

中国石油天然气集团公司 石油地质研究系列丛书之五
杭州石油地质研究所

石油地质论文集

王根海 主编

浙江大学出版社

内容提要

本书共收集论文 30 篇,是中国石油天然气集团公司杭州石油地质研究所自“八五”期间以来从事国家与部省级科研项目所取得的中国南方石油地质研究的科研成果。论文集内容广泛、资料丰富,涉及油气构造地质、地层学与沉积学、油气资源勘探评价、技术方法与应用等。

本论文集可作为广大石油地质工作者、地球物理工作者以及石油、地质院校师生的参考书。

卷首语

近几年,杭州石油地质研究所的广大科技人员在中国石油天然气集团公司“科研工作要面向油气勘探开发主战场”的方针指导下,积极开展南方海相中、古生代地层和陆相中、新生代盆地的石油地质研究,成果丰硕。

南方是我国潜在的含油气区,是我国陆上资源的战略接替区。1996年,中国石油天然气总公司在海南省召开了南方油气勘探工作会议,将南方的油气勘探工作提到了议事日程。

南方海相地层,自震旦纪到早、中三叠世沉积岩厚达8 000~10 000 m,发育多套烃源岩和碳酸盐岩、碎屑岩储层,在海相地层中除发现大量的地面油气、沥青显示和钻井中不同级别的油气显示外,还发现了贵州麻江、浙江泰山、广西邕西、大厂等不同时代的古油藏和江苏句容、贵州虎庄残留油藏以及鄂西建南、黔北赤水等气田,四川盆地已成为我国重要的天然气区。以上说明,南方海相原型盆地是含油气盆地,具有良好的油气地质和成油气藏条件。但由于晚三叠世后,经过印支至喜马拉雅的多期构造运动,中、古生代海相原型盆地被强烈改造,因此,在油气藏形成过程中,“三史”(构造演化史、有机质演化史、孔隙演化史)的时间配置关系,控制了成藏类型及烃类的物理状态,“三史”的空间配置关系,控制着油气藏富集程度。油气藏形成后,经过多次改造,原生油气藏或受到破坏,或重新组合分配,因此,晚期保存条件(盖层、水文地质、圈闭)是南方海相地层油气勘探的关键。

本论文集收集了杭州石油地质研究所“八五”期间以来的南方石油地质研究成果,包括油气构造地质、地层学与沉积学、油气资源勘探评价、技术方法与应用等,通过对构造、沉积、油气演化特征、油气藏形成规律等研究,认识到南方海相地层油气地质条件中,沉积建造是基础,后期改造是要害,保存条件是关键。在研究过程中,采用以构造演化为主线,以“改造”、“三史”配套、油气系统和有效成藏组合为核心,抓住保存条件这个关键,进一步深化了对海相地层石油地质规律的认识。

欣慰的是,本论文集的绝大多数作者是杭州石油地质研究所的青年科技工作者,是后起之秀,他们在研究过程中,从野外到室内,收集了大量实际资料,从野外观测、室内资料整理分析、理论研究及思维方法上都得到很好的锻炼。相信他们在以后的科研工作中,一定会更加勤奋,更富有创新精神,为我国石油工业发展做出更大的贡献。

1999年1月18日

目 录

油气地质构造

中国南方海相地层油气勘探现状及前景.....	王根海(1)
十万大山地区构造演化和含油气远景评价	尤靖妹 俞 广 何志泉 林年添 夏九峰(15)
中国东南部新生代盆岭构造特征	徐汉林 沈 扬 丁 晓 徐嘉炜(24)
大别山北麓石炭系盆地演化及其构造涵义 ...	张惠良 屠小龙 斯春松 李宝芳(32)
关于秦岭造山带的新认识及有关启示	姜涌泉(38)
湖南省衡山西界牌倾滑韧剪带的变形与应变分析	徐汉林 付万德 徐嘉炜(44)

地层学与沉积学

陆相盆地层序地层研究方法探讨	赵宗举(50)
江西玉山晚奥陶世层孔虫—珊瑚点礁	陈学时(57)
安徽淮南地区上元古界至下古生界风暴岩特征及其环境意义	周进高(64)
浙江省地史时期森林植物群演替史及植物区系	陈其爽(71)

油气资源勘探评价

中国南方下二叠统烃源岩评价与油气资源潜力预测	杨 斌 蒋全鹏(79)
中国南方新生代陆相成因烃源岩研究及勘探方向	吕福亮(86)
中国南方海相含油气区烃源岩有机质热演化特征	陈能贵 杨 斌(92)
上二叠统龙潭组树皮体在水介质条件下热压成烃模拟实验	沈金龙(99)
楚雄盆地油气成藏分析与勘探建议.....	梁 兴(106)
广西宁明下二叠统礁古油藏储层及成藏机理.....	陈学时(116)
应用噻吩类化合物确定原油类型和碳酸盐岩成熟度	张润合 杨 斌(123)
乐平煤成烃基础.....	吕福亮(129)
中国南方下寒武统烃源岩评价与油气资源潜力	杨 斌 贺晓苏 徐云俊 武全云 杨兰英 徐美茹(135)

技术方法与应用

针对地质问题采用关键技术提高油气勘探效益.....	李大成(142)
以无为盆地为例初探苏皖南地区地震资料的解释方法.....	斯春松 温祥泉(150)
钻井资料缺乏区平均速度的求取及其应用效果分析.....	林年添(154)
残余盆地与油气系统模拟.....	贺小苏 王英民 徐美茹 杨兰英 严志民(159)

南方海相残余盆地油气资源评价方法·····	杨兰英 贺小苏 徐美茹 严志民	(167)
网络资源共享应用方法·····		何忠泉(175)
南方油气勘探图形数据库设计考虑和特点·····	谢锦龙 谢振存	陆俊明(180)
露头地层倾角深—时转换法·····		林年添(185)

科技期刊工作

办好《海相油气地质》期刊迎接 21 世纪中国石油工业新发展 ···	张跃平 赵国宪	(191)
科技期刊编辑出版高新技术化的现状及发展趋势·····	赵国宪 张跃平	(199)
科技期刊也应该营造“美”的氛围·····		金顺爱(209)

