

迈向21世纪的 中国海洋地质事业

陈毓川 主编



P7-53
Ch1

地质出版社

PDG

迈向 21 世纪的 中国海洋地质事业

主 编：陈毓川

副主编：张洪涛 萧汉强 刘守全 陈邦彦

编 委：莫 杰 冯志强 蔡乾忠 张海启

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书由 13 篇论文组成,总体上反映了我国海洋地质工作的历史和现状,从不同侧面提出了推进我国海洋地质工作的思路和设想,展望了海洋地质工作的美好前景。

本书对从事海洋地质工作的研究人员和管理人员以及关心海洋地质工作的有关人员均有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

迈向 21 世纪的中国海洋地质事业/陈毓川主编. - 北京:地质出版社,1997.12

ISBN 7-116-02508-1

I. 迈… II. 陈… III. ①海洋地质-地质调查-中国-文集②海洋地质-地质勘探-中国-文集 IV. P714-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 26496 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:谭惠静 王文孝 王永奉

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:4.25 字数:80400

1997 年 12 月北京第一版·1997 年 12 月北京第一次印刷

印数:1—500 册 定价:10.00 元

ISBN 7-116-02508-1

P·1856

谨以此书献给

全国海洋地质科技工作会议

向全国海洋地质工作者致敬

高举邓小平理论的伟大旗帜， 开创海洋地质工作的新局面

(代序)

海洋是生命的摇篮。

海洋以其丰富的资源、广阔的空间，以及对人类居住的地球环境和气候的巨大调节作用，成为全球生命支持系统的一个重要组成部分。

21 世纪将是“海洋时代”。海洋资源，包括海洋矿产资源的勘查开发已成为当今社会极为关注的领域。海洋是人类生存和社会可持续发展的基本条件之一。海洋资源是人类社会实现可持续发展的宝贵财富。

当前，人类正面临着“人口、资源、环境”三大问题。解决的途径之一，就是在保护和优化海洋环境的前提下，最大限度地开发和利用海洋资源。1994 年 11 月 16 日，《联合国海洋法公约》正式生效。同年，第 49 届联大决定把 1998 年作为“国际海洋年”。因此，世界各国特别是沿海国家，都面临着新的挑战 and 机遇，都把海洋的开发和利用提到国家发展战略的高度，把开发利用海洋资源作为求生存、求发展的基本国策，采取一系列措施加快了向海洋进军的步伐，推动了世界海洋经济快速发展的新局面。

海洋地质工作是调查研究海水覆盖下的海底沉积物和地球结构构造的特征及其演化历史。其主要研究对象是海底的地形地貌、沉积物组分，海底岩石圈的地质构造、地球物理场、地球化学特征及其演化，海洋矿产资源以及海洋调查技术方法等。

地质矿产部承担着我国领海和管辖海域内的区域地质调查任务，为维护我国的海洋权益，研究海洋及全球基础地质问题和环境演化、开发海洋资源等方面提供必不可少的基础资料。本世纪以来，无论是海底扩张与大陆漂移学说，还是板块构造等基础理论问题，都有赖于海洋地质-地球物理综合调查工作的深入与发展。人

类赖以生存的区域和全球环境的变化与海洋的演化息息相关,密不可分。下个世纪,随着人类科学技术的进步,海洋资源必将成为陆域资源的替补和经济可持续发展的保障。

江泽民总书记在十五大报告中指出:“要从国家长远发展需要出发,制定中长期科学发展规划,统观全局,突出重点,有所为、有所不为,加强基础性研究和高技术研究,加快实现高技术产业化。”正是基于这一点,有关专家在认真研究了国内外海洋地质工作的基础上,撰写了 13 篇文章。这些文章反映了海洋地质工作的历史和现状,从不同侧面提出了中国海洋地质工作的思路和设想,展望了海洋地质工作的美好前景。

在迈向 21 世纪的征程中,为适应我国现代化建设和参与国际竞争的需要,我国已制定了《中国海洋 21 世纪议程》。我国海洋地质科技工作,要在国家统筹规划下,艰苦奋斗,协同作战,坚持“科教兴海”方针,以“权益、资源、环境、减灾”为中心,实施海洋发展战略,为把我国建成海洋经济强国而努力奋斗。

