

● 陈颢 王水 秦蕴珊 陈邦彦 主编

寸丹集

庆贺刘光鼎院士工作 50 周年学术论文集

科学出版社

寸 丹 集

——庆贺刘光鼎院士工作 50 周年学术论文集

陈 颢 王 水
秦蕴珊 陈邦彦 主编

科 学 出 版 社

1998

内 容 简 介

本书收集了反映在海洋地球物理、勘探与油储地球物理、勘探与油气盆地、固体地球物理、空间物理等领域的学术论文 86 篇,集中体现了我国在这些领域所取得的最新进展以及这些领域的学科发展动态。

本书可供地质、地球物理、海洋等地球科学各领域的科研人员及高等院校师生参考。

寸丹集

——庆贺刘光鼎院士工作 50 周年学术论文集

陈 颢 王 水 秦蕴珊 陈邦彦 主编

责任编辑 彭 斌 李增全

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1998年12月第 一 版 开本:787×1092 1/16

1998年12月第一次印刷 印张:57 1/2 插页:6

印数:1—1 200 字数:1 348 000

ISBN 7-03-007171-9/P·1103

定价:130.00元

(如有缺页倒装,本社负责掉换。〈科印〉)

《寸丹集——庆贺刘光鼎院士工作 50 周年学术论文集》

编辑委员会

顾问：(按姓氏笔画排序)

丁国瑜	马在田	马宗晋	马瑾	王德滋	叶大年
宁津生	刘东生	刘振兴	孙枢	孙鸿烈	许志琴
任纪舜	李廷栋	李德仁	苏纪兰	何继善	汪品先
汪集旸	陈运泰	肖序常	周秀骥	欧阳自远	赵鹏大
郭令智	郭宗汾	徐冠华	殷鸿福	钱祥麟	戴金星

主编：陈颀

王水

秦蕴珊

陈邦彦

副主编：王光宇

郑天愉

金翔龙

马福臣

臧绍先

常务编委：刘福田

李幼铭

郝天珧

王家林

编委：(按姓氏笔画排序)

于晟	方正	王广福	王清晨	王家映	王椿镛
王颖	邓玉琼	从柏林	叶义雄	田兴有	业渝光
冯志强	刘启元	刘建华	孙天泽	孙群	朱日祥
朱灼文	朱志文	朱铉	曲克信	邱哲明	吴建春
吴金龙	陈晓非	陈乐寿	张先康	张颖	杨文采
杨长春	赵金海	项永仁	姚振兴	郭爱缨	徐文耀
徐果明	高平	柴育成	常旭	黄忠贤	黄鼎成
彭斌	雷受旻	管志宁			

贺光鼎七十大寿

老骥伏枥志在千里
烈士暮年壮心不已

于敏 一九九八·十一

光明磊落中流砥柱

鼎力拼搏書山樵

光鼎良師七秩華誕誌慶
戊寅仲冬何建善敬書



拳拳强国志 毕生一寸丹

刘光鼎同志是我国著名的地球物理学家和海洋地质学家,全国政协委员。1948年9月加入中国共产党。从本世纪50年代起,在半个世纪的革命和科研生涯中,他为中国地球物理、海洋地质和油气勘探事业的发展做出了卓越的贡献。1980年当选为中国科学院院士。长期以来他一直是业务、行政工作双肩挑,先后担任中国第一海洋物探队队长、北京地质学院海洋物探教研室主任、地质矿产部海洋地质研究所海洋地球物理研究室主任、地质矿产部第二海洋地质调查大队技术负责人、上海海洋地质调查局副总工程师兼综合研究大队长、同济大学海洋地质研究所所长、地质矿产部海洋地质司副司长、地质矿产部石油地质海洋地质局副局长、中国科学院地球物理研究所所长等职务。由于他对中国油气地质和地球物理的贡献,1989年以前担任《石油与天然气地质》主编,《海洋地质与第四纪地质》和《海洋学报》副主编;1989年以来,他是《地球物理学报》和《地球物理学进展》主编。1991年当选为国际大地测量和地球物理联合会(IUGG)中国委员会主席,1993年当选中国地球物理学会理事长,同时担任中国海洋学会副理事长,中国地质学会石油专业委员会主任。作为中国地球科学界杰出的代表,刘光鼎同志在国际上享有很高的知名度,1993年当选第三世界科学院院士,1995年当选联合国大陆架界限专家委员会委员。1997年被韩国公州大学授予(彼得堡赫尔岑大学)名誉博士学位。

刘光鼎同志自1952年从北京大学物理系毕业后,马上投入北京地质学院的建校工作,为组建地球物理探矿系,建立和发展勘探地球物理学科及相关专业进行了开拓性工作;他协助院、系聘请了傅承义、顾功叙、秦馨菱、曾融生等著名地球物理学家到校兼职兼课;他翻译出版了第一本《地震勘探教程》,协助前苏联专家顾尔维奇教授培养了10名地震勘探研究生,为培养造就建国后最早一批勘探地球物理高级人才做出了贡献。