中国南方海相地层油气勘探现状及前景

王根海

摘 要:中国南方海相地层地质构造极其复杂,从震旦纪开始,经历了早古生代大陆裂解、晚古生代弧后扩张、中生代碰撞造山和新生代走滑拉张四个阶段,因此,中国南方海相盆地的构造演化是受华南板块、华夏板块、华北板块及印支板块之间的离散和汇聚决定的。南方海相地层是我国潜在的含油气区,其主体华南陆块周缘有四次碰撞造山事件和四次油气成藏期;有四套区域性的主力生油岩和三套地区性的生油岩。由于构造复杂,保存条件是南方海相地层油气勘探的关键,但至少有三种有效的成藏组合。根据石油地质条件,将南方主要盆地分为三类。

关键词:海相地层;中国南方;构造演化;油气勘探;油气远景

中国南方主要指长江以南地区,包括苏、浙、皖、鄂、湘、赣、闽、粤、琼、滇、黔、桂、川、沪等14个省市,总面积 $221 \times 10^4 \text{ km}^2$,其中中、古生界海相碳酸盐岩分布面积 $149 \times 10^4 \text{ km}^2$,有利勘探面积 $76 \times 10^4 \text{ km}^2$,目前仍处于区域勘探评价阶段。

四十多年来,经过南方各石油勘探部门的共同努力,已完成全区大部分地区石油地质普查和一些地区构造详查,30多条与MT叠合的区域走廊地质大剖面和地质构造廊带大剖面,全区完成航磁、重力和大部分地区的重磁测量,累计完成地震测线20 000余千米,在海相地层打探井数百口。通过这些工作,在滇、黔、桂、鄂、苏、皖六省区发现了工业油气田,还发现了一批古油藏和残留油气藏,以及大量的地面沥青和油气显示。

中国南方,从震旦纪到中三叠世发育了大陆边缘型和裂谷型沉积盆地,海相地层累计厚度超过10 000 m,有多套生储盖组合,原始成油条件优越,并有过大量的油气生成、运移、聚集与成藏过程,是我国潜在的含油气区。

除了各油田勘探研究单位在各自勘探范围开展的以学科、专题为主的研究以外,近年来,中国南方海相地层的油气地质勘探又投入了较多的大区、盆地、区块评价所必需的勘探工作量,并在广泛占有基础资料、进行工业性编图的基础上,以构造演化为主线,以油气系统和整体封闭条件为核心,应用先进、实用的评价技术,对中国南方海相油气地质进行了多学科的综合研究。

1 大地构造背景

1.1 华南板块构造拼合史

根据区域重磁和地质资料,结合区域大剖面进行分析后认为,南方构造的演化历史分为

作者简介:王根海,男,1945年生,高级工程师,长期从事石油勘探、研究和管理,现任中国石油天然气集团公司杭州石油地质研究所所长

以下几个阶段^①。

(1) 震旦纪—早古生代大陆裂解、被动边缘沉降阶段

中国南方的中、古生代海相沉积盆地起始于晚元古代泛大陆的裂解,原中国陆块发生陆内裂谷拉张和后续的被动边缘沉降,从而发生华南板块与华北板块、华南板块与华夏板块之间的裂离并生成秦岭洋和华夏洋(图 1(a))。至早古生代时,华南板块南、北两侧发育成被动大陆边缘盆地。

中、晚奥陶世—志留纪,华南板块向北俯冲形成华北板块南部陆缘的丹凤岛弧带和弧后盆地,华夏板块向西俯冲形成华南板块南部陆缘的武夷—云开岛弧带和弧后仰冲隆起带(图 1(b))。

