

东海陆架盆地 油气资源勘探论文集

姜 亮 主编



东海陆架盆地 油气资源勘探论文集

姜 亮 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

东海陆架盆地是我国海上石油天然气勘探开发的重要战场之一,蕴藏着丰富的石油天然气资源。经过几轮对外合作和坚持不懈的自营勘探,一批油气田和含油气构造相继被发现。

本书汇编了东海陆架盆地近期的最新研究成果,主要包括盆地构造及油气远景评价,沉积地层及烃源岩研究、地球物理技术等方面内容,涉及的研究内容丰富。

本书可供从事油气勘探开发工作的科研人员参考,也可作为有关大专院校师生的专业参考书。

图书在版编目(CIP)数据

东海陆架盆地油气资源勘探论文集/姜亮主编.

北京:石油工业出版社,2004.1

ISBN 7-5021-4549-4

I. 东…

II. 姜…

III. 东海-大陆架-含油气盆地-油气勘探-文集

IV. P618.13-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 126801 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号楼 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

总 机: (010) 64262233 发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 河北天普润印刷厂印刷

2004年2月第1版 2004年2月第1次印刷

787×1092毫米 开本: 1/16 插页: 2 印张: 18.2

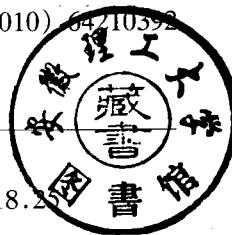
字数: 460千字 印数: 1—800册

书号: ISBN 7-5021-4549-4/TE·3185

定价: 45.00元

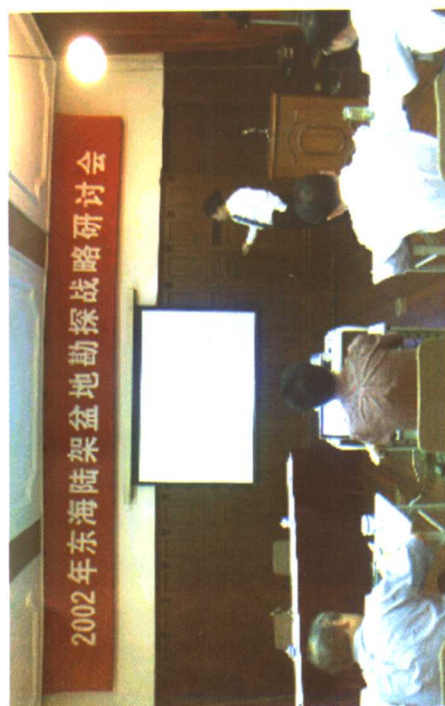
(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

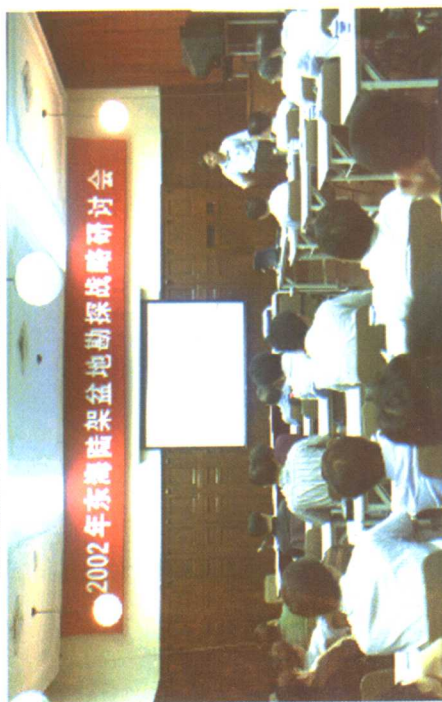




2002年9月8日至10日，“2002年东海陆架盆地勘探战略研讨会”在上海科学会堂举行，来自国内外的石油地质专家汇聚一堂，充分交流多年来的地质研究成果，并针对东海地质情况和勘探风险，献计献策，共同展望东海油气大开发的美好前景



