

海底地质学

[美] E. P. 谢帕德 著

科学出版社

海底地质学

[美] F. P. 谢帕德 著

梁元博 于联生 译

科学出版社

1979

内 容 简 介

海洋地质学是近年蓬勃发展的一门学科。本书较全面地总结了国外近二十年来在海底地质方面的调查研究成果,并试图提出若干重要的理论综合,是这方面的一部奠基性的著作。

本书分十四章,研究讨论海洋地质调查仪器和方法、波浪和海流对海洋地质作用的影响、海洋现代沉积作用和沉积历史、海岸带和珊瑚礁问题、大陆架和大陆坡的地貌、构造和经济资源问题,特别是对于近几年间“深海钻探计划”在大洋盆地中取得的重要资料,作了较系统的解释。

本书是根据1973年原著第三版译出,书末附载了原书第二版有关海洋沉积物理学和海洋地球物理学的部分章节,可供从事海洋地质、海底石油勘探和开发、海底和海岸工程、军事和航海方面的有关人员,以及海洋地质院校师生和其他方面研究人员阅读和参考。

F. P. Shepard

SUBMARINE GEOLOGY

Third Edition

Harper & Row, New York, 1973

海 底 地 质 学

[美] F. P. 谢帕德 著

梁元博 于联生 译

*

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

*

1979年12月第一版 开本:787×1092 1/16

1979年12月第一次印刷 印张:28 3/4

印数:精1—2,000 插页:精2

平1—1,740 字数:664,000

统一书号:13031·1081

本社书号:1515·13—17

定价: 精装本 5.15 元
平装本 4.40 元

译者序

本书是国外海洋地质学的一部奠基性著作,自1948年以来,已经出了三版。本书较全面地总结了西方各国、特别是美国自二次世界大战以来在海洋地质方面的调查研究成果,实际资料是有参考价值的。我们在翻译过程中适当地加了一些评注,供读者阅读时进行分析研究和参考。

本书和我国国内已翻译出版的另外两部《海洋地质学》*内容有较大的不同。1959年翻译出版的《海洋地质学》着重于现代沉积作用和沉积成岩作用的关系,对沉积相的分析较为深入;1963年的一部是从传统地质学的角度着重研究海底构造问题,反映了西欧(德奥)学派的观点。本书则较多地着重海洋地质调查的新技术和新方法,对大陆架和大陆坡、海岸带等一系列问题有比较详细的论述,并采用了板块构造理论的观点。读者可取长补短,参照阅读。但是,这次翻译时所根据的原书第三版,却把第二版中很有价值的沉积物理学和地球物理学部分省略了。鉴于这些问题在实际应用中的重要性,我们把沉积物理学和部分地球物理勘探的讨论以附录的形式收在本书后面,以适应我国蓬勃开展的海底石油工程和其他海底工程设施方面的需要。

本书是根据1973年原书修订第三版译出,文中附图均按原书复制。前言、第1—2、第4、第9—14章和附录由中国科学院南海海洋研究所梁元博译出,第3、第5—8章由山东海洋学院于联生译出,有关海岸部分承南京大学王颖校订。本书可供从事海洋地质、海底石油勘探和开发、军事和航海方面的有关人员,以及地质院系师生和科技研究人员等阅读参考。我们期望读者对本书的翻译出版提出宝贵意见。

1979年于广州

* [苏] M. B. 克莲诺娃,海洋地质学(上下册),梁元博、陆英译,地质出版社,1959; [荷兰] Ph. H. 奎年,海洋地质学,梁元博译,中国工业出版社,1963。——译者

原书第三版序

在《海底地质学》第二版中,我曾经指出:“自本书在1948年问世以来,海洋地质方面的知识已经有了飞速的增长,其中有些直到前几年还很少人加以研究”。现在可以毫不夸大地说,海洋地质学的研究已发展成为一个很大的科学领域,在这个科学领域中,海洋考察活动和研究报告的数量都按指数曲线急剧增加。我在努力赶上它的发展步伐,试图总结这个领域中出现的各种重要的新资料时,不免有望洋兴叹、甚至有逆水行舟之感。

我在第二版出版之后这短短的十年间,原不打算再写第三版,但是板块构造理论的迅速发展和它在海洋地质学许多方面的应用,以及从深海钻探计划(JOIDES)涌现出来的大量新资料,已使旧有的版本显得不相适应,以致十分有必要增写新的几章,对旧有的几章也几乎作了全部修改。

