

中国海洋石油物探

(一九六〇——一九九八年)

『中国海洋石油物探』编写组

地质出版社



中国海洋石油物探

《中国海洋石油物探》编委会

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书分海区描述了自 1960~1998 年中国海洋石油物理勘探历程与主要成果,介绍了地震勘探新技术在油田勘探开发中的应用实例。

可供石油地质、物探专业教学、科研、生产人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

中国海洋石油物探 / 《中国海洋石油物探》编委会编. 北京: 地质出版社, 2001.8

ISBN 7-116-03444-7

I. 中… II. 中… III. ①海底石油—油气勘探 ②地球物理勘探—科技成果—
中国—1960~1998 IV. P744.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 051355 号

责任编辑: 江晓庆 陈泽芬 渠洁瑜

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 29 号, 100083

电 话: 82324508 (邮购部)

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: 850×1068 ¹/₁₆

印 张: 24.25 插页: 2 页 彩色图版: 3 页

字 数: 758000

印 数: 2200

版 次: 2001 年 8 月北京第 一版·第一次印刷

定 价: 70.00 元

ISBN 7-116-03444-7/P·2202

(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)

图版 I



滨海 511 船



中海物探东方数据处理公司（全景）

图版 II



特普数据处理公司机房（全景）

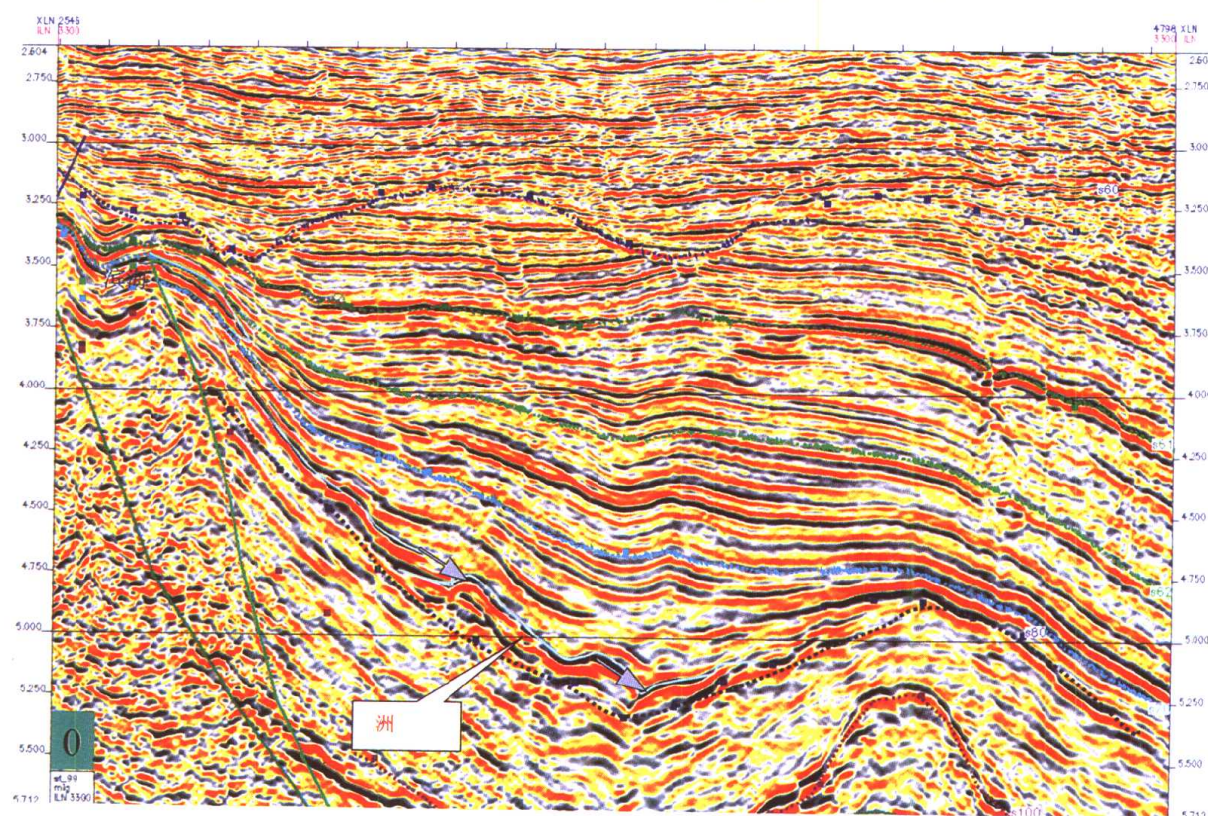


中海石油研究中心勘探研究院地震解释研究工作现场

图版 III



中海石油研究中心勘探研究院解释工作站



中海石油研究中心西部研究院解释工作站成果剖面

