

范时清

世界大洋地质 基本轮廓

科学出版社

世界大洋地质基本轮廓

范 时 清

科 学 出 版 社

内 容 简 介

本书是一本中级科普读物。力图通俗、全面地叙述世界各大洋和南极圈地质的基本轮廓,介绍各大洋洋底地形、构造特征以及洋底沉积物的地理分布及其经济价值。对南极圈的海、陆轮廓,地质构造和南极冰盖厚度变化情况亦作了总体阐述。本书着重介绍了那些具有工业开采意义的海洋底部矿产资源的情况及其储集规律和形成作用。对有关世界大洋的形成与演变问题的各种理论作了综合评述与剖析。

本书适于广大工、农、兵和知识青年阅读。尤其可供海洋勘探与开发部门、外交部门和地质、地球物理、地震工作者以及大专院校有关师生、中学地理教师参考。

世界大洋地质基本轮廓

范 时 靖

*

科 学 出 版 社 出 版

北京朝阳门内大街 137 号

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

*

1978 年 3 月 第 一 版 开本: 787 × 1092 1/32
1978 年 3 月 第一次印刷 印张: 4 3/4
印数: 0001—12,630 字数: 107,000

统一书号: 13031 · 703

本社书号: 1013 · 13—17

定 价: 0.40 元

乙
V

目 录

第一章 海底探测与新技术	1
一、海洋底部表面形态探测	3
二、海洋综合地球物理探测	4
三、海底沉积调查	10
四、深海钻探	11
五、导航和定位技术	12
六、卫星测量	14
第二章 世界大洋地质基本轮廓	16
一、太平洋地质	16
二、印度洋地质	51
三、大西洋地质	75
四、北冰洋地质	83
五、南极海陆轮廓	88
六、深海沉积	98
第三章 海洋底部矿产资源	105
一、各种结核矿	105
二、海底固结矿	112
三、各种海底金属与非金属矿砂	113
四、海底硫磺和盐矿	116
五、多金属软泥	116
六、海底石油和天然气	119
第四章 大洋起源假说	122
一、大陆漂移说	122
二、次生说	142
三、原生说	145
参考文献	147

第一章 海底探测与新技术

波涛汹涌的蓝色海洋——人类在地球上要征服的最后领域，在我们时代面前展开。由于这个浩瀚、富饶的水域在社会发展的进程和军事战略中特具意义，以及它拥有可供利用的惊人潜力与巨额资源，由于不断扩大着的有关海洋环境的知识有着广泛的实用价值，由于海洋状况在全球大气环境的变化中起着重大作用，因此，海洋科学，已逐渐发展成为一门重要科学。近代“海上都市”的建筑亦需要对海洋有更深入的了解。



图 1 北海海上都市

为了探测、开发、利用海洋底部丰富的矿产资源，并阐明它们的储集规律，为了预报灾害性地震和蕴藏着巨大破坏性

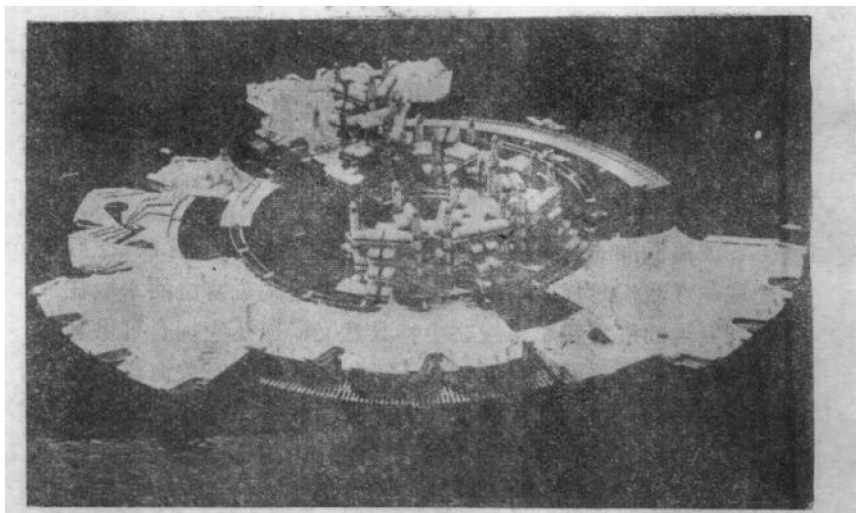


图 2 太平洋海上都市(模型)

