

文章编号:0253-9985(2011)06-0920-08

北部湾盆地构造迁移特征及对油气成藏的影响

胡望水^{1,2}, 吴婵^{1,2}, 梁建设³, 胡芳^{1,2}, 蔡峰^{1,2}, 柴浩栋^{1,2}, 邹起阳^{1,2}

[1. 长江大学 地球科学学院, 湖北 荆州 434023; 2. 长江大学 油气资源与勘探技术教育部重点实验室, 湖北 荆州 434023;
3. 中海油研究总院, 北京 100027]

摘要:综合利用各种地质、测井、录井等资料,在对盆地内4个凹陷范围内的三维地震资料地质解释基础上,通过分析各凹陷边界主控断裂的空间展布特征和不同时期的断裂落差以及盆地内不同时期沉积中心和沉降中心的变化特征,分别从单个凹陷的角度和整体的角度探讨了盆地的构造迁移特征,最后从油气勘探的指导意义上简要探讨了构造迁移对油气成藏的影响。研究认为:北部湾盆地的构造迁移具有波浪式定向性、汇聚型偏对称性等特点;构造迁移造就了盆地现今的构造格局,控制了盆地内的生储盖组合、造成了温压场的改变,促进了烃源岩的成熟演化以及油气的运移、聚集成藏等,影响了油气成藏的各个环节;受构造迁移的影响,研究区四个凹陷的富烃情况有所不同,涠西南凹陷是主要的富生烃凹陷,乌石凹陷次之,海中凹陷次于乌石凹陷,迈陈凹陷次于海中凹陷。

关键词:沉降中心;沉积中心;构造迁移;油气成藏;北部湾盆地

中图分类号:TE121.1

文献标识码:A

Tectonic transport characteristics and their influences on hydrocarbon accumulation in Beibuwan Basin

Hu Wangshui^{1,2}, Wu Chan^{1,2}, Liang Jianshe³, Hu Fang^{1,2}, Cai Feng^{1,2}, Chai Haodong^{1,2} and Zou Qiyang^{1,2}

(1. College of Geosciences, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023, China; 2. Key Laboratory of Petroleum Resources and Exploratory Technology of the Ministry of Education, Yangtze University, Jingzhou, Hubei 434023, China;
3. CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China)

Abstract: Geological data and various logging data were integrated to perform geologic interpretation of 3D seismic data of 4 sags in Beibuwan Basin. Characteristics of tectonic transport in this basin were discussed based on analyses of spatial distribution of the major boundary faults of each sag, fault throw at different stages and the transport of depocenter and subsidence center in the basin at different stages. The influences of tectonic transport on hydrocarbon accumulation was also discussed. The tectonic transport of Beibuwan Basin is characterized by wave-like directivity and convergent bias-symmetry. Tectonic transport resulted in present tectonic framework of the basin, controlled the source-reservoir-caprock assemblages within the basin, changed temperature and pressure fields, accelerated source rock maturation and evolution, and hydrocarbon migration and accumulation. Because of the influence of tectonic transport, the source rock richness are different from sag to sag in the basin, the Weixinan sag has the richest source rock followed by the Wushi sag, Haizhong sag and Maichen sag.

Key words: subsidence center, depocenter, tectonic transport, hydrocarbon accumulation, Beibuwan Basin

地质迁移的思想萌芽于19世纪70年代的地槽迁移,1873年,J. Dana在提出地槽概念时就意识到地槽远离古陆而时代逐渐变新,但没有提出地槽迁移的概念^[1]。首次提出地槽迁移的是

A. W. Grabau,他虽然在其1919年美国地质学会志发表的摘要中提出了地槽迁移,但没有给予明确的描述^[2]。此后,地质迁移的现象逐渐引起国内外学者的注重。在国内,黄汲清教授于1931年论

收稿日期:2011-04-21。

第一作者简介:胡望水(1963—),男,教授、博士生导师,石油构造与沉积盆地分析。

基金项目:国家科技重大专项(2008ZX05023)。

述了秦岭地槽的迁移^[3]。姜春发于1960年提出构造迁移概念,之后又对其作了进一步的研究^[4,5],1992年在其发表的文章中提出了构造迁移理论并对其作了比较详细的阐述^[6]。此后许多地质学者将构造迁移理论应用到各种构造、岩体、固体矿产的研究中^[7-12],还有许多石油地质学者还将其应用到石油地质研究中,探讨了构造迁移对含油气盆地、含油气系统、烃源岩、圈闭、油气藏和油气分布等的影响^[13-19],提出了许多新的观点,丰富了找油理论和方法。

北部湾盆地是南海北部边缘5大含油气盆地之一,具有巨大的油气资源潜力及勘探前景。夏斌、吕宝凤等曾对南海北部新生代盆地的构造迁移进行了研究,并指出构造迁移对烃源岩有明显的制约作用^[19]。对北部湾盆地内部的构造迁移规律,迄今为止,还无人系统的探究过,本文旨在对北部湾盆地的构造迁移规律进行研究,并在此基础上探讨构造迁移对油气成藏的影响,希望对预测勘探目标区有所裨益。

