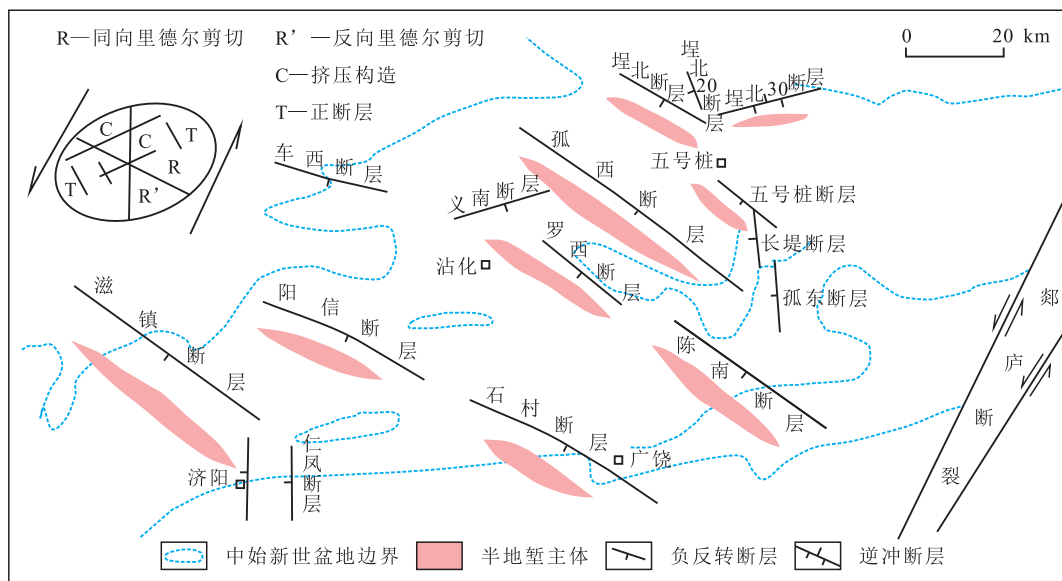


图3 济阳拗陷燕山期构造模式

Fig.3 Yanshan tectonic mode of Jiyang Depression

震剖面上可以明显地看到中生界发育背斜形态,顶部被剥蚀夷平。燕山期构造变形主要表现为收缩构造,地壳收缩率平均为0.67%,而伸展率很低,约为0.062%^[16]。燕山期构造运动多形成NNE向断层,是济阳拗陷潜山的主要形成时期。

印支运动和燕山运动同为挤压运动,造成地层挤压抬升,形成不整合和逆断层等构造运动产物,对济阳拗陷潜山圈闭和储层(裂缝和溶蚀孔洞)的形成均具有重要影响,但也存在明显差异^[17]。一是挤压运动的构造应力方向及其响应不同,印支运动为SW向NE方向挤压,而燕山运动为ES向NW方向挤压。二是形成的构造运动产物存在差异,主要表现在2个方面:①印支运动多形成NW向地层冲断带,断层为SW倾向,燕山运动多形成NE向冲断带,断层为SE倾向;印支运动造成古生界残留厚度SW方向薄、NE方向厚,而燕山运动造成中生界厚度呈现ES方向厚、NW方向薄的特征。②2期构造运动对潜山地层的影响不同,印支运动主要控制太古界和古生界地层分布和风化壳发育;燕山运动除影响太古界和古生界地层剥蚀,还控制中生界地层沉积及内部和顶面风化壳的形成。

2.2 拉张运动

研究区中新世代拉张运动主要发生于燕山早期、中期和喜马拉雅期3个时期(图2)。

2.2.1 燕山期

燕山早期沿印支期NW向逆断层发生负反转,但其构造活动强度较小^[18],沉积中下侏罗统,形成以拉张作用为主的小型陆相盆地,大部分地区的中下侏罗统与古生界地层存在小角度不整合接触。燕山中期经历挤压隆升后,研究区再次发生拉张断陷,沉积厚度巨大的下侏罗统和白垩系。燕山中期的拉张运动对济阳拗陷潜山形成的贡献主要有2个方面:①避免古生界和中下侏罗统进一步风化剥蚀,并沉积上侏罗统和白垩系,奠定了潜山形成的物质基础;②形成上侏罗统、白垩系与古生界或太古界的地层超覆圈闭。