李延军

目 录

中国海洋地质科学研究概述.....	张洪涛等(1)
当代海洋地质科技的新进展	刘守全 莫 杰(12)
海洋地质调查研究与地球科学的发展	姚伯初 吴能友(16)
中国海洋矿产资源勘查开发前景	金庆焕(21)
新崛起的中国近海石油工业	蔡乾忠(25)
深海洋底矿产资源的战略意义及开发前景	萧汉强 张海启(28)
大洋潜在的矿产资源	许东禹(31)
开展海洋区域地质调查,为维护主权和权益服务.....	刘守全 莫 杰(36)
海洋环境地质与沿海经济发展	冯志强(39)
全球变化与古海洋学	杨子赓(44)
发展海洋产业与开展地质灾害研究	陈俊仁(47)
欣欣向荣的海岸带开发建设	刘锡清(50)
海洋地学高技术发展战略	陈邦彦 莫 杰(53)
中国海洋地质工作发展的战略构想	张洪涛 张海启(56)

中国海洋地质科学研究概述

张洪涛 莫 杰 刘守全 陈邦彦 赵金海

中国东部濒临西太平洋,拥有逾 18400km 的海岸线、300 万 km^2 的海域面积、200 万 km^2 的大陆架和 6500 多个岛屿。

目前,中国已建立了一支庞大的海洋地质与海洋石油地质专业队伍。从事海洋地质调查、科研和教学的单位有 15 个,各类科技人员约 5000 人;拥有地质-地球物理调查船 15 艘、多用工作辅助船 30 多艘、海洋石油钻井船和平台 16 条,并装备了一批地质、地球物理调查的先进导航仪器、探测仪器、取样设备、各种精密的实验测试仪器和各类高性能的计算机处理系统和彩色制图设备。

90 年代以来,在海洋地质综合调查研究(与编图)、海洋矿产(包括大洋多金属结核、结壳)调查研究、近海油气资源勘探评价、海洋环境地质与灾害地质和南极、北极地质科学考察等方面都取得了长足的进展。

1991~1995 年开展的科技攻关项目(85-904),是对大陆架地形地貌、沉积物地质构造、生物资源、油气资源进行调查与远景评价。该项目编制了黄海、东海和南海环境基础系列图,并对我国管辖海域油气资源进行了系统评价。

一、海区地质构造研究

随着近海陆架区油气勘查工作的深入,特别是 80 年代中期以来进行的区域海洋地质-地球物理综合调查,“七五”和“八五”期间科技攻关和对油气勘探钻井资料的分析研究,基本上查明了各海区的地质构造轮廓及其展布特征。

为了综合反映这一时期的调查与研究成果,由地球物理学家刘光鼎院士编的《中国海域地质-地球物理系列图》及有关图集分别于 1992 年和 1995 年出版。

(一)渤海区

在大地构造演化上,渤海区自燕山运动晚期全面隆起,遭受剥蚀且断块活动发育,因此在地层上普遍缺失晚白垩统一古新统。从始新世到新第三纪,盆地进入到断陷-拗陷发育期。地震资料表明,第三纪拗陷沉积厚度为 2000~5000m,最深部位厚度达 7000m,堆积了巨厚的含煤陆相碎屑沉积和火山岩。该海盆是一个复式叠加的中新生代裂谷-断陷-凹陷型构造盆地,具有多旋回、多层系和多油气藏类型的特点。

现已查明,海区具有“四拗一隆”的构造轮廓,即黄骅拗陷、济阳拗陷、渤中拗

陷、下辽河拗陷和埕宁隆起。除渤中的拗陷为海区独有的构造单元外,其余四个单元都是陆地的构造向海区的自然延伸,其主要构造线为 NNE 向。“四拗一隆”,进一步划分出 13 个凸起或低凸(面积 18550km^2)和 15 个凹陷(面积 36950km^2)。该海区地层层序自上而下是:新第三系明化镇组、馆陶组;老第三系东营组上段、下段,沙河街组一段、二段、三段;中上侏罗统;奥陶系和寒武系。海区的主要生油层为老第三系沙河街组和东营组下段,其中以东营组最富油。

(二) 黄海区

综合地震及重力、磁力资料表明:黄海水域自北向南可明显分为三个构造单元,即海洋岛隆起、北黄海盆地和刘公岛隆起。

1. 北黄海盆地

北黄海盆地处于中朝地台,在整个古生代显示出相当的稳定性。由于构造活动仅是断续、平缓的沉降和造陆性隆起,沉积盖层几乎没有明显的褶皱作用。

北黄海在地质构造上与辽东半岛和山东半岛相似,同属胶辽地块,是一由古老岩系组成的长期隆起区。其上分布有几个小型的中新生代箕状凹陷,沉积厚度 $1000\sim 3000\text{m}$ 。其余的海域,仅有 $200\sim 600\text{m}$ 厚的第四系和新第三系直接覆盖在古老岩系之上。北黄海盆地断层不甚发育,约有断层 30 条,均为正断层,主要方向为 NEE—近 EW 向,其次为 NE 和 NNW 向。

