

北部湾盆地洼陷优选与油气分布

赵志刚, 吴景富, 李春荣

(中海油研究总院, 北京 100027)

摘要:北部湾盆地是典型的裂谷盆地,整体上可以划分为15个洼陷和早衰型、继承型、晚成型3种洼陷类型,15个洼陷可定性评价分为四级。继承型洼陷是烃源岩分布和发育最有利的洼陷类型,其控制了富生烃洼陷的发育和分布;富生烃洼陷控制了油气的平面分布,已发现的油气藏均分布在富生烃洼陷的周缘。断裂及其活动性控制了油气藏的类型和垂向分布,油气藏主要以断裂封堵的油气藏为主,并沿主要断裂分布。沿长期继承性活动的断裂,形成“垂向多层系、多类型油藏叠置,横向沿断层分布”的复式油气聚集模式;对于早期活动强,后期活动弱的断裂,油气主要在深层流沙港组三段聚集,形成深层断层反向遮挡的油气聚集模式。

关键词:洼陷划分;洼陷优选;油气分布;裂谷盆地;北部湾盆地

中图分类号: TE121.1

文献标识码: A

Sub-sag sorting and petroleum distribution in Beibuwan Basin

Zhao Zhigang, Wu Jingfu, Li Chunrong

(CNOOC Research Institute, Beijing 100027, China)

Abstract: The Beibuwan Basin is a typical rift basin. It is divided into 15 sub-sags of 3 types (presenile, inherited and late-formed). These 15 sub-sags are evaluated as 4 grades. The inherited sub-sags are most favorable for source rock generation and distribution. The discovered reservoirs are mainly located around petroliferous sub-sags which are controlled by the inherited sub-sags. Faults control the type and vertical distribution of reservoirs which are mainly sealed by faults and distribute along main faults. A complex hydrocarbon accumulation model, which is superimposed vertically and distributed along faults horizontally, is developed along inherited long-term active faults. In the presenile sub-sags, petroleum mainly accumulates in the 3rd member of the Liushagang Formation and is sealed by antithetic faults.

Key words: sub-sag division; sub-sag sorting; petroleum distribution; rift basin; Beibuwan Basin

一个大型的裂陷盆地往往由几个隆起和坳陷构成,坳陷由凹陷和凸起构成,其中凹陷又可以划分成数个洼陷构成^[1-2]。以往的勘探实践证明,大中型油气田往往围绕或靠近富生烃洼陷分布。为了降低勘探风险,提高勘探成功率,在对裂谷盆地凹陷结构进行解剖的基础上,将凹陷的结构单元进一步划分到构成其基本单元的洼陷级,并对洼陷进行分类排队,找出富生烃洼陷及其油气分布规律,这对勘探具有重要的指导意义。笔者通过对北部湾盆地主要凹陷进行洼陷的划分、分类、优选的研究,并结合勘探实践总结其油气分布规律,以期对类似构造背景的裂谷盆地油气勘探具有一定的借鉴意义。

1 北部湾盆地洼陷划分及分类

1.1 北部湾盆地概况

北部湾盆地处在华南板块的西南边缘,基底由

古生界粤桂隆起区和中生界海南隆起区组成,是一个典型的新生代陆内裂谷盆地^[3-5],以 T₆₀ 破裂不整合面为界,剖面上盆地呈双层结构,上部新近系地层呈坳陷结构,下部古近系地层呈半地堑结构(图 1A,B)。以古近纪张裂阶段形成的构造格局为划分依据,平面上将北部湾盆地构造单元划分为 3 个一级构造单元:南部坳陷、企西隆起和北部坳陷。其中北部坳陷包括涠西南凹陷、涠西南低凸起、海中凹陷和乐民凹陷等次一级构造单元;南部坳陷包括乌石凹陷、迈陈凹陷、海头北凹陷、福山凹陷、雷东凹陷、纪家凹陷、昌化凹陷和徐闻凸起、流沙凸起等次一级构造单元,盆地构造格局整体呈两坳夹一隆,多凹多凸相间排列的特点^[4](图 1)。