《中国海洋石油物探》编委会

主 任：蔺殿忠

副主任：张建祥

顾 问：谢剑鸣

委 员（依姓氏笔划排序）

王守君 王祁峰 王志君 刘文波 李绪宣

何汉漪 陈卫东 宗国强 郭伯举 黄大雅

黄文堂 段希芳 梁国森

《中国海洋石油物探》编写组

组 长：蔺殿忠

副组长：何汉漪 黄佩智

组 员：高望钺 苏乃蓉 陈继松 黄文堂 陈泽芬

序

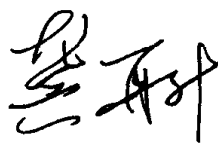
中国海洋石油地球物理勘探,从1960年在海南岛莺歌海组建第一个海上地震勘探方法研究队起步,经历了39个春秋。广大海洋石油物探工作者从陆地转战海洋,自力更生,艰苦创业,队伍逐步发展壮大。改革开放以来,广泛开展合作,吸收国外经验,引进先进装备与技术,建设起一支具有国际水平的物探采集、处理、解释技术队伍,为海洋石油工业的发展做出了重要贡献。

多年来我们依靠物探,特别是地震勘探,搞清了中国近海含油气盆地的分布情况;依靠物探资料开展了含油气盆地的早期油气资源评价,发现了广阔的油气勘探海域;地学家通过物探信息,进行综合研究,确定了油气勘探目标,发现了油气田,评估了油气储量。随着物探技术的进步,油田勘探、开发、油藏工程等越来越离不开物探,物探信息已成为地学家们认识地下的重要手段,海洋石油物探的发展正是海洋石油工业起步创业,锐意改革,开拓进取的缩影。

回顾海洋石油物探的发展历程,会使我们更深刻地了解石油物探在海洋石油事业发展中的先锋作用,更深刻地了解石油物探技术的飞速发展和科技进步在推动海洋石油事业发展中的重要作用,更深刻地了解石油物探工作者代代相传的无私奉献和敬业精神。

本书本着实事求是的精神,以写实的原则,回顾了海洋石油物探发展历程,力争给读者以真实,但由于跨越时间长,原始资料收集难度大,加之编写人员的水平有限,不妥和不足在所难免,恳望读者批评指正。

中国的海洋石油工业,正处于兴旺发达时期,一个油气储量、产量快速增长的新阶段正在到来,预计21世纪初叶,中国海洋油气将成为我国油气新的增长点,海洋石油将为国民经济发展做出更大贡献,海洋石油物探也将迎接新的挑战,创造更加辉煌的未来。



2001年8月

目 录

绪 言	(1)
一、我国近海石油地球物理勘探工作综述	(3)
二、我国海洋石油地球物理勘探装备与技术发展	(22)