中海石油上海分公司勘探部姜亮经理先做
《东海陆架盆地石油与天然气勘探现状及前景》的主题报告



中石化上海海洋石油分公司贾健谊副总经理在做
《东海西湖凹陷勘探现状与勘探前景》报告



中海油勘探风险委员专家陈斯忠总地质师做《东海盆地主要地质特点及找气方向》
报告。



中国科学院的两位院士和来自中石油、中石化、中海油、壳牌、优尼克、
科麦奇等中外石油公司的石油地质专家60余人出席了会议。



中国海洋石油总公司龚再升总地质师在聚精会神地听报告



中国海洋石油总公司总地质师、中海石油有限公司执行副总裁茹克出席会议



中国海洋石油总公司科技发展部初燕群总经理与江集阳院士在聆听专家报告，中石化勘探开发研究院关德花院长也参加了会议（右一）



上海石油学会理事长翟国华（前排右一）、马宗晋院士（右二）、中海石油研究中心董伟良主任（右三）出席了会议

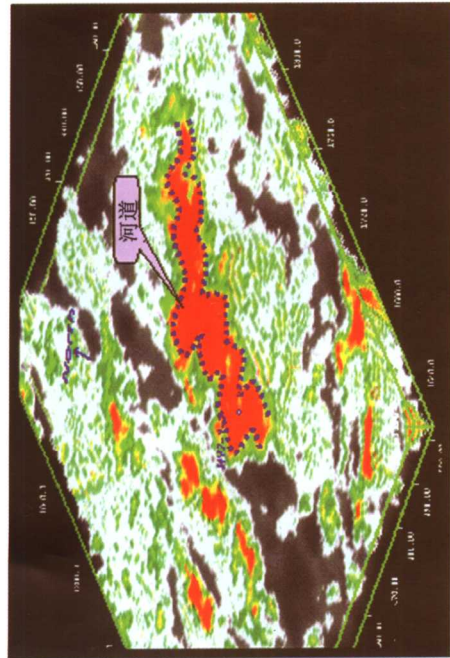


图 5 HV7-1 构造 DSTI 气层段河道沉积可视化效果

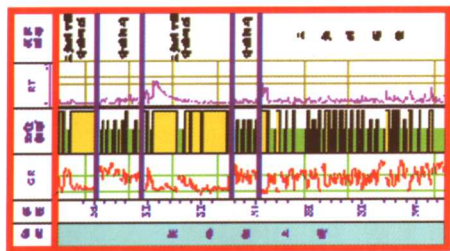


图 6 HV7-1 构造 DST3 气层段三角洲沉积三维可视化效果

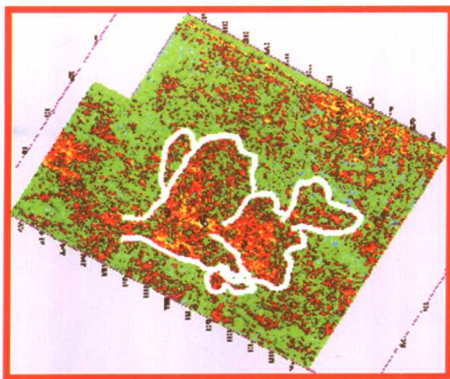


图 7 三维可视化雕刻各砂体的空间展布特征

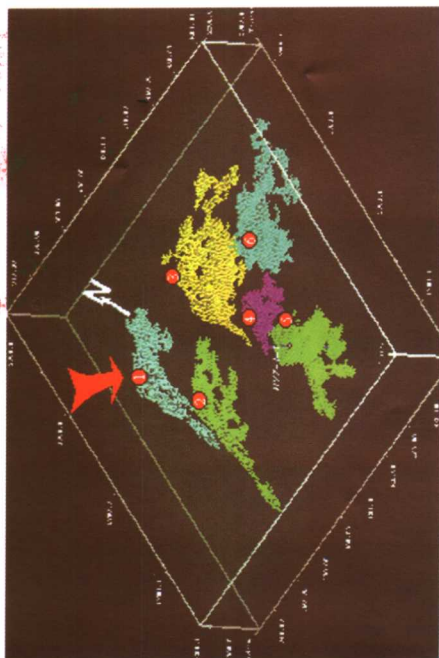
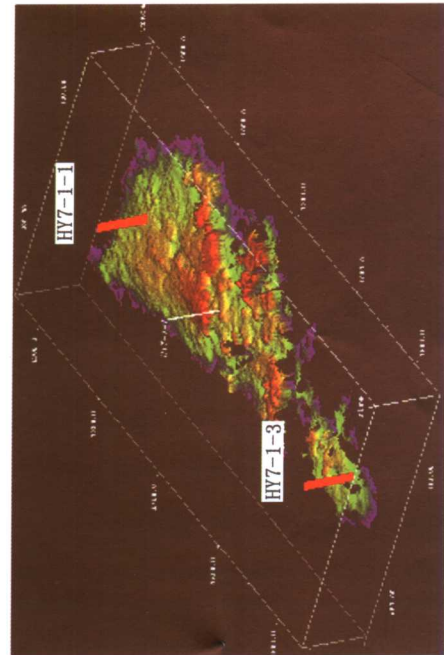


