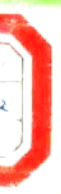


南海北部大陆架 第三系

广东科技出版社



内 容 简 介

本书综合了近十年来在南海北部大陆架进行石油地质勘探有关地层、沉积方面的研究成果。全书对珠江口、莺歌海及北部湾三大拗陷区的主要勘探目的层—第三系进行了分区标准剖面井的岩性、矿物成分、矿场地球物理、生物地层、有机地球化学等方面的描述,对第三系各分层的特征、区域分布以及其地质时代进行了探讨。并对第三系地层中产出的宇宙尘、部分生物礁和三角洲等特殊沉积和地震反射特征等最新研究成果进行了报道。全书编写过程中尽量采用了最新的资料。本书最后一章刊载了有关地层方面的专题论著八篇。

本书可供有关生产、科研和教学单位及研究人员参考之用。

南海北部大陆架第三系 编辑委员会

主 编 曾鼎乾 (南海石油分公司)
副主编 郭 彬 (广州地质勘探分公司)
编 委 寇才修 (广州地质勘探分公司)
钟水仙 (广州地质勘探分公司)
黄新维 (南海石油分公司)
胡平忠 (南海石油分公司)
苏厚熙 (南海石油分公司)

绪 言

随着石油勘探工作积极向海上推进以来,前后相继在北部湾、莺歌海和珠江口三大拗陷区获得工业性油流,遂使这一地区的第三系沉积引起国内外石油地质学者的极大兴趣。虽然引用新技术在南海北部大陆架进行海上石油勘探为时不过五年之久,然而在近岸陆地以及滨海地区从事石油地质调查及钻探已有二十余年历史,首先在雷州半岛及福山凹陷开展地面石油地质调查并以浅探井以及相应的科研工作。并及时在一些被认为有希望的小型第三系盆地内进行了地震反射法和电法勘探和重力普查。总计从1959—1979年在这一地区共钻深浅探井100口,其中南海石油分公司所属单位打井95口,包括2000米以上的全部29口深井在内。广州地质勘探分公司系统单位共打资料井五口。1958年把这项工作又推广到海南岛西南部的莺歌海沿岸。在这一地区由南海石油分公司组织了地面石油地质调查和浅海油、气苗勘察队,确证从莺歌海至三亚沿岸浅海区有油、气苗36处,其中以莺歌海浅海油苗最为壮观。1959年先在莺歌海村外浅滩地带用冲击钻打了两口浅井,均从井下获得原油数百公斤。随后于1963—1964年南海石油分公司又用自制浮筒式浅海钻井船在油苗附近,水深15米处打浅井三口,其中海二井于井下获得低硫、低蜡、低凝固点的原油,从此揭开了海上找油的序幕。为了加强大陆架的石油勘探,1970年广州地质勘探分公司在北部湾海区用单次地震反射法进行了概查及相应的重力和磁法勘探,随后又在比较有利的涠西南海域加密地震测线。1973年南海石油分公司为了了解大陆坡地质情况,在西沙群岛打了一口深探井。同时,1973年南海石油分公司首先用24次迭加海上数字地震反射法在大陆架测制了区域大剖面,确定了北部湾、莺歌海和珠江口三大拗陷的存在。并及时在前两个拗陷进行了地震反射法普查和详查工作,明确了这两个拗陷区内的有利含油二级构造带。并于1977年开始用自升式和半潜式钻井平台在北部湾、莺歌海海域打井,在前一海域共打井八口,其中有六口井分别于上、下第三系见油;于莺歌海拗陷打井四口,其中一口井见油。1974年广州地质勘探分公司转移至珠江口拗陷,截至目前共打井五口,其中一口井于下第三系见油。至此,大陆架第三系含油远景已基本定局。通过上述大量海上勘探与陆地地质调查的同时,积累了一定数量的实际资料。为了及时总结经验,交流成果,决定成立《南海北部大陆架第三系》和《南海北部大陆架第三系古生物图册》两个编委会,并以北部大陆架海区为主体迅速汇总有关这方面的研究成果。然而,这仅仅是一个开端,只是由于这些资料对石油勘探者和有关科研人员来说,十分引人入胜,更重要的是为了适应当前加强和加速南海石油资源勘探的需要,才及时整理予以出版。

《南海北部大陆架第三系》由中华人民共和国石油公司南海分公司和中华人民共和国地质勘探公司广州分公司共同负责编写,各部分分工负责编写人姓名及所属单位见总目兹不赘述。全书于1980年2月开始编写,6月上旬完成。

全书共分五章:

第一章总论,在本章中概述北部大陆架的地质背景、海底地形、地貌和水文气象概况、第三纪大型拗陷区的分布。并对目前在北部大陆架石油勘探工作所采用的工作方法,装备情况作了简单介绍。本章还对第三系作了概括性的说明。

第二章和第三章分别对珠江口拗陷区(或盆地)以及北部湾和莺歌海拗陷区(或盆地)进行

了详细的论述。这两章是本书的主体。每个拗陷开始先叙述了它的标准剖面，接着详细论述了岩性、矿场地球物理、地震反射波特征、生物地层、地层划分、有机地球化学以及含油、气情况等等。然后论及各分层地层的区域特征和对比。还对第三系中特殊性的沉积如宇宙尘、生物礁和三角洲进行了专节描述和讨论。最后对生油层和储油层、沉积环境进行了论述。

本章北部湾及福山两地的流沙港组（就现有资料，福山流沙港组顶部因有一强烈侵蚀面，各井残存地层的时代不一。）虽同一地层命名，但其地质时代并不完全相当，为叙述方便起见，文中分别暂予以上旋迴及下旋迴名称，然北部湾“红层”因含有渐新世孢粉成份，故应隶属于上旋迴。虽采用上下旋迴的名称，但并非在地层上是可以绝然划分的。文中为习惯与方便起见仍借用长流组一名，并在岩性及北部湾海区地震反射特征中也合并入“长流组”中加以描述。