1.2 北部湾盆地洼陷划分

裂谷盆地的形成往往是经历多期的快速或瞬时拉伸,具有幕式进行的特点^[6-11]。每期构造运动

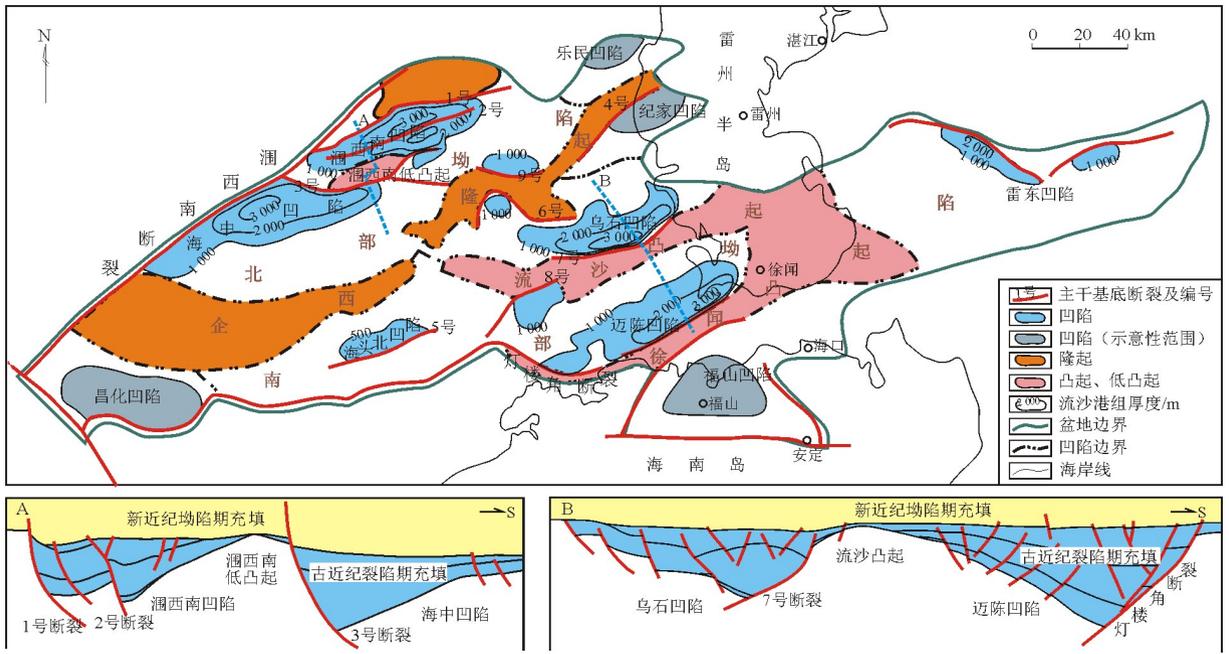


图1 北部湾盆地构造单元划分和盆地结构示意图

Fig.1 Tectonic units and structure of Beibuwan Basin

的运动速率、运动方式的不同,造成了盆地内洼陷结构、构造样式、地层发育和充填厚度等存在较大差异,不同期构造运动产生的洼陷结构和充填地层在空间上的叠合和发展,使得裂谷盆地的结构复杂化。

北部湾盆地古近系沉积地层呈半地堑结构特征,盆地裂陷期经历了3期裂陷幕^[4],以每期裂陷幕为基本的时间单元,在平面上进行洼陷的识别和划分,以便于对比分析不同时期同一洼陷的发育和演化情况。洼陷的划分以盆地裂陷期长流组、流沙港组和涠洲组等厚度图为基本图件,以地震剖面图作依据进行划分,将半地堑作为凹陷的基本构成单元,每一单元半地堑为一洼陷。洼陷的边界,其中陡侧以控洼的边界同生断层为界,缓侧则以洼陷内地层反射层的拐点处为边界,或以古近系地层顶部的上超线或剥蚀线为边界(图2)。

通过上述的原则和方法,在北部湾盆地主要凹陷古近系一共识别和划分了15个洼陷,并分别对

3幕裂陷期进行了洼陷的识别和划分。从不同时期洼陷的发育展布可以看出,由于不同时期控洼断裂活动强弱的变化,导致同一洼陷在不同时期的沉积范围和充填厚度是不同的。

长流期,盆地开始了第一期裂陷,主要形成了北东向边界断裂,此期灯楼角断裂和8号断裂活动强烈,盆地沉降中心整体位于南部迈城凹陷。湖盆处于初始裂陷期,湖盆范围分布局限,主要为断陷盆地的近源洪积相或冲积平原相沉积。共划分出了8个洼陷(图3a)。

流沙港期,盆地处于强烈裂陷期,控洼断裂活动强烈,形成了一系列的洼陷,共划分了14个洼陷。这一时期各凹陷湖盆分布面积显著扩大,其中1号、2号、3号、涠西南断裂西段、以及7号断裂活动强烈,在这些控洼断裂的下降盘沉积了厚层的流沙港组地层,其中流二段中深湖相泥岩和泥页岩沉积是北部湾盆地最主要的烃源岩,此时的沉降中心迁移到盆地中北部的WYN北洼、WYN南洼、HZ西洼和WS东2洼一带(图3b)。

涠洲期,盆地处于裂陷三幕,盆地在构造格局和断裂活动上有一定的继承性,主要凹陷湖盆分布面积继续扩大,划分出15个洼陷。此期3号、6号、7号、灯楼角西、灯楼角东等断裂活动相对强烈,沉降中心主要位于乌石凹陷的WS西洼和迈城凹陷东部的MC东洼、MC南洼(图3c)。

