

3584

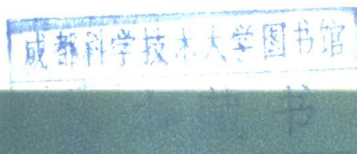
648278

73473

高等学校教学参考书

海洋地质学

同济大学海洋地质系海洋地质教研室 编



地质出版社

高等学校教学参考书

海洋地质学

同济大学 海洋地质系

海洋地质教研室 编

地质出版社

海洋地质学

同济大学 海洋地质系

海洋地质教研室 编

责任编辑 沈锡昌

*

地质矿产部教育司教材室编辑

地质出版社出版

(北京西四)

地质出版社印刷厂印刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本: $787 \times 1092^{1/16}$ 印张: $20^{1/4}$ 字数: 47,000

1982年7月北京第一版·1982年7月北京第一次印刷

印数1—2,380册·定价2.50元

统一书号: 15038·教142

序 言

海洋地质学是一门新兴科学。近年来,我国海洋地质工作有较大发展。为适应我国实现四个现代化的需要,有必要编写海洋地质学教材,以供大专院校海洋地质课程教学之用,也可作为有关科学工作者的参考书。

同济大学海洋地质教研室根据教学需要,在1973,1976年两次编写过海洋地质学讲义。1977年9月,原国家地质总局在成都召开的地质教材会议上确定,由同济大学负责编写本书。任务下达后,海洋地质教研室即拟出编写提纲,并于1978年12月,邀请全国有关海洋地质的教学、科研和生产系统15个单位21位同志在上海召开会议,认真讨论和修订了提纲,为编写工作奠下良好基础。1979年再编一次讲义,至1981年才完成本书初稿,同年夏季进行外审和定稿。

本书综合了近年来国内外海洋地质研究成果,包括近岸、浅海和深海的沉积和构造方面资料。系统地论述了海洋地质学的基本理论和概念,也注意到调查勘探工作中的应用。对海洋地质学领域涌现的新观点作了重点介绍,并对传统的概念也作了评述。处理资料时,除介绍国外海洋地质成果外,注意反映我国近年来的研究成果。

全书共十一章。第一章介绍海洋地质学研究对象、意义、发展史和调查勘探方法。第二章讨论波、潮、流的作用、海洋水化学性质。第三至第六章较详细地论述了海岸带、三角洲和河口湾、大陆边缘(包括大陆架、大陆坡、大陆裾等)以及珊瑚礁的特征、类型、发育机理、沉积作用和次积相,特别注意阐述有助于分析古次沉积环境和勘查油气资源的内容。第七至第十章论述洋底地形、洋壳构造、深海沉积、大洋起源和发展,介绍板块构造和深海沉积方面的新观点。第十一章论述海底矿产资源的分布和成矿规律、开发现状和远景评价。

本书系集体编写而成。由严钦尚教授担任主编,对各章内容作了具体修改,并审核定稿。各章由下列同志分工编写:一、二章由黄仰松,三、四章由李从先,五、六章由吕炳全,七、八、十章由金性春,九、十一章由周福根执笔。

本书审稿兼责任编辑沈锡昌同志(武汉地质学院)对全书文字和图件进行了认真审阅,提出了十分宝贵意见,提高了本书质量。本书各章附图由何福英、王秀雅、吴梅英、保珠、戴维兰、王晓珍等同志担任清绘,在此谨致谢意。

由于国内海洋地质学统编教材尚属初编,国外资料浩繁层出,国内资料不易搜集齐全,更由于我们经验不足,水平有限,错误之处在所难免,敬请读者批评指正,以便今后改进和提高。

主编 严钦尚

1981年11月

目 录

第一章 绪 论

§ 1—1 海洋地质学的研究对象和意义	1
§ 1—2 海洋地质学的发展简史	2
一、十九世纪以来的海洋地质调查	2
二、第二次世界大战以来的蓬勃发展	3
三、我国的海洋地质工作	4
§ 1—3 海洋地质调查勘探方法	5
一、定位	5
二、测深	6
三、采样	6
四、海洋地球物理勘探	9
五、海上钻探	10
六、浅层剖面仪和旁侧声纳	11
七、其它新技术、新方法	11

第二章 海洋水文要素

§ 2—1 海洋地形形态	13
§ 2—2 海水化学	15
一、盐类和盐度	15
二、有机质和悬浮体	17
三、溶解氧和二氧化碳系统	18
§ 2—3 海水的运动	19
一、波浪	19
二、潮汐	24
三、海流	29

第三章 海 岸 带

§ 3—1 海岸及其分类	34
一、海岸带的范围	34
二、海岸的分类	35
§ 3—2 海岸泥砂运动和滨海砂体的形成	38
一、垂直海岸的泥砂运动	38
二、泥砂的沿岸运动	44
§ 3—3 滨海沉积相及其特征	49
一、滨海平原相	49