第四章是针对北部大陆架三大拗陷区的第三系提出一个暂行的地层划分、对比方案，并作简要的说明。也作为本书正文部分的结束，代替习惯上的小结。

第五章是对北部大陆架第三系某些问题的专题论著，其目的一是用以弥补正文在某一论点上因受正文篇幅的局限，探讨未能深入而加以补充；二是在某一问题上持不同见解而正文又未及收入或未能详加引证有必要以专题论文性质载入本章者，本章共刊载有关论著八篇。

本书由广东科技出版社进行编审，由中华商务联合印刷（香港）有限公司承印。

南海石油分公司、广州地质勘探分公司所属实验室、制图室分别在本书编写过程中及时提供数据、赶制各项图表；南海石油分公司和广州地质勘探分公司地质研究所的有关人员始终全力以赴，承担了各自编写部分的全部辅助性工作；南海石油分公司肖翼等为两本书设计了封面；中国科学院南京地质古生物研究所为南海石油分公司编写北部湾和莺歌海第三系生物地层部分提供最新、门类又较齐全的古生物资料，该所有关科研人员为争取时间赶作标准剖面 and 几个相关连井的化石鉴定，并与南海石油分公司同志热心讨论。值此付印之际，敬致谢忱。

最后应向读者声明者，本书各章、节系由不同著者分工执笔，若干专业名词均依著者本人习惯用语，如或用盆地或用拗陷；又如南海石油分公司划分莺歌海拗陷为东部与西部两部分，前者广州地质勘探分公司又别名为琼东南拗陷；又如北部湾拗陷的范围等等；以及第五章各篇因执笔者各自引用的古生物资料新旧不一，或完全属于本人自己鉴定成果。为尊重著者本人意见，编者均未作删节。

曾 鼎 乾

1980年6月17日于广州

总 目 录

绪 言

总 目 录

第一章 总论 (金庆焕等, 广州地质勘探分公司)·····	1
(一) 海底地形、地貌·····	1
(二) 水文气象·····	2
(三) 勘探简况·····	4
(四) 三大盆地地质简况·····	5
一、北部湾盆地·····	5
二、珠江口盆地·····	6
三、莺歌海盆地·····	8
第二章 珠江口盆地第三系 (钟水仙、陈圣源、张祥兰等, 广州地质勘探分公司)···	11
(一) 盆地概述·····	11
(二) 标准剖面·····	12
一、概况·····	12
二、岩性·····	12
1. 岩性总述·····	12
2. 各岩类描述·····	14
3. 生物地层·····	16
4. 矿场地球物理(测井)·····	21
5. 有机地球化学及生、储(油)岩·····	23
(三) 地层划分及对比·····	24
一、地层命名及其含义·····	24
二、地层划分对比及其时代讨论·····	26
(四) 盆地地质发展简史·····	32
第三章 北部湾及莺歌海拗陷第三系 (胡平忠、苏厚熙等, 南海石油分公司) 35	
(一) 概述·····	35
(二) 标准剖面叙述·····	37
甲、湾2井(胡平忠)·····	37

一、概况	37
二、岩性	38
1. 全井岩性总述	38
2. 砂岩岩矿特征及成岩后生作用	49
3. 砂岩孔隙度	51
三、矿场地球物理测井	52
四、地震反射波特征	52
五、生物地层与地层划分	53
六、沉积相	58
七、有机地球化学	59
八、含油、气情况	60
九、小结	61
乙、莺6井(苏厚熙)	62
一、概况	62
二、岩性	63
1. 莺6井全井岩性总述	63
2. 莺9井井深2115米以下岩性总述	66
3. 砂岩岩矿特征及成岩后生作用	69
4. 砂岩孔隙度	71
5. 礁缘相白云岩	73
三、矿场地球物理测井	74
四、地震反射波特征	74
五、生物地层及地层划分	74
六、有机地球化学	80
七、莺9井含油、气情况	80
(三) 分层对比及区域性特征(苏厚熙)	81
一、北部湾拗陷第三系各层标志特征	81
二、莺歌海拗陷各分层标志特征	81
三、各分层的划分与对比	82
四、时代讨论	90
(四) 生油层及储油层(苏厚熙)	95
一、生油层	95
二、储油层	96
(五) 第三系几种特殊沉积	98
一、宇宙尘(肖翠玉, 南海石油分公司)	98
1. 宇宙尘的形态和粒度	99
2. 宇宙尘的物理性质	100
3. 结构构造	100
4. 宇宙尘的类型及物质组分	101
5. 宇宙尘特征对比	102

6. 宇宙尘的分布	103
小结	106
二、生物礁 (曾鼎乾, 南海石油分公司)	109
1. 生物礁生长地质背景及莺歌海拗陷北部斜坡礁群概况	109
2. 三角洲对31126礁发育的干扰	109
3. Sy-1井生物礁及白云岩发育规律	111
(1) 白云岩出现规律和礁发育简况	111
(2) 礁岩的储油物性	113
三、三角洲 (肖桂英等, 南海石油分公司)	117
1. 上新世早期古三角洲	117
2. 早中新世古三角洲	119
(六) 沉积环境 (胡平忠)	123
一、沉积相标志	123
二、第三系沉积相分析	125
(七) 地震反射波区域特征 (刘春华, 南海石油分公司)	133
一、地震地质条件	133
二、反射波特征	136
1. 北部湾拗陷反射波特征	136
2. 莺歌海拗陷反射波特征	137
3. 珠江口拗陷反射波特征	138
4. 生物礁的反射波特征	140
几点小结	143
第四章 三大拗陷区地层划分对比概要 (钟水仙、苏厚熙)	145
第五章 专题论著	
雷州半岛第三系 (寇才修、叶广惠, 广州地质勘探分公司)	149
提要	150
(一) 概述	151
(二) 标准剖面	155
一、标准剖面的选择	155
二、标准剖面叙述	157
(三) 剖面地层岩石地球物理性质	165
(四) 地层划分	165
(五) 生物地层及其时代划分	168
一、下第三系孢子花粉组合	168
二、有孔虫化石组合及其分布	170
(六) 有机地球化学及生储盖组合	174

