

东海油气 地球物理勘探

DONGHAIYOUQI DIQIUWULI KANTAN

刘申叔 李上卿 等 编著



地质出版社

东海油气 地球物理勘探

刘申叔 李上卿 等编著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书以东海陆架盆地油气地球物理勘探为主线,在总结消化东海陆架盆地大量石油物探、石油地质和钻井资料的基础上,系统地论述了东海陆架盆地的基本构造特征、盆地的形成与演化、盆地油气系统分析与评价,以及物探新方法、新技术在东海陆架盆地油气勘探中的应用。

本书可供从事石油物探、石油地质研究的科研、技术人员和有关院校师生参考。

图书在版编目 (C I P) 数据

东海油气地球物理勘探 / 刘申叔等编著. —北京:地质出版社, 2001. 12
ISBN 7-116-03483-8

I. 东... II. 刘... III. 海上油气田—油气勘探: 地球物理勘探
—东海—科技成果 IV. P618.130.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 095605 号

责任编辑: 林清溪 李 燕 王 璞

责任校对: 田建茹

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324572 (编辑部)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: (010) 82310759

印 刷: 北京印刷学院实习工厂

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 17.75

字 数: 420 000

印 数: 1-600

版 次: 2001 年 12 月北京第一版·第一次印刷

定 价: 38.00 元

ISBN 7-116-03483-8 / P · 2226



(凡购买地质出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行处负责调换)

序 言

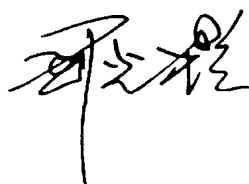
20 世纪 70 年代中期以来,上海海洋石油局挺进东海实施油气勘探已经历 25 个春秋。在此期间,共完成海上采集二维地震 119000km、三维地震 3280km²、磁力测量 208900km、重力测量 55000km、钻井 32 口,发现油气田 8 个,含油气构造 5 个,获得了可观的石油、天然气地质储量。通过几代人的不懈努力,依靠科技进步,实现了东海油气勘探的重大突破。其中平湖油气田已投入开发生产,并正式向上海市供气,为上海市经济建设作出重要贡献。中国东海海域的石油、天然气储量和资源量的增长及油气开发,将对长江三角洲乃至整个中国东部的经济发展和能源政策制定、一次性能源的结构调整产生直接影响,因此具有深远的意义。

经过 25 年的油气勘探,上海海洋石油局获得了大量的第一手地球物理勘探资料,获得许多勘探、研究成果。广大科技人员积极参加国家“六五”至“九五”重点科技攻关项目,为东海油气勘探提供了许多新方法、新技术,并培养和造就了一支具有良好理论技术水平和丰富实践经验的专业技术骨干队伍,先后向国家提交了一大批高质量的科研成果及地质地球物理勘查报告,并获得国家、部委不同种类、等级的奖项上百个。随着石油行业的科学技术的迅速发展,海上油气勘探水平的不断提高,近几年来广大科技工作者不仅发表了一批具有较高学术水平和应用价值的科技论文,还将这些理论和方法运用到油气勘探实践中,起到了很好的效果。

本书是上海海洋石油局第一部公开出版的东海油气勘探著作,它系统、全面地介绍了东海陆架盆地的勘探历史、沉积构造基本特征、构造单元划分、盆地演化史和含油气系统分析评价,以及地球物理方法技术在油气勘探中的应用,是一部实用性较强的专业著作。该书理论与生产结合紧密,对开展东海地质、构造、生油气系统等方面的研究,指导东海油气勘探具有重要的参考价值。

作为一个转战祖国南北海域几十年、曾在东海从事过油气勘探的老地球物理工作者,对《东海油气地球物理勘探》的出版感到由衷的高兴,对东海地区油气勘探开发所取得的丰硕成果感到欣慰。希望该书的出版能引起石油系统广大科技及生产工作者的关注,同时对我国的海洋石油勘探开发起到积极的作用。

中国科学院院士



目 录

前 言.....	(1)
----------	-----

上 篇 油气地球物理勘探成果

东海地球物理勘探历史回顾.....	李上卿 彭伟欣 (5)
东海重磁场特征与构造区划.....	高德章 唐 建 (14)
东海陆架盆地地震反射层的特征、层序划分及地质属性.....	周 平 龚隐贤 (21)
东海陆架盆地构造区划.....	曾久岭 (31)
东海盆地断裂特征.....	谢仁海 钱建中 沈然清 (43)
东海盆地岩浆活动.....	沈然清 李上卿 谢仁海 (60)
东海陆架盆地局部构造分布类型及成因机制探讨.....	李解民 周铭峰 (70)
东海陆架盆地形成与演化.....	汪企浩 李上卿 (91)
东海陆架盆地含油气系统分析评价.....	须雪豪 张建培 (97)