二、潮间浅滩相	52
三、水下岸坡相	53
四、海岸带沉积相的垂直层序	55
§ 3—4 第四纪海平面变动	56
一、冰后期海面变动	56
二、海平面的多年变化	57
三、海面的季节变化	57
四、海面变动的原因	58
五、海面变动对海岸侵蚀堆积过程的影响	59
§ 3—5 滨海海进海退的沉积层序	59
一、海面升降与海进海退	59
二、海进海退层序的特点	61

第四章 三角洲与河口湾

§ 4—1 影响三角洲发育的因素和三角洲形成	64
一、河口和三角洲的基本概念	64
二、影响三角洲发育的主要因素和过程	65
§ 4—2 三角洲的发育和三角洲类型	71
一、三角洲的形成	71
二、三角洲的发育	72
三、三角洲类型及其转化	76
§ 4—3 三角洲的沉积特征	81
一、河口地区沉积物的特征和分布	81
二、三角洲的沉积相	85
三、三角洲的层序	96
四、三角洲地区的海进海退层序	96
五、三角洲沉积过程中的形变构造	104
§ 4—4 河口湾	106
一、河口湾两种水体的混合类型和环流	108
二、河口湾的最大混浊带和泥砂沉积	108
三、河口湾沉积物的分布	109
四、河口湾的发育	110

第五章 大陆边缘

§ 5—1 概述	111
§ 5—2 大陆架	112
一、大陆架的定义	112
二、大陆架的地形特征	113
三、大陆架的沉积作用	126
四、大陆架的地质构造和分类	131
五、大陆架的成因	134

六、中国海大陆架	136
§ 5—3 大陆坡	142
一、大陆坡的基本特征	143
二、中国海和世界其它海区大陆坡	145
三、大陆坡的分类和成因	147
四、海底峡谷	149
五、深海平坦面	153
§ 5—4 大陆裾的概念	154
§ 5—5 “岛弧与海沟”系	155
一、“岛弧—海沟”系的结构及其分布	156
二、“岛弧—海沟”系的地球物理特征	158
三、“岛弧—海沟”系的形成	158
§ 5—6 大陆边缘的演化	159
一、大陆边缘的地壳特征	159
二、大陆边缘的类型	160

第六章 珊瑚礁

§ 6—1 概述	163
§ 6—2 珊瑚礁的定义、基本特征和类型	164
一、珊瑚礁的定义	164
二、珊瑚礁的基本特征	165
三、珊瑚礁的类型	166
§ 6—3 珊瑚礁发育的因素	168
一、温度、盐度和水深	168
二、风浪、海流和混浊度	169
三、藻类作用	170
四、海底地形和基底性质	170
五、地壳运动和海平面升降	171
六、溶蚀作用和河流作用	171
§ 6—4 岸礁、堤礁和环礁	172
一、岸礁	172
二、堤礁（堡礁）	174
三、环礁	175
§ 6—5 珊瑚礁形成的主要假说	177
§ 6—6 珊瑚礁的成岩作用和后生变化	178
一、礁体的碎解作用	178
二、礁体的胶结作用	179
三、白云岩化作用	179

第七章 洋底地形

§ 7—1 洋底地形概说	180
--------------------	-----

一、洋底地形基本单元	180
二、洋底地形的形成	183
三、洋底微地形	183
§ 7—2 太平洋	184
一、东太平洋海隆和东北太平洋海盆	184
二、中太平洋的海岭和海盆	186
三、西太平洋岛弧—海沟—边缘海	188
§ 7—3 大西洋	190
一、大洋中脊	190
二、洋盆与海岭	192
三、深海谷和深海底流	192
四、海沟	194
§ 7—4 印度洋	194
一、大洋中脊	195
二、无震海岭和海底高原	195
三、深海扇	196
§ 7—5 其它海区	196
一、北冰洋	196
二、墨西哥湾和加勒比海	197
三、地中海	199

第八章 大洋构造

§ 8—1 海底地球物理特征	200
一、海底重力	200
二、海底热流	201
三、海底磁异常	203
四、地震活动	207
§ 8—2 洋底地壳	210
一、洋壳的三层结构	210
二、大洋地壳和大陆地壳间的过渡	211
三、洋壳的岩石学性质	213
四、深海钻探与洋壳的研究	215
五、洋底的玄武岩浆活动和洋壳的形成	216
§ 8—3 大洋主要单元的地质构造特征	218
一、大洋中脊和断裂带（转换断层）	218
二、深海盆地	221
三、无震海岭及微型大陆	222
四、岛弧—海沟系	225