第一篇 勘探历程与主要成果

第一章 渤海海区	(47)
第一节 区域普查概查阶段 (1959~1980 年)	(51)
一、前期有关单位的普查、概查工作 (1959~1965 年)	(51)
二、海洋石油物探的初创阶段 (1965~1972 年)	(52)
三、从重点地区的集中勘探到全区的区域勘探阶段 (1973~1980 年 5 月)	(56)
四、地质成果丰硕, 经验教训深刻	(61)
第二节 对外合作阶段 (1980 年 6 月~1984 年 6 月)	(64)
一、中日合作区	(65)
二、中法合作区	(66)
三、经验与收获	(67)
第三节 合作勘探与自营勘探并举阶段 (1984 年 6 月~1998 年)	(69)
一、对外合作勘探	(70)
二、国内合作勘探	(72)
三、自营勘探	(72)
第二章 黄海海区	(96)
第一节 北黄海盆地	(96)
一、勘探简史	(96)
二、地质成果	(97)
第二节 南黄海海区	(100)
一、自营勘探阶段 (1961~1979 年)	(100)
二、对外合作勘探阶段 (1979~1992 年)	(102)
三、后续评价研究阶段 (1993~1998 年)	(112)
第三章 东海海区	(114)
第一节 东海北部陆架区	(117)
一、试验及概查普查阶段 (1985 年以前)	(117)
二、详查阶段 (1985~1992 年)	(121)
三、对外合作勘探阶段 (1993~1996 年)	(125)
四、自营与合作勘探并举阶段 (1996~1998 年)	(131)
第二节 台湾海峡	(134)
一、前期勘探阶段 (1987 年前)	(134)

二、自营勘探普查、详查阶段 (1989~1990 年)	(135)
第四章 南海东部海域	(139)
第一节 区域概查阶段 (1974~1979 年)	(140)
一、原石油系统的工作	(140)
二、地质系统、科学院系统及国家海洋局系统的工作	(140)
第二节 海洋石油物探对外合作, 开展大面积连片普查阶段 (1979~1982 年)	(141)
一、物探协议区划分	(141)
二、海上物探作业	(144)
三、物探资料处理与解释	(145)
四、主要地质成果	(146)
五、工作经验	(146)
第三节 全面对外合作的详查、细测阶段 (1983~1989 年)	(147)
一、投标踊跃的第一轮招标	(147)
二、再受关注的第二轮招标	(148)
三、地震资料解释与油气资源评价	(151)
四、经验与反思	(159)
第四节 全面应用新技术、新方法的重点勘探阶段 (1990~1988 年)	(163)
一、第三轮招标区块和协议区块	(163)
二、第一、二轮招标区块内的重点勘探	(166)
三、高分辨率地震勘探在珠江口盆地的应用	(168)
四、三维地震勘探的应用	(171)
第五节 自营地震勘探, 促进对外合作发展 (1986~1998 年)	(173)
一、坚持勘探, 扩大成果	(173)
二、自营地震勘探的资料采集方法	(176)
三、自营地震勘探促进对外合作发展	(176)
第五章 南海西部海域	(183)
第一节 概查阶段 (1960~1978 年)	(183)
一、莺-琼海域	(183)
二、北部湾海域	(186)
三、珠江口盆地西部海域	(186)
四、主要成果	(186)
第二节 大面积物探连片普查阶段 (1979~1980 年)	(187)
一、地震连片普查	(187)
二、重力、磁力勘探	(191)
三、物探协议区所取得的主要成果	(192)
第三节 全面对外合作阶段 (1981~1986 年)	(195)
一、北部湾盆地	(198)
二、琼东南盆地	(201)
三、珠三坳陷	(203)
第四节 对外合作勘探与自营勘探并举 (1987~1997 年)	(204)
一、北部湾盆地	(204)
二、莺歌海盆地	(213)

三、琼东南盆地	(223)
四、珠三坳陷	(230)

第二篇 地震勘探新技术在油田勘探 开发中的应用实例

第一章 绥中 36-1 油田	(241)
一、绥中 36-1 油田基本地质情况	(241)
二、不同勘探阶段采用的地震勘探技术	(243)
三、进入油田开发期, 地震先进技术更显威力	(246)
第二章 锦州 9-3 油田	(251)
一、锦州 9-3 油田勘探简况	(251)
二、地球物理勘探技术的应用及其效果	(251)
第三章 石臼坨油田群	(259)
一、石臼坨油田群的基本情况	(259)
二、地球物理勘探历程	(259)
三、现代地震勘探技术的应用	(260)
第四章 流花 11-1 油田	(268)
一、流花 11-1 油田基本情况	(268)
二、物探工作历程简述	(268)
三、地球物理新方法在油田勘探开发中的应用	(272)
四、几点认识	(280)
第五章 惠州油田群	(281)
一、概况	(281)
二、惠州油田群滚动勘探历程	(281)
三、获得成功的几项地球物理新方法	(289)
第六章 文昌油田群	(297)
一、文昌油田群勘探概况	(297)
二、文昌油田群的地球物理物探工作	(301)
三、油藏描述技术在储量计算中的应用	(306)
第七章 崖 13-1 气田	(312)
一、崖 13-1 气田基本概况	(312)
二、地震资料重处理和特殊处理	(314)
三、三维地震资料在气田开发阶段的应用	(318)
四、几点认识	(325)
第八章 涠州 12-1 油田	(330)
一、涠 12-1 油田概况	(330)

