

文章编号:1672-9854(2010)-04-0035-13

南海新生代沉积基底性质和盆地类型

谢锦龙¹, 余和中¹, 唐良民², 傅瑾君¹, 武金云¹

(1 中国石油杭州地质研究院; 2 中国石油长城钻探测井公司)



摘要 根据新的重磁、地震及钻井资料,结合大地构造性质和新生代主要构造变形特征,将南海新生代沉积盆地基底划分为三个基底区,即北部古生界断陷基底区、西部中—古生界走滑拉分基底区以及南部复杂基底区。北部基底区以古生界变质基底为主,同时含有中生界残留断陷,它由北部湾断陷基底区、珠江口中—古生界断陷基底区以及西沙古生界断陷基底区三个次级区构成;西部基底区以走滑伸展为特征,分为莺歌海古生界、中建南中生界以及万安中生界等三个次级走滑拉分基底区;南部基底区较复杂,划分为曾母新生代早期褶皱基底区和南沙中—古生界复杂基底区。这八个次级基底区之间主要以俯冲—碰撞缝合带、蛇绿岩带、深海放射虫沉积岩带、洋中脊火成岩带以及深大走滑转换断裂带等分隔,各自有着不同的演化历史,控制了南海新生代多种类型次级沉积盆地的地质特征。

关键词 新生代沉积;基底性质;盆地类型;构造演化;前新生代;南海

中图分类号:TE111.2 **文献标识码**:A

谢锦龙 1962年生,教授级高级工程师,1983年毕业于浙江大学地质系。主要从事地质信息处理技术研究。通讯地址:310023 杭州市西溪路920号;电话:(0571)85224962

南海位于欧亚板块、菲律宾板块及印度洋板块三大板块的交汇处,构造运动复杂。大规模的水平运动伴随着大规模的垂直运动,强烈的陆缘扩张伴随着强烈的陆缘挤压。陆壳在北缘离散解体,又在南缘拼贴增生。洋壳在中央海盆新生,又在其东邻的马尼拉海沟消减。陆缘地槽系在陆缘扩张过程中形成,岛弧—海沟断褶系在挤压过程中发育。在这里几乎所有类型的构造运动、沉积作用、岩浆活动、变质作用及成矿作用都有发生、发展和演化的过程^[1-2]。南海与其东邻的台湾、菲律宾岛弧—海沟构成东亚大陆边缘最完整的沟—弧—盆构造体系,这个体系既具有一般的沟—弧—盆构造体系的共性,又具有其独特性。南海面积有 $350 \times 10^4 \text{ km}^2$,主要有北部陆架、北部陆坡、西部陆架、西部陆坡、东部岛架、巽他陆架、西北次海盆、西南次海盆及中央海盆等地理单元^[3]。依新生代沉积厚度大于2 000 m计,南海共发育沉积盆地28个(图1)。

海洋油气是未来中国油气资源重要的接替区,

而南海又是海洋油气资源富集区。现已初步查明,整个南海的油气地质资源量约在 $(230 \sim 300) \times 10^8 \text{ t}$,有“第二个波斯湾”之称^[3]。目前南海探区已成为油气勘探的热点。刘海龄等^[4]对南海沉积盆地有不少研究,将南海海域新生代主要沉积盆地的基底划分为六个区:北部湾古生界断陷基底区、莺歌海古生界走滑拉分基底区、琼东古生界断陷基底区、西沙北古生界裂谷基底区、西沙南古生界走滑伸展基底区及南沙古—中生界伸展基底区。本文在总结前人研究成果基础上,根据新的重磁、地震及钻井资料,对南海新生代沉积盆地的基底性质和盆地类型做了新的划分,以期对该区油气地质规律的认识具有更好的指导意义。

1 南海盆地重、磁异常特征

重磁资料是研究盆地基底的基础,根据重磁异常可以划分基底与盖层,磁力异常还可以区分岩性。

收稿日期:2010-05-06;改回日期:2010-09-17



图1 南海地理和盆地分布简图(据参考文献[1-2]和全国第二次油气资源评价资料编制)

1.1 重力异常

南海北部布格重力异常走向以 NE 和 NEE 向为主,东部边缘为 SN 向,局部地区 NW 向异常切割 NE 及 NEE 向异常。海盆东部边缘及北部陆架南缘多呈带状分布,其它地区形态各异,多呈大小不一的封闭异常,形态组合复杂,说明重力场受地质、地形、岩性等多种横向不均一因素影响。中央海盆异常走向为 NE 至 NEE 向,重力异常的轮廓线与海盆形态基本一致,以长轴为 NE 向的菱形轮廓环绕海盆分布(图 2)。

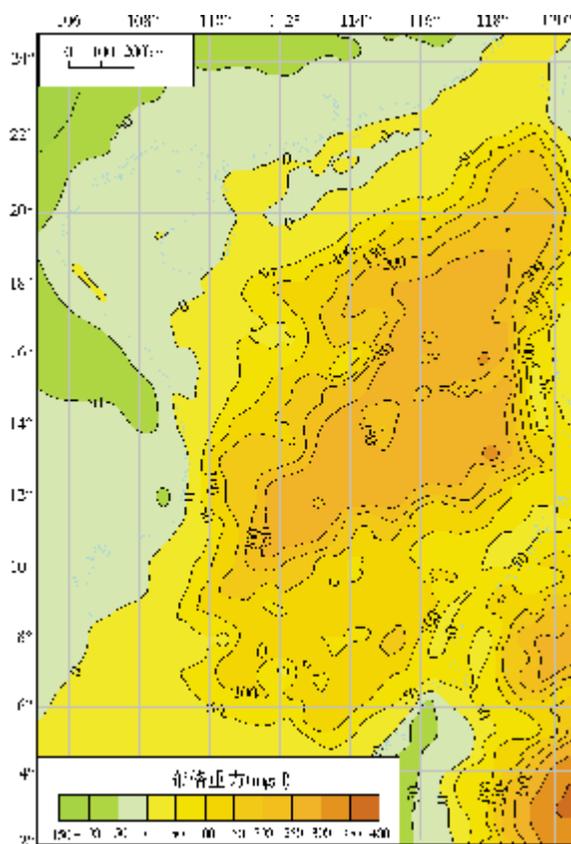


图 2 南海布格重力异常图

数据来源于美国国家地球物理数据中心的 $2' \times 2'$ 卫星重力数据,经过水深数据换算成布格异常

北部陆架区布格重力异常总的走向是 NE 向,局部为 NEE 或 EW 向。异常值一般为 $-50 \sim +50$ mgal,较高的异常为 $+65$ mgal,位于东沙岛一带。北部陆架大面积为负异常,占整个陆架面积的三分之二。珠江口盆地的三个凹陷以及北部湾和莺歌海盆地以负异常为

主,但在珠江口盆地的东沙隆起及神狐隆起为正异常。区内具有明显的分带、分块现象。

1.2 磁异常

磁异常较为复杂,一般以低值、负异常为主,异常总体为 NE 向,其中局部为 NEE 和 NW 向,异常强度一般在 $-100 \sim 100$ nT 之间。东部是一个复杂的变化较大的磁异常区,异常成 NE 向条带状展布。北侧以负异常为主,南侧以正异常为主,强度一般为 $100 \sim 150$ nT,最小为 -20 nT,最大为 450 nT,异常形态多变。珠江口盆地三个拗陷区的异常较平缓,而隆起区则出现较高的磁异常。北部湾以平缓的负异常为主。

