

国家“十一五”863计划“南海深水油气
勘探开发关键技术及装备”重大项目

深水油气 综合地球物理勘探 技术文集

陈 洁 温 宁 等编著



石油工业出版社

深水油气综合地球物理 勘探技术文集

陈 洁 温 宁 等编著



石油工业出版社

内 容 提 要

本文集立足于深水油气的综合地球物理勘探技术,技术定位在低勘探程度的南海深水区,建立认识区域格架和深水、深层的探测能力,从采集、处理、解释、评价四个方面搭建深水油气综合地球物理勘探技术平台的框架,同时兼顾精细油气勘探的技术与方法。所有技术均在南海及相关领域的科研与生产实践中得到应用。文集内容包括:海洋管理、地质研究、地球物理研究及应用、地球物理采集、地球物理处理与解释五部分。

本书可供地球物理勘探技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

深水油气综合地球物理勘探技术文集/陈洁,温宁等编著.
北京:石油工业出版社,2010.5
ISBN 978-7-5021-7750-8

I. 深…

II. 陈…

III. 油气勘探:地球物理勘探-文集

IV. P618.130.8-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第067401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 100011)

网 址:www.petropub.com.cn

发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:北京晨旭印刷厂

2010年5月第1版 2010年5月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:29.25

字数:744千字

定价:98.00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

《深水油气综合地球物理勘探技术文集》编委会

主 任：陈 洁 温 宁

委 员：（按课题编号顺序）

罗文造 赵庆献 刘学伟 陆文凯 王英民

黄悍东 戴世坤 江为为 郝天珧 孟小红

阎 贫 张渝昌 杨风丽 江兴歌 梁世友

何将启

序

《深水油气综合地球物理勘探技术文集》(简称《文集》)是国土资源部广州海洋地质调查局于“十一五”期间承担的国家 863 重大项目“南海深水油气勘探开发关键技术及装备”中的“深水油气综合地球物理采集处理及联合解释技术”课题(2006AA09A101)的研究成果之一。

古人云:“不谋万世者,不谋一时;不谋全局者,不谋一域。”深水海域的油气问题,不仅仅是深水钻探工艺问题,也不仅仅是解读圈闭提供探井与储量的问题,应该针对整个中国海域的具体问题具体分析,全面认识、统筹安排。南海深水海域的勘探程度极低,要部署南海的油气战略,必须利用“区域约束局部,深部制约浅层”的工作思路,这是解决南海深水油气问题的关键。

“南海深水油气勘探开发关键技术及装备”就是针对深水油气的“十一五”国家 863 重大项目。其中“深水油气综合地球物理采集处理及联合解释技术”课题就是要形成针对深水、深层的勘探程度极低区域,开展概查、普查、详查的技术和能力,目的是建立深水海域区域的构造、沉积框架,进而研究海域的形成演化,以及与油气资源、矿产资源、生态环境等的匹配关系,不但对于探查油气勘探的潜力,发现油气藏意义重大,同样也是海洋地球科学、海防、海洋地质灾害预测等方面的研究基础。这是不同于油公司针对油气产能和储量的技术与方法,是非常重要的技术领域。

“深水油气综合地球物理采集处理及联合解释技术”课题实施以来,从采集、处理、解释、评价四个方面搭建深水油气综合地球物理勘探技术平台的框架,实施期间,发表的研究论文汇集形成《文集》,涉及海洋管理、地质研究、地球物理研究及应用、地球物理采集、地球物理处理与解释等五个部分。

《文集》体现目前“十一五”国家 863 计划 2006AA09A101 课题技术状态,有些新技术、新成果第一次在南海或相关区域使用,可能不完善,所形成的勘探思想、勘探技术体系、技术成果具有创新性,值得郑重地向广大读者推荐。

中国科学院院士

段光

2010年5月26日

前 言

《深水油气综合地球物理勘探技术文集》是国土资源部广州海洋地质调查局于“十一五”期间承担的国家 863 重大项目“南海深水油气勘探开发关键技术及装备”中的“深水油气综合地球物理采集、处理及联合解释技术”课题（2006AA09A101）的研究成果之一。汇集了研究期间课题组针对深水油气的地球物理勘探技术框架形成的主要论文。本文集的出版由国家 863 计划 2006AA09A101 课题经费资助。所有技术均在南海及相关领域的科研与生产实践中得到应用。

据《世界深水报告》资料，未来 44% 油气储量在深水中，而现在的探明储量仅占 3%，形成巨大的勘探空间。但是深水油气资源的勘探开发受恶劣复杂的环境和储藏特性限制，决定了其高新技术、高风险、高投入、高回报的特点。