2.2.2 喜马拉雅期

新生代西太平洋板块由NW向转变为向西俯冲于亚欧大陆板块,弧后拉张效应使渤海湾盆地发生大规模拉伸,并使郯庐断裂带由左行走滑变为右行走滑,最终导致渤海湾盆地的形成^[19-20]。喜马拉雅运动主要包括3期,早始新世孔店组沉积时期,主要为NW向逆冲断层的反向伸展构造,沉积巨厚的孔店组;中始新世至渐新世为右旋扭张盆地形成时期,为新生代盆地强烈断陷期,沉积了沙河街组和

东营组,新发育断层多为NE和NEE向。新生代拉张运动对济阳拗陷潜山油气藏的形成具有明显的控制作用^[17]:一是形成济阳拗陷构造格局,确定盆地关系,强烈的拉张运动使研究区发生断陷,形成东营、沾化、惠民和车镇等次级凹陷,具有北断南超的构造格局;各凹陷区北部前新生界地层沉陷成为新生界盆地基底,接受沉积,南部地层上翘成为凸起,接受风化剥蚀。二是破坏或改造已形成的潜山气藏,济阳拗陷上古生界石炭系含有多套煤系地层,中生代进入生烃期,新生代强烈的拉张运动改变了古地貌格局,已形成的气藏遭到破坏或调整。三是新生代拉张运动形成许多EW向断层,部分印支期和燕山期老断层继续活动,导致潜山裂缝和溶蚀孔洞的形成,也成为主要的油气运移通道,是潜山油气成藏的关键。

2.3 走滑运动

研究区受郯庐断裂带影响较大,主要经历燕山期的左行走滑和喜马拉雅期的右行走滑运动。

2.3.1 燕山期

受控于郯庐断裂的活动和伊泽奈崎板块向欧亚板块的NNW向俯冲,燕山期发育左行走滑运动,与燕山中期拉张断陷的形成和晚期挤压运动密切相关。燕山中期在左行走滑运动的控制作用下,印支期NW向断层发生负反转,沉积下侏罗统。燕山晚期,左行走滑运动转为NS向和近NE向,形成多条NE向和近NS向断层,并控制了太古界、古生界和中生界的分布。

2.3.2 喜马拉雅期

喜马拉雅期右行走滑运动主要表现为表层走滑,多形成NE向断层,平面上呈雁列式、帚状、侧接状分布,剖面上则呈现树形花状、半花状和卷心式花状等典型走滑构造。走滑断层在济阳拗陷全区均有分布,其中王家岗、临商结合部、埕岛-桩海和垦东等地区发育比较典型的走滑断层。喜马拉雅期右行走滑运动加强了拉张运动的强度,对潜山定型具有一定的促进作用。

燕山期左行走滑运动和喜马拉雅期右行走滑运动具有明显的差异。主要表现为:一是构造动力学性质不同,燕山期左行走滑运动是由挤压运动所产生,而喜马拉雅期右行走滑运动则是在拉张背景下形成;二是构造响应不同,燕山期左行走滑运动多形成NE向冲断构造和逆断层,喜马拉雅期右行走滑运动多形成NE向正断层,在一定程度上增强了盆地的断陷强度。

挤压、拉张和走滑运动对济阳拗陷潜山的储层

发育类型及分布具有控制作用,且对研究区前新生界潜山的油气藏类型也具有控制作用。挤压运动造成地层隆升剥蚀,是地层圈闭和不整合发育的主要因素。拉张运动是研究区中生代和新生代沉积盆地形成的主要原因,燕山期拉张运动为中生界潜山提供了物质基础;喜马拉雅期造山运动为济阳拗陷潜山的定型期,是潜山圈闭、储层和主要烃源岩发育的主要时期。走滑运动在一定程度上强化了同期的拉张和走滑运动,对潜山圈闭、储层和油气发育也具有重要作用。