1.3 重、磁综合特征

北部陆坡区包括西沙、中沙及其附近海域。重力异常强度为 $-50 \sim +100$ mgal。在岛块中部均形成圈闭正异常,边缘地形陡峭处为等值线密集的正、负异常,异常起伏与地形起伏一致。西沙群岛中部为 $+40 \sim +60$ mgal,边缘为 $0 \sim -10$ mgal。磁异常呈 NE 向展布,异常变化大,在陆坡与陆架,陆坡与中央海盆等过渡区均存在 NE 或 NEE 向的线性磁异常,表明磁异常与二条岩石圈大断裂或地块碰撞缝合带有关(参见下文图 3 中珠江口中—古生界断陷基底区南、北二条边界断层)。东沙岛东北一直到台湾,有一条 NE 向展布的高值磁异常,异常值一般约 300 nT,最大达 350 nT 以上。岛东南及西南有较平静的负异常,波长较大。在岛东北边缘有一串 NE 向展布的尖峰异常^[2]。

中央海盆区重力异常变化较平稳,一般以正异常为主,幅度为 $+150 \sim +260$ mgal。在海盆东部边缘靠马尼拉海沟一带出现异常,呈 S—N 向展布,幅度为 $+50 \sim +180$ mgal,与海沟向洋一侧出现的典型异常相似,为马尼拉海沟俯冲带的反映。南海北部陆架、西部陆架及巽他陆架表现为明显的低值异常, $-50 \sim 0$ mgal,反映莫霍面较深。在陆架到洋盆之间的陆坡是布格异常的陡变带,异常值为 $+50 \sim +200$ mgal,反映莫霍面深度的迅速递变。曾母盆地和万安盆地莫霍面较深,北康盆地处于莫霍面升高的过渡带上,南薇西盆地周围为中等幅值的平缓布格异常($100 \sim 140$ mgal),但南薇东盆地形成局部低值区($60 \sim 80$ mgal)。礼乐滩、安渡滩等礁滩和洋盆中的海山都表现为局部低值,反映了地形校正的影响。

中央海盆区的磁异常以南北分块为特征,海盆北部以较大幅度波状异常为主,幅度为 200~400 nT,在大的背景上还叠加了次级小峰状异常,且呈 NEE 向展布。海盆南部也为大幅度波状起伏异常,其幅度

比北部还大,达 300~600 nT,呈 E—W 向分布。

2 新生代沉积基底分区

根据钻井(表 1)和上述新的重磁、地震资料,

表 1 南海新生代沉积盆地钻遇的基底岩性特征
(据何家雄^[5]、吴进民^[6]、辽河油田及广州地质调查局内部资料等编制)

盆地	井号	取样深度 (m)	基底		盆地	井号	取样深度 (m)	基底		
			岩性	时代				岩性	时代	
莺歌海	海口 30-3-1A	1986.0	花岗片麻岩	AnC	北部湾	涠 10-3N-1	1459~1768	石灰岩	Pz	
	YIN1	3070.4~3071.4	混合岩	AnC		涠 6-1-1	1899~2246.3	石灰岩	Pz	
	YQ2	?	碳酸盐岩	C	西沙群岛	XY1	1251-1384	花岗片麻岩	AnC	
	LT35-1-1	1715.0	花岗岩	T		Dai Hung 2	3685	花岗岩	pre-E	
	YIN6	2222.4~2132.1	安山岩	K		04-B-1X	2442	英安岩	K	
	YIN6	2222.4~2132.1	凝灰质砂岩	K		04-B-2X	2593	英安岩	K	
琼东南	YC13-1-1	3822.2	花岗岩	T		Dua-1X	4013	花岗岩	pre-E	
	YC13-1-2	4295.6	角岩	K		12-B-1X	3889	花岗岩	pre-E	
	YC14-1-1	3158.0	英安流纹岩	K		12-C-1X	3587	花岗岩	pre-E	
	LS2-1-1	2769.0	安山玢岩	K		万安	28-A-1X	1504	石英闪长岩	pre-E
	YIN9	2850.0	花岗岩	K			29-A-1X	1618	沉积岩	pre-E
	Ya8-2-1	?	碳酸盐岩	C			AS-1X	1726	角闪石花岗闪长岩	K
	BD6-1-1	2133.0	火山集块岩	K	Cipta-A		2233.2	沉积变质岩	K	
珠江口	LF17-1-1	1730.0	花岗岩	T	Cipta-B		3274	花岗闪长岩	K	
	LF35-1-1	1700~2300	碎屑岩为主	K	AT-1X		1768	黑云母花岗闪长岩	K	
	LF35-1-1	2360~2430	花岗岩	J	曾母		CC-1X	1320	千枚岩、变质沉积岩	pre-E
	YJ21-1-1	1620~1656.0	侵入岩	E			CC-2X	2162	千枚岩、变质沉积岩	pre-E
	YJ23-1-1	1865~1874.5	侵入岩	E			CB-1X	1844	千枚岩、变质沉积岩	pre-E
	YJ26-1-1	1670~1702.8	侵入岩	E			S.E.Tuna-1	2590	千枚岩	E
	YJ35-1-1	4311.0	变质石英岩	AnC		Paus S-1	2564	千枚岩	E	
	WC2-1-1	3594~3641.3	黑云母闪长岩	K		Paus NE-2	1426	千枚岩、板岩	E	
	LH4-1-1 岩	?	变质石英岩	AnC		AY-1X	2811	火山集块岩	E	
北部湾	WZ12-3-1	1420~1490.0	花岗岩	AnC		AP-1X	4199	深成岩	K ₂	
	WZ23-3-1	2691~2711.0	花岗片麻岩	AnC		Tenggiri Marine-1	2854	千枚岩	E	
	WS26-2-1	2193~2217.0	变质岩	AnC		Panda-1	2456	片岩	E	
	WS26-3-1	2173.5~2197.0	片岩和角闪岩	AnC	加里曼丹岛西北角 1	?	花岗岩	K ₂		
	WS26-4-1	2583~3459.4	角闪岩	AnC	加里曼丹岛西北角 2	?	花岗岩	K ₂		
	WS31-1-1	1832~1859.0	片麻岩	AnC	Ranai-1	2335	千枚岩	E		
	WS28-1-1	1660.0	花岗岩	AnC	J-5-1	2054	千枚岩	E		
	涠 10-4-1	1603.5~1761.5	石灰岩	Pz						