1 区域地质概况

北部湾盆地位于海南岛以北、广西以南,雷州半岛以西至东经108°线附近的北部湾海域,面积约 $3.98 \times 10^4 \text{ km}^2$,盆地走向呈北东-南西向(图1)。它是在中生代区域隆起背景下发育起来的新生代断陷沉积盆地,经历了古近纪张裂阶段和新近纪张裂后热沉降阶段,具有明显的断坳双层结构。整个盆地由昌化凹陷、海中凹陷、涠西南凹陷、企西隆起、海头北凹陷、乌石凹陷、流沙低凸

起、迈陈凹陷、徐闻隆起、福山凹陷和雷东凹陷组成,呈凹隆相间的构造格局。其中,海中凹陷和涠西南凹陷北邻万山隆起,南邻企西隆起,之间由涠西南低凸起分隔,它们都是北断南超的箕状断陷(图1,图2);昌化凹陷和海头北凹陷北部与企西隆起相邻,南部受海头北断裂的控制,呈南断北超的箕状;乌石凹陷北邻企西隆起,南邻流沙低凸起,由于构造应力不均衡作用及多期构造运动的叠加改造,凹陷内发育东洼和西洼两个次洼东洼南断北超,西洼北断南超;迈陈凹陷北邻流沙凸起,南靠徐闻隆起,受构造应力不均衡作用及构造运动叠加、改造和迁移的影响,凹陷内也发育两个次洼——东洼和西洼,东洼南断北超,西洼呈双断地堑型(图1,图2);福山凹陷西、北以临高断裂与徐闻隆起相连,南以安定断裂与海南隆起相接,东以长流断裂为界,总体呈东西向隆凹相间、北断南超、南北分带的构造格局^[20],受构造演化的控制,其沉积、沉降中心向北迁移^[21];雷东凹陷北邻粤桂隆起,南邻海南隆起,西接徐闻隆起,总体呈北断南超的箕状(图1)。由于资料有限,研究区仅涉及海中凹陷、涠西南低凸起、涠西南凹陷、企西隆起、乌石凹陷、流沙低凸起和迈陈凹陷。

受构造运动的控制,研究区古近系为陆相断陷沉积,自下而上发育有古新统长流组河流相杂色砂砾岩、始新统流沙港组中深湖相泥页岩和渐新统涠洲组河沼相及滨浅湖相砂泥岩,其中流沙港组暗色泥岩是盆地的主力烃源岩系;新近系为海相沉积,自下而上划分为下中新统下洋组、中中新统角尾组 and 上中新统灯楼角组以及上新统望楼港组。古近系和新近系之间呈区域性角度不整合接触。

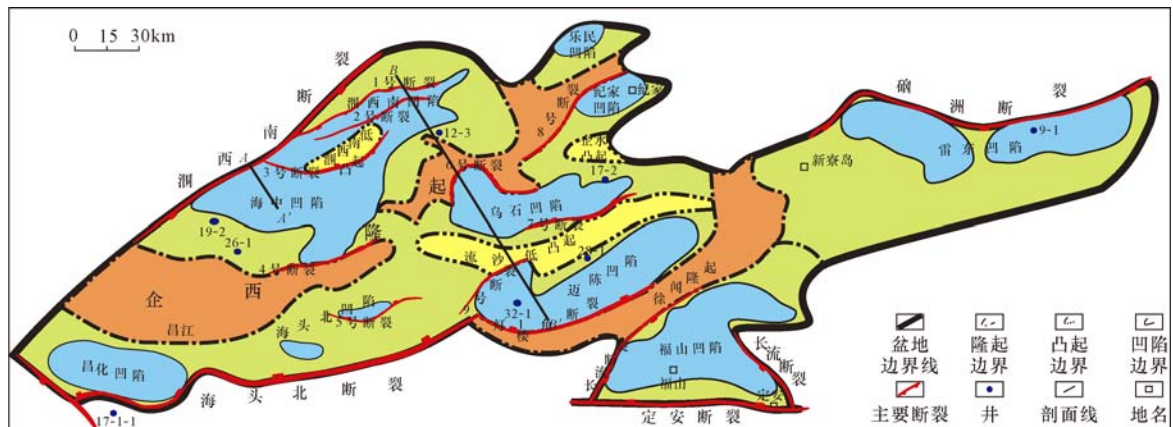


图1 北部湾盆地构造区划(据何家雄等,2008)

Fig. 1 Tectonic division of Beibuwan Basin (modified from He Jiaxiong et al,2008)