我国的深水油气勘探工作刚刚起步，“南海深水油气勘探开发关键技术及装备”课题就是针对深水油气的“十一五”国家 863 重大项目。深水油气勘探分为两种类型：一种是针对勘探程度极低区域开展的概查、普查、详查，这些调查工作的技术关键是探测区域和深水、深层油气的能力，目的是建立深水海域的构造、沉积框架，了解油气勘探的潜力，发现油气藏。另一类型是针对油气聚集带开展的勘探，这时的技术关键是发展认识圈闭的能力，目的是部署探井和探明储量。

“深水油气综合地球物理采集、处理及联合解释技术”课题立足于深水油气的综合地球物理勘探技术，技术定位在低勘探程度的南海深水区，建立认识区域格架和深水、深层的探测能力，从采集、处理、解释、评价四个方面搭建深水油气综合地球物理勘探技术平台的框架，同时兼顾精细油气勘探的技术与方法，按照论文的内容，分为海洋管理、地质研究、地球物理研究及应用、地球物理采集、地球物理处理与解释五部分。

海洋管理部分针对海洋发展，海洋地球物理标准、海岛法、护航等提出建议。

地质研究部分为中国海区及邻域的地质认识成果。

地球物理研究与应用部分为综合地球物理在中国海区及邻域的应用。

地球物理采集部分探讨了海洋地球物理采集的主要设备、技术、实验、海试的关键问题。

地球物理处理与解释部分介绍了以地球物理场的信息提取、处理与解释为目的的关键技术。

《深水油气综合地球物理勘探技术文集》体现了目前“十一五”国家 863 计划 2006AA09A101 课题技术状态。有些新技术、新成果是第一次在南海或相关区域使用，可能存在这样那样的缺陷，请读者鉴别、对比，欢迎持不同意见的读者共同探讨，共同促进我国深水油气勘探技术的发展。

在深水油气综合地球物理勘探技术的研究过程中，不但得到了课题承担单位广州海洋地质调查局的科研人员与领导的鼎力支持，也得到了协作单位中国地质大学（北京）、中国石油大学（北京）、中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所、中国科学院地质地球物理研究所、同济大学、清华大学、吉林大学、中国科学院南海研究所的科研人员和领导的大力支持。中国科学院刘光鼎院士从课题设计、实施过程、技术把控等各个方面提出思路、原则和方针，给予技术支持和帮助。在此一并致谢！

目 录

海洋管理

坚持科学发展观建设中国海	刘光鼎	陈 洁	(3)
关于编制海洋油气调查标准的几点思考	陈 洁	张 明	陈宏文 (10)
海洋地球物理调查护航	陈 洁	韦成龙	罗文造 (15)
海岛立法——功在千秋	刘光鼎	陈 洁	(20)

地质研究

南海油气资源潜力及勘探现状	陈 洁	温 宁	李学杰 (29)
渤海湾盆地构造圈闭类型与勘探方向——以济阳拗陷为例	陈 洁	张学才	(40)
北黄海盆地中生界烃源岩评价	梁世友	李凤丽	付 洁 周雨双 (48)
东海盆地西湖凹陷新生代构造演化对油气的控制作用——以平湖组油气响应为例	何将启	梁世友	陈拥锋 付 洁 (53)
泌阳凹陷毕店地区核三段湖底扇与重力流沉积	彭勇民	黄捍东	罗 群 彭玉林 (60)
南海海盆地形与 NW 向断裂	阎 贫	王彦林	刘海龄 (67)

地球物理研究及应用

潮汕拗陷地球物理特征及油气勘探潜力	陈 洁	(79)
南海扩张的地震反射标志——南海东北部多道地震剖面结果	陈 洁	钟广见 温 宁 (89)
折射方法在南海北部潮汕拗陷中生界地层研究中的应用	吕修亚	阎 贫 陈 洁 郑红波 王彦林 (99)
综合地球物理方法对黄海地区前新生代残留盆地分布的研究	涂广红	江为为 朱东英 徐 亚 (105)
综合地球物理方法对南海西北部—印支半岛地区中生界分布的研究	胡卫剑	江为为 朱东英 (115)
南海东北部及邻区深部结构的综合地球物理研究	郝天珧	黄 松 徐 亚 李志伟 胥 颐 雷受旻 杨金玉 (126)
基于烃渗漏理论的油气异常地球物理判别系统的关键技术研究	张丽莉	郝天珧 赵百民 赵玉合 (139)
塔河奥陶系碳酸盐岩缝洞预测	黄捍东	张如伟 赵 迪 王光付 (148)
研究海水温盐结构的反射地震方法	郑红波	阎 贫 王彦林 张 辉 吕修亚 邢玉清 (156)
重磁电震联合反演研究进展与展望	陈 洁	温 宁 陈邦彦 (165)
油气勘探项目信息系统的分析与设计	梁世友	(177)