第九章 深海沉积

§ 9—1 深海沉积物的来源	232
----------------------	-----

一、陆源物质	232
二、海洋源物质	232
三、其它来源物质	233
§ 9—2 深海沉积物的分类	234
§ 9—3 深海陆源沉积	237
一、浊流沉积	237
二、冰川沉积	239
三、风成沉积	241
§ 9—4 深海生物源沉积	241
一、钙质软泥	241
二、硅质软泥	245
§ 9—5 深海粘土和火山沉积	246
一、深海粘土	246
二、深海火山碎屑	246
§ 9—6 深海沉积物中的矿物	248
一、碎屑矿物	248
二、自生矿物	250
三、粘土矿物	251
§ 9—7 深海沉积物的化学成分	256
一、深海沉积物的无机组份	256
二、软泥水的性质	258
三、深海沉积物的有机组份	258
§ 9—8 深海沉积层和沉积速率	261
一、深海沉积层	261
二、沉积速率	266
§ 9—9 大洋沉积的分布规律	267

第十章 大洋的起源和发展

§ 10—1 海水及其盐分的演化	271
§ 10—2 大洋盆地的起源和演化	272
一、关于大洋起源假说的评述	272
二、大洋盆地的发展阶段	274
三、古大洋的演化	277
§ 10—3 古气候和古海洋学的研究	279
一、古气候和古水温的研究	280
二、海洋古环境的重建问题	280
§ 10—4 三大洋的发展史	282
一、大西洋	282
二、印度洋	284
三、太平洋	285

第十一章 海底矿产资源

§ 11—1 海滨砂矿	289
§ 11—2 磷钙石	292
§ 11—3 海绿石	295
§ 11—4 海底石油	296
§ 11—5 海底锰结核	300
一、锰结核的物理性质	300
二、锰结核的矿物和化学成分	300
三、锰结核的分布	303
四、锰结核的成因	307
§ 11—6 重金属软泥	308
主要参考文献	313

第一章 绪 论

§ 1—1 海洋地质学的研究对象和意义

海洋占地球总面积的 70.8%，它拥有极其丰富的自然资源和突出的战略地位。近年来，海洋已成为国际上科学研究的重点，它的重要性完全可以与空间科学、原子能研究相提并论。世界各沿海国家都很重视海洋权益的斗争。美、苏、英、法、日等国，在海洋事业上动用了大批人力，耗费巨资，设置了繁多的研究和管理机构，来开展海洋资源的调查和开发利用，以及海洋环境的研究。

在海洋科学中，近年来取得重大进展，显得特别活跃的领域是海洋地质学。海洋地质学以海水覆盖下的广大岩石圈为研究对象，主要包括海岸和海滩，大陆架和大陆坡，以及广阔的深海洋底。它也是地质学的一个分支，专门从事于海洋区域的地质学研究。因此，可以把海洋地质学当作海洋学和地质学之间的一门边缘科学。它的主要内容有：在波浪、潮汐、海流等营力作用下海岸地貌的塑造，泥砂运动和沉积作用；海平面变动及其地质意义；三角洲、河口湾的研究；大陆边缘的地形、沉积和地质构造；珊瑚礁的特征和演化；深洋底的地形、洋壳构造和岩石组成；深海沉积和地层学问题；大洋的起源和发展历史；以及海洋矿产资源的储集条件和成矿规律的探讨等。

海洋地质的研究具有重大的理论意义。近二、三百年来，地质科学发展所依据的资料主要来自大陆。直到本世纪四十年代以前，广大的洋底还几乎是一片未知领域，这就极大地限制了人们对于整个地球结构和历史的认识。二次大战以来，海底地质和地球物理调查取得了丰硕的成果。海洋地质学家发现，在各大洋中部横贯着一条全球性的大洋中脊和裂谷体系；洋底地壳较重而薄，它的物质组成和厚度与大陆地壳有着根本的区别；尤其是洋底地壳的年龄，远比大陆地壳年轻。来自海底的一系列发现，为新兴的海底扩张、板块构造理论的建立奠定了基础。诞生于海洋地质领域的板块学说，对于奠基于大陆地质的传统地质理论提出了严重的挑战。人们对于整个地球活动状态和发展规律的认识，已经发生根本的改变，可见，海底地壳构造和演化历史的研究，是解决全球构造这个重大课题的关键。实际上，不了解海底，也就不可能真正了解大陆。随着板块构造说的兴起，人们开始把陆地和大洋当作一个整体来研究。海洋地质学作为全球地质学的重要组成部分，它的研究成果为整个地球科学作出了带有根本意义的独特贡献。

