

南海东北部珠江口盆地成生演化 与油气运聚成藏规律

何家雄¹ 陈胜红² 马文宏³ 龚晓峰¹

(1.中国科学院边缘海地质重点实验室,广东 广州 510640;2.中海石油有限公司深圳分公司研究院,广东 广州 5102402;3.中海石油有限公司湛江分公司,广东 湛江 524057)

摘要:珠江口盆地处在南海东北部准被动大陆边缘的特殊大地构造位置,其区域背景及油气地质条件复杂。该区不仅具有中国东部新生代陆相断陷盆地的基本特征,亦具本身的特殊性。由于盆地不同区带油气地质条件的差异,故具有明显的“北油南气”分布规律及纵向上多种资源叠置共生与复合的特点;北部裂陷带及东沙隆起浅水区,处于减薄的洋陆过渡型地壳靠近陆缘一侧,其古近系断陷规模及半地堑洼陷沉积充填规模均比相邻的南部裂陷带深水区小,且地温梯度低、大地热流小,烃源岩有机质热演化处在油窗范围,以产大量石油为主伴有少量油型气,构成了以文昌、恩平、西江、惠州及陆丰油田群和流花油田群为主的北部浅水油气富集区。该区具有上渐新统三角洲砂岩及中新统礁灰岩外源型油气运聚成藏机制及含油气系统;南部裂陷带及南部隆起周缘深水区,以邻近深水区的白云凹陷北坡—番禺低隆起中小气田群和白云凹陷东部深水区 LW3-1、LH34-2 及 LH29-1 等天然气藏为代表,构成了以天然气为主但亦具石油及水合物资源潜力的深水油气富集区。由于南部裂陷带深水区处在洋陆过渡型地壳靠近洋壳一侧,地壳薄而裂陷深、断陷规模大,其与北部浅水区相比多了一套上渐新统海相烃源岩。该区地温梯度及大地热流偏高,烃源岩多处在成熟—高熟凝析油及湿气阶段,以产大量天然气及少量轻质油和凝析油为主,具有上渐新统陆架边缘三角洲砂岩和中新统深水扇混源型天然气运聚成藏机制及含油气系统。油气纵向分布具有深水海底天然气水合物及浅层气/生物气与深部常规油气共生叠置的关系。

关键词:珠江口盆地;浅水区/深水区;多种资源叠置;油气成藏组合类型

中图分类号:P618.13 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2012)01-0106-13

珠江口盆地处于南海北部大陆边缘东北部,主要由北部断阶带、北部裂陷(拗陷)带、中央隆起带、南部裂陷带及南部隆起带 5 个构造单元构成(图 1),其分布范围为东经 111°~118°00',北纬 18°30'~23°00'。盆地呈 NE 走向,大致平行于华南大陆岸线,地理位置上属于华南大陆边缘的水下延伸部分。因此,盆地发育演化与华南大陆区域构造地质背景必然存在一定的成因联系。

珠江口盆地自 20 世纪 80 年代初开展大规模油气勘探以来,在浅水区北部裂陷带(珠一、珠三拗陷)及中央隆起区(东沙隆起、番禺低隆起和神狐隆起)

已陆续勘探发现了 20 多个油气田,且石油年产量自 1996 年以来一直保持在千万立方米以上。目前浅水区北部裂陷带及中央隆起油气勘探程度较高,但中深层勘探领域的探索尚少。在深水区的南部裂陷带(珠二拗陷)及南部隆起区,由于处在广阔的陆坡深水区域,油气勘探及研究程度甚低,但近几年油气勘探及天然气水合物勘查已获得重大突破和进展,展示出巨大的油气资源潜力及勘探前景。本文旨在前人及以往该区油气地质规律研究及油气地质特征认识的基础上^[1-8],根据盆地区域地质背景与油气运聚成藏条件及特点,重点剖析研究浅水区与深水区油

收稿日期:2011-06-15;改回日期:2011-10-31

基金项目:国家自然科学基金(41040043)和国家重点基础研究发展计划项目(2009CB219501)联合资助。

作者简介:何家雄,男,1956年生,博士,研究员,长期从事油气勘探与地质综合研究;E-mail:hejx@gig.ac.cn。

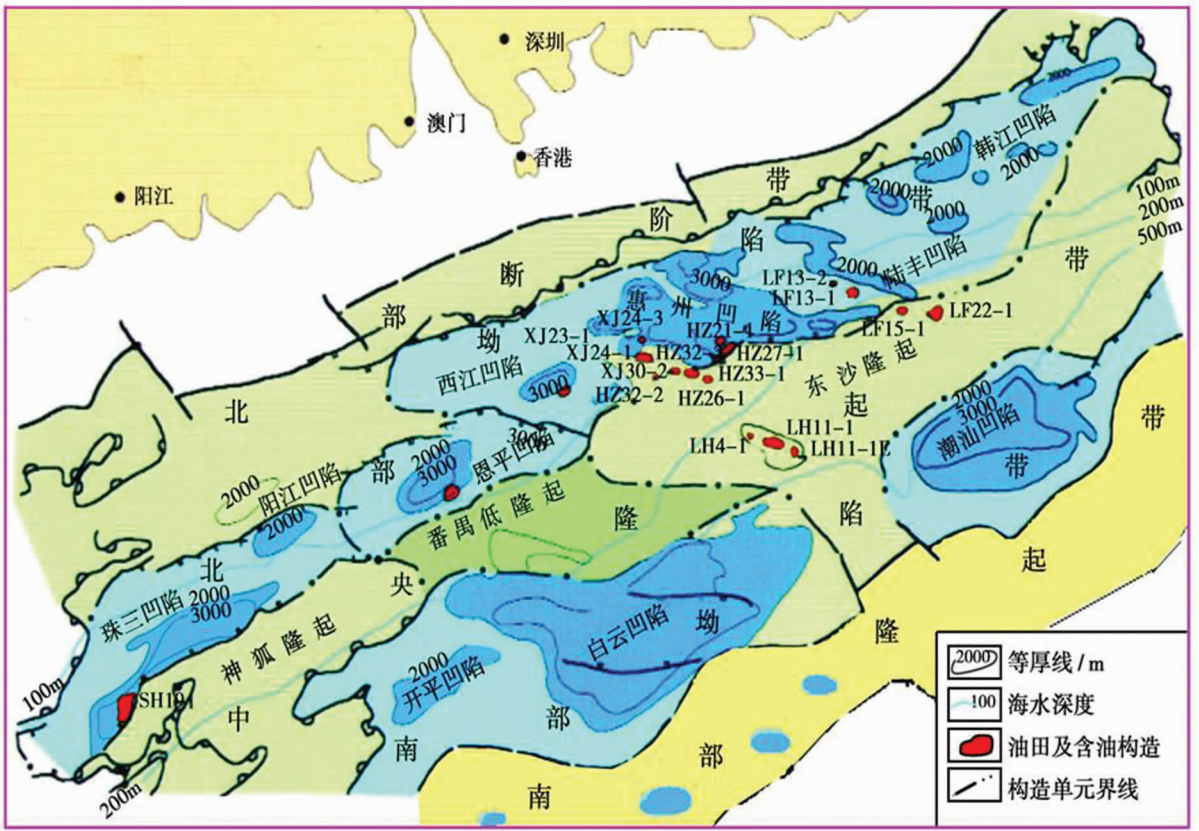


图 1 珠江口盆地浅水区主要构造单元组成及裂隙带与隆起带展布特征
 Fig.1 Main tectonic units and distribution characteristics of uplifts and rift zones in shallow waters of Zhujiangkou basin

气成藏地质条件及典型油气运聚成藏组合类型, 阐明浅水区北部裂隙带及东沙隆起与深水区南部裂隙带白云凹陷及南部隆起油气分布、油气运聚成藏条件的差异性和特点, 为进一步深化该区油气地质综合研究, 推进深水油气勘探及天然气水合物勘查和新领域油气勘探, 提供一定的指导和借鉴。