2. 南黄海盆地

在构造上,南黄海盆地是由中部隆起和南北两个拗陷组成。南部拗陷与苏北凹陷连成一体,盆地中部的一条近东西向隆起将其分成南北两个箕状拗陷。该海盆是一个以新生代地层为主的中新生代沉积盆地,新生代沉积厚度一般为 $4000\sim 5000\text{m}$ (最厚可达 7000m 以上)。南北两个拗陷的沉积特征、构造格局、岩浆活动、基底性质和重力场的特点等均有明显的差异,但都具有沉积盖层薄、基底埋深浅、磁性体干扰多的特点。据最新资料,可将南黄海盆地划分为 5 个 I 级构造单元,由北而南为千里岩隆起区、北部拗陷、中部隆起区、南部拗陷和勿南沙隆起区。

北部拗陷(面积 44110km^2)走向 NEE,可划分为 3 个 II 级构造单元(2 个拗陷、1 个隆起)和 15 个 III 级构造单元(5 个凸起、10 个凹陷)。盆内构造线方向以 NEE 向和 NW 向为主,拗陷有断陷、凹陷和地堑等,以北断南超、北陡南缓、北深南浅为特征。

南部拗陷(面积 15400km^2)呈 NEE—NWW 向弧形展布,可划分为 4 个 II 级单元(2 个拗陷和 2 个隆起)和 10 个 III 级单元(6 个凹陷和 3 个凸起)。盆内构造线走向呈 NE 向、EW 向、NW 向三组,相互交织形成不规则网状格局,以 NE 向为主,凹陷呈 NE 向,东西两侧雁行排列。在沉积结构上,以受主干断裂控制的箕状断陷型为主,表现出南断北超、南陡北缓、南深北浅的特征。

(三) 东海区

根据沉积构造特征,东海可划分为“两盆三隆”5 个 I 级构造单元,由西向东分

别为闽浙隆起区、东海陆架盆地、钓鱼岛隆褶带、冲绳海槽盆地和琉球隆褶区。两个盆地内,新生界分布广、厚度大。根据老、新第三系的展布,断裂和岩浆活动状况又划分为8个Ⅱ级构造单元(7个坳陷、1个隆起)。东海陆架盆地自北向南由福江坳陷、浙东坳陷、台北坳陷、台西坳陷组成,其内还进一步划分出16个Ⅲ级构造单元(9个凹陷、5个凸起和2个低凸性质的构造带)。东海盆地的总体走向NNE向,还有时代较老的NEE向和NNW向,盆地具有断陷—坳陷—区域沉积的发展特征,地质构造具有“东西成带”和“南北分块”的特点。东西成带表现为从陆向海的隆起与坳陷平行排列,在总体格局中的磁力、重力场、地层形变、局部构造和沉积相的特征具有明显的南北差异性。

根据地震和钻探资料,东海盆地新生代沉积最厚逾14000m,其层序自上而下为:第四系东海群/上新统三潭组/上中新统柳浪组/中中新统玉泉组/下中新统龙井组/渐新统花港组/始新统平湖组(瓯江组)/古新统灵峰组。根据地震波组的接触关系,发现东海晚白垩世至第四纪地层有6个区域性不整合面,分别代表基隆、雁荡、瓯江、玉泉、龙井和冲绳6次波及东海全海区的构造运动。这反映了该海盆的构造演化有自西向东逐次推进之势。

最新调查资料表明,冲绳海槽呈NNE—NE—NEE向弧形展布,是一个中中新世以来形成和发展起来的弧后盆地,具有“东西分带、南北分块、东断西超、东陡西缓”的箕状特征,新生界最厚可达12000m。从海底地貌、地壳变薄、高热流密度值(可达 1650mW/m^2)、浅源地震频繁、火山喷发强烈及现仍在活动等特征(在中部出现海底热泉和烟囱物),特别是莫霍面抬升到16km,可以认为该海槽由于琉球海沟的俯冲而处于拉张状态。目前多数人认为,它是处于正在发展中的拉张盆地,其生成年龄为21~12Ma;但也有人认为它是大陆边缘的裂谷盆地。

(四)南海区

南海是一个地质结构复杂,构造线相互交错和几经海底扩张的边缘海。中生代晚期以来,尤其是始新世晚期的构造变动和中晚渐新世—早中新世的海底扩张,使南海形成现今构造格局的雏形。根据地质—地球物理资料,可划分为11个构造单元:(1)北部湾—湛江湾坳陷带;(2)莺歌海西南坳陷带;(3)万山—海南隆起带;(4)珠江口—琼东南坳陷带;(5)东沙断阶带;(6)西沙—中沙断块隆起区;(7)中央断扩区;(8)南沙断块隆起区;(9)曾母坳陷带;(10)菲西断阶带;(11)越东断陷带。其构造线从北部—中部—南部主要呈NEE—EW向、近EW向和NW—EW—NE向,南海东部呈SN向延伸。南、北陆缘坳陷区新生代沉积物厚度逾10000m。

