

文章编号: 0253-9985(2004)06-0603-06

柴达木中新生代盆地演化及其控油气作用

金之钧¹, 张明利¹, 汤良杰², 李京昌²

(1. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083; 2. 石油大学, 北京 102200)

摘要: 柴达木中、新生代盆地演化经历了4个不同的阶段, 即早、中侏罗世裂陷阶段; 晚侏罗世—白垩纪挤压阶段; 早第三纪(路乐河期)—上新世晚期(上油砂山期)区域挤压拗陷与局部走滑、逃逸阶段; 上新世晚期(狮子沟期)—第四纪挤压、推覆阶段。裂陷阶段, 在柴北缘形成中、下侏罗统烃源岩; 挤压拗陷阶段, 伴随盆地西部整体拗陷, 在盆地西部形成第三系烃源岩层; 挤压、推覆阶段, 随着盆地西部的隆升, 东部地区的强烈沉降, 在盆地东部第四纪拗陷中沉积了第四系烃源岩。柴达木盆地断裂、褶皱构造十分发育, 油气藏类型以构造油气藏为主, 其中背斜、断鼻油气藏主要分布于盆地西部茫崖凹陷, 而与断层有关的断鼻、断块油气藏主要分布于柴北缘断陷区。柴达木盆地第三系油气储层中沸腾包裹体的发现, 表明柴达木盆地的油气有过脉动式运移。

关键词: 柴达木盆地; 中新世; 盆地演化; 油气成藏

中图分类号: TE122.1

文献标识码: A

Evolution of Mesozoic-Cenozoic Qaidam basin and its control on oil and gas

Jin Zhijun¹, Zhang Mingli¹, Tang Liangjie², Li Jingchang²

(1. Exploration & Production Research Institute, SINOPEC, Beijing; 2. University of Petroleum, Beijing)

Abstract: The Mesozoic-Cenozoic Qaidam basin has experienced four evolution stages including the Early to Middle Jurassic chasmic stage, the Late Jurassic to Cretaceous compression stage, the Early Tertiary (Lulehe age) to Late Pliocene (Shangyouhashan age) regional compressive downwarping and local strike-slip and squeezing-out stage, as well as the Late Pliocene (Shizigou age) to Quaternary compressive napping stage. The Middle and Lower Jurassic source rocks were deposited in the northern edge of Qaidam basin during the chasmic stage. The Tertiary source rocks were deposited while the massive depression developed in western basin during the compressive downwarping stage. The Quaternary source rocks were deposited in the Quaternary depression in eastern basin along with the uplifting of western basin and the strong subsidence of eastern basin during the compressive napping stage. Fault and fold structures are well developed in Qaidam basin. Structural reservoirs are the main reservoir types, of which anticlinal and fault-nose reservoirs are mainly distributed in Mangya sag in western basin, while the fault-related fault nose and fault block reservoirs are mainly distributed in the downfaulted area in the northern edge of Qaidam basin. The discovery of bubble inclusions in the Tertiary indicates that pulse migration of hydrocarbons under faulting is an important mode of reservoiring in Qaidam basin.

Key words: Qaidam basin; Mesozoic-Cenozoic; basin evolution; hydrocarbon accumulation

柴达木盆地位于青藏高原北缘, 中新世沉积厚度一般都在6 000~7 000 m, 最厚可达17 200 m, 是我国西部的一个大型叠合含油气盆地。柴达木中、新生代盆地性质及其演化目前有较大争议, 主

要存在两种认识: (1) 长期以来, 许多地质学家认为现今柴达木地区(乃至整个中国西北地区)强烈挤压的盆地构造特征是从中生代继承而来, 因此将柴达木中新生代盆地归为挤压型盆地或前陆盆

基金项目: 中国石油天然气集团公司“九五”油气勘探科技工程项目(970208-02)

第一作者简介: 金之钧, 男, 47岁, 教授(博导, “973”首席科学家), 石油地质

收稿日期: 2004-11-02

地^[1~3]; (2) 认为柴达木中新生代盆地经历了早期断陷作用(拉张环境)和后期坳陷作用(挤压环境)两个阶段,因此将柴达木中新生代盆地归为断陷-坳陷盆地^[4~7]。对于断陷作用形成时段也有不同看法:有人认为是侏罗纪—白垩纪^[4,6],也有人认为是早、中侏罗世^[5,8,9],还有人认为是晚白垩世—中新世^[3],也就是说,柴达木盆地中新生代时期是否存在拉张作用阶段成为争论的焦点问题。近几年来,随着柴达木盆地石油地质勘探工作的进一步开展,越来越多的地质现象表明:在中、新生代盆地发展演化过程中,构造应力方向不是一成不变的,而是随着盆地发展演化发生主应力方向的转换,盆地主要边界断裂也曾发生运动方向和力学性质的转变。这种转变反映了区域动力学机制或动力边界条件的变化。柴达木中新生代盆地演