图 8 HV7-1-1DST3 气层气水界面以上砂体的空间分布



序 言

中国石油学会海洋石油分会和上海市石油学会于2002年9月—10月在上海联合召开了东海陆架盆地油气勘探战略研讨会,来自国内外的石油地质专家聚集一堂,充分交流了多年来在东海从事石油地质研究的成果,共同探讨东海油气勘探前景、油气勘探方向和进一步勘探的建议。

现在,姜亮同志主持,将会议论文汇编成集,这是一件很有价值的工作。这些论文都是近年来,一直从事东海陆架盆地石油地质研究的同志,做了大量科学试验和分析研究的基础上,从不同角度论述了东海陆架盆地的构造、地层、沉积和烃源岩特征,东海盆地的地球物理技术应用和特征,东海陆架盆地油气成藏条件、油气远景评价等,这些认识和见解,深化了对东海陆架盆地成藏规律的认识,对加快东海的油气勘探有重要的指导意义。

东海陆架盆地的勘探经历了许多年,已有多处发现,探明了一定的油气储量,也投产了平湖油气田,取得了突破性的进展,但离人们的期望值似乎还有一定距离。东海盆地油气勘探前景到底如何,怎样加快东海盆地的油气勘探开发,为长江三角洲经济发达地区服务,这是普遍关心的问题。

东海陆架盆地是我国近海最大的含油气盆地,据世界上油气勘探成功的新生代沉积盆地的经验分析,凡是有古大江、大河注入充填的盆地,一般都能发现巨大的油气区,如密西西比、格兰德河注入的墨西哥湾盆地,刚果河注入的西非下刚果河盆地,尼日尔三角洲盆地,越南湄公河盆地,我国黄河注入的渤海湾盆地,珠江注入的珠江口盆地等均有大量油气田发现。世界级大河长江注入的东海陆架盆地,充填了巨厚的新生代沉积,已证实在台北、西湖拗陷存在古新统、始新统、渐新统的优质烃源岩,及相匹配的储集层、盖层,有多期反转构造形成的圈闭,理应发现大油气油群,但目前尚未出现,为什么?

首先应肯定,在这个二十多万平方千米的盆地内,目前仅钻了60多口探井,应该说勘探程度非常低,属勘探初期,对盆地油气成藏规律的认识,还很肤浅。只有随着勘探程度的逐步加深,取得资料的增多,才能逐步认识这个盆地油气分布的规律,才会有大的油气发现。应该相信,既然存在良好的烃源条件,有生烃的物质基础,迟早都能找到相应的油气田。

但东海盆地在中国近海盆地中确实存在其特殊性和复杂性,它地处太平洋板块和欧亚板块碰撞前缘,属于陆缘弧后裂谷断陷盆地,在始新世末、渐新世末、中新世末存在三期挤压反转构造运动,在不同区域存在不同程度的地层剥蚀;具有较高的地温及热流体活动;盆地自陆缘向海域,其沉降、沉积、构造、断裂的发育发展,都有由老变新的趋势;这些特殊性影响着东海盆地的油气生成、运移、聚集。在今后的油气勘探中要特别重视的问题有:

(1) 深入研究台北、西湖拗陷古新统和始新统、渐新统烃源岩的生烃潜力和生烃期,特别注重它们在上新世和第四纪是否可以继续生烃,持续向已形成油气藏补给充注?