北部陆架区的珠江口、莺歌海、琼东南、北部湾和台西南等盆地是在不同时代的基底之上,受晚白垩世—第三纪拉张应力而形成的,构成渐新世以来这些盆地内构造上“南北分带、东西分块”的基本格局。北部陆缘东西部地质构造特征差异较大。两条地学断面上均显示南海北缘地壳和岩石层(圈)厚度小;东断面除东沙

隆起外(为华南最厚的地壳,虽经新生代拉薄,仍有 32km 厚),均在 14~26km;西断面地壳厚度在 14~28km,比华南地壳明显减薄。

最新调查资料表明,南海是西太平洋的一个边缘海,位于太平洋、欧亚和印澳三大板块的结合部位,海盆洋壳平均厚度 6500m。中美联合调查发现,深海盆的地磁场特征与大洋中的磁异常条带相似,地热流值比大洋平均值高 1.6 倍,这进一步证明了南海海盆扩张成因的观点。尽管目前国内外学者对南海成因问题众说纷纭,但中美联合调查南海西南海盆结果表明:(1)新生代沉积分为三套,上部两套(A、B 层组),可与东部海盆对比,属中上渐新统一第四系,为一完整的海底扩张沉积层序;下部一套(C 层组),在东部海盆缺失,属中始新统一下渐新统,其生成时代早于东部海盆。(2)海盆中轴带为一 NE 向负值空间重力异常带,它与地震揭示的充填沉积物的裂陷带相对应,具死亡谷或夭折裂谷特征。(3) ΔT 磁异常具浅、深部双层磁源结构。经与大洋扩张模式对比,识别出的磁条带属 18~13 序列,时代为中始新世晚期—早渐新世(42~35Ma),半扩张速率为 2.5~2.2cm/a,属对称慢扩张;深磁源大致位于莫霍面附近。(4)在中央海盆中,识别出 EW 向的磁条带属 11~5a 序列,时代为中晚渐新世—早中新世(32~17Ma),属对称型扩张。(5)验算结果表明,年龄、水深和地热流三者关系与相应的磁条带吻合,海盆扩张可视为澳大利亚、印度、欧亚三个板块碰撞的先期效应,是一次缺乏地幔活动力支撑的被动微型扩张事件。

二、海洋沉积作用研究

继 80 年代的全国海岸带与海涂资料综合调查后,从 1988 年开始,作为国家重点科技攻关项目的“全国海岛资源综合调查和开发试验”,经历 6 年的调查研究,初步查清海岛的资源类型、数量、质量及其发育演变规律,对海岛资源状况和环境条件做出了科学的分析评价,拟定了重点海岛的综合开发利用规划。各项成果具有较强的科学性和实用性,将为沿海经济发展和海岛资源的开发保护与管理起到重要的作用。

“八五”期间,我国有关部门对河口三角洲、海岸带、陆架区和大洋深海区沉积物的物质组成、粒度类型及其分布特征、物质来源、沉积过程和海平面上升等进行了专题性调查研究,采集了数千个表层和上百个柱状沉积样品。特别是河口三角洲的沉积作用与水动力条件、陆架区的沉积环境与第四纪地质演化、大洋深海区的古海洋沉积事件等研究成果为建立中国海区的现代沉积和三角洲沉积模式,打下了坚实的基础。

(一)河口三角洲

中国河口三角洲沉积作用研究的重要进展之一,是揭示黄河、长江、珠江三角洲各具特色的发育模式和演化过程。

为了充分反映这些调查和研究的成果,地质矿产部所属的海洋地质单位已编辑了《中国三角洲丛书》,其中包括黄河三角洲、长江三角洲和珠江三角洲,该丛书已全部出版。

黄河三角洲是世界上河流输沙量最大、沉积速率最快,分流摆动最频繁的三角洲。它是通过叶瓣逐一发展、叠置而成的。自 1855 年改道以来,现已形成 10 期亚三角洲,其堆积迅速,侵蚀强烈,造陆面积平均每年大于 20km^2 。亚三角洲的产生、发展到废弃的周期约 10a 左右。黄河的大改道必将伴随着三角洲的废弃和贝壳堤的形成。其垂向沉积结构特点表现为进积叠覆以及叶瓣之间的改造沉积;其河口砂体演化经历扇形片状—河口沙坝—沙坝侧向加宽—改造 4 个阶段。全新统层序为:河流及湖泊沉积(11000 ~ 8800a B. P.),潮坪及浅海沉积(8800a B. P. ~ 1855a),现代黄河三角洲沉积(1855a—现今)。