1.3 北部湾盆地洼陷的分类

北部湾盆地洼陷分布总体上受NE和NEE走

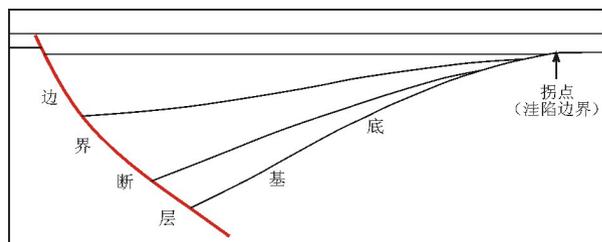


图2 半地堑结构特征和洼陷划分示意

Fig.2 Structural features of half-grabens and division of sub-sags

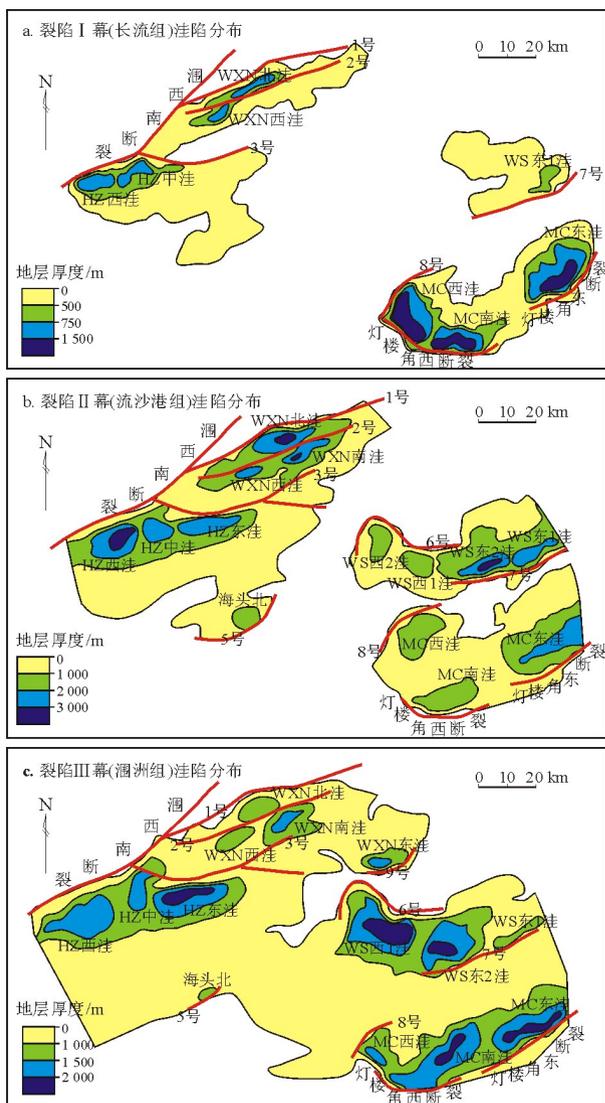


图3 北部湾盆地主要凹陷古近纪不同时期洼陷分布

Fig.3 Sub-sag distribution during different period of Paleogene in main sags of Beibuwan Basin

向的边界大断层控制,其沉积充填特征主要受古近纪3期断裂活动控制。依据不同时期凹陷沉降中心迁移情况和纵向上地层的叠置关系,将北部湾盆地的洼陷分为以下3种类型:早衰型、继承型和晚成型(图4)。

1.3.1 早衰型洼陷

裂陷I幕长流期控洼断裂活动强烈,在随后的流沙港期断裂活动较弱,沉积厚度上表现为厚长流组、薄流沙港组的洼陷称之为早衰型洼陷。如MC西洼和MC南洼,裂陷I幕沉积了厚层的长流组,主要是以冲积扇沉积为主,泥岩不发育,生烃潜力差。

1.3.2 继承型洼陷

始新世裂陷II幕和渐新世裂陷III幕期间,持续性活动的边界大断裂控制形成,沉积厚度上表现为厚流沙港组和厚涠洲组的洼陷称之为继承性洼陷。

这类洼陷最大特点是洼陷面积大、地层沉积厚度大、成湖期多、继承性好、湖域广、水体深、中深湖相分布广泛。它们是所在凹陷的主要沉积生烃中心,生烃潜力优越。如WYN南洼、WS东1洼和WS东2洼等。

1.3.3 晚成型洼陷

早期不活动或活动很弱,渐新世开始强烈活动的边界大断裂控制形成,沉积厚度上表现为早期流沙港组薄,后期涠洲组厚的特点,这种具有薄流沙港组厚涠洲组的洼陷称之为晚成型洼陷。如6号断裂控制的WS西1洼和WS西2洼的地层沉积,流沙港组薄,涠洲组厚度大,以河流相沉积为主,涠洲组烃源岩有机质丰度和热演化程度都较低,生烃潜力有限。

2 北部湾盆地洼陷优选

本文主要从凹陷构造演化和地层充填的角度入手,结合前人沉积相和地化研究资料^[12-15],及北部湾盆地的勘探实践,对北部湾盆地主要凹陷划分的15个洼陷进行定性评价优选。评价的标准主要以主力烃源岩层流沙港组的发育程度来划分,按照每个洼陷流沙港组烃源岩地层分布的范围、沉积的厚度、以及有机质丰度等对洼陷进行定性评价分级,将15个洼陷划分为4级(表1)。