(2) 东海盆地中新世以河、湖三角洲沉积为主,缺乏稳定的区域性大盖层,在一定程度上影响大油气田的存在,因此,要细致地分析研究不同区域的盖层分布,优选不同储盖组合中良好的盖层分布区。

(3) 东海盆地自陆缘向海域，其沉降、沉积、构造、断裂的发育发展，都有由老变新的趋势，在西湖、台北坳陷的西部，主要断陷发育在渐新世，而中新世以后断裂不太发育，影响了油气向上运移，因此找油的主要层位是下第三系的平湖组 and 花港组。但往东逐步出现新构造运动的影响，断裂发育发展变新，在西湖坳陷的中央反转背斜带、台北坳陷的灵峰低隆起带及其以东地区，在中新世末和上新世，普遍发育了一组近东西向的断裂，造成油气向上运移和逸散，在这些地区既应考虑这期断裂对油气藏的破坏作用，更要重视可能形成中、上新世油气成藏的可能性。

(4) 东海盆地受晚期构造挤压，又具有较高地温，后期成岩作用相对比较强烈，在一定程度上控制和影响了储集层的性质，需要开展区域性成岩作用的研究，寻找优质储层的分布区。

总之，东海盆地油气勘探方兴未艾，深化以上关键问题区域性的研究，通过新技术方法的应用，随着勘探工作量加大，程度的加深，我们就能逐步认识该盆地油气成藏、分布规律，一定会找到更多的油气田。东海盆地将为我国国民经济的高速发展提供更多的油气资源，发挥近海最大含油气盆地的应有作用。

孙开林
2003.12.17

前 言

东海陆架盆地是我国海上石油天然气勘探开发的重要战场之一，蕴藏着丰富的石油天然气资源。几十年来，几代海洋石油人为实现找油找气的目标，无私无畏，在茫茫的大东海洒下了一串串辛勤的汗水，取得了一个又一个历史性的突破。特别是在中国石化股份有限公司上海海洋石油分公司和中海石油（中国）有限公司上海分公司的共同努力下，发现了平湖、春晓、天外天、黄岩、丽水等一批油气田和含油气构造，为东海油气大开发奠定了坚实的基础。东海第一个油气田——平湖油气田已于1999年建成投产，目前日供气量 $120 \times 10^4 \text{m}^3$ 。三年多来，平湖油气田对调整上海能源结构，改善城市环境，提高人民生活质量，促进上海经济和社会发展，增强上海城市综合竞争力起到了积极作用。

随着中国经济的持续高速发展，特别是以长江三角洲为中心的沿海地区，对天然气的需求不断增长。国家在启动“西气东输”这一宏大工程的同时，强调要优先加速开发东海天然气，以满足市场需求和保障城市用气安全。在国务院领导和国家计委的关心、支持和直接领导下，西湖凹陷的开发已于2002年全面启动，相信通过中石化和中海油的精诚合作，以及外国伙伴的积极参与，西湖的开发一定会取得圆满成功。同时，平湖扩建工程也已全面展开，建成后将充分发挥已建工程设施的能力，大大提高对上海的天然气日供气量。

由于历史的原因，东海陆架盆地的勘探程度较低，还存在着众多未知领域需要探索。这就要求我们广大的地质勘探人员潜心研究，转变思路，运用新技术、新方法，不断加深对该地区的地质认识，寻求更大的突破。“东海陆架盆地勘探战略研讨会”，充分展示勘探家们多年来对东海地质研究的成果，并相互交流，深入探讨，共同为东海的油气勘探开发出谋划策。为此，我们把专家们的成果整理汇编成集，供从事油气勘探的科研人员参考。

最后，感谢中国石油学会海洋石油学会为我们创造了这样一次沟通交流的机会，感谢上海市石油学会的大力协助，感谢所有专家学者及中海油田服务股份有限公司上海分公司、优尼科、壳牌、科麦奇等中外石油公司的赞助和支持。特别要感谢参加研讨会的专家们以及会务组的卢劲松、刘旭、蔡宪平等工作人员的辛勤工作。