长江三角洲是以河流作用为主的进积型三角洲。根据岩心分析和 ^{14}C 测年表明,该三角洲可划分出 6 期亚三角洲,各期河口坝自北西向南东依次呈雁行状排列。全新世长江三角洲的形成始于 7500a B. P. 的最大海侵时期。 ^{14}C 测年表明,长江水下三角洲为全新世以来形成的最新沉积物,孢粉组合反映长江三角洲地区更新统/全新统的界线为 12000a。

珠江三角洲河流输沙量很低,发育在海湾之内,湾内海洋动力较弱,属河控型三角洲。它主要受晚第四纪以来的两次(27000a B. P 和 7500a)海侵控制的进侵期溺谷湾、稳定期港充填式,以及海退期进积式三角洲的嵌合叠覆体。由于珠江三角洲地区水量丰富,足够的河流能量将三角洲层序改造为面积更大的河流层序,大量钻孔未见到正常的三角洲层序就是层序被改造的例证。华南地区一些三角洲前缘接近湾口或被推进海中后,由于波浪作用增强,波浪形成的沙体增多,三角洲则由河控型转变为浪控型。珠江三角洲的前缘(磨刀门)已出现这种转化趋势。

(二)陆架区环境

80 年代中期以来,先后开展了包括现代沉积学、地球化学、年代地层、同位素地层、灾害地质、工程地质,以及海平面变化与岸线变迁等陆架环境的综合研究,取得了一些新的进展。

现代长江水上和水下三角洲的钻孔(包括 Ch1—Ch5 孔)岩心分析证实,现代长江三角洲地区仅有全新世以来发育而成的三角洲沉积,故长江可能形成于晚更新世末期。

在距今 23000 ~ 10000a 间中国陆架区发生海退。当时,北方正处于蒙古高压中心的东南方,因而盛行西北风,海退后出现的陆架区,同样会受风蚀作用的影响,从而导致陆架沙漠化环境的形成和一系列衍生沉积(黄土)的出现。

浅地层剖面记录已证实,末次冰期的黄河失去了大量径流,不可能从渤海、北黄海、南黄海以至东海最后注入日本海或冲绳海槽。因而晚更新世末期,由于气候转暖、冰川融化、海面上升,大约距今 12000a 黄河三角洲沉积结构开始形成,末

次冰期结束,标志着全新世海侵开始。

最新的浅地层剖面记录显示,黄海、渤海、东海陆架区三大浅滩均是在晚更新世末期形成。当时正值末次冰期最盛时期,寒冷的气候使中国陆架海面下降了130m,辽阔的陆架变成一片海退之地。亚洲大陆处于干旱和沙漠化环境,陆架区的风蚀作用占绝对优势,也出现沙漠化现象。陆架上的辽东、苏北和台湾浅滩正是在这种气候环境背景下形成的。而后随着全新世海侵的发生,这些浅滩沉陷于海下被现代水动力作用所改造。这种浅滩成因的新探讨尚在发展中。

(三)古海洋沉积事件

“南海第四纪古海洋学事件比较研究及其应用”项目,首次对南海从陆架、珊瑚礁到陆坡、深海平原进行了比较系统和全面的古海洋学研究,在高分辨率地层学的基础上,建立了物理古海洋学(水温、水团、表层流、底层流)、化学古海洋学(碳酸盐、盐度)和生物古海洋学(生产力)的研究方法,揭示了南海晚第四纪的古海洋学事件,探讨了南海作为边缘海的古海洋学特点及其重要事件。

以SO-49-8KL柱状样的浮游与底栖有孔虫稳定同位素分析为基础,确定了11个 $\delta^{18}\text{O}$ 事件,建立了 $\delta^{18}\text{O}$ 17期高分辨率氧同位素地层序列。南海深海沉积速率,主要受生物沉积、陆源沉积与碳酸盐溶解作用3个因素控制。RC12-350柱状样的浮游有孔虫转换函数和古温度数据表明,南海南部陆坡的冰期与间冰期的温差和冰期的季节温差均低于北部陆坡,而高于太平洋。

该项目通过柱状样对南海沉积速率、表层水温、古盐度、生产力和碳酸盐含量变化等古海洋学研究,发现近193000a南海表层水盐度在总体上低于太平洋,并认为盛冰期生产力增高和存在上升流的可能,以及南海现代溶跃面以上以陆源物稀释作用为主,出现“大西洋型”碳酸盐旋回,而溶跃面以下以溶解作用为主,属于“太平洋型”旋回。