化过程中确实存在引张构造作用阶段。另外,油气藏是盆地形成演化过程中的产物,油气藏的形成与分布严格受盆地演化的控制,因此,研究柴达木中、新生代盆地演化及其控油气作用,对盆地油气资源潜力评价及油气分布规律预测具有十分重要的指导作用。

1 盆地演化

通过柴达木盆地中、新生代地层分布、沉积特征和构造演化史的综合分析,可将柴达木中、新生代盆地演化划分为早、中侏罗世裂陷阶段,晚侏罗世—白垩纪挤压阶段,早第三纪(路乐河期)—上新世晚期(上油砂山期)挤压坳陷与局部走滑、逃逸阶段,上新世晚期(狮子沟期)—第四纪挤压、推覆阶段(图 1)。

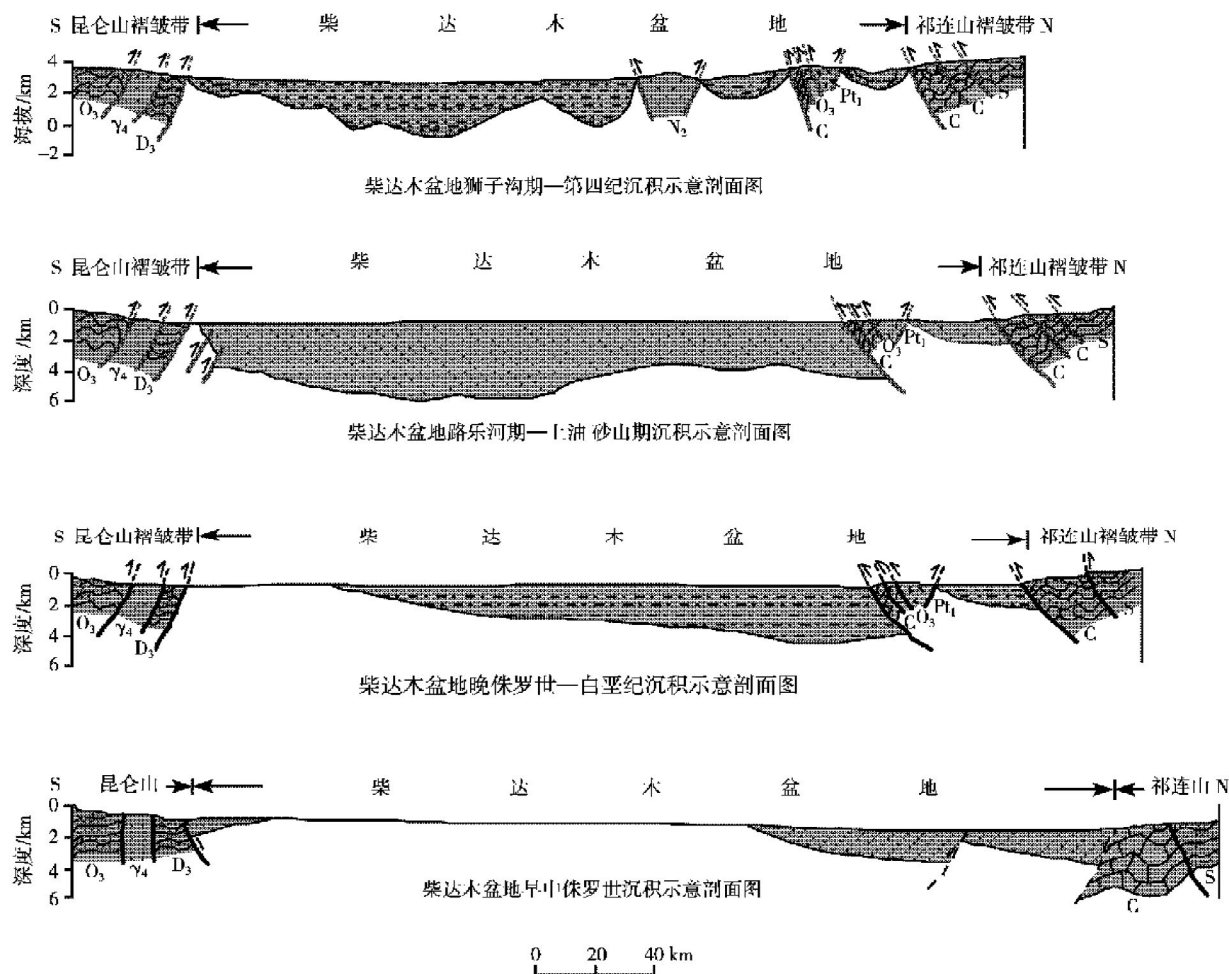


图 1 柴达木盆地中新生代构造演化示意剖面图

Fig. 1 Schematic profile showing the Mesozoic-Cenozoic tectonic evolution in Qaidam basin

1.1 早、中侏罗世裂陷阶段

印支运动之后, 柴达木盆地北缘的祁连山前和阿尔金山南缘地带近东西向的边缘断裂和断块的活动, 出现了一系列相互分割的断陷, 主要有红柳沟-金鸿山、昆特依、赛什腾、鱼卡、红山、德令哈等断陷。这些断陷大多为边缘箕状同沉积断陷, 具边断内超的性质。利用平衡剖面技术恢复的柴北缘构造剖面中, 该阶段控制断陷盆地形成的断裂表现为正断层。断陷中主要为中、下侏罗统湖泊沼泽相的沉积, 在断陷深部发育了半深湖-深湖相富含有机质的暗色泥岩, 形成了盆地重要的中生界烃源岩。

中侏罗世末期的构造事件, 使早、中侏罗世断陷隆升, 断陷边缘断层性质发生转换, 侏罗系遭受剥蚀, 柴北缘冷湖地区最大剥蚀量达 1 200 m。