1958年,根据国家科委的要求,中国科学院、地质矿产部和石油工业部联合组建了中国第一个海洋物探队,由刘光鼎同志任队长,秦蕴珊、鲍光宏任副队长,在渤海、黄海开展了试验。从此,他倾全力投入我国海洋地球物理的始创工作;1959年奉派去前苏联里海、黑海、莫斯科和列宁格勒等地考察海洋物探技术;1960年回国即在北京地质学院组建起海洋物探教研室和相关的专业;带领教研室同志到天津塘沽,协助组建地质矿产部渤海综合物探大队,主持地震仪改装和组合检波器制作,在海军的支持下用单船连续放炮爆炸方法和多种定位手段,做了海上地震试验;1964年教研室改建制调往南京海洋地质科学研究所,当年就开展了渤海湾、辽东湾的海洋地震勘察,先后研制出酒石酸钾钠压电晶体检波器和锆钛酸铅压电陶瓷检波器并组装成地震接收电缆;在勘察和地质研究基础上,以刘光鼎同志为主集体完成的《渤海海底地质构造初步研

究报告》被评为 1965 年国家科技重大成果。刘光鼎同志从海洋及海洋资源的战略地位出发,急国家之所急,勇挑重担,是我国海洋物探事业的开拓者之一,具有高度政治责任心和使命感;注重理论联系实际,发挥群众集体智慧,提倡外为中用、敢于创新的科学求实作风,以及自力更生、艰苦创业、不惧风浪、不畏困难的顽强拼搏精神,他作为我国海洋地球物理勘探和研究的奠基者,是当之无愧的。

我国是一个海洋国家,拥有近 300 万平方公里的管辖海域,对这片蓝色国土资源的调查、开发和保护,对于我国经济和社会可持续发展有着重大的战略意义。刘光鼎同志作为一名有大科学思路的科学家,他能站在海洋地质地球物理科学前沿,高屋建瓴,运筹帷幄,始终把握住发展方向和战略重点,提出海洋地质工作中坚持以“国家权益、矿产资源、地质环境”为中心的思路和部署。他先后领导了渤海、北部湾、南黄海和东海的以油气为主的综合地质地球物理调查和研究工作,为在我国的陆架海域查明六大沉积盆地,发现工业油气流做出了突出贡献。他主持的“中国海地质构造及含油气性研究”及他主编的《中国海区及邻域地质地球物理系列图》先后两次获国家自然科学奖。1983 年,根据国务院文件批示精神,地质矿产部积极筹备开展国际海底地质矿产资源调查。时任石油地质海洋地质局副局长刘光鼎同志任筹备工作领导小组组长,会同张瑞翔总地质师领导了调查规划和总体设计的编制、引进深海调查设备和改装调查船只方案的制定及尽快筹建调查队伍等关键工作,保证 1986 年“海洋四号”船首航目标如期实现。也是 1983 年,他从 20 多年海上油气盆地勘探开发的形势和经验中,敏锐地洞察到海洋开发引发“海底不稳定性”研究的重要和必要,“宁可查而无患,不待患而后查”,积极支持南海珠江口盆地 1:20 万比例尺的海洋地质灾害与工程地质的调查项目。在海洋地质领域,这个项目的圆满完成起到先行性、示范性和指导性作用。在这期间他发表了多篇文章、报告和讲话,提示人们正确认识和处理好海洋资源开发和保护海洋环境的关系。鉴于他长期的野外工作和对地球科学的贡献,1992 年他荣获了“竺可桢野外工作奖”,1993 年荣获了“李四光”地质科学奖,1997 年获香港“何梁何利”科学与技术进步奖。

刘光鼎同志一贯强调要立足全局、开宽思路,以开拓创新精神走自己的路。他本人率先垂范。自 70 年代初开始,坚定走“地质与地球物理结合”,“地球科学要求综合研究”的道路,潜心研究板块构造理论和海洋地质科学的最新重大成果,着手指导与主持南海、东海直至中国海区及邻域的地质地球物理的综合研究。面对浩瀚的地球信息和丰富的中国海资料,刘光鼎、朱夏和我提出“一种指导,两个环节,三项结合,多次反馈”的理论原则和一系列综合地质地球物理研究方法。1992 年上述的《中国海区及邻域地质地球物理系列图》与《中国海区及邻域地质地球物理特征》专著相继出版,受到国内外地学界的盛赞好评。这些成就正是他们及其领导的科研集体多年探索创新的范例和呕心沥血的结晶,它影响和指导着研究海洋和大陆的众多科学工作者。

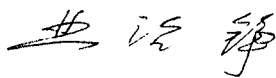
1989 年,经傅承义院士举荐,中国科学院在征得地质矿产部同意后,请刘光鼎同志担任中国科学院地球物理研究所所长。他欣然受命,只身一人来到我国地球科学的