下 篇 地球物理方法技术应用

三维叠前深度偏移应用效果分析.....	王文强 王允洪 (109)
利用三维地震资料进行断层对油气封堵性的研究.....	周 英 谢月芳 贝智敏 (117)
断层封堵量的计算及断层封堵性的探索.....	龚隐贤 (126)
测井约束波阻抗反演方法.....	朱立新 叶远生 周 英 (131)
相干体技术及处理效果分析.....	王允洪 宋东宏 席敏红 (140)
AVO 资料在东海西湖凹陷的应用研究.....	邬庆良 周 英 马建德 (145)
先验地质信息约束的非线性 AVO 反演.....	李言经 马建德 (151)
用道积分法进行砂层及油气砂层预测.....	龚隐贤 李解民 (161)
储层预测中吸收系数技术的应用.....	贝智敏 张 纪 叶远生 (169)
吸收系数——油气检测方法的初步应用.....	龚隐贤 (175)
海上零偏移距 VSP 资料的处理和解释.....	马建德 叶远生 (181)
合成声波测井技术及应用.....	叶远生 朱立新 谢月芳 (190)
海上三维地震信息估算储层物性参数和油气储量方法.....	李言经 邬庆良 周德雨 (198)
绘制构造图的几种有效方法.....	贝智敏 王文强 (204)
地震方法在平湖油气田发现和早期开发中的应用.....	贝智敏 邬庆良 王允洪 (212)
海上气田快速评价数据仓储系统.....	李言经 贝智敏 宋东宏 周德雨 席敏红 (220)
地层分析的新方法——高频旋回性分析.....	盛 蔚 (226)

东海陆架盆地层序地层分析.....	刘金水	周 平 (239)
计算机技术与中国海域重磁调查.....	陆志宏 高德章	唐 建 (251)
中国海域地球磁场模式.....	高德章	薄玉玲 (255)
东海陆架盆地岩石物性参数研究与应用.....	薄玉玲 高德章	杨秀华 (261)
重磁综合解释中正演拟合技术的发展与应用.....	唐 建	高德章 (268)
重力异常分解方法技术研究.....	高德章 陆志宏	薄玉玲 (273)

前言

中国石化集团新星公司上海海洋石油局（原地质矿产部上海海洋地质调查局）是一支长期从事海上油气勘探的队伍，1974 年经国家领导人圈阅、国务院批准，最先进入东海海域实施综合海洋地质调查。经过 25 年的艰苦勘探，积累了大量地球物理和地质资料，取得了油气勘探连续突破。与此同时，它还参加了国家四个“五年”计划的重点科技攻关，经过广大科技人员的共同努力，攻克了方法技术难关，并将科技成果应用到东海油气勘探实践中，转化为现实生产力，从而促进了东海一系列油气田的发现和探明。

本书从油气地球物理勘探成果和地球物理方法技术的应用这两个方面展示上海海洋石油局 25 年的部分勘探成就。全书分上下两篇，共编入 32 篇论文。

上篇地球物理调查成果是对东海陆架盆地区域地质构造特征进行系统性的研究和总结，收入论文 9 篇，分别论述东海陆架盆地地质构造单元的划分、东海陆架盆地新生代沉积层分布特征及厚度变化、东海断裂特征与岩浆活动规律、地质结构、形成机制和演化历史等。上篇作为一个整体，进一步明确了东海陆架盆地的构造区划，指出了局部构造、断裂活动与油气藏分布的相互关系，为东海油气勘探提供了大量的地质依据和基础资料。

下篇则为物探方法技术的研究新成果，及其在东海油气勘探和开发中的应用。随着计算机技术的高速发展，很多地球物理勘探方法技术得以实现，如快速评价海上油气田的数据仓储技术、大面积三维地震叠前深度偏移技术等都得益于计算机技术的进步。地球物理方法在油气藏描述和油气预测中起着重要作用。例如，在精细构造研究中，采用全三维处理、叠前深度偏移、相干体技术和三维变速时深转换技术；在储层砂体的识别追踪和储层物性的估算中，应用了波阻抗反演技术，并将其从递归反演发展为基于模型的测井约束反演，明显提高了波阻抗反演的分辨率；AVO 方法从二维发展到三维，从定性 AVO 分析发展到定量 AVO 分析，并通过三维 AVO 属性剖面的计算和 AVO 平面图的制作来确定气藏边界，同时采用非线性 AVO 反演的方法，直接计算储层的纵横波速度、密度以及泊松比参数；在三维地震资料基础上利用断层封堵分析方法可以有效地进行断层封堵性研究。

层序地层学研究提出了适合东海的陆相层序的体系域分析模型，总结了体系域与油气之间的关系，确定了东海陆架盆地的层序地层格架。依据地震反射结构、反射特征、波阻抗接触关系，结合钻井资料，确定了多个盆地的地层层序、地层分布范围、沉积特征及沉积相类型。高频旋回分析法是一种高分辨率层序地层学研究方法，这种方法为碎屑岩沉积体进行高频旋回分析提供了手段。