早、中侏罗世柴达木盆地形成于弱南北向的伸展构造环境, 代表了后印支期的一次伸展运动, 盆地性质属裂陷盆地(或伸展盆地), 其主要依据有:

(1) 从利用平衡剖面技术恢复的柴北缘冷湖地区部分测线的构造发展剖面看, 若考虑地层的剥蚀厚度, 则控制中、下侏罗统沉积厚度和分布的断裂在早中侏罗世时为同沉积正断层, 断层走向北西西向, 反映该时期为弱南北向的伸展构造环境。

(2) 早、中侏罗世盆地演化具明显的继承性。从早侏罗世到中侏罗世盆地范围不断扩大, 早侏罗世时, 柴达木盆地仅表现为几个相互独立、分割的断陷湖盆, 其主要特点之一是该时期的煤系地层时常超覆于不同时代老地层之上, 其在柴北缘西段地震剖面上的表现尤为清楚。中侏罗世沉积范围较早侏罗世明显扩大, 早侏罗世分割的一些小断陷盆地相互连通形成了几个较大的断陷盆地, 两者在沉积和岩相古地理等方面具有连续性, 因此, 早、中侏罗世盆地演化应属于同一阶段。

(3) 沉积体虽然呈不对称的楔形, 但在柴北缘西段的部分地震剖面上表现为南断北超, 盆地沉积体的几何形态不具有典型前陆盆地的特征。

(4) 柴达木盆地北缘西段最新地震资料解释成果表明, 早、中侏罗世盆地沉积中心迁移方向多变, 但总体是由西往东迁移, 而不是由北向南迁移, 与典型的前陆盆地演化特征有区别。

早、中侏罗世原型盆地主要表现为断陷盆地

群, 原型盆地的北界位于现今盆地边界以北的祁连山南侧; 西界可能在阿尔金山南缘断裂以西不远的地方, 但不完全受现今阿尔金山南缘断裂的控制; 南界在西部已经超过了陵间断裂, 大约在鄂博梁-伊北断裂一线, 东部在埃南断裂南侧不远处(图 2)。