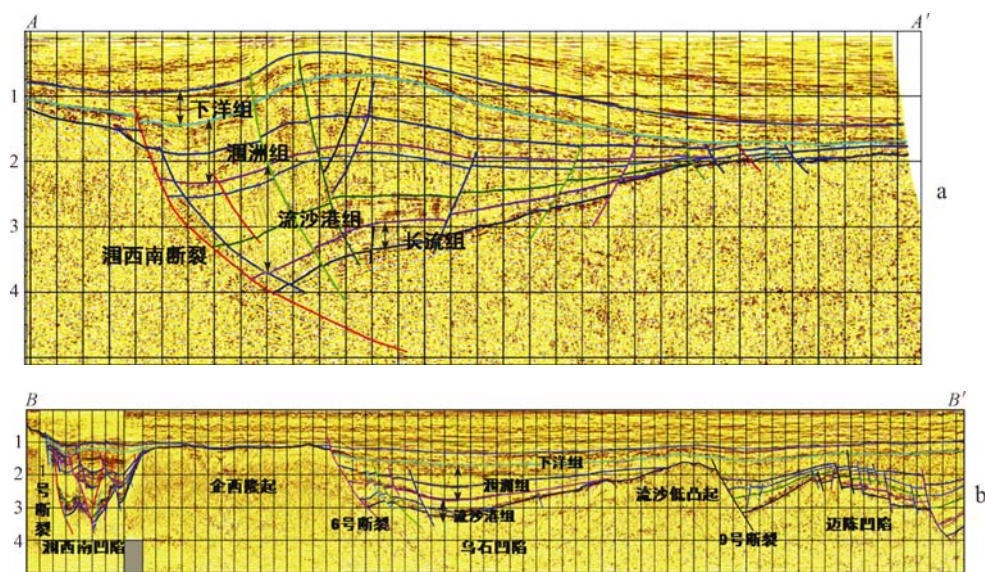


图2 北部湾盆地凹陷构造特征(剖面位置见图1)

Fig. 2 Structure characteristics of sags, Beibuwan Basin (see Fig. 1 for section location)

a. 海中凹陷; b. 涠西南凹陷、乌石凹陷和迈陈凹陷

2 盆地的形成演化

北部湾盆地从古近纪到新近纪经历了裂陷到坳陷的构造演化,裂陷期以陆相断陷沉积为主,坳陷期以海相沉积为主。裂陷期又可分为明显的3期:古新世裂陷第一幕,初始张裂,盆地雏形形成;始新世裂陷第二幕,强裂拉张;渐新世裂陷第三幕,张裂活动减弱。从古新世到渐新世,张裂活动强度呈现出弱—强—弱的特点,湖盆也从形成到发展再到衰亡。进入新近纪,盆地整体沉降,接受海相沉积。

古新世时期,受南海扩张的影响,北部湾盆地在近NW—SE向的区域拉张应力作用下初始张裂,产生了一系列NE—SW向断裂,如涠西南断裂、乌石凹陷的7号断裂、迈陈凹陷的9号断裂和灯楼角断裂等,盆地雏形形成,全区以数个狭小分割的半地堑为特征,断块体上升一侧剥蚀的碎屑物快速堆积在各凹陷中,形成了长流组红色砂砾岩夹杂色泥岩的冲积产物,分布较局限,除海中凹陷和涠西南凹陷连成一片外,各沉积单元相互独立。

始新世时期,构造应力发生顺时针旋转,北部湾盆地在NNW—SSE向的拉张应力作用下强烈断陷,产生了一系列NEE—SWW向的断裂,如涠西

南凹陷的1号断裂、海中凹陷的3号断裂、乌石凹陷的6号断裂和迈陈凹陷的灯楼角断裂等,这些断裂活动逐渐增强并发展成为该时期的主控断裂,控制流沙港组沉积。此外,早期形成的边界主控断裂再次活动,但活动强度有所减弱,退居次要控沉积地位。随着张烈活动的进行,湖盆逐渐加深扩大,形成了流沙港组滨浅湖—中深湖相沉积。

渐新世时期,构造应力继续顺时针旋转,在近SN向的拉张应力作用下开始了第三次张裂,在涠西南凹陷产生了一系列近EW向的断裂,如起控带作用的2号断裂,它控制了涠洲组的沉积;在海中凹陷,涠西南断裂和3号断裂继续活动,3号断裂为主控断裂,控制了涠洲组的沉积;在乌石凹陷产生了一系列近东西向的断裂,6号断裂活动强烈,成为主控断裂,控制了涠洲组的沉积;在迈陈凹陷也产生一系列近东西向的断裂,控制涠洲组沉积。中晚渐新世,构造应力发生右旋扭动,对前期构造进行了改造,涠西南凹陷和乌石凹陷产生了负花状构造,而海中凹陷、迈陈凹陷的扭动构造不明显。渐新世末,整个北部湾盆地经历了一次构造挤压反转运动,盆地整体抬升,遭受了不同程度的抬升剥蚀。

新近纪开始,整个北部湾盆地进入裂后热沉降阶段,断裂基本停止发育,整体下沉接受海相沉

积。中新世末,北部湾盆地又经历了一次构造挤压反转运动,不同区域的反转强度不同,海中凹陷受到的挤压作用最强烈,早期的沉降中心和沉积中心抬升成为构造高点,相应的沉降中心和沉积中心向企西隆起方向迁移,而在其他几个凹陷则较弱,部分地层发生轻微褶皱,形成低幅度宽缓背斜。

3 盆地构造迁移特征

构造迁移是指同一时期的不同地区和不同时期相同地区或不同地区的构造活动规模、强度、性质随区域地球动力的变化而呈现一定方向的有规律的变化^[19]。它是以构造活动为研究对象,而构造活动在地质体上最直接最直观的体现就是地质构造的形成和沉积盆地的形成,因此,构造活动的迁移特征可以直接从地质构造和沉积上的迁移特征中体现出来。