重要基地,开创新的事业。中国科学院地球物理研究所自1950年成立以来,曾经会聚了一批地球科学的精英,有过为我国的地球科学事业创业的辉煌。但从60年代以来,多次分所,几经搬迁,元气大伤。刘光鼎同志到任时,面对的是一个学科分散、方向任务不明、组织不善的研究所。经过认真调查研究,他提出了基础研究的四大中心(地球物理成像中心、高温高压岩石物性中心、地磁台链中心和资料中心)和应用开发的四大课题(沉积盆地综合研究、油储地球物理研究、深部结构与演化研究、地球磁场与电磁空间环境研究)的全局构想,以学科调整推动地球物理研究所发展。与此同时,他成竹在胸,下决心解决好“地球物理和经济建设”这一重大课题。他坚决执行国家决策,十分强调研究所的工作要积极进入国民经济主战场。针对中国东部主力油田迫切需提高回采率的问题,他亲自领导“陆相薄互层油储地球物理学理论与方法研究”大课题立项,得到国家自然科学基金委员会、中国科学院、中国石油天然气总公司和大庆石油管理局的支持,列为基金重大项目,取得从基础研究起步、向产业化发展的优秀成果。他以敏锐的思路,对研究所的工作做了以改革为先导的决策,组织全所同志,积极努力,争取到国家科委将地球物理所列为全国基础性研究所的改革试点所之一。

1995年刘光鼎同志任攀登计划B-34项首席科学家,大力推进和开展地球物理对隐伏金属矿床预测的研究。1996年7月,国家正式批准海洋领域进入国家高科技发展计划(863计划)。这是广大海洋科技工作者企盼已久的大好事。正如“海洋探查与资源开发技术”主题报告反复强调的,海域首要的是维护主权权益。权益之争的焦点在于资源,其实质是高新技术之争,综合国力之争。刘光鼎同志始终坚持这一观点,大声疾呼,铮铮直言。他为落实主题的思想,从设计主题框架到选题立项;从确立目标和研究内容到关键技术问题的攻关,起着砥柱中流作用,发表了许多真知灼见,通过深入现场调查研究,给予课题组精心指导。刘光鼎同志正以“老骥伏枥,壮心不已”的豪迈之情为我国的地球科学和海洋高技术事业做出新的奉献。

刘光鼎同志从事地球物理和海洋地质工作的50年中,有近30年是在为海洋地质地球物理教育事业做贡献。70年代末至今,他一直在同济大学兼教,培养了一批硕士生、博士生;先后任同济大学海洋地质研究所所长、名誉所长,教育部海洋地质开放实验室学术委员会副主任等。80年代以后,又应邀担任了南京大学、中国地质大学、成都理工学院、长春科技大学、中南工业大学的兼职教授。像对调查和科研工作一样,他满腔热忱,热爱党的教育事业。为人师表,教书育人。辛勤耕耘,桃李天下,英才辈出,济济一堂。他为我国地球科学21世纪的发展精心培育出一批优秀青年人才。国家要振兴,人才是关键。这正是刘光鼎同志对地球物理科学界,海洋地质界的又一杰出贡献。

贺刘光鼎同志工作50周年,祝光鼎同志健康长寿!



1998年11月11日

目 录

拳拳强国志 毕生一寸丹	业治铮(i)
-------------------	--------

第一部分 海洋地球物理

我国海洋地震勘探的起步和发展	王光宇 高哲民(1)
海洋重力测量的几个特殊问题	陈邦彦(11)
南海磁异常对比方法的改进	曾维军(22)
海洋电磁法导论	何继善 鲍力知 朱自强(32)
海洋电法的发展与展望	张胜业 王家映 胡祥云(42)
多波束全覆盖海底地形探测技术	杨胜雄 张志荣 王光宇(50)
东海新生代含油气盆地演化与找油关系	赵金海(58)
南海地质构造演化的若干问题	吴进民(61)
南海北部张裂边缘的类型及其形成机制探讨	宋海斌 郝天珧 江为为(74)
现代海洋铁锰沉积物成矿作用理论问题讨论	许东禹(82)
大洋多金属结核勘探技术与评价方法	张国楨(89)
渤海湾北部浅海海洋地质环境演变与灾害地质问题	杨子康 张志询 王学言(100)
南黄海辐射沙洲成因的浅层地震与有孔虫证据	王颖 朱晓东 邹欣庆 朱大奎(113)
苏北琼港地区辐射沙洲的地质雷达探测研究	
..... 万明浩 吴健生 谢雄耀 赵永辉 王水强 姜卫方(121)	
中美光缆网络系统海洋路由调查中的工程地球物理方法及其应用	潘国富(127)
大动态、宽频带、三分量数字海底地震仪 OBS863-1	
..... 王广福 刘福田 徐礼国 冉崇荣 邵安民 张玉云 赵凤文(136)	