重磁方法研究取得了新进展。将小波分解技术引入重磁场研究中：通过小波分解技术对重力场进行分解，获得反映单一密度界面的重力异常，反演计算沉积基底面与莫氏面埋深。在重磁解释中采用正演拟合技术用于验证反演获得的沉积基底面、居里面、莫霍面、

岩浆岩侵入体的赋存状态,特别是开发研究的三维正演拟合系统,用于东海南部横跨东海陆架、钓鱼岛岩浆岩带、冲绳海槽、琉球岛弧、菲律宾海沟的地学断面的解释。

东海地球物理方法技术的进步和地球物理勘探所取得的辉煌成就,倾注着老一辈地球物理学家刘光鼎、张瑞翔、朱大绶、袁文光、蒋敬亲及广大技术人员的全部智慧和心血,他们为东海地球物理勘探技术的发展作出了重大贡献。特别要指出的是,刘光鼎院士曾担任上海海洋地质调查局副总工程师兼综合研究大队大队长期间,直接领导和参加东海油气勘探及研究工作,并在地矿部石油地质海洋地质局和中国科学院地球物理研究所主持工作期间还继续关注着东海油气勘探进展,至今仍然关心着东海地球物理勘探技术的发展和进步,并不时给以技术上的帮助和支持,为培养年轻一代地球物理勘探工作者作出了重要贡献。

本书展示的东海勘探研究成果和方法技术研究成果,为新一轮东海大中型油气田勘探开发提供了科学依据和技术支撑。可以预期,随着勘探程度的提高和方法技术的进步,东海油气勘探即将进入最好时期。

本书的编辑出版,得到了上海海洋石油局有关领导和部门的大力支持和关怀,同时在编辑过程中始终得到贾健谊、夏金宝、李言经等教授的指导和帮助,在此表示衷心的感谢。

本书是上海海洋石油局首次向社会公开出版的一部反映东海油气勘探成果的专著。本书由刘中叔、李上卿统一审定和修改定稿。书中有些观点纯属个人观点,但力求采用最新资料,反映最新技术和成果。由于时间仓促,水平有限,编辑中难免存在不足之处,欢迎广大读者批评指正。

上 篇

油气地球物理勘探成果

东海地球物理勘探历史回顾

李上卿 彭伟欣

1974 年,经国家领导人圈阅、国务院批准,上海海洋石油局(原地矿部上海海洋地质调查局,下同)开始实施东海海域的综合海洋地质调查,勘查总面积为 220800km²。25 年来,上海海洋石油局在东海海域开展了大量的地球物理、地球化学调查和钻探工作,经过许多艰难坎坷的勘探历程,取得了丰硕的地质资料、油气储量和科研成果,先后发现 8 个油气田和 5 个含油气构造。其中平湖油气田的发现是东海油气勘探史上的一个里程碑,该油气田于 1996 年启动开发,1999 年 4 月正式投入生产,并向上海市供气。它标志着东海油气勘探向油气开发迈出了新的一步。回顾 25 年的勘探历史,大致可划分四个勘探阶段。

一、概查阶段(1974~1980 年)

概查阶段的综合地球物理调查的主要地质任务是:查明东海海底地形和基本地质结构,指出东海油气有利远景区,为东海油气勘探提供地质依据。

据此,1974 年 8 月上海海洋石油局召开“大陆架调查会议”,讨论开展东海等海域大陆架概查的初步设计方案及海洋地质十年规划设想,并确定了东海综合地质调查工作原则。会议决定:东海的地质概查任务由第一海洋地质调查大队“海洋一号”调查船承担。从而揭开了我国东海油气资源调查的序幕。

1974 年 9 月,“海洋一号”综合调查船首次挺进东海海域,开展地震、磁力和测深等工作,开展海洋地质综合调查。次年,再次挺进东海,进行大网格(40km×80km)的海上地震、海洋磁力、船舷重力和水深测量等综合地球物理概查,勘查总面积为 220800km²。

经初步调查研究表明,东海海区是一个大型沉积盆地,具有中、新生代沉积层,两边薄,中间厚,存在较大的生油前景。大致了解了东海大陆架和大陆坡等的构造特征,查明先前划分的东海盆地西部坳陷(东海陆架盆地)可继续向北延伸,并有构造显示,油气远景良好。1978 年初,上海海洋石油局在上海召开“海洋地质会议”,朱夏、关士聪等一批老专家应邀出席了会议,国家地质总局局长孙大光到会并讲话。为了贯彻党中央的指示精神,高速度发展海洋地质事业,会议制定了海洋地质工作三年规划和科技工作八年规划。同年,上海第一海洋地质调查大队提交了《东海海区综合海洋地质初查报告》,勘探研究认为东海构造区划应分三个一级地质构造单元,即浙闽隆起区、东海盆地及琉球隆褶区。其中东海盆地为一大型新生代盆地,沉积厚度可达 5000m 以上。同时它又可划分成东海陆架盆地、东海陆架外缘带(钓鱼岛岩浆岩带)、冲绳海槽盆地三个二级地质构造单元,做为勘探重点区域的东海陆架盆地可进一步细分为台北坳陷、鱼山隆起、浙东坳陷、虎皮礁隆起和福江坳陷五个三级地质构造单元。报告最终得出了“盆地面积大,沉积厚度大,构造带