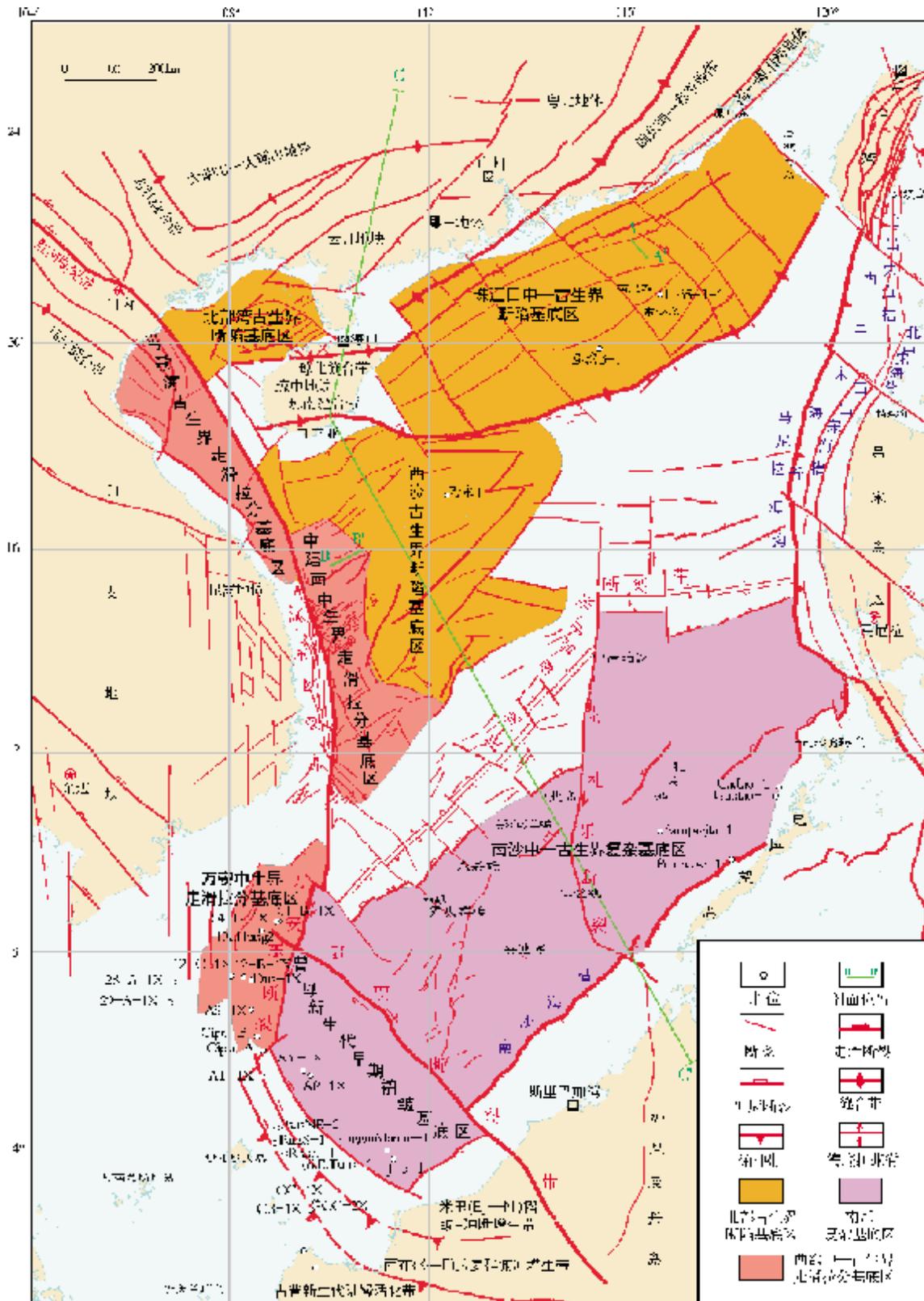


图3 南海新生代沉积基底分区图(断裂构造背景据国家区域调查资料)

以及前新生代的大地构造性质和新生代的主要构造变形特征,南海新生代沉积的基底可以划分出三个大区(图3),即北部古生界断陷基底区、西部中—古生界走滑拉分基底区以及南部复杂基底区。

2.1 北部古生界断陷基底区

该区以古生界断陷变质基底为主要特征,含断堑结构和中生界残留断陷,由北部湾古生界断陷基底区、西沙古生界断陷基底区以及珠江口中—古生界断陷基底区三个次级区组成(图3)。需要说明的是,该区还发育了大量中生代岩浆岩和少量早新生代侵入岩(表1),因此该区基底被中、新生代岩浆岩所复杂化。

2.1.1 北部湾古生界断陷基底区

从大地构造性质分析,该区基底为相邻的云开地体向西部的延伸。云开地体基底主要由新元古界云开群和寒武系八村群组成,为一套中等变质、混合岩化的巨厚复理石碎屑岩(含中酸性火山岩)建造。上覆沉积盖层上志留统—下石炭统为产双壳类化石和 *Retziella* 腕足动物群的近岸相灰岩。北部湾西北部一带出露的沉积盖层石炭系—二叠系为较深水含条带燧石的台地型灰岩,其中的上泥盆统一上二叠统下部放射虫硅质岩带从越南东北部沿海的下龙湾向北东跨越北部湾,经防城一带均可见到,在罗定还可见晚古生代的枕状熔岩和构造混杂岩^[4-5]。在涠西南凹陷涠10-4-1井、涠10-3N-1井、涠6-1-1井等钻遇了古生界碳酸盐岩基底(表1)。

2.1.2 珠江口中—古生界断陷基底区

珠江口盆地西部以加里东期变质岩基底为主,属于华南加里东褶皱系的一部分,由下古生界变质岩系组成,包括震旦系—志留系,为一套变质程度不同的千枚岩、片岩、片麻岩及混合岩。珠江口盆地中央为海西—印支褶皱基底,推测为一套浅变质的复理石建造,属泥盆系—中下石炭统,盖层为中上石炭统一三叠系。珠江口盆地东南部的东沙陆坡区,为燕山期华南大陆边缘的增生体。

根据地震资料,珠江口盆地东部的潮汕坳陷、韩江凹陷、陆丰凹陷、白云凹陷,新生代沉积基底中存在中生界残留凹陷(图4)。LF35-1-1探井在潮汕坳陷揭示近1500m侏罗系—白垩系。

分三段:上段400m为紫红色泥岩、粉砂岩及砂岩夹少量泥岩组合;中段185m灰色纹层状泥岩、粉砂岩及砂岩组合,含部分有机质碎屑;下段230m基性喷发岩夹少量中酸性火山岩,与泥岩、砂岩、砾岩以及泥灰岩互层,为海陆过渡相环境。侏罗系分两段:上段220m富含放射虫硅质岩夹玄武岩、灰黑色纹层状泥岩及泥质粉砂岩,为深海环境;下段510m灰黑色纹层状泥岩及泥质粉砂岩夹砂岩、石灰岩及鲕粒灰岩,泥岩中富含有机质碎屑,为滨浅海环境。LF35-1-1探井底部还钻进了77m花岗岩、花岗闪长岩侵入体,时代约在早侏罗世。在东沙隆起及其西北侧的珠I坳陷亦有5口井钻遇中生界,往东的台西南盆地有近30口井钻遇侏罗系—白垩系。台西南盆地基底的岩性经钻探揭示,在盆地中央隆起带中部发育近海陆相侏罗系黑色页岩和下白垩统泥页岩,类似于粤东地区的下侏罗统和上白垩统的泥页岩,可以与南海南部的礼乐盆地Sampaguita-1井钻遇的下白垩统对比。台湾西部的澎湖列岛附近通过钻孔证实,井下有中生代地层主要是一套含有白垩纪菊石类与软体动物化石的蚀变砂岩、蚀变长石砂岩及蚀变火山岩系。此外珠江口盆地中西部番禺14-5-1井、流花4-1-1和流花11-1-2井钻遇基底岩性为变质石英岩、斜长安山岩和钠质粗面岩,阳江35-1-1井和阳江36-1-1井钻遇变质石英砂岩。