第二部分 勘探与油储地球物理

电场地震资料的特征	刘洪 严洪瑞 徐国庆 李幼铭(145)
电磁波层析成像的新方法	曹俊兴 朱介寿 聂在平(154)
井间电磁场伪地震波场成像方法	李洪奇 刘洪 李幼铭(160)
“块体”概念与复杂地质模型参数化描述	冷传波 杨长春 李幼铭(168)
复杂地质体基本单元的数学表达方法	杨淑卿 李幼铭 杨长春(181)
三维复杂地质模型剖分及显示	刘洪 高红伟 李幼铭 谭俊敏 杨新民(196)
地震剖面的特征分辨率	王真理(206)
小波分频域地震记录薄层识别与厚度反演	贺振华 胡光岷 邵治龙 王成祥(215)
建立精细速度-深度模型的综合方法	张洪宙 杨长春 冷传波(224)
三维地震走时逆风有限差分算法	陈秀梅 李幼铭 杨长春(240)
二维叠前深度偏移及辅助处理流程方法研究	王建立 冷传波 张洪宙(254)
有限差分法二维叠前深度偏移	徐兆涛 王华忠 李幼铭 李心友(270)

三维有限差分深度偏移的并行算法和实现·····	匡斌 李心友 王真理 李幼铭(289)
地震波阻抗反演·····	张明振 王华忠 刘福贵(304)
多波折射层析静校正·····	李振春(324)
勘探地球物理层析成像系统·····	朱介寿 严忠琼 曹俊兴 张雪梅(342)
多约束下 MT 方法在苏北前志留系层面研究中的应用 ·····	
·····	吴健生 王家林 过仲阳 万明浩 李代芳 陈高 秦顺亭(355)
地震波能量反射衰减的一种估算方法·····	石殿祥 郑天才(364)
人机交互处理工作站全三维处理技术应用·····	杨继友 黄玉静 王紫娟(371)

第三部分 勘探与油气盆地

渤海湾盆地和鄂尔多斯盆地氦同位素组成特征及其对含气性的意义 ·····	
·····	戴金星 夏新宇 赵林 洪峰(386)
油田地热研究若干问题(详细摘要)·····	汪集旸(393)
含油气盆地深层的综合地球物理反演方法 ·····	
·····	王家林 吴健生 王一新 陈冰 于鹏 范兴才(394)
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 方正 鄢庆良 周德雨(404)
利用三维地震资料进行断层对油气封堵性分析的方法研究·····	贝智敏 叶远生 王允洪(411)
沉积盆地中的成油与成矿:盆地流体作用的两个方面·····	
·····	刘建明 谭俊 储雪蕾 刘伟 陈旭瑞(419)
致密砂岩气藏描述中的地震勘探技术·····	唐建明 谢用良(429)
盆地基底结构的综合地球物理研究·····	王家林 吴健生 陈冰 钟慧智 万明浩 宋海斌(438)
对隐伏矿脉新的观测方式及效果(地震层析成像方法的应用)·····	常旭 刘伊克 王辉(452)
大井铜-锡多金属矿成矿流体的流体包裹体和稀土元素地球化学 ·····	
·····	刘伟 储雪蕾 赵善仁(459)
叠前自动外科手术法去噪及应用分析·····	甘其刚 张学映(469)
大庆东部深层初始重磁模型的建立·····	孟小红 楼海 安玉林 张晓东 李贵顺(483)
用超声模型实验数据检验不同精度时间偏移算法的效果·····	唐文榜 蒋多元(489)
中国金矿带地球物理场与深部构造特征·····	王世称 刘少华 杨宝俊 王应太(495)

第四部分 固体地球物理

地球内部复杂介质和结构与各向异性·····	滕吉文 张中杰 王光杰(509)
中国岩石圈探测与综合研究的战略任务·····	吴功建(536)
初论东亚大陆移置构造·····	张福勤(543)
大别-苏鲁超高压变质带的地球物理调查·····	杨文采 许志琴(551)
大别山超高压变质岩带形成的地球动力学·····	王清晨 从柏林 朱日祥(568)
大别山超高压变质带地壳上部的三维速度成像·····	王椿镛 楼海 王飞(580)
青藏高原西部综合地球物理剖面研究·····	孔祥儒 王谦身 熊绍柏(591)
青藏高原隆升过程三阶段模式的动力学模拟 ·····	
·····	傅容珊 李力刚 黄建华 徐耀民 常筱华(596)
中生代地球磁场变化特征的动力学含义·····	朱日祥 潘永信 刘青松(611)