规模大，局部构造多，油气远景好”的初步结论，从而奠定了开展油气勘探的基础。该报告是我国第一份东海海洋地质综合勘探研究成果，它填补了东海地质构造特征及油气远景认识上的空白，初步查明东海海底地形及地质构造轮廓，圈出了东海油气远景有利地区，指出了寻找海上油气田的方向，为与邻国划分海域界限提供了必要的地质资料。

尽管概查对盆地、构造及有关地质情况的认识是初略的，当时预测的找油气目的层等也与现在所证实的地层有较大的差异。但概查所获得的资料及形成的成果对在东海全海域及其指出的有利地区进行油气普查，具有重要的指导意义。

至1980年，第一阶段的概查工作初战告捷，在大量的地质资料和勘探研究成果的基础上，初步查明了东海海域地质概况，明确了东海油气资源前景，确立了东海油气勘探的重要地位。但是也应看到，当时的勘探技术装备和手段还是相当落后。海上定位系统采用东方红I型（劳兰A）双曲线时差定位仪。地震勘探采用8道检波器电缆，模拟磁带记录。地震资料处理则是利用上海海洋石油局和复旦大学共同研制的“联机显示仪”与719电子计算机联接进行模拟磁带地震数字处理。同时研究成功了包括预处理、速度分析、频谱分析、动校正、水平叠加、偏移叠加、预测反褶积等一整套程序，其中在应用了预测反褶积后，十分有效地压制了海上较强鸣震干扰，进而改善了资料质量。水深测量采用两台半导体测深仪轮流日夜作业。海洋磁力测量使用国产海空核子旋进磁力仪（HHKI-69型）。船舷重力测量使用北京地质仪器厂试制的ZY-1型海洋重力仪。由于这些技术装备很难满足海上油气勘探工作的需要，资料精度和质量相对较低，尤其是模拟地震资料的深层反射特征极差，所以对新生代盆地的沉积规模到底有多大还存在了解不深等问题。

为了加快东海油气勘探进程，提高海洋地质资料的采集精度和资料处理质量，上海海洋石油局抓紧更新勘探设备。1978年上海海洋石油局在“海洋地质会议”上制定了改善技术装备等具体措施。根据会议精神，上海海洋石油局于1979年先后从美国地球物理资源服务公司引进“戴伯尼·E·帕蒂号”物探船（后更名为“奋斗七号”）；及从美国德克萨斯仪器公司引进“DFS-V数字地震仪”，96道漂浮电缆；从美国美尔华公司引进“M-200B型综合卫星导航系统”和“奈夫康无线电定位系统”。1980年再次新增“海洋三号”和“奋斗三号”物探调查船，并从美国引进“COMMAND-III计算机及地震数据处理系统”。与此同时，购置了“TQ-6电子计算机”，并成功地研制了“TQ-6计算机”的地震处理系统。

随着卫导和奈夫康导航定位系统、奋斗七号地震船、DFS-V数字地震仪和计算机地震数据处理系统的相继引进，地震资料的质量不断提高，东海的物探工作上了一个新台阶。1979年首次运用DFS-V数字地震仪在龙井构造带等地区开展8km×8km网格的数字地震勘探。

对东海取得初步地质认识后，原上海海洋地质调查局副局长工程师刘光鼎，以及周志武、赵金海等一批老专家向国家和地质矿产部建议，应把东海作为海上找油气的主战场，采取紧急部署，加速勘探步伐。为推进东海油气勘探进程，1979年7月国家地质总局在“海洋地质工作会议”上，提出“海洋地质工作下一步的工作重点应集中优势兵力，大战速战。采用区域勘探调查和盆地西部的构造详查并重的方针，并拟调‘勘探二号’钻井平台北上参加会战。”