地球物理采集

海试引发深水油气综合地球物理采集的几点思考

..... 陈洁 温宁 罗文造 关晓春 王立明 王功祥 (183)

海上地震勘探主要采集参数的选取与验证——以南海北部某调查区为例

..... 罗文造 韦成龙 王立明 杨蜀冀 (194)

南海北部潮汕坳陷海区海底地震仪调查实验 罗文造 阎贫 温宁 王嘹亮 (203)

海洋地震勘探中的震源布局分析研究 王立明 罗文造 陆敬安 韦成龙 (211)

“探宝号”船可变阵列震源的实现及应用 赵庆献 王立明 杨蜀冀 罗文造 (219)

电缆沉放深度对地震资料品质的影响

..... 钟广见 文鹏飞 罗文造 赵庆献 陆敬安 (226)

船载物探电子设备的接地问题及解决方案 韦成龙, 罗文造, 王立明, 杨蜀冀 (231)

地球物理处理与解释

适于陡坡带砂砾岩体的地震资料叠前时间偏移处理技术 张学才 (239)

台湾西南海域地震数据处理及天然气水合物地震属性

..... 许升辉 邓辉 阎贫 刘海龄 (247)

地震信号的小波分频处理 黄捍东 张如伟 郭迎春 (256)

自适应噪声抵消技术在地震资料处理中的应用 魏巍 刘学伟 (262)

自适应噪声抵消技术的仿真与应用研究 魏巍 刘学伟 (268)

基于独立分量分析的工频干扰消除技术 魏巍 刘学伟 (274)

噪声对叠前深度偏移层速度精度的影响分析

..... 勾丽敏 蔡希玲 刘学伟 韩文功 杜继修 沈财余 (280)

起伏地表二维声波方程地震波场模拟与分析 王祥春 刘学伟 (293)

塔中白云岩岩溶储层地震正演模拟及其响应 杨凤丽 吴建勋 董良国 (305)

叠前AVA反演预测储层流体的方法与应用 张如伟 黄捍东 于茜 郭迎春 (311)

地震反演与属性耦合检测薄层含气砂岩 黄捍东 张如伟 赵迪 陈丽华 (316)

地震非线性随机反演方法在陆相薄砂岩储层预测中的应用

..... 黄捍东 张如伟 魏世平 (323)

地震相控非线性随机反演研究与应用 黄捍东 罗群 付艳 王保华 (329)

基于小波变换的叠前地震弹性参数反演 黄捍东 张如伟 孟宪军 王保华 (335)

基于蚁群算法的层速度反演方法 黄捍东 张如伟 于茜 (342)

具有已知深度点的二维单一密度界面的反演 王贝贝 郝天珧 (347)

南海东北部及其邻近地区地壳上地幔P波速度结构

..... 李志伟 胥颐 郝天珧 徐亚 刘劲松 (353)

台湾地区的壳幔P波速度和 v_p/v_s 波速比结构研究

..... 李志伟 胥颐 郝天珧 徐亚 (362)

重力异常分离的相关法 郭良辉 孟小红 石磊 张国利 (372)

重力和重力梯度数据三维相关成像 郭良辉 孟小红 石磊 李淑玲 (379)

海洋重力勘探中的完全布格校正 吕川川 郝天珧 徐亚 (389)

Correlations between Shortening Rate, Uplift Rate, and Inversion Rate in Central
Inversion Zone of Xihu Depression, East China Sea Basin
..... Yang Fengli Yu Haixiao Zhang Qinglin Li Qianyu (399)

An improved peak – frequency – shift method for *Q* estimation
..... Ning Tu Wen – kai Lu (412)

Frequency recovery of band – limited seismic data based on sparse spike train deconvolution
and lateral coherence constraint Wen – kai Lu (420)

Blind prestack seismic data separation: preliminary results Wen – kai Lu (426)

Inverse *Q* filtering to enhance seismic resolution Ning Tu Wen – kai Lu (433)

Random noise suppression based on discrete cosine transform
..... Wen – kai Lu Jun Liu (440)

A method for gravity anomaly separation based on preferential continuation and its
application
..... Meng Xiaohong Guo Lianghui Chen Zhaoxi Li Shuling Shi Lei (446)