编 者

2003年9月8日

目 录

第一篇 盆地构造及油气远景评价

东海陆架盆地油气资源勘探现状及含油气远景	姜 亮 (3)
东海盆地主要地质特点及找气方向	陈斯忠 (9)
关于东海新生代盆地油气勘探的若干见解	赵金海 唐 建 薄玉玲 (19)
东海盆地油气勘探焦点问题探讨	王国纯 (26)
东海陆架多旋回复合盆地的油气远景	李维显 (31)
东海陆架油气勘探的新领域	吕炳全 王红罡 李维显等 (37)
东海盆地西湖凹陷北部中新统油气前景	王国纯 (47)
东海盆地地质特征与油气富集有利地区探讨	王国纯 (55)
东海陆架盆地海礁凸起南块基底性质研究	陈 冰 王家林 吴健生等 (61)
东海大陆边缘基底性质与沉积盆地	杨香华 李安春 (67)
东海盆地的形成及演化	王国纯 (72)
东海陆架盆地中新世构造演化特征	冯晓杰 蔡东升 王春修等 (79)
丽水凹陷油气成藏期次探讨	葛和平 陈志勇 方来富等 (85)
西湖凹陷反转构造与油气聚集	陈志勇 葛和平 (93)
东海西湖凹陷构造应力场与油气运聚探讨	张明利 王 震 (99)
西湖凹陷黄岩 7-1 及 14-1 油气藏特征及成藏模式	陈晓东 (105)
西湖凹陷中央背斜带两种热体制下烃源岩的热演化	周 瑾 (114)
东海盆地丽水西凹陷含油气系统与油气勘探目标	姜 亮 (120)
东海盆地丽水凹陷异常压力带与油气聚集模式	姜 亮 (126)
东海西湖凹陷地下流体动力场研究	叶加仁 韦必则 周 平等 (131)

第二篇 沉积地层及烃源岩的研究

东海陆架盆地台北坳陷新地层单元——月桂峰组	姜 亮 (141)
东海陆架盆地台北坳陷月桂峰组生物地层及古环境	姜 亮 李保华 钟石兰等 (145)
东海陆架盆地西南部中生代地层的发现	王可德 王建平 徐国庆等 (151)
东海盆地新生代沉积环境	王国纯 朱伟林 (155)
东海盆地第三纪海陆分布与油气关系探讨	王国纯 (162)
丽水凹陷晚古新世海平面变化及有利储层分布预测	杨玉卿 田 洪等 (168)
丽水凹陷丽水 36-1 构造明月峰组沉积体系新认识及勘探建议	徐长贵 (174)
东海陆架盆地烃源岩及其烃类特点	刘道燕 (181)

用磷灰石裂变径迹研究西湖凹陷的古地温	姜 亮 (189)
东海盆地西湖凹陷下第三系烃源岩显微组分组成和成烃组分剖析	李贤庆 钟宁宁 王铁冠 等 (194)
东海盆地台北坳陷有机包裹体化学成分及成因	姜 亮 王延斌 (201)
东海平湖气田油藏地球化学研究	傅 宁 李友川 陈桂华 等 (207)
西湖凹陷下中新统天然气成因探讨	吴国蕙 (214)

第三篇 地球物理技术

海上多源多缆三维地震采集技术	谢文胜 姜 亮 (221)
黄岩三维地震采集参数设计与论证	姜 亮 谢文胜 黄文堂 (227)
大面积三维地震勘探技术及其在东海的应用	牛华伟 刘金水 (233)
西湖凹陷重点构造的精细处理及其效果分析	侯志强 高顺莉 (238)
地震道的非线性约束反演	姜 亮 黄捍东 魏修成 等 (244)
有井约束反演中对声波、密度测井的油气信息补偿和消除	徐国庆 (249)
三维可视化技术与油气藏综合评价	张金森 胡孝林 (260)
二氧化碳气层的测井解释方法	姜 亮 刘大能 邱细斌 (266)
利用自组织特征映射网络自动识别油气层	姜 亮 傅 强 (272)
东海地球物理综合探测剖面及其解释	高德章 唐 建 薄玉玲 (276)