3 潜山油气藏类型划分

目前对济阳拗陷潜山油气成藏机制的研究水平相对较低,主要根据潜山的成因、潜山与烃源岩的位置关系或断层发育特征对其油气藏类型进行相对宽泛的划分,未考虑储集类型和油气成藏主控因素。笔者根据油气成藏主控因素和储集特征,首次对胜利东部探区潜山的油气藏类型进行划分,将济阳拗陷潜山油气藏类型划分为地层类、断块类和复合类共3大类9小类。该划分方案揭示出太古界变质岩、下古生界碳酸盐岩、上古生界和中生界碎屑岩潜山均可以发育不同的油气藏类型,拓展了潜

山的油气勘探空间。

3.1 地层类油气藏

济阳拗陷前新生界潜山经历了印支、燕山和喜马拉雅运动,发生多次的隆升和剥蚀,风化壳多发育风化淋滤层,储层物性较好,与断层、构造等匹配可以形成不同的油气藏类型。根据地层不整合附近的储层发育情况,可以将潜山地层类油气藏分为残丘山块状油气藏、不整合遮挡层状油气藏和不整合遮挡不规则油气藏3种类型。

3.1.1 残丘山块状油气藏

残丘山为挤压造山运动的构造产物,目前济阳拗陷发现的残丘山主要为燕山运动的构造产物,主要分布于各凸起或洼陷构造带,其新生界直接覆盖于太古界、古生界和中生界之上。仅在桩海地区发现印支运动形成的残丘山,其中生界直接覆盖于太古界之上,且受后期构造运动改造。分析已发现残丘山油气藏可知,该类型潜山风化壳储层普遍发育,且风化淋滤带厚度较大,油气藏具有统一的油水界面,整体呈块状。例如郑4井即钻遇典型的残丘山块状油藏,整体表现为背斜构造形态(图4a)。