根据新的重磁电、地震及钻井资料,结合该区大地构造性质和燕山期岩浆活动较强的特点,对珠江口盆地主体前新生界基底岩性进行了初步预测(图5)。

2.1.3 西沙古生界断陷基底区

古特提斯时期三亚与西沙、中沙及南沙群岛为同一地块,称之为“琼南地块”;珠江口盆地主体与海南岛上的琼中地块相连,称之为“琼中地块”;北部湾盆地基底为相邻的云开地体西部延伸,称之为“云开地块”或“琼北地块”。琼南地块和琼中地块大约在晚三叠世碰撞接合,形成琼南缝合带^[4-5]。由于西沙北海槽还未发育成洋盆,本文把琼东南盆地基底、西沙与中沙群岛基底合称为西沙古生界断陷基底区(图1,图3)。

根据琼东南盆地新的地震资料,基底T_g有四种地震反射特征:(1)界面光滑的强反射,其下为弱

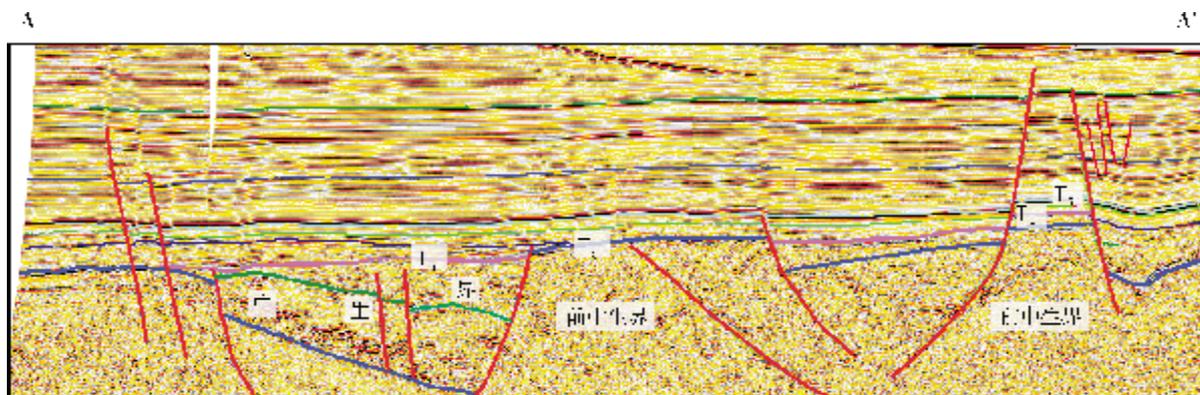


图4 珠江口盆地陆丰凹陷xxx测线地震剖面图
剖面位置见图3中的A—A'

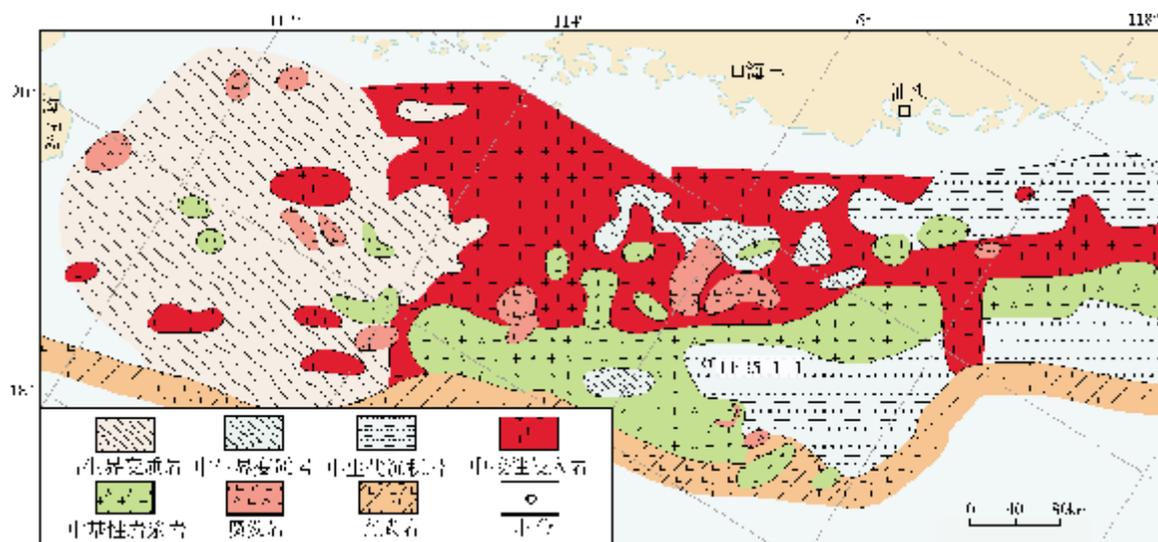


图5 珠江口盆地基底预测图

反射或无反射,如北礁凸起浅部、华光凹陷、南部隆起、西沙隆起等,基底岩性预测为岩浆岩;(2)反射振幅可变,界面平直有时高低起伏,其下常有一套高角度层状的强反射,一般发育于次级断陷中,如崖北凹陷、华光凹陷、崖城和松涛凸起、中央凸起等,预测为古生代沉积岩;(3)界面反射突变或中断,岩体两侧常有对称性,岩体内弱反射或无反射,预测为侵入体;(4)无明显反射或反射较上覆层略强,一般表现为由强反射变为弱反射,可能为元古宙变质岩。该区基底钻井揭示有混合岩类等变质岩(Ya13-1-2井),古生代的白云岩、石灰岩等碳酸盐岩(Ya8-2-1井),以及中生代的闪长岩、花岗岩等

中酸性侵入岩(Ya19-1-1、Ya13-1-1井),安山岩、流纹岩等火山碎屑岩(Ya14-1-1井)。西沙隆起区,西永1(XY1)井在钻穿1274m的中新统一第四系珊瑚礁沉积层后钻遇花岗片麻岩,基底以前寒武系变质岩为主。北面三亚地区前新生代有三个沉积主旋回可作基底对比:早期旋回(早—中寒武世)沉积物以海相陆源碎屑岩和碳酸盐岩混合沉积为特征,盆地及其周围物源区具频繁交替的构造升降运动特征;中期旋回(奥陶纪)以海相陆源碎屑岩沉积为特征;晚期旋回(白垩世)为内陆湖盆泥岩及火山凝灰岩沉积。进入晚古生代以后,琼南地块成为长期隆起的剥蚀区,缺失中生代沉积,而琼中地块则转

入古特提斯域(琼南海盆)的演化体制,继续接受滨海相沉积。

2.2 西部中—古生界走滑拉分基底区

该基底区在北部以古生界走滑伸展为特征;南部以中生界裂谷及大规模岩浆火山活动为特征,并伴随大规模走滑拉分作用。它由莺歌海古生界走滑拉分基底区、中建南和万安中生界走滑拉分基底区三个分区组成(图3)。