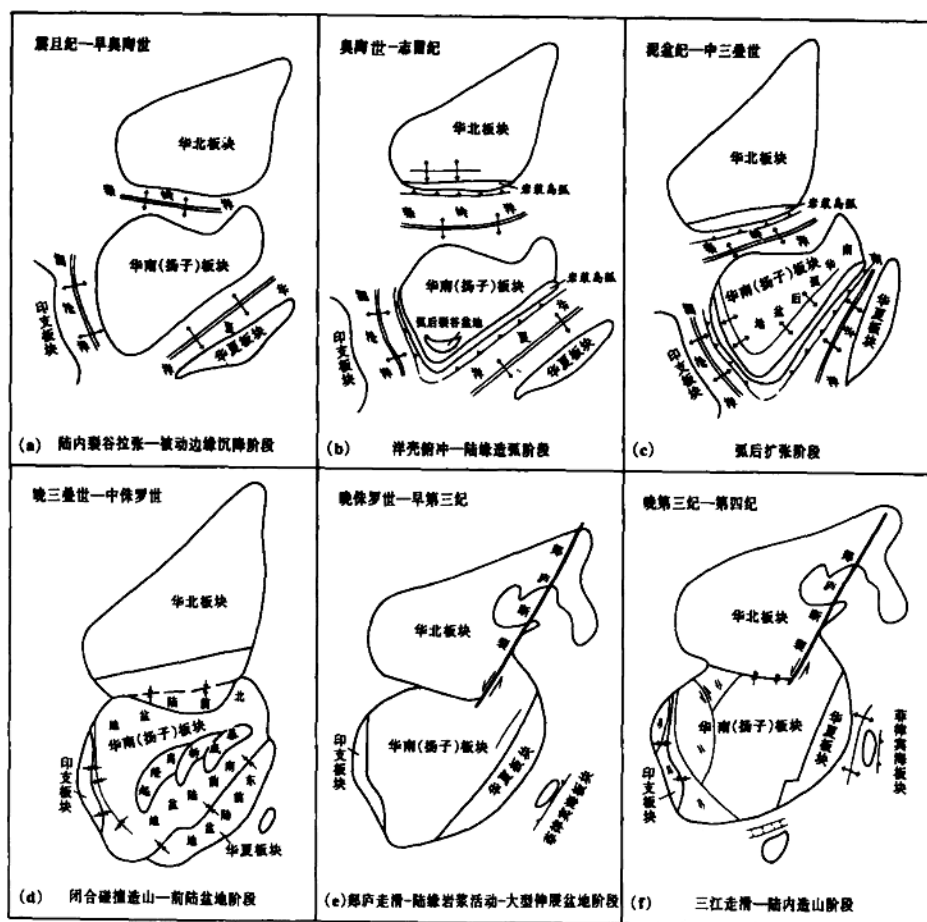


图 1 中国南方大地构造演化阶段

(2) 晚古生代弧后扩张—弧后盆地阶段

由于长时期的俯冲使华南板块岩石圈不断减薄,终于在泥盆纪初期被打开,形成弧后盆

① 马力,钱奕中,王根海,等 中国南方海相油气勘探研究新进展.海相油气地质,1997,(2):1~14

地的锥形——微型复式裂谷,首先在广西地区,然后向东北方向(湘赣地区)逐渐扩展(图 1(c))。

该期弧后盆地沉积以弧后地区的台地、台盆、台沟(槽)相间和碳酸盐岩—碎屑岩相变快为特点,并含有一套特征的弧后含火山岩沉积建造。

(3) 中生代碰撞造山—前陆盆地阶段

三叠纪早期,华南板块与相邻板块初始碰撞,前陆岩石圈遭受挤压后急剧下弯而产生前渊,沉积了一套复理石建造。晚三叠世至中侏罗世,板块碰撞渐达高潮,造山带迅速崛起,前陆盆地中普遍沉积一套磨拉石建造,以陆相河湖相为主(图 1(d))。江南—九岭—雪峰基底拆离隆起区以南的南前陆盆地和东前陆盆地中该套沉积赋存较完整,有清楚的边缘相;北前陆盆地由于存在大面积水平逆掩的推覆杂岩带,掩覆或破坏了该套沉积,未发现边缘相,仅残留了前陆斜坡沉积。

(4) 晚白垩世—新生代下伏海相盆地调整及上覆多因复式盆地阶段

前陆盆地阶段之后,南方的剥蚀和沉积频繁交替,进入海相实体调整期。这一阶段的构造运动决定了现今南方海相油气的分布格局;以郯庐走滑断裂系为代表的大规模走滑位移形成走滑拉分盆地(大别造山带及下扬子西缘)和大型晚白垩世—早第三纪(97~23 Ma)的沉积盆地(图 1(e));晚第三纪(23 Ma)的正反转构造阶段是海相盆地的又一重要调整期,三江地区的各块体产生大规模走滑位移和盖层滑脱(兰坪—思茅盆地与楚雄盆地之间的走滑变位)(图 1(f))。

1.2 华南板块的构造区划

华南板块的构造分区总体格局是:华南板块为四周造山带或走滑碰撞带所环绕,北界秦岭—大别—鲁苏造山带,东临浙闽粤中生代火山岩区,西靠三江特提斯造山带;华南板块主体又可分为扬子中生代周缘前陆盆地区,江南中、新生代基底拆离隆起区,南华中生代弧后前陆盆地区(包括康滇中生代弧后前陆盆地区)(图 2)。各分区的形变特征如下。

前陆盆地区 两个前陆地区从造山带向前陆方向均具有从造山带核部杂岩(古陆缘岛弧或火山岛弧)向推覆杂岩带、前陆褶皱冲断带直至前陆盆地形变强度依次减弱、地层剥蚀深度依次降低、地层依次变新的形变规律。

基底拆离区 中、新生代的强烈基底拆离活动使本区大幅度上隆而大面积出露元古界,基底拆离时对本区前缘的巨大推挤力使之形成形变强度、剥蚀深度有规律递减的前缘褶皱冲断带,而在本区后缘由于背冲(如九岭南缘)或隆起,海相地层大面积滑覆或受背冲挤压改造,使原有的构造形变更趋复杂化。

走滑形变区 由于三江新生代走滑构造活动,形成一些变质年龄仅为几十个百万年的动力变质岩,思茅拗陷内部的营盘山走滑断裂甚至使白垩系也发生轻微变质。经过走滑运动后的地质体不能再同周边地质体作简单的对比。

岛弧带 云开—武夷古生代岛弧带和澜沧江古生代岛弧带是在板块俯冲下逐渐崛起的陆缘弧,它们既有“I”形岛弧岩浆岩又有“S”型碰撞花岗岩和碰撞型火山岩系,同时也不乏大面积出露陆缘基底深部岩石的高度形变地质体。