华北东部中生代盆地构造特征与大陆动力学过程·····	何建坤 刘福田 刘建华 孙若昧(618)
各向异性介质中系统矩阵和传播矩阵的对称性质·····	徐果明(633)
计算综合地震图的广义反射、透射系数矩阵和离散波数方法(三)——广义接收函数矩阵和 半解析的波数积分方法·····	姚振兴(647)
地幔粘度结构的反演·····	陈良君 臧绍先(655)
联合分析两类地磁场长期变化的特征正交分解·····	马石庄(668)
横向非均匀介质中一维模型的适用性研究·····	盖增喜 陈晓非(681)
面波速度的 Occam 反演 ·····	黄宗贤 郑月军(692)
中国东北地幔间断面的研究·····	陈友麟 臧绍先(703)
华北地壳结构的三维探测和研究 ·····	
张先康 刘国栋 刘泰升 杨卓欣 张成科 赵金仁 杨健 宋建立 祝治平 高泉生(715)	
波速比结构的地震层析成像·····	孙若昧 刘福田 刘劲松(721)
反射界面及层速度的走时层析成像·····	李显贵 许多(731)
地球物理场成像研究进展·····	王妙月 底青云 王赞(739)
论区域重磁资料解释问题·····	管志宁 侯俊胜(749)
用面波高斯光束方法研究张北 - 尚义(1998)地震·····	袁怀玉 陈晓非(755)
北京及其邻近地区 L_g 尾波 Q 分布特征 ·····	刘建华 刘福田 阎晓蔚 何建坤(777)

第五部分 空间物理、大地测量及其它

中国空间物理学发展的回顾和展望·····	刘振兴(788)
向阳面磁层顶的瞬时磁重联·····	濮祖荫 徐良 徐涛 付绥燕 康孔斌 刘振兴(796)
实时电离层延迟改正对单频接收机用户影响结果分析·····	陈永奇 许才军(811)
卫星测高大水水准面观测资料的二维经验功率谱密度估计 ·····	
·····	晁定波 李金文 宁津生 李建成(818)
非球边界 Laplace 方程 Robin 外问题的球谐函数解 ·····	黄金水 朱灼文(824)
Stokes-Neumann 混合边值问题及其应用 ·····	于锦海 朱灼文(831)
航空重力测量及其应用前景·····	宁津生 罗志才 晁定波(837)
深部气体地球化学研究·····	王先彬(846)
再论确定造山带内构造单元古地磁极位置的可行性——秦岭二郎坪蛇绿岩片古地磁极位置 及其构造意义·····	吴汉宁(857)
2.6Ma 前后中国北方大气环流格局的重组:黄土 - 红粘土序列的粒度证据·····	
·····	丁仲礼 杨石岭 孙继敏(868)
平衡剖面在研究变形构造中的意义及其应用·····	胡德昭 徐鸣洁(882)
科技学术期刊如何国际化·····	郭爱纓 张颖 刘少华(889)
期刊的影响因子与中国地学期刊的国际影响力·····	孙群 杨秀霞 纪蔚秀 杭爱华(894)
后记·····	本书编委会(903)

我国海洋地震勘探的起步和发展

王光宇

(广州海洋地质调查局, 广州 510075)

高哲民

(中国新星石油公司计算中心, 北京 100083)

摘 要

本文记述了我国地震勘探创业起步和发展的几个阶段。海洋地震勘探在发现渤海、北部湾、珠江口和东海等含油气盆地所起的作用。当前海洋地震勘探新技术和应解决的问题。

关键词 我国, 海洋地震勘探, 起步, 发展

我国既是一个大陆国家, 也是一个海洋国家。我国有渤海、黄海、东海和南海四大海域及台湾岛东部海域, 大陆海岸线长达 18000 余公里, 海域范围约 300 余万平方公里。海域辽阔, 沉积层厚, 具有良好的含油气远景, 目前已建立起多个海上油气田。在旧中国, 海洋地球物理调查是个空白; 新中国成立后, 地球物理调查工作飞速发展, 从 50 年代后期, 开始逐步向海洋物探技术领域进军, 首先从渤海地区起步, 然后向南黄海、南海、东海扩展。

一、海洋地震勘探的起步阶段

渤海地区最早的地球物理调查始于 1958 年, 当时由中国科学院、地质部、石油工业部所属有关单位协作, 组成我国第一个海上地震队, 由北京地质学院刘光鼎同志任队长, 了解海上地震地质特点, 探索海上地震勘探方法技术。在当时的历史条件下, 没有成功的国内外经验可以借鉴, 只好将陆用地震站和检波器直接用于海上, 采用炸药震源, 在渤海湾进行试验工作, 揭开了海上地震勘探的序幕。其意义巨大, 但试验结果不理想。因此, 1959 年, 地质部派刘光鼎同志赴苏联里海参观和学习海洋物探技术, 1960 年春回国。

1959 年 12 月 3 日, 地质部党组在给中央的报告中提出: “海洋中地下储油在世界石油资源中占有一定地位。我国的渤海湾根据既有资料分析, 也很有希望, 准备逐步开展首先以寻找石油为主的海洋地质工作”。1959 年 12 月 16 日, 国家科委将开展浅海地质工作列为 1960 年全国科学技术发展计划为重点项目。正式提出在我国海域开展地质和地球物理勘探工作。