海洋管理

坚持科学发展观建设中国海^①

刘光鼎¹ 陈 洁²

(1. 中国科学院地质与地球物理所; 2. 国土资源部广州海洋地质调查局)

摘 要 中国是海洋大国, 海域划界是主权之争, 主权的背后是资源的问题。摸清家底, 才能在国际事务中争取主动, 才能为国家的经济建设服务。因此, 提出“丈量海洋国土, 维护国家主权; 调查海洋资源, 合理利用海洋; 保护生态环境, 防治地质灾害”的主张。只有坚持科学发展观, 利用最新的科学技术, 统筹规划海洋事业, 合理地开发、利用和保护海洋, 才能实现中国海的可持续发展和协调发展。

关键词 主权 海洋资源 海洋地质灾害 统筹 科学发展观

1 引 言

中国既是一个大陆国家, 同时也是一个海洋国家。陆地国土是国土, 海洋国土也是国土, 都属祖国不可分割、不可侵犯的神圣版图。中华人民共和国对于自己的海陆国土拥有主权, 对属于自己的管辖海域享有国际海洋法所赋予的特定主权利益。任何一个中国公民都有维护国家主权和权益、保卫祖国领土完整的职责和义务^[1]。

我国是海洋大国, 但还不是海洋强国。海域划界是主权之争, 主权的背后是资源问题。中国近海和管辖海域蕴藏着丰富的海洋资源, 包括生物资源、油气资源、固体矿物资源、海水资源、海洋能源、海洋旅游资源等。各种海洋资源开发活动分别形成了不同的海洋产业。特别是随着我国经济建设的蓬勃发展, 加大了对石油资源的依赖程度, 直接关系到国家的经济安全, 如何建立保障机制, 如何建立新的油气资源后备基地等都是无法回避的问题。

全球气候变化及沿海地区经济活动使海洋灾害频率增高, 范围扩大, 经济损失程度也相应增加, 其后果是十分严重的。中国是世界上海洋灾害最严重的国家之一。影响中国沿海的风暴潮、海浪、海冰、地震海啸、海岸侵蚀、台风和海雾, 以及赤潮、生物灾害等海洋灾害, 在各类自然灾害总经济损失中约占 10%。为此应建立起海洋自然灾害的预警系统, 提高抗灾、防灾能力, 使自然灾害所造成的损失降低到最小限度。

贯彻科学发展观, 科学合理地开发、利用和保护海洋, 实现中国海的可持续发展和协调发展, 使我国海洋事业服务于经济与社会的协调发展和构建和谐社会。

2 丈量海洋国土, 维护国家主权

海权在空间上所涉及的, 不止是海洋本身, 凡是关系到国家海上战略空间的领域, 无论是对海洋本身还是岛屿、天空甚至是内陆, 都包含在国家的海权之中。相应的, 海洋在概念

① 本文源自: 地球物理学进展, 2007, 22 (3): 661~666。

上也应该由水面、水下、陆上、空中乃至外层、电磁和网络等多维空间所构成。在现代科技条件下,仅仅突出这其中的某一部分,是无法建立一只真正意义上的海上控制力量的^[2,3]。

海洋国土的概念是近十几年来随着国际海洋法的建立而提出来的。国土资源是人类赖以生存的基础,也是经济社会可持续发展的重要物质保障。从当代世界的发展趋势看,国土不仅包括传统的国家主权管辖下的陆地领土、领水、领海和领空,还毫无疑问地包括蕴藏着国家主权利管辖之下的资源的地域空间^[4,5]。

中国位于欧亚大陆东南部,东临太平洋,南接印度洋,由 $960 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的陆地和近 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的管辖海域组成。中国海自北而南,有渤海、黄海、东海和南海四大海域,海岸线纵跨温带和热带,达 42 个纬度,总长 18000km。中国海内岛屿星罗棋布,总计在 6500 个以上。我国在历史上一直有着海洋国土的概念。1951 年 8 月 15 日,中华人民共和国外交部长周恩来在“关于美、英对日和约草案及旧金山会议的声明”中,就曾严正地指出“西沙群岛和南威岛,正如整个南沙群岛、东沙群岛一样,为中国领土”。已出版的中国地图,都明确地标示出断续的“传统海疆线”,表明我国拥有的海洋主权范围。