二、物探新技术、新方法在涠洲 12-1 油田的应用	(332)
第九章 东方 1-1 气田	(339)
一、概况	(339)
二、“亮点”研究在气田发现过程中的应用	(340)
三、高分辨率地震勘探在东方 1-1 气田评价中的应用及效果分析	(341)
附件	(352)
编后记	(372)
主要参考文献	(375)

绪 言

中国海洋石油总公司海洋石油地球物理勘探（以下简称中海石油物探）事业 1960 年起步于南中国海北部大陆架。40 年来工作区域主要是中国 18000 km 海岸线以外约 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的蓝色国土，包括渤海、黄海、东海、南海四大海域；同时，还包括 $960 \times 10^4 \text{ km}^2$ 陆地国土上的江河、湖泊、沼泽地区（图 1）。改革开放后通过国际招标，承担国际石油公司在我国海域的海洋石油物探采集、处理、资料解释、定位导航等作业，在风云变幻的市场竞争中逐步壮大，形成一支有先进技术装备，紧跟国际先进水平的高素质地球物理勘探队伍。

自 1960~1998 年，中海石油物探在耕耘四海的 39 年中，随着海洋石油勘探事业的发展、壮大，海洋物探技术与装备，由落后到紧跟世界石油物探技术发展趋势，地震勘探采集技术经历了三次重大的变革，由 26 道光点地震记录、26 道模拟磁带地震记录，发展到千道以上记录的数字地震采集；随着装备的更新改造，工作方法由炸药震源单次覆盖采集，非炸药震源二维模拟磁带 4~6 次覆盖采集，发展到 12 次、48 次、60 次及 60 次以上的高覆盖次数二维数字磁带记录和高覆盖次数三维地震卡式磁带记录以及高采样密度的高频地震勘探。重力、磁力勘探也经历了由低效率、低精度单点观测的重、磁力仪，发展到高效率、高精度连续数字采集的船舷重、磁力仪。

39 年来，共完成不同覆盖次数的二维、三维、高分辨率地震反射测线 1598070.1 km，按满覆盖次数计算的三维地震采集面积 20682 km^2 ；地震折射法勘探测线 183.7 km；工程物探勘察测线 22670.6 km，其中光点记录的地震反射法测线总长 11059 km；模拟磁带记录测线总长 62014.9 km（表 1）。

在海上物探资料采集技术进步及原始数据质量提高的同时，物探资料处理和解释也经历了由光点记录，利用地震道反射波旅行时互换连接及波形特征，对比追踪反射层，然后进行人工地质解释；发展到利用模拟磁带记录，通过组合、滤波、混波、静校正、动校正、叠加等手段，回放显示出地震反射时间剖面进行资料解释；进而又发展到计算机数据处理，由简单常规处理和特殊处理到精细常规处理和目标特殊处理，从二维、三维地震资料处理到高分辨率地震资料处理。地震资料的解释工作也经历了由人工解释绘图到人机交互解释绘图，由单一的构造解释到构造、地震地层、地层岩性联合解释，由单信息到多信息综合解释以及在特定条件下直接进行油气预测的发展进程。

1982 年中国海洋石油总公司分别在南海西部石油公司（湛江）和渤海石油公司（塘沽）配备两套 CDC、CYBER（赛伯）170-724 地震数字处理计算机，成立两个处理中心，至 1998 年处理设备的更新改造经历了五次大规模的引进，运算速度由 $200 \times 10^4 \text{ 次/s}$ ，提高到 $14.2 \times 10^8 \text{ 次/s}$ 。设备处理能力、地震资料解释水平及成果质量都紧跟国内外先进水平，取得了良好的地质效果。截至 1998 年塘沽处理中心共完成地震资料处理剖面总长 634551 km，湛江处理中心共完成地震资料处理剖面总长 397851 km。