根据我国经济建设及海洋地质、地球物理工作的需要, 地质部于 1960 年 3 月在长春地质学院和北京地质学院分别组建海洋地质专业和海洋物探专业, 同年 5 月又在天津组

建地质部渤海综合物探大队。

刘光鼎同志在筹建北京地质学院海洋物探教研室和海洋物探专业的同时,又兼任了地质部渤海综合物探大队的技术顾问和地震分队技术负责人,提出了在海洋地震勘探起步时急需解决的三个技术问题:(1)了解渤海地区海洋地震地质特点、波场特征;设计、试制组装酒石酸钾钠晶体水听器;改装陆用地震仪、使之适合于浅海环境下水层地震波场特征。(2)进行海上爆炸震源激发试验,消除重复冲击;进行船舶在行进过程中的连续观测作业试验。(3)实现海上观测点的无线电定位,在无线电定位技术实现之前,先利用抛标定位进行地震观测试验。

当时,由于地质部渤海物探大队地震分队技术力量薄弱,北京地质学院海洋物探教研室地震组的同志,将筹建新专业和组建渤海大队地震分队的任务合为一体,全力以赴,刘光鼎率王光宇、高哲民等协助组建该地震分队。在1960年春夏期间,利用南京大学制作并切割成片的酒石酸钾钠晶体,组装成水听器,并解决了与地震放大器之间的匹配问题;对陆用苏51型地震站放大器的频率特性进行改装和调试,使之能有效地压制高频混响和低频底波等干扰波,并使之频率选择特性能适合于浅海有效波场特征。

1960年的地震工作,是利用北海舰队的“831”号登陆舰进行的,得到全舰官兵的大力支持;苏式51型地震站是中国科学院海洋研究所提供的,并派唐宝珏等人给以支持配合。利用救护轮“津救”号作为爆炸用船。

在渤海野外工作期间,首先进行了不同海区静止点试验,选择好激发、接收条件。然后进行了连续作业试验,主要是采用在爆炸前及时松放接收电缆前端的缓冲部分(约20~30m),使电缆在接收地震波的瞬间处于非拖拽的自由悬浮状态,使环境干扰背景最低。当时由于没有无线电定位设备,只好利用抛浮标定位办法以解决定位和相邻观测排列的互换连接问题。

利用上述设备和试验方案,于1960年秋季,在渤海湾、莱州湾、渤海中心进行了多个静止点试验,在渤海湾进行了约40km的连续观测试验。

经过上述试验工作,初步摸索了渤海地区不同地段的地震地质特点、激发特性、波场特征、接收特性等,选择合适的观测参数,取得了有效地震记录,证明了设备性能是好的,采集参数选得合适。工作结束后,刘光鼎率领大家编写了我国第一份取得初步成效的海上地震勘探试验报告,对渤海地区的波场特征、设备性能、工作方法、成果分析作了全面总结,并对40km的连续地震剖面作了初步分析和解释,并指出了存在的主要问题和提出了今后进一步工作的建议。

1961年和1962年,在以前工作的基础上,又利用东海舰队的“304”登陆舰继续进行海上地震勘探试验。由于无线电定位问题仍未解决,仍采用抛标定位的方法,进行双船连续作业试验,试验内容和上年差别不大。由于当时我国正处于经济困难时期,试验内容和工作量都受到限制,1963年又不得不中止海上工作。

为了加快海上调查工作的技术进步,1963年4月,地质部党组决定成立海洋地质科学研究所,并于1963年12月在南京召开了有关成立该所的工作会议,所址选在南京。1964年春,以整建制调动工作的方式,组成该所各研究室。由刘光鼎同志领导的地球物理研究室的同志,在所领导的支持下,决定当年出海进行海上地震勘探试验工作,试验地点选在辽东湾。

全室同志立即进入紧张的准备工作:南下广州调地震仪并进行改装;试制钛酸钡陶瓷压敏水听器;编写设计任务书;联系观测船只等等。该项工作受到所领导和全所有同志的支持,并得到部党组的大力支持——通过总参借用海军旅顺基地的“220”护卫舰作为工作船只,并以旅顺港作为工作基地,得到“220”舰全体官兵的热情支持,全力配合。这次试验的目标是:试验单船连续作业技术和检验钛酸钡压电陶瓷水听器的性能。试验结论是:单船连续作业有效可行;自制的钛酸钡陶瓷比酒石酸钾钠耐腐蚀,但灵敏度太低。

与此同时,第五物探大队(原渤海物探大队)地震分队,于1964年利用“星火一号”船和“星火二号”船进行了三条区域地震剖面的双船连续地震测量。

1964年,由中国科学院测量地球物理研究所和地质部航测大队联合研制的海上双曲线无线电定位系统CWCH-10B(有起始点),在第五物探测量队(511队)配合下试验成功。

为了统一领导,集中力量,便于工作,1964年12月,地质部决定将第五物探大队正式归属海洋地质科学研究所领导。至此,海上地震勘探需要具备的激发-接收系统、单船连续作业技术、无线电定位已基本上解决,再加上组织的调整,这就为1965年的渤海地质和地球物理综合调查打下基础。