3.1.2 不整合遮挡层状油气藏

该类型油气藏的储层为层状,受顶部不整合遮挡成藏。不整合遮挡层状油气藏也属于挤压造山

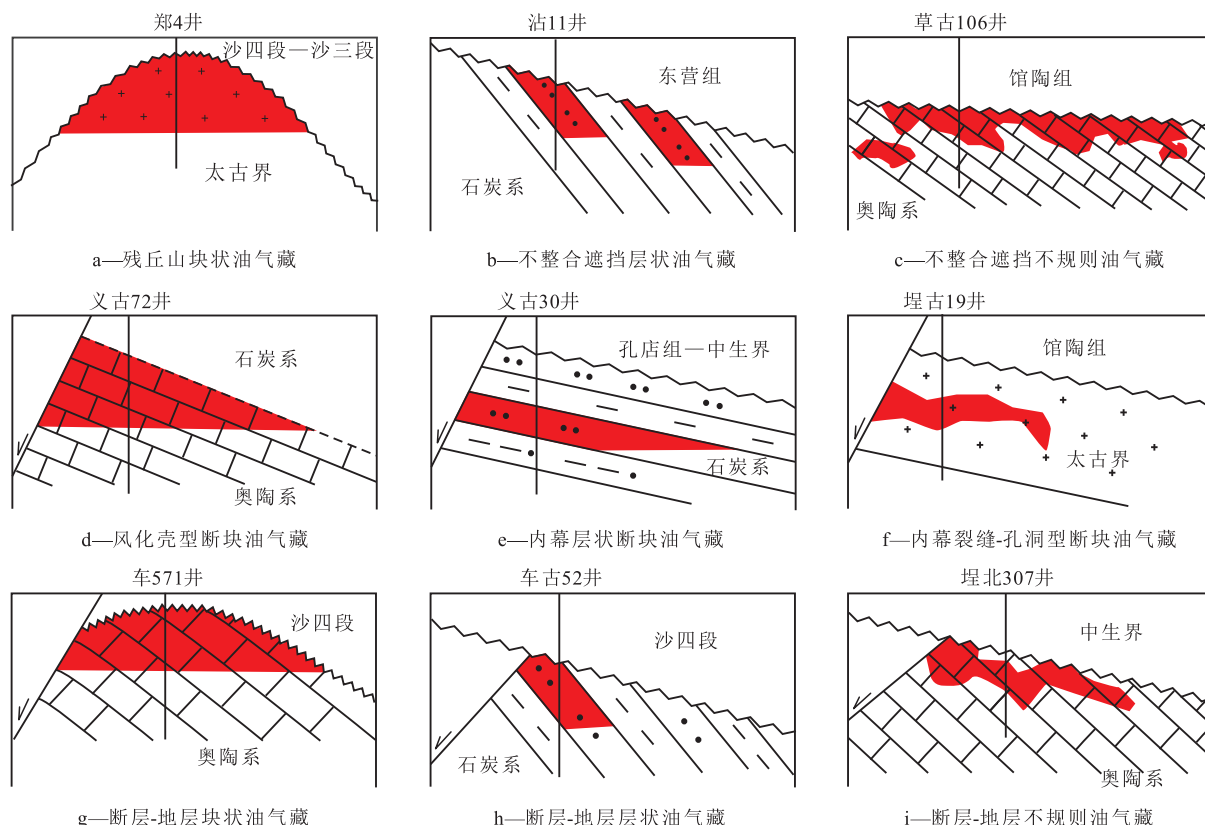


图4 济阳拗陷主要潜山油气藏类型

Fig.4 Main buried hill reservoir types in Jiyang Depression

运动的构造产物,印支运动(太古界和古生界)、燕山运动早期(中生界)和燕山运动晚期(太古界、古生界和中生界)挤压运动形成的风化剥蚀均可以形成不整合遮挡层状油气藏。济阳坳陷上古生界和中生界碎屑岩潜山多发育不整合遮挡层状油气藏,中生界不整合遮挡层状油气藏在长堤、高青等多个地区均有钻遇,而下古生界不整合遮挡层状油气藏仅在义和庄和陈家庄凸起等地区钻遇(图4b)。例如沾11井钻遇典型的下古生界不整合遮挡层状油气藏,其下古生界八陡组顶部遭受剥蚀,内部泥岩可以侧向遮挡形成不整合遮挡层状油气藏。中生界多为砂泥岩地层,易发育不整合遮挡层状油气藏;下古生界以碳酸盐岩为主,由于风化淋滤层相对发育,一般难以形成不整合遮挡层状油气藏。研究结果表明,下古生界不整合遮挡层状油气藏的发育需要2个基本条件:①不整合面不发育风化淋滤带或风化淋滤带孔隙缝洞被充填,下古生界发育以优势岩性段为特征的层状储层;②下古生界发育泥页岩和致密碳酸盐岩层段,可以分隔油气。

3.1.3 不整合遮挡不规则油气藏

不整合遮挡不规则油气藏属于典型的不整合遮挡油气藏,为挤压运动的构造产物。印支运动、燕山运动早期和燕山运动晚期挤压运动形成的风化剥蚀均可以形成不整合遮挡不规则油气藏,济阳坳陷目前发现的该类型油气藏多发育于太古界和下古生界。其与不整合遮挡层状油气藏的区别在于不整合遮挡不规则油气藏的储层为风化壳,且纵、横向变化较快,具有明显的不规则性和非均质性。例如草古106井钻遇该类型油气藏,其储层埋深较小、横向变化快,油气藏整体连片,但含油界面不统一(图4c)。

3.2 断块油气藏

潜山地层被断层切割,且控制油气成藏,即形成断块油气藏。该类型油气藏按照储层发育情况又可进一步分为3种类型,分别为风化壳型断块油气藏、内幕层状断块油气藏和内幕裂缝-孔洞型断块油气藏。

3.2.1 风化壳型断块油气藏

该类型油气藏的储层为风化壳,发育厚度较大的风化淋滤带,油气藏呈块状,具有统一的油水界面,其成藏关键是高部位断层封堵(图4d)。该类型油气藏多为中古生界残丘山被新生界断层切割形成的油气藏,其储层和油气运移条件较好、分布较广,在桩海、埕岛和义东等地区均有发现。例如义古72井在下古生界奥陶系钻遇风化壳储层,受断块

封堵,发育典型的风化壳型断块油气藏。

3.2.2 内幕层状断块油气藏

该类型油气藏多发育于潜山内幕,即风化壳以下未经风化的地层。油层呈层状分布,在碳酸盐岩和碎屑岩储层中均有发育(图4e)。例如义古30井钻遇上古生界太原组层状油藏,其断层具有控藏作用。碳酸盐岩内幕层状断块油气藏的储层类型多为裂缝和溶蚀孔洞,碎屑岩潜山内幕层状断块油气藏的储层则多为孔隙度和渗透性较好的砂岩发育层段。印支期、燕山期和喜马拉雅期构造运动均有利于形成该类型油气藏,喜马拉雅期形成的断层可以沟通古近系油源,油气成藏条件有利;印支期和燕山期构造运动形成的内幕层状断块圈闭,若能匹配石炭系煤系地层,也可以形成内幕层状断块气藏。