1 区域地质背景

南海北部大陆边缘东北部珠江口盆地, 处于欧亚、印度—澳大利亚和太平洋及菲律宾海板块相互作用且靠近菲律宾板块的特殊构造位置 (图 2), 亦是古特提斯构造域与古太平洋构造域的混合叠置区, 故其形成演化不仅与太平洋—菲律宾板块俯冲、印度—澳大利板块与欧亚板块的碰撞事件及岩石圈上地幔强烈拱升上涌密切相关, 而且亦与南海扩张及形成演化等存在必然的成因联系^[9-11]。因此该区地质背景及地球动力学条件复杂、盆地形成演化颇具特色, 且受诸多复杂地质因素的控制与制约。

珠江口盆地新生代处在南海东北部拉张裂(断)陷型的准被动大陆边缘, 位于减薄型陆壳及洋陆过渡型地壳靠近洋壳一侧的特殊区域构造位置, 具有与中国东部古近—新近系陆相断陷盆地相似的典型断坳双层或三层盆地结构特点, 新生代时期普遍充填了古近系陆相断陷沉积和新近系及第四系海相坳陷沉积, 且古近纪断陷裂谷期的陆相充填沉积规模, 一般大于新近纪及第四纪海相坳陷沉积, 故其油气生、运聚成藏乃至富集规律, 均与古近系陆相断陷沉积发育展布及断裂等运聚输导系统的沟通和新近系海相坳陷沉积的储层分布、储盖组合类型及圈闭配置等成藏地质条件密切相关^[12]。因此, 断陷裂谷期形成的古近系始新统文昌组中深湖相烃源岩和下渐新统恩平组河沼相煤系及湖相烃源岩等, 与裂前海相坳陷期发育的上渐新统珠海组陆架边缘三角洲砂岩、河口砂坝及下中新统珠江组各种类型深水低位扇体等储集层和晚中新世以来新构造运动形成的构造和非构造圈闭等, 共同对该区古近—新近系油气

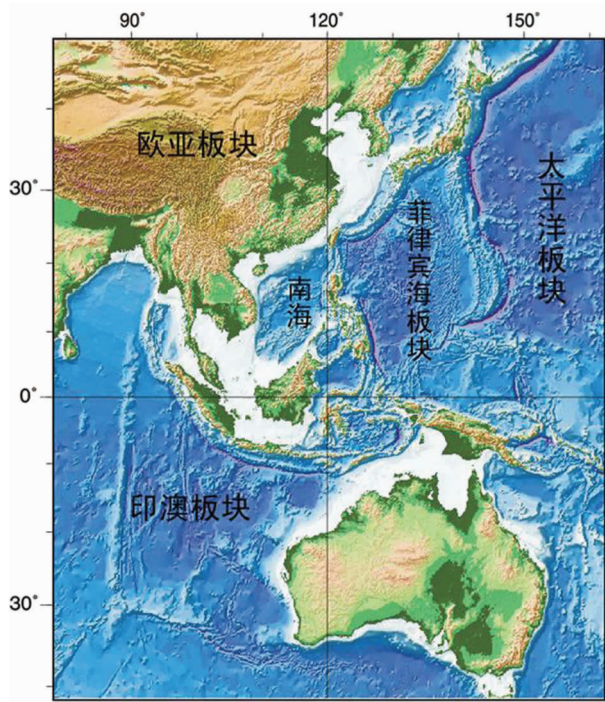


图2 南海大陆边缘盆地区域及板块构造位置

Fig.2 Basin area and location of plate tectonics in the continental margin of the South China Sea

运聚成藏及分布规律起到了决定性的控制作用,并由此构成颇具特色的陆生海储、古生新储及下生上储的成藏组合类型及特点。其中,古近系陆相断陷沉积与上覆新近系海相坳陷沉积之间的破裂不整合面及纵向断裂,即盆地断坳构造阶段转换面及断裂系统是该区油气运聚成藏的重要运移疏导网络,其严格控制了新生代油气运聚成藏及分布特点^[13]。

珠江口盆地中生代处于挤压增生的主动(活动)大陆边缘的大地构造位置,晚中生代燕山期断裂活动强烈,岩浆活动频繁,具有典型的主动(活动)大陆边缘特征,形成了一些NE向断裂和沿断裂展布的热动力变质带:如珠一坳陷北部的黑云母角闪斜长片麻岩与二云母斜长片麻岩;东沙隆起上的混合花岗闪长岩以及神狐暗沙隆起北部的变质石英粉砂岩等,均属动力与热液变质的共同产物,其延伸可达80~100 km。而且在断裂带间,尚广泛分布有燕山第四、第五期的中酸性火成岩,且从华南大陆到海域的珠江口盆地沿NW-SE方向,其断裂和岩浆活动时间逐渐变晚,其中NE向压扭性断裂构造带和与之共轭的NW向张扭性断裂,则构成了该区中生代残留盆地基底的基本构造格局。

珠江口盆地中生界除新华夏系构造体系外,可能还存在中特提斯东西向构造体系,在陆区的粤东—粤中见有晚三叠世—早侏罗世的海相和海陆交互砂岩和页岩,最大厚度可达6 000 m,含有中特提斯海常见的生物群;在相邻海区的台西、台西南盆地及南海南部礼乐滩盆地的探井中也证实有海相侏罗纪和白垩纪地层的存在,且具有生烃潜力;在珠江口盆地东南部潮汕坳陷北坡,近年来钻探的LF35-1-1井亦钻遇到中晚侏罗世及白垩纪的海相地层,且见到了放射虫等海相标准化石和有机质丰度及成熟度高、具有一定生烃潜力的灰色泥岩,亦表明和证实了中生代海相地层及其烃源岩的存在^[14-16]。再者,珠江口盆地东北部韩江凹陷及潮汕坳陷大量地震资料亦表明,在古近—新近纪地层地震反射层之下存在一套明显不同于上覆古近—新近系地震反射特征的大倾角、强振幅且连续性好的密集反射层(层速度在4 000 m/s以上,局部见有褶皱现象),其厚度在1 000 m以上,应属中生界海陆交互相或海相地层。推测南海东北部潮汕坳陷及周缘、韩江凹陷和台西南盆地等区域中生界分布总面积可达4万多平方千米,且从华南陆缘向海区的珠江口盆地中生代地层时代有逐渐变新的趋势($T_3 \rightarrow J \rightarrow K$),中生界沉积规模最厚达7 000 m左右。总之,珠江口中生代残留盆地尤其是潮汕坳陷及邻区和台西南盆地,中生界地层分布广、厚度大且具有生烃潜力,具备了油气运聚成藏的基本石油地质条件^[17-18],应是勘探寻找中生代海相残留盆地油气资源的有利区域。

2 盆地形成过程及幕式演化阶段

珠江口盆地新生代区域构造演化主要受华南板块与印支板块碰撞、太平洋及菲律宾海板块俯冲挤压和南海扩张等三大主控因素制约和影响,主要经历了晚白垩世—早渐新世多幕断陷裂谷阶段、晚渐新世—早中新世裂后断坳转换及区域热沉降阶段和中中新世以来新构造运动及热沉降坳陷阶段等三大构造演化阶段。其中,新构造运动演化阶段即晚中新世以来所发生的构造运动、断裂活动及热沉降事件,是起主导控制作用并最终决定现今区域构造格局及晚期油气运聚成藏与分布规律的最重要的构造演化阶段^[19-20]。以下根据该区三大构造发育演化阶段特点,重点对其成生演化过程及构造活动特征进行分析与阐述。

2.1 晚白垩世—早渐新世多幕断陷裂谷演化阶段

晚白垩世—早渐新世, 由于印度板块以较快的速度向北推进, 新特提斯洋壳在印度板块东北侧向 NNE 俯冲于华南—印支地块陆壳之下, 导致了大陆岩石圈向东南蠕散, 上地幔热底辟作用使脆性的上地壳产生破裂, 而塑性的下地壳则产生水平拉张作用, 结果导致了地壳进一步减薄, 表层产生一系列断裂, 形成 NNE 向(右行)断陷裂谷盆地和 NWW、NNW、NE(左行)压剪性或剪性断裂。与此同时, 太平洋板块在 45 Ma 以前沿 NNW 方向向欧亚板块俯冲, 由此所形成的岛弧带和弧后盆地的构造走向亦与之平行, 由于先期 NNE 向边界断裂的存在而形成斜向俯冲, 最终导致构造格局较复杂^[3]。总之, 珠江口盆地在上述复杂构造应力场背景下产生了 NW-SE 向为主的拉张作用, 并在中生代新华夏系褶皱及断裂基底上, 形成了以半地堑为基本构造单元, 或由半地堑组合而形成一系列 NNE-NE 向坳陷带, 且与相邻隆起带构成了南北分带、东西分块的基本盆地格局。