浩瀚的海洋，是正在进行沉积作用的场所。海洋沉积和成岩作用机理的研究，不仅大大地丰富了沉积学的内容，而且根据“将今论古”的现实主义原则，对于陆上古代沉积岩的研究，也具有指导意义。例如，现代三角洲、海洋碳酸盐沉积以及珊瑚礁的深入调查，把富含油气的碳酸盐岩、古三角洲砂页岩的研究，推进到一个崭新的阶段。深海浊流的发现和研究，不但动摇了沿用已久的沉积分异理论，还合理地阐明了古代复理石建造的成因问题。此外，长期接受沉积的洋底，与陆上相比很少蒙受侵蚀，因而保存了较为连续的沉

积记录。近年来开展的深海钻探计划,已取得相当完整的深海岩芯。这为地层对比、地质历史和古地理演变的研究,提供了极有利的条件。特别是在古气候和古海洋学方面,近年来已获得引人注目的成果和见解。

就矿产资源来说,海洋是个巨大的宝库。在陆地资源不断开发逐渐减少的情况下,转向海洋开辟新的原料基地显得特别迫切。据估计,海洋蕴藏的石油和天然气,约占全世界油气总储量的三分之一以上。海岸及近岸含有锡石、钻石、铁砂、金红石、锆石等砂矿床。在深海底表层,还分布着大量的锰结核,结核中富含锰、铁、镍、铜、钴等,其数量远远超过这些物质在陆上的蕴藏量,而且锰结核仍在不断地生长着。又如,红海的中轴部,以及各大洋中脊顶部都发现有富含多种元素的重金属软泥。因此,合理地利用和开发海底矿产资源,是造福于人类的一桩大事。这就有赖于加强海洋地质学工作研究海底成矿作用,弄清各种海底矿产的储集和分布规律。除此以外,军事活动、水产捕捞、海洋工程和交通运输事业也需要参考海洋地质资料。这些都表明,海洋地质学研究在实践上具有极其重要的意义。

我国海域十分辽阔。渤海、黄海、东海和南海的总面积达460万平方公里,近于我国陆地面积的一半。大陆岸线长18000余公里,六千多岛屿海岸线长14000公里,两者共达32000余公里。据初步调查,在将近200万平方公里的浅海大陆架上,蕴藏着极其丰富石油、天然气及某些固体矿产资源,有可能是世界上最大的石油宝库之一。我国沿岸还有丰富的滨海砂矿及许多天然良港。这都需要大力开展海洋地质调查研究,加以开发利用。

我国东、南海域,被岛弧—海沟系所环抱,隶属于太平洋西部的边缘海。这里滨临大洋板块和大陆板块汇聚的边界地区,有许多理论问题有待探索。我国海岸类型众多,三角洲、河口湾的发育颇具特色。渤、黄、东、南四海的大陆架,又是世界上最宽阔的大陆架之一。在我国海域开展有关海岸、三角洲、大陆架、岛弧—海沟系和边缘海等方面的海洋地质基本理论研究,可作出重大贡献。

§ 1—2 海洋地质学的发展简史

一、十九世纪以来的海洋地质调查

作为一门科学的海洋地质学是从十九世纪中叶开始的。当时欧洲和北美远距离通讯手段的海底电缆敷设变得非常重要,为横跨大西洋铺设海底电缆,有必要详细调查海底地形及沉积物的性质。美国海洋学家莫莱(M. F. Maury, 1855)在这项调查的基础上绘制了第一幅大西洋深度图。早些时候达尔文(C. Darwin, 1842)随《猎犬》号(Beagle, 1835—1840)在印度洋、太平洋进行考察时,首先提出了关于珊瑚礁发育的模式,其见解为后来新的勘探资料所证实。

英国《挑战者》号(H. M. S. Challenger)在1872—1876年开展了有组织有计划的深海调查,巡航三大洋近7万英里,所得资料经过分析整理,于1895年编辑出版了“挑战者号报告”50大卷。报告里的海洋物理、海洋化学、海洋地质的丰富见解,奠定了近代海洋学的基础。这次航行中在362个点上采集到大量底质样品,由默莱(J. Murray)和伦纳德(A. F. Renard)进行整理,编制了第一幅世界大洋沉积物分布图,写出“深海沉积”(1891)一书,书中提出的经典深海沉积物分类体系迄今仍有影响,同时期进行的海洋调

查, 还有荷兰的《西博加》号 (Siboga, 1899—1900) 在印尼近海采集底质; 德国《行星》号 (Planet)、《埃迪·斯蒂芬》号 (Edi Stephan) 在欧洲海区的取样, 其结果由安德烈 (K. Andree, 1920) 汇集成“海底地质学”, 是继默莱以后海洋沉积方面重要专著。