能量的海啸并阐明它的形成机制，为了适应海军防御任务的
需要、预测新渔区、新航线和探讨水下运输的可能性，为了阐
明海洋底部地壳和地幔的结构、构造、物质组成及其动力学状
态，揭示大洋起源之谜等，促使海底探测工作，受到愈来愈广
泛的重视。

随着“国际地球物理年”(1958~1960)，“上地幔计划”
(1961~1971)，“地球动力学计划”(1972~1977)和1968年开
始的“深海钻探计划”以及其它有关工作的进行，现已在海洋
底部揭示出许多有价值的新发现，促使地球科学发生质的变
革，动摇了旧的传统观念。

科学与新技术，在发展上从来是相辅相成、相互促进的。
近代海洋地质科学实验所获取的某些突破和成就，是以强大
的和正向电子化、自动化、数字化和综合化方向发展的海底探
测新技术作为保证条件与基础因素的。其中，特别是集中体

现了近代电子技术成就的电子计算机，已逐渐成为现在海洋地质科学发展不可缺少的重要工具。

关于海底探测技术问题，概略地说，可有下列几个方面内容。

一、海洋底部表面形态探测

为了研究海洋底部表面形态和它的演变过程，一般采用自动记录回声测深仪、红外照相、立体摄影、海底电视以及设有观测窗和机械手的潜水器和可移动的水下实验室的直接观



图 3 海底居住实验室

测来进行。近年,人们并利用旁侧声纳,扫描和获取调查船测线两侧二维的大面积海底形态图形记录。此外,人们正在研究一种可供潜水器长期使用的轻便核能源,据称,一种称为“热发射引擎”的装置解决了这个问题,这种技术对于海底探测显然有着重要意义。

二、海洋综合地球物理探测

今天,广泛采用综合地球物理探测方法,是大洋地质学最大成就之一。这种调查对于揭示海洋底部矿产的潜力、洋壳构造及其动力学状态有着重要作用。海洋地球物理探测技术一般有下列数种:

1. 海洋磁力测量 地球上磁场的不断变化是地壳和地球内部组成、结构及其运动过程的反映,因此,探测海底异常磁场及其变化规律,对寻找海底矿床,探索地震孕育和发展过程,以及阐明海底内部的物质结构和运动规律,划定大陆和海洋之间过渡带界线等都有重要意义。

目前,海洋地磁测量中用作绝对测量的主要有质子(核子)旋进磁力仪和光泵磁力仪。这两种仪器都可用作观测海洋地磁场的总强度,仪器所观测的数值亦可记录在穿孔纸带或九轨磁带上。饱和铁心磁力仪可用作相对测量,这种仪器可用来连续观测海洋地磁场总向量 T 的变化 ΔT 。此外,还有不用日变校正的海洋质子梯度仪。

在工作方式上,一般可将磁力仪安装在无磁性船上进行直接测量,或将磁力仪的探头拖曳在钢壳船后(离船二百米处)或飞机后作曳航测量,亦可把磁力仪沉放到海底进行海洋磁力的精确测量。此外,利用装有磁力仪的火箭和人造卫星进行快速测量地磁场的变化,对研究磁暴等大范围的磁现象

亦极为有效。

2. 海洋重力测量 海洋重力测量手段基本上有海底重力仪、海洋重力摆以及走航式海洋重力仪三类。

海底重力仪只适用于大陆架浅海区，它是在船上用遥控或遥测方法作定点测量。海洋重力摆是1955年前在深海进行水下定点观测的重要手段，它的精度达1~2毫伽。现在多用来校正船用重力仪的精度及作辅助重力基站测量，这种仪器操作复杂，数据计算繁琐。

走航式海洋重力仪是本世纪五十年代后期发展起来的，目前已被广泛采用。这种海洋重力仪的探头（传感器）安装在陀螺稳定平台或常平架上，在航行中它可沿测线将海底重力场的变化曲线自动记录下来，并通过同传感器直接连接的电子计算机，在几分钟内，即可把曲线直接换算成数字结果和计算出重力异常，仪器最后可以以一览表和异常图的形式给出海底自由空间异常，从而大为简化了数据计算任务。此外，也可以把所有传感器的原始读数数据用2~10进制的形式记录在磁带或穿孔纸带上，随后再作完整的处理。