从北部湾盆地的发育演化中可以看出,它具有明显的构造迁移现象。构造迁移具有以下特征:波浪式定向性和汇聚型偏对称性。

3.1 波浪式定向性

从古新世到渐新世,北部湾盆地构造应力的改变具有定向性,即从 NW 向变为 NNW 向,然后变为近 NS 向,随着构造应力场的改变,构造运动也发生着时空的迁移,这种迁移主要体现在:

1) 各凹陷边界主控断裂此消彼长,此伏彼起的波浪式定向迁移。

海中凹陷在古新世涠西南断裂活动强烈,控制了长流组沉积(图3);始新世涠西南断裂继续活动,同时3号断裂活动逐渐增强,两者共同控制了流沙港组沉积,但涠西南断裂位于主要控沉积地位,而3号断裂位于次要控沉积地位;到渐新世随着涠西南断裂活动减弱,3号断裂活动增强,并逐渐成为该时期的主控断裂,控制涠洲组的沉积(图3)。随着时间的推移,构造应力由 NW 向变为 NNW 向,然后变为近 NS 向,边界主控断裂由 NE-SW 向的涠西南断裂转变为 NEE-SWW 向的3号断裂,空间位置由西向东迁移。

涠西南凹陷古新世涠西南断裂为主控断裂,控制长流组沉积(图4);到始新世随着涠西南断裂活动减弱,1号断裂活动增强,逐渐成为主控断

裂,控制流沙港组沉积(图4);到渐新世随着1号断裂活动减弱,2号断裂活动逐渐增强,并发展成为主控断裂,控制涠洲组沉积(图4)。从古新世到渐新世,边界主控断裂由涠西南断裂变为1号断裂再变为2号断裂,随着它们此消彼长,此伏彼起,边界主控断裂由北西向南东方向迁移。

乌石凹陷古新世和始新世主要由7号断裂控制盆内长流组和流沙港组沉积(图5);到渐新世

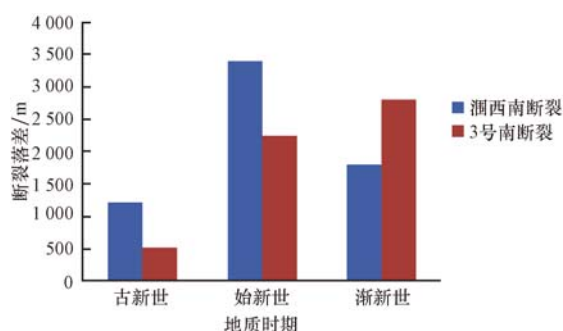


图3 北部湾盆地海中凹陷主控断裂落差

Fig. 3 Fault throws of the major boundary faults in Haizhong sag, Beibuwan Basin

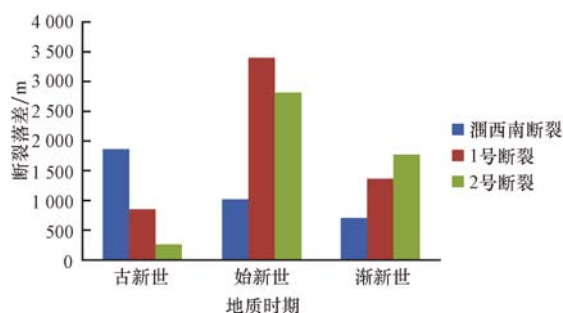


图4 北部湾盆地涠西南凹陷主控断裂落差

Fig. 4 Fault throws of the major boundary faults in Weixinan sag, Beibuwan Basin

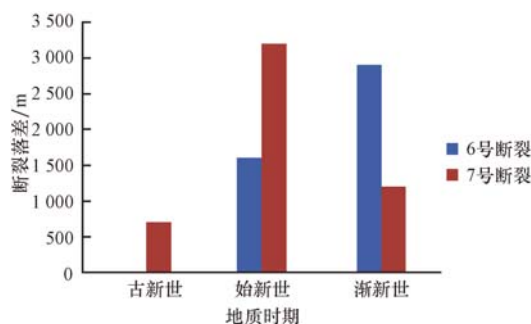


图5 北部湾盆地乌石凹陷边界主控断裂落差

Fig. 5 Fault throws of the major boundary faults in Wushi sag, Beibuwan Basin

随着构造应力的改变,构造活动的迁移,7号断裂活动减弱,6号断裂活动逐渐增强并发展成为主控断裂,控制涠洲组沉积(图5)。随着时间的推移,边界主控断裂由7号断裂变为6号断裂,空间位置由南东向北西方向迁移。

迈陈凹陷古新世9号断裂和灯楼角断裂北东段活动强烈,分别控制盆内西洼和东洼的长流组沉积,但9号断裂活动较强(图6);始新世随着构造应力的改变及构造活动的迁移,西洼9号断裂活动强度有所减弱但向北迁移,东洼灯楼角断裂活动增强且向西扩展并成为该时期主控断裂(图7);渐新世构造应力继续顺时针旋转,东洼构造活