第一次世界大战结束后不久, 各国即相继开展海洋考察, 其中德国《流星》号 (Meteor, 1925—1927) 在南大西洋的考察最有名, 这次考察不仅用回声测深首次揭示了洋底地形起伏, 发现了大西洋中部巨大的海底山脊, 而且用柱状采泥器采集底样, 考伦斯 (C. W. Correns, 1937) 对所取得海底样品从矿物学、岩石学角度作了详细研究。同期还有荷兰《斯内吕斯》号 (Snellius, 1929—1931) 在印尼近海深测, 奎年 (Ph. K. Kuenen, 1935, 1942) 据《斯内吕斯》号调查资料, 绘出海底地形图, 并详细论述了印度尼西亚群岛周围海域的地质构造, 魏宁·曼奈兹 (F. A. Vening Meinesz, 1923—1932) 在潜水艇中进行重力测定, 对海洋地壳构造作了研究。美国在海洋地质研究方面, 1930年伍兹霍尔海洋研究所的斯特村 (H. C. Cretson) 开始对北美东岸沉积物从事调查; 毕考脱 (C. S. Piggot) 利用爆破式取样管采集底质柱状样品; 其后二、三年, 斯科利浦斯海洋研究所的谢帕德 (F. P. Shepard) 及埃默里 (K. O. Emery)、迪茨 (R. S. Dietz) 在《斯科利浦斯》号 (Ellen W. Scripps) 上, 对美国西岸的海底峡谷及深海底作了调查研究, 用岩心取样管在加利福尼亚湾取得5.6米长的软泥, 为根据沉积物进行地史研究开辟了新的途径。

二、第二次世界大战以来的蓬勃发展

战争对海洋地质知识的要求, 航海仪器、声纳等的发明, 对海底地壳构造调查技术带来明显的影响, 从而使第二次世界大战后的海洋地质学取得划时代的进步。赫斯 (H. H. Hess) 在二次大战中太平洋服役期间, 获得了平顶海山和太平洋西北部构造资料, 在战后陆续发表。1947年7月—1948年10月瑞典的《信天翁》号 (Albatross) 环球大探险中, 采用了彼得逊 (Hans Peterson) 研制的真空式取样管 (最长能采到22米柱状样品) 和魏勃尔 (W. Weibull) 设计的人工地震波勘探法确定海底地壳构造。尤因 (M. Ewing) 领导的拉蒙特地质研究所, 在大西洋进行了一系列地球物理研究, 也为以后的海底地球物理研究工作带来引人注目的影响。战后海洋考察逐渐装备了自动记录的回声测深仪, 随着声波测深法不断完善和精度的提高, 加上定位方法的改进, 从而大大促进了人们对洋底地形的认识。

美国虽然于1937年首先在墨西哥湾发现了浅海陆架油田, 但二次大战前海上石油勘探还处于实验阶段, 战后到五十年代初才是海上石油勘探的大发展的时期。海上石油勘探不仅在南美 (马拉开波湖) 和美国, 而且扩展到波斯湾、里海等地, 勘探工作对海洋地质 (特别是大陆架) 研究起了极大作用。

本世纪四十年代末五十年代初, 一些海洋地质学著作问世了。其中以谢帕德 (1948) 的“海底地质学”、克莲诺娃 (M. B. Кленова, 1948) 的“海洋地质学”、奎年 (1950) 的“海洋地质学”为代表, 表明海洋地质学逐渐成为一门独立的学科。

1955年前后, 古地磁研究取得长足进展。布莱克特 (P. M. S. Blackett) 等通过对岩石剩余磁性的研究, 证明各大陆曾发生过漂移, 从而使魏格纳 (A. Wegener, 1912) 的“大陆漂移说”获得新的证据, 引起学者们的重视。1959年, 美国地质界提出通过洋底钻达莫霍面的“莫霍钻探计划” (Mohole Drilling), 试图获取莫氏面以下的上地幔物质样品, 曾作过试钻, 因技术和经济上的困难, 至1966年宣告结束。

五十年代末和六十年代内, 还进行过多次国际性联合大洋综合调查。规模最大的有“国际地球物理年”(IGY, 1958—1960)。世界各主要国家的海洋调查船协同开展的综合调查, 如“国际印度洋考察”(IIOE, 1960—1965) 动用美、苏、英、法、日等16国调查船联合在印度洋考察。还有联合国教科文组织的“国际热带大西洋合作调查”(ICITA, 1963—1964) 以及“南太平洋联合调查”, 地中海联合调查”等。通过广泛的联合考察, 揭露了海底地形真相, 不仅证实早已发现的大西洋中部有洋中脊, 而且在印度洋、太平洋也有连续的隆脊, 这是一项重大发现。