2.2.1 莺歌海古生界走滑拉分基底区

该区新生代沉积的基底为印支地块东北部(越南北部)前寒武纪至晚古生代地层在海区的延伸,它通过红河断裂带在该海区的延伸段越东断裂带而与北部湾、西沙等古生界断陷基底区相接触。根据越南北部的资料分析,莺歌海盆地西南缘的基底由印支地块北部的早古生代大陆边缘褶皱带组成。古生代的印支地块陆核是昆嵩地区的前寒武系结晶基底,岩性包括太古宙和元古宙的辉石片麻岩、基性变粒岩、紫苏花岗闪长岩、紫苏花岗岩、紫苏辉石岩、角闪石-黑云母片麻岩、角闪石混合岩等。该区钻井揭示基底为混合岩类、花岗片麻岩、石英岩类、绿泥石绢云母片岩等变质岩系(YIN1井、海口30-3-1A井),古生代的白云岩、石灰岩(YQ2井),以及中生代的闪长岩、花岗岩等酸性侵入岩(YQ1、YQ2、LT35-1-1、YIN9井),安山岩、流纹岩、泥质粉砂岩等火山碎屑岩(YIN6井)和红层(LT1-1-1、LT9-1-1井)^[5]。

2.2.2 中建南中生界走滑拉分基底区

由于未钻井,中建南盆地前新生代基底只能靠地球物理资料推测。有二种观点:一种认为是西沙群岛花岗片麻岩和混合岩类向该盆地延伸构成基底,具有华南地块特征;另一种认为是中南半岛前寒武系结晶岩系和涓公印支褶皱岩系在石炭纪—晚三叠世形成的褶皱杂岩向该盆地延伸构成基底,具有印支地块特征。笔者认为该区前新生代基底与越东断裂带密切相关。这条断裂带向北与红河断裂带至莺歌海盆地边界断裂带相连,向南经万安东断裂带与廷贾大断裂带相连,是印支地块与华南地块之间的重要分隔带,是一条大型走滑转换断裂带。越东断裂带在热流测量、地形地貌、重磁异常、地震剖面上均有反映,是一条空间重力异常高值带,地震资料解释其由一系列大致呈NNE向的断裂组成。

中沙、西沙及南沙群岛地区热流值普遍较低^[7],平均值低于 60 mW/m^2 ,北部湾盆地平均热流值为 61 mW/m^2 ,可能与该区存在古老基底有关。而莺歌海盆地平均热流值相对较高,达 79 mW/m^2 ,中建南盆地平均热流值也高达 81 mW/m^2 ,越东断裂带的热流值更是达到了 191 mW/m^2 。这与多期构造火山活动有密切关系,推测基底岩浆岩发育,尤其是在越东断裂带附近。

越东断裂带经历了印支期、燕山期及喜马拉雅期等多期构造火山活动,地震资料显示中建南盆地前新生代基底火山岩非常发育(图6)。在地震剖面上花状构造断裂发育,显示断裂带具有走滑

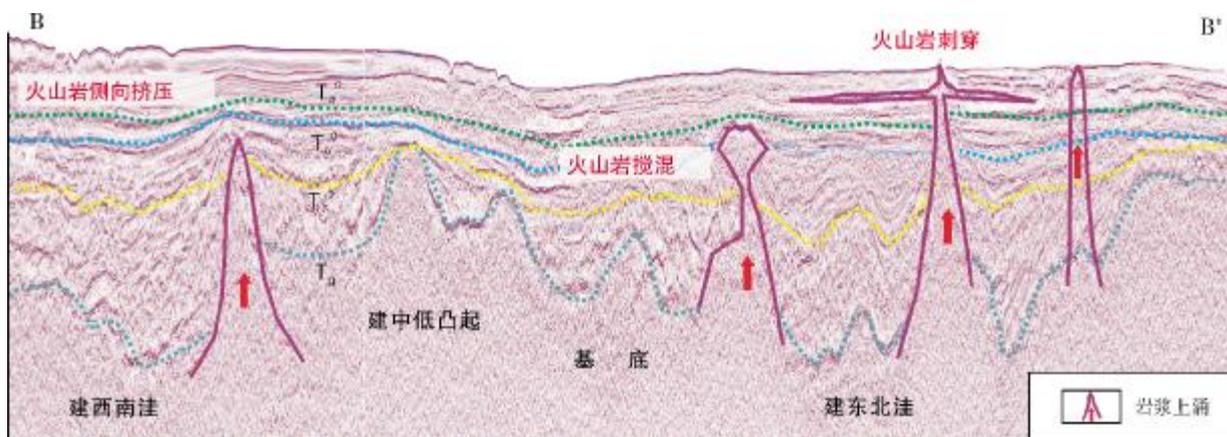


图6 中建南盆地xxx地震测线剖面
剖面位置见图3中的B—B'

活动特征。

该区莫霍面深度为 11~26 km,由西北至东南,逐渐变浅,于中建岛西侧莫霍面最深约 26 km,南海西南次海盆西南部最浅约 11 km。从莫霍面深度变化情况及地球物理特征分析,盆地绝大部分地区地壳属于陆壳与洋壳之间的过渡型地壳,少部分区域为洋壳。林珍等^[8]结合地震资料、重磁资料、围区钻井资料对基底岩性作了推断,中建南基底区可分为 3 个坳陷和 1 个隆起。

北部磁性基底坳陷区 以负磁异常为主,异常曲线起伏较大,空间异常反映为低缓的空间重力高或空间重力低,声波基底深约 3.5~6.5 km,前中生代变质岩为主,并伴随中—新生代中酸性火成岩及少量中基性火成岩。

中部磁性基底坳陷区 磁异常表现为正异常或负异常,空间重力异常表现为两个局部重力低和一个局部重力高,声波基底深约 3~10.5 km,推测磁性基岩由中—新生代中基性—酸性火成岩和前中生代变质岩组成。

东南部磁性基底坳陷区 磁力异常一般幅值为 50~100 nT,磁异常表现为条带状负磁异常,磁异常强度并不大,一般幅值为 50 nT,空间重力异常表现为重力高或重力低,声波基底深约 4.5~7.5 km,推测磁性基岩为中—新生代基性火成岩为主。

中部磁性基底隆起区 磁力异常表现为北低南高的伴生异常、负异常或正异常,一般幅值为 50~100 nT。空间重力异常表现为零碎的局部重力高或重力低,声波基底深约 1.5~5 km,推测磁性基岩为花岗片麻岩、混合岩类、花岗岩、花岗闪长岩、英安岩、安山岩。

2.2.3 万安中生界走滑拉分基底区

该区位于越东至万安东走滑断裂带西侧,为印支地块陆缘中生代走滑拉分基底区。区内有近 20 口井钻遇基底,其基底岩性主要为中生代晚期岩浆岩、沉积岩和前新生代变质岩。岩浆岩为中侏罗世—白垩纪的花岗岩和花岗闪长岩;火山岩为晚侏罗世—白垩纪的安山岩和流纹岩等;变质岩主要为片麻岩。相邻的涠谷盆地的基底可作对比,该盆地白虎油田、龙油田钻井中发现的基岩主要为花岗岩、花岗闪长岩、花岗斑岩,龙 2 井中发现石英花岗岩。故该区基底由深部酸性岩浆岩组成,并受到热液活动影响而蚀变。据钾-