珠江口盆地多幕断陷裂谷作用始于晚白垩世, 其发育演化历程先后经历了 3 幕断陷裂谷演化阶段(裂陷发育期), 即晚白垩世初始断陷裂谷阶段、始新世断陷裂谷鼎盛阶段和早渐新世晚期断陷裂谷阶段(表 1)。在此期间发生了神弧运动、珠琼运动一幕及珠琼运动二幕 3 次大的构造运动, 形成了一系列

NNE-NE 向断陷和近 EW 向断陷及与之共轭的 NW 向断裂。

晚白垩世初始断陷裂谷阶段, 由于神弧运动(65~58 Ma) 导致南海北部陆缘的前新生代褶皱基底发生张裂, 形成了一系列 NNE-NE 向断陷雏形, 珠江口盆地北部裂陷带由此开始形成, 目前在珠一坳陷陆丰凹陷发现的古新统神狐组 12 m 厚的火山碎屑岩和砂泥岩, 即为断陷初期阶段的沉积充填物。神弧运动在二维多道地震反射剖面上表现为区域性大的不整合面(Tg)特征, 即为新生代盆地基底。

始新世断陷裂谷鼎盛阶段, 即第二幕始新世裂陷期, 由于珠琼运动一幕(55~49 Ma) 导致珠江口盆地发生抬升与剥蚀, 并伴有断裂和岩浆活动。该区在 56 Ma 左右由于华南岩石圈发生了大规模的伸展减薄, 其张裂作用使得早期形成的一系列 NEE-NE 向断陷进一步发育完善, 断陷更深、规模扩大, 最终导致盆地形成了彼此分割的北、南两个断陷带且与相邻断隆带相间分布的构造格局。在珠三坳陷的文昌凹陷、阳江凹陷, 珠一坳陷的恩平凹陷、西江凹陷、惠州凹陷、陆丰凹陷、韩江凹陷, 珠二坳陷的开平凹陷、白云凹陷形成了许多深水湖盆, 沉积充填了盆地最主要的始新统文昌组中深湖相烃源岩, 组成了新生代盆地的下构造层, 为珠江口盆地新生代油气田的形成奠定了丰富的物质基础。须指出的是, 伴随裂陷作用该期岩浆活动主要为中酸性岩浆喷发, 其岩

表 1 南海北部大陆边缘东北部珠江口盆地新生代成生演化过程及幕式活动特征
Table I Characteristics of episodic and generation evolution in Cenozoic era in northeast Zhujiangkou basin located in the northern continental margin of the South China Sea

地质年代	地层	年龄/Ma	反射层	主要区域性构造事件		
新近纪	中新世	粤海组	10.2	T2	东沙运动 新构造运动开始, 块断升降及断裂和岩浆活动频繁, 形成 NWW 向断裂, 东沙隆起及潮汕凹陷大规模抬升剥蚀, 断裂活动东强西弱	新构造运动及沉降坳陷阶段
		韩江组	16.0	T4		
		珠江组	23.8	T5 T6		
古近纪	渐新世	珠海组	32.0	T7	南海运动 形成区域性破裂不整合面, 盆地由断陷向坳陷转化, 裂后坳陷热沉降开始	裂后断陷转换及热沉降阶段
		恩平组	39.0	T8		
	始新世	文昌组	56.5	T9	珠琼运动二幕 形成 EW 向断陷	多幕断陷裂谷阶段
		古新世	神狐组	65.0	Tg	
神狐运动 盆地张裂开始, 形成 NNE-NE 断陷						
前古近纪						

注: 据中海油南海东部公司(1997)修改。

性多属安山岩、流纹岩、岩屑晶屑熔岩、凝灰岩,以珠三拗陷古新统神狐组为典型代表。

早渐新世断陷裂谷阶段即第三幕裂陷期,该期基底沉降速率进一步加大。岩浆活动亦从早期裂陷的中酸性裂隙式喷发逐渐向晚期的中心式基性喷发转变,在东沙隆起北部及惠州凹陷南部和开平凹陷等区域,形成了中酸性、基性火山熔岩和火山碎屑岩,如长石玄武岩、安山质角砾岩、英安质岩屑、英安斑岩、晶屑凝灰岩和钠质粗面岩等^[20]。该期由于珠江运动(39~36 Ma)二幕发生,导致珠江口盆地再次发生抬升、剥蚀伴有断裂和岩浆活动。珠江运动二幕是盆地断陷阶段最主要的构造运动,由于活动延续时间长,抬升剥蚀最强烈,故残存始新统有限,部分地区全部缺失上始新统。

早渐新世断陷裂谷阶段发生的第三幕断陷/张裂作用,导致珠江口盆地南部和番禺低隆起产生了一组近EW向断裂,使得南部开始与海连通,珠一拗陷湖盆较前扩大,水体变浅,断陷中沉积充填了浅湖-沼泽相或湖相下渐新统恩平组重要的煤系及湖相烃源岩,此即构成了新生代盆地地下构造层的上部地层。

2.2 晚渐新世—早中新世裂后断拗转换及热沉降阶段

晚渐新世—早中新世,受印度板块与欧亚板块碰撞的影响,深部地幔流向SE和SSE方向蠕散。由于地幔物质的过剩堆积导致上地幔发生强烈隆升、岩石圈进一步被拉伸减薄,盆地进入了裂后断拗转换及热沉降阶段。晚渐新世该区发生了大规模的海底扩张(张裂)即南海运动(32~23.8 Ma),形成了南海北部地区区域性破裂不整合面。该期构造运动较强烈,延续时间较长(晚渐新世至早中新世),且不同区域均存在较大差异:在盆地南部珠二拗陷俗称造海运动,海水从南向北大规模侵入,珠二拗陷由早期的陆架浅水区逐渐演变成了陆坡深水盆地;在珠江口盆地中、北部则发生了区域性抬升及强烈剥蚀作用,形成了破裂不整合面,并伴有断裂和岩浆活动。此时盆地由早期的断陷开始向拗陷转化过渡,沉积则由陆相转变为海相,即进入了裂后断拗转换及热沉降拗陷阶段。在区域性破裂不整合面上,该时期盆地沉积充填了上渐新统珠海组海相粗碎屑岩和下中新统珠江组海相细碎屑岩等中构造层沉积物。在东沙隆起上则形成了碳酸盐台地及生物礁滩。须强调

指出的是,南海运动形成的破裂不整合面在盆地内具有明显的穿时性和不均一性:在珠一拗陷中北部地震剖面上,区域性破裂不整合面为上渐新统珠海组底部地震T₇反射层;在南部珠二拗陷破裂不整合面则为三级层序TB1.4的最大海泛面,相当于珠海组底T₇反射层;在盆地东北部地区破裂不整合面则相当下中新统珠江组底T₆反射层。该期沉积的上渐新统珠海组具有明显的超覆特点,在隆起区多覆盖在前古近系之上,拗陷区则缺失或部分缺失始新统文昌组及下渐新统恩平组,珠海组直接覆盖在残留的恩平组、文昌组或神狐组之上。

裂后热沉降时期,由于深部幔源物质在裂陷期后发生热衰减,导致物质密度加大而造成区域性的热沉降,在沉降曲线上多表现为裂后期构造沉降速率相对降低,沉积盆地则进入到了构造活动相对减弱的阶段。该期区域构造运动和岩浆活动进入了相对平静期,在晚渐新世至中中新世海底扩展期间,南海北部陆缘仅有少量岩浆活动,属于火山活动的相对宁静期,而且此时华南大陆大规模的岩浆活动亦突然停止^[21]。