二、普查阶段（1981~1985 年）

该阶段的主要地质任务是：区域甩开勘探，查明东海地质构造特征和油气资源分布状况；选择有利构造带重点勘探，通过钻井，争取重大突破。

在此思想指导下，1980 年初地质部和外交部联合上报的《关于加强东海找油和地质调查工作的请示》获国务院批准。此后地质部指示上海海洋石油局：“东海石油普查工作近期应以温东海域为重点工区，加强物探工作，尽量提出有利构造和井位部署意见”。同年 8 月地质部在青岛召开“地质部海洋地质工作会议”，会议制定了“在近 3 年内，我部海洋地质工作应以东海为重点，在全面分析综合评价的基础上，力争尽早实现突破”的方针。1981 年上海海洋石油局与国家科委计划局签订了《东海地质构造特征及油气资源研究》“六五”国家科技攻关项目的合同。

根据会议精神和合同要求，上海海洋石油局重点对东海陆架盆地积极部署，在物探技术装备得到进一步加强的同时，一场轰轰烈烈地新一轮海洋油气普查勘探大会战在东海再次打响。

随之上海海洋石油局派出“海洋一号”调查船在东海陆架盆地西部和东部坳陷、冲绳海槽、琉球海区开展了 1:1000000 (16km×32km) 海洋重力、磁力、测深、浅地层剖面、旁侧声纳等综合地球物理调查。“奋斗一号”调查船在东海近海浅水区开展 1:1000000 海底重力测量。“海洋三号”、“奋斗七号”和“奋斗三号”调查船分别在东海陆架盆地的长江凹陷、钱塘凹陷、西湖凹陷、虎皮礁凸起、温东凹陷（瓯江凹陷）、基隆凹陷及冲绳海槽盆地等海区开展以地震为主的综合地球物理普查勘探（1:500000—1:1000000），部分地区地震测网密度可达 8km×8km。1984 年由“奋斗七号”首次在东海开展高分辨率地震调查。“奋斗二号”在东海开展海底沉积物取样调查。租用的“东方红”调查船进行冲绳海槽地形、地貌调查。

随着东海海上地球物理综合调查和研究的不断深入，海上钻探工作也正在紧锣密鼓的积极筹备之中。1980 年“勘探一号”双体钻井船首次进入东海，开展“东海一井”的钻探试验。随之广州海洋地质调查局（原南海地质调查指挥部）的“勘探二号”钻井平台北上东海实施钻探（该钻井平台后划归上海海洋石油局）。1980 年下半年，根据青岛会议精神，及时调整勘探部署，决定东海第一口石油普查井部署在浙东长垣龙井构造带的龙二构造上钻探“龙井一井”。该井首次在东海中新世、渐新世地层中发现数层油气显示层，气样点火可燃。1982 年再次在龙四构造上钻探“龙井二井”，在龙井组下段获天然气 1.4 万 m³/d。

“龙井二井”是我国在东海大陆架获得油气成果的第一口石油天然气普查井，点燃了东海油气普查勘探的第一把烈火。在东海油气勘探史上尤其值得一书的是，1983 年 5 月“平湖一井”钻井再次获得成功，在始新统、渐新统中发现多套含油气显示层段，经测试累计产原油 174 m³/d，天然气 41 万 m³/d。“平湖一井”是我国东海首次获得工业性油气流的石油探井，突破了油气关，标志着我国东海海域具有很好的油气远景。因“平湖一井”的重大发现，平湖地区最终形成东海第一个石油天然气田。

1984 年 12 月，首次在海上服役的“勘探三号”半潜式钻井平台实施“灵峰一井”钻井工程，该井首次在东海南部瓯江凹陷揭露了盆地基底，并在始新统至古新统及古潜山风