由于在全球范围内开展了与海洋地质有关的多学科性调查与勘探, 获得了空前丰富的新颖资料。正是在这背景下, 六十年代内, 赫斯(1960, 1962)、迪茨在1961年提出了“海底扩张说”, 威尔逊(J. T. Wilson, 1965), 摩根(W. J. Morgan, 1968), 勒皮雄(Le Pichon, 1968) 等提出了转换断层和“板块构造”理论, 导致了海洋地质学的, 实际上是全球大地构造理论的新的变革。

1964年在总结“莫霍钻探”的基础上, 美国的几个研究所和大学共同组成“地球深部取样联合海洋研究机构”(JOIDES), 提出了以揭示洋底地壳上层为主的长期“深海钻探计划”(DSDP)。该计划从1965年开始试验, 于1968年深海钻探船《格洛玛·挑战者》号(Glomar Challenger)正式投产起, 到1975年8月底历时七年, 航程40余万公里, 遍及三大洋及其边缘海和南极水域, 在已进行的44个航次中共打了573口钻孔, 直接钻取了大洋底沉积层和玄武岩样品。此外还进行连续回声测深、地震勘探、海底红外照相、海洋古地磁及海底沉积物和基岩样品的古地理、古海流、古气候、绝对年龄等多方面工作。以上各种方法为海底扩张提供了大量证据, 而且还获得了有关洋壳结构、组成、年龄、演化史以及海底矿产资源、大洋沉积学等方面异常丰富和极有价值的资料, 促进了当代地球科学的发展。

从1975年8月起, 深海钻探计划由于苏、西德、英、法、日五国参加, 发展成“国际深海钻探计划”(IPOD)。从1975年11月底到79年10月的四年期间, 仍由《格·挑战者》号, 先在大西洋、后在太平洋钻探。IPOD的主要科学成果, 除进一步丰富了“板块构造”的证据外, 还论证了古地中海和古大西洋的发育史。深海钻探的今后计划, 将配备更高性能的钻探装置, 在全世界所有海域, 并以大陆边缘的钻探为主要目标进行工作。

近年来除深海钻探外, 海洋地质学家们还使用各种深潜设备直接下海底观察研究地质现象。如七十年代初期的“法美大洋中部海下研究计划”(FAMOUS), 为期三年, 于1974年夏深潜到亚速尔群岛西南的大西洋中脊处考察, 获得大量海底照片及岩样, 使对缓慢扩张板块边界的研究取得巨大进展。1977年秋, 法美又联合提出对快速扩张的边界进行研究, 1978年以来完成了东太平洋海隆和加拉帕戈斯海岭扩张中心处的实地考察。

三、我国的海洋地质工作

解放前, 我国在海洋地质方面没有开展过什么工作。真正的海洋地质工作是在解放后, 在党的领导下开展起来的, 特别在近廿多年来, 中国科学院、国家海洋局、地质部、石油部等系统建立了有关海洋地质机构, 先后开展了中国海海洋普查、综合调查、地质矿产概查等工作, 对我国近海环境和资源状况有了一个基本了解。在油气勘探开发方面, 在渤海、黄海、南海和东海先后进行了试钻。1976年以后, 渤海湾的海上油田已初具规模, 南海也发现了新的油气田; 还进行了数次太平洋特定地区的考察; 初步形成了拥有一定数量

调查船只的海洋地质专业工作基础力量。

但是, 由于我国基础差、发展迟, 特别是“文化大革命”使我国海洋工作遭到很大损失, 在人材培养、技术设备等方面与国际先进水平相比有较大差距。调查范围开始进入大洋, 但主要工作还仅限于近海。随着国民经济现代化的进展, 经过努力, 我国的海洋地质科学研究必将大大加快。

§ 1—3 海洋地质调查勘探方法

为要精确无误地得到海水覆盖之下岩石圈的地质资料, 海洋地质调查需要有不同于陆上勘查的特殊手段和方法。

一、定位

海洋地质调查勘探首先必须精确定位。海上定位有不同方法。在海岸带, 可借助于海岸上基准三角网岸标, 使用航海六分仪定位 (陆标定位法), 其原理是测量学中的三点二角后方交会法。

近代海上定位发展到无线电定位, 它利用无线电波的直进性和等速性。无线电定位按位置线的形状可分为: 方位线式、方位—距离 ($\rho-\theta$) 式、二距离式和双曲线式等。方位线式是据船到电波发射台的方位确定船位; $\rho-\theta$ 式和方位线式原理相同, 即平常使用的雷达定位; 二距离式利用距某一固定点等距离轨迹是圆弧的原理, 测定离二固定无线电发射台的距离, 二圆弧交点即船位 (图1—1)。