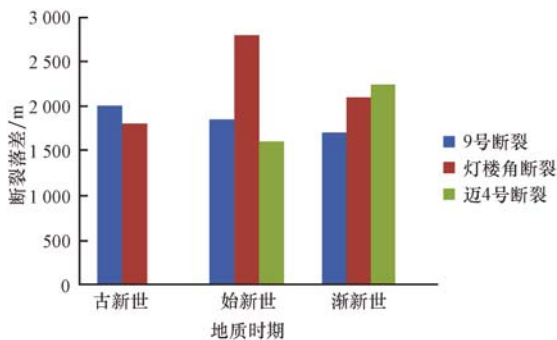


图6 北部湾盆地迈陈凹陷主控断裂落差

Fig. 6 Fault throws of the major boundary faults in Maichen sag, Beibuwan Basin

动向西迁移,近东西向迈3、迈4断裂活动增强,与灯楼角断裂一起控制涠洲组沉积,但迈4断裂位居主要控沉积地位(图6)。总体上,迈陈凹陷东洼主控断裂由灯楼角断裂变为迈4断裂,迁移方向由东向西。

2) 沉降中心和沉积中心的迁移

随着各凹陷边界主控断裂此消彼长,此伏彼起的时空迁移,其沉降中心和沉积中心也随之迁移。从研究区各时期沉降中心和沉积中心迁移图(图7,图8)中可以看出,从古新世到渐新世,海中凹陷的沉降中心和沉积中心从涠西南断裂下降盘迁移到3号断裂下降盘,迁移方向为由西向东;涠西南凹陷的沉降中心从涠西南断裂下降盘迁移到1号断裂下降盘,再迁移到2号断裂下降盘;沉积中心从1号断裂下降盘迁移到2号断裂下降盘,迁移方向为由北西向南东;乌石凹陷的沉降中心和沉积中心从7号断裂下降盘迁移到6号断裂下降盘,迁移方向为由南东向北西迁移;迈陈凹陷西洼沉降中心和沉积中心随着9号断裂活动强度向北迁移而扩大,东洼的沉降中心和沉积中心从灯楼角断裂下降盘迁移到迈3号断裂、迈4号断裂下降盘,迁移方向为由东向西迁移。受构造活动迁移的影响,中新世坳陷期,沉降中心和沉积中心逐渐向研究区中部迁移(图7,图8)。

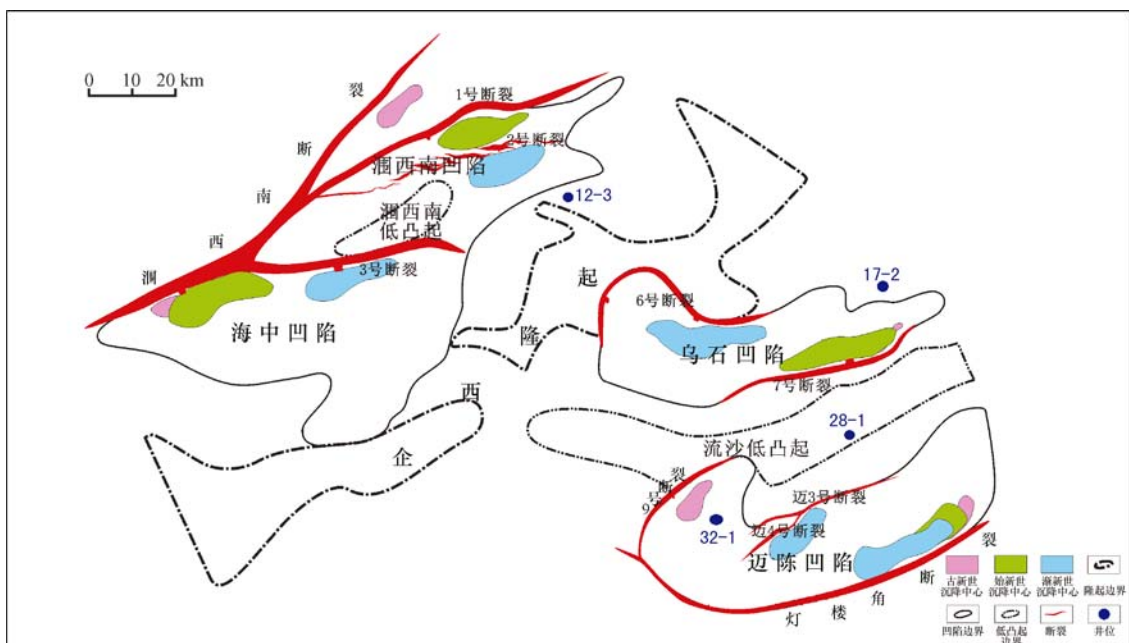


图7 北部湾盆地古新世—渐新世沉降中心迁移

Fig. 7 Subsidence center transport during the Paleocene-Oligocene in Beibuwan Basin