南海北部大陆架第三纪地层对比及若干问题讨论	
(吴进民、叶学洋, 广州地质勘探分公司)	179
前言	179
地层划分和对比	179
讨论	194
一、北部大陆架第三纪地层分区	194
二、北部大陆架第三纪古地理、古气候、沉积相	198
三、北部大陆架第三纪地壳运动的性质	200
关于北部湾地区上、下第三系划分问题 (曾鼎乾)	203
引言	203
一、时代探讨	204
二、海侵上的论证	207
三、构造(地层接触关系)上的论证	208
四、区域轻变质现象	210
广东第三纪孢粉组合及有关问题的探讨 (杨祖年, 南海石油分公司)	213
前言	213
一、广东第三纪孢粉优势组合特征及所属地层层位	214
二、有关北部湾地区第三纪几个地质时代问题的探讨	215
(一) 长流组的时代问题	215
(二) 流沙港组的时代	215
(三) 涠洲组的时代	216
(四) 广东第三系与我国东部各地第三系的对比	217
三、热带植物地理区与亚热带植物地理区的区分	221
关于南海北部上第三系的主要生物地层界线	
(汪品先, 同济大学海洋地质系; 夏伦煜, 南海石油分公司)	225
一、渐新统/中新统的界线(E_3/N_1)	226
二、下中新统/中新统的界线(N_1^1/N_1^2)	227
三、中中新统/上新统的界线(N_1^2/N_1^3)	227
四、上中新统/上新统的界线(N_1^3/N_2)	228
五、上新统/更新统的界线(N_2/Q_p)	228
雷琼地区角尾组和下洋组时代的讨论	
(胡兰英, 中国科学院南京地质古生物研究所)	231
一、角尾组的上下界线	231

二、原下洋组的时代·····	232
三、下中新统许家寮组的建立·····	232
珠江口盆地北坡第三系沉积环境初步分析	
(李妙霞等, 广州地质勘探分公司)·····	237
前言·····	237
一、地层划分·····	238
二、第三系沉积环境的初步分析·····	238
1. 珠海组及珠江组沉积环境分析·····	238
2. 韩江组及粤海组中下部沉积环境分析·····	247
3. 粤海组上部及万山组沉积环境分析·····	250
三、第三系沉积环境与油气的关系·····	252
结束语·····	252
北部湾拗陷下第三系岩石的轻度变质现象 (肖翠玉) ·····	
一、概述·····	253
二、北部湾拗陷下第三系岩石的轻度变质现象·····	254
三、成岩后生作用和轻度变质作用的关系·····	257
四、轻度变质作用因素和对石油生储关系的分析·····	257

第一章 总 论

南海是太平洋西北的最大边缘海。它北临中国大陆，西接印支和马来半岛，东靠菲律宾的吕宋岛及巴拉望岛，南界婆罗洲及勿里洞岛，总面积约360万平方公里。

辽阔的南海埋藏着极为丰富的矿产资源，其中尤以石油和天然气资源著称于世，加之它的地貌类型多样，地质构造复杂和地理位置优越，而早为国内外海洋地质学家所瞩目。

南海石油分公司和广州地质勘探分公司从1960年起就开始南海北部的石油地质普查和勘探，积累了丰富的地质资料，先后发现和圈定了北部湾、珠江口和莺歌海三个大型沉积盆地，并均取得了首钻和初钻见工业油流的重大突破。

现将南海北部有关的地质概况叙述如下：

(一) 海底地形、地貌

南海平均水深超过1,000米，最大深度达5,567米。海底的总轮廓近似一个长轴为东北—西南向的菱形海盆。

南海北部发育有宽广的大陆架，陡峻的大陆坡、起伏的大陆隆、舒坦的深海平原和规模宏伟的海槽及海底山，南海北部海底地势为西北高，东南低，并且自边缘向中心部分呈阶梯状下降。

南海北部大陆架属华南大陆自然延伸部分，主要由第三纪和第四纪沉积物构成，属堆积型陆架。海水等深线呈北东向展布，陆架与陆坡转折处平均水深211米。陆架长度约1,100公里，宽度一般为153—259公里。自台湾浅滩至广州湾，陆架宽度由窄（142公里）变宽（330公里），陆架与陆坡转折处水深由浅（158米）变深（379米）。陆架自西北向东南缓倾，坡度为 $0^{\circ}02'7''$ — $0^{\circ}04'15''$ 。在珠江口和韩江口外的陆架坡度于 $0^{\circ}02'$ — $0^{\circ}03'$ 之间，其余均在 $0^{\circ}03'$ 以上。唯有海南岛东南陆架因受岛屿和晚近时期断裂活动的影响，陆架宽度显著变窄（102公里），坡度增大至 $0^{\circ}07'$ 以上。

大致以55米等深线为界，分为内外陆架。内陆架具有地形平坦、底质较细和滨海微地貌较发育等特点。在内陆架的现代河口附近发育有规模不等的三角洲和海滩，古河道通常被现代沉积物所埋藏。唯琼州海峡地形复杂，海峡内有50—120米水深的侵蚀凹地，海峡东西口有多个浅滩构成的水下潮汐三角洲。另在-25—-30米及-45—-26米水深附近发育有两个水下阶地，有些部位被现代沉积物覆盖，其成因可与全新世海侵过程中海平面曾短暂停滞有关。外陆架有一残存的古滨海砂带，并发育一个向南突出的复合型三角洲，其上见有古河道，古自然砂坝，古浅滩和起伏的垄岗地形，韩江口外也有古三角洲存在。

