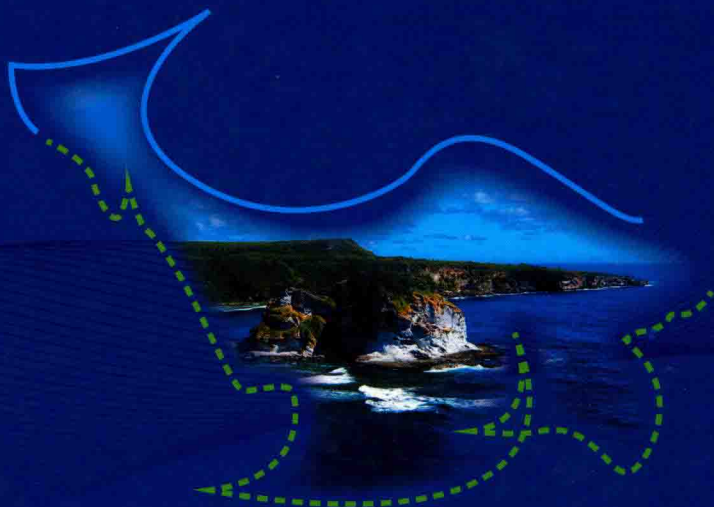




中国石油勘探开发研究院出版物

中南半岛及南海东缘 构造特征与油气地质

吴义平 鲍志东 田作基 等著



石油工业出版社

中南半岛及南海东缘 构造特征与油气地质

吴义平 鲍志东 田作基 等著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书对中南半岛和南海东缘区域所属的昆山—万安盆地、湄南盆地、呵叻盆地、呵叻高原盆地、东巴拉望盆地、苏禄海盆地、西里伯斯盆地、卡加延盆地、比科尔盆地等9个盆地从区域构造演化、烃源岩发育、储层特征、圈闭类型等方面进行了详细阐述,并预测了其有利含油气区。

本书可供从事油气地质研究工作的科研人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

中南半岛及南海东缘构造特征与油气地质/吴义平等著.
北京:石油工业出版社,2017.1

(“一带一路”油气系列丛书)

ISBN 978-7-5183-1631-1

I. 中…

II. 吴…

III. 石油天然气地质—研究—东南亚

IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 275560 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址:www. petropub. com

编辑部:(010)64523543 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本:1/16 印张:12.25

字数:316 千字

定价:120.00 元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

《中南半岛及南海东缘构造特征与油气地质》

编写人员

吴义平 鲍志东 田作基 计智锋

温志新 李志 李富恒 宋健

王俊 茆书巍

前 言

中南半岛和南海东缘处于“21 世纪海上丝绸之路”上。历史上,习惯将南海东缘的马来西亚、新加坡、印度尼西亚、文莱、菲律宾五国称之为中南半岛及南海东缘的“海洋国家”或“海岛国家”,而将位于中南半岛的越南、老挝、柬埔寨、泰国及缅甸五国称之为中南半岛及南海东缘的“陆地国家”或“半岛国家”。

研究区处于特殊的大地构造位置,经历了强烈的构造活动,发育大陆裂谷、克拉通盆地和弧后裂谷盆地等经典的含油气盆地类型,蕴含的油气资源是全球油气资源中重要的组成部分。因此,开展该区主要含油气盆地的油气地质研究对指导我国海外油气勘探实践,保障我国油气能源安全具有举足轻重的战略意义。

根据板块构造特征,将中南半岛及南海东缘划分为三个构造域,即巽他陆块、南中国海微地块群、菲律宾岛弧,三个构造域内存在巽他陆块陆内裂谷(裂陷)、巽他陆块陆间裂谷、南中国海微地块群弧后裂谷及菲律宾弧后裂谷四个构造沉降区,共发育 14 个含油气盆地,由于南中国海微地块群南微永暑盆地、礼乐滩—西巴拉望盆地和巽他陆块东缘中建南盆地等位于南中国海九段线内,本次将盆地主体在九段线之外的 9 个盆地作为研究重点。

区域构造演化主要包括五个阶段:古生代晚期—中生代晚期华南—印支联合地块拼合阶段、晚白垩世—古新世前裂谷期、始新世—渐新世裂谷期、早中新世—中中新世拗陷期和晚中新世—现今挤压沉降期。前裂谷期主要发育火山岩和变质岩基底;裂谷期昆山—万安盆地沉积相由冲积扇和河流相向陆海过渡相演化,渭南盆地以陆相河、湖沉积为主,南海东缘弧盆地则以浅海—深海相碎屑岩、碳酸盐岩沉积为主;拗陷期广泛海侵,昆山—万安盆地主要为三角洲、潮坪—滨浅海相沉积,渭南盆地以陆相河、湖沉积为主,南海东缘沉积滨浅海—深海相碎屑岩、碳酸盐岩;挤压沉降期以海退为主,昆山—万安盆地主要沉积三角洲—滨海相碎屑岩,渭南盆地以陆相冲积扇、河流沉积为主,南海东缘弧后沉降区以浅海碎屑岩、碳酸盐岩为主,弧前沉降区主要沉积三角洲—滨海相碎屑岩。

烃源岩主要发育于裂谷期,中南半岛裂谷期以河流—湖泊相沉积及陆海过渡—浅海相沉积为主,拗陷期以河流湖泊—三角洲相沉积体系为主,多发育半深湖—深湖相、潟湖相及浅海相,烃源岩面积大、层位多,单层厚度适中,可形成良好的生储盖组合,油气储量大;南海东缘岛弧盆地多处于半深海—深海环境,其中弧前盆地烃源岩发育相对较差,生储盖组合匹配程度不高,油气主要富集于弧后盆地中。