火山岩区(带) 浙闽粤中生代周缘前陆盆地因大面积火山岩覆盖而成相对未知区,虽然后期火山岩和花岗岩对海相实体有破坏作用,但前陆盆地仍存在一些保存区。

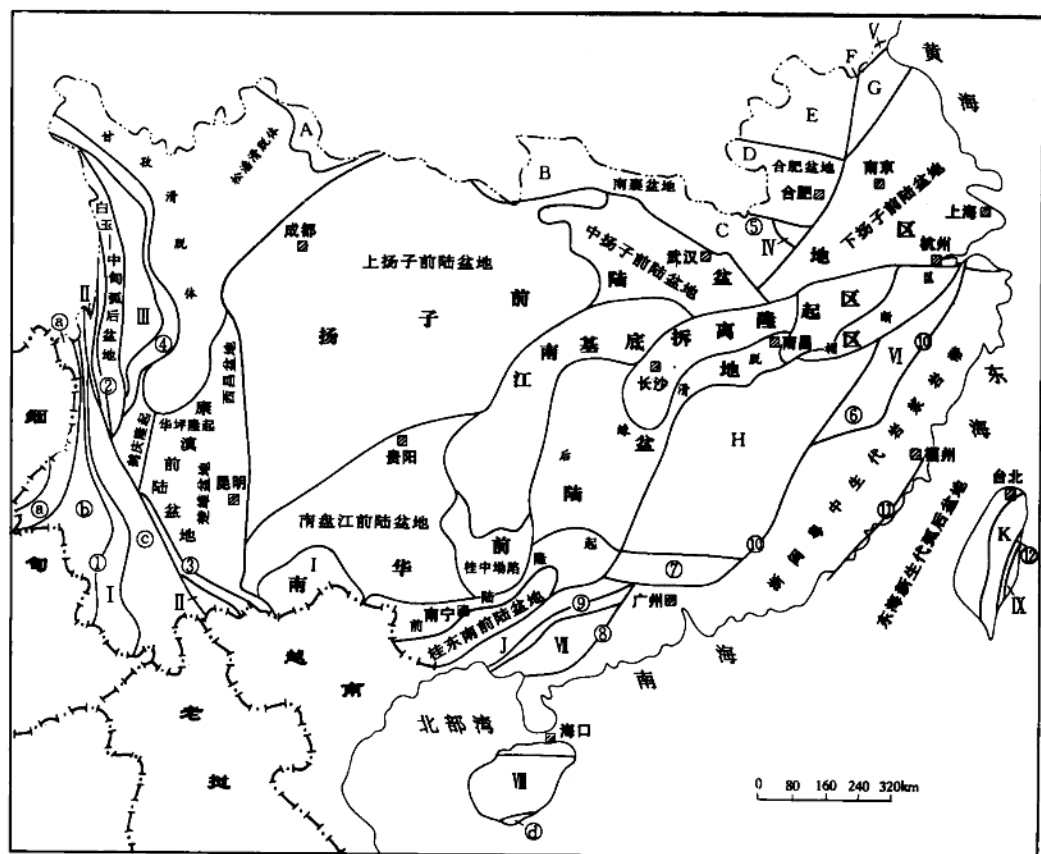


图2 中国南方含油气构造区划图

岛弧(带): I 澜沧江; II 维西—绿春; III 昌台—乡城; IV 北大别; V 胶南; VI 武夷; VII 云开; VIII 琼中; IX 海岸山脉。缝合带: ① 昌宁—双江缝合带; ② 金沙江缝合带; ③ 哀牢山缝合带; ④ 理塘缝合带; ⑤ 金寨—岳西缝合带; ⑥ 龙泉—松溪缝合带; ⑦ 佛冈缝合带; ⑧ 吴川—四会缝合带; ⑨ 博白—罗定缝合带; ⑩ 浙闽粤缝合带; ⑪ 长乐—南澳缝合带; ⑫ 台湾纵谷。杂岩带、褶皱带: A 摩天岭推覆杂岩带; B 武当山推覆杂岩带; C 随州—南大别推覆杂岩带; D 淮南褶皱带; E 徐淮滑脱褶皱带; F 郯庐断裂带; G 苏北推覆杂岩带; H 赣南—粤北推覆杂岩带; I 马关推覆杂岩带; J 钦州—容县推覆杂岩带; K 中央山脉造山带。微板块: a 梁河微板块; b 保山微板块; c 思茅微板块; d 崖县微板块

1.3 盆地性质和演化

中国南方地质历史时期的盆地性质和演化是受华南板块、华夏板块、华北板块及印支板块之间的离散与汇聚史决定的(表1)。

表1 南方构造旋回与盆地性质、演化耦合关系

构造旋回	构造事件	盆地性质及演化
喜马拉雅期	统一的中国板块发生伸展作用(以郯庐断裂走滑为代表)	内陆盆地(各种断陷、断拗、拗陷盆地)形成阶段并叠置于前陆盆地之上
燕山—印支期	华南板块向华北板块俯冲(P_2-K_1) 华夏板块向华南板块俯冲(P_2-K_1) 华南板块主体发生基底拆离隆起($T-K_1$) 原型海相盆地改造调整期	华南板块北缘周缘前陆盆地(P_2-K_1) 华南板块东南缘弧后前陆盆地(P_2-K_1) 江南—九岭—雪峰基底拆离隆起($T-K_1$) 原型海相盆地改造及构造盆地的形成
海西期	华南板块与华北板块分离(D_2-P_1) 华南板块与华夏板块分离(D_1-P_1)	华南板块东南缘活动大陆边缘弧后叠合盆地(D_1-P_1 沟-弧-盆体系) 华南板块北缘被动大陆边缘盆地(D_2-P_1) 扬子克拉通盆地($D-T_1$)
加里东期	华南板块与华北板块裂解($Z-O_1$) 华南板块与华夏板块裂解($Z-O_1$) 华南板块被动陆缘沉降($Z-O_1$) 华南板块向华北板块俯冲(O_2-S),秦岭小洋盆关闭但不造山 华夏板块向华南板块俯冲(O_2-S)造弧及弧后隆起	扬子克拉通盆地($Z-S$) 华南板块北缘被动陆缘盆地($Z-S_2$) 华南板块东南缘被动陆缘盆地($Z-D_1$)

中国南方沉积盆地的演化可划分为三个阶段:(1)古生代海相盆地形成和演化阶段,主要有扬子克拉通盆地、被动大陆边缘盆地及活动大陆边缘的弧后裂谷盆地;(2)中生代前陆盆地演化阶段,南北两个前陆盆地带具双层结构,下部为复理石建造,上部为磨拉石建造,并叠覆于被动大陆边缘盆地及活动大陆边缘的弧后裂谷盆地之上;(3)中—新生代陆内伸展盆地演化阶段,伸展作用形成一系列的断陷、断拗、拗陷盆地并叠覆于前陆盆地之上。江汉、苏北均已发现该期盆地的油气藏。每一盆地形成期均包含该期盆地的形成和对前期盆地的改造,多期盆地的叠覆和改造(残留盆地)构成了南方多旋回盆地油气勘探的复杂性。