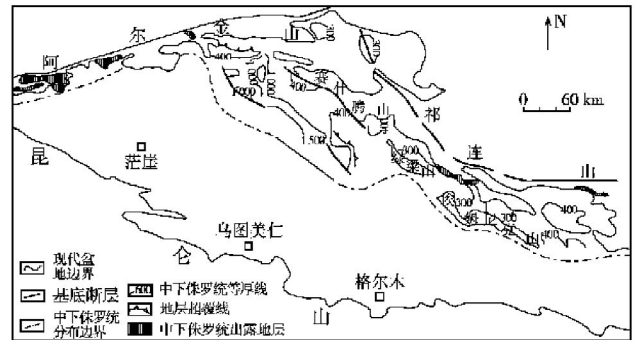


图 2 柴达木盆地中、下侏罗统分布示意图

Fig. 2 Schematic map showing the distribution of Middle-Lower Jurassic in Qaidam basin

1.2 晚侏罗纪—白垩纪挤压阶段

中侏罗世末期早燕山期构造事件, 使早、中侏罗世中生代断陷盆地发生第一次构造反转, 早、中侏罗世断陷盆地的边缘断层性质发生转换, 柴北缘断裂和宗务隆山山前断裂均由正断层转化为逆断层(图 1), 柴达木盆地周缘山系复活, 晚侏罗世—白垩纪盆地的形成主要受控于柴北缘断裂和阿尔金山断裂。此阶段在古气候控制下, 快速堆积了一套上侏罗统—白垩系红色碎屑岩建造, 主要为河流冲积相, 部分为滨浅湖相。柴达木盆地北缘最新地震资料解释成果表明: 柴北缘西段中侏罗世之后盆地范围不断缩小, 趋于萎缩, 由早、中侏罗世的半深湖—深湖相逐渐转变为以滨浅湖和河流相为主的沉积, 盆地沉积、沉降中心也相应自西向东迁移。但就柴达木盆地整体而言, 晚侏罗世—白垩纪盆地沉积范围较早、中侏罗世有所扩大, 呈现了由盆地西部和西北部边缘逐渐向盆地内依次扩大和逐层超覆的特点, 表现为受冲断构造体系控制的近物源陆相沉积。

白垩纪末的构造事件使盆地抬升、剥蚀, 最大剥蚀区在柴北缘(鱼卡), 剥蚀量约为 600 m, 并形成了白垩系与古始新统之间的角度不整合。

由此认为, 晚侏罗世—白垩纪柴达木盆地形成于南北向挤压的构造环境, 此阶段的盆地性质属挤压型盆地(图 1), 其主要依据有:

(1) 中侏罗世末, 断陷盆地的边缘断层性质发生转换, 柴北缘断裂和宗务隆山山前断裂均由正断层转化为逆断层。晚侏罗世—白垩纪形成了一套红色磨拉石堆积, 表现为受冲断构造体系控制的近物源陆相沉积, 与早、中侏罗世沉积环境明显不同, 是不同盆地演化阶段的产物。

(2) 从柴北缘中生代盆地演化特点看: 中侏罗世之后盆地范围不断缩小, 趋于萎缩, 沉积相也由早、中侏罗世的深湖、半深湖相转变为晚侏罗世—白垩纪的滨、浅湖相, 反映了上侏罗统—白垩系沉积形成于挤压构造环境。

晚侏罗世—白垩纪原型盆地主要表现为受南祁连山前冲断构造体系控制的、以冲、洪积相为主、个别地区为滨浅湖相的挤压型盆地。盆地北界在祁连山前一带, 盆地西部南界在阿拉尔、黄石北一线, 盆地东部南界在霍布逊湖一带, 西部边界在阿尔金南缘断裂附近(图3)。



图3 柴达木盆地上侏罗统—白垩系分布示意图

Fig. 3 Schematic map showing the distribution of Upper Jurassic-Cretaceous in Qaidam basin

1.3 早第三纪—上新世晚期挤压坳陷与局部走滑、逃逸阶段

老第三纪至中新世盆地形成演化明显受北西西向(如昆北断裂)和北东东向(阿尔金断裂)走滑断裂的联合控制, 此特点在盆地第三系岩性、岩相分布图上反映十分明显。该阶段盆地演化具明显的连续性和继承性, 表现为盆地西部整体坳陷, 是柴达木盆地发育最旺盛时期。此阶段, 盆地沉积、沉降中心位于盆地西部, 而且具有明显的迁移性, 总体迁移方向为北东东向(即由西向东和由南向北迁移), 是盆地西部不断受到近SN向的挤压隆升的结果。