研究区储层类型多样,总体上以砂岩和碳酸盐岩、生物礁为主,部分为火山岩和浊积砂岩。新生代碎屑岩储层分布于全区,以渐新统一上新统为主;碳酸盐岩、生物礁储层分布范围也较广泛,主要位于研究区中部、南部和东部,时代为二叠纪、侏罗纪、始新世—上新世,且以中新世最为发育。火山岩主要分布在昆山—万安盆地以及比科尔盆地,浊积砂岩仅分布在东巴拉望盆地和苏禄海盆地中。

研究区已发现石油 2P 可采储量 $124.30 \times 10^8 \text{ bbl}$,凝析油 $3.92 \times 10^8 \text{ bbl}$,天然气 $195.52 \times$

10^8ft^3 , 主要分布于新近系、古近系及前新生代地层, 中南半岛(巽他陆块)油气富集, 以油为主, 各层系分布较均匀, 而南海东缘主要产天然气, 主产层为新近系。待发现石油 2P 可采储量 $192.43 \times 10^8 \text{bbl}$, 凝析油 $27.80 \times 10^8 \text{bbl}$, 天然气 $409.50 \times 10^8 \text{ft}^3$, 具有一定的勘探潜力。

研究区含油气盆地中的圈闭类型以构造、岩性圈闭为主, 油气主要富集于构造圈闭中。圈闭类型主要为与同生断裂相关的背斜和断背斜, 圈闭数量多, 但规模小, 常形成多个自生自储油气藏, 油气层纵向跨度大, 垂向上具有多层系、相互叠置的特征。这种油气分布特征造成该类盆地油气勘探成功率相对较高, 中型油气田较多, 但难以形成巨型油气田。中南半岛南部主要受古南中国海扩张和印度板块俯冲双重影响, 两重作用在不同时期表现出不同的重要性。大陆裂谷的昆山一万安盆地依次经历拉伸、挤压和热沉降三个阶段, 构造、岩性圈闭与之在时间域内对应响应; 而岛弧盆地, 基本处于俯冲挤压状态, 构造圈闭为主导圈闭。由于沉积环境的不断变化, 还可形成大量构造—地层、岩性复合型圈闭, 如不整合圈闭、基岩裂缝圈闭、礁体及碳酸盐建隆圈闭。

通过采用定量—半定量评价分类方法, 结合沉积相、生储盖匹配程度以及待发现资源量等指标对含油气盆地进行了优选排队, 将 9 个盆地划分为 3 类, 其中 I 类盆地中首选盆地为中南半岛的昆山一万安盆地, 有利区综合评价均为 I 类; 呵叻高原盆地作为研究区 I 类盆地中唯一的克拉通盆地, 成藏组合匹配关系好, 综合评价发育 I 类和 II 类有利区, 具有形成大型油气田的潜力。

由于笔者水平有限, 书中不妥之处敬请指正。

目 录

第一章 区域构造特征及沉积演化	(1)
第一节 大地构造及构造分区	(1)
第二节 构造期次及沉积充填	(6)
第三节 油气勘探开发现状	(8)
第二章 中南半岛陆间裂谷油气地质	(10)
第一节 构造沉积演化	(10)
第二节 昆山—万安盆地油气地质	(27)
第三节 湄南盆地油气地质	(52)
第三章 中南半岛陆内裂谷油气地质	(73)
第一节 构造沉积演化	(73)
第二节 呵叻盆地油气地质	(80)
第三节 呵叻高原盆地油气地质	(85)
第四章 南海东缘弧后裂谷油气地质	(107)
第一节 构造沉积演化	(107)
第二节 东巴拉望盆地油气地质	(123)
第三节 苏禄海盆地油气地质	(128)
第四节 西里伯斯盆地油气地质	(134)
第五章 南海东缘弧前裂谷油气地质	(141)
第一节 构造沉积演化	(141)
第二节 卡加延盆地油气地质	(148)
第三节 比科尔盆地油气地质	(152)
第六章 中南半岛及南海东缘油气分布规律及主控因素	(157)
第一节 已发现油气储量分布特征	(157)
第二节 待发现油气资源分布特征	(161)
第三节 油气分布规律及主控因素	(163)
第四节 含油气盆地综合评价有利区优选	(177)
参考文献	(184)

第一章 区域构造特征及沉积演化

第一节 大地构造及构造分区

一、地理位置

中南半岛及南海东缘是指欧亚大陆的东南部,与太平洋、大洋洲交会的地区(图1-1)。位于北纬25°—南纬10°,东经93°~141.5°之间,面积约为 $457 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该地区共有11个国家,即越南、老挝、柬埔寨、泰国、缅甸、马来西亚、新加坡、印度尼西亚、文莱、菲律宾和东帝汶。历史上,习惯将位于中南半岛的越南、老挝、柬埔寨、泰国及缅甸五国称之为中南半岛及南海东缘的“陆地国家”或“半岛国家”,而将马来西亚、新加坡、印度尼西亚、文莱、菲律宾五国称之为中南半岛及南海东缘的“海洋国家”或“海岛国家”。

从地貌上来讲,中南半岛及南海东缘主要是中南半岛的山地—丘陵区、中南半岛及南海东缘火山岛弧以及南中国海的浅海陆架等(图1-1)。其中,中南半岛主要发育近南北向的山脉与河流;在印度尼西亚群岛、菲律宾群岛的俯冲一侧发育一系列的火山岛弧;南中国海的浅海陆架区是欧亚大陆的延伸,特别是在泰国湾等地区最为明显。