2.3 中中新世以来新构造运动及热沉降拗陷阶段

晚中新世以来新构造运动及热沉降拗陷阶段,由于菲律宾板块向NNW方向俯冲推挤,加上台湾地体与东海陆架的碰撞拼贴作用,导致台湾中央山脉形成,以及区域性断裂和逆冲断层活动发生,并伴有强烈的褶皱和火山活动及岩浆喷发,且东海陆架(浙东长垣)亦形成了强烈褶皱、抬升并遭受剥蚀。同时,台西盆地尤其是台西南盆地北部则大面积抬升而遭受剥蚀,并形成宽缓褶皱及伴有岩浆喷发。在台西南盆地南部拗陷(海域)及陆上台南地区则发育了众多泥火山(海域94座;陆上64座),且规模大分布普遍。然而,在此阶段珠江口盆地则发生了块断差异升降活动,隆起区遭受不同程度的剥蚀,晚期断裂及岩浆活动频繁,产生了一系列现今仍在活动的NWW张扭性断裂,且沿着构造隆起边缘,构成了强烈的地震活动带。

须强调指出的是,晚中新世—早上新世期间(10.2~5 Ma)发生的东沙运动即新构造运动,是导致盆地块断升降、隆起剥蚀、挤压褶皱和断裂及岩浆活动的根本原因及动力源。东沙运动在盆地沉降过程中发生,产生了一系列以NWW向张扭性为主的断裂。伴随着断裂活动,盆地发生多次基性岩浆喷溢,

且在地震 T_2 与 T_1 反射层间形成了多种产状的火山岩体。东沙运动在地震反射剖面上一般显示为地区性的不整合面(T_2 和 T_1), 分别相当于上中新统粤海组底和上新统万山组底。在东沙隆起和潮汕坳陷部分区域, 中中新统韩江组、上中新统粤海组和上新统万山组均遭受了不同程度的剥蚀(地层出现明显的生物带缺失), 而在广大坳陷区则是连续充填沉积。东沙运动是该区最晚的一次构造运动, 其对珠江口盆地最终构造格局形成及展布产生了极为重要而深刻的影响, 而此期断裂活动则对油气运移及聚集藏等均起到了决定性的控制作用。东沙运动的强度和影响程度及范围, 多具有东强西弱、北强南弱的特点, 这主要是由于其动力源自东部菲律宾板块向 NNW 方向俯冲推挤所致。因此, 东沙运动具有自东向西其运动强度和构造变形逐渐减弱的特征及活动规律, 并由此造成了珠江口盆地东部块体升降和断裂的晚期活动, 且在新构造运动及热沉降坳陷阶段沉积充填了一定规模的上中新统及上新统和第四系海相地层, 进而对该区油气运聚成藏及分布规律起到了决定性的影响和控制作用。

综上所述, 南海东北部珠江口盆地成生演化与典型被动大陆边缘盆地形成存在一定的差异, 其突出表现在构造背景和裂后热体制方面。被动大陆边缘盆地在裂后热沉降阶段一般比较稳定, 构造运动较弱; 而珠江口盆地裂后热沉降坳陷过程中由于东沙运动(新构造运动)导致断裂及岩浆活动频繁发生, 该期构造活动非常强烈且发育了 NWW 向断裂, 进而控制了盆地最终构造格局及展布、地层沉积充填格架及晚期油气运聚与散失和重新分配。总之, 晚中新世新构造活动期发生的构造-热事件造成了该区裂后热沉降坳陷过程中的块断差异升降运动和剧烈火山岩浆活动, 导致该区断裂活动具有明显的东强西弱的特点, 以及与典型的稳定被动大陆边缘地质特征的明显差异, 进而造就了南海北部陆缘现今相对高地热场特征以及对油气运聚成藏与区域分布规律的重大影响和控制^[21]。

3 浅水区(北)与深水区(南)油气运聚成藏规律

3.1 区域分布具明显的“北油南气”规律

珠江口盆地北部裂陷带及中央隆起带陆架浅水区由于处在减薄的洋陆过渡型地壳靠近陆缘的构造

位置, 沉积基底以下地壳厚度为 17~20 km, 比其南部裂陷带深水区白云凹陷地壳厚度(7~11 km)厚得多, 故无论岩石圈伸展减薄的幅度, 还是凹陷规模、凹陷裂陷沉降强度以及地温场及大地热流均比南部深水区白云凹陷低得多。以北部裂陷带浅水区惠州富生烃凹陷为例(图 3), 可以明显看出, 该凹陷地温场及大地热流与相邻的南部裂陷带深水区白云凹陷及其他盆地比较, 其地温梯度及大地热流明显偏低, 分别为 $3.4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 和 $65.4\text{ mWm}^{-2[23]}$, 远低于南部深水区珠二坳陷白云凹陷和莺歌海盆地, 加之断陷充填规模小、沉积地层薄、埋藏浅, 故该区古近系始新统及下渐新统中深湖相泥岩及煤系和上渐新统珠海组海相泥岩有机质成熟度总体偏低。因此其与深水区白云凹陷相比, 惠州凹陷仅发育始新统文昌组和下渐新统恩平组两套陆相主力烃源岩, 上渐新统珠海组海相烃源岩尚未达到成熟生烃门槛, 生烃潜力差。同时, 由于该区地温场及大地热流较低, 烃源岩有机质热演化程度多处油窗范围, 故油气成因类型及烃类产物均以石油为主伴生少量油田气(溶解气/油型气), 属于珠江口盆地北部陆架浅水区典型的富生油凹陷。目前该盆地主要油田及年产千万吨以上原油产能均主要来自该生油凹陷。

北部陆架浅水区惠州凹陷生烃成藏地质条件及含油气系统明显不同于南部深水区的白云凹陷, 主要存在两种油气成藏组合类型, 即上渐新统及中新统三角洲-滨岸砂及生物礁外源型油气成藏组合及含油气系统和始新统及下渐新统半地堑洼陷滨浅湖相砂岩自源型油气成藏组合及含油气系统。前者属珠江口盆地目前已勘探开发油气田的主要油气成藏组合类型, 该区探明的 9 亿 t 以上原油地质储量均主要集中于该含油气系统。这种三角洲-滨岸砂及生物礁外源型油气成藏组合类型及含油气系统(图 4), 主要由下构造层陆相断陷裂谷期始新统文昌组—下渐新统恩平组湖相及煤系烃源灶系统提供烃源, 以其上覆海相坳陷期沉积的上渐新统珠海组及下中新统珠江组陆架浅水三角洲-滨岸砂和生物礁为油气储集层, 且与其上覆的下中新统上部及中中新统广海相泥岩组成了良好储盖组合, 并通过中新世晚期活动的纵向断裂沟通深部古近系陆相烃源灶供给系统, 同时与上覆上渐新统珠海组三角洲-滨岸砂圈闭和下中新统珠江组生物礁圈闭连通而形成下生上储、陆生海储的油气成藏组合类型^[24-32]; 后者

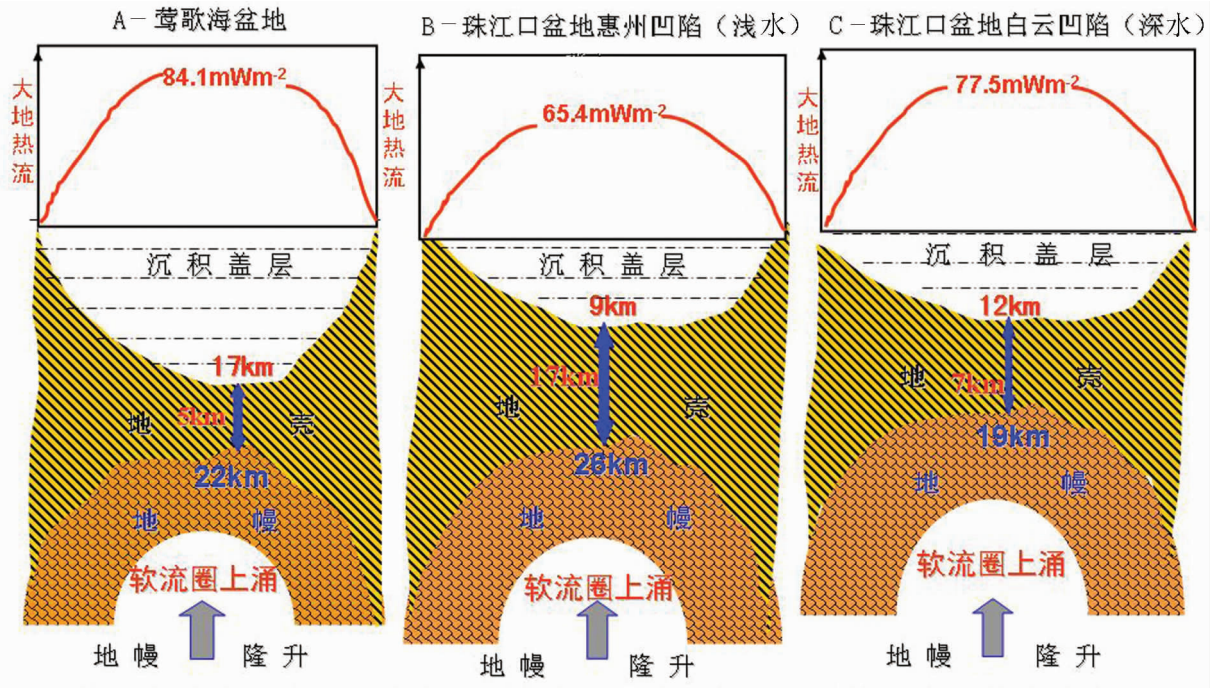


图3 莺歌海盆地与珠江口盆地典型富生烃凹陷深部圈层结构及大地热流分布对比
 Fig.3 Typical deep structure in hydrocarbon-rich spheres and a comparison of heat flow distribution in Yinggehai Basin and in Zhujiangkou Basin