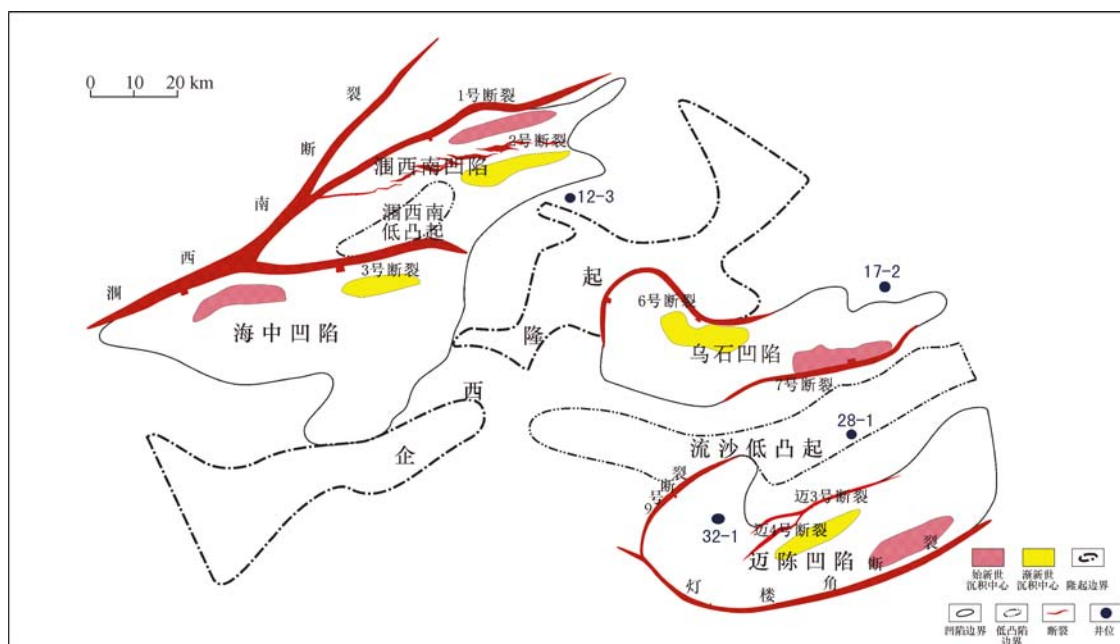


图8 北部湾盆地始新世—渐新世沉积中心迁移

Fig. 8 Depocenter transport during the Eocene-Oligocene in Beibuwan Basin

3.2 汇聚型偏对称性

迁移的偏对称性是指对称轴偏向一方的迁移特性^[3]。根据偏对称轴两侧的迁移方向是偏向还是偏离偏对称轴,可将偏对称迁移分为汇聚型偏对称迁移(偏向偏对称轴)和离散型偏对称迁移(偏离偏对称轴)。从整体上看,研究区的四个凹陷具有汇聚型偏对称迁移的特征,既具有汇聚性又具有偏对称性。

从古新世到渐新世,涠西南凹陷主控断裂、沉降中心和沉积中心由北西向南东方向迁移,逐渐向企西隆起靠拢(图7,图8);海中凹陷的边界主控断裂、沉降中心和沉积中心由西向东迁移(图7,图8);乌石凹陷的边界主控断裂、沉降中心和沉积中心由南东向北西方向迁移,也向企西隆起方向迁移(图7,图8);迈陈凹陷东洼的沉降中心和沉积中心由东向西迁移,也向企西隆起靠拢(图7,图8)。到下、中新统下洋组沉积期,研究区的沉降中心和沉积中心已迁移至研究区中部,位居偏对称轴企西隆起的两侧,到中新世末挤压反转运动之后,早期的沉降中心和沉积中心已抬升成为构造高点,相应的沉降中心和沉积中心接近企西隆起的鞍部,即将连成一片。研究区将演变成周围高中间低且只有一个沉降中心和沉积中心的凹陷。

从以上的分析研究中可以看出,古新世研究区除海中凹陷和涠西南凹陷连成一片外,各沉积单元相互独立,随着构造活动的迁移,各凹陷沉降中心和沉积中心逐渐向企西隆起靠拢,到早中新世研究区的沉降中心和沉积中心已汇聚到企西隆起的两侧,但还没有连成一片,但到中新世末期,已基本汇聚在一起,汇聚到研究区企西隆起的鞍部。整体上,研究区以企西隆起为偏对称轴由多凹逐渐发展演化汇聚成单凹,具有明显的汇聚型偏对称迁移特征。

4 构造迁移对油气成藏的影响

构造运动控制着沉积盆地的形成和演化、沉积作用以及沉积层序的形成^[22],从而控制着烃源岩、储层和盖层的发育和分布,此外,构造运动还控制着各种地质构造的发育和分布,从而控制着圈闭的发育和分布、油气的运移聚集成藏等,因此,构造运动的迁移必然影响油气成藏的各个环节。主要表现在以下4个方面。

1) 构造运动为烃源岩的形成提供了沉积所需的可容纳空间,它的迁移为烃源岩的形成提供了更多的空间,使烃源岩的发育层位逐渐偏上,空间展布错落有致。研究区受构造运动迁移的影

响,发育了两套烃源岩—始新统流沙港组深湖相烃源岩和渐新统涠洲组煤系气源岩^[23-25],它们的空间展布错落有致,如涠西南凹陷流沙港组烃源岩主要分布在1号断裂下降盘,而涠洲组煤系气源岩主要分布在2号断裂下降盘;乌石凹陷流沙港组烃源岩主要分布在7号断裂下降盘,而涠洲组煤系气源岩主要分布在6号断裂下降盘。