I级洼陷是已证实富生烃洼陷。以流沙港组烃源岩为主,发育有大面积的中深湖相泥岩,流沙港组地层沉积厚度超过2 000 m;洼陷继承性发育,埋藏深,有机质达到生油高峰,洼陷内已发现多个油气田。

II级洼陷是与I级洼陷具有相似结构样式和沉积充填特征的洼陷,是潜在富生烃洼陷。以流沙港组烃源岩为主,中深湖相泥岩分布广泛,流沙港组地层沉积厚度也超过2 000 m;洼陷继承性发育,埋藏深,有机质演化已经成熟,洼陷内已有油气藏发现。

III级洼陷是生烃洼陷。以流沙港组烃源岩为主,中深湖相泥岩分布局限,厚度超过1 000 m;后期涠洲组地层发育较厚,埋藏较深,具有一定的生烃潜力,洼陷内目前还没有油气发现。

IV级洼陷是贫生烃洼陷。流沙港组发育较薄或不发育,埋藏浅,有机质演化不成熟,生烃条件差。

3 北部湾盆地油气分布规律

3.1 继承型洼陷控制富生烃洼陷的发育

盆地沉降是油气藏形成基本条件的主控因

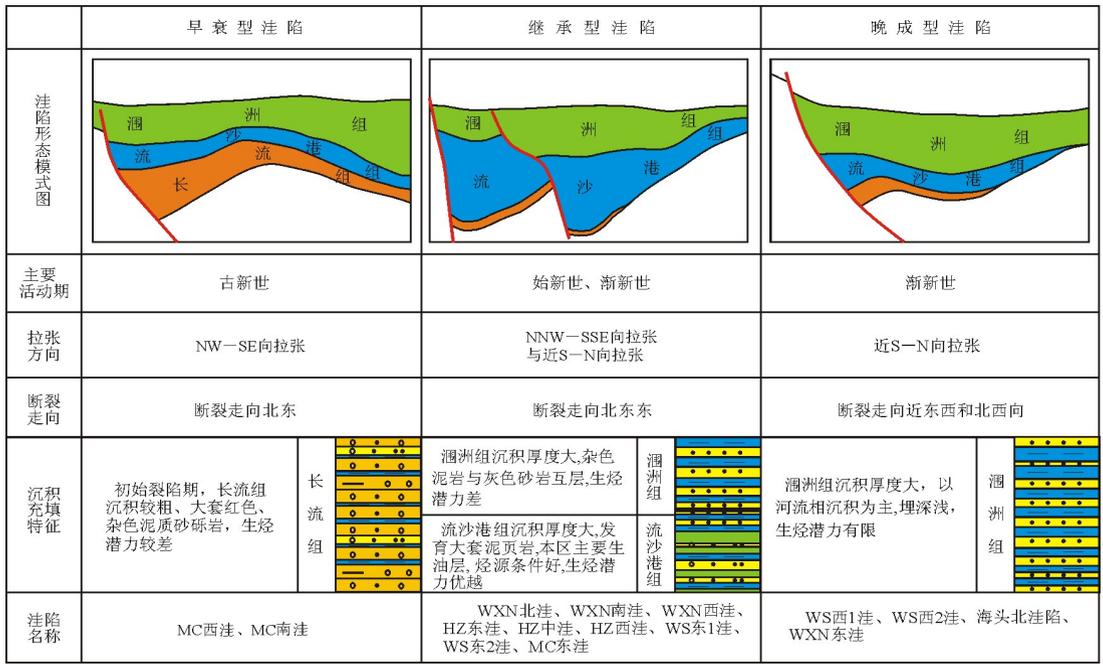


图4 北部湾盆地洼陷类型及特征

Fig. 4 Types and features of sub-sags in Beibuwan Basin

表1 北部湾盆地洼陷参数及分级

Table 1 Parameters and grades of sub-sags in Beibuwan Basin

洼陷名称	洼陷类型	洼陷结构	地层叠置关系	基底埋深/m	流沙港组厚度/m	烃源岩特征及勘探现状	洼陷分级
WXN 北洼	继承型	北西断南东超半地堑	厚流沙港、厚涠洲	7 000	3 400	流二段烃源岩属很好级别烃源岩:有机质丰富, $\omega(\text{TOC}) > 2\%$, $(S_1 + S_2) > 9 \text{ mg/g}$, $R_o > 1.5\%$;目前在3个洼陷周边均发现多个油田,探明储量超过 $2 \times 10^8 \text{ t}$	I
WXN 南洼	继承型	北西断南东超半地堑	厚流沙港、厚涠洲	6 800	3 000		I
WXN 西洼	继承型	北西断南东超半地堑	厚流沙港、厚涠洲	5 000	2 000		I
WS 东2洼	继承型	南断北超半地堑	厚流沙港、厚涠洲	7 600	3 200	流二段烃源岩属好级别烃源岩: $\omega(\text{TOC})$ 为1.45%, $(S_1 + S_2)$ 为4.05 mg/g, $R_o > 2\%$;目前在WS东2洼发现3个油田(藏)	II