化壳中发现了油气显示。

在这期间,上海海洋石油局利用物探、钻井和地质等资料进行综合地质研究,相继提交了《东海浙东长垣中部地震普查报告》、《台北坳陷西部地震详查及有利构造的勘探评价》、《西湖凹陷中南部地震详查及有利构造的勘探评价》、《东海陆架盆地长江凹陷、钱塘凹陷地震普查及油气资源评价》、《平湖构造油气藏勘探评价》、《东海地震解释报告》、《冲绳海槽地形、地貌沉积物调查报告》等十多项地勘报告。这些报告对东海陆架盆地的新生代地层特征、地质构造特征,以及第三系油气资源评价进行了系统分析,对盆地有了更深刻的认识 and 了解。在此综合研究基础上提交了一大批石油普查井井位,这批井位的成功钻探为研究东海地质结构和油气资源起到了极大的作用。此外,经实测编制的《中国北部海区 1:100 万重力和磁力异常图》是迄今为止我国东部海域较完整、较系统、精度较高的重磁图件,具有重要的科学意义和使用价值。它标志着我国海洋地质调查和地球科学发展的新水平。1984 年,《东海浙东坳陷地质构造特征及油气资源研究报告》获地矿部科技成果一等奖,由刘光鼎院士等合著的《中国海区地质构造及含油气研究》在全国科技奖励大会上获二等奖。1986 年完成国家“六五”重点科技攻关项目《东海地质构造特征及油气资源研究》及下属五个专题和《东海石油地质图集》。通过攻关研究,建立了一套东海新生代地层层序,划分出“两盆三隆”五个大地构造单元,即东海陆架盆地、冲绳海槽盆地、浙闽隆起区、钓鱼岛隆褶带(钓鱼岛岩浆岩带)和琉球隆褶区。在陆架盆地又可分为主要由上白垩统-古新统组成、具有箕状断陷结构的西部凹陷带和主要由始新统一中新统组成、具有断坳结构的东部凹陷带。《东海浙东坳陷地质构造特征及油气资源研究报告》阐明了东海具有良好的生油气条件;系统阐述了东海地质构造特征;全面进行了盆地油气评价;以充分的地质依据断定“东海陆架盆地具有形成大油气田的基本地质条件”;明确指出东海陆架盆地西湖凹陷的“平玉春”和瓊江凹陷可作为“七五”期间寻找油气的重点地区,为详查勘探提出了战略选区。同年 12 月国家科委和地矿部有关专家对上海海洋石油局完成的项目进行评审。评审委员会认为上海海洋石油局经过十多年的普查勘探,已在东海发现了第一个平湖油气田和玉泉、天外天两个含油气构造,圈定了二百多个各种类型的局部构造,为国家“七五”期间勘探开发海洋石油、天然气提供了重要的预备基地。更值得一提的是平湖油气田的发现,它标志着东海油气勘探开发进入了一个崭新的阶段。1983 年 7 月,上海市阮崇武、朱宗葆等 5 位市领导先后听取了上海海洋石油局关于“平湖一井”首获工业油气流的汇报。在上海市人民政府大礼堂召开“东海石油地质普查首获工业油气流总结表彰大会”上,地矿部部长孙大光和上海市副市长朱宗葆出席大会并讲话,会上对立功集体和个人进行表彰和颁发奖状,大会对平湖油气田这一重大发现给予高度评价和充分肯定。同时如何开发利用东海天然气资源的构想已进入酝酿阶段。

至此,上海海洋石油局圆满完成了第二阶段所确定的各项任务和目标。

三、详查阶段(1986~1990 年)

随着第二阶段普查勘探和研究工作的胜利完成,明确了东海西湖和瓊江两大凹陷是寻找大中型油气田的主要场所。因此详查阶段的工作重点首先是进一步加大油气勘探步伐,在重点勘探凹陷要有新发现、新突破,争取拿储量。其次是在加强油气勘探的同时,积极

准备平湖油气田的早期油气开发研究, 力争提供一个可供开发的基地。所以第三阶段的物探工作主要部署在这两个重点凹陷内。

围绕着油气勘探要有新发现、新突破, 争取拿储量这一总目标, 上海海洋石油局在已确定的重点勘探区开展了物探详查。1986年4月, “奋斗七号”首先进入东海西湖凹陷中南部进行 $2\text{km} \times 2\text{km}$ 及 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 网格的地震调查。随后“海洋三号”也在东海瓠江凹陷和长江凹陷进行了以地震为主的 $2\text{km} \times 2\text{km}$ 及 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 综合地球物理详查。1987年“奋斗七号”首次在东海西湖凹陷平湖构造实施三维地震勘探, 在放鹤亭构造进行 $500 \times 500\text{m}$ 地震详查。1986年首次在海上开展 VSP (垂直地震剖面) 测井工作。五年内, 上海海洋石油局钻探油气普查井 13 口。

由于物探技术装备的更新和改造, 海上野外采集精度得到了提高, 则相应的定位精度、资料处理精度也需要有一定程度的提高。为此上海海洋石油局于 1984 年再次从美国引进“阿戈、玛西兰”高精度无线电导航定位系统, 该系统海上测量精度可达 $5 \sim 10\text{m}$, 作用距离 $250 \sim 500\text{km}$ 。此外, 还从美国引进了“DFSV-120 道数字地震仪”。1986年1月, 上海海洋石油局从日本 IBM 公司引进“IBM-4381 计算机”, 大大提高了地震资料的处理能力, 地震叠前波动方程偏移成像技术、地震偏移剖面空间归位和反射点变速空间归位等作图技术得以实现。而且在系统中加入和改进了地震子波、反褶积、叠前倾角滤波和三维卫星导航模块, 为提高资料处理质量和精度发挥了极大的作用。由于海上钻井数量不断增多, 仅靠一条钻井平台 (此时勘探一号已退役) 较难适应勘探需要, 因此早在 1974 年由上海海洋石油局主持并组织 708 研究所和上海船厂开始自行设计和建造我国第一条半潜式钻井平台。1984 年“勘探三号”钻井平台正式建成并投入使用。该项目荣获国家科技进步一等奖。“勘探三号”半潜式钻井平台的投入使用, 已基本满足海上详查工作所要求的必要条件。