“太平洋中部晚新生代古海洋环境及事件”项目,通过海上调查与室内研究,对多金属结核及沉积物样品进行了多学科的综合分析,建立了中太平洋早中新世以来的岩性地层、生物地层、磁性地层和化学地层序列,恢复了碳酸盐补偿深度、沉积间断和古气候等古海洋环境和事件,特别是多金属结核生长期或生长世代及其与古海洋演化史的关系。

中、晚中新世时,由于南极底层水活动和海水循环增强,造成多次区域性沉积间断,上升流发育,海洋初级生产力大幅度提高,硅质生物大量繁殖,为多金属结核的生长创造了良好的物源和生长条件。研究表明,太平洋CP和CC两区自中中新世以来发育的放射虫及其沉积物是结核成矿物质的重要来源。

目前,中国海洋地质学家建议政府参加ODP计划,与各国科学家共同研究全球变化,从而对人类生存环境演变与改善贡献自己的力量。

三、海洋矿产资源调查研究

中国主要开展了油气资源、滨海砂矿、滨海平原地下卤水、海底煤矿和大洋多

金属结核(壳)的调查,特别是90年代近海油气勘探开发取得了重大突破。

“ (一)近海油气

中国大陆架面积为120万 km^2 ,7大沉积盆地中含油气盆地面积约50万 km^2 ,预测石油资源量为255亿t,天然气资源量14万亿 m^3 。近15年来对外合作和自营勘探开发,发现含油气构造88个,探明油气田30个,累计获石油地质储量15亿t,天然气3000亿 m^3 ,现已建成投产的油气田17个(渤海7个、南海北部10个),正在进行开发的8个,创历史最高水平。1996年海上石油产量1500.78万t,天然气26.8亿 m^3 。

目前,中国近海陆架区已初步查明6个大型油气富集区,即辽东湾锦州14和锦州20海区,渤海湾南部的渤中28和渤中34海区,东海陆架盆地的西湖凹陷区,珠江口盆地的西江惠州—陆丰海区和莺歌海的莺琼海盆。这些充分展现了中国近海油气勘探开发的良好前景和油气资源潜力的丰富。

至今,中国渤海辽东湾、渤海湾南部和西部,特别是珠江口盆地北部、北部湾和莺琼盆地已成为海上主要产油气区。东海被国内外石油地质专家认为是最具潜力的地区,继陆架盆地西湖凹陷油气勘查证实平湖油气富集带,并探明了平湖、残雪、天外天油气田之后,近年来科技攻关指导油气勘探,又新发现了3个含油气构造,在平湖油气区北部的春晓构造带中段取得重大突破,钻获多口高产油气井,从而证实平北油气区将成为东海第二个可供开发的油气基地。

通过区域性主干剖面的探井、地震、重力、磁力综合地质结构解释和层序地层分析成果表明,西湖凹陷是一个叠置于同基底上的新生代陆缘裂谷盆地,老第三系海陆交互相及陆相地层是西湖凹陷的生、储、盖岩,也是油气勘探的主要目的层。利用盆地叠置型式与构造反转作用同油气成藏储存因素的配置关系,可进行凹陷整体的油气资源远景预测评价。这些重要成果丰富了东亚—西太平洋边缘地质构造的认识,为进一步发现大油气田和部署规划油气勘探提供了科学依据。

(二)滨海砂矿

中国海岸线漫长,其中一半以上为砂质海岸。在近岸河口区浅滩和沿岸线水域蕴藏着丰富的砂矿资源,其主要分布在海南、广东、广西、福建、台湾和山东等省(自治区)。目前已探明具有工业价值或储量的砂矿有锆石、锡石、独居石、钛铁矿、磷钇矿、铬铁矿、磁铁矿、铌钽铁矿、褐钇铌矿、金红石、石英砂、砂金和金刚石,共13种。据不完全统计,现已探明的主要矿产地有上百处,各类矿床191个(其中大型35个、中型51个、小型105个),矿点135个,沿岸各类砂矿1990年总储量为15.27亿t,探明储量约2500万t。

根据砂矿分布特征及其成矿地质条件研究,按矿种或其组合划分为11个成矿远景区。其中:金刚石1个(①辽东—山东半岛莱州湾);砂金2个(②辽东半岛黄海浅海区、③山东半岛莱州湾);砂锡矿1个(④广东陆丰—阳江);石英砂矿2个(⑤山东半岛北黄海沿岸、⑥粤、桂、海南);重矿物砂矿(锆石、钛铁矿、独居石、