2 石油地质基本条件

华南板块的南北两个不同类型的前陆盆地区与海相原型盆地古大陆边缘富烃沉积层序相叠合,是南方油气勘探的主要选区目标。

2.1 烃源岩条件

早古生代中国南方基本保持“两盆一台”的格局,可分为扬子、南秦岭和南华三个沉积域。扬子浅海位于中间,是个稳定的碳酸盐台地,其两侧分别为南秦岭海和南华陆缘海,从而构成了华南板块南北两条被动大陆边缘。晚古生代仍基本保持“两盆一台”的格局,但华南板块南部发生强烈的古特提斯弧后扩张(形成滇、黔、桂弧后小洋盆),使南侧大陆边缘复杂化。

扬子南部大陆边缘(包括早古生代被动大陆边缘和晚古生代—三叠纪活动大陆边缘,前者大陆坡及盆地相区宽达1 000 km)是主力烃源区;扬子北部大陆边缘由于后期造山带翻转逆冲掩覆及陆壳俯冲消减,现存宽度不大。据测算原始秦岭洋最大宽度达2 900 km,因此在地史上也可肯定是十分重要的烃源区。

中国南方海相地层大陆边缘盆地中存在四套主力烃源岩,即下寒武统、下志留统、二叠系及下三叠统。下寒武统、下二叠统烃源岩形成于海平面上升和与上升洋流有关的缺氧环

境,中奥陶统一下志留统烃源岩形成于周缘挤压隆起而形成的局部性闭塞缺氧环境,中、下泥盆统烃源岩形成于弧后盆地裂开期海水循环受阻的深水缺氧环境。

除了上述四套区域性分布的主力烃源岩外,还有地区性烃源岩,如滇、黔、桂地区,南盘江地区,桂中拗陷,十万大山盆地的中、上泥盆统,中、下扬子地区的下奥陶统,楚雄盆地的上三叠统等。这些局部范围分布的烃源岩对于形成南方油气资源也有着不可忽视的潜力,特别是随着南华弧后盆地的逐渐打开在滇、黔、桂地区形成的中、上泥盆统罗富组及榴江组这一套重要烃源岩。

表2、表3展示了南方海相地层的油气资源潜力。原始总生烃量(油当量)为 $38\,541.31 \times 10^8 \text{ t}$,其中上组合(上古生界—三叠系)为 $22\,294.90 \times 10^8 \text{ t}$,下组合(下古生界)为 $16\,316.95 \times 10^8 \text{ t}$,上组合以碳酸盐岩生油为主,下组合以泥质岩生油为主(表2);根据南北两个前陆盆地带16个盆地所测算的油气资源量石油为 $31.0517 \times 10^8 \text{ t}$,天然气为 $38\,941.5 \times 10^8 \text{ m}^3$ (表3);表4是南方主要烃源岩数据表,从中可以看到下寒武统、下二叠统及上三叠统烃源岩是南方分布面积最广、烃源岩厚度最厚、有机质最丰富、生烃潜力最大的三套区域性烃源岩。

表2 南方海相地层烃源岩生烃贡献表

层 位	生烃量($\times 10^8 \text{ t}$)		
	泥质岩	碳酸盐岩	煤 层
T ₁₋₂	229.87	3 419.25	—
P	4 689.30	7 082.21	1 424.22
C	386.17	630.42	—
D	3 040.83	1 322.09	—
小计	8 346.17	12 524.51	1 424.22
S	1 882.23	—	—
O	652.99	—	—
Є	10 768.62	848.15	—
Z ₂	1 231.39	933.57	—
小计	14 492.93	1 781.72	—
合计	22 779.10	14 306.28	1 424.22

表3 中国南方主要含油气盆地(区块)资源量数据表

序号	盆地(区块)名称	盆地(区块)面积 (km^2)	资源量	
			油($\times 10^8 \text{ t}$)	气($\times 10^8 \text{ m}^3$)
1	十万大山	11 525	5.8	1 212.8
2	当阳	15 100	0	3 171
3	沉湖—土地堂	15 400	0.0417	1 435.3
4	楚雄	36 500	6.36	9 552
5	句容—海安	16 300	1.86	5 938.6
6	无为	2 500	0	1 348
7	南陵	2 800	1.75	87.7
8	合肥	20 000	0	5 827

续上表

序号	盆地(区块)名称	盆地(区块)面积 (km ²)	资源量	
			油($\times 10^8$ t)	气($\times 10^8$ m ³)
9	南盘江	59 650	1.09	1 937.5
10	苏北	35 900	2.08	1 888.3
11	思茅	47 000	8.91	593.4
12	黔南	30 000	0.63	2 093
13	西昌	6 400	0.55	1 457.5
14	太湖	5 000	0.11	183.5
15	金衢	3 500	0	980
16	桂中	42 000	1.87	1 235.9
合 计		34 957 531.0517	38 941.5	

注: 句容—海安资源量包含句容—常州地区(油 1.07×10^8 t, 气 $2\,025.7 \times 10^8$ m³)和泰州—海安地区(油 0.79×10^8 t, 气 $3\,912.9 \times 10^8$ m³)的资源量。

表 4 南方主要生油岩特征表

层 位		厚 度(m)		岩 性	生油指标			分 布 范 围
代 号	组 名	地层总厚度	生油岩		丰 度		类 型	
					C _{org} (%)	氯仿“A”($\times 10^{-6}$)		
Z ₂ ¹	陡山沱组	250	60~70	碳酸盐岩、硅质页岩、硅质岩夹磷块岩	0.68~1.20	26~1.4	I	除四川、江汉盆地外的扬子区
E ₁ ¹	水井沱组 牛蹄塘组 龙门冲组 荷塘组 幕府山组	100~300	100~200	碳质页岩为主夹硅质岩、底部普遍含碳质结核和条带,浙西、皖西、鄂东南、湘西北及黔南等地夹10~70 m煤层	0.90~1.14	42~59	I	扬子区
O _{1n}	宁国组	300~400	17~166	笔石页岩夹硅质岩	0.54~1.10	40~55	I	湘中、江西大部、浙西、皖南
S ₁	龙马溪组 (高家边组)	100~1500	100~500	黑色页岩	0.39~1.34	70~109	I	中、下扬子区
D ₂	应堂组 东岗岭组 (独山组)	400~3000	50~200	深灰、灰黑色泥晶灰岩、泥灰岩、泥岩夹硅质岩	0.48~2.57	11~70	I	黔南—桂中
P _{1q}	栖霞组	300~400	21~192	深灰—灰黑色泥晶灰岩、生物屑灰岩为主	0.47	200	I~II	全区广泛分布
P _{2l}	龙潭组	100~700	50~200	以海陆交互相碎屑岩为主,夹煤系和泥质灰岩	1.30	3400	I~II ₂	牛首山东侧六盘水地区、苏南、皖南、长广—萍乐一带
T ₁	嘉陵江组 大冶组 (青龙组)	130~1321	28~792	底部暗色泥岩、泥灰岩	0.10	100~200	I~II	中、下扬子区
T ₃	白土田组 罗家山组 云南驿组	200~4000	58~2598	下部海相和陆相过渡相暗色泥岩	0.85~1.33	125	I~II	楚雄盆地、思茅拗陷等