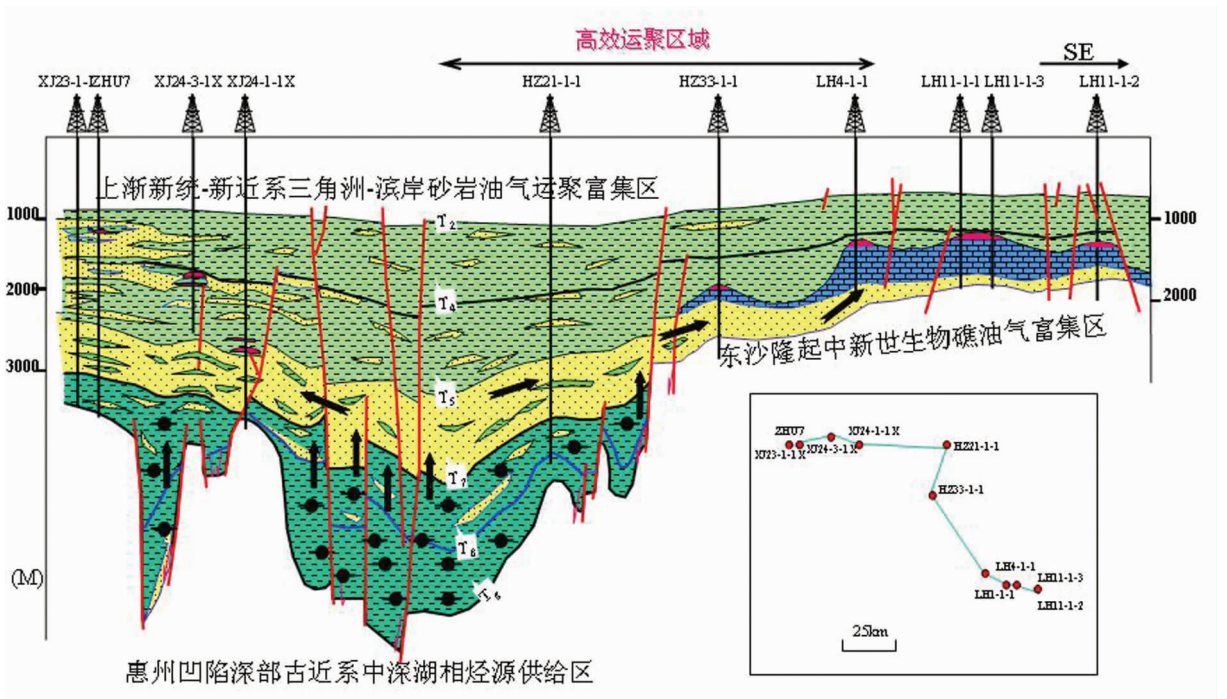


图4 珠江口盆地浅水区惠州凹陷三角洲砂岩和生物礁外源型油气运聚成藏机制 (据中海油南海东部公司, 1997 修改)
 Fig.4 Mechanism of delta sandstone and reefs foreign-oriented oil and gas migration and accumulation in Huizhou depression located in the shallow water of Zhujiangkou basin

即半地堑洼陷滨浅湖自源型油气成藏组合类型及含油气系统,亦主要通过下构造层断陷裂谷期始新统一下渐新统湖相及煤系烃源岩供给油气源,通常在那些上覆中新世地层相对稳定封盖及纵向断裂活动相对不活跃的半地堑洼陷区,由其沉积充填的古近系河湖相及扇三角洲砂岩和滨浅湖相砂岩与相邻泥岩所构成的陆相储盖组合中富集成藏,形成自生自储的古近系近源原生油气藏。该成藏组合类型迄今尚未获得重大突破和进展,其发现油气地质储量亦少,迄今为止仅获得 1 亿 t 左右石油地质储量,其约占上覆上渐新统三角洲-滨岸及下中新统生物礁外源型油气藏之石油地质储量的 1/8。须强调指出的是,在惠州凹陷上渐新统及中新统三角洲-滨岸砂及生物礁外源型和古近系半地堑洼陷滨浅湖相砂岩自源型这两种类型油气成藏组合及含油气系统中,其含油气储盖组合及断裂和砂体、不整合等构成的运聚通道均必须与其有利构造发育带有效配置,方可构成“源(烃源系统)-汇(运聚供给通道)-聚(圈闭聚集保存系统)”三位一体紧密结合的有效油气运聚成藏体系,进而形成商业性油气聚集和高产油气藏。而半地堑自源型油气藏及其成藏机制,则主要由半地堑洼陷陆相烃源供给系统与低势区构造脊砂体、不整合面及断裂通道和局部构造圈闭、生物礁滩圈闭的有效配置及紧密衔接和结合所构成。总之,北部裂陷带及中央隆起带等浅水区由于断陷规模小、沉积充填规模有限、地温梯度及大地热流偏低,烃源岩成熟生烃处于油窗范围,故该区以产大量石油伴生少量油型气为主,构成了北部裂陷带及中央隆起带重要的石油富集区。

与北部裂陷带浅水区相邻的南部裂陷带白云凹陷及南部隆起带等深水区,根据目前油气勘探程度及研究程度,主要存在上渐新统珠海组陆架三角洲混源型油气成藏组合和中新统珠江组低位深水扇等深水砂体混源型油气运聚成藏组合两种类型及含油气系统(混源型即既有外源亦有本身的),而古近系半地堑洼陷滨浅湖相砂岩自源型油气成藏组合类型埋藏深,限于目前深水油气勘探程度及钻探深度尚未揭示,是否存在尚须进一步勘探和研究来证实。南部裂陷带及南部隆起带深水区由于处在洋陆过渡型地壳靠近洋壳一侧,其岩石圈伸展减薄幅度大,地壳薄而裂陷深、断陷规模大,沉积充填物巨厚,虽然主要烃源岩仍以断陷裂谷期发育的始新统中深湖相烃

源岩和下渐新统湖相及河沼相煤系为主,但与北部裂陷带浅水区相比上渐新统海相沉积已具生烃能力可作为烃源岩^[3]。加之,南部裂陷带及周缘深水区沉积基底以下的地壳非常薄(最薄约 7 km),地温梯度及大地热流偏高^[4],地温梯度及大地热流分别高达 4.5°C/100 m 和 77.5 mWm⁻²,故烃源岩有机质热演化多处成熟-高熟凝析油及湿气阶段,其烃类产物以大量天然气及少量轻质油及凝析油为主,形成了以产天然气为主的深水油气与深水海底天然气水合物富集区。