台湾浅滩海底表现为丘洼相间地形，属淹没的水下丘陵。浅滩最浅处水深仅10米左右。东边有北西向的八罩水道与澎湖列岛相隔。

北部湾是一个新月形的浅海湾，除红河、南流江、昌化江等大河口有一些三角洲和河口滨海浅滩，主要为水深60米左右的泥质平原。

大陆坡位于陆架的外缘，水深界于153—3,400米之间，西部陆坡宽度350公里以上，平

均坡度为 $2^{\circ}07' \sim 1^{\circ}38'$ 。大约在300—1,500米水深范围内,坡度较陡,其上发育1—2个断阶,在1,500—2,000米之间地势转缓,形成一些断续相连的平坦面。由珊瑚礁构成的西沙群岛、中沙群岛(未出露水面的浅滩)就座落在这个巨大的平台上。平坦面外又是一个陡坡,其上发育较多的海山和海沟。著名的西沙北海槽就发育在水深1,500—3,400米之间。海槽总体呈东西走向,西段转为西南方向,全长达420公里,槽底西宽(约14公里)东窄(6—8公里),底面平坦。另一条为西沙东海槽,它位于西沙群岛与中沙群岛之间,呈北东向延伸,全长150公里。东部陆坡宽140—260公里,平均坡度为 $0^{\circ}45' \sim 1^{\circ}20'$,同样有较多的海丘、海沟。在水深300—400米范围内,有一个较大的平台,东沙群岛、南卫滩、北卫滩等珊瑚礁就座落在这个大型平台上。珠江口外的大陆坡大约以水深1,500米为界,其上段坡度平缓,其下段坡度陡峭,其间未见明显的台阶。

大陆隆位于北纬 $19^{\circ} \sim 21^{\circ}$ 和东经 $116^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 之间,为一缓缓倾斜的扇形地,平均坡度为 $0^{\circ}17' \sim 0^{\circ}21'$,水深2,500—3,700米,宽约200公里。上陆隆海山和海丘较多,多半呈弧峰状,相对高差约500—1,000米。在中部有北东向延伸的条带状山脊,长达90公里,幅度为200—300米,最大可达900米。下陆隆地势平坦。东侧的澎湖水道及其下游的大峡谷是搬运陆源物质进入大陆隆的主要通道。大陆隆上层沉积物以粉砂质泥为主。沉积层厚度2公里以上。随着深水钻探技术的发展,开展这一地区的石油普查势在必行。

深海平原位于盆地的中央部分,长轴呈北东—南西延伸,纵长1,600公里。在北纬 $15^{\circ} \sim 17^{\circ}$ 附近,海山密集,其北部称为东北部平原,地势自西北向东南缓倾,平均坡度 $0^{\circ}04'$;沉积厚度1—1.5公里。与菲律宾岛坡度交接处有一北东—南西向延伸的舟状洼地,水深约4,200米。深海平原底质为含抱球虫泥和粉砂质泥,近年已发现锰结核或锰壳。深海平原上点缀着一些海山弧峰。中部陆坡坡脚有一群大型海底山脉,其中有一海底山顶峰水深仅760米,海底高出周围海底3,000多米,并有不少平顶山。经拖网取样证实,多数海底山由玄武岩构成。

(二) 水文气象

南海北部地处亚热带,四季温和,空气湿润,雨量充沛。最高月平均温度在8月,为 27.4°C ,一月最低为 16.9°C 。沿岸气温年较差大,如香港最高月平均气温约 $28^{\circ} \sim 29^{\circ}\text{C}$,最低约 16°C 。从北往南气温年较差明显减少,如亚沙月平均气温最低在一月,为 22.8°C ,最高出现在5、6月份,年较差只有 $6^{\circ} \sim 8^{\circ}\text{C}$ 。北部湾气温年较差也较大,为 $11^{\circ} \sim 12^{\circ}\text{C}$ 。

本海区降水丰富,年平均降水量为1,200—3,300毫米。最大日降水量一般是200—500毫米,西沙曾有日降水量为612.2毫米的记录。

注入南海北部的水系较多,一般为夏季雨源性河川,虽然具有径流量大和汛期长的特点,但由于植被广布,河流的泥沙含量较少。如珠江的年径流量为黄河的七倍,而年泥沙输送量只有黄河的 $1/13$ 。主要河流的年径流量和年输沙量见表1—1。

南海北部是季风气候明显的地区。10月—次年3月(北部湾是10月—次年2月)为东北季风时期,冷空气侵入频繁,东北风强而稳定,在前期,北部沿海干冷多晴天,后期常有低温阴雨,雾日增多,能见度差。此时期,东北风平均风速达4—5级,最强为9级左右。海区东部的风速大于西部,北部湾风速略小。12月—次年1月是东北季风最盛期,东北风和北风频率高达90%,北部湾达60%左右。5—8月为西南季风时期,多吹南和西南风,其频率

表 1-1

主要河流年平均径流量和输沙量

项目	韩江	珠江	漠阳江	鉴江	南渡河	万泉河	南流江	红河
年平均径流量 (亿立方)	260	3.037	60	81	55	51	52	563
年平均输沙量 (万吨)	674	8.336	78	190	51	41	120	11,800

达40%以上,此时期气温高,湿度大,台风影响频繁,北部沿海多雷雨和暴雨,偏南风平均风速3—4级,最大风力7—8级,台风活动期间可达12级以上,曾出现72米/秒的记录。