根据上述物探资料和对外合作区、协议区内采集的物探资料，结合周边地质与海域内钻探资料，通过综合分析研究，取得如下地质成果。

（1）查清了渤海、黄海、东海及南海北部大陆架广大海域内的区域地质构造和有利沉积相带的分布范围。

（2）基本查明了生油凹陷有利相带及有利构造带的分布。

（3）利用物探成果和其他地质资料，开展早期油气资源评价，依据生、储、盖、圈、保等基本石油地质规律提供勘探、评价井位和油田开发井的部署意见。

（4）经过 30 多年的勘探，截至 1998 年我国已在近海海域发现了总面积达 $114 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的含油

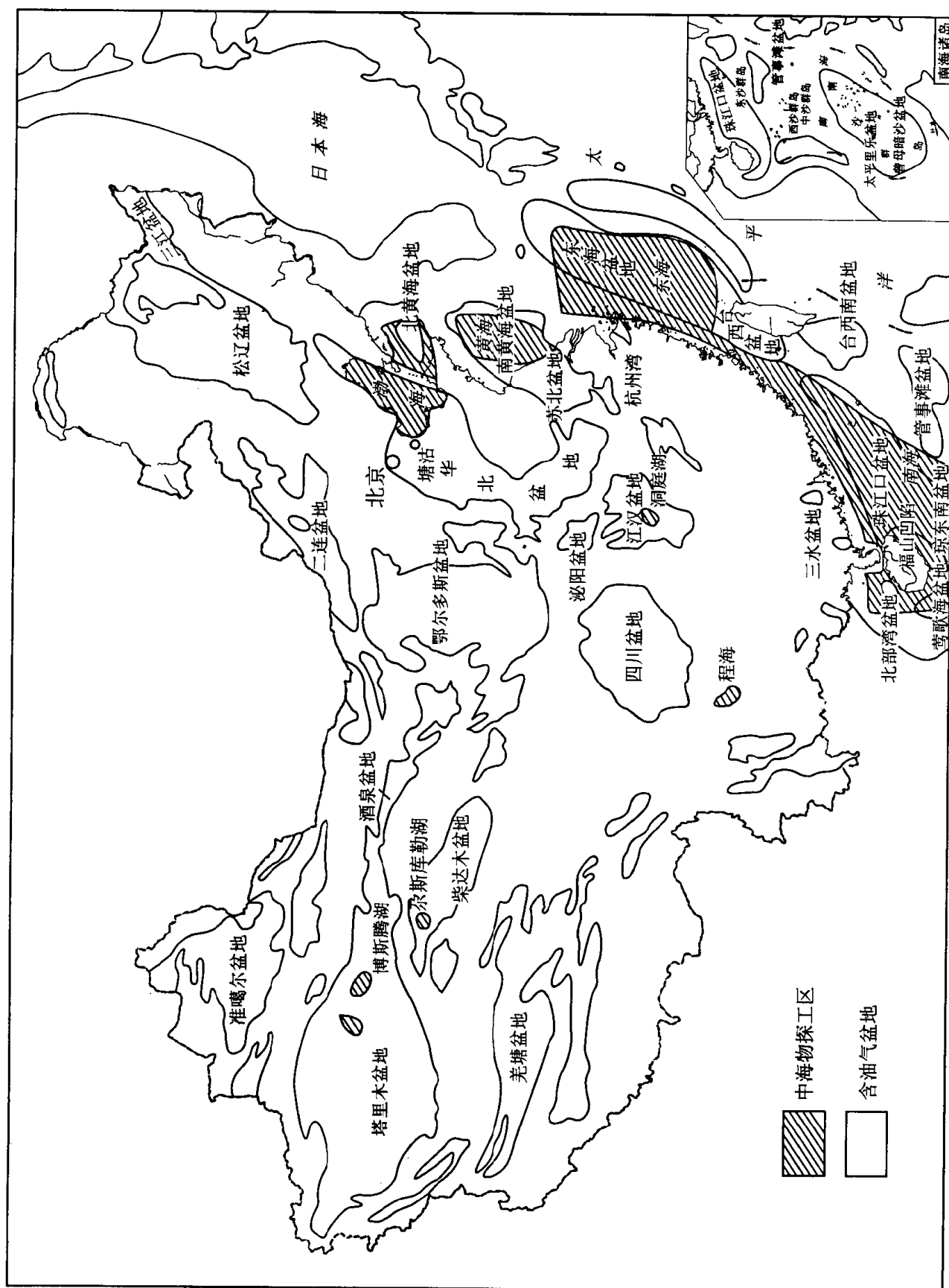


图1 海洋石油物探工作区域示意图

表 1 海域地震勘探工作量总表 (截至 1998 年)