图1-1 中南半岛及南海东缘地区地理位置及地形图

二、板块构造

在大区构造位置上,中南半岛及南海东缘位于欧亚板块、西伯利亚板块、太平洋板块、印度—澳大利亚板块四大板块和太平洋、印度洋两大洋交会区。其中,中南半岛及南海东缘处于欧亚板块、太平洋板块、印度—澳大利亚板块的交会处,岛弧、地体较多,板块相互作用复杂,从而使得不同地质历史时期的块体不断拼合碰撞,特别是多期特提斯带的拼合作用,使得中南半岛及南海东缘的大地构造单元数量众多,相互作用复杂;东亚地区,在全球大地构造上位于西伯利亚板块、太平洋板块和印度板块之间,东部为西太平洋的沟—弧—盆体系,北部为巨大的西伯利亚板块,西南为印度板块,其间分布塔里木、中朝和扬子等多个构造单元。中南半岛及南海东缘包含巽他陆块、南中国海微地块群和菲律宾岛弧 3 个构造域(图 1-2)。

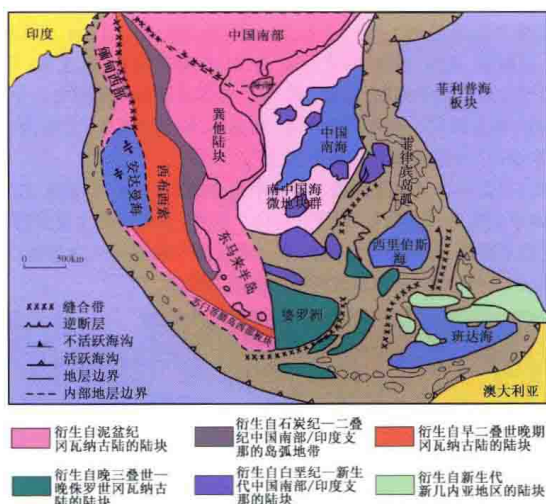


图 1-2 中南半岛及南海东缘构造区划图

1. 巽他陆块

巽他陆块(地块)区域上位于中南半岛及南海东缘西部和中部俯冲带环绕的地区,其北部以红河断裂、马江断裂带与华南地块分隔,西南到达苏门答腊俯冲带,东部边界为越东断裂、卢帕尔断裂,东南边界为默拉士缝合线。主要由印支(包括昆嵩、掸泰、中缅和东马来等微地块)、中缅马、西缅甸等次一级地块拼合而成,还包括沃依拉(Woyla)、古加里曼丹、默拉士斯(Meratus)等微地块(图 1-3)。尽管巽他地区包含近 10 个微地块,但这些微地块在新生代以前已完成拼合,形成统一的巽他陆块。因此,巽他陆块是中南半岛及南海东缘和南亚地区构造定型最早的地区,也是中南半岛及南海东缘规模最大、最重要的构造单元。

新生代以来巽他陆块一直保持着稳定的构造格局。相对东南亚其他新生代地块而言,巽他陆块为一古老的刚性陆块。古近纪以来,巽他陆块表现为一地形极其复杂的巨大古地块、陆架区和岛弧区。现今以巽他古陆为基底的巽他陆架区包括南中国海南部、泰国湾、马六甲海

峡、巽他海峡和爪哇海这一广大海域,沿巽他陆块西南部发育全球典型的俯冲带和岛弧。巽他陆块是不同时期多个次级地块拼合而成的刚性陆块,其中印支地块是其核心。而印支地块也是由一些更小的微地块拼合而成,Gatinsky 等(1987)将印支地块分为昆嵩、掸泰、中缅和东马来等微地块。这些微地块之间发育蛇绿岩带和缝合线,其中印支地块与华南地块的边界红河断裂带内分布着黑水河(Song Da)和马江(Song Ma)蛇绿岩带;印支地块与中缅马地块的边界为莫边府断裂,在莫边府断裂带中存在程逸府(Uttaradit)蛇绿岩带,这是印支地块和中缅马地块之间缝合的最重要证据;默拉土斯缝合线为古加里曼丹微地块和默拉土斯微地块拼合的证据。拼合后形成西南加里曼丹微地块。

新生代这一地区受两个不同方向的区域应力作用,一方面受西南部印度板块俯冲作用,陆块内部受力不均衡,在弧后地区发生拉张作用,在陆块内部形成链状斜列式地堑、半地堑;另一方面受印度次大陆与欧亚大陆碰撞造成挤压作用的影响,印支地块沿红河走滑断裂向东旋转和挤出,在挤压背景下发育大型走滑构造带,沿走滑断层发生块体逸脱,导致巽他陆块内部发育走滑、剪切作用。巽他陆块在不同构造应力作用下,在陆块边缘和内部分别发育中南半岛及南海东缘最重要的弧后和裂谷盆地,在苏门答腊—爪哇一线分布的弧后盆地是南亚—中南半岛及南海东缘最富油气的盆地类型之一,其中苏门答腊盆地是区内石油储量最多的盆地;在巽他陆块内部发育湄南盆地(Chao Phraya)、呵叻盆地(Khorat)、昆山—万安盆地(Con Son Basin)和呵叻高原盆地(Khorat Plateau)等典型的裂谷与克拉通盆地,其中昆山—万安盆地有较大的油气发现。

2. 南中国海微地块群

南中国海周缘微地块主要有南沙(包括危险滩区域)、卢克尼亚(包括西北加里曼丹微地块)、西沙、中沙、礼乐、东北巴拉望等次级地块,这些微地块散布于不同区域,单个地块相对巽他陆块来说规模较小。由于这些微地块的形成与南中国海扩张有关,主要为大陆板块边缘裂解的产物,故将其归为一类,本书的昆山—万安盆地部分地区位于该区域内。