须强调指出,深水区下渐新统陆架边缘三角洲砂岩及中新统深水扇系统混源型天然气运聚成藏组合类型具有以下重要特点:其一,古近纪陆相断陷沉积的巨厚始新统及下渐新统湖相及煤系烃源岩展布规模大、有机质丰度高,生源母质类型多为 II 1 型和 II 2 及 III 型,处于成熟-高熟热演化阶段,产烃率较高,且以产出天然气及轻质油为主;其二,纵向断裂发育且直接切割古近系大套陆相烃源岩并与砂体及不整合面和底辟一起构成了天然气向上或侧向运移的有效运聚通道,为深部古近系烃源灶供给的大量天然气向上覆陆架边缘三角洲砂岩和深水扇砂岩发育的圈闭中运聚成藏提供了优越的运聚条件;其三,在有利区域构造背景及构造区带上形成的不同类型构造-岩性复合圈闭和发育的陆架边缘三角洲砂岩及深水扇砂岩,为天然气运聚成藏提供了储集和富集场所。加之,这些构造-岩性复合圈闭多在中新世晚期新构造运动时形成,其与古近系陆相烃源岩大量成熟生排烃时期及天然气大规模运聚时间基本一致,故极有利于天然气快速运聚与高效富集成藏,进而大大减少了天然气运聚成藏过程中的大量散失与损耗^[5]。

3.2 纵向上具多种资源叠置共生的展布特点

珠江口盆地无论是浅水区还是深水区纵向上均存在不同成因类型油气及多种资源叠置分布富集的规律及特点^[6]。从图 5 可以看出,在深水海底天然气水合物富集,在浅层生物气/浅层气分布普遍,而在其深部则广泛分布着常规油气/深水油气。由于该含油气系统其烃源供给主要来自深部烃源灶供给系统,故在剖面上构成了深水海底天然气水合物及浅层气(成熟气/生物气)与深部常规油气/深水油气共生叠置的空间展布规律及特点^[7]。总之,剖面上在浅水区北部裂陷带及周缘,浅层具有上渐新统珠海组

陆架浅水三角洲砂岩和中新统珠江组生物礁外源型油气成藏组合及含油气系统,而深部则存在古近系半地堑洼陷滨浅湖相砂岩自源型油气成藏组合及含油气系统;南部裂陷带及周缘深水区,纵向上则存在下渐新统珠海组陆架边缘三角洲砂岩和中新统珠江—韩江组深水扇系统混源型天然气成藏组合及其含油气系统,且浅部尚有浅层气/生物气及深水海底天然气水合物并与其深部常规油气构成了叠置共生的空间展布关系。

必须强调指出的是,深水区白云凹陷上渐新统珠海组扇三角洲或陆架边缘三角洲砂岩混源型油气藏及其成藏组合类型,明显不同于相邻的北部陆架浅水区惠州、西江及陆丰等凹陷,由于白云深水区新生界沉积充填规模大,上渐新统珠海组泥岩有机质已基本成熟具备了生烃能力,故能够直接提供充足的烃气源,供给其本身同沉积的三角洲砂岩储集层及其所构成的不同类型的圈闭。因此,深水区始新统及下渐新统陆相烃源岩/煤系和上渐新统浅海相烃

源岩均具生烃潜力,且烃源供给充足,构成了既有外源亦有本身来源的混合烃源灶供给系统,能够为上渐新统珠海组陆架三角洲砂岩混源型油气藏及其成藏组合类型和下中新统珠江组深水扇砂岩混源型油气藏及其成藏组合类型提供非常丰富和充足的油气源供给。

4 结论与认识

(1)珠江口盆地处在减薄的洋陆过渡型地壳的特殊大地构造位置,其南、北裂陷带及周缘不同区域油气地质条件差异明显。北部裂陷带及东沙隆起浅水区,处于减薄的洋陆过渡型地壳靠近陆缘一侧,其古近系断陷规模及半地堑洼陷沉积充填规模均比相邻的深水区南部裂陷带小,故地温梯度低、大地热流小,烃源岩有机质热演化处在油窗范围,以产大量石油为主伴有少量油型气,形成了以石油为主的北部浅水油气富集区;南部裂陷带及南部隆起深水区,处在洋陆过渡型地壳靠近洋壳一侧,地壳薄而裂陷深、

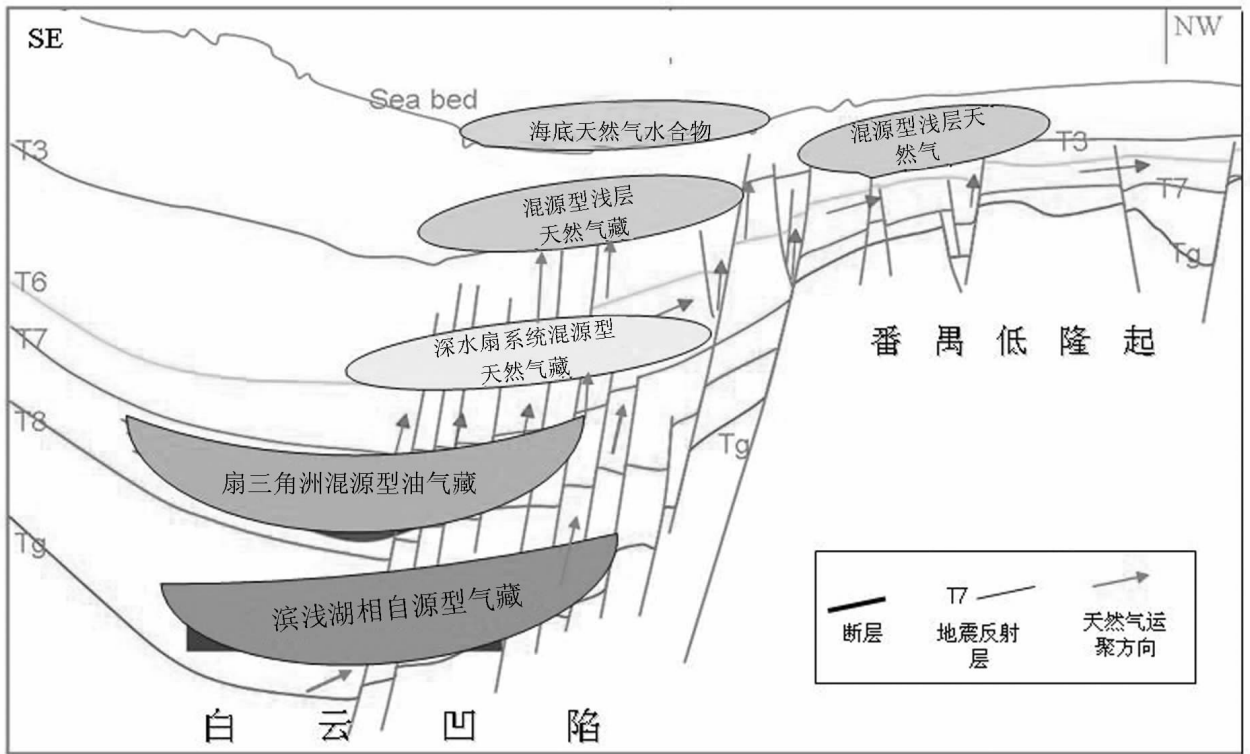


图5 白云凹陷深水海底水合物及天然气/浅层气与深部常规油气叠置分布特征(据中海油资料 2007, 修改)
 Fig.5 The distribution of gas hydrate and gas/ shallow gas and deep conventional oil and gas in deep sea bottom of Baiyun depression

断陷规模大,与浅水区相比多了一套上渐新统海相烃源岩,且地温梯度及大地热流偏高,烃源岩多处在成熟-高熟凝析油及湿气阶段,以产大量天然气及少量轻质油为主,构成了以天然气为主但亦具石油及水合物资源潜力的深水油气富集区。

(2)油气区域分布具有明显的“北油南气”规律,而纵向上展布则具有多种资源叠置共生与复合的特点,即具有深水海底天然气水合物及浅部生物气/浅层气与深部常规油气共生叠置的空间展布关系。

参考文献(References):