近年来，由于海洋重力仪弹性系统（传感器）、指示记录系统、和陀螺平台的不断完善与改进，以及导航定位系统的日益更新，现海洋重力仪（走航式）测量精度已提高到1~3毫伽。近年，还有人把重力仪安置在一个吊舱的常平架上，用缆绳把吊舱拖在船后进行测量，这时，重力仪沉在船后水下100~200米深处，以减少海面波浪对重力测量的影响。此外，也有人建议利用两颗形状相同装备有测量相对速度装置并发射在同轨道上的卫星来直接测量重力数据，而不必通过球谐函数的表示方式。

3. 海洋地震声学测量 首先，在海洋人工地震声源激发系统方面，近年，多采用成本较低的非炸药震源，应用最广

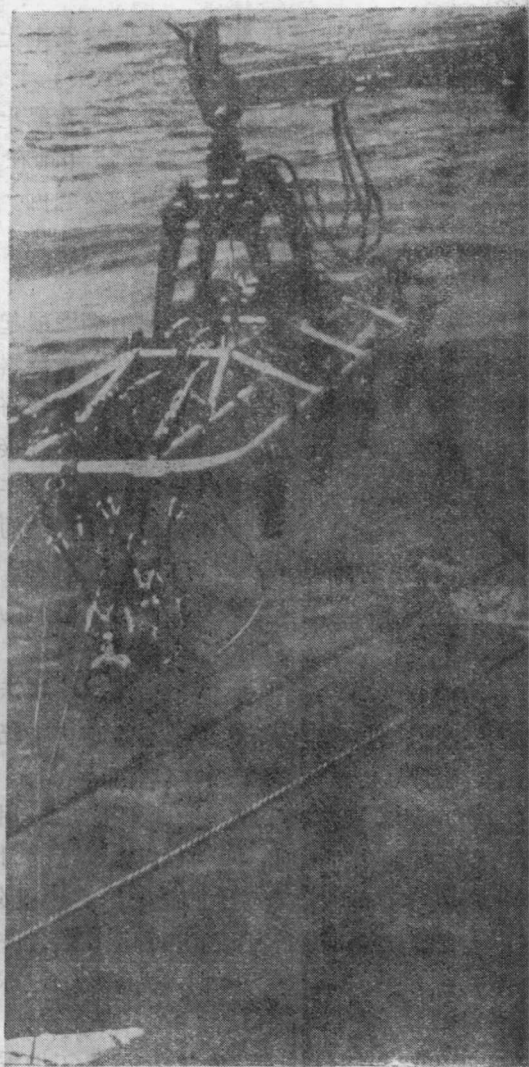


图 4 安装在钢架上的空气脉冲器

的是气枪和电火花震源。

气枪震源中多采用压缩空气枪，它是利用在水中释出高压的压缩空气所造成的振动来作震源。为了压制震源在水中激发时气泡效应所造成的干扰，以便获得功率谱形状最佳脉冲信号，提高地震效率，一般用3~8个气枪或空气脉冲器构成调谐式组合来使用。有人也采用蒸气枪（将高温压缩蒸气在水中释放造成振动）或隔板气枪（在一个大气枪的气室中间增加隔板，在隔板中间开一小孔）来压制气泡效应。

利用水中电极高压放电造成地震波的电火花震源，也存在着气泡效应，但是气泡衰减很快，而且在主脉冲发生后很短的时间内（30毫秒左右）立即出现，对记录质量不会产生明显影响。

属于非炸药震源的还有气罐充气爆炸，声纳震鸣器，爆炸球，压缩撞击震源以及水枪等。其中，水枪是一种较新型的既安全而又可靠的震源，它不产生气泡脉冲，功率谱从几周到3.5千周，适用于地震反射波法。

关于海洋地震声学的接收系统，在反射波法中，一般都用拖在船后水下一定深度的漂浮组合电缆来接收地震波。最常用的漂浮组合电缆已发展到由48段组成（每段长50米），每段都采用大量水听器作各种形式的组合，以利用组合的统计效应和方向效应来压制噪声干扰。