南中国海周缘微地块群主要位于南中国海洋盆的周围,包括加里曼丹的一部分。这一区域北部与华南地块相邻,西面以越南断裂同巽他陆块相接,南至卢帕尔断裂一线,东部以华莱士线为界与澳大利亚大陆相关的微地块区分开,本书将其与菲律宾岛弧的界限划定在马尼拉海沟至巴拉望海槽一线。南中国海周缘微地块群的分布格局受南中国海扩张的影响,故现今分布较为分散。新生代早期,这些地块大多不在现今的位置,自渐新世开始,受南中国海扩张的影响,这些次级地块与华南地块或印支地块分离一并随之向东、南方向漂移,最终到达现今的位置,在地质演化过程中,这些地块发生旋转和平移运动。

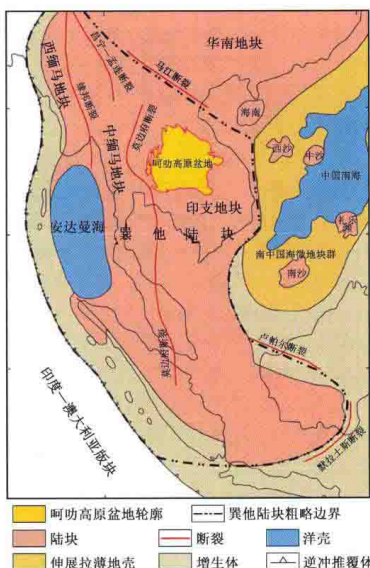


图 1-3 中南半岛及南海东缘巽他陆块及邻区构造纲要图(据 IHS, 2010 修改)

南中国海周缘微地块群主要起源于周缘较古老的华南、印支等地块。新生代时期,这一区域虽然处于板块碰撞带和俯冲带的后缘,但受欧亚、太平洋和印度—澳大利亚三大板块碰撞效应的影响极为强烈,相应造成南中国海扩张。南中国海地区构造定型较晚,渐新世时南中国海开始扩张,相应发生地块破裂、分离、漂移、旋转及拼合等构造事件,形成裂谷、推覆体、海盆等多种地质构造,最终发育成为具有陆壳、过渡陆壳和洋壳等多种类型的构造单元。在南中国海边缘主要形成与小洋盆扩张有关的被动大陆边缘盆地,这是中南半岛及南海东缘最重要的含油气盆地类型之一。加里曼丹岛西北部发育一条近东西向的卢帕尔断裂,以该断裂为界,将现今加里曼丹划分为西南加里曼丹和西北加里曼丹微地块。西北加里曼丹微地块与南中国海扩张有关,主要由南中国海洋盆俯冲而形成的岛弧及增生楔组成。Hutchison (1986) 将西北加里曼丹地块向斜分为古晋构造带、锡布构造带和米里构造带。古晋构造带代表加里曼丹大陆边缘古陆架带,以卢帕尔混杂岩缝合线与锡布带分开;锡布构造带主要由低变质的复理石组成,岩层发生高度变形,为沉积在洋壳上的增生楔和浊流沉积,后期受到南沙地块的挤压而发生强烈变形;米里构造带分布着上白垩统至始新统含粗粒透镜状砂岩和广泛分布的红色泥岩,代表南沙地块大陆边缘沉积。东加里曼丹大陆边缘发育向苏拉威西海进积的三角洲,这种在大陆边缘裂谷基础上发育的巨厚沉积物为油气成藏提供了雄厚的物质基础,其中库泰盆地发育中南半岛及南海东缘最厚的沉积物(厚度超过 10km)。

3. 菲律宾岛弧

菲律宾岛弧带是现今西太平洋重要的构造单元之一,紧邻太平洋板块向欧亚板块俯冲的消减带,由于频繁的火山活动引起岩浆喷发而形成的火山岛弧。本书将菲律宾岛弧带东侧边界划定为马尼拉海沟至巴拉望海槽一线,整个岛弧东临太平洋,西面与南中国海海盆相邻,南部为苏拉威西海。除北巴拉望陆块之外,菲律宾群岛由一系列白垩纪至现代岛弧系所组成。

菲律宾岛弧为一双列岛弧,内外弧之间发育沉积盆地,其东、西两侧分别被反向的菲律宾海沟和马尼拉海沟所围限,前者凸向东,贝尼奥夫带向西倾斜;后者凸向西,贝尼奥夫带向东倾斜。各种反向前弧和反向双海沟系,在西太平洋海沟—岛弧系中为菲律宾所特有,反映了菲律宾岛弧具有复杂的构造背景。

菲律宾岛弧带作为分隔太平洋与南中国海、苏拉威西海等边缘海的重要构造单元,与其他构造单元相比,具有明显不同的起源,受太平洋与欧亚两个巨型岩石圈板块会聚的影响,太平洋板块向欧亚板块俯冲,频繁的火山活动引起岩浆喷发而形成火山岛弧,洋壳下插于岛弧之下。中、晚始新世,菲律宾岛弧在菲律宾—太平洋板块的作用下,顺着当时可能已存在的马尼拉海沟转换断层向北飘移,并朝它现今的位置作逆时针转动,俯冲于南中国海洋壳之下,形成现今的构造格局。

南海东缘主要发育菲律宾弧岛盆地群,盆地主要形成于新生代,构造演化受控于原南中国海的扩张以及菲律宾海板块俯冲(主因)的共同作用。区内菲律宾岛弧带是现今西太平洋重要的构造单元之一,紧邻太平洋板块向欧亚板块俯冲消减带,由于频繁的火山活动引起岩浆喷发而形成火山岛弧,以该岛弧为界,在菲律宾岛弧两侧分别形成弧后盆地和弧前盆地。