2) 构造运动的迁移为早期已经沉积的有机质提供良好的保存以及以后的生烃演化条件。对于同一条控沉积断裂,早期活动强烈,为有机质的沉积提供可容纳空间。构造运动的迁移其活动强度的逐渐减弱,为有机质的保存及生烃演化提供了良好的环境。

3) 构造迁移过程中伴随的能量的变化,会引起周围温压场的改变,这不仅能促使烃源岩的生烃演化,还能为烃源岩的排烃、油气运移提供驱动条件,温压变化产生的裂缝等又为油气的运移提供通道。

4) 由于构造应力场的改变及构造“运动”的迁移,研究区断裂系统纵横交错,平面上呈“树”形展布,从而形成了大量构造圈闭,为油气聚集成藏提供了场所。

受构造迁移的影响,同一时期不同地区构造活动强度的不同,以及不同时期相同地区和不同地区构造活动强度的不同,研究区四个凹陷的富烃情况有所不同,涠西南凹陷是主要的富生烃凹陷,乌石凹陷次之,海中凹陷次于乌石凹陷,迈陈凹陷次于海中凹陷。

5 结论

1) 北部湾盆地在裂陷期,构造应力场发生顺时针旋转,从古新世的NW-SE向张应力转变为始新世的NNW-SSE向张应力,渐新世又转变为近SN向剪切应力。

2) 随着构造应力场的改变,各凹陷边界主控断裂的活动时期和空间位置也随之改变,呈现出此起彼伏的“波浪式”定向迁移特征,同时各凹陷的沉降中心和沉积中心也随之迁移。整体上研究区4个凹陷的构造迁移具有汇聚型偏对称性。

3) 从烃源岩的形成到生烃演化,再到油气的运移、聚集成藏,构造迁移都对其有着非常重要的影响。它为烃源岩的形成提供了可容纳空间,控

制了烃源岩的空间展布,为烃源岩的生烃演化提供良好的环境和条件,为油气的运移提供了断裂、裂缝等运移通道以及温压势差等驱动条件,还为油气的聚集成藏提供了大量圈闭等聚集场所。

4) 受构造迁移的影响,研究区4个凹陷的资源丰度有所不同,涠西南凹陷的资源丰度大于乌石凹陷,海中凹陷次之,迈陈凹陷次于海中凹陷。

参 考 文 献

- [1] Aubouin J. Geosynclines development of geotectonics [M]. New York: Elsevier, 1965: 335.
- [2] Grabau A W. Migration of geosynclines [J]. Acta Geologica Sinica, 1924(1): 207-349.
- [3] Huang T K. On the migration of Tsinling geosynclines [J]. Acta Geologica Sinica, 1931(1): 53-69.
- [4] 黄汲清,姜春发. 从多旋回构造运动观点初步探讨地壳发展规律[J]. 地质学报, 1962, 42(2): 105-152.
Huang Jiqing, Jiang Chunfa. Preliminary investigation on the evolution of the earth's crust from the point of view of polycyclic tectonic movements [J]. Journal of Geology, 1962, 42(2): 105-152.
- [5] 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: 124.
Ren Jishun, Jiang Chunfa, Zhang Zhengkun, et al. Tectonics of China and its evolution [M]. Beijing: Science Press, 1980: 124.
- [6] 姜春发,朱松年. 构造迁移论概述[J]. 地球学报, 1992, 13(1): 1-14.
Jiang Chunfa, Zhu Songnian. Introduction to tectonic migration theory [J]. Acta Geologica Sinica, 1992, 13(1): 1-14.
- [7] 王同和. 阿拉善弧形盆地系的构造迁移[J]. 石油实验地质, 1990, 12(3): 273-280.
Wang Tonghe. Tectonic migration in Alashan Arc Basin system [J]. Petroleum Geology & Experiment, 1990, 12(3): 273-280.
- [8] 刘振宇,徐怀宝,庞雷. 准噶尔盆地乌夏断裂带构造迁移特征[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(4): 399-402.
Liu Zhenyu, Xu Huaibao, Pang Lei. Characteristics of structural migration in Wu-Xia fault belt, Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 28(4): 399-402.
- [9] 赵春荆,李之彤. 花岗岩类与构造迁移[J]. 长春地质学院学报, 1988, 18(1): 35-42.
Zhao Chunjing, Li Zhitong. Granite and tectonic migration [J]. Journal of Changchun Institute of Geology, 1988, 18(1): 35-42.
- [10] 关连绪,王科强. 秦岭大陆碰撞金成矿机制与金矿带时空定位[J]. 地质论评, 2006, 52(4): 467-476.
Guan Lianxu, Wang Keqiang. Continent collision mechanism of gold mineralization and temporal and spatial orientation of gold mineralized zone, Qinling [J]. Geological Review, 2006, 52