关于柴达木盆地第三纪盆地性质, 不同的学

者持不同的看法, 有人认为是挤压背景下形成的前陆盆地或坳陷盆地^[2,4]; 也有人强调阿尔金走滑作用对盆地形成的控制^[6]; 还有人认为是转换伸展裂陷盆地^[3]。根据现有的地质及地球物理资料, 该阶段盆地的形成演化是区域挤压背景下, 北西西向昆北断裂(逆冲—右行走滑)和北东东向阿尔金断裂(左行走滑)联合作用而产生的“顶角”局部地区向东伸展、逃逸有关。盆地西南部沿北西西与北东东向两组断裂“顶角”处整体陷落, 周围诸山隆升。第三纪盆地演化具明显的连续性和继承性。此阶段的盆地性质应主要属于挤压、走滑盆地系列(图1), 该阶段盆地边缘抬升, 但各个组、段剥蚀量不大。

(1) 关于阿尔金断裂带的形成时间, 此问题在地学界一直存在着分歧和疑议。任纪舜^[10]、许志琴^[11]根据断裂带内包含着大量的“槽型”轻微变质的下古生代岩系与蛇绿混杂岩, 强调自古生代以来断层的多期活动; 黄汉纯等^[12]根据断裂对华力西—印支期花岗岩和侏罗系展布的控制, 认为阿尔金断裂从华力西—印支期开始活动; 国家地震局《阿尔金活动断裂带》课题组^[13]根据断裂带东段切割祁连构造带和东昆仑构造带上的上古生界, 认为断裂主要形成期为古生代晚期或末期; 葛肖虹等^[14]根据柴达木盆地中生代古构造发育特点, 认为阿尔金断裂是从始新世晚期才开始出现, 其左行走滑是由于印度板块与欧亚板块的大陆碰撞所引起, 左行走滑一致延续到现今。据现有的地质及地球物理资料和野外实地考察调查, 笔者倾向于阿尔金断裂带形成于早古生代, 自古生代以来断裂具有多期活动, 左行走滑从始新世晚期开始一直延续到现今。

(2) 昆北断裂带属于昆仑山山前断裂带, 包括祁漫塔格山前断裂和布尔汉布达山前隐伏断裂。祁漫塔格山前断裂, 走向北西—北西西向, 倾角 $27^{\circ} \sim 60^{\circ}$, 倾向南西, 由一组右行排列的数条断裂组成, 是一组逆断裂组合, 断裂向下断至前中生界基底, 向上断达上第三系至第四系的下更新统, 反映其长期活动及新生代以来昆仑山急剧抬升; 布尔汉布达山前隐伏断裂, 走向近东西向, 断面南倾, 倾角较陡, 在全球地学大断面(GGT)上也有清楚反映。昆北断裂是柴达木盆地南缘盆—山界线, 尽管断裂两侧基底性质相似, 但从沉积和构造特征分析, 该断裂带对柴达木盆地中、新生代(特别是

新生代)盆地的发育具有控制作用,早第三纪该断裂具右行走滑兼逆冲性质,中新世以后以逆冲活动为主^{*}。

(3)从老第三纪开始,盆地沉积沉降中心一直位于盆地西部,明显受北西西向昆北断裂和北东东向阿尔金断裂的控制。

(4)盆地沉积沉降中心具明显的迁移性,总体迁移方向由西向东和由南向北迁移,呈北东东向,是盆地西部不断受到近南北向挤压隆升的结果,而不具有典型前陆盆地的迁移特点。

(5)盆地西部下第三系沉积相呈南北对称分布,昆北断裂附近不存在典型前陆盆地前渊的特征。

对第三纪古柴达木盆地原型的分布,目前主要有两种不同的看法,一种观点认为柴达木盆地在早第三纪为一个与塔里木盆地相连通的泛湖盆^{**};另一种观点认为第三纪古柴达木盆地与现今盆地的分布范围基本一致,即南侧的祁漫塔格山、西侧的阿尔金山和北侧的赛什腾山-祁连山是当时盆地的沉积边界和物源区。通过对盆地内及周边地区第三系分布、沉积相及构造发育史研究成果进行综合分析后认为,第三纪的柴达木盆地与现今盆地的分布范围基本一致,古盆地沉积边界北抵祁连山前,南至昆北断裂附近,西至阿尔金山一线。