第一篇

盆地构造及油气远景评价

东海陆架盆地油气资源勘探现状及含油气远景

姜 亮

(中国海洋石油东海公司)

摘 要 东海陆架盆地是中国近海面积最大的中、新生代沉积盆地,有效勘探面积 $24 \times 10^4 \text{ km}^2$,最大沉积厚度 15000m,油气资源十分丰富,但目前勘探程度低,油气资源开发尚处在起步阶段。东海陆架盆地的油气发现主要集中在西湖凹陷和丽水凹陷。西湖凹陷局部构造条件优越,发育 3 套烃源岩(平湖组为主力烃源岩),下第三系多旋回沉积形成了良好的储盖组合,具有好的含油气远景;西斜坡断阶带和南部中央构造带是西湖凹陷最有利的油气成藏区带。丽水凹陷发育 2 套烃源岩(下古新统月桂峰组为主力烃源岩),古新统储盖组合发育良好,存在古新统含油气系统和古新统一始新统复合含油气系统,具有相当大的油气资源潜力和好的勘探前景;丽水西次凹南部邻近凹陷中心且与断裂分布有关的构造带以及凹陷北部的西斜坡带是丽水凹陷最有利的油气聚集区带。

东海陆架盆地是中国近海面积最大的中、新生代沉积盆地,但目前勘探程度很低,油气资源开发尚处在起步阶段。据专家预测,东海陆架盆地中蕴藏着丰富的油气资源,并有着良好的开发前景。加快东海陆架盆地的油气勘探,对华东及整个长江三角洲地区的经济建设和能源结构调整将有着非常重要的战略意义。

1 油气资源勘探现状

东海陆架盆地有效勘探面积 $24 \times 10^4 \text{ km}^2$,最大沉积厚度 15000m,油气资源丰富。近 20 多年来,中国海洋石油东海公司、原中国地质矿产部上海地质调查局已在东海陆架盆地做了大量的勘探工作,到目前为止,共完成二维地震 20 多万千米,三维地震近 4000 km^2 ,钻探井和评价井 62 口。除此之外,台湾中油公司与外国公司合作在盆地南部完成二维地震 27166km,钻预探井 10 口,其中 1 口见气流;日本、韩国与美国石油公司合作在盆地东北端钻探井 11 口,其中 1 口见气流,3 口见气显示。目前,已在东海陆架盆地发现了 8 个油气田(黄岩 7-1(残雪)、黄岩 14-1(断桥)、黄岩 13-1(天外天)、丽水 36-1、宁波 25-1(宝云亭)、宁波 19-1(武云亭)、绍兴 36-1(平湖)和天台 24-1(春晓))和 5 个含油气构造(宁波 6-1(龙井 2)、宁波 14-1(孔雀亭)、宁波 27-1(玉泉)、南平 5-2(石门潭)和天台 12-1(孤山)),其中平湖油气田已于 1998 年 11 月投入生产,春晓油气田正在建设之中。

东海陆架盆地进行过 2 次较系统的油气资源评价,第 1 次是 1982—1984 年进行的“东海陆架盆地早期油气资源评价”;第 2 次是 1989—1993 年进行的“中国近海油气资源再评价”。1994 年开始的中国海域油气资源第 4 轮对外合作招标中,在东海西部地区共招出 14 个区块,合作区共钻探井 15 口,虽然只有 1 口获得工业性油气流,但这些勘探实践为重新认识盆地结构及油气成藏规律提供了丰富的资料,并展示了丽水、椒江凹陷有着良好的勘探前景。