4—5月(北部湾是3—5月)和9月分别是季风转换时期,风向多变,风力较小。

本海区相对湿度较大,年平均湿度在80%左右,夏季一般为80—90%,冬季较小,为70—80%。

12月—次年4月,海区北部沿岸和北部湾有海雾出现,以三月为最盛。北部湾在三月份雾出现的频率中心达13%,沿岸一般有3—4个雾日以上;硇州岛达8.2个雾日,海南岛北岸雾日5—8天;沿岸其他地区雾日减少。

南海北部风浪明显地随季风而变化。东北季风时期盛行东北浪,平均频率达55%,西南季风时期盛行南和西南浪,平均频率分别为31%和22%。东北浪从9月自海区东北部向西南扩展,并迅速波及全区。南和西南浪自5月从西南部向东北扩展到全区,都具有暴发性。东北浪较南和西南浪稳定,且频率高和盛行期长,4—5月和9月分别为浪向转换时期,此时,浪向分散,盛行浪不明显,海面相对平静。个别地区因海陆位置和地形影响,形成特殊的风向和浪向:如广州湾在西南季风时期盛行东南浪;香港海区在东北季风时期盛行东浪。在外海盛行浪频率大于北部湾和沿岸。

本海区平均风浪高度为1.3米,北部湾为1.0米,沿岸减至0.4—1.0米。由于本区面积较大、风的吹程长、风速大,所以风浪为我国各海区之冠。东北季风时期平均浪高大于西南季风时期。

本海区最大浪高9.5米,多由台风所引起。海区大于2米的大浪率平均为23%,东北季风时期的大浪率为西南季风时期的三倍,可见大浪率主要是决定于劲吹的东北季风风力。北部湾平均大浪率减为9%。

本海区平均浪高、最大浪高和大浪率的高值区分布基本一致,即均集中于海区的东和东南部。

由于本海区风浪大,相应出现较大而稳定的涌浪,加之外海和大洋的波浪可从台湾海峡和巴士海峡传入,所以,这里也是我国各海区中涌浪最盛的海区。本海区平均涌高1.8米,高于风浪。其涌向和涌高的分布特征基本与风浪一致。海区东北季风时期盛行东北涌,西南季风时期盛行南和西南涌。在沿岸,涌浪全年都由外海向岸边传播,大多为东南,东及西南向。北部湾及沿岸的涌浪,除遮浪外,都较少出现。

北部湾属全日潮强潮区,潮差自南向北逐渐增大,湾内潮差一般约4米,湾顶可达7米。潮流为往复流,最强潮流方向与岸线轮廓的纵轴方向一致,湾内潮流多为2节左右,琼州海峡和海南岛西部的潮流速度可分别达6节和4节。北部湾以外的广大海区、潮汐、潮流均较弱,广州湾沿岸潮差为4米以上,其他沿岸潮差均为3米左右,而外海一般不超过2米。广东近海以不规则半日潮为主,多往复流,而外海为不规则全日潮,多旋转流。最强潮流方向多呈东南—西北向。外海潮流速度为0.5节左右,近岸不超过1节。

广东沿岸在东北季风时期为西南向流,在西南季风时期,珠江口以东为东北向流,以西为西南向流,流速约0.5—1节。粤东东部近海(116°E以东)终年为强而稳定的东北向流,流速接近1节。北部湾和广州湾终年为不强的反时针环流,前者比后者略强。海南岛以东,西沙以北,夏季有顺时针环流出现。海南岛东部和粤东沿岸,夏季有上升流出现。南海北部外海表层,东北季风时期为西南向流,西南季风时期为东北向流,流速约0.5—1节,前者比后者强而稳定。4月和9月为流向转换时期。外海表层以下,在东北季风时期,有一狭窄带状的东北向逆风海流,宽约40—100海里,厚为200米左右,它先从西沙东南部以偏北方向流至海南岛东南部,然后大致沿200—400米等深线流动,直至台湾附近,流速一般超过0.5节,最大可达2节以上。

(三) 勘探简况

南海北部海区的石油普查勘探可以追溯到六十年代初期。当时南海石油分公司根据莺歌海附近发现已100多年的海底油气苗进行海南岛西南海区的地震调查和滨海钻探。经查明基底往海区倾没、沉积加厚、并获得低蜡原油数百公斤,为我国四大海中见油最早的一个海区。

1970年按照著名地质学家李四光的意见,广州地质勘探分公司开展北部湾4万平方公里海区的地质—地球物理综合概查(比例尺1:50万)。概查包括地震、海底重力、磁测、测深和底质取样等项目。随后根据概查成果选定地震—地质条件较好的涠西南4,000平方公里海区进行1:10万的地震普查。1974—1979年南海石油分公司在莺歌海盆地和北部湾盆地的部分海域进行1:10万的地震普查和部分详查。从1974年下半年起,广州地质勘探分公司的调查工区转入雷州半岛、海南岛以东,北纬16°20'以北,东界东经117°的南海北部海区。根据区域展开的要求,首先确定采用宽间距、大剖面的综合地球物理手段(包括地震、重力、磁力和测深四个项目),仅以短短两年时间发现和圈定了珠江口盆地。与此同时在80—90米水深内开展1:50万的海底重力、海洋磁测、测深及海底沉积概查。1977—1979完成珠江口盆地北坡面积约2.4万平方公里海区的地球物理普查(比例尺1:10万至1:20万)。

十年来在南海北部面积约33万平方公里海域共完成的地质—地球物理调查工作量列于表1—2。

随着调查工作的进展,利用钻探手段验证物探成果,了解新生代地层层序和生储油条件,探索其含油气性的任务已迫在眉睫。

1977年南海石油分公司在北部湾盆地的涠西南1号构造上初钻见工业油流,揭开了南海北部海区找油的序幕,接着广州地质勘探分公司在珠江口盆地的珠5井试出了工业油流,在莺歌海盆地东部拗陷,南海石油分公司通过莺9井的钻探获得工业油流。因此在短短不到10年的时间内,我们不仅通过调查发现和圈定了北部湾、珠江口和莺歌海三大沉积盆地,和从属于盆地内的二级含油构造带。而且通过钻探揭示了其巨大的含油气性。三大盆地的钻井,发现井和钻探总进尺列于表1—3。