3.2.3 内幕裂缝-孔洞型断块油气藏

该类型油气藏与内幕层状断块油气藏类似,区别在于其储层呈不规则状,而非层状分布(图4f)。该类型储层在碎屑岩潜山和碳酸盐岩潜山均有发育,在埕岛、桩海和青城凸起等多个地区均有发现。由于岩性不同,下古生界、上古生界和中生界潜山的储集类型也有所不同:下古生界碳酸盐岩潜山的储集类型以溶蚀孔洞和裂缝为主,上古生界和中生界碎屑岩潜山的储集类型则以裂缝为主。例如埕古19井钻遇太古界内幕裂缝-孔洞型断块油气藏,其发育裂缝型储层,受断层控制封堵成藏。

3.3 复合油气藏

复合油气藏是受断层和地层双重因素控制形成的潜山油气藏类型。根据控制因素,又可细分为断层-地层块状油气藏、断层-地层层状油气藏和断层-地层不规则油气藏3种类型。

3.3.1 断层-地层块状油气藏

该类型油气藏受断层和不整合控制,多呈现断背斜或断鼻构造。储层为不整合风化淋滤层,厚度大,油藏呈块状,且具有统一的油水界面(图4g)。例如车571井钻遇断层-地层块状油气藏,构造上为典型的断背斜,下古生界发育风化壳储层,顶部发育黏土层,受断层和风化黏土层封堵成藏。

3.3.2 断层-地层层状油气藏

该类型油气藏受断层和不整合双重因素控制。不整合面不发育风化淋滤层,储层呈层状,油气藏高部位被断层切割,断层切穿不整合面或终止于不整合面,断层对油气藏具有封堵作用(图4h),油气藏呈层状。上古生界和中生界潜山该类型油气藏较为发育,下古生界泥页岩发育的碳酸盐岩层段该

类型油气藏也有发现。例如车古52井钻遇断层-地层层状油气藏,其下古生界发育层状优势储层,风化壳储层不发育,受顶部上覆泥岩和断层封堵成藏。

3.3.3 断层-地层不规则油气藏

该类型油气藏受断层和不整合双重因素控制。不整合面发育风化淋滤层,储层呈不规则状,油气藏高部位被断层切割,断层切穿不整合面或终止于不整合面,断层对油气藏具有封堵作用(图4i)。该类型油气藏多发育于碳酸盐岩潜山。例如埕北307井钻遇下古生界碳酸盐岩风化壳储层,其油水界面变化较大,受断层和风化壳顶部泥岩遮挡成藏,为典型的断层-地层不规则油气藏。

4 结论

在对印支、燕山和喜马拉雅运动的动力学性质及其构造响应研究的基础上,分析构造演化对济阳拗陷潜山储层和油气成藏的影响,取得以下2点认识:①济阳拗陷潜山具有明显的“挤-拉-滑”成山机制,共经历了4期挤压造山、3期拉张和2期走滑运动改造。挤压运动主要发生于印支早期、晚期和燕山中期、晚期,形成不整合、背斜、逆断层和倒转构造等构造响应。拉张运动主要发生于燕山早期、中期和喜马拉雅期,形成印支期NW向断层负反转和新生界NE向、EW向断层,沉积中下侏罗统、上侏罗统一白垩系和新生界。走滑运动包括燕山期左行走滑和喜马拉雅期右行走滑运动,形成的断层在平面上多呈雁列式、帚状、侧接状分布,剖面上则表现为树形花状、半花状和卷心式花状等典型走滑构造。②根据控藏因素可以将济阳拗陷潜山油气藏划分为地层类、断块类和复合类共3大类型。根据储层发育情况,可进一步细分为残丘山块状油气藏、不整合遮挡层状油气藏、不整合遮挡不规则油气藏、风化壳型断块油气藏、内幕层状断块油气藏、内幕裂缝-孔洞型断块油气藏、断层-地层层状油气藏、断层-地层层状油气藏和断层-地层不规则油气藏等9小类。笔者对济阳拗陷潜山构造演化机制及油气成藏控制因素的分析结果是对原有潜山构造和油气成藏研究的深化,对济阳探区乃至中国东部探区潜山油气藏勘探工作具有一定的指导意义。