三、构造分区

根据板块构造特征,研究区可以划分为 4 个构造分区,发育 14 个主要沉积盆地,由于南薇—永暑盆地、北康—南沙海槽盆地、九章—安渡北盆地、礼乐滩—西巴拉望盆地、中建南盆地均位于南海九段线之内,本书主要研究内容为除九段线内的其余 9 个沉积盆地(图 1-4 和表 1-1),

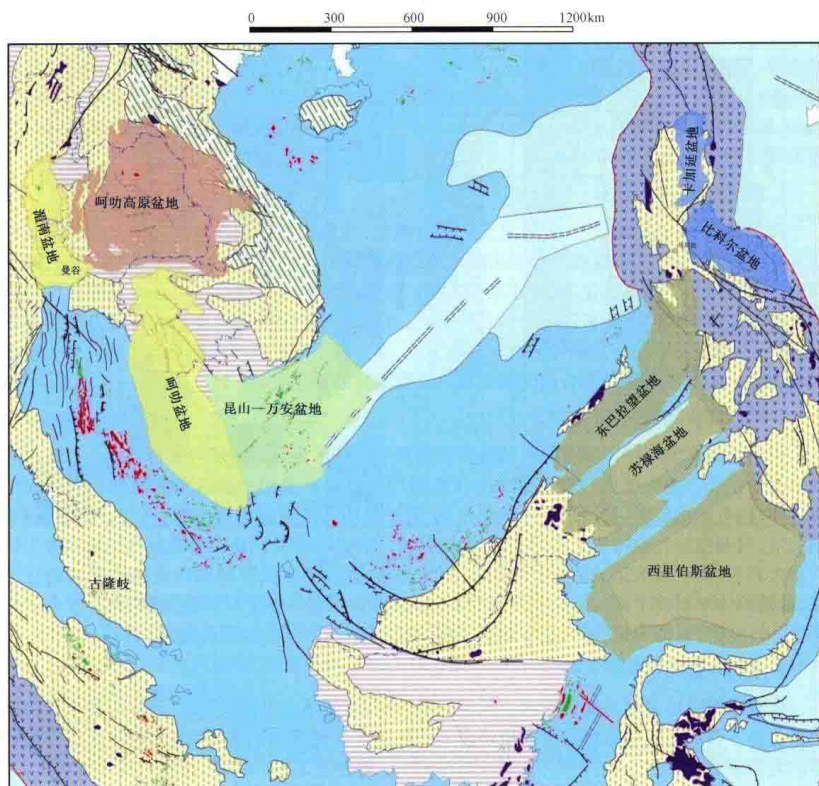


图 1-4 中南半岛及南海东缘各类型盆地平面分布图

表 1-1 中南半岛及南海东缘沉积盆地特征表

构造板块	构造分区	盆地中文名	盆地英文名	盆地面积(km ²)	最大沉积厚度(m)
巽他陆块	陆间裂谷	昆山—万安盆地	Con Son Basin	264830	6400
		湄南盆地	Chao Phraya Basin	62922	8000
	陆内裂谷	呵叻盆地	Khorat Basin	217360	6000
		呵叻高原盆地	Khorat Plateau Basin	229664	>10000
南中国海微地块群	弧后裂谷	东巴拉望盆地	East Palawan Basin	145521	7000
		苏禄海盆地	Sulu Sea Basin	145250	5000
		西里伯斯盆地	Celebes Basin	358581	1000
菲律宾岛弧	弧前裂谷	卡加延盆地	Cagayan Basin	28202	10000
		比科尔盆地	Bicol Shelf Basin	58891	4000

主要包括:位于泰国的湄南盆地(Chao Phraya),位于泰国、越南、柬埔寨、老挝的呵叻高原盆地(Khorat Plateau Basin),位于柬埔寨、越南、印度尼西亚的呵叻盆地(Khorat Basin),位于中国南海、越南、印度尼西亚近海的昆山—万安(Con Son Basin),位于菲律宾的卡加延盆地(Cagayan Basin)、比科尔盆地(Bicol Shelf),位于菲律宾、马来西亚的东巴拉望盆地(East Palawan Basin)及苏禄海盆地(Sulu Sea Basin),位于菲律宾、印度尼西亚及马来西亚海域的西里伯斯盆地(Celebes Basin)。

1. 巽他陆块陆间裂谷

陆间中南半岛巽他陆块经历了复杂的构造演化,盆地类型以裂谷盆地为主。本构造区主要发育中—新生代盆地,盆地底部多为陆相河湖沉积,中部多发育浅海相沉积物,向上过渡为河湖等陆相沉积。构造演化上,受原南中国海扩张引起的巽他地块旋转以及太平洋板块与印度—澳大利亚板块向欧亚板块俯冲的双重影响,古陆内部受区域碰撞诱导的拉张力作用形成大陆裂谷盆地,发育湄南盆地和昆山—万安盆地,部分位于南中国海微地块群内部。裂谷盆地也是中南半岛及南海东缘探明油气储量最为富集的盆地。

2. 巽他陆块陆内裂谷(拗陷)