至于海洋地震声学的记录系统，为了保证由漂浮组合电缆所接收到的地震反射波记录波形不发生畸变，目前多采用增益控制方式为瞬时浮点式的数字磁带地震仪。这种地震记录仪能在磁带上用同样的精度记录强反射波和弱反射波讯号，甚至紧挨着强反射波后面的弱反射波也能以相同精度记录下来，从而最大限度地保持了反射波的真实波形，和大大提高了小讯号的记录精度。

总的说来,采用非炸药震源,漂浮组合电缆和数字地震仪,促使海洋地震声学探测系统能保持较高的生产效率,并可能采用多次覆盖技术进一步提高观测质量。

在海洋地震声学测量工作方式方面,近年,并采用在船尾平行拖曳三条漂浮组合电缆(使用单个震源)的宽线剖面法来进行。这种新的工作方式可提供一种地质层位的三维概念和可改善信噪比。

近年,并出现一种能简便、快捷地进行测量工作的地震声学仪器,叫做海洋深层剖面仪(或称深海连续音波探测装置)。这种仪器能在8,000米水深处记录出海底面下3,000米的地质构造。它用普通声纳原理,能直接绘出测线的海底声学反射剖面,海底地层和沉积层厚度,同时亦记录出海底地貌形态。

另一方面,为了探测深部地壳和上地幔的结构与物理性质,除了利用记录到的天然地震的面波(周期10~100秒)或体波(周期5~10秒)来测定地壳厚度及其分层性的大区域方法外,较详细的方法,是采用海洋深地壳测深法(主要使用纵折射法,部份使用反射波法),这种方法,使用深水炸弹或300~600公斤炸药集中爆炸来作人工震源,用带有水听器(检波器)的无线电漂浮站列阵接收低频地震波,和利用深地壳测深仪的记录装置来进行记录。深地壳测深工作所应用的剖面有“连续的”、“段落连续的”、“点的”三种形式。

4. 海底地热流测量 主要利用由热敏探头和记录器组成的海底热流量计来进行探测,以了解大洋领域内地球深处热动力学的过程。

总的来说,研究方法和调查工具的改进,对于一门科学的发展往往具有决定性意义。在这方面,更值得注意的是,在七十年代开始出现了一种海洋综合地球物理勘探装置,它把海

上勘探的多种地球物理手段(海洋重力、地磁、人工地震等调查方法)熔为一体。现在已有“六用仪”及“多用仪”等几种系统。这种系统可在海上迅速取得同步记录的多参数的海洋地球物理资料,如包括有回声测深及旁侧声纳记录、气枪或电火花深层构造反射记录,地球总磁场记录、与调查测线同步的自动船迹记录等等。

由于在综合地球物理调查船上安装了大量调查设备和定位装置,这些设备在很短的时间间隔(十几秒)内要轮番地记录一次,这样,用人工方法来控制这些设备来协调地进行工作是不可能的,因而,处理材料的方法也都改变了本来的样子。通常都用自动控制系统来完成这个功能。自动控制系统的核心是一台电子数字计算机,此外,还包括各种资料记录系统的