1985 年 9 月地质矿产部石油地质海洋地质局 (现更名为中国石化集团新星石油公司, 下同) 在北京召开“七五”项目论证会。会议明确提出“东海油气勘探将逐步向重点地区重点构造带的评价转移, 目标是拿构造、交储量、求面积。应积极创造条件, 进行早期开发, 实行滚动勘探、滚动开发。”会议确立了“东海西湖凹陷中南部油气普查勘探项目地球物理勘探”、“东海瓠江凹陷地震面积普查”、“东海长江凹陷地震面积普查”三个地勘项目。同年, 国家计委也明确将东海油气勘探列入国家“七五”重点项目, 并确定了“七五”国家重点科技攻关项目《东海陆架盆地油气富集条件及油气资源评价》。1986 年 8 月, 由石油地质海洋地质局在北京召开的“东海油气勘探工作座谈会”上再次作出了“立足平湖、先南下、后北上、待机出击温东”的战略决策。1987 年 9 月, 地矿部朱训部长到上海海洋石油局检查工作时, 强调“七五”末东海油气除完成储量任务外, 一定要争取提供一个可供开发的基地。

在完成三大凹陷地球物理调查的基础上, 发现了一大批局部构造, 并确定了一批可供钻探的井位。通过 13 口探井钻探, 发现了天外天、残雪、宝云亭、断桥四个油气田, 以及孤山、石门潭 (CO_2 气流) 两个含油气构造, 并获得了大量不同级别的油气地质储量。

在此期间, 科研工作又取得了新的突破。上海海洋石油局自行研究开发了一整套海上三维地震 (数据采集、处理、解释) 方法技术。针对薄互层, 成功开发应用了储层追踪和油气预测的地震新技术 (包括井旁道提取子波处理方法、AVO 分析及多层介质条件下的正演模型计算、合成声测井、速度分析、振幅分析、VSP 测井技术等), 为圈定含气砂层分布

范围提供了重要的技术手段和资料。1991年向国家计委提交了《东海陆架盆地油气富集条件及油气资源评价》课题报告,报告建立和完善了东海陆架盆地新生代地层层序,阐明了盆地基底结构、盆地性质和演化模式。由于科技攻关和勘探实践紧密结合,在此期间获得了一批新的重要地质成果,确定了主力生油气凹陷,查明了平湖油气富集带,基本探明平湖油气田,提交了第一份高级别储量报告,并为今后探明更多的油气储量指明了方向、奠定了基础,对东海油气勘探的发展作出了重要贡献。

在油气勘探和课题研究的同时,根据上级指示精神,东海油气早期开发研究和论证也正在积极酝酿和筹备。1984年9月,由汪道涵市长和孙大光部长共同签发的“关于加速东海油气资源勘探开发的请示”上报国务院,建议由上海市和地质矿产部为主,共同组建东海石油勘探开发公司承担此项任务,从而拉开了东海平湖油气田开发项目的序幕。1985年国务委员张劲夫在上海指示:“东海油气勘探要自力经营,早期开采问题要抓紧论证。”同年,国务委员康世恩在杭州同时指出:“东海石油普查工作要联合地方各家力量,日前以地矿部牵头,作为东海勘探开发的主要作业者,实行滚动勘探、滚动开发。”在中央政府和上海市政府的大力支持和鼓舞下,早期开发前期的各项研究工作有条不紊地展开着。

1987年2月,由国家经委委托上海市经委主持召开“东海油气田早期开发科研课题和天然气早期开发液态储运系统工作会议”,会上同意上海海洋石油局提出的《东海油气田早期开发系统概念研究》立项申请。同年12月,上海市政府同意成立由上海市建委、计委、经委、科委、公用事业局和上海海洋石油局等单位组成东海天然气早期开发筹备领导小组。同时,上海海洋石油局与巴西国际石油公司、美国宾斯石油远东公司、美国联合石油公司等进行多方位的技术交流与合作,先后完成了《东海石油早期开采技术方案研究》、《东海早期开采系统的初步研究》、《上海经济区油气资源分析研究》、《天然气早期开发、储运及使用方案》和《东海天然气早期开采预可行性研究》等多项早期开发研究,并将研究成果多次向地矿部、上海市、浙江省、江苏省及福建省领导汇报,地矿部及有关省、市领导对上海海洋石油局的工作给予充分的肯定和赞扬。

1990年6月,全国储量委员会审查通过上海海洋石油局提交的《平湖油气田储量报告》,随之正式下发了《审查批准平湖油气田储量报告的决议书》。全国储量委员会批准的探明储量,可以满足早期开采所预计的年产量和生产年限的储量要求,为平湖油气田开发奠定了资源基础。

为了庆贺上海海洋石油局在东海油气勘探连连取得重大突破,1990年6月23日,上海市和地矿部第二次在上海联合召开东海油气勘探庆功表彰大会。江泽民总书记和李鹏总理给大会发来贺电,地矿部朱训部长为表彰上海海洋石油局在海上油气勘查工作连续取得重大突破颁发嘉奖令。