WS 东1洼	继承型	南断北超半地堑	厚流沙港、厚涠洲	5 600	2 800	流二段烃源岩属好级别烃源岩: $\omega(\text{TOC})$ 为1.44%, $(S_1 + S_2)$ 为5.8 mg/g, $R_o > 1.3\%$;目前在MC东洼钻井有工业油流发现	II
MC 东洼	继承型	南东断北西超半地堑	厚流沙港、厚涠洲	7 400	2 800		II
HZ 西洼	继承型	北西断南东超半地堑	厚流沙港、厚涠洲	7 300	3 400	流二段烃源岩属好级别烃源岩: $\omega(\text{TOC})$ 为0.52%, $(S_1 + S_2)$ 约为1 mg/g, $R_o > 1.5\%$;目前在HZ西洼发现一个气藏	II
HZ 中洼	继承型	北西断南东超半地堑	厚流沙港、厚涠洲	6 900	2 800		II
HZ 东洼	继承型	北断南超半地堑	厚流沙港、厚涠洲	7 200	2 800		II
WS 西2洼	晚成型	北断南超半地堑	薄流沙港、厚涠洲	5 200	1 600	流二段烃源岩发育,厚度较东部的WS东1洼、WS东2洼薄, $R_o > 1.5\%$;目前没有油气发现	III
WS 西1洼	晚成型	北断南超半地堑	薄流沙港、厚涠洲	6 600	1 600		III
MC 西洼	早衰型	北西断南东超半地堑	厚长流、薄流沙港	5 800	1 800	流二段烃源岩发育,厚度较MC东洼薄, $R_o > 1.0\%$;目前没有油气发现	III
MC 南洼	早衰型	南断北超半地堑	厚长流、薄流沙港	6 000	1 600		III
海头北洼陷	晚成型	南东断北西超半地堑	薄流沙港、厚涠洲	3 800	1 000	流二段烃源岩发育较薄,洼陷埋藏浅,生烃条件差,目前没有油气发现	IV
WXN 东洼	晚成型	南东断北西超半地堑	薄流沙港、厚涠洲	3 600	0	流二段烃源岩不发育,目前没有油气发现	IV

素^[16],继承性活动的断裂构造控制着盆地内古湖泊的沉降及沉积充填,进而控制了洼陷内生油岩的分布和质量。边界断裂继承性发育,沉降和沉积中心基本一致,有利于烃源岩的成熟和生排烃^[17-18]。

从洼陷的分级结果可以看出, I级和II级洼陷主要分布在以流沙港组沉积为主的继承型洼陷中(图5)。这是因为裂陷盆地裂陷期边界控洼断裂的强烈活动造成了洼陷的快速沉降,形成了较深水的湖

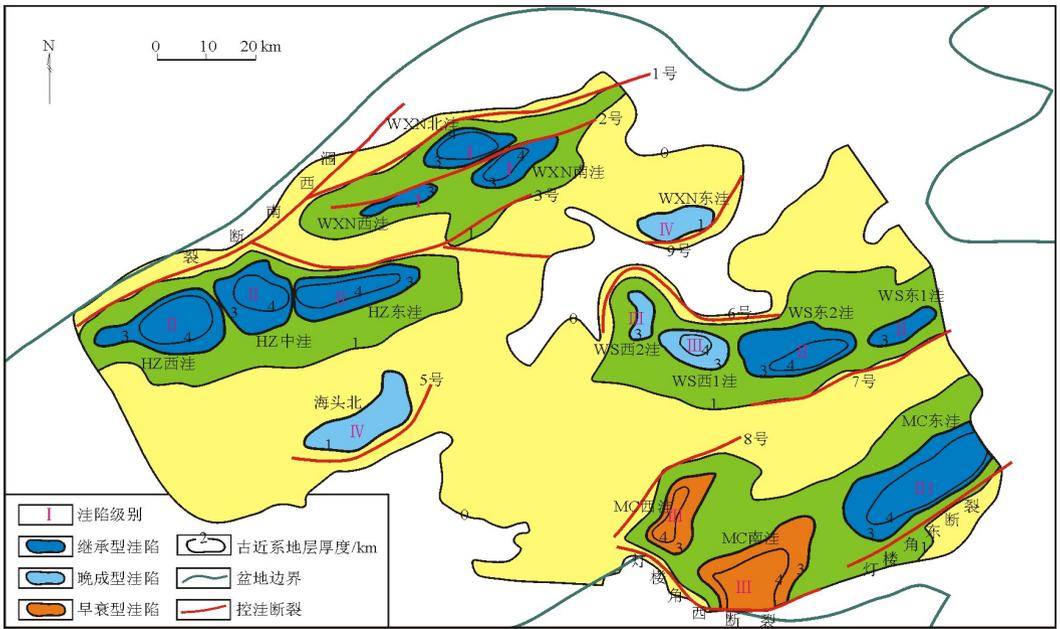


图5 北部湾盆地主要凹陷控注断裂与洼陷分布

Fig. 5 Faults controlling sub-sags and sub-sag distribution in main sags of Beibuwan Basin