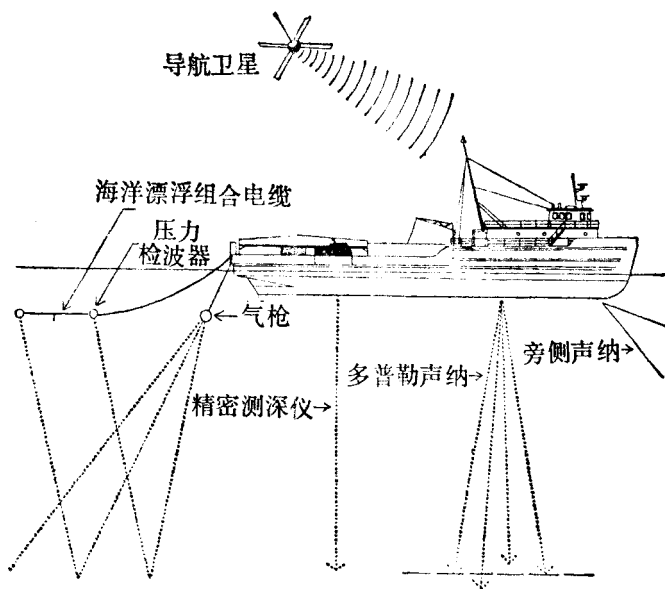


图 5 综合地球物理调查船

接口装置、磁带机、穿孔打印机、剖面仪等，并有相应的一套软设备。自动控制系统的第一种功能是根据定位系统所获得的讯息，迅速地计算出船位。当船航行到预定测点时，并依次启动地震、重力、磁力、测深等调查设备，和将除地震以外的其他调查设备所记录到的数据进行编码，输入计算机进行处理，将处理后的结果，连同测点的经纬度记录在磁带和纸带上，并且在剖面仪上显示出来。自动控制系统的第二种功能，是根据计算出来的船位和设计的测线之间的偏差，立即驱动自动驾驶装置，使船很快地回到预定测线，使之沿预定测线航行。

三、海底沉积调查

一般在船上用电动绞车和钢索将表层采泥器沉放海底作表层取样和利用不同类型的取样管采集柱状样品。常用的取样管有冲击式重力取样管、振动活塞取样管以及重力活塞采样器。其中，以重力活塞采样器性能较好。它是依靠仪器自重距离海底一定高度上脱钩下落冲击沉积层来获取柱状样品的一种装置。它的结构简单而操作方便，采样时船不用抛锚，在不同类型的沉积物中，它一般都能采集到2~10米长的柱状样品。此外，近年人们并研制出一种自动操作的新型深海取样器，这种取样器在工作过程不要用钢索或其他控制绳，而能自动下落到预定海底取样位置。这种取样器装有爆炸充气装置，它在接触海底时能激发充气，推动取样管插入海底进行取样。取样后，它本身又能创造使取样器上升的正浮力，使取样器自动返回海面。上升时，取样器中的讯号器启动，从而使这种装置到达水面时容易被找到和回收。

近年，研究表明，由中子反应放出的一种瞬时伽玛射线可以用于现场分析。因此，人们采用“瞬时伽玛射线能谱测定”

这种新技术,来现场分析与快速测定深海底部物质或沉积矿物的化学成份,进行深海地球化学填图与现场找矿。这种新技术需要一种适宜的 中子源(试验表明,人造同位素镅-252 是一种比较可靠的能产生大量中子的中子源)和一种高分辨率与高效率的伽玛射线探测器。工作时,把中子源沉放海中,中子源 β 放射出为被探矿物所吸收的中子,也就是说,用中子轰击海底物质的稳定元素,使之产生放射性同位素,释出辐射能,然后,用伽玛射线探测器俘获和测量这种辐射能和它的强度,就可鉴别被轰击的元素并估计其浓度。例如,利用这种技术,可以现场判断深海锰结核中铅、金、锰、铁和其它元素的存在程度。

在室内研究方面,历来在陆地地质学中采用的生物地层学的传统方法现在也广泛地用来研究和划分海洋沉积物。近年,并出现了一些根据镭、钍、铀、以及 ^{14}C 、 ^{10}Be 、 ^{32}Si 等同位素测定海底沉积物绝对年龄的部门。同时,采用根据同位素 ^{18}O 进行古温度分析的方法,取得显著效果。用这种方法,可以以很高的精度测定几千年前和几百万年前存在的大洋表层水或底层水的温度。

四、深海钻探

为了阐明洋壳构造的概念和洋壳的动力学状态,验证大陆漂移和海底扩张理论,研究海洋盆地的起源和发育历史,进行深海钻探,以便获得洋底岩石圈剖面的样品,这对于地质学来说,是一件非常重要的事情。1961年春,在南加里福尼亚对面,即在瓜达卢佩岛区域的外洋中部,人们曾在水深3,512米的洋底打了头一个深钻,钻机穿过了整个松软的大洋沉积层(此处厚167米),并且穿入固结的大洋玄武岩层13米。