表1—2 南海北部完成的地球物理调查工作量

项目 地区	地震 (公里)	磁力 (公里)	海洋重力 (公里)	海底重力 (个)	测深 (公里)
珠江口盆地	27,632	15,444	2,809	1,364	11,972
北部湾盆地	24,096	10,480		1,085	10,480
莺歌海盆地	22,607				

表 1-3 南海北部大陆架三个沉积盆地钻探工作量

地 区	珠江口盆地	北部湾盆地	莺歌海盆地
井 号	珠 ₁ 珠 ₂ 珠 ₃ 珠 ₄ 珠 ₅	湾 ₁ 湾 ₂ 湾 ₃ 湾 ₄ 湾 ₅ 湾 ₆ 湾 ₁₀ 湾 ₁₁	莺 ₁ 莺 ₂ 莺 ₃ 莺 ₄
总进尺	12,317米	22,404米	10,756米

* 注: 有工业油流或见油气显示井

(四) 三大盆地地质简况

南海北部大陆架构造区划及井位见图 1-1。

三大沉积盆地的地质构造和沉积发育情况各有其特色, 现分述如下:

一、北部湾盆地

北部湾盆地的面积约 4 万平方公里。经地球物理和钻探资料证实北部湾盆地是一个奠基于古生代基底和燕山期花岗岩之上的大型新生代沉积盆地。它北界涠洲大断裂; 南以白马井西北大断裂、邻昌岛大断裂和王五一文教大断裂的中段与海南岛隆起区相隔; 盆地的东界可能沿雷州半岛中央隆起的轴部向南一直延至徐闻、云龙隆起的西侧。另一种意见认为北部湾盆地向东可能横跨雷州半岛, 最后收敛于广州湾。在空间上北部湾盆地表现为凹陷带和构造带呈北东至北东东向相间排列。凹陷内新生代最大沉积厚度可达 7,000 米, 是盆地内主要生油区, 而构造带及凹陷中的背斜带则是主要的油气聚集区。北部湾盆地的成盆时代可追溯到晚白垩世, 此时开始形成一些分割的地堑式断陷, 其内充填火山岩、凝灰岩及陆相红层, 徐₄、乌₂等井均钻遇上白垩统, 其钻遇最大厚度可达 1,033 米。

早第三纪时, 北部湾盆地进入全盛发展期, 发育一套以湖相为主的沉积, 自下而上为长流组、流沙港组和涠洲组。

下第三系在凹陷中可达 4,000 米, 在隆起部位减薄, 直至缺失。

长流组为棕红、褐灰色泥岩和砂砾岩互层, 迈₂井本组下部为灰黑色泥岩和深灰色砂岩。本组钻遇厚度为 39.85—782.06 米 (未穿), 根据所含孢粉, 时代定为古新世—始新世早期。

长流组仅发育于当时的断陷中, 分布局限, 但后期的构造变动可重新调整其布局, 如徐₄井地区, 晚白垩世时发育一套红层夹安山岩、安山玢岩及凝灰岩, 厚度为 1,033 米。其上见有两套红层: 下段厚 172 米属哑层, 上段厚 106 米, 含古新世晚期孢粉, 随后该区上升并入流沙构造带, 而遭剥蚀, 其上仅超复很薄的 (146 米) 流沙港组。湾₂井在流沙港之下于 2,886—3,037.5 米井段钻遇一套杂色泥岩与灰白色砂砾、细砾岩互层、下部以褐灰色砂砾岩为主夹紫红色砂质泥岩。对这套地层持两种看法: 一种意见根据其所含孢粉, 时代定为早渐新世, 与上覆流沙港组一致; 另一种意见认为由于化石贫乏难以定时代。但湾₂井在相应层位发现有保存不好、但被认为是古新世的孢粉。长流组或因构造变动加之隆起被流沙港组及较新的地层所超复, 或深埋于继承性凹陷的底部。

流沙港组以灰黑色、深灰色泥岩、灰褐色页岩和油页岩为主, 上、下部夹少量灰白色砂岩, 其中暗色泥岩属深湖还原沉积环境, 单层厚度可达 500 多米, 是盆地内主要生油岩系。本组下部砂岩已见工业油流。中部暗色泥岩中所夹砂岩, 可能为浊流成因, 往湖盆中心部位

这种浊流砂岩将更发育，是值得今后重视的新的找油目的层。根据所含孢粉和介形虫，流沙港组时代为始新世—渐新世，在北部湾和福山凹陷本组时代略有差别。本组钻遇最大厚度为900.5—1,206米（湾3井、福8井）。

涠洲组岩性为杂色泥岩、粉砂质泥岩与砂岩、砂砾岩呈不等厚互层，中部夹深灰色泥岩。根据地震剖面 and 钻井资料涠洲组是一套明显的超复地层，因而其厚度变化较大，为204—1,791.5米，依据所含孢粉及介形虫化石定其时代为渐新世晚期至早中新世早期。值得指出的是在涠洲组中发现含海相有孔虫夹层，这为分析南海北部渐新世时的海陆古地理环境提供重要线索，今后应予注意。

上第三系自下而上划分为下洋组、角尾组、灯楼角组和望楼港组。岩性上构成粗—细、粗—细两个大的沉积旋回，属滨、浅海相碎屑沉积，普遍含海绿石。下洋组下、中部夹有多层的砂质白云岩和白云质砂岩（徐浅1、湾2及琼北一些钻井钻遇），这说明中新世早期局部地区（主要位于低隆起边缘）存在明显的潮间及潮上沉积环境，在盆地内上第三系厚度约1,200—2,000米，至隆起部位厚度减至600—500米或更薄。