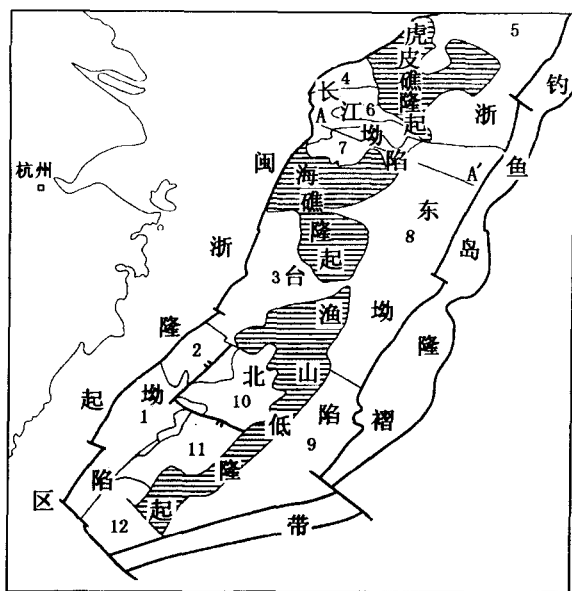


图1 东海陆架盆地构造区划示意图

(据中海石油研究中心勘探研究院, 1999年简化)

- 1—丽水凹陷; 2—椒江凹陷; 3—钱塘凹陷; 4—昆山凹陷;
5—福江凹陷; 6—金山北凹陷; 7—金山南凹陷; 8—西湖
凹陷; 9—钓北凹陷; 10—闽江凹陷; 11—福州凹陷;
12—彭佳屿凹陷

2 基本石油地质条件

以虎皮礁隆起、海礁隆起和渔山低隆起为界, 可将东海陆架盆地划分为西部的长江、台北拗陷和东部的浙东拗陷 (图1), 目前该盆地的油气发现主要集中在台北拗陷的丽水凹陷和浙东拗陷的西湖凹陷。

2.1 西湖凹陷

面积为 $4.27 \times 10^4 \text{ km}^2$, 目前共完成二维地震约 10 多万千米, 三维地震 2000 km^2 以上, 已钻探井和评价井 40 口, 发现了 7 个油气田和 4 个含油气构造, 获得地质储量 (探明 + 控制) 石油 3000 多万吨, 天然气 1000 多亿立方米。尽管目前勘探程度很低, 探井密度还不到 $0.001 \text{ 口}/\text{km}^2$ (低于 $0.01 \text{ 口}/\text{km}^2$ 为低勘探程度), 但在已钻的 17 个构造中, 却有 11 个构造获得工业性油气流, 钻探成功率达 65%, 这说明西湖凹陷具有丰富的油气资源。据盆地数值模拟计算结果, 西湖凹陷油气资源量总量达 40 多亿吨 (油当量)。

2.1.1 局部构造条件优越, 具有一批规模较大的反转构造圈闭

西湖凹陷是在中生代末热隆起背景上形成的裂陷, 具有先断后拗的演化特征^① (图2)。古新世—始新世, 由于受太平洋板块俯冲作用以及印度板块与欧亚板块碰撞作用的影响, 西湖凹陷处于右旋张扭的裂陷背景之下, 形成了近万米厚的裂陷充填; 从渐新世开始, 由于俯冲作用和碰撞作用方向的转变, 西湖凹陷转而进入了拗陷时期; 中新世末, 西湖凹陷东侧受太平洋板块的强烈碰撞, 凹陷中 NE 向断裂被挤压反转; 上新世以后, 西湖凹陷整体进入区域沉降时期。在构造演化过程中, 西湖凹陷经历了 3 期构造反转, 相应的构造运动分别为始新世末的玉泉运动、渐新世末的花港运动和中新世末的龙井运动, 其中龙井运动造成的挤压反转最为强烈, 在全区范围内产生了一系列反转断裂和断褶皱, 中央构造带的一系列大型反转背斜主要是在这一时期形成的。西湖凹陷多期构造反转形成了多种类型的构造圈闭, 局部构造条件优越。

2.1.2 存在 3 套烃源岩, 平湖组为主力烃源层, 并具有煤系生烃的特征^②

西湖凹陷有始新统平湖组、渐新统花港组和中新统龙井组等 3 套烃源岩, 厚度大, 分布广。主力烃源岩为平湖组暗色泥岩, 分布面积为 $2.2 \times 10^4 \text{ km}^2$, 累计厚度达 200~1800m, 其中煤和碳质泥岩累计厚度为 22~42m。平湖组暗色泥岩有机质丰度中等偏好, TOC 最高可达 1.97%, 煤层 TOC 最高可达 57.07%。煤系生烃为西湖凹陷的重要特征, 尽管煤系源