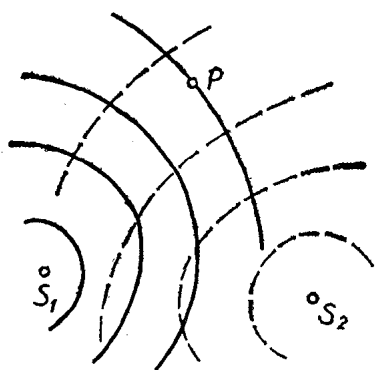


图 1—1 二距离式海上定位

S_1 : 无线电发射台; P : 船位

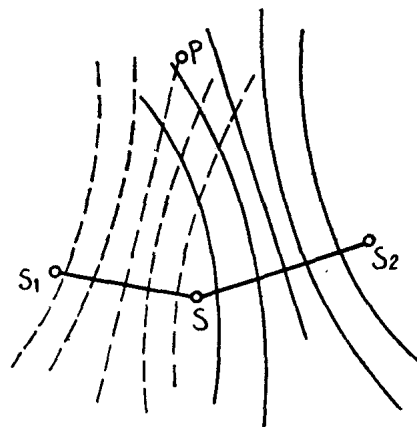


图 1—2 双曲线式海上定位

S_1 : 无线电发射台; P : 船位

双曲线式是在船上接收到两固定岸台发射的无线电波, 测定两个电波先后到达的时间差 Δt , 据电磁波传布速度可求出距离差 $\Delta d = \Delta t \times 3 \times 10^8$ 米/秒。实际运用上通常是三个发射台, 组成两对。中央台是公用的。据距二定点有等差的轨迹是双曲线的原理, 由两组双曲线相交求得船位 (图 1—2), 这就是时差双曲线系统劳兰 A (Loran A)。若从调查船上分别接收无线电波干涉所组成的这两组双曲线相位, 可以得到两条位置线, 其交点即船位, 这是相位双曲线系统台卡和欧米伽 (Omega) 定位。其中欧米伽导航系统是企图用八个陆地岸台, 对全球表面进行覆盖, 调查船接收其中 5—6 个岸台的相位差确定其位置线,

精度为1海里(夜晚为2海里),因精度低而不能在勘探中运用。还有脉冲相位的双曲线系统,如劳兰C(Loran C),也是以陆地岸台为基础,岸台发射两个无线电脉冲信号供观测船接收,测定其时间差。此外,还有利用此两脉冲信号的包络线内载频的相位差,覆盖范围达1000海里以上,精度为0.2—0.5海里。

自1957年第一颗人造地球卫星上天后,就开始利用地球卫星进行导航定位,1964年美国海军首先使用NNSS人造卫星系统定位。现有六个围绕地球运转的人造子午卫星覆盖全球,以保证地球上不同纬度地区都能使用,它具有全天候,不分昼夜和定位精度高的优点。六十年代后期开始出现综合卫星导航系统,它是由用电子计算机控制的与海洋物探仪器设备连接起来的卫星接收机、多普勒声纳、陀螺罗经等组成的自动导航系统。由于卫星定值只能进行点测,因此,在卫星接收机测定的船位之间,需用多普勒声纳的速度资料和陀螺仪的航向资料来补充,由计算机实时计算、校正进行内插。

二、测深

1840年,罗斯(S. J. Ross)在大西洋作过深海测深,但由于他使用的麻质测深绳浸水后伸长,影响测深的精确性。直到1854年,普遍采用有分离重锤的布鲁克铁管测深器后,方能精确知道触底时测深绳的真正长度。由于在深海区每测一点得耗费许多个小时,因而,到1923年全世界深海区仅积累了大约15000个测深记录。

自1925年英国《发现I》号(Discovery I)首次在南极洲附近海域使用回声测深以来,近代这种测深法已广泛应用。回声测深的原理是,通过装置在船底的测深仪的发射器向海底发射声脉冲,然后,接收器接收自海底返回的声脉冲,并测定其往返于海底至接收器所需的时间,据声波在水中传播速度(一般平均1500米/秒),即可计算出海深。回声测深仪的检测器和自动记录器连接,计录器笔尖输出接收器传来并经放大的电流,当带电的笔尖与缓慢匀速移动的电化石墨记录纸接触时即留下燃烧的痕迹。回声测深仪每分钟发射并接收声脉冲约150—300次,结果便得到沿着船的航迹的海深记录剖面。据若干平行的测深剖面,就可勾绘实地海底地形图。

由于海底底质密度的不同,对声波有不同反射系数(软土10、砂13、砂岩33、花岗岩礁石60),测深记录晕线的粗细也不相同,因此超声波测深一定程度上也能反映海底的结构和成分。

但是,测深仪所记录的深度,需要进行各种校正。除校正测深仪本身误差外,还要作潮汐校正,使海深从水深基准面起算。声速在水中并非常量,如在深海测深时须进行温度、盐度和压力校正,这方面资料可参见《海洋学常用表》第33、34表。