联合国海洋法公约于 1982 年由第三次联合国海洋法会议通过。我国于 1982 年 12 月 10 日签署了该公约,公约已于 1994 年 11 月 16 日生效。根据该公约,我国应有两部分专属经济区:一部分是中国海内大陆岸线以外 200mile 的范围;另一部分则是中国海 6500 多个岛屿所属的范围,每个岛屿岸线以外 200mile 的面积也是我们的管辖海域。但是,专属经济区需要与相邻和相向国家共同商讨解决。这就要求我们根据海洋法公约,在充分调查研究中国海国土资源的基础上,审慎地制订与邻国划界的战略和策略,为保卫我国的海洋国土,维护我国的海洋权益而奋斗。

由于多年来我们没有把海洋作为国土进行相应的基础测量,对海洋国土近 $300 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的管辖海域组成的基本家底模糊不清,也就谈不上像陆地国土一样对海洋进行开发保护的总体规划 and 安排,海洋国土的实际管辖难以到位。

我国管辖海域的大部分区域缺乏实测的基本图件(1:10 万至 1:50 万);海岸线长度,内水、内海、领海、毗连区、专属经济区等的面积数据,领海的基点、基线科学论证和实测依据,总之,海洋国土的基础数据资料尚处于零散甚至空白状态。按海洋地质调查规范,我国仅仅完成永暑礁幅 1:100 万的海洋区域地质调查图。海洋区域地质调查的工作面临着严峻的形势,远远不能满足国家中长期海洋规划、沿海地区国民经济建设、海洋划界和未来大规模海洋开发的需要。

区域地质填图不是一种静态过程,而是随着科技进步和社会需求的发展而演变的。许多国家在 20 世纪 90 年代以后逐渐对以往的海洋区域地质图件更换比例尺进行重新编制。技术手段的革新是一种重要的促进因素。以多波束海底地形探测、遥感、卫星测高、高精度重力、磁力测量和浅层高分辨率地震勘探为代表的现代技术手段的引入,多学科多手段的综合研究的应用,多种计算机数据库的获取和地质数据库的建设,再加上计算机成图和 GIS 技术的开发应用,正在促成海洋区域地质调查与填图的一场重大变革,转化为以数字化为基础的新模式^[6~8]。实践证明,这种变革基本上改变了海洋区域地质填图进展缓慢、图件老化和内容不能满足社会各方面需求的被动局面。在数字化地质图数据库与计算机成图系统的技术开发与建设方面,美国、英国、加拿大、日本、澳大利亚等西方发达国家起步较早,如今已达到成熟阶段,而大部分发展中国家也在逐步采取措施贴近国际主流。

多波束测深系统、深海光学、声学探测系统、载人或无人深潜器、无人遥控潜水器 (ROV) 等由理论走向应用,对海底的探查,其观测系统由海面扩展到空中(卫星和航空)、水下和海底,构成立体探测体系,给出三维、四维的全覆盖的海底及岩石层的物流、能流与信息流的海量数据。近海底观测是达到高分辨率、高精度的主要途径,已经成为各国海底详细勘查工作的主要手段。我国应直接跟踪国际科技前沿,与时俱进,实现跨越式发展。

坚持科学发展观,首先要充分应用最新的科学技术,建立我国管辖海域地质地球物理的实测基础图件,如海底地形图、地貌图、重力图、磁力图,以及有关的岛屿、海岸线、领海毗邻区专属经济区等的基础图件,这是海洋国土最基础的数据体,实施数字海洋国土工程,其目的只有一个,那就是在现代化的基础上摸清家底,为维护主权、权益,为中国海的开发提供依据。

数字地球是当前信息科技发展的热点之一,由此衍生“数字国土”、“数字海洋”等相关概念。数字国土是以国土为研究对象(包括海洋国土),以国家信息基础设施即信息高速公路为依托,以国土空间数据基础建设为基础,以最新信息技术为支撑的一个庞大而复杂的系统。我们关心的蓝色国土相关的数据库体系包括各种比例尺的海洋空间数据、海洋卫星数据、海洋环境、资源、经济、人口、海洋产业、海洋灾害等不同类别调查、观测、统计数据。数字海洋国土的工作刚刚起步,当务之急是从国家发展战略的高度出发,构建海洋空间数据体系,统筹规划海洋国土,为维护国家权益、推动国家经济建设服务。

从国家利益出发,查清我国近海和重点海域海洋环境以及海岛、海岸带、海域使用、海洋灾害的基本状况,为海洋资源合理开发利用、海洋环境保护、海洋综合管理、海洋减灾防灾,为推动沿海经济持续发展和维护良好的海洋环境以及国防建设提供科学依据,发展海洋信息技术,建立海岸带空间基础地质与地理信息系统,统筹规划海洋产业。