中南半岛巽他陆块内发育的呵叻高原盆地和呵叻盆地为典型的陆内裂谷盆地。盆地内的地层岩性主要为晚泥盆世—晚二叠世的浅海沉积物以及三叠纪—晚白垩世河湖相沉积物组成,期间构造运动较弱,后期以沉降作用为主,其中呵叻高原盆地为区内唯一的陆内克拉通拗陷盆地,呵叻盆地大地构造上属印支地块,它是由一些具有前寒武系结晶基底的地块在古生代从澳大利亚(冈瓦纳大陆)边缘分离出来,向北漂移,直到中生代早期和华南地块碰撞缝合形成,盆地总体上以古生界的结晶变质岩为基底,在晚二叠世—中侏罗世发生裂陷,形成大量的断层,并伴随大量的岩浆活动,之后接受沉积,在成因上也属于陆内裂谷盆地。

3. 南海东缘弧后裂谷

南海东缘弧后盆地主要位于南中国海微地块群内,包括东巴拉望盆地、苏禄海盆地和西里伯斯盆地。弧后盆地的形成是大洋板块向大陆板块之下俯冲的结果,此类盆地特点是古近纪早期为拉张、半地堑组成的断陷,发育河湖相沉积。渐新世末期为海相、海陆过渡相沉积。

4. 菲律宾弧前裂谷

南海东缘弧前盆地主要位于菲律宾岛弧带内,包括卡加延盆地和比科尔盆地。弧前盆地位于聚敛型大陆边缘增生楔和火山岛弧之间,处在岛弧向大洋一侧的构造位置,沉积和构造演化特征比较特殊,构造上呈现槽状拗陷特征。

第二节 构造期次及沉积充填

一、构造期次划分

中南半岛及南海东缘位于欧亚板块、印度—澳大利亚板块和太平洋板块的交会处,由众多小板块和微块体组成,板块间碰撞、俯冲异常复杂。本区新生代的演化主要是受印度—澳大利亚板块的向北运动和太平洋板块的向西运动所控制。其区域构造演化大概可以分为五个阶段(图1-5):

(1) 古生代晚期—中生代晚期:华南—印支联合地块拼合阶段。

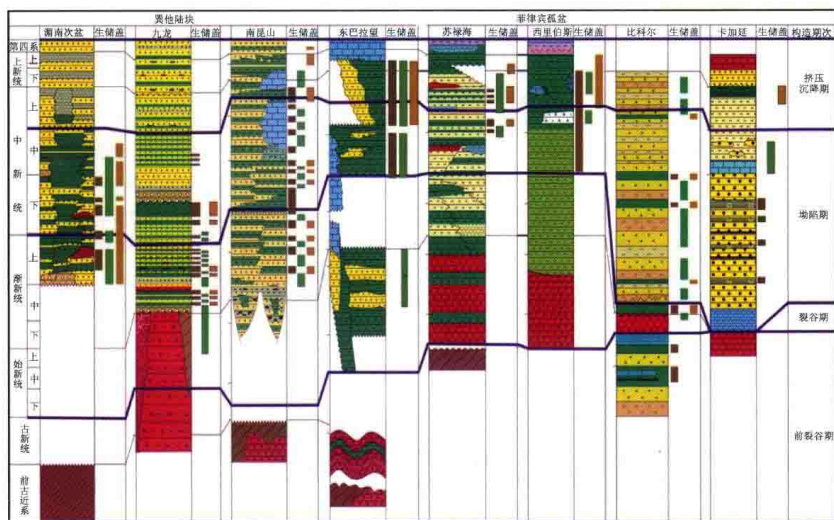


图 1-5 中南半岛及南海东缘主要盆地构造期次划分图

古生代晚期—中生代,中南半岛及南海东缘以分散在不同区域、漂浮在古大洋中的地块为主,这些大小不一的地块包括基梅里大陆群的一部分、印支地块、华南地块等,主要受特提斯海洋扩张的影响。中生代晚期,随着华南—印支联合陆块拼合完成,才开始形成现今的中南半岛及南海东缘主要构造格架。

(2) 晚白垩世—古新世:前裂谷期。

新生代以来,受印度洋洋壳俯冲及小洋盆扩张的影响,开始发育部分沉积盆地。华南—印支联合地块弧后拉张,印度尼西亚群岛开始发育早期裂谷,充填陆相河湖相沉积。

(3) 始新世—渐新世:裂谷期。

在始新世—渐新世,华南—印支联合地块弧后拉张作用和挤压作用交替发生,中南半岛及南海东缘主要盆地基本形成,该时期为华南—印支联合地块的主要成盆期。

(4) 早中新世—中中新世:拗陷期。

在早中新世—中中新世,南中国海微地块群开始发育大量盆地,中南半岛及南海东缘各盆地进入稳定沉降沉积阶段,该期为整个区域的主要成盆期。

(5) 晚中新世—现今:挤压沉降期。

晚中新世开始,整个中南半岛及南海东缘处于挤压应力状态,此时盆地沉积作用较弱,区域内主要圈闭形成于该时期。

二、沉积充填演化

中南半岛及南海东缘古生代晚期—中生代晚期沉积作用较局限,仅发育于呵叻高原盆地内。呵叻高原盆地为一大型陆内克拉通盆地,主要沉积晚泥盆世—晚二叠世的浅海相泥页岩、碳酸盐岩以及三叠纪—晚白垩世的河湖相砂岩、粉砂岩和泥岩。其他广大地区未见沉积记录。

晚白垩世—古新世中南半岛及南海东缘处于前裂谷期,区内广大地区发育火山岩和变质岩基底,仅在比科尔盆地中发育少量滨浅海相砂砾岩、粉砂岩、泥岩及碳酸盐岩沉积,受区域构造和火山作用的影响,地层多褶皱变质。