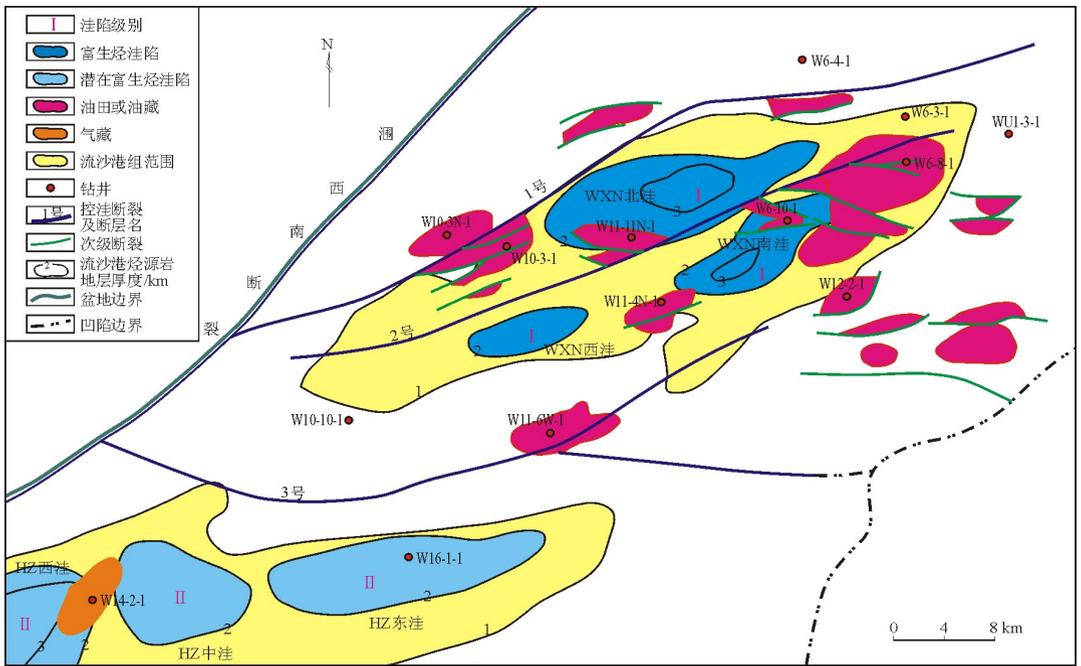


图6 北部湾盆地北部坳陷生烃洼陷、主要断裂与油气藏平面分布

Fig. 6 Plane distribution of petroliferous sub-sags, faults and reservoirs in northern depression of Beibuwan Basin

盆环境,有利于中深湖相暗色泥岩的发育;断裂的继承性活动使洼陷有较大的基底埋深,有利于有机质的保存和成熟;同时长期活动的深大断裂也为油气藏形成提供了重要的油气运移通道^[19-21]。这一系列有利的构造条件,使得长期继承型活动的深大断裂下降盘形成的继承型洼陷控制了富生烃洼陷的发育和分布。

3.2 富生烃洼陷控制油气的平面分布

从北部湾盆地构造格局和已发现油气藏分布

来看,可以发现平面上油气分布主要受富生烃洼陷控制,已发现油田和油气藏大都分布在 I 级洼陷 WXX 北洼、WXX 南洼、WXX 西洼等富生烃洼陷内及周缘,就近聚集。在涠西南、乌石、海中等凹陷中,已发现的油气藏均分布在以流沙港组主力烃源岩的洼陷为中心,半径 10 ~ 20 km 的范围内,反映了油气分布受富生烃洼陷控制、就近聚集的特点(图6)。

3.3 断裂及其活动性控制油气藏的类型和垂向分布

北部湾盆地已发现油气藏主要集中在涠西南凹陷和福山凹陷,都以断裂封堵的油气藏为主,并沿主要断裂分布^[19-20]。涠西南凹陷已发现油气藏,以断层做侧封的油气田和含油气构造占多数,包括断鼻(涠10-3)、断块(涠11-4N)、断背斜(涠6-10)、断层—岩性(涠12-2)等圈闭类型^[4],其地质储量占凹陷发现地质储量的80%以上。福山凹陷目前已找到花场、金凤、美台、博厚4个油气田和朝阳、永安2个油气藏,它们均受大断裂控制,并沿大断裂分布^[22]。

断裂不仅控制油气藏的类型和平面分布,而且断层的活动性也直接影响油气在纵向上的聚集。对于长期活动的断裂,它沟通了凹陷深部高势的烃源岩层系与浅部或其他部位低势油气聚集区。如涠西南凹陷的1号和2号断裂是长期继承性活动的控注断裂,深部流二段生成的油气向上运移,遇到合适的圈闭就聚集成藏,目前所发现的含油气构造和油田很多沿这些断裂呈纵向分布,在石炭系灰岩、古近系流沙港组和涠洲组河湖相砂岩、新近系角尾组海相砂岩储集层中都有发现,形成该凹陷油气储量集中分布的有利区带,具有“多层系、多类型油藏垂向叠置、平面沿断层分布”复式油气聚集的特点^[4]。