年 度	二 维 地 震 勘 探			三 维 地 震 勘 探					
	长度/km			自 营		合 作		合 计	
	自 营	合 作	合 计	测 线 km	面 积 km ²	测 线 km	面 积 km ²	测 线 km	面 积 km ²
1978 前	144060.1		144060.1						
1979	19821.3	99227.3	119048.6						
1980	2098	21899.5	23997.5						
1981	20037	21639	41676			2330	209	2330	209
1982	16451	8637	25088						
1983	1379	19937.4	21316.4			4216	161	4216	161
1984	3005	35726.3	38731.3			1800	150	1800	150
1985	7327	4198.1	11525.1	6837	324	4002	130	10839	454
1986	24580.2	26571.7	51151.9			3318	204	3318	204
1987	18349.8	5977.7	24327.5	3310	104			3310	104
1988	25715.3	2425.5	28140.8						
1989	11004.4	7488	18492.4	4344.8	222			4344.8	222
1990	7014.7	8949.4	15964.1	7546.9	356			7546.9	356
1991	14516.7	2261.6	16778.3	379	6			379	6
1992	11144	8288.6	19432.6	10730.2	359	10200.6	250	20930.8	609
1993	17323.6	547	17870.6	24508	880	9594	119	30543	999
1994	15276.7	13460.6	28737.3	14923.6	544			14923.6	544
1995	20656.5	23135.6	43792.1	13949	520	14966.2	425	28915.2	945
1996	17410.9	2420.8	19831.7	33759.9	1178	110451.2	2899	144211.1	4077
1997	18666.9	5052.3	23719.2	62235.7	1500	115429.2	2357	177664.9	3857
1998	10850.4	2316	13166.4	236435.3	4394	159515	3391	395951.3	7785
合 计	426688.1	320159.4	746847.5	418959.4	10387	432263.2	10295	851222.6	20682

表中数据引自中国海洋石油有限公司勘探部 2000 年《海洋油气勘探综合数据公报》。

气盆地, 获得石油资源量达 245.6×10^8 t, 天然气资源量约 8.43×10^{12} m³, 共发现具有商业开发价值的油、气田 38 个。其中超亿吨储量的大油田 5 个, 超千亿立方米的大气田 1 个。目前已有 25 个油、气田投入开发。1997 年, 生产原油 1628.8×10^4 t, 天然气约 40.5×10^8 m³。渤海和南海的珠江口盆地、北部湾盆地已成为我国海洋石油的主要产区, 莺歌海—琼东南盆地和东海陆架盆地可望成为我国海上天然气的主要产区。

(5) 在海水深度 < 5 m 的浅海、海滩区, 为胜利、大港、冀东、辽河等沿海油田, 提供物探采集服务, 完成二维、三维地震测线约 15×10^4 km, 为这些油田的“增储上产”做出了贡献。

一、我国近海石油地球物理勘探工作综述

1. 海域自然环境及石油地质地球物理特征

1) 渤海海域

渤海是被山东半岛和辽东半岛包围的半封闭内海 (图 2), 位于北纬 $37^{\circ}07' \sim 41^{\circ}00'$, 东经 $117^{\circ}33' \sim 121^{\circ}18'$, 南北长约 556 km, 东西宽约 296 km, 面积 7.3×10^4 km², 由辽东湾、渤海湾、莱州湾、渤海中部和渤海海峡五个部分组成。海区东以渤海海峡与黄海相通。从山东半岛北端的蓬莱角, 经庙岛群岛至辽东半岛南端老铁山岬角的连线, 是渤海与黄海的分界线。