参考文献

- [1] 蒋有录,叶涛,张善文,等.渤海湾盆地潜山油气富集特征与主控因素[J].中国石油大学学报:自然科学版,2015,39(3):20-29.
- [2] 王颖,王英民,赵锡奎.济阳拗陷构造演化对断块型潜山的形成及油气成藏的影响[J].矿物岩石,2004,24(2):73-77.
WANG Ying, WANG Yingmin, ZHAO Xikui. Effect of tectonic evolution on the formation of fault block buried hill and hydrocarbon accumulation in Jiyang Depression [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2004, 24(2): 73-77.
- [3] 赵锡奎,徐国强,罗志立,等.济阳拗陷前中生界潜山形成的构造过程与油气聚集规律[J].成都理工大学学报:自科版,2004,31(6):596-600.
ZHAO Xikui, XU Guoqiang, LUO Zhili, et al. Structural process of buried hill formation and oil and gas accumulation law in Pre-Mesozoic of Jiyang Depression, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology: Science & Technology Edition, 2004, 31(6): 596-600.
- [4] 杜学斌,解习农,任建业,等.济阳拗陷中生界古潜山油藏输导体系及成藏模式[J].地质科技情报,2005,24(2):22-26.
DU Xuebin, XIE Xinong, REN Jianye, et al. Migration system of Mesozoic buried-hill oil pools and hydrocarbon accumulation models in Jiyang Depression [J]. Geological Science and Technology Information, 2005, 24(2): 22-26.
- [5] 宗国洪,肖焕钦,李常宝,等.济阳拗陷构造演化及其大地构造意义[J].高校地质学报,1999,5(3):275-282.
ZONG Guohong, XIAO Huanqin, LI Changbao, et al. Evolution of Jiyang Depression and its tectonic implications [J]. Geological Journal of China Universities, 1999, 5(3): 275-282.
- [6] 隋凤贵,曹高社,毕磊,等.济阳拗陷古桩西断层的发现及其对桩西潜山形成的影响[J].地质论评,2013,59(6):1 189-1 198.
SUI Fenggui, CAO Gaoshe, BI Lei, et al. Ancient Zhuangxi fault: Discovery and its influence on the formation of the Zhuangxi buried hill in Jiyang Depression [J]. Geological Review, 2013, 59(6): 1 189-1 198.
- [7] 陈俊侠.济阳拗陷桩西潜山构造演化及其对储层的影响[D].焦作:河南理工大学,2011.
CHEN Junxia. Tectonic evolution and its influence to reservoir in Zhuangxi buried-hill, Jiyang depression [D]. Jiaozuo: Henan Polytechnic University, 2011.
- [8] 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——以济阳拗陷为例[J].石油学报,2004,25(3):28-31.
LI Pilong, ZHANG Shanwen, WANG Yongshi, et al. Multiplex buried-hill genesis and pool-forming in rifted basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2004, 25(3): 28-31.
- [9] 高平,姜素华,王志英.济阳拗陷潜山油藏形成机理与成藏模式[J].海洋地质动态,2009,25(3):1-6.
GAO Ping, JIANG Suhua, WANG Zhiying. Formation mechanism and accumulation models of buried hill reservoirs of Jiyang Depression [J]. Marine Geology Letters, 2009, 25(3): 1-6.
- [10] 张晓东,王颖,李桂荣.北方侏罗、白垩系盆地形成、演化及地球动力学背景[J].大庆石油地质与开发,2005,24(5):6-8.