由于本区上第三系岩性相对单一，沉积环境变化不大。各层组岩性不逐一进行描述。

根据有孔虫化石，前三组时代归属中新世，望楼港组时代为上新世。

这四个地层组的横向分布、岩性特点及古生物资料均表明：晚第三纪初期的海侵首先进入构造凹地，然后依次向南北两侧扩展，至上新世早期海侵达到高峰，此时海水淹没了整个雷州半岛以及琼北和合浦沿海部分陆地，致使在全区被盖了一套细碎屑沉积。而望楼港组上部的粗碎屑堆积标志上新世晚期开始海退。在凹陷中下洋组以假整合覆于涠洲组之上，在隆起部位上第三系的下部层组可能缺失，其上部层组以角度不整合覆于下第三系和老地层及花岗岩之上。目前在下洋组和角尾组中已发现多层油气显示，在由晚古生代灰岩组成的古潜山中亦见工业油流，这为寻找次生油藏开拓了新的领域。

总之，北部湾盆地从晚白垩世以来构造上经历了早期断陷、中期断拗和后期拗陷三个发展时期，在沉积上相应表现为充填、超复和被盖三个阶段。

二、珠江口盆地

珠江口盆地位于广东大陆架中部，面临珠江等水系的前沿，面积近15万平方公里，沉积厚度约8,000—10,000米。盆地的构造具有南北分带和东西分块的特点，南北分带表现为从北往南北东东向的隆拗相间：如万山隆起区、北部断阶带、珠三和珠一拗陷、卫滩和神狐暗沙隆起、珠二拗陷以及南部斜坡带；东西分带表现为自西往东基底总体呈台阶状下陷：如海南隆起区、珠三拗陷、中部隆褶带及珠一和珠二拗陷。

广东陆上的主要北东—北北东向断裂似乎突然消失于近岸，而海区的汕头—香港南大断裂、川岛—碓洲大断裂以及珠江口盆地北缘大断裂均为北东东70°方向，海陆之间构造线形成30°—40°交角，大有广东岸线截切海陆构造之势。这说明北东东方向的断裂具有新生性，而隐伏于北东东向构造之下的北东向构造则具有继承性。大量事实表明：洋壳和陆壳、地块之间的配置及其相对运动方式，上地幔隆起等深部构造因素所产生的地壳表层引张是大型沉积盆地发生、发展的重要条件。珠江口盆地邻近南海深水区，后者洋壳出露面积约42万平方公里。渐新世晚期—中新世早期在南海东部的北纬15°附近产生过近南北向扩张（由此引起北东东向地磁条带向北延续到北纬19°附近）必将影响珠江口盆地的构造，使之产生与这一运动体制相协调的构造格局。

根据上述构造观点推断,并已部分被钻井、地震及围区地质资料所证实,珠江口盆地成盆于中始新世晚期,此时陆上的三水、东莞盆地逐渐迴返上升,万山隆起区南侧的地区开始出现一系列分割的地堑式断陷,沉积了一套以湖相为主地层,间有海相夹层,类似的沉积环境可能一直延续到渐新世。晚第三纪时珠江口盆地发育一套三角洲相和滨、浅海相频繁交替的陆源碎屑沉积和潮间带沉积。珠江口盆地所钻的五口井均位于北坡,仅揭露上第三系和渐新统上部,现自下而上分别进行概述:

珠海组:在珠₂、珠₄和珠₅井钻遇该组地层,钻厚210—730.5米(未穿)。岩性为灰黑色粉砂质泥岩与灰白色细砾岩与砂质岩呈不等厚互层夹有较多的白云质砂岩,普遍含高岭土质细砾,中部砂岩见有较多的斜层理,在珠5井发现有海绿石。本组未见有孔虫,但含有较多的苗榆粉 *Ostryaipollenites* 桤木粉 *Alnipollenites* 和松粉 *Pinuspollenites*。由此可见珠海组属河湖相沉积夹有海和潮间带沉积夹层,由于当时气候偏冷,海平面较低,盆地的边部仍为基岩裸露的剥蚀区,高岭土质细砾的出现说明近物源区,而与凉性气候并不矛盾。根据所含孢粉珠海组时代定为渐新世晚期。

珠江组:在珠江口盆地北坡均钻遇,是一套超复地层,钻厚665.6—924米。岩性分为三段,每段均为下粗上细构成三个小的沉积旋迴。由砂砾岩和粉砂质泥岩组成,有些砂砾岩具斜层理。中段夹有较多可燃有机岩,并含琥珀。下段出现白云质砂岩,中上段见海绿石及虫孔构造。本组仅在个别井发现少量广盐性有孔虫。珠江组可能属河沼相、滨海三角洲相及潮间和潮上沉积环境。根据所含的大量半瓣弗罗莠茨粉 *Florschuetzia semilobata* 确定珠江组时代为早中新世。

韩江组:岩性相对较细,可分为两个岩性段:下段为灰色细砾岩夹细砂岩,上段为深灰色粉砂质泥岩夹薄层的沥青质页岩及细砂岩,厚度为413.5—672米。本组含较多有孔虫,普见海绿石,岩石中硼/铯比值0.7—3.3,据此推断韩江组属滨、浅海及河口三角洲沉积环境,是一个明显海进的序列。其时代为中新世。

粤海组:岩性较粗,可分为两个岩性段,每段下部及中部均以细砾岩为主,上部以粉砂质泥岩为主,细砾岩含有长石,下段含炭屑、褐煤及沥青质页岩夹层。本组厚度为408—604.5米,仅见各种广盐性底栖有孔虫,海绿石呈断续零星出现。硼/铯比值为0.6—2。由此可见粤海组是在水体盐度不正常的滨海、河口三角洲环境中形成的,与韩江组比显然属于海退序列,仅在后期又开始海进。