2.2 储集条件

早古生代储集岩主要发育于台地边缘沉积区, 以白云岩为主, 少量砂岩。

中震旦统灯影组白云岩:夹硅质条带,具纹层状、葡萄状叠层石和鸟眼构造等,中下扬子区厚 300~850 m。

中—上寒武统白云岩:在扬子区广泛分布,厚 200~900 m,中寒武统以泥粉晶白云岩为主,上寒武统为粉细晶白云岩,常见潮坪沉积构造。

黔东南志留统砂岩一般厚 10~130 m,是麻江古油藏的重要储层,浙江余杭泰山古油藏上震旦统西峰寺组砂岩厚 9.5 m,普含沥青。

晚古生代储集岩以开阔海台内浅滩和台地边缘礁、滩相沉积为主。开阔海台内浅滩从泥盆系一下三叠统均有分布,岩性为生物碎屑灰岩和砂屑灰岩,少量鲕粒灰岩,厚 100~200 m(最厚 500 m)。主要发育于滇黔桂地区,以石炭、二叠系生物礁灰岩为特征。从中泥盆世开始,生物礁已在南盘江地区繁盛,到二叠纪茅口期和长兴期达到鼎盛,礁体厚 17~300 m(最厚 900 m)。

2.3 保存条件

前陆盆地对南方海相实体油气的后期保存起着重要作用(表 5)。整体封闭保存条件是南方海相实体油气勘探的关键。燕山—喜马拉雅期的构造活动及由此引发的整体封闭保存条件的破坏、原生气藏的形成决定了南方海相实体的油气勘探以寻找晚期成藏的次生气藏为主。

表 5 南北两个前陆盆地中、新生代盖层厚度统计表

地区	T ₁₋₂ (m/km ²)	J ₁₋₂ -J ₃ (m/km ²)	J ₃ -K ₁ (m/km ²)	K ₂ -E (m/km ²)
北前陆盆地带		150~300/140 500	350~2 500/140 500	150~2 000/107 985
上扬子区	300~800/	500~2 500/	100~1 000/	
中扬子区	200~500/	300~700/	200~300/	500~2 000/
下扬子区	100~200/	局部	局部	150~2 000/
合肥		150~500/	500~1 000/	500~1 500/
南前陆盆地带		250~3 800/122 600	450~5 400/122 600	250~3 000/133 220
南盘江盆地	>500	局部		
十万大山盆地	>500/	500~1 000/		200~600/
楚雄盆地	局部	1 000~3 000/	700~2 400/	
兰坪—思茅盆地	<150/	300~700/	700~3 000/	50~500/

南方海相实体油气保存单元可划分为:继承型油气保存单元、重建型油气保存单元、构造型油气保存单元。

继承型油气保存单元 油气整体封闭保存条件是继承先期基本未遭破坏的整体封闭保存体系,如楚雄盆地北部区块及南部区块、十万大山盆地北部区块(靠南)及南部区块(靠北)、南盘江拗陷秧坝区块。

重建型油气保存单元 油气整体封闭保存体系是由于后期新生代盆地叠合后重新建立而成的,如苏北盆地南北逆冲—滑脱前缘带断坪部位、江汉盆地纪山寺断裂—潜北断裂以南区块、楚雄盆地北部及东北部的 K₂-E 保存区、十万大山盆地 K₂-E 覆盖区、苏皖南地区的 K₂-E 覆盖区。

构造型油气保存单元 油气整体封闭保存体系由推(滑)覆构造作用而形成的推覆体+

被掩体局部性封闭体系(影子盆地)构成,如黔东区块、桂中坳陷的环江区块、楚雄、南盘江、十万大山、江汉、苏北等前陆盆地逆冲推覆带之下的掩蔽部位。

2.4 有效成藏组合与含油气系统

华南板块周缘存在四次重大碰撞造山事件和四次主要油气成藏期(表6)。

表6 南方地区构造演化特征简表

地 质 时 代			年 龄(Ma)	构造 旋 回	碰 撞 造 山 期	主要构造演化特征														
代	纪	世																		
新 生 代	第四纪	Q	1.5±0.5	喜 马 拉 雅	23 Ma 以来	印度板块与欧亚板块碰撞造山事件														
		N ₂	25±2																	
	第三纪	N ₁																		
		E ₃																		
		E ₂																		
		E ₁	67±3																	
白垩纪	K ₂	137±5		燕 山	97~80 Ma	怒江—班公错及雅鲁藏布江中特提斯洋关闭及碰撞造山事件														
	K ₁																			
侏罗纪	J ₃	195±5	印 支		230~200 Ma	南秦岭—大别—胶南、甘孜、理塘—金平(哀牢山西侧)及金沙江—藤条江古特提斯洋关闭及碰撞造山事件														
	J ₂																			
三叠纪	J ₁	230±10		海 西			420~340 Ma	北秦岭洋关闭、碰撞造山事件及南华加里东造山事件												
	T ₃																			
	T ₂																			
二叠纪	T ₁	285±10	加 里 东																	
	P ₂																			
	P ₁																			
石炭纪	C ₃	350±10																		
	C ₂																			
	C ₁																			
泥盆纪	D ₃	405±10																		
	D ₂																			
	D ₁																			
志留纪	S ₃	440±10																		
	S ₂																			
	S ₁																			
奥陶纪	O ₃	500±15																		
	O ₂																			
	O ₁																			
寒武纪	Є ₃	570																		
	Є ₂																			
	Є ₁																			
震旦纪	Z ₁	700±20																		
	Z ₁																			
前震旦纪		850±20																		