金红石、磷钇矿)5个(⑦山东半岛南黄海沿岸、⑧福建—广东陆丰、⑨广东阳江—雷州半岛—海南东部、⑩广西防城—北海、⑪台湾西部沿岸)。

(三)滨海平原地下卤水

渤海周边滨海平原广泛分布含盐量高于海水2~6倍的地下卤水。现已于辽宁清水河、河北南堡、沧州、唐山及山东莱州、寒亭、昌邑等地发现地下卤水。

“中国北方第四纪滨海相地下卤水”研究与开发项目,运用“海岸潮滩生卤”理论和“陆架平原冰冻作用生卤”假说,成功地指导生产实践,在渤海、黄海沿岸预测圈定的6个地下卤水远景区内,先后在山东、河北、天津和辽宁等地沿海滩涂,新探明13处矿床,获卤水储量25亿 m^3 ,折合 NaCl 1.6亿t,其潜在经济价值为250亿元。这为中国北方沿海地区普遍推广“井滩晒盐”开拓了少投入、高产出的广阔前景。

(四)海底煤矿

山东龙口北皂海底煤田位于半岛龙口北东约5km处,属龙口新生代含煤盆地的一部分。老第三系黄县组厚达1600m,分为三个亚组,中亚组具上、下两个含煤段。煤系地层总厚67~278m,一般厚200m左右,可采煤层有6层,煤层总厚1.26~16.98m,可采煤层总厚1.23~15.60m。煤田地层走向NEE,向S倾斜,倾角 2° ~ 10° ,主要可采煤层层位稳定,纯煤厚一般为0.96~1.75m。

据陆上部分地质资料推测,海区的含煤面积可能与陆区相当。1990年在该海区打成第一口海下煤井,经过初期的地震勘探推测,龙口矿区煤田延伸至海底下的面积约150 km^2 ,海底主采煤层厚约10m,地质储量约10亿t。

(五)大洋多金属结核

中国对深海大洋多金属结核进行调查研究始于70年代末。自1986年以来,“大洋一号”、“海洋四号”和“向阳红16号”,先后在太平洋赤道水域、中太平洋海盆和东太平洋海盆进行了十几个航次调查,概查面积达200万 km^2 ,在太平洋 7° ~ 13°N 、 138° ~ 157°W 的范围内圈出了具有商业开采价值,可进行两个采矿作业的开辟区共30万 km^2 ,湿多金属结核量约20亿t。十几个航次调查和科学研究取得的主要成果有:

——利用多道地震和声纳浮标测量地球物理大剖面数千公里;获得了最深的(10380m)马里亚纳海沟两侧“沟—弧—盆”的重要地质资料;使用无缆取样器成功率达95.9%,采样数千次;首次在东太平洋调查区内获取一块重达60kg的样品,堪称“锰结核之王”;在超过5000m水深处获取9m和7m长的沉积柱状样。从而创造了中国大洋地质矿产调查的五项新纪录。

——“太平洋中部多金属结核及其形成环境”项目,对多金属结核赋存的地质环境、结核的类型及其结构构造、结核和沉积物的物质组成、早中新世以来的沉积史与古海洋事件以及结核分布规律、形成机制和成矿模式等,进行了多学科的综合研究;发现各种类型结核的丰度、覆盖率、品位与水深、地形、沉积类型有着一定

的相关性。其中东太平洋 CC 区结核的 Mn、Cu、Ni、Zn、Mg、Mo 含量较高;而中太平洋 CP 区结核的 Fe、Co、Pb、Sr、P、Ti 含量较高。结核中稀土元素的含量变化较大,CP 区的含量高于 CC 区。

——结核的分布、生长期和成矿模式:结核或沉积物中金属元素赋存状态虽可能各异,但都是以铁和锰的氧化物、氢氧化物结合态为主。该区结核经历了 3 个生长期和 2 个生长间断期:(1)晚渐新世—早中新世晚期;(2)早中新世晚期—中中新世早期;(3)上新世至今(约 4Ma 至现今)。三种结核类型中,早期成岩型和水成—成岩型(混合型),主要分布在 CC 区,水成岩型主要分布在 CP 区。结核成矿有三个阶段:(1)成矿前金属的溶解与迁移;(2)成矿元素金属价的转换和浓集;(3)溶液中金属流围绕核心流动发生沉析,逐渐形成结核。多金属结核形成的整个过程可用“动—静—渐进脉动发展”模式来解释。

“太平洋多金属结核和海底沉积物标准物质”的研制成功,填补了中国在这一领域中的空白。多金属结核和海底沉积物两个标样均被中国国家技术监督局批准为国家一级标准物质。该标样已与美、法、俄、韩等国进行了交换,其成果已公布于世。第二个标样目前正在研制中。

四、海洋环境地质与地质灾害

海洋环境地质和地质灾害调查研究,在中国是 80 年初随着海洋油气的大规模勘探开发和沿海地区近岸工程和海底设施的兴建发展起来的。尽管这一领域的研究起步较晚,但十多年来已经取得长足的进展。