1.4 上新世晚期—第四纪挤压、推覆阶段

由于晚喜马拉雅期青藏高原陆内俯冲加剧,昆仑山构造带开始向盆地仰冲推覆,中新世末盆地南缘已经开始出现推覆构造并引起褶皱。中新世末盆地西部开始隆升、东部下降、湖盆收缩并咸化。早更新世盆地全面褶皱上升,盆地进一步缩小、分化,东部地区强烈沉降,形成东部第四纪坳陷。中更新世之后,西部地区继续隆升,仅局部保留凹陷,而东部三湖地区沉降(图1)。

关于上新世晚期(狮子沟期)以来柴达木盆地性质和盆地原型,目前认识趋于一致,盆地的分布范围与现今盆地分布也大致相同。喜马拉雅中、晚期青藏高原陆内俯冲的加剧,盆地受到南来的挤压越来越明显,北西西向断裂表现为强烈的推覆、挤压,昆仑山构造带和祁连山构造带亦开始向盆地仰冲、推覆,此阶段盆地性质属强烈挤压环境下的陆内坳陷盆地。

2 控油气作用

油气藏是盆地形成演化过程中的产物之一。盆地的形成演化直接控制着盆地的沉积作用以及油气藏形成的地质条件。如烃源岩层、储集层、盖层、圈闭、运移和保存条件等。其中烃源岩层、储集层及油气盖层与盆地建造作用有关;油气的圈闭、运移和保存条件又严格地受着盆地的构造作用所控制。盆地的建造和改造作用是盆地演化过程中的对立统一体。上述条件具备与否以及在时间、空间上的相互匹配关系等直接影响到油气藏的形成和油气聚集程度。柴达木盆地演化对油气控制作用主要表现为如下3个方面。

2.1 控制了烃源岩的分布与演化

柴达木盆地中、新生代的演化发展历史决定了盆地中发育的3套主力烃源岩的分布与演化。早、中侏罗世裂陷阶段控制了中、下侏罗统灰黑色泥岩、碳质泥岩烃源岩主要分布于柴北缘断陷及阿尔金山前。德令哈坳陷也可能有中、下侏罗统烃源岩的分布。第三纪走滑、逃逸阶段伴随盆地西部整体坳陷。导致了第三系始新统下干柴沟组、渐新统上干柴沟组高含钙、高含盐的泥岩-碳酸盐岩烃源岩主要分布于盆地西部的茫崖坳陷和一里坪坳陷;上新世晚期(狮子沟期)—第四纪挤压、推覆阶段,由于昆仑山构造带向盆地仰冲推覆,盆地东部地区强烈沉降,决定了第四系下更新统暗色泥岩、碳质泥岩、页岩等生物气源岩,分布于盆地东部的三湖坳陷和霍布逊坳陷。另外,生油气凹陷中心的转移,控制着油气藏分布的转移。

2.2 控制了圈闭的形成与油气分布

柴达木盆地的断裂、褶皱构造十分发育,它们经历了多构造世代的演化,决定了不同世代构造圈闭的形成、发展或破坏。构造对盆地内油气分布的控制作用具体表现在:①断层通过影响构造圈闭的形成而制约油气区带的分布及发育,由断裂系统制约的伸展构造、花状构造及逆冲推覆构造控制了柴达木盆地内大多数构造圈闭的形成与分布,从而使油气区带常与断裂构造带相伴;②断裂又是沟通烃源岩层与构造圈闭的油气运移通道,在油源断层附近的构造圈闭,通常是油气分布的有利部位^[16];③圈闭形成时间与油气运移时间

* 葛肖虹,段吉业,李才,等.柴达木盆地的形成与演化.青海石油管理局内部研究报告,1990

** 刘池阳.柴达木盆地西部地区构造特征及其演化.青海石油局内部研究报告,1991

的配置关系是构造圈闭含油气性的一个重要因素;④圈闭所在位置与油源区的距离是影响构造圈闭含油气性的另一个重要因素。柴达木盆地油气藏以构造油气藏为主,其中背斜、断鼻油气藏主要分布于盆地西部茫崖凹陷;与断层有关的断鼻、断块油气藏主要分布于柴北缘断陷区。

柴西地区近南北向构造形成于前新生代^[17],新生代以来在近南北向挤压区域构造应力场作用下,北西西向和近南北向构造成为统一的断裂构造系统^[18],其对柴西地区油气成藏起重要作用,目前,柴西地区已发现的油田与其关系密切,近南北向走滑带发育地区常是寻找第三系优质裂缝性油气藏的主要地区。