加里东期 北秦岭洋关闭、碰撞造山事件(420~340 Ma)及南华加里东造山事件;

印支期 南秦岭—大别—胶南、甘孜、理塘—金平(哀牢山西侧)及金沙江—藤条江古特提斯洋关闭、碰撞造山事件(230~200 Ma);

燕山期 怒江—班公错及雅鲁藏布江中特提斯洋关闭、碰撞造山事件(97~80 Ma);

喜马拉雅期 印度板块与欧亚板块碰撞造山事件(23 Ma 以来)。

受上述四次碰撞造山运动控制,在南方地区有四次大致相应的主要油气成藏期。加里东期是南方的一次重要成藏期,地质历史上,在扬子这个稳定地台区形成过一批特大型油田,如四川古陆核部位(乐山—龙女寺古隆起)有过 $40 \times 10^8 \sim 50 \times 10^8$ t 的油气聚集,贵州麻江、瓮安及浙江余杭泰山的古油藏也达 $1 \times 10^8 \sim 10 \times 10^8$ t 的规模。印支期也是南方一次重要成藏期,建南气田、贵州石头寨、云南温浏、广西安然和南丹大厂生物礁古油藏均形成于这一时期,古油藏规模达 $1 \times 10^8 \sim 10 \times 10^8$ t。燕山、喜马拉雅期既是原生海相油气藏的破坏和次生油气藏的形成期,又是中生代陆相盆地油气成藏的时期。由于晶包有机质生烃潜力和二次成烃问题还需作更深入细仔的研究,目前还不能断定燕山—喜马拉雅期是否存在海相实体的油气生成—运移—聚集成藏过程。

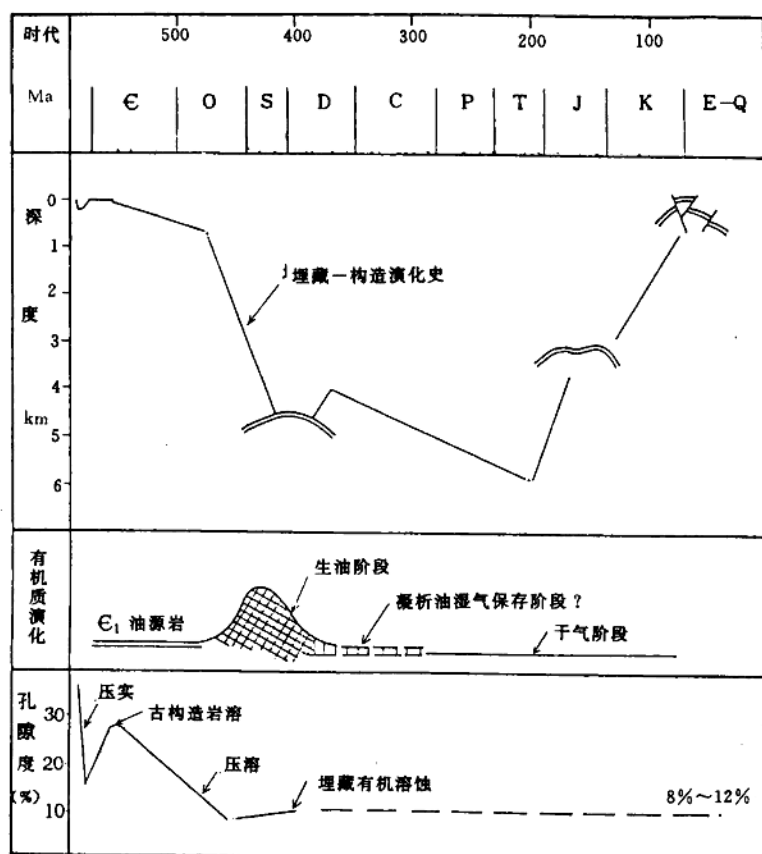


图3 凯里地区下奥陶统大湾组下部泥粉晶生物碎屑灰岩的“三史”组合

根据典型实例解剖,中国南方海相实体至少存在以下三种有效的成藏组合^①:

凯里型(图3) 代表贵州凯里地区下奥陶统大弯组下部泥粉晶生物碎屑灰岩的“三史”组合。其特点为:(1)构造发展使目的层经历了波动埋藏过程,志留纪末埋深仅700 m,二叠纪末达1 000~1 200 m,中三叠世末达4 000 m,晚三叠世以后逐渐抬升、剥蚀,圈闭形成于白垩—第三系。(2)多套烃源岩(ϵ 、O、S)造成油、气、沥青并存的现象,成烃的延迟弥补了圈闭晚成的不足。(3)在波动埋藏过程中孔隙度不断减少,但有机溶蚀作用可使孔隙度增加,至今大弯组生物碎屑灰岩的平均孔隙度仍达6.7%。该种类型的成藏组合只要保存条件好,可望找到油气藏。类似的“三史”关系在湖南辰溪、江汉沉湖—土地堂、安徽无为、江苏句容及江西萍乡—浙江长兴地区的二叠、三叠系目的层中均可望存在。