万山组:岩性下细、上粗,下段以灰色粉砂质泥岩为主夹灰色细砾岩;上段以灰色细砾岩为主夹灰色砂质及粉砂质泥岩。本组普遍见海绿石,属浅—滨海相沉积,下段含较多有孔虫,向上减少。这说明万山组下段属海进序列,向上逐渐被海退环境所代替,这与上新世晚期以来全球气候变冷是协调的,本组厚度261.57—376.5米。

按所含古生物,下段时代为上中新世晚期—上新世早期;上段为上新世中晚期。

在分析珠江口盆地新生代沉积特征时应注意位于陆架边缘脊(卫滩—神狐暗沙隆起)内外两侧的珠一、珠三拗陷(可称为弧后拗陷)和珠二拗陷(弧前拗陷)沉积发育的差异性。珠一、珠三拗陷在早第三纪时沉积环境较封闭,主要发育河湖相可能夹有薄的海相夹层,当时海岸线基本上未逾越陆架边缘脊,来自珠江等水系的陆源碎屑被阻于边缘脊(堤坝)之内。随后由于北西向断裂的进一步切割导致陆架边缘脊的解体,来自华南大陆的碎屑物质通过珠江河道和堤坝缺口(陆架边缘脊的陷落部位)进入珠二拗陷。虽然目前珠二拗陷尚未钻探,但可以预测它具有形成较晚、接受海相沉积较早和岩性较细的特点。珠一和珠三拗陷则具有

相反的特点,其中珠三拗陷的中心部位还可能发育白垩纪和第三纪早期沉积。

有人曾指出:在广东大陆架主要不整合存在于晚渐新世和前第三纪地层之间。我们认为:在凹陷部位晚渐新世沉积可以与其下伏的早第三纪地层呈假整合接触,在低隆起部位上渐新统以角度不整合覆于前第三系(包括燕山期花岗岩)之上;在高隆起部位晚第三纪各层位分别依次超复和被盖于前第三系之上。

晚第三纪的海侵在珠江口盆地是由南向北逐渐扩展的,这在地震剖面上表现十分清楚,但应当指出在晚第三纪总的海侵进程中,由于古气候热冷交替、地壳沉降与沉积物补偿等因素,引起海平面的局部波动。当海平面上升时,在盆地北坡接受泥质粉砂和粉砂质粘土沉积,常含正常海洋环境的生物化石;当海平面下降时由于河流营力强,在盆地北坡发育砂岩,常含有广盐性及不正常海洋环境的生物化石;当海平面相对稳定时,在近岸发育潮间带砂岩和白云质砂岩,从北往南(以现有五口井作比较)上第三系各组段岩性相应逐渐变细,生物群反映的环境由不正常到正常,海绿石由少到多,硼/镓比值由小到大,稳定矿物由少到多。

三、莺歌海盆地

莺歌海盆地包括西部拗陷和东部拗陷,面积共7万平方公里,新生代沉积厚度近10,000米。西部拗陷是受北西向断裂控制的一个巨型、开阔的深地堑,东部拗陷受北东向阶状同生断裂控制,形成一系列箕状凹陷。在海南岛南部海区,断裂和构造为东西走向,向东与北东向断裂联接,向西与北西向断裂交接。根据本区地震及钻探成果,结合围区地质构造推断,莺歌海盆地的成盆时代可能始于晚始新世。地震资料表明,中新世以来在莺歌海东北斜坡及海南岛南部古水下残丘上广泛发育珊瑚礁。以上为讨论莺歌海盆地的新生代地层和沉积特征提供了背景。

截止目前为止,在莺歌海盆地共钻探4口井,揭露了渐新世晚期以来地层,现将所钻遇地层简述于下:

陵水组:仅在莺9井钻遇。本组按岩性分为下、中、上三段:下段超复于燕山晚期肉红色花岗岩之上,岩性为灰白、浅紫褐色生物碎屑灰岩夹五层紫红色生物碎屑泥灰岩,含底栖有孔虫,钻厚仅26米;中段为浅灰色石英粉砂岩夹含砾灰质石英—长石砂岩及薄层页岩,顶部见一层含陆屑红藻灰岩,厚度166米;上段为灰质长石砂岩、含砾砂岩夹灰色泥岩、泥质粉砂岩,中下部见深灰色页岩,仅见各种卷轮虫、腹星虫及藻类,厚582米。

所述陵水组是在近物源和不正常海的环境中形成的,本组中段经试油获得高蜡、低硫、轻质工业油流。陵水组时代暂定为渐新世—早中新世。

三亚组:莺9井揭露的岩性为灰色泥岩夹灰、绿灰色泥质粉砂岩和粉砂岩,上部夹四层灰质石英砂岩,下部含较多的浮游有孔虫,属浅海沉积环境,厚429米。在莺6井地区三亚组以不整合覆于白垩纪红色泥岩、硬砂岩和中、酸性喷出岩之上。本组所钻遇的岩性为灰白色砂砾岩夹薄层杂色泥岩,可能属陆相沉积。钻厚仅88米。

梅山组:可分两个岩性段:莺6井,本组下段为礁灰岩、白云质礁灰岩、白云岩、灰白色砂质白垩及含白垩砂泥岩夹砂砾岩。上段为灰白色含砾砂岩,钻厚236米,在礁灰岩中发现较多底栖大有孔虫,时代为早中新世—中中新世。

莺9井:为灰白色含砾白垩质砂岩,下部为灰色泥岩,厚390米。

莺1井:下段为灰质页岩夹灰岩,其底部见灰质含砾粗砂岩,以不整合覆于早古生代变质岩之上;上段为灰岩,往下灰岩含砂砾。钻厚391.5米(未穿)。