① 王春修、冯晓杰、文林清等, 东海陆架盆地天然气资源前景评价, 2000。

② 姜亮等, 东海陆架盆地西湖凹陷演化及成藏体系研究, 1999。

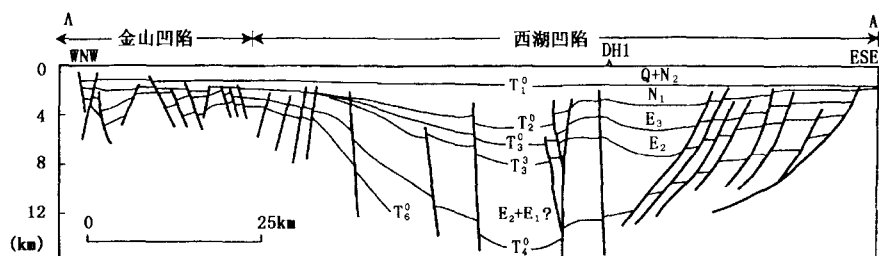


图2 92L5-93QY2地震解释剖面(剖面位置见图1)

岩干酪根为Ⅲ型,但其树脂体含量高,因而具有较高的产烃率。油气源岩对比分析表明,西湖凹陷的天然气为煤系—腐殖型低熟气,原油具有煤成油的特点。

2.1.3 下第三系的多旋回沉积形成了良好的储盖组合^①

层序地层学研究表明,西湖凹陷平湖组沉积期发生过3次海侵,平湖组以河口湾、潮坪和潮控三角洲相沉积为主;花港组沉积期发生过2次海侵,花港组以三角洲平原、三角洲前缘和泛海湖泊沉积为主;这种多旋回沉积在纵向上构成了多套良好的储盖组合。主力目的层花港组储层厚度大,物性好,具有中—高孔、中渗的特征,孔隙度为14%~24%,渗透率为 $6 \times 10^{-3} \sim 570 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;而平湖组砂岩厚度较薄,为中孔、中—低渗的储层,孔隙度为12%~18%,渗透率为 $8 \times 10^{-3} \sim 129 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

2.1.4 两个含油气系统决定了有利成藏区带的分布

根据含油气系统基本要素的时空配置分析,结合油源对比分析结果,可以将西湖凹陷划分为2个含油气系统,即平湖组自生自储含油气系统和花港组下生上储含油气系统。平湖组含油气系统的有利成藏区带主要分布在西斜坡断阶带和弱反转构造带,而花港组含油气系统的有利成藏区带则主要分布在南部中央构造带。

2.2 丽水凹陷

呈NE—SW向展布,具有典型的东断西超半地堑结构特征。灵峰古潜山构造带将丽水凹陷分成东、西2个次凹(图3),其中东次凹面积约为4800km²,最大沉积厚度超过7500m;西次凹面积约为9800km²,最大沉积最厚达12000m。研究表明,丽水凹陷是在中生代残留盆地基础上发育起来的新生代断陷,自晚白垩世以来经历了晚白垩世—古新世伸展断陷、早—中始新世热沉降拗陷、晚始新世—渐新世挤压反转以及中新世以后被动陆架补偿沉降等4个演化阶段,自下而上沉积了下古新统、上古新统、下—中始新统以及上第三系和第四系,缺失始新统上部及渐新统(图4),自西向东最终形成了西斜坡构造带、中央反转构造带、灵峰潜山披覆构造带和东侧断阶带等4个二级构造带。

目前,该凹陷地震测网密度已达1km×1km或2km×2km,已钻探井9口,其中有5口见油气显示或获高产油气流。丽水(LS)36-1-1井在古新统明月峰组下部测试获高产油气流,已证实该凹陷具备了油气藏形成的基本石油地质条件。

2.2.1 烃源岩条件中等—好

丽水凹陷有下古新统及上古新统两套烃源岩。主力烃源岩为下古新统月桂峰组湖相地层,厚度达2000m左右,有机质丰度高、类型好(Ⅱ型为主),生烃能力较强,为中等—好

① 林杨松等,西湖凹陷第三纪盆地构造—充填演化研究,1998。