始新世—渐新世为中南半岛及南海东缘裂谷期,区内发育大量裂谷盆地(图1-6)。始新世为裂谷初期,区内发育大面积火山岩,部分盆地始新统上段充填碎屑岩。其中,昆山—万安盆地的九龙次盆局部发育冲积扇—河流—湖泊相砂砾岩、粉砂岩、泥岩;东巴拉望盆地发育浅海相砂岩、泥岩;苏禄海盆地和西里伯斯盆地充填半深海—深海相火山岩、泥岩。至渐新世,火山活动减弱,区内各盆地进一步裂陷,开始充填大量的碎屑岩和碳酸盐岩;其中,湄南盆地发育冲积扇—河流—三角洲—湖泊相碎屑岩沉积;昆山—万安盆地北部的九龙次盆开始裂陷沉积,沉积相由陆相河湖向滨岸相、潟湖相—浅海相演变,南部的南昆山次盆发育河流—湖泊相;东巴拉望盆地主要充填浅海相碳酸盐岩;苏禄海盆地和西里伯斯盆地充填浅海—深海相粉砂岩、泥页岩;比科尔盆地充填浅海相泥岩。

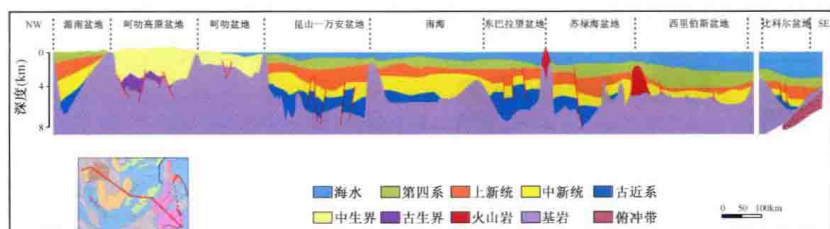


图1-6 中南半岛及南海东缘北西—南东向地质剖面图

在早中新世—中新世,中南半岛及南海东缘各盆地逐渐进入稳定沉降期(拗陷期)。其中,湄南盆地逐渐演化为三角洲—开阔湖盆碎屑岩沉积;随着相对海平面上升,昆山—万安盆地北部的九龙次盆逐渐接受三角洲—滨浅海相沉积,南部的南昆山次盆发育潮坪相—浅海相沉积;东巴拉望盆地主要充填浅海—深海相碳酸盐岩及泥岩;苏禄海盆地逐渐演化为三角洲相碎屑岩充填;西里伯斯盆地充填半深海相泥页岩;比科尔盆地与卡加延盆地充填滨浅海相砂砾岩、粉砂岩、泥岩。

晚中新世之后,中南半岛及南海东缘各盆地逐渐进入挤压沉降期。其中,湄南盆地逐渐演化为陆相河流沉积;随着相对海平面下降,昆山—万安盆地北部的九龙次盆再度演化为河流、三角洲—滨海相沉积,南部的南昆山次盆主体发育浅海相沉积;东巴拉望盆地仍然充填浅海—深海相碳酸盐岩及砂泥岩;苏禄海盆地主要沉积三角洲相—浅海相粉砂岩、泥岩;西里伯斯盆地仍为深海相泥页岩沉积;比科尔盆地与卡加延盆地则充填三角洲相—滨岸相砂砾岩、粉砂岩及泥岩。

第三节 油气勘探开发现状

中南半岛及南海东缘油气勘探开发主要始于20世纪60年代。其中,昆山—万安盆地在1974年油气勘探有了进一步发展,先后发现了三口油井,其中Bach Ho井为高产油井。1981年,原苏联石油部及越南石油和天然气综合部组建越苏油气合资运营公司,开始主导海上作业,截至1991年,该公司陆续共钻探85口井。1986年6月,越苏油气在Bach Ho油田古近—

新近系的油藏开始了第一次商业生产。同时,对于南昆山次盆也进行了较为详细的地震勘探,盆地内二维地震超过 26000km。1975 年 4 月,越南战争结束之前已经钻探了 5 口井,获得一个非商业性的发现,由壳牌命名为双 14。越南战争和越南南北统一之后,越南社会主义共和国获得 4、12(由阿吉普公司中标)、28 和 29 区块的开发权。截至 1980 年,这两个公司在区内至少钻探 11 口井,并且发现了 3 个小的非商业性区块。随后,公司在 1981 年放弃了这些区块。1988 年 2 月, Vietsovpetro 在大熊地区发现了第一个油田。近年来,昆山—万安盆地油气有新的发现,成为勘探开发的重点。中南半岛呵叻高原盆地自 1961 年开始勘探以来,已经钻探了 23 口预探井以及 11 口其他类型探井,共取得了 7 个油气发现。共有二维地震 30600km,地震覆盖密度为 $7.4\text{km}/\text{km}^2$ 。共有探井 34 口,最大井深(TD)为 4510m。第一个勘探发现是 1982 年发现的 Nam Phong 气田,2P 储量油当量为 $0.72 \times 10^8\text{bbl}$,1984 年发现的 Phu Horm 气田,2P 储量达 $1 \times 10^8\text{bbl}$ 油当量。目前,盆地共取得了 7 个发现,探明 2P 石油储量为 $4 \times 10^6\text{bbl}$,2P 天然气储量为 $1.205 \times 10^{12}\text{ft}^3$,盆地可采油气当量为 $2.05 \times 10^8\text{bbl}$ 。湄南盆地的油气勘探于 1967 年就已开始,BP 公司着手进行了详细的地震勘探地质调查并完钻四口浅层井,1969—1974 年间初探井 Wat - Sala Daeng 1(垂深 1859m)显示为干井,该区块最终于 1976 年被放弃。1979 年,壳牌在泰国第六轮的投标中获得 S1 和 S2 区块的勘探许可,每个面积大约 10000km²,S1 区块几乎涵盖了整个彭世洛(Phitsanulok)盆地北部,S2 区块涵盖了湄南盆地偏南的北半部分。壳牌公司在进行了一系列地质、地磁和地震的调查之后于 1982 年放弃了 S2 区块。BP 在 1985 年 2 月和 12 月分别获得了 BP1 区块(第 11 轮投标)和 BP2 区块(第 12 轮投标),两个区块面积约 20000km²,BP 随即公布了勘探计划(包括整个湄南盆地),1988 年 12 月放弃 BP2 区块。此后,到 2004 年中期,又钻了 105 口勘探井(包括野猫井和评价井),其中有 95 口井是壳牌公司单独钻探的。Sirikit 油田 2P 储量达 $2.40 \times 10^8\text{bbl}$ 油当量,此后所有新发现的油田规模都很小,2P 储量很少有超过 $1 \times 10^6\text{bbl}$ 油当量。呵叻盆地的勘探程度较低,1998 年 5 月,日本国家石油公司(JNOC)在洞里萨河和湄公河盆地完成了第一次航磁测量,测线长 21675km。1997 年 4 月,该公司与休斯敦的 LCT Co 公司组成联合调查队,对洞里萨(湖)盆地的中西部部分和柬埔寨湄公河盆地南部地区开展了航磁数据采集,但由于空难事故,1997 年 5 月该调查被迫中止,1998 年重新开始进行采集。另外 Kompong Som 次盆油气勘探和地质研究程度更低,2013 年以前未进行过任何油气勘探工作,缺乏地震、钻井资料。