断层早期活动,后期活动较弱,未断穿流一、二段厚层泥岩顶界,油气主要在深层靠断层遮挡聚集成藏,如福山凹陷和涠西南凹陷发现的深层流三段油藏。特别是福山凹陷深层流三段发育的4个油藏(花场、美台、金凤和朝阳)均受反向断裂的控制,位于反向断裂的下盘圈闭中,且4个油气藏占福山凹陷已发现储量的90%^[22]。

4 结论

1) 北部湾盆地是典型的裂陷盆地,以每一半地堑为一洼陷,在涠西南、海中、乌石、迈城和海头北凹陷共划分出15个洼陷,并划分为早衰型、继承型和晚成型3种洼陷类型。综合洼陷流沙港组烃源岩地层分布的范围、沉积的厚度、有机质成熟度及勘探实践等因素,对洼陷进行了定性评价分级,将15个洼陷划分为4级。

2) 继承性活动断裂控制形成的继承型洼陷是烃源岩分布和发育的最有利的洼陷类型,继承型洼陷控制了富生烃洼陷的发育和分布;富生烃洼陷控制了油气的平面分布,已发现的油气藏均分布在以流二段为主力烃源岩的富生烃洼陷的周缘,就近聚集。

3) 断裂及其活动性控制了油气藏的类型和垂向分布。北部湾盆地已发现的油气藏主要以断裂封堵为主,并沿主要断裂分布。沿长期继承性活动的断裂,油气形成沿主要断裂“垂向多层系、多类型油藏叠置,横向沿断层分布”的复式油气聚集模式。对于早期活动强、后期活动较弱的断裂,油气主要在深层流三段聚集,形成深层断层反向遮挡的油气聚集模式。

参考文献:

- [1] 茹克. 裂陷盆地半地堑分析[J]. 中国海上油气(地质), 1990,4(6):1-10.
- [2] Morely C K, Nelson R A, Patton T L, et al. Transfer zone in the East African rift system and their relevance to hydrocarbon exploration in rifts[J]. AAPG Bulletin, 1990,74(8):1234-1253.
- [3] 朱伟林, 林立军. 中国海域含油气盆地图集[M]. 北京:石油工业出版社, 2010:144-158.
- [4] 李春荣, 张功成, 梁建设, 等. 北部湾盆地断裂构造特征及其对油气的控制作用[J]. 石油学报, 2012,33(2):195-203.
- [5] 胡望水, 吴婵, 梁建设, 等. 北部湾盆地构造迁移特征及对油气成藏的影响[J]. 石油与天然气地质, 2011,32(6):920-927.
- [6] 张君龙, 蒙启安, 漆家福. 断陷盆地多期构造变形特征与油气聚集:以海拉尔—塔木察格盆地南贝尔凹陷为例[J]. 石油实验地质, 2012,34(4):368-375.
- [7] 李思田, 林畅松, 张启明, 等. 南海北部大陆边缘盆地幕式裂陷的动力过程及10 Ma以来的构造事件[J]. 科学通报, 1998,48(8):797-810.
- [8] 林畅松, 张燕梅, 李思田, 等. 中国东部中生代断陷盆地幕式裂陷过程的动力学响应和模拟模型[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2004,29(5):583-588.
- [9] 焦养泉, 李思田, 解习农, 等. 多幕裂陷作用的表现形式:以珠江口盆地西部及其外围地区为例[J]. 石油实验地质, 1997,19(3):222-227.
- [10] Hardy S. Numerical modeling of the response to variable stretching rate of a domino fault block system[J]. Marine and Petroleum Geology, 1993,10(2):145-152.
- [11] 茹克. 南海北部边缘叠合式盆地的发育及其大地构造意义[J]. 石油与天然气地质, 1988,9(1):22-30.
- [12] 朱伟林, 吴国暄, 黎明碧. 南海北部陆架北部湾盆地古湖泊与烃源条件[J]. 海洋与湖沼, 2004,35(1):8-14.
- [13] 包建平, 刘玉瑞, 朱翠山, 等. 北部湾盆地原油地球化学特征与成因类型[J]. 石油与天然气地质, 2007,28(2):293-298.
- [14] 黄正吉, 龚再升, 孙玉梅, 等. 中国近海新生代陆相烃源岩与油气生成[M]. 北京:石油工业出版社, 2011:61-74.
- [15] 黄保家, 黄合庭, 吴国璋, 等. 北部湾盆地始新统湖相富含有机质页岩特征及成因机制[J]. 石油学报, 2012,33(1):25-31.
- [16] 罗群. 断裂控烃理论的概念、原理、模式与意义[J]. 石油勘探与开发, 2010,37(3):316-324.
- [17] 张功成. 渤海海域构造格局与富生烃凹陷分布[J]. 中国海上油气(地质), 2000,14(2):93-98.