3 调查海洋资源,合理利用海洋

国家非常重视海洋,重视海洋经济的发展,重视海洋资源的可持续利用。中国海蕴藏着丰富的自然资源,有待我们去勘探开发。这里姑且不论近海远海的渔业捕捞、岸边生物资源的养殖、溶解于海洋水中的盐类和多种化学元素(溴、碘、钾、钠等);以及利用潮汐、波浪、海流、温差的发电等等,仅就海床洋底的矿产资源来看,就可以看出它们的重要性和丰富程度。

(1) 丰富的石油天然气资源。中国海域有丰富的油气资源,仅在近海大陆架 $130 \times 10^4 \text{ km}^2$ 面积内,主要分布着渤海、北黄海、南黄海、东海、台西、台西南、珠江口、琼东南、莺歌海和北部湾 10 个大型含油气盆地,初步估算石油资源量达到 $246 \times 10^8 \text{ t}$,天然气资源量 $15.7 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。其中,仅南海就有含油气构造 200 多个,油气田 180 个,石油地质储量大致在 $(230 \sim 300) \times 10^8 \text{ t}$,约占我国总资源量的 $1/3$,有“第二个波斯湾”之称。南海自 20 世纪 60 年代发现石油以后,越南、菲律宾、马来西亚、新加坡等国家都来开采石油,油井已超过 1000 口,每年开采的石油超过 $5000 \times 10^4 \text{ t}$,相当于大庆油田一年的产油量。

我国由于勘探技术水平的限制,目前主要勘探层位集中在新生代,前新生代海相残留盆地也具有良好油气前景^[9~13],有望在新生代盆地之下出现油气资源的重大突破。

以海洋深水油气勘探为例,近年世界油气总储量的 44% 将来自深水海域,深水和超深水海域的油气资源,正成为美国、英国、挪威、巴西等国竞相开发的热点。据美国地质调查

局和国际能源机构估计，全球深水区最终潜在石油储量有可能超过 $1000 \times 10^8 \text{ bbl}$ 。研究表明，深水待发现储量还有 $1800 \times 10^8 \text{ bbl}$ 。虽然在世界范围内，深海油气勘探的步伐非常迅速。世界海洋石油资源量，占全球石油资源总量的 34%，BP、埃克森美孚、壳牌、巴西等 10 个大公司拥有 73% 的深水储量。在此背景下，我国必须突破近海的局限，加强深海油气勘探，并大踏步地进入世界海洋石油市场。

(2) 煤、铁等固体矿产。世界许多近岸海底已开采煤铁矿藏。日本海底煤矿开采量占其总产量的 30%；智利、英国、加拿大、土耳其也有开采。日本九州附近海底发现了世界上最大的铁矿之一。亚洲一些国家还发现许多海底锡矿，已发现的海底固体矿产有 20 多种。我国大陆架浅海区广泛分布有铜、煤、硫、磷、石灰石等矿。

海滨砂矿。海滨沉积物中有许多贵重矿物，如：含有发射火箭用的固体燃料钛的金红石；含有火箭、飞机外壳用的钛和反应堆及微电路用的钽的独居石；含有核潜艇和核反应堆用的耐高温和耐腐蚀的锆铁矿、锆英石；某些海区还有黄金、白金和银等。我国近海海域也分布有金、锆英石、钛铁矿、独居石、铬尖晶石等经济价值极高的砂矿。近年还发现金刚石、金，以及砷铂矿，它们大多分布在广东和海南岛沿岸，其次是台湾、福建以及山东半岛和辽东半岛。而且具有规模大、矿种多，易于开采的特点，有些砂矿邻近母岩，开采之后，可能在风浪作用下得到补充。

热液矿藏。也称为海底金属泥，是一种含有大量金属的硫化物，海底裂谷喷出的高温岩浆冷却沉积形成，已发现 30 多处矿床。仅美国在加拉帕戈斯裂谷储量就达 $2500 \times 10^4 \text{ t}$ ，开采价值 39 亿美元。而红海的重金属泥则是迄今世界上已发现的最有经济价值的热液沉积矿床。

可燃冰。是一种被称为天然气水合物的新型矿物，在低温、高压条件下，由碳氢化合物与水分子组成的冰态固体物质。其能量密度高，杂质少，燃烧后几乎无污染，矿层厚，规模大，分布广，资源丰富。据估计，全球可燃冰的储量是现有石油天然气储量的两倍。在 20 世纪，日本、前苏联、美国均已发现大面积的可燃冰分布区。我国也在南海和东海发现了可燃冰。据测算，仅我国南海的可燃冰资源量就达 $700 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量，约相当于我国目前陆上油气资源量总数的 1/2。在世界油气资源逐渐枯竭的情况下，可燃冰的发现又为人类带来新的希望。