1968 年开始,国际上又组织了规模宏大的“深海钻探计划”,10,500吨的深海钻探船“格洛玛·挑战者号”亦于1968年下水,它可在深达 6,243.2 米的大洋水域进行钻探工作,钻探深度可达 1,299.97 米,钻孔孔位可用人造地球卫星进行校正。自 1968~1975 年以来,“格洛玛·挑战者号”已在世界大洋 400 多个地点进行了深海钻探,取得了总长约 5,0513.9 米的洋底岩心,通过对这些洋底岩心标本的研究,已促使人们对深海地质状况、洋底地层、洋壳演变和洋底矿产分布等,有了一些新的有意义的概念与认识。

五、导航和定位技术

导航和定位的准确性,直接影响到海底探测工作的精度。导航和定位系统是海底探测工作的一种重要手段,它基本上有下列三类:

1. 无线电定位系统 如以全球导航为目标的奥米迦定位系统(有效范围达 5000 海里)、应用广泛的远程导航系统劳兰 A(有效距离为 600~1,200 海里),劳兰 C(有效距离为 2,000 海里),达卡定位系统(最大有效控制距离为 300 海里)。

2. 综合卫星定位系统 它不需要设置岸台,不受通常无线电波的干扰,可以在一天 24 小时内在世界任何海区连续测定船位。卫星导航系统有很多种,如有多普勒卫星导航,雷达测距卫星导航,干涉仪卫星导航,扫掠束卫星导航,相位差和测距卫星导航等等。但除了多普勒卫星导航外,大部分现仍处于研究阶段。

多普勒卫星导航是沿预定测线航行的船舶,在一定的时间间隔上,利用一个卫星讯号接收机接收沿地球一定轨道上运行的卫星以一定的频率连续向地面发射的讯息。然后,将

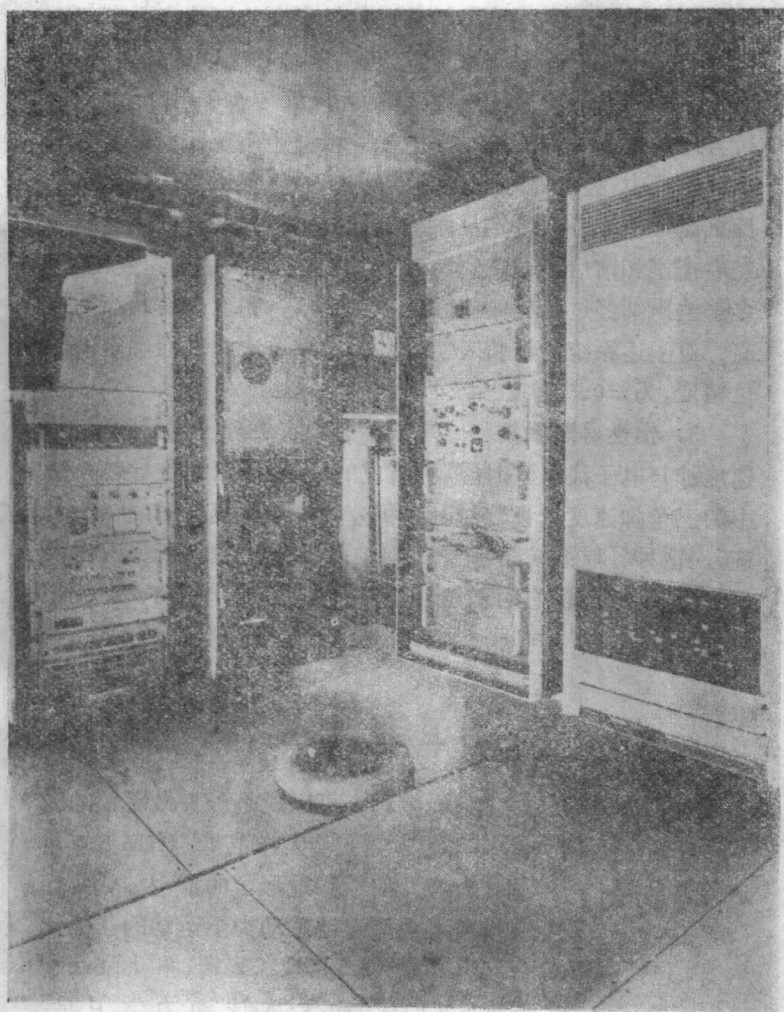


图 6 综合卫星定位系统装置