(1) 气象与水文 渤海位于中纬度亚洲大陆东缘, 受大陆性气候影响四季分明, 属北温带气候

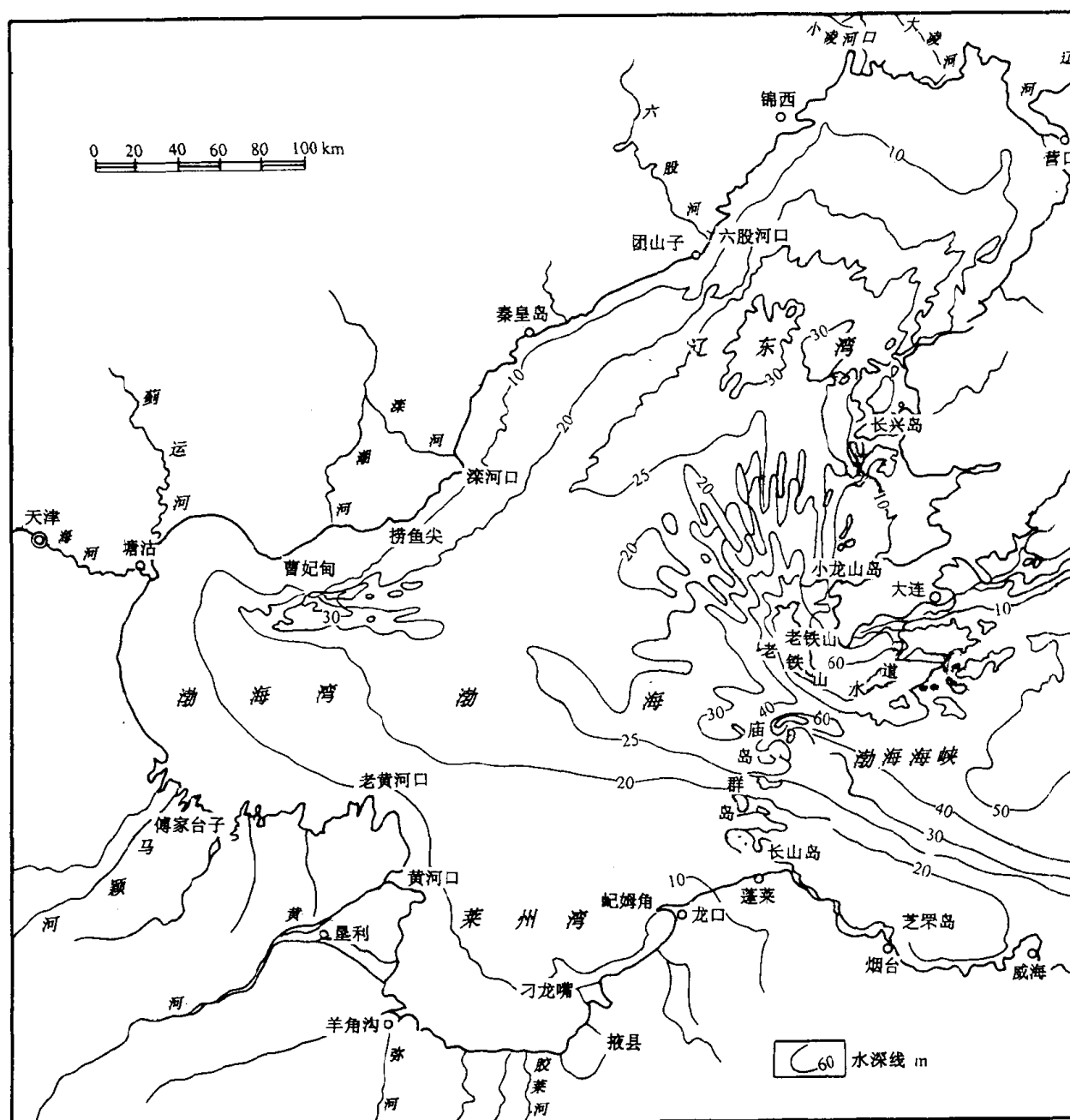


图2 渤海海底地形图

区。冬季盛行偏北季风，夏季为偏南季风，春、秋两季风向多变。辽东湾西北部沿海及渤海海峡至龙口一带大风较多，年平均大风日70天以上；渤海湾沿海大风日较少，最少在秦皇岛附近，年均25~30天。大风是渤海的灾害性天气之一，有时会造成一定的危害。渤海沿岸年降水量为474~684 mm（辽东湾最大达600 mm以上）。每年夏季（6~8月），炎热多雨，最高气温为41.8℃；11月至翌年3月为冬季，寒冷干燥，最低气温可达-21℃；春（4~5月）秋（9~10月）两季为过渡型气候。