(3) 深海大洋底有广泛分布的多金属结核和富钴锰结壳。多金属结核含有锰、铁、镍、钴、铜等几十种元素。世界海洋 3500~6000m 深的洋底储藏的多金属结核约有 $3 \times 10^{12} \text{ t}$ 。我国已在太平洋调查 200 多万平方公里的面积，其中有 30 多万平方公里为有开采价值的远景矿区，联合国已批准其中 $15 \times 10^4 \text{ km}^2$ 的区域分配给我国作为开辟区。富钴锰结壳储藏在 300~4000m 深的海底。美日等国已设计了一些开采系统。它们所含铁、锰、钴、镍大多超过陆地的工业品位。有些地区，特别是海底山，还有多金属结壳分布，而洋底裂谷（海沟、海槽、断裂带等）中，则有高温热液硫化矿床，也称黑烟囱，其成分中的某些金属是具有战略意义的，例如钴。中国陆地锰、铜、钴、镍等矿产资源人均储量远低于世界平均水平，随着我国国民经济发展，这些矿产资源短缺的矛盾日益突出，为填补陆地矿产资源不足、满足国民经济发展需要，开发海洋金属矿资源势在必行。

应该说明，与大陆国土不同，世界海洋的斗争，主要聚焦于海床洋底各种矿产资源的归属问题。为此，当前我们的首要任务是查明中国海油气资源的赋存和各种金属矿产的分布，以为划界提供科学依据，同时也为即将到来的中国海大开发进行准备。但是，还应该看到，此项工作是高难度的，也是需要大量资金投入。以岩石层板块大地构造理论为指导，对中国

海陆的地质条件与地球物理场作具体分析,力求认识中国海陆国土内每个沉积盆地的形成演化历史,探讨其含油气性以及各种矿产资源在海床洋底的赋存情况,就必须广泛地开展海陆地区各种比例尺的地质、地球物理调查。而在调查中,不但要战风斗浪,克服自然环境中的艰险,而且从导航定位到各种地球物理方法的数据采集和处理解释都与计算机技术和各种现代技术有关,特别是深海大洋的探测技术与装备,几乎全部都需要不断创新,逐步突破各种难关,由最新科技成果凝聚而成的^[14]。

“国务院关于加强地质工作的决定”中指出^[15],突出能源矿产勘查。能源矿产是重要的战略资源,必须放在地质勘查的首要位置。实施海洋国土资源大调查,科学评估海洋矿产资源潜力,为科学部署提供依据。实施海洋地质保障工程,开展区域海洋地质调查,进行海岸带、大陆架和海底地质情况探测,系统掌握海洋地质基础数据,摸清海域油气资源潜力,积极参与国际海洋地质调查计划和国际海底矿产资源勘查活动。

温家宝总理指出,油气资源勘探开发,要“稳定东部、加快西部、准备南部、突破海上、加强国内、开拓国外”二十四字方针,明确提出要突破中国海的油气资源的勘探开发,为国民经济建设作出贡献。

4 保护生态环境,防治地质灾害

21 世纪的国家安全已从传统的国防安全扩展到经济安全、资源安全、生态安全等诸多方面。

海洋的合理、高效、综合、可持续利用,需要细致精确的海洋地质工程调查^[6~23];针对恶劣海洋环境的破坏,地质灾害的侵袭和国防安全,在岛屿和岸边建立预警系统迫在眉睫。

海岸带地壳稳定性较差、沿海地带软土地基等环境工程地质问题分布广泛。气候变暖引起海平面上升,海岸带地质环境面临威胁,有些地方海岸带灾害肆虐,对沿海城市发展和港口建设等有关海岸带开发工程构成严重威胁,成为海岸带经济进一步发展的瓶颈。