三、采样

海底取样工具大致可以分为表面采样器和垂直取样管两大类。

表面采样器中使用最广泛的是蚌式(或抓式)采样器(图1—3),它的底挖斗系于绞车的钢丝绳上,张开到海底,稍微切入土中,提取时挖斗二个半瓣闭合,就能挖取一块底土。它挖取的深度不大,而且样品的层理往往被破坏,然而底挖斗总能带上较多的沉积物,所以至今被广泛应用。此外还有拖式表层采样器袋网和拖网(图1—4),由于它所取得的样品都已混乱,而且很大程度上受到冲洗,所以只适用采集结核、巨砾和其它岩块。

垂直取样管能深入海底一定深度,取得一定长度的柱状样品。按冲入方式不同可分为:

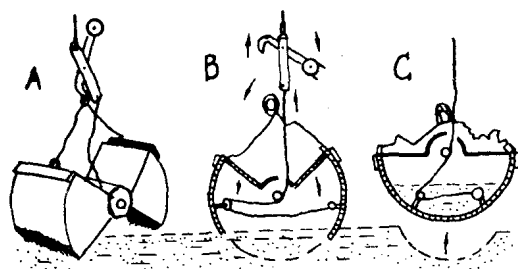


图 1—3 蚌式采样器

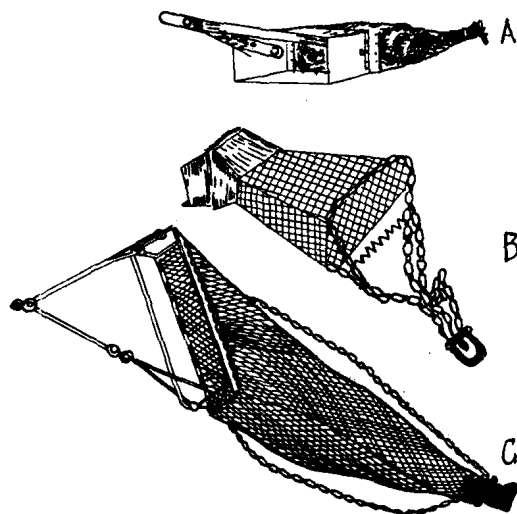


图 1—4 拖式采样器

1. 重力取样管（艾克曼管）：主要由管身和固定重物组成，管身的长度可据海深及软泥密度加以调整，管头有阻止泥土柱跌落的装置。图1—5、A所示是我国自行设计制造的取样管。国外采用的艾克曼管（图1—5、B），主要由管身（*a*）、固定重物（重达150公斤）（*b*）、采样管上滑动重物（*d*）组成。当取样管到达海底时，重物*d*的系链就拆开，重物沿管子落下推动关闭管口的阻板（*e*），阻止泥土柱跌落。

2. 重力活塞取样管（图1—5、C）：在结构上除管身（*a*）、固定重锤（*b*）、钻头（*c*）外，比重力取样管多一个尾翼（*d*）、活塞（*e*），并有钢缆卡子（*f*）、杠杆（*g*）、配重锤（*h*）组成的抗衡装置。活塞的功能是：当取样管（*a*）钻入沉积物中时，土柱与活塞之间近似真空，故对进入管内的土柱有抽吸作用，因此采样率高，采样长度也较长。抗衡装置使取样管获得较大的速度，产生较大的下冲力。

3. 水压式（真空式）取样管（图1—5、D），由长约2米的钢质气筒（*a*）（充大气压力的大气或真空），下端是总长达40多米，重达数吨的管子和刀（*b*），（*c*）是自动开启的阀身，（*d*）是转动水阀的杠杆。当管子下降时，先由抵住海底的重锤（*e*）发生作用，自动打开活门，水以巨大的压力（5000米深海约有500个大气压）一涌进入气筒（*a*），这样就产生冲向水阀方向的作用力，使管身迅速钻入海底而取得柱状样品。这种取样管适于采取深海底质柱状样品。

4. 振动活塞取样管：其结构见图1—6和1—7，取样管的尖端是锐利的刀口，藉助于电动机带动的振动器来产生振动，使取样管钻入土层中，端顶内侧是可以拆除的多叶弹簧门，在拔出管子时，它能使已取到的土样不致脱出。在取样时，用细钢缆联结的内部活塞与土质表面的距离保持固定不变，这样可以辅助吸土作用，而使样品的层理和厚度不致破坏。这种取样管适于浅海地区（200米以内），能在较粗硬的砂质沉积中取到结构完整的柱状样品，取土率也较高，缺点是操作不便。取样过程较长。

近年来，国外还研制成一种深海自动返回沉积物取样品，不用钢缆，将取样器直接抛至海底，当仪器沉入海底取样以后，抛掉所压重物并利用玻璃球使之自动浮至海面。