(一)近岸区

“中国晚第四纪海岸变迁与灾害地质研究”,对中国海岸带的基本特征、类型划分、末次间冰期以来的海平面变化与环境演化,以及地质灾害状况的调查研究取得重要进展。研究结果认为:(1)末次冰期海岸风沙沉积剖面序列可划分出“老红砂型”、“碳酸盐岩型”和“石英砂型”三类不同的风沙沉积记录。(2)从渤海西岸至黄河古道沿岸的四道贝壳堤并非单一线状结构,也不是一次作用所形成,而是由风暴沉积与非风暴流产物相互叠加而成,具有良好的序列结构。(3)风暴流沉积分布广、类型多、特征明显,有风暴砾堤、砂堤和脊垒等三大类型。

海岸带为海陆交互、海气相互作用的敏感地区,加之人类的开发活动,因而海洋地质灾害种类繁多、发生频繁。海岸带常见的主要地质灾害有海岸侵蚀与淤积、海平面上升与地面沉降、海水倒灌与土地盐碱化、地震海啸与风暴潮、地裂缝与塌陷、岸边滑塌、滑坡、泥石流等。如近年对现代黄河三角洲区的重力再沉积和底坡不稳定性的研究表明,该区由于重力驱动而产生的高密度水流、海底沉积物块体移运和粉砂流的作用,形成与其有关的各种塌陷、滑坡、挤压脊以及侵蚀等海底地貌。由于在高速堆积环境中,沉积物产生巨大的过剩孔隙水压力,致使

现代黄河口沙咀两侧形成厚度达 10m 余的“烂泥滩”，为世界上其它河口海区所罕见。这些潜在性灾害给该区的经济开发和环境治理都带来较大的难度。

上述灾害对沿海地区的国民经济建设和国家财产及人民生命财产安全造成严重威胁。据估算，沿海地区各类灾害造成的经济损失每年达 150 亿~200 亿元、伤亡逾千人，其中由地质作用引发的灾害损失约占一半。

(二)陆架区

近 10 年来，中国有关部门海洋研究单位以及与国际合作，对近岸浅海和陆架区进行了海洋工程地质调查研究，在诸多方面都取得了新的进展。“南海珠江口盆地海洋工程地质调查”项目的研究成果为中国海区环境地质研究与评价的代表。

该项调查共完成 1:20 万 9 个图幅约 7 万 km^2 范围，通过综合地质-地球物理、钻探和实验测试，对该区潜在的地质灾害类型与特征进行了识别，共划分出两大类 13 种灾害：第一类为具有活动能力的破坏性地质灾害，包括滑坡、断层、浅层气、陡坎、底辟、沙波及地震等；第二类为不具有活动能力的限制性地质条件，包括埋藏河道、不规则基岩面、凹凸地、浅滩、槽沟及沙丘等。根据综合分析评价，对其稳定性划分出三个区域：(1)内陆架不稳定区，其潜在地质灾害类型主要为断层、浅层气、地震、埋藏河道及不规则基岩面；(2)外陆架较稳定区（水深 50~130m），以浅层气和埋藏河道为多；(3)陆架转折带-上陆坡极不稳定区（水深 130~1000m）。第一大类的地质灾害普遍存在。

综合测区工程地质条件特征，做了工程地质分区，共划分出两个大区 5 个亚区。即：(1)大陆架工程地质区，包括陆架北部细粒土亚区、中部混合土亚区和南部粗粒土亚区；(2)大陆坡工程地质区，包括上陆坡松散土亚区和岩石礁石亚区。

研究成果认为，南海是热带风暴和台风活跃的区域，它严重影响本区海底土体的稳定性，是危及海上工程安全的灾害性气候系统，也是可能诱发海底地质灾害事件的主要外部因素。此外，该区处于华南陆缘地震活动带及台湾-吕宋强地震活动带影响区，它可以诱发其它地质灾害的发生。

此外，还相继完成了“南海西部石油开发区工程地质调查与评价”等一批直接为海上油气生产服务的调查研究项目，获得若干重要发现和新认识。

五、南极南大洋和北极科学考察

中国南极科学考察委员会曾先后 14 次组织“极地号”、“雪龙号”、“海洋四号”科学考察船对南极进行了水文、气象、生物、地质等学科的综合性考察，取得了大量第一手资料，并建立了“长城站”和“中山站”。

1990 年 10 月至 1991 年 5 月，“海洋四号”船在南极半岛西北海域及南设得兰群岛进行了海陆结合的地质科学考察，完成了 17065km 测线的地球物理剖面和