风暴潮、赤潮、海岸侵蚀(海岸侵蚀现象普遍存在,中国 70%左右的砂质海岸线以及几乎所有开阔的淤泥质岸线均存在海岸侵蚀现象)、海浪、海雾、海冰(是由海水冻结而成的咸水冰,但也包括流入海洋的河冰和冰山等)、海水入侵(在沿海地区,由于大量开采地下水导致地下水位大幅度下降,海水侵入沿海含水层并逐渐向内陆渗透,这种现象被称为海水倒灌)、沿海地面下沉(我国海岸带是人口、城市最集中的地区,人类活动影响最为深刻,由于人们大量开采地下水,使地下水位下降,产生地下漏斗,造成地面下沉;另外,众多的高层建筑,亦增加了地面承载力,又加剧了地面下沉的速率)、河口及海湾淤积、海上溢油、海平面上升(由于近年来温室气体的不断增加,造成了全球性气温上升,导致海水受热膨胀、高山冰川融化、南极冰盖解体,造成海平面的上升;并且由于人为因素导致的陆地地面沉降,又造成了海平面的相对上升)、外来物种入侵等海洋灾害日益突出,1980—2002 年的 22 年中,海洋灾害的经济损失大约增长了 30 倍,高于沿海经济的增长速度,已成为我国海洋开发和海洋经济发展的重要制约因素。海洋防灾减灾直接关系到国家的社会安定、经济安全和沿岸人民的生命财产。因此,探讨研究海洋灾害的主要类型及典型特征,具有十分重要的社会意义和经济价值。

我国已建立起来的近海环境常规监测情况表明,近年来我国近海海域污染程度加重,环境质量总体水平呈下降趋势,其中锦州湾、渤海湾、大连湾、胶州湾、长江口、杭州湾和珠

江口污染比较严重。由于目前海洋环境污染监测的手段和系统跟不上海洋开发利用的需求,污染灾害造成的损失触目惊心,也使海洋的可持续发展缺乏基本的保障条件。

由于部门的分割,过去的地质调查工作基本处于就海说海、就陆说陆的状态,海陆同在一个地球圈层,地质作用为一个连续的过程。地质灾害调查,减灾防灾,建立地质灾害预警机制,呼唤海陆一体化的综合研究体系。

从国家利益出发,查清我国近海和重点海域海洋环境以及海岛、海岸带、海域使用、海洋灾害的基本状况。为海洋资源合理开发利用、海洋环境保护、海洋综合管理、海洋减灾防灾,为推动沿海经济持续发展和维护良好的海洋环境以及国防建设提供科学依据。

建设海洋立体观测预报网络系统,开展大范围、长时效、高精度预报服务,形成有效的监测、评价和预警能力,完善沿海防潮工程,减少风暴潮、巨浪等海洋灾害损失,建立海陆一体化的综合研究体系。

以海洋为工作重点,研究全球变化与海域各圈层相互作用及其变化,突出海洋演化的动力过程研究,海洋地球信息科学研究,突出海洋地球管理科学研究,关注减灾、环境保护治理、资源合理开发利用以及能源战略等问题。突出地球科学和海洋学交叉学科研究进展与创新,关注经济社会发展对海洋地学的影响与需求,以及在自然科学内部与其他学科的交叉融合、与高新技术在海洋地球科学中的应用。

5 结 论

古人说“不谋万世者,不足谋一时;不谋全局者,不足谋一域”。这是胡锦涛主席在两院院士大会上的讲话中引用的一句话。对我们来说,谋全局者,统筹中国的海洋事业,发展海洋经济,建设中国海。

中华人民共和国国务院国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)中提出了科技发展的战略重点。在此规划中,与海洋、与能源相关的项目高达17项,展示了国家对中国海所寄予厚望。

综上所述,把战略性矿产资源勘查工作放在重要位置,摸清资源家底,实现战略性矿产勘查的重大突破。利用最新的地质学、构造学、沉积学等理论,重塑中国海地质结构和演化历史及矿产资源赋存规律,是目前进行海洋国土区域大调查、海洋资源调查和减灾防灾的工作前提和基础。

坚持科学的发展观,实事求是,按科学规律开展地质、资源的调查,开展前沿性、基础性地质研究,以及与地质调查和矿产勘查相关的应用研究;统一思想,统一部署,形成科学的海洋地学体系,服务于人类,服务于社会。

参 考 文 献

- [1] 刘光鼎. 海洋国土与海底矿产资源. 国土资源, 专家论坛, 2001, 1: 22~24
- [2] 博扬. 中国的海洋战略与海上力量 [OL]. 中华网, 更新时间: 2006-1-25
- [3] 中国海洋21世纪议程 [S]. <http://www.coi.gov.cn/hyfg/hyfgdb/fg8.htm>
- [4] 政府白皮书. 中国海洋事业的发展 [S]. 2004/05/22, <http://www.fmprc.gov.cn/ce/cgkhh/chn/zg-zt/zfbps/t117160.htm>
- [5] 王瑞江. 当前我国战略性矿产勘查工作的几个问题 [OL]. 中国地质调查局资源评价部 <http://>