- [1] 陈斯忠,李泽松.珠江口盆地(东部)油气勘探开发的回顾与展望[J].中国海上油气(地质),1992,6(2):21-30.
Chen Sizhong, Li Zesong. The retrospect and prospect of oil and gas exploration and development in Zhujiangkou Basin (Eastern) [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 1992, 6 (2):21-30 (in Chinese with English abstract).
- [2] 陈长民.珠江口盆地东部石油地质条件及油气藏形成条件初探[J].中国海上油气(地质),2000,14(2):73-83.
Chen Changmin. The study of petroleum geology and reservoir formation conditions in eastern Zhujiangkou Basin [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2000, 14 (2):73-83 (in Chinese with English abstract).
- [3] 陈长民,施和生,等.珠江口盆地(东部)第三系油气藏形成条件[M].北京:科学出版社,2003:1-266.
Chen Changmin, Shi Hesheng, et al. The Reservoir Formation Conditions in Eastern Zhujiangkou Basin [M]. Beijing: Science Press, 2003:1-266(in Chinese).
- [4] 龚再升,李思田,等.南海北部大陆边缘盆地分析与油气聚集[M].北京:科学出版社,1997:1-510.
Gong Zaisheng, Li Sitian. et al. Analysis and Hydrocarbon Accumulation in the Continental Margin Basin of Northern South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 1997:1-510(in Chinese).
- [5] 龚再升.中国近海大油田[M].北京:石油工业出版社,1997:1-223.
Gong Zaisheng. The Oil and Gas Fields in Chinese Offshore [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1997:1-223(in Chinese).
- [6] 龚再升,李思田,等.南海北部大陆边缘盆地油气成藏动力学研究[M].北京:科学出版社,2004:1-339.
Gong Zaisheng, Li Sitian. et al. The Research of Oil and Gas Accumulation Kinetics in the Continental Margin Basin of Northern South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 2004:1-339 (in Chinese).
- [7] 庞雄,陈长民,彭大钧,等.南海珠江深水扇系统及油气[M].北京:科学出版社,2007:1-360.
Pang Xiong, Chen Changmin, Peng Dajun, et al. The Deep-water Fan Systems and Oil and Gas in the Zhujiang River South China Sea [M]. Beijing: Science Press, 2007:1-360(in Chinese).
- [8] 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,2008:1-185.
He Jiaxiong, Liu Hailing, Yao Yongjian, et al. The Geology and the Prospects of Resources of Oil and Gas in the Marginal Basin of Northern South China Sea [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2008:1-185(in Chinese).
- [9] 姚伯初,万玲,刘振湖,等.南海海域新生代沉积盆地构造演化的动力学特征及其油气资源[J].地球科学,2004,29(5):543-549.
Yao Bochu, Wan Ling, Liu Zhenhu, et al. The dynamic characteristics and resources of oil and gas of tectonic evolution of sedimentary basins in Cenozoic South China Sea [J]. Earth Sciences, 2004, 29 (5):543-549(in Chinese with English abstract).
- [10] 姚伯初,万玲.中国南海海域岩石圈三维结构及演化[M].北京:地质出版社,2006:1-222.
Yao Bochu, Wan Ling. Three-dimensional Structure and Evolution of Lithosphere in South China Sea [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2006:1-222(in Chinese with English abstract).
- [11] 蔡学林,朱介寿,曹家敏,等.东亚西太平洋巨型裂谷体系岩石圈与软流圈结构及动力学[J].中国地质,2002,29(3):234-245.
Cai Xuelin, Zhu Jieshou, Cao Jiamin, et al. Structure and dynamics of lithosphere and asthenosphere in the gigantic East Asian west pacific rift system [J]. Geology in China, 29 (3):234-245 (in Chinese with English abstract).
- [12] 何家雄,陈胜红,刘海龄,等.南海北部边缘盆地地质与油气运聚成藏规律及特点[J].西南石油大学学报,2008,30(5):91-98.
He Jiaxiong, Sheng Hong, Liu Hailing, et al. The rules and characteristics of geology and hydrocarbon migration and accumulation in northern marginal basin regional of South China Sea [J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2008, 30 (5): 91-98(in Chinese with English abstract).
- [13] 万玲,姚伯初,曾维军,等.南海岩石圈结构与油气资源分布[J].中国地质,2006,33(4):874-884.
Wan Ling, Yao Bochu, Zeng Weijun, et al. Lithospheric structure and petroleum distribution in the South China Sea [J]. Geology in China, 2006, 33(4):874-884(in Chinese with English abstract).
- [14] 郝沪军,林鹤鸣,杨梦雄,等.潮汕坳陷中生界——油气勘探的新领域[J].中国海上油气(地质),2001,15(3):157-163.
Hao Hujun, Lin Heming, Yang Mengxiong, et al. Chaoshan depression in Mesozoic——The new areas of oil and gas exploration [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2001, 15 (3):157-163(in Chinese with English abstract).
- [15] 杨少坤,林鹤鸣,郝沪军,等.珠江口盆地东部中生界海相油气

- 勘探前景[J]. 石油学报, 2002, 23(5):28-33.
- Yang Shaokun, Lin Heming, Hao Hujun, et al. The prospects of marine oil and gas exploration in Mesozoic of the eastern Zhujiangkou Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2002, 23 (5):28-33(in Chinese with English abstract).
- [16] 郝沪军, 张向涛. 重磁资料在潮汕坳陷中生界油气勘探中的应用[J]. 中国海上油气(地质), 2003, 17(2):128-132.
- Hao Hujun, Zhang Xiangtao. The application of gravity and magnetic data in oil and gas exploration in the Mesozoic of Chaoshan depression [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2003, 17 (2) :128-132(in Chinese with English abstract).
- [17] 何家雄, 姚永坚, 马文宏, 等. 南海东北部中生代残留盆地油气勘探现状与油气地质问题 [J]. 天然气地球科学, 2007, 18(5): 635-642.
- He Jiexiong, Yao Yongjian, Ma Wenhong, et al. The present of oil and gas exploration and the problem of petroleum geology in the Mesozoic residual basins of northeastern South China Sea [J]. Natural Gas Geoscience, 2007, 18 (5):635-642 (in Chinese with English abstract).
- [18] 郝沪军, 施和生, 张向涛, 等. 潮汕坳陷中生界及其石油地质条件——基于 LF35-1-1 探索井钻探结果的讨论 [J]. 中国海上油气(地质), 2009, 21(3):151-156.
- Hao Hujun, Shi Hesheng, Zhang Xiangtao, et al. Chaoshan depression in the Mesozoic and petroleum geology ——based on the discussion of the results of LF35-1-1 exploration well [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2009, 21 (3):151-156(in Chinese with English abstract).
- [19] 龚再升. 中国近海含油气盆地新构造运动和油气成藏 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(2):133-138.
- Gong Z S. Neotectonics and petroleum accumulation in basins which contains oil and gas in Chinese offshore [J]. Oil and Gas Geology, 2004, 25 (2):133-138(in Chinese with English abstract).
- [20] 何家雄, 施小斌, 阎贫, 等. 南海北部边缘盆地油气地质特征与勘探方向 [J]. 新疆石油地质, 2007, 28(2):129-135.
- He Jiexiong, Shi Xiaobin, Yan pin, et al. The characteristics of geology and exploration of petroleum in northern marginal basin of South China Sea [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 28 (2) : 129-135(in Chinese with English abstract).
- [21] 李平鲁, 梁慧娴. 珠江口盆地新生代岩浆活动与盆地演化、油气聚集的关系[J]. 广东地质, 1994, 9(2):23-34.
- Li Pinglu, Liang Huixian Cenozoic magmatic activity and basin evolution in Zhujiangkou Basin and the relationship between oil and gas accumulation [J]. Guangdong Geology, 1994, 9 (2):23-34 (in Chinese with English abstract).
- [22] 姚伯初, 万玲. 南海岩石圈厚度变化特征及其构造意义[J]. 中国地质, 2010, 37(4):888-899.
- Yao Bochu, Wan Ling. Variation of the lithospheric thickness in the South China Sea area and its tectonic significance [J]. Geology in China, 2010, 37(4):888-899(in Chinese with English abstract).
- [23] 饶春涛, 李平鲁. 珠江口盆地热流研究[J]. 中国海上油气(地质), 1991, 5(6), 7-17.
- Rao Chuntao, Li Pinglu, The studies of heat flow in Zhujiangkou Basin, [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 1991, 5 (6), 7-17(in Chinese with English abstract).
- [24] 何家雄, 夏斌, 王志欣, 等. 南海北部边缘盆地西区油气运聚成藏规律与勘探领域及方向[J]. 石油学报, 2006, 27(4):18-22.
- He Jiexiong, Xia Bin, Wang Zhixin, et al. The regular of migration and accumulation and the areas and direction of the exploration of oil and gas in the West of northern marginal basin of South China Sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27 (4):18-22(in Chinese with English abstract).
- [25] 何家雄, 陈胜红, 刘士林, 等. 南海北部边缘珠江口盆地油气资源前景及有利勘探方向[J]. 新疆石油地质, 2008, 29(4):457-461.
- He Jiexiong, Chen Shenghong, Liu Shilin, et al. The prospect of oil and gas resources and the favorable exploration prospects in northern marginal basin of South China Sea [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29 (4):457-461(in Chinese with English abstract).
- [26] 何家雄, 吴文海, 祝有海, 等. 南海北部边缘盆地油气成因及运聚规律与勘探方向[J]. 天然气地球科学, 2010, 21(1):7-17.
- He Jiexiong, Wu Wenhai, Zhu Youhai, et al. The causes and the regular of migration and accumulation and exploration direction of oil and gas in northern marginal basin of South China Sea [J]. Natural Gas Geoscience, 2010, 21 (1):7-17 (in Chinese with English abstract).
- [27] 傅宁, 米立军, 张功成, 等. 珠江口盆地白云凹陷烃源岩及北部油气成因[J]. 石油学报, 2007, 28(3):32-38.
- Fu Ning, Mi Lijun, Zhang Gongcheng, et al. The hydrocarbon source rocks and the causes of oil and gas in Baiyun depression of Zhujiangkou Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2007, 28 (3):32-38(in Chinese with English abstract).
- [28] 马文宏, 何家雄, 姚永坚, 等. 南海北部边缘盆地第三系沉积及主要烃源岩发育特征 [J]. 天然气地球科学, 2008, 19(1):41-48.
- Ma Wenhong, He Jiexiong, Yao Yongjian, et al. The sediments in tertiary and the main hydrocarbon source rock characteristics in northern marginal basin of South China Sea [J]. Natural Gas Geoscience, 2008, 19 (1):41-48(in Chinese with English abstract).
- [29] 施和生, 朱俊章, 姜正龙, 等. 珠江口盆地珠一坳陷油气资源再评价[J]. 中国海上油气, 2009, 21(1):9-14.
- Shi Hesheng, Zhu Junzhang, Jiang Zhenglong, et al. The re-evaluation of oil and gas resources in Zhujiangkou Basin and Zhuyi depression [J]. China Offshore Oil and Gas, 2009, 21 (1):9-14(in Chinese with English abstract).