氩法测定,基岩的绝对年龄为 97~178 Ma (中侏罗世—白垩纪)。

2.3 南部复杂基底区

该区基底比上述两个基底区更为复杂。南沙地块前新生界与前述的北部古生界断陷基底区可以对比,但在新生代,由于廷贾断裂对两侧构造的地质作用存在差异,造成基底分异。因此南部复杂基底区被进一步划分为曾母新生代早期褶皱基底区和南沙中—古生界复杂基底区(图 3)。

2.3.1 曾母新生代早期褶皱基底区

廷贾断裂是南海西南海域一条规模巨大的北西向走滑大断裂,是一条深达壳底莫霍面的壳体断裂。它不仅是地形地貌上的一条明显的分界线,更是地球物理场上的分界线,在磁力场、重力场及地热场上,两侧均表现出明显不同的特征,断裂东北侧为南沙地块,西南侧为印支地块。在横切廷贾断裂的多条剖面上都可见到负花状构造,反映该断裂具有明显的走滑性质。此外,沿断裂带有大量岩浆岩侵入,这也说明断裂带具有深大断裂的特征。因此,本文单独划出曾母新生代早期褶皱基底区,它区别于南沙中—古生界复杂基底区。

曾母盆地的形成主要是由于古南海南向俯冲,它是南沙地块与加里曼丹地块在始新世末碰撞所形成的前陆盆地,具有明显的南压北张的特征。盆地受控于南沙地块与加里曼丹地块之间碰撞增生带和廷贾走滑断裂带的综合作用,其基底以冲断-褶皱为特征^[9-11]。区域和钻井资料(表 1)表明,曾母盆地南部基底是以始新统至渐新统高度变形的拉让群(Rajang Group)等组成,为一套复理石沉积,并具有千枚岩化和板岩化等的浅变质特征,是古南海浅海—深海相浊积增生楔。盆地西南部拉奈隆凸起基底是由北西向褶皱的始新统千枚岩组成。西部东纳土纳区为前第三纪变质岩和花岗岩。廷贾走滑断裂带发育火山岩,加里曼丹岛西北角发育晚白垩世花岗岩。

2.3.2 南沙中—古生界复杂基底区

三亚与西沙、中沙及南沙群岛等地块在古特提斯时期为同一地块,称之为琼南地块^[1],与琼中地块在印支期缝合,一起接受中特提斯沉积。琼南地块始新世发生被动大陆边缘张裂,新南海开始出

现,南沙地块向南漂移并沉降^[11],西沙和中沙群岛隆起遭受剥蚀。

该基底区构造地层特征复杂,在北东—南西方向具南北分块现象,以中南—礼乐断裂为界的東西两侧也不同。礼乐盆地 L1 和 L2 地震测线显示,下构造层中生界发育宽缓褶皱构造,显示挤压作用,中构造层新生界发育张裂伸展沉积特征。该区北部发育伸展正断裂,靠近南沙海槽东侧发育一系列逆断层^[12],长期受廷贾、中南—礼乐等走滑断裂影响。

该基底区可以与北部珠江口中—古生界基底区进行对比,沉积中—古生代地层^[9-11]。在巴拉望岛东北部发育二叠纪—三叠纪马兰帕亚(Malampaya)群的海相沉积建造。该群的中下部由 Bacuit 组(燧石中发现二叠纪中期的牙形石)和 Minilog 组(由灰岩组成,含晚二叠世纺锤虫属)组成^[9]。Bacuit 组顶层伴有滑塌和混杂建造特征,Bacuit 燧石之下层组含三叶虫化石,推断在二叠纪中期的灰岩沉积之前,曾有一个腹地隆起的时期,该隆起基底顶面为含硬绿泥石的千枚岩或片岩组成。在卡拉棉群岛见侏罗纪放射虫灰岩、中三叠世牙形石、晚三叠世有孔虫,属与古俯冲带有关的增生大洋沉积。在北巴拉望东南部多处发现晚三叠世—早白垩世的海相沉积,如 Cadlao-1 井钻遇上侏罗统—下白垩统含凝灰质的砂页岩系,属滨海相沉积; Guntao-1 井钻遇晚侏罗世灰岩含放射虫、几丁虫等化石,为浅海沉积。在西巴拉望见晚侏罗世—早白垩世海相碎屑岩,又如 Penascosa-1 井钻遇下白垩统含微体化石深海相沉积的页岩。在南沙地块东部礼乐滩发育 1 000~3 500 m 中生界海相沉积岩,如 Sampagita-1 井钻遇下白垩统海相碎屑岩,上部为砂质页岩和粉砂岩,夹褐煤层,下部为分选差的砂岩、砾岩夹火山集块岩、熔岩、凝灰岩等。在南沙地块仁爱礁附近水深 1 700~1 900 m 处,中科院科考拖网获得三角洲相富含蕨类的砂岩、粉砂岩,镜质体反射率 1.0%~2.5%,所含的 Clathripteris (格脉蕨)和 Podozamites(苏铁杉)时代为晚三叠世—早侏罗世。同处还采得暗灰色黏土岩,含晚三叠世双壳类化石 Halobia 和 Daonella。南沙西部深海区的南薇和北康盆地内虽未钻井,但下层序地震相特征为高频、细密、亚连续、倾斜层状结构,既与上层序有明显差

别,又不同于东部礼乐盆地,推测为陆缘伸展盆地中生代深海沉积^[13-14]。尹庆群礁—郑和群礁一带新生代与中生代沉积层均较薄,中生代基底岩系被晚渐新世至现代的浅海层状碳酸盐岩及生物礁所超覆,表明白垩纪以后曾一度隆起,遭受剥蚀,类似于西沙,新近系、第四系珊瑚礁灰岩在长期隆起区直接覆盖于前寒武系基岩之上。

3 南海前新生代大地构造演化史与新生代盆地类型

区域地质资料表明,南海新生代沉积基底在前新生代时期与其北面陆上的云开地区和其南面的古南海同处于特提斯构造域中,经历过古特提斯和中特提斯的发育历程。在晚三叠世至早白垩世期间,华南地块位于 NE 走向的欧亚大陆东南边缘,受特提斯近 N—S 向消亡碰撞作用亦或受到古太平洋 NNW 向俯冲的影响,在 NE 向左行压扭和派生的 NW—SE 向压应力场作用之下,岩石圈增厚并继而产生拆沉(delamination),引发了大规模的岩浆活动。晚白垩世以后应力状态发生重大变革,在特提斯域印度板块脱离冈瓦纳大陆而快速向北漂移,特提斯洋壳朝 NNE 方向俯冲于欧亚板块陆壳之下并在晚始新世发生碰撞,对欧亚板块产生了强烈的挤压,导致了大陆岩石圈向东南蠕散。同时西太平洋俯冲带后撤,并在晚始新世由 NNW 向俯冲转为 NWW 向俯冲,使欧亚大陆东南边缘发生弧后扩张。在这两大构造域的共同作用下,东亚陆缘的应力场由左行压扭变革为右行张扭,进入重要的裂谷阶段。