- ZHANG Xiaodong, WANG Ying, LI Guirong. Formation, evolution and earth dynamics of Jurassic and Cretaceous basins in Northern China [J]. *Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing*, 2005, 24(5): 6-8.
- [11] 夏斌, 黄先雄, 蔡周荣, 等. 济阳坳陷印支-燕山期构造运动特征与油气藏的关系 [J]. *天然气地球科学*, 2007, 18(6): 832-837.
- XIA Bin, HUANG Xianxiong, CAI Zhouong, et al. Relationship between tectonics and hydrocarbon reservoirs from Indo-Chinese epoch to stage of Yanshan in Jiyang depression [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2007, 18(6): 832-837.
- [12] 田继军, 陈振林, 王春强, 等. 济阳坳陷古生界潜山披覆构造的形成及分布 [J]. *重庆石油高等专科学校学报*, 2004, 6(4): 14-15.
- TIAN Jijun, CHEN Zhenlin, WANG Chunqiang, et al. Formation and distribution of Paleozoic buried hills in Jiyang Depression [J]. *Journal of Chongqing Petroleum College*, 2004, 6(4): 14-15.
- [13] 李勇, 钟建华, 温志峰, 等. 印支运动对济阳坳陷构造形态形成演化的影响 [J]. *地质论评*, 2006, 52(3): 321-330.
- LI Yong, ZHONG Jianhua, WEN Zhifeng, et al. Effects of Indosinian movements on tectonic formation and evolution, Jiyang Depression [J]. *Geological Review*, 2006, 52(3): 321-330.
- [14] 侯旭波, 吴智平, 李伟, 等. 东营凹陷陈南断层构造正反转及其油气成藏关系 [J]. *大庆石油学院学报*, 2009, 33(6): 25-29, 34.
- HOU Xubo, WU Zhiping, LI Wei, et al. Tectonic positive inversion of Chennan Fault and its relation with hydrocarbon accumulation in Dongying Sag [J]. *Journal of Daqing Petroleum Institute*, 2009, 33(6): 25-29, 34.
- [15] 赵宗溥. 论燕山运动 [J]. *地质论评*, 1959, 19(8): 339-346.
- ZHAO Zongpu. Discussion on Yanshan movement [J]. *Geological Review*, 1959, 19(8): 339-346.
- [16] 李洪革, 杜旭东, 陆克政, 等. 渤海湾地区中西部中生代构造特征及演化 [J]. *石油大学学报: 自然科学版*, 1999, 23(3): 1-5.
- LI Hongge, DU Xudong, LU Kezheng, et al. Evolution and structural characteristics of the Mesozoic era in the central-west part of Bohai Bay area [J]. *Journal of the University of Petroleum, China: Edition of Natural Science*, 1999, 23(3): 1-5.
- [17] 方旭庆, 蒋有录, 罗霞, 等. 济阳坳陷断裂演化与油气富集规律 [J]. *中国石油大学学报: 自然科学版*, 2013, 37(2): 21-27, 35.
- FANG Xuqing, JIANG Youlu, LUO Xia, et al. Relationship between faults evolution and hydrocarbon enrichment in Jiyang depression [J]. *Journal of China University of Petroleum: Edition of Natural Science*, 2013, 37(2): 21-27, 35.
- [18] 卢姝男, 吴智平, 程燕君, 等. 济阳坳陷滩海地区构造演化差异性分区 [J]. *油气地质与采收率*, 2018, 25(4): 61-66.
- LU Shunan, WU Zhiping, CHENG Yanjun, et al. Division of differential tectonic evolution in Shengli shallow sea area of Jiyang Depression [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2018, 25(4): 61-66.
- [19] 曹默雷, 陈书平, 刘雅利. 济阳坳陷沾车地区义东断裂带走滑构造特征及其控藏作用 [J]. *油气地质与采收率*, 2018, 25(6): 51-55.
- CAO Molei, CHEN Shuping, LIU Yali. Strike-slip structure characteristics of Yidong fault zone and its influence on the hydrocarbon accumulation in Zhanche area, Jiyang Depression [J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2018, 25(6): 51-55.
- [20] 周心怀, 张新涛, 牛成民, 等. 渤海湾盆地南部走滑构造带发育特征及其控油作用 [J]. *石油与天然气地质*, 2019, 40(2): 215-222.
- ZHOU Xinhui, ZHANG Xintao, NIU Chengmin, et al. Growth of strike-slip zone in the southern Bohai Bay Basin and its significances for hydrocarbon accumulation [J]. *Oil & Gas Geology*, 2019, 40(2): 215-222.

编辑 邹淑滢