南海东缘东巴拉望盆地的勘探活动始于 20 世纪 50 年代。截至 2006 年底,马来西亚未在东巴拉望盆地进行钻井。20 世纪 50—80 年代菲律宾在盆地中钻了 7 口地层测试井和预探井,最大深度 3062m(海上),但均未获得良好的油气显示,只有 1 口井有轻微的油气显示和重油痕迹。此外,菲律宾还进行了地震勘探,共有二维地震 17800km,地震覆盖率为 $5.1\text{km}/\text{km}^2$ 。勘探许可面积 78464km²(其中有 25227km²与其他盆地共有),开发许可面积 14667km²。1988—1989 年大洋钻探计划 ODP 第 124 航次在西里伯斯盆地东北部打了两口井,分别是 767 井和 770 井。767 井(水深 4900m)位于盆地东北部的一个深水区,近 800m 连续取心提供了一个包含玄武岩基底的沉积剖面。770 井(水深 4500m)位于 767 井北北东方向 50km 处,打在一个隆升的基底之上。这次航行钻探基本确定了西里伯斯海的年代、地层、古大洋特征和应力状态等。之后,“德国—印度尼西亚西里伯斯海地球科学调查”合作项目中的 SONNE 巡航舰 98 号对西里伯斯海域开展了地球物理、地质以及地球化学调查。因为西里伯斯海水深基本在四五千米,作业勘探难度大,所以尚未开展其他勘探开发活动。

第二章 中南半岛陆间裂谷油气地质

第一节 构造沉积演化

一、构造分区及盆地分布

中南半岛陆间裂谷主要发育于巽他陆块边缘, 昆山—万安盆地和湄南盆地为典型的陆间裂谷盆地(图 1-4), 两个盆地总面积约 $32 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。

昆山—万安盆地位于越南及其周边地区, 发育三个次级构造单元, 分别为九龙次盆、昆山隆起和南昆山次盆, 总面积约 264830 km^2 , 呈北西—南东向长轴状分布(图 2-1)。

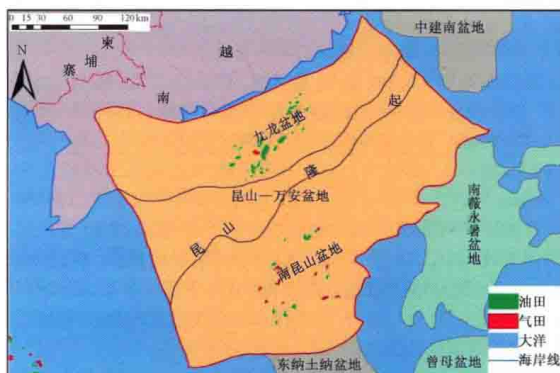


图 2-1 昆山—万安盆地位置及构造单元划分图

在昆山—万安盆地中, 九龙次盆位于中南半岛及南海东缘越南东南部海域, 盆地主体位于海上, 少部分延伸至陆上, 与南昆山次盆由中部的昆山隆起相隔。九龙次盆面积约 97995 km^2 。南昆山次盆位于中国南海的西南缘, 越南南部境内; 它与泰国湾由西部的呵叻隆起相隔, 与马来西亚盆地由南侧的纳土纳拱门相隔, 与九龙次盆由中部的昆山隆起相隔。南昆山次盆面积约 162254 km^2 。昆山隆起位于昆山—万安盆地中部, 面积约 38303 km^2 。

湄南盆地是位于泰国中部平原区的典型大陆裂谷盆地, 整体呈南北向带状延伸, 总面积 62921.6 km^2 , 盆地东部毗邻呵叻高原盆地, 北部临近清迈盆地, 南部紧邻泰国湾盆地, 包含两个构造单元: 北部的彭世洛次盆和南部的湄南次盆(图 2-2)。

二、构造沉积演化

中南半岛陆间裂谷盆地裂谷期始于始新世, 经历了长期裂谷期、后裂谷期, 主要发育始新