1965年,国家科委决定:海洋地质和浅海油气资源调查由地质部承担。海洋地质科学研究所党委决定在渤海地区开展大规模的地质和地球物理综合调查(称“渤海会战”)。所、队合一,组成两个地震队,布置了15条测线,纵测线线距40km,北西-南东向,共计1555km。这些地震资料经过整理、对比、成图和综合解释,对划分渤海区域构造单元、寻找含油气远景区,特别是渤海湾、辽东湾提供了宝贵的第一手资料,业治铮、刘光鼎等人编写了渤海地质构造报告。为决策和部署下一步的工作奠定了基础。

1966年,浅滩地震队在辽河入海地区开展了潮间带地震勘探,试验成功。

为配合地质部第四物探大队潜江油田的发现,帮助查清湖北沙市-公安附近的跨长江构造,海洋地质科学研究所于1966年3月至5月,在刘光鼎同志率领下,开展了石首至宜昌的长江中游水上地震调查,探索了河流地震勘探的方法技术、波场特征,提交了沿长江的地震剖面的报告。

至此,我国海上地震勘探已历七个年头,方法技术基本过关,取得了一批地质科技成果,实现了海上地震勘探的起步,为我国海洋物探事业做出了贡献。大家群情振奋,准备加快速度,向发现和开发我国海上油田的目标迈进。然而,不幸的是,“文化大革命”的发起,我国陷入空前的混乱局面,使海洋物探事业受阻,造成了不可挽回的损失。

二、海上地震勘探信息化的启蒙阶段 ——模拟磁带记录及其回放,数字化试处理

为了改变我国南方能源紧缺的局面,应广东省领导的要求,地质部于1970年秋将海洋地质科学研究所由南京搬迁广东湛江,改名为地质部第二海洋地质调查大队(以下简称“二海”),承担南海以寻找油气为主的矿产资源调查任务。根据李四光部长“由近到远、由易到难,在北部湾练兵,面向南海”的指示,二海(技术负责人是刘光鼎、杨启伦)确定北部湾的调查是以地震为主的包括磁力、海底重力、测深和底质取样等多种物探、地质综合调查。并对

广西、雷州半岛和海南岛沿北部湾岸边 20km 范围内做了地质、重磁调查(有几条大剖面延伸到陆地深处)。真正做到了海陆联结的地质地球物理综合调查。

1970 年 10 月北部湾调查是以海洋地震勘探为先导,开始了南海陆架区盆地以寻找油气为主的创业活动。对于地震调查来说,60 年代在渤海等海区使用的 51 型地震站已是落后的设备,它毫无复制和再处理能力。面对海上水层、海底和深层的多种特殊干扰束手无策。在当时,西方发达国家的地震勘探技术已实现数字化,我们远远落后了,这是当时历史条件造成的。在地科院孟继声和石油部唐克同志的关心支持下,1970 年二海在北部湾调查中已使用上西安石油仪器厂生产的 DZ663 型调宽模拟磁带地震记录仪(二海改装了放大器频率特性)和模拟回放中心。1972 年组建地震二队时使用了重庆地质仪器厂生产的调频磁带地震仪。电缆均使用 24 道陶瓷压敏检波器。导航定位使用了有起始点的苏式双曲线无线电坐标仪。在当时二海地震勘探全部模拟化,这也是前进一大步,在国内也属先进的。采用模拟磁带记录技术,可以将地震信息记录和存储于模拟磁带,然后在回放中心进行模拟处理,包括动静校正,延迟滤波和叠加处理等手段,形成叠加剖面提供解释,已经起到很大的推动作用。

通过对取得的地震概查 2854.5km 剖面,磁力 8440km,海底重力 704 个测站,测深和地质取样等地质地球物理资料分析研究,对北部湾地形地貌、底质、重磁场特征、地震地质条件、地质构造和含油气远景有了初步掌握并做出了综合评价,1973 年提交了 6 份概查成果报告。报告指出,北部湾(测区面积 40000km²)是一个中新盆,沉积厚度在 4000m 以上,是一个含油气远景较好的地区,并划分出三个次级构造单元,涠州岛西南海区含油气远景最好;同时指出北部湾坳陷的主体在测区西部及白龙尾岛一带,建议迅速开展测区以西至西沙群岛之间的概查工作,与此同时,积极准备开展南海北部大陆架的概查工作。

1973 年 2 月概查阶段海上工作完成后,立即对含油气远景最有希望的涠西南海区(4000km²)进行了 1:10 万的地震普查工作。完成测线 1660km,不但证实沉积厚,还发现 10 个局部构造。地震普查报告指出了涠西南 1 号和 2 号构造等为最有利的油气聚集背斜构造,建议尽快上钻证实。根据概查和普查成果和建议,1977 年 9 月石油部南海石油指挥部在涠西南 1 号构造上的湾一井打出了工业油气流,这是北部湾首次突破。在总结北部湾工作时,认为海区同时进行综合地质地球物理调查是一种评价油气远景,了解地质构造的一种行之有效的方法,后人称为北部湾模式。在以后其它海区工作时也都参考了北部湾工作经验。北部湾工作基本告一段落时,1973 年刘光鼎、杨启伦同志先后调往上海 627 工程,当时该机构是二海的领导机关。