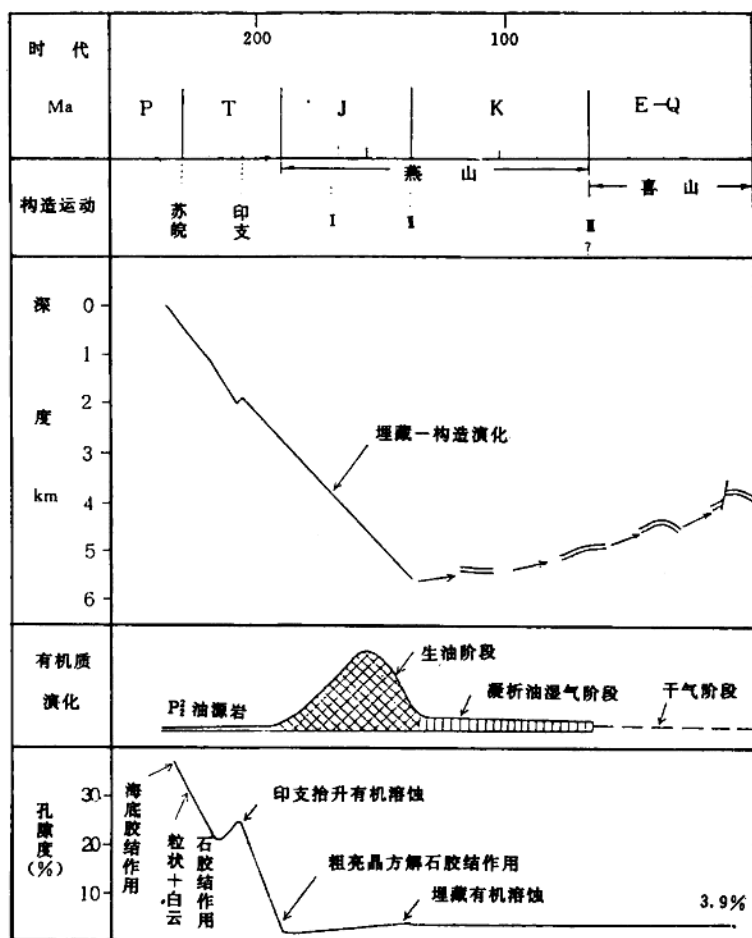


图4 鄂西建南上二叠统长兴组生物礁的“三史”组合

① 周楚,徐克定,童箴言等.中、下扬子及滇黔桂地区碳酸盐岩油气演化与保存条件研究及有利勘探区预测.七五国家重点科技攻关项目成果报告

建南型(图4) 鄂西建南上二叠统长兴组生物礁的“三史”组合特点为:(1)构造发展史显示目的层处于持续的埋深状态。中三叠世末礁体埋深2 000 m,侏罗纪末为5 400 m,晚侏罗世末开始抬升,圈闭形成于喜马拉雅期。(2)长一段烃源岩于晚三叠世末开始生油,中侏罗世末达到生油高峰,晚侏罗世末生油结束,白垩纪末进入干气阶段。(3)孔隙度随埋深增加而不断减少,当埋深至5 400 m时孔隙度仅为2%,但有机溶蚀作用可产生一部分次生孔隙,目前生物礁气层的平均孔隙度为3.9%,最高达14.6%。这种组合属成气藏组合,“三史”时间关系不匹配,致使目前生物礁气藏的充满度仅为30%左右。湖北建南地区的三叠系、贵州赤水地区的三叠系和上二叠统、黔南雅水—王佑一带的中泥盆统和江山—常山一带的上奥陶统均具有类似的组合特征。

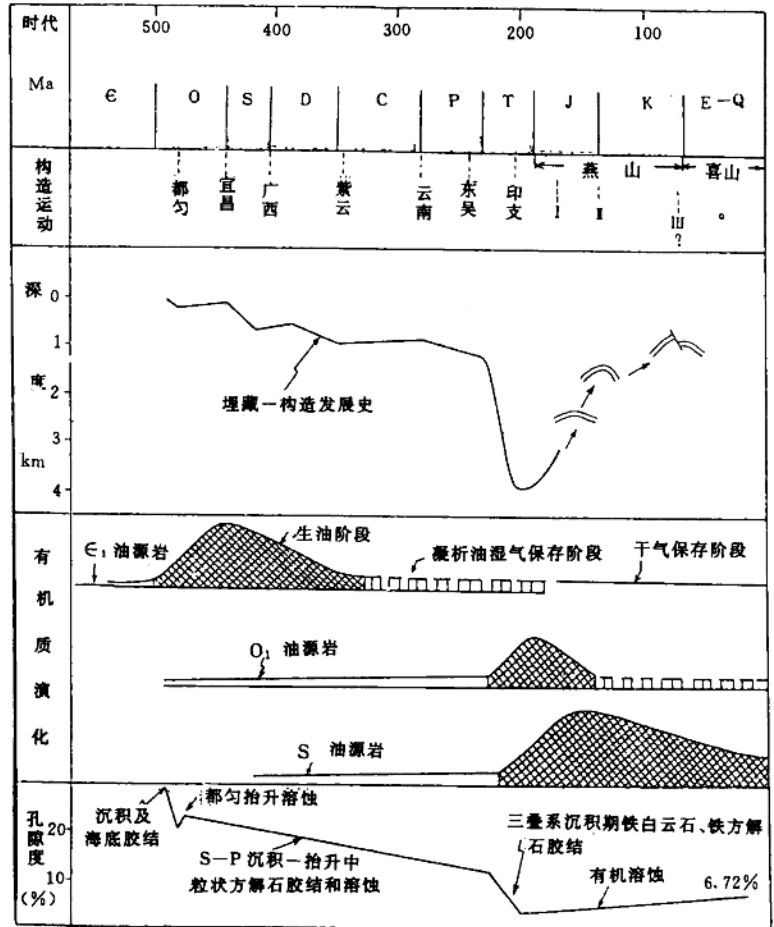


图5 浙江余杭泰山上震旦统西峰寺组藻礁白云岩的“三史”组合

泰山型(图5) 以浙江余杭泰山上震旦统西峰寺组藻礁白云岩为代表,其特点为:(1)由于震旦纪末桐弯运动的影响,使白云岩遭大气淡水淋滤。溶蚀时间长达2 Ma,使孔隙度增加至27%左右,为以后有效孔隙的形成奠定了基础。志留纪末虽经埋藏,但进油作用阻止了孔隙的减少。根据沥青充填的面孔率统计,构造顶部为12.5%,翼部平均亦达