在盆地浅水区东西向正向构造带上。油气发现主要是一些中小型油气田。油气成藏模式可分为2类:裂谷型和被动大陆边缘型。

3)科特迪瓦盆地塔诺次盆大型地层圈闭型油田——朱比利油田的发现打开了盆地油气勘探的新局面,油气勘探已转向深水区。勘探目标应以深水区白垩系浊积砂体、斜坡峡谷砂体、深水扇砂体等大型地层圈闭为重点。

参考文献:

[1] Browfield M E, Charpentier R R. Geology and total petroleum systems of the west-central coastal province (7203), west Africa[J]. U S Geological Survey Bulletin 2207-B, 2006; 1-60.

[2] 叶绿章, 董宝林. 科特迪瓦的地质与矿产[J]. 广西地质, 2000, 13(2): 30-43.

[3] 刘剑平, 潘校华, 马君, 等. 赤道西非科特迪瓦—加纳转换边缘油气勘探方向[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(1): 43-50.

[4] Koffi N D, Barton E W. Numerous seismic prospects dot concessions off Côte D'Ivoire[J]. Oil and Gas Journal, 1994, 92(14): 69-72.

[5] Kesse G O. Oil and gas possibilities on- and offshore Ghana[J]. AAPG Bulletin, 1986, 40: 427-444.

[6] Tucker J W. Aspects of the Tano Basin stratigraphy revealed by recent drilling in Ghana [C]//Curnelle R. African Geology: 1st Meeting on the Stratigraphy and Paleogeography of West Africa Sedimentary Basins; 2nd African Meeting on Micropaleontology. France; Societe Nationale Elf Aquitaine, 1992: 153-159.

[7] Blarez E, Mascle J. Shallow structures and evolution of the Ivory Coast and Ghana transform margin [J]. Marine and Petroleum Geology, 1988, 5(1): 54-64.

[8] De Matos R M D. Tectonic evolution of the Equatorial South Atlantic [C]//Mohriak W U, Talwani M. Atlantic Rifts and Conti-

ental Margins, Geophysical Monograph. Washington D C, United States; American Geophysical Union, 2000: 331-354.

[9] 邓荣敬, 邓运华, 于水, 等. 尼日尔三角洲盆地油气地质与成藏特征[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(6): 755-762.

[10] Christophe Basile, Jean Mascle, Jean Benkhelil, et al. Geodynamic evolution of the Côte D'Ivoire-Ghana Transform margin: an overview of leg 159 results [J]. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results, 1998, 159: 101-110.

[11] Gasperini L, Bermoulli D, Bonatti E, et al. Lower Cretaceous to Eocene sedimentary transverse ridge at the Romanche Fracture Zone and the opening of the equatorial Atlantic [J]. Marine Geology, 2001, 176: 101-119.

[12] Bird D. Shear margin: continent-ocean transform and fracture zone boundaries [J]. Society of Exploration Geophysicists, 2001, 20(2): 150, 152, 154, 156, 158-159.

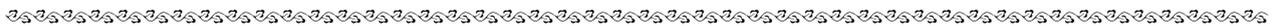
[13] Morrison J, Burgess C, Cornford C, et al. Hydrocarbon systems of the Abidjan Margin, Côte D'Ivoire [C]//Offshore West Africa 2000 Conference and Exhibition, Abidjan, Côte D'Ivoire; PennWell Publishing, 2000: 1-13.

[14] Bradley C H, Wallace R, Neese et al, The Tano; Ivorian Basin—a fast-emerging African deepwater play fairway: industry and Vanco's recent exploration activity highlights [C]//Proceedings 9th PES-GB/HGS International Conference on African E & P; Africa: a Multifaceted Promise. Houston Texas; Petroleum Exploration Society Great Britain, United Kingdom (PESGB), 2010: 27.

[15] Wallace RL, Harms J C. Petroleum geology of the offshore Côte D'Ivoire Basin and potential of the deepwater offshore areas [C]// Côte D'Ivoire Deep Water Exploration Opportunities. Republique de Côte D'Ivoire. 1996: 5-11.

[16] Morrison J. Boblai V, Tea J N et al. A sequence stratigraphic approach to exploration and redevelopment in the Abidjan Margin, Côte D'Ivoire [C]//Offshore West Africa Conference and Exhibition. Abidjan, Côte D'Ivoire, PennWell Publishing, 1999: 1-11.

(编辑 叶德燎)



(上接第 290 页)

[18] Lezzar K E, Tiercelin J J, Le Turdu C, et al. Control of normal fault interaction on the distribution of major Neogene sedimentary depocenters, Lake Tanganyika, East African rift [J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(6): 1027-1059.

[19] 朱伟林, 江文荣. 北部湾盆地涠西南凹陷断裂与油气藏 [J]. 石油学报, 1998, 19(3): 6-10.

[20] 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.

[21] 罗群. 断裂带的输导与封闭性及其控藏特征 [J]. 石油实验地质, 2011, 33(5): 474-479.

[22] 罗群, 庞雄奇. 海南福山凹陷顺向和反向断裂控藏机理及油气聚集模式 [J]. 石油学报, 2008, 29(3): 363-367.

(编辑 徐文明)