经中央批准,国家计委 1974 年(243 号)文,让二海实现战略转移,1975 年开始,二海开展了西沙、中沙群岛一线(北纬 16°20′)以北的南海北部海区(面积 29 万平方公里)1:100 万综合地球物理调查,当年 10 月即发现了珠江口盆地。再经过 1976 年南海北部东区的工作后,共完成地震测线 10256km、磁力 9485km、重力 2809km、测深 9684km,导航定位使用长河一号坐标仪。通过上述资料研究分析,提交了《南海北部地质综合初查报告》。主要成果是我国首次根据自己实测资料,对南海北部地质构造有了初步了解,并划分出 8 个一级构造单元;特别是发现并圈定了面积达 15 万平方公里,沉积巨厚(最厚可达 6000m)的大型新生代盆地,并划分了珠一、二、三坳陷等次级构造单元;指明了最有利含油气远景区。地震勘探

发现珠江口盆地后,地质部航测队于1976年11月至1977年11月在南海北部44.5万平方公里范围内进行1:100万航磁测量(局部1:20万)。1979年3月提交了航磁报告证实了珠江口盆地、琼东南坳陷等的存在。

珠江口盆地的发现对紧缺能源的广东省来讲意义特别重大,对香港和国内外震动也很大。省领导迫切要求尽快上钻,促使中央下决心将在新加坡购进的“勘探二号”平台即时拖到南海,在珠江口盆地试钻。这又迫使二海在盆地北部选择油气远景好,适合于平台工作水深(自升式平台,水深最大90m)的海区加速进行了I、II、III、IV四个工区1:20万地震勘探普查工作。边工作边改进地震勘探装备和方法,普查阶段使用了24道地震电缆,采用6次叠加的观测系统,用回放中心进行处理。但是其局限性非常大,即记录动态范围小(约40dB)、信噪比低,机电式动静校正精度很低,叠加次数低(6次),虽然能实现对随机噪声的延迟滤波,但对有致命影响的水层鸣振和深层多次波仍无能为力。在当时,二海和其它单位一起与地质部150工程队(后改名为地质部计算研究所)共同协作,将模拟地震信号转换为离散的数字信号,利用国产的150数字计算机,共同开发数字处理软件,进行数字化试处理,可以实现动静校正、速度分析、叠前各种处理(尤其是预测反褶积)、加权叠加和叠后处理,能有效地压制水层鸣振和深层多次波,提高了信噪比和分辨力,提高了速度分析的精度以及构造成图的精度和清晰度,取得比较满意的效果,对珠江口盆地约5000km的模拟磁带资料进行了数字化处理(约占48%),对确定井位和钻井设计发挥了很好的作用。

在地震勘探普查过程中即发现一系列构造带和局部构造,又尽快在有利构造带上进行地震测线加密,经过地震数字化处理后,质量明显提高,从而陆续选出一批井位供“勘探二号”平台钻探。

1977年10月至1979年3月按照“区域展开、重点突破”的方针,珠江口盆地已打了4口井。除珠一井是试钻和珠三井因台风影响未打到底之外,在珠二井、珠四井均已见到油气显示。在选择珠五井井位时非常慎重,对地震记录反复处理、解释,并进行了综合研究,最后将井位选在珠一坳陷西南部,构造闭合面积大,临近深凹陷,含油气远景好。选择井位时还是依据了模拟地震记录,刚引进的“奋斗六号”船得到的数字记录只能送美国处理,在后期得到了利用和验证。在钻井过程中克服了各种困难,特别是战胜了8号台风的威胁,终于在1979年8月13日喷出高产工业油流,日产原油295.7m³。实现了我国南方找油的重大突破,促使南海、甚至是中国的海上油气勘探推向了一个全新的发展阶段,带来一个新局面。

三、海上地震勘探数字采集、处理和成图解释

南海珠江口盆地的发现和油气勘查的重大突破,取得了经验,锻炼了队伍,受到国内外的高度重视。也促使海上数字化早日到来。

为了更有效、更深入地把工作展开,1979年前后,在南海和东海分别引进了“奋斗六号”和“奋斗七号”物探船,装备了DFS-V数字地震仪,48道地震飘浮电缆、气枪震源和高精度无线电导航定位系统。与此同时,在二海引进了PDP-11小型数字处理系统,在北京计算中心引进了Cyber-720大型计算机处理系统,这时,就队伍素质、技术装备、软硬件环境而言,基本上达到70年代末和80年代初的国际水平。一支多年来爱岗敬业、无私奉献的队