南海盆地前新生代大地构造演化可初步分为下面四个阶段(图 7)。

(1)海西早期(D—P₁)古特提斯东段多岛洋发育阶段(图 6a) 云开地块至琼南地块一带是古特提斯东段多岛洋的组成部分。上扬子地块、云开地块、琼中地块及琼南地块之间依次以钦防海盆、琼北海盆、琼南海盆相隔,古特提斯洋扩张发育,琼南地块的南面可能虽有古特提斯洋,但仍与冈瓦纳大陆相连。

(2)海西晚期(P₂—T₂)古特提斯消减阶段(图 6b) 琼南地块开始向北漂移,古特提斯洋也同时逐渐收缩;云开地块(钦防海盆)向上扬子地块俯

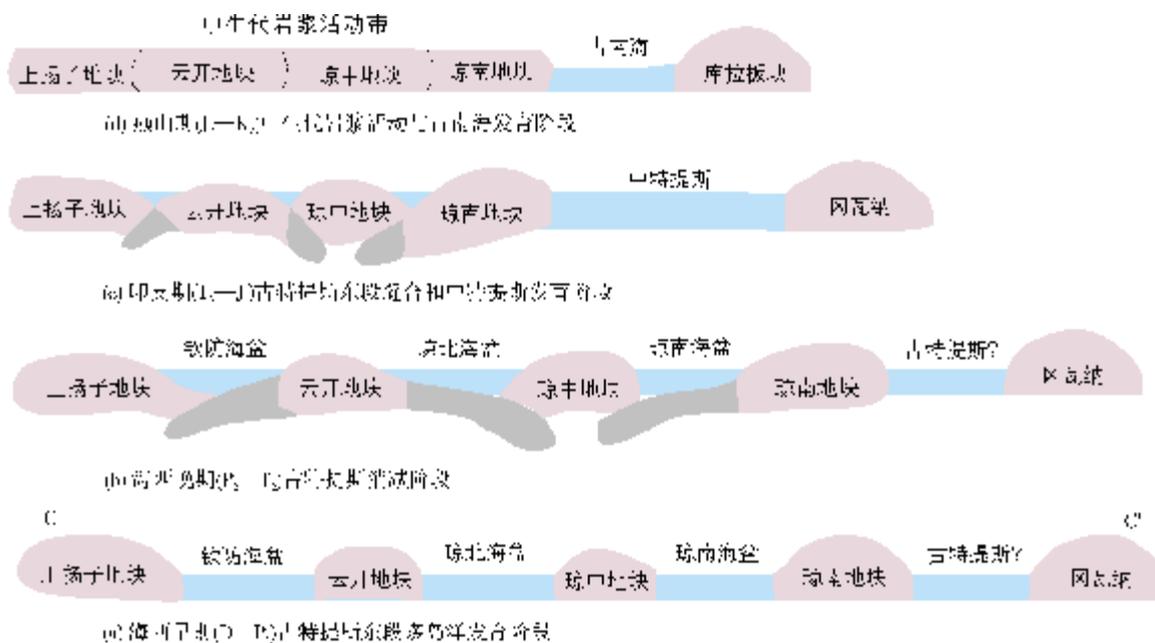


图7 南海盆地前新生代大地构造演化示意图(参考刘海龄^[9],姚伯初^[12],吴能友^[15]编制)

演化剖面位置见图3中的C—C'。

图中黑色区域表示俯冲地壳部分

冲,琼北、琼南两海盆则向琼中地块相向俯冲,琼中地块因此岩浆活动强烈。在早三叠世,南海北巴拉望一带及南沙群岛东部,由海相放射虫岩、灰岩和碎屑岩组成,应该是古太平洋俯冲增生带的一部分。

(3)印支期(T_3 — J_1)古特提斯东段缝合和中特提斯发育阶段(图6c) 此阶段的早期(大约三叠纪晚期)上扬子、云开、琼中、琼南诸地块相互缝合,与印支地块、华南地块共同组成古大陆。随着多岛洋中地块相互碰撞缝合,古特提斯洋逐渐消亡,南面冈瓦纳大陆裂离新地块,其间形成中特提斯洋。

(4)燕山期(J_2 — K_2)中生代岩浆活动与古南海发育阶段(图6d) 中侏罗世,古太平洋向北俯冲于欧亚大陆之下,在苏门答腊、爪哇以及加里曼丹岛东南形成火山弧。晚侏罗世—早白垩世,是古太平洋俯冲活动的鼎盛时期,南海南部形成俯冲增生带,库拉板块俯冲于华南板块之下,在南海的南部和东南部常见该时期的洋壳碎片(蛇绿岩套)和混杂堆积,同时古南海形成,为中特提斯洋的组成部分。晚白垩世陆缘大规模张裂导致了一系列新生代沉积盆地,并伴生形成了著名的中生代俯冲岩浆活

动带。

笔者根据南海前新生代的地质构造演化,将其新生代沉积盆地进行了综合分类(表2)。

从表中可以看出,北部古生界基底区多发育陆缘伸展盆地,西部走滑拉分基底区发育走滑拉分继承性盆地,南部基底区发育前陆盆地。基底性质和构造演化控制了新生代沉积盆地类型,不同盆地类型和不同构造位置控制了新生界沉积体系,并形成不同的油气成藏规律。北部古生界断陷基底区的陆缘伸展盆地和南部复杂基底区的前陆盆地石油地质条件优越,多以产油为主,发育众多的I类油气远景区。西部走滑拉分基底区发育走滑拉分继承性盆地为主,沿走滑断裂发育继承性岩浆活动,沉积盆地保持着高地温梯度和高热流值,多以产气为主,并多产 CO_2 非烃气体,也有众多的I类油气远景区发育。北部古生界断陷基底区的陆缘伸展盆地烃源岩以断陷期湖相沉积为主,分割性强,单块面积不大;南部复杂基底区的前陆盆地烃源岩主要发育于坳陷期和热沉降期,广泛接受封闭环境的海相沉积,始新统和渐新统以及下中新统皆为烃源岩,这些烃源岩的面积和厚度均较大。因此相同规模条