四、精查阶段(1991~1999年)

上一阶段地勘工作取得重大进展,再次发现了多个油气田和含油气构造,进一步明确了东海西湖凹陷保俶斜坡和浙东中央背斜带是油气最富集区。进入20世纪90年代,上海海洋石油局着重加强西湖凹陷的勘探力度,尤其针对上述两个油气富集区实施大量的地球物理调查。根据东海油气勘探部署总体要求,精查阶段可分前后两个阶段。

前阶段为 1991 年至 1995 年（“八五”规划）。该阶段主要勘探思路是：在整体评价西湖凹陷的基础上，重点勘查保坨斜坡带，整体勘探评价平北地区，抓紧解剖武云亭-宝云亭区块，落实宝云亭高级别地质储量。量力开拓迎翠轩、平南地段，伺机争取突破初阳地区。对浙东中央背斜带，则在已发现的残雪、断桥和天外天油气田的基础上，开展苏堤和西泠构造带的油气地质综合评价，落实油气地质储量，为“九五”东海油气规模开发提供资源依据。努力做好东海平湖油气田开发前的各项研究工作，为平湖油气田的顺利开发做好充分准备。

为实现上述勘探目标，增强勘探后劲，必须依托科技进步和改进装备，方能加速东海油气勘探。上海海洋石油局先后引进多项先进仪器和设备，提升了野外高精度的地震资料采集、处理和解释能力。如 1992 年从法国 SERCEL 公司引进“NR-103”长远距 DGPS 接收机，该系统定位精度可达 2~5m。1996 年再次从美国引进“DAS-1”型数字地震仪，该地震仪动态范围大，可进行高分辨率地震勘探，采样间隔可达 1~2ms，同时引进美国 LITTON 公司制造的 120 道模拟电缆，并配置相应的气枪控制器。1990 年年底，从美国引进 LANDMARK 人机联作地震解释系统及扩展设备。1994 年 11 月，又从美国引进 IBM-3081 大容量计算机，由上海海洋石油局计算中心自行开发出 IBM-3081 双机地震资料处理系统。该系统具有处理二维、三维和岩性特殊处理能力，于 1995 年 6 月正式投入生产。

在地震资料采集、处理和解释等方面软硬件条件得到改善的前提下，上海海洋石油局于 1991 年至 1995 年集中力量在保坨斜坡南部的平南、初阳地区，北部的孔雀亭、迎翠轩地区，以及龙井地区开展 2km×2km 及 1km×1km 的二维地震勘探。1993 年至 1994 年又分别在宝云亭和武云亭构造开展海上三维地震勘探，满覆盖面积达 203 km²。

利用高精度地震资料，通过精细解释和综合地质研究，提出了一大批可供钻探的井位。经过钻探先后发现了孔雀亭、武云亭和春晓三个油气田。其中，春晓一井于 1995 年 5 月钻获特高产工业性油气流：日产原油 196.4m³、天然气 161.6 万 m³。春晓一井的再次成功，在东海油气勘探史上增添了辉煌的一笔。同年 7 月，地矿部在北京召开“东海西湖凹陷油气勘查取得辉煌成绩”新闻发布会，陈洲其副部长出席会议并向应邀出席的 19 家新闻单位宣布：“东海春晓一井钻获特高产工业油气流，东海油气勘探取得战略性重大突破”。油气田的发现为东海形成第二个可供开发油气田奠定了基础。

与此同时，地质综合研究也取得了重大进展。1993 年完成东海西湖凹陷迎翠轩、平南、龙井和玉泉地区四项地震勘探报告。1995 年完成《东海陆架盆地油气区域评价报告》和《东海西湖凹陷油气区带工业勘探报告》。上述两个《报告》对西湖凹陷的层序地层、沉积特征、构造发展史、断裂系统、生油评价等方面作了进一步的详尽研究，理顺了各区块之间反射波的关系，重新划分及命名了西湖凹陷的构造单元，发现了 129 个局部构造，对“九五”及以后的勘探部署提出了建议。1994 年底，完成“八五”国家重点科技攻关项目：《东海平湖油气田储层几何形态的地震方法技术研究》、《东海平湖油气层储集参数估算的地震方法技术》、《东海西湖凹陷油气勘探和储层描述测井方法技术研究》、《全倾角深度偏移方法及其应用研究》和《人机联作三维一步法地震偏移方法》。“八五”期间，通过科技攻关，进一步发展了一套适用于海上油气勘探，并能全面提高勘探成功率的方法技术系列。如海上油气化探、地震 AVO 分析、断层封堵条件分析、构造史-古动力场综合分析等组成的探井与评价井钻前预测方法技术。又如，以海上地震方法为主，结合少量钻井、测井资料进行