- (4):467-476.
- [11] 孙晓猛,吴根耀. 秦岭-大别造山带北部中-新生代逆冲推覆构造期次及时空迁移规律[J]. 地质科学,2004,39(1):63-76.
- Sun Xiaomeng, Wu Genyao. Epochs and space-time migration of Meso-Cenozoic thrust-nappe tectonics in the North Qinling-Dabie Orogen[J]. Chinese Journal of Geology, 2004, 39(1): 63-76.
- [12] 孙晓猛,王璞珺. 中国东部陆缘中区中-新生代区域断裂系统时空分布特征、迁移规律及成因类型[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2005,35(5):554-563.
- Sun Xiaomeng, Wang Pujun. Space-time distribution features, migration regularities and genetic types of regional fault system of Meso-Cenozoic in the central section of epicontinent of the East China[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2005, 35(5): 554-563.
- [13] 王同和. 中国东部含油气盆地的构造迁移[J]. 中国科学(B辑),1988,12:1314-1322.
- Wang Tonghe. Tectonic migration of oil-gas-bearing basins in the Eastern China[J]. China Academic Journal(B), 1988, 12: 1314-1322.
- [14] 陈子元. 塔里木盆地圈闭形成的主控因素及展布特征[J]. 新疆石油地质,2001,22(3):185-189.
- Chen Ziyuan. Dominant factors of trap formation and their distribution characteristics in Tarim Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2001, 22(3): 185-189.
- [15] 曹守连,陈发景. 塔里木板块北缘前陆盆地的构造演化及其与油气的关系[J]. 地球科学-中国地质大学学报,1994,19(4):482-492.
- Cao Shoulian, Chen Fajing. Tectonic evolution of foreland basin and its relationship with oil and gas in Northern Tarim[J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 1994, 19(4): 482-492.
- [16] 戴俊生,李理,陆克政,等. 渤海湾盆地构造对含油气系统的控制[J]. 地质论评,1999,45(2):202-208.
- Dai Junsheng, Li Li, Lu Kezheng, et al. The control of tectonism on the petroleum systems in the Bohai Bay Basin[J]. Geological Reviews, 1999, 45(2): 202-208.
- [17] 何海清,王兆云,韩品龙. 华北地区构造演化对渤海湾油气形成和分布的控制[J]. 地质学报,1998,72(4):313-322.
- He Haiqing, Wang Zhaoyun, Han Pinlong. Tectonic control on the formation and distribution of oil-gas pools in the Bohai Bay Basin of North China[J]. Acta Geologica Sinica, 1998, 72(4): 313-322.
- [18] 褚庆忠. 临清坳陷东部构造迁移和反转对油气运聚的影响[J]. 新疆石油地质,2009,30(3):293-296.
- Chu Qingzhong. Impact of structural migration and reverse on oil-gas migration and accumulation in Eastern Linqing Depression[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2009, 30(3): 293-296.
- [19] 夏斌,吕宝凤. 南海北部新生代盆地构造迁移及其对烃源岩的制约作用[J]. 天然气地球科学,2007,18(5):629-634.
- Xia Bin, Lü Baofeng. The Cenozoic tectonic transport and its control on the source rock in the Northern South China Sea[J]. Natural Gas Geoscience, 2007, 18(5): 629-634.
- [20] 丁卫星,王文军,马英俊. 北部湾盆地福山凹陷流沙港组含油气系统特征[J]. 海洋石油,2003,23(2):1-6.
- Ding Weixing, Wang Wenjun, Ma Yingjun. Characteristics of Liushagang Formation petroleum system in Fushan depression of Beibuwan Basin[J]. Offshore Oil, 2003, 23(2): 1-6.
- [21] 于俊吉,罗群,张多军,等. 北部湾盆地海南福山凹陷断裂特征及其对油气成藏的控制作用[J]. 石油实验地质,2004,26(3):241-248.
- Yu Junjie, Luo Qun, Zhang Duoju, et al. Characteristics of faults in the Fushan Depression of Hainan, the Beibuwan Basin and their control on hydrocarbon accumulation[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2004, 26(3): 241-248.
- [22] 杜振川. 南海北部湾盆地构造特征及对沉积的控制作用[J]. 河北建筑科技学院学报,1997,(1):55-59.
- Du Zhenchuan. Structural features of the Beibuwan Basin in the South China Sea and their control on deposition[J]. Journal of Hebei Institute of Architectural Science and Technology, 1997, 1: 55-59.
- [23] 何家雄,刘海龄,姚永坚,等. 南海北部边缘盆地油气地质及资源前景[M]. 北京:石油工业出版社,2008:112.
- He Jiaxiong, Liu Hailing, Yao Yongjian, et al. Oil and gas geology and resources prospects of marginal basins in the Northern South China Sea [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008: 112.
- [24] 苏永进,唐跃刚,石胜群,等. 北部湾盆地迈陈凹陷东部地区油气成藏特征[J]. 石油与天然气地质,2009,30(2):210-214.
- Su Yongjin, Tang Yuegang, Shi Shengqun, et al. Characteristics of hydrocarbon pooling in the east of Maichen Sag of Beibuwan Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(2): 210-214.
- [25] 杜振川,魏魁生. 北部湾盆地涠洲组复合扇体特征及油气勘探意义[J]. 石油与天然气地质,2002,23(2):274-278.
- Du Zhenchuan, Wei Kuisheng. Characteristics of composite fan bodies in weizhou formation of Beibuwan Basin and oil & gas prospecting significance[J]. Oil & Gas Geology, 2002, 23(2): 274-278.

(编辑 张亚雄)