表2 南海新生代沉积盆地主要成因及类型

构造位置	构造环境	区域背景		盆地形成机制	构造演化及特征	盆地类型	盆地名称
		大地构造位置	基底性质				
板内	伸展离散	陆架、陆坡区	古生界基底区	地幔上隆、地壳减薄拉张	盆、岭发育经历了断陷—坳陷—热沉降的发展	陆缘伸展盆地	珠江口、琼东南、台西南、涠公盆地等
	走滑伸展	走滑拉张剪切带或转折带	走滑基底区	深大断裂走滑拉张	剪切拉张断层发育, 断块式构造控制盆地, 晚期褶皱及挠曲发育	走滑拉分盆地	莺歌海、中建南、马来、纳土纳、万安盆地等
	重力断陷	陆内边缘、区域沉降背景	古生界基底区	地幔冷却、岩石圈下沉	盆地演化上受基岩断裂控制, 主要发育于断陷阶段	陆缘伸展盆地	北部湾盆地
大陆边缘近洋盆边界		古生界基底区裂离	陆缘拉张、裂谷断陷	构造简单, 早期裂谷拉张、晚期整体沉降	陆缘伸展盆地	西沙海槽盆地	
板缘	活动边缘	洋盆—俯冲增生带之间	洋壳	一侧海底扩张, 另一侧海沟俯冲增生	盆地一侧正断裂发育, 另一侧逆断裂发育	海沟坳陷盆地	笔架南盆地、吕宋海槽盆地
	扩张离散	一侧近洋盆边界, 另一侧近俯冲带或走滑带	复杂基底区	海底扩张引起的陆块分离漂移	早期陆缘扩张, 陆缘沉积后期整体漂移、沉降、碰撞	陆缘伸展盆地	北巴拉望、礼乐、北康、南薇西盆地
	挤压聚敛	近缝合带、俯冲板块之上	新生代早期褶皱基底区	陆—陆碰撞, 洋壳消亡	构造不对称, 一侧正断层发育, 另一侧冲断—褶皱发育; 晚期走滑	周缘前陆盆地	曾母盆地
		俯冲板块之上、缝合带边缘	褶皱基底区	陆—陆碰撞, 岩石圈挠曲变形	沉积构造极不对称, 造山带前缘沉积厚, 另一侧抬升	前陆盆地	文莱—沙巴、西巴拉望盆地
	板块古俯冲带	过渡壳、残留洋壳	洋—陆碰撞, 洋壳消亡	地壳厚度向俯冲方向减薄, 盆地基底蛇绿岩套和混杂堆积, 上部为亲陆性边缘海和深海沉积	前陆盆地	南沙海槽	

件下, 南部前陆盆地更优于北部陆缘伸展盆地, 能形成大型油气田。

4 结 语

(1)南海新生代沉积盆地基底可以划分出三个大区, 即北部古生界断陷基底区、西部中—古生界走滑拉分基底区以及南部复杂基底区。北部基底区以古生界沉积变质基底和中生界残留断陷为特征; 西部基底区以走滑伸展为特征; 南部基底区较复杂, 分为曾母新生代早期褶皱基底区和南沙中—古生界复杂基底区。

(2)前新生代构造演化初步分为海西早期古特提斯东段多岛洋体系发育阶段, 海西晚期古特提斯消减阶段, 印支期古特提斯东段多地块缝合和中特提斯发育阶段, 以及燕山期中生代岩浆活动与古南海发育等四个阶段。

(3)基底性质和构造演化控制新生代沉积盆地类型, 南海新生代沉积盆地可归纳为陆缘伸展盆地、走滑拉分盆地、海沟坳陷盆地、前陆盆地等四种盆地类型。

(4)不同盆地类型和不同构造位置控制着不同的新生界沉积体系, 形成不同的油气成藏规律。北部古生界断陷基底区的陆缘伸展盆地和南部复杂基底区的前陆盆地以产油为主; 西部走滑拉分沉积盆地以产气为主, 并多产 CO₂ 非烃气体。南部前陆盆地更优于北部陆缘伸展盆地能形成大型的油气田。

(5)南海新生代沉积盆地除了曾母盆地属于新生代早期褶皱基底之外, 其他都属于古生界或中生界的变质基底, 且以古生界变质基底为主。中生界在部分地区表现为正常的沉积盖层, 它们的油气勘探价值是需要深入探讨的问题。

参考文献

- [1] 姚伯初,邱燕,吴能友,等.南海西部海域地质构造特征和新生代沉积[M].北京:地质出版社,1999.
- [2] 刘昭蜀,赵焕庭,范时清,等.南海地质[M].北京:科学出版社,2002.
- [3] 金庆焕.南海地质与油气资源[M].北京:地质出版社,1989.
- [4] 刘海龄,阎贫,张伯友,等.南海前新生代基底与东特提斯构造域[J].海洋地质与第四纪地质,2004,24(1):15-28.
- [5] 何家雄,刘海龄,姚永坚,等.南海北部边缘海盆地油气地质及资源前景[M].北京:石油工业出版社,2008.
- [6] 吴进民,杨木壮.南海西南部地震层序的时代分析[J].南海地质研究,1996,(6):16-29.
- [7] 万玲,姚伯初,吴能友,等.南海西部海域新生代地质构造[J].海洋地质与第四纪地质,2005,25(2):45-52.
- [8] 林珍.南沙海域中建南盆地的磁性基底及地壳结构[J].海洋地质动态,2004,20(3):17-24.
- [9] 刘海龄,谢国发,阎贫,等.南沙海区中生界岩相分布及构造特征[J].海洋与湖沼,2007,38(3):272-278.
- [10] 周蒂,吴世敏,陈汉宗.南沙海区及邻区构造演化动力学的若干问题[J].大地构造与成矿学,2005,29(3):339-345.
- [11] 谢锦龙,黄冲,向峰云.南海西部海域新生代构造古地理演化及对油气勘探的意义[J].地质科学,2008,43(1):133-153.
- [12] 姚伯初.南沙海槽的构造特征及其构造演化史[J].南海地质研究,1996(8):1-13.
- [13] 高红芳.南沙中部海域南薇西盆地、南薇东盆地构造演化差异性分析[J].南海地质研究,2002,(13):35-44.
- [14] 林珍.南沙中部海域北康盆地重、磁异常解释[J].南海地质研究,2002,(13):69-76.
- [15] 吴能友,曾维,杜德莉,等.南海区域岩石圈的壳—幔耦合关系和纵向演化[J].海洋地质与第四纪地质,1999,19(1):31-38.

编辑:吴厚松

The Basement Features and Basin Types of Cenozoic Sediments in South China Sea

Xie Jinlong, Yu Hezhong, Tang Liangmin, Fu Jinjun, Wu Jinyun

Abstract: Based on gravity anomalies, magnetic signatures, seismic data, drilled wells, and geotectonic property and Cenozoic major tectonic deformation, three basement areas of the Cenozoic basin, i.e. the northern, the western and the southern ones, can be divided in South China Sea. The northern basement is characterized by Paleozoic metamorphic rock and Mesozoic residual faulted depression and it is further divided into 3 subareas, which include the Beibu Gulf basement subarea, the Pearl River Mouth Paleozoic basement subarea and the Xisha Islands Paleozoic basement subarea. The western one is characterized by strike-slips and it includes 3 sub-zones, i.e. the Yinggehai Paleozoic basement subarea, the Zhongjiannan and the Wanan Mesozoic basement subareas. The southern one is more complex and it is divided to 2 sub-areas, i.e. the Zengmu early Cenozoic folded basement subarea and the Nansha Paleozoic-Mesozoic complex basement subarea. These 8 sub-areas are separated each other from the subduction-collision suture belt, the ophiolite suite belt, the deep-sea radiolarite belt, the mid-ocean ridge basalt belt and the deep great strike-slip fracturing belt. These belts show different evolution histories and dominate several types of geological characteristics of Cenozoic sub-basins in South China Sea.

Key words: Cenozoic; Sediment basement; Basement feature; Basin type; Tectonic evolution, Pre-Cenozoic; South China Sea

Xie Jinlong; male, Senior Geologist. Add: PetroChina Hangzhou Institute of Geology, 920 Xixi Rd., Hangzhou, Zhejiang, 310023 China