2.3 控制了油气运移与成藏

在柴达木盆地的第三系油气储层中发现了沸腾包裹体^[19]。沸腾包裹体的存在,是在异常高压带和断裂作用下流体发生沸腾作用的证据,说明柴达木盆地在油气成藏的过程中,有过快速的油气运移与充注。柴达木盆地断裂作用下油气的脉动式运移是油气成藏的一种重要方式。

3 结论

柴达木盆地早、中侏罗世为伸展环境,晚侏罗世—白垩纪为挤压环境,但由于盆地经受了喜马拉雅中晚期构造运动强烈挤压作用的改造,盆地早期的“拉张”证据在地震剖面上变得难以辨认;第三纪盆地处于区域挤压背景下,北西西向(昆北)和北东东向(阿尔金)走滑断裂的联合作用,盆地西南部局部向东伸展、逃逸的构造环境,盆地性质属于挤压、走滑系列;第四纪盆地是挤压背景下的缩短、拗陷盆地。柴达木盆地油气藏的形成与演化严格受盆地演化的控制,盆地演化控制了烃源岩的分布与演化,构造运动控制了圈闭的形成与油气分布,断裂活动控制了油气运移与成藏。

参 考 文 献

- 车自成. 从青藏高原的隆起看柴达木盆地的形成与演变[J]. 石油与天然气地质, 1986, 7(1): 10~15
- 彭作林, 惠荣耀. 中国西部准噶尔、柴达木、酒西盆地天然气赋存条件及资源预测[M]. 甘肃兰州: 甘肃科学技术出版社, 1991
- 夏文臣, 张宁, 袁晓萍, 等. 柴达木侏罗系的构造层序及前陆盆地演化[J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(3): 173~180
- 顾树松, 狄恒恕. 柴达木盆地形成机理及其对油气的控制[A]. 见: 朱夏. 中国中、新生代沉积盆地[C]. 北京: 石油工业出版社, 1990. 186~195
- 王鸿祯, 刘本培, 李思田. 中国及邻区大地构造划分和构造发展阶段[A]. 见: 王鸿祯, 杨森楠, 刘本培. 中国及邻区构造古地理和生物古地理[C]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 1990. 3~34
- 黄汉纯, 黄庆华, 马寅生. 柴达木盆地地质与油气预测——立体地质·三维应力·聚油模式[M]. 北京: 地质出版社, 1996
- 王素华, 钱祥麟. 中亚与中国西北盆地构造演化及含油气性[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(4): 321~325
- 金之钧, 张明利, 汤良杰, 等. 柴达木盆地中新代构造演化[J]. 地球学报, 1999, 20(增刊): 68~72
- 曾联波, 金之钧, 张明利, 等. 柴达木侏罗纪盆地性质及其演化特征[J]. 沉积学报, 2002, 20(2): 288~292
- 任纪舜, 姜春发, 张正坤, 等. 中国大地构造及其演化[M]. 北京: 科学出版社, 1980
- 许志琴, 姜枚, 杨经绥. 青藏高原北部隆升的深部构造物理作用[J]. 地质学报, 1996, 70(3): 195~206
- 黄汉纯, 王长利. 阿尔金构造带特征及其对塔里木和柴达木盆地的影响(中国地质科学院院报 17 号)[M]. 北京: 地质出版社, 1987
- 国家地震局《阿尔金活动断裂带》课题组. 阿尔金活动断裂带[M]. 北京: 地震出版社, 1992
- 葛肖虹, 段吉业, 李才, 等. 阿尔金断裂与西北大地构造格局的新认识[A]. 见: 杨巍然, 朱志澄, 朱新国. 地球科学进展学术讨论会论文摘要汇编[C]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 1992. 39
- 黄华芳, 王金荣. 造山型盆地构造演化与油气赋存[M]. 甘肃兰州: 兰州大学出版社, 1994
- 邹华耀, 胡文义. 生长逆断层与油气生成、运移和聚集: 以柴达木盆地尕斯断陷为例[J]. 石油与天然气地质, 1993, 14(3): 200~206
- 李玉喜, 周瑞年, 庞雄奇, 等. 柴西地区近南北向构造系统及其控油作用分析[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(1): 65~68
- 彭立才, 邵文斌, 张林, 等. 尕斯库勒油田跃灰 1 井区 E₃ 灰层裂缝预测[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 391~395
- 邱楠生, 金之钧. 油气成藏的脉动式探讨[J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 561~567