渤海的潮汐变化比较复杂，这与复杂的海底地形和曲折的海岸线有关。大部分海域和沿岸属于不正规半日潮，仅在秦皇岛附近、塘沽以南至山东大口河以西和龙口至渤海海峡等海岸属正规半日潮，即涨五（小时）、落六、平一。渤海海域一般潮差2~3 m，海流以潮流占优势，流速1~2节，只在辽东湾和渤海湾潮差较大，可达5 m以上，海流速度超过2.5节，海峡的水道地区最大流速达7节。渤海的海浪以风浪为主，冬季最大波高10 m，周期11.5 s，夏季盛行偏南向浪，波高较小，最大波高4 m左右。在正常年份渤海的海冰并不严重，属于轻冰年或常冰年，但在气候特别冷的年份，如1936年、1947年、1969年春，曾出现过严重冰封，整个海面被海冰覆盖，三个海湾航道封冻，海上交通中断。1969年3月8日，叠积巨厚的流冰推倒了位于渤海湾西部的海二平台；1977年2月1日，

较厚的流冰又推倒了海四平台的烽火台。由此可见海冰是渤海石油勘探开发中一个特殊的控制外荷载，可以形成灾害并造成一定的经济损失。

(2) 海底地貌 距今大约 1.5×10^4 a，地球进入大理冰期的末期，气候渐暖，冰盖渐融，海洋洋面上升，出现全新世海侵，渤海开始形成。渤海的海底比较平坦，大部分地区水深 10~25 m，但海底地貌比较复杂。辽东湾有辽东浅滩，北接古辽河沉溺谷地，南与冲刷槽相连，是古河流三角洲与现代潮流三角洲的综合体；另一条海底河谷呈北西—南东向，西自蓟运河口经曹妃甸穿过渤中至老铁山水道冲刷槽。这些地区水道、槽沟纵横，浅滩、沙坝广布，给海洋物探施工造成困难。河流三角洲在渤海较为发育，有六股河、滦河、黄河等三角洲。黄河三角洲是渤海规模最大的三角洲，它是 1855 年河口从黄海又一次改道北流后形成的，发育快，平均每年向海推进 250 m 左右。

(3) 石油地质及地球物理特征

区域地质构造 渤海海区在地质构造上属华北盆地东部。华北盆地是叠置在中朝地台上的中生代断陷盆地。盆地内有五个一级构造单元，即黄骅坳陷、济阳坳陷、渤中坳陷、下辽河坳陷和埕宁隆起，伸向海区的总面积 55000 km²。其中二级正向构造 13 个，负向构造 15 个（表 2）。

表 2 渤海海区构造单元划分表

一级单元名称	面积/km ²	二级单元名称	面积/km ²
黄骅坳陷	6520	新港氏凸起	270
		歧口凹陷	4150
		北塘凹陷	1000
		南堡凹陷	1100
埕宁隆起	4860	埕北低凸起	660
		沙垒田凸起	1650
		埕子口凸起	850
		埕北凹陷	700
		沙南凹陷	1000
济阳坳陷	10970	垦东凸起	2300
		滩北凸起	1740
		莱州湾凹陷	950
		羊角沟凹陷	1550
		庙西凹陷	1860
		黄河口凹陷	2570
渤中坳陷	19800	秦南凸起	1530
		石臼坨凸起	2040
		渤东低凸起	570
		庙西凸起	1250
		渤南凸起	2140
		秦南凹陷	1270
		渤中凹陷	8660
		渤东凹陷	2340
下辽河坳陷	12850	辽西低凸起	1620
		辽东凸起	1430
		辽西凹陷	3500
		辽中凹陷	3510
		辽东凹陷	2790