- [30] 朱伟林. 中国近海新生代含油气盆地古湖泊学与烃源条件[M]. 北京:地质出版社, 2009:1-237.
Zhu Weilin. The Ancient Limnological and Hydrocarbon Source Conditions in Basin which Contains Oil and Gas of China Offshore [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009:1-237 (in Chinese with English abstract).
- [31] 朱伟林, 张功成, 杨少坤, 等. 南海北部大陆边缘盆地天然气地质[M]. 北京:石油工业出版社, 2007:1-391.
Zhu Weilin, Zhang Gongcheng, Yang Shaokun, et al. The Gas Geology in Northern Continental Marginal Basin of South China Sea [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2007:1-391 (in Chinese).
- [32] 张功成. 中国近海天然气地质特征与勘探新领域[J]. 中国海上油气, 2005, 17(5):290-296.
Zhang Gongcheng. The geological features and new areas of the natural gas exploration in Chinese offshore [J]. China Offshore Oil and Gas, 2005, 17 (5):290-296(in Chinese with English abstract).
- [33] 何家雄, 陈胜红, 崔莎莎, 等. 南海北部大陆边缘深水盆地烃源岩早期预测与评价[J]. 中国地质, 2009, 36(2):404-416.
He Jiexiong, Chen Shenghong, Cui Shasha, et al. Early-stage prediction and evaluation of hydrocarbon source rocks in the deep basin on the northern continental margin of the South China Sea [J]. Geology in China, 2009, 36 (2):404-416 (in Chinese with English abstract).
- [34] 米立军, 袁玉松, 张功成, 等. 南海北部深水区地热特征及其成因[J]. 石油学报, 2009, 30(1):27-32.
Mi Lijun, Yuan Yusong, Zhang Gongcheng, et al. The geothermal characteristics and origin in deep water area of northern South China Sea [J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30 (1) :27-32 (in Chinese with English abstract).
- [35] 何家雄, 姚永坚, 刘海龄, 等. 南海北部边缘盆地天然气成因类型及气源构成特点[J]. 中国地质, 2008, 35(5):1007-1016.
He Jiexiong, Yao Yongjian, Liu Hailing, et al. Genetic types of natural gas and characteristic of the gas source composition in marginal basins of the northern South China Sea [J]. Geology in China, 2008, 35(5):1007-1016(in Chinese with English abstract).
- [36] 何家雄, 颜文, 马文宏, 等. 南海准被动陆缘深水油气与水合物共生地质意义[J]. 西南石油大学学报, 2010, 32(6):5-10.
He Jiexiong, Yan Wen, Ma Wenhong, et al. The geological significance of symbiotic of Oil and gas and hydrate in deep water area of quasi-passive Continental margin of South China Sea [J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2010, 32 (6):5-10(in Chinese with English abstract).
- [37] 于兴河, 张志杰. 南海北部陆坡区新近系沉积体系特征与天然气水合物分布的关系[J]. 中国地质, 2005, 32(3):470-476.
Yu Xinghe, Zhang Zhijie. Characteristics of Neogene depositional systems on the northern continental slope of the South China Sea and their relationships with gas hydrate [J]. Geology in China, 2005, 32(3):470-476 (in Chinese with English abstract).

The evolution, migration and accumulation regularity of oil and gas in Zhujiangkou basin, northeastern South China Sea

HE Jia-xiong¹, CHEN Sheng-hong², MA Wen-hong³, GONG Xiao-feng¹

(1. Key Laboratory of Marginal Sea Geology, CAS, Guangzhou 510640, Guangdong, China; 2. Shenzhen Branch, CNOOC, Guangzhou 524057, Guangdong, China; 3. Zhanjiang Branch, CNOOC, Zhanjiang 524057, Guangdong, China)

Abstract: The Zhujiangkou basin is a special tectonic location of passive continental margin with complex regional background and oil and gas geological conditions. The region has not only basic characteristics of Cenozoic continental rift and fault basin in eastern China but also its unique features. Because oil and gas geological conditions are different in different basin zones, there exist the regularity of migration and accumulation of oil in the north and that of gas in the south, and the characteristics of association and superimposition of various resources are obvious: The north rift zone and the East Sha uplift shallow water zone constitute the thinning location of the continental crust, with the scale of the fault depression and sedimentation being smaller than that of the deep water area in the north rift zone; in addition, the area has low geothermal gradient and small heat flow, its thermal evolution of source rocks is in the range of oil window, and it produces large quantities of oil accompanied by a small amount of oil type gas, thus forming a petroleum accumulation zone in the shallow water of north continental shelf, which mainly includes Wenchang, Yunping, Xijiang, Huizhou, Lufeng and Liuhua oil fields. The exotic source mechanism of the oil and gas migration and accumulation system is the Oligocene delta sandstone and Miocene reef limestone in the area. There exist large quantities of natural gas and a small amount of light oil, which mainly include gas reservoirs of LW3-1, LH34-2 and LH29-1 and oil reservoir of LH16-2 in eastern Baiyun depression and a small gas reservoir group in Panyu uplift of Baiyun depression, which constitute a rich natural gas district with resource potential of oil and oil-gas in the south rift zone and the south uplift zone. Because the south rift zone and the deep water zone of southern uplift constitute the location of near-ocean crust characterized by thin crust and large-scale fault depression, the area has more marine hydrocarbon source rocks than northern shallow water. There exist high geothermal gradient and large heat flow in this area, and the thermal evolution of the source rocks is at the stage of mature-highly mature condensate oil and wet gas; besides, there is mixed source mechanism of hydrocarbon migration and accumulation characterized by the hydrocarbon system of Oligocene delta coastal sandstone and the deep-water fan system, and there also exists the paragenetic and superimposition relationship between gas hydrates in the seafloor and shallow gas and conventional oil and gas in the deep water.

Key words: Zhujiangkou basin; shallow water zone/deep water zone; association and superimposition of various resources; combination type of oil and gas accumulation

About the first author: HE Jia-xiong, male, born in 1956, senior researcher, doctor, engages in oil and gas exploration and comprehensive geological study; E-mail: hejx@gig.ac.cn.