在实际上等于从头开始之际,我决定删去若干章节,包括有两章和本书其余部分的内容不够协调的在内。对波浪作用和沉积机制的详细讨论已被大大简化,使其份量和本书其余各章相称。这两个题目,象省掉的关于海洋沉积地球化学一章那样,都需要有专门的论著。现代沉积物与古代沉积物之间的关系问题,近年也得到了如此详尽的论证,以致这个问题也必须独立地写成一本书。因此我在这里都把它们省略掉了。另一方面,在本书开头部分似乎需要增加一章板块构造学说,同时许多人提议对三角洲、河口和泻湖问题应有更详细的论述;因此增加了一章来讨论这些问题。旧版对大陆边缘是分成大陆架和大陆坡两章来论述,分成两部分叙述不免显得冗长而拖沓,这次把它们合写成一章大陆台阶。这一章由于收进了大量的新资料,结果其份量超出了原来计划的范围,不过,很难把本书第二版写成以来所得到的许多有价值的补充资料省略掉。

书中尝试列举许多新出的参考书籍和文章,而不加以详尽的讨论。著者希望,这能给读者们提供一种补充的资料来源,以协助他们在海洋地质领域中去取得他们所感兴趣的任何一个课题的参考资料。

目 录

第一章 引论和研究史	1
第二章 海洋地质学所用的方法和仪器设备	8
引论	8
海上定位	8
测定方位和观测六分仪水平夹角	8
用海图测深记录导航	9
电子测位器	10
测深方法	10
回声测深	10
测深的校正	12
深海拖测方法	13
旁侧声纳扫描	13
取样方法	14
蛤壳式取样器	15
取样管	16
拖采	20
柱状取样和拖采的技术问题	22
处理样品的方法	23
深海钻探	24
地质工作者对海底的观测	26
自持式潜水	26
深潜器具	27
海底摄影	28
底流测量	31
土力学方法	32
地球物理方法	33
地震反射剖面	33
地震折射法	33
重力测量	34
地磁异常测量	35
热流测量	35
第三章 海浪和海流	36
引论	36
风生成的浪	36
遇浅变形和碎浪	39
波浪的折射、绕射和反射	40

海浪伴生的近岸流	43
灾害性海浪	44
海啸(津浪)	44
暴风(激)浪	47
地滑(激)浪	48
潮汐	49
大洋海流	50
风漂流	50
定常流和盛行风	52
与定常流相关的底层流	52
大陆坡上的下沉流	53
潮流	53
浊流	55
内波及其他类型的底层流	55
第四章 海洋沉积物和沉积作用	57
引论	57
沉积物粒度	57
分级标准	57
粒径分布的量度	58
沉积物颗粒的组分	62
粗粒级分析	63
组份的有效密度	66
沉积物颗粒的形状	66
堆集度、孔隙度和扩容效应	67
渗透性	69
液体的流动和粒状物质的搬运作用	70
粒状底质上的流体运动	70
第五章 板块构造(海底扩张和大陆漂移)	73
引论	73
板块构造	73
板块构造和海底扩张的证据	77
洋脊两侧磁条带的对称性	77
震中和初动	77
大洋基底的年龄	77
大洋相对边缘的吻合	77
无震海脊与热点	79
古地磁学	80
洋底热流	81
二叠-石炭纪的冰川作用	81
地史中蒸发岩的分布	82
第六章 海岸的分类和成因	83

引论	83
海岸地貌的命名	83
一级海岸分类	84
上升、下沉和中性的分类	86
根据海陆形态关系的分类	89
海岸成因分类	90
海岸分类	90
原生海岸	90
次生海岸	98
第七章 海滩和海滨过程	101
引论	101
海滩和海岸的术语	101
海滩的分类	103
北极海滩	106
海滩发育的机制	107
海滩砂的组成	107
海滩砂的来源	108
海滩旋迴	109
海滩砂永久的亏失	113
沙坝海滩和滩脊	115
贝壳沙堤(橡垄)	118
海滩上飓风和津浪的影响	119
尖角形海滨线	121
尖角沙洲	121
尖角形沙咀	122
巨形滩尖	124
海滩上工程建筑物的影响	125
海滩结构和痕迹	128
海滩分层现象	129
滩角	129
海滩波痕	129
其它各种地貌	131
第八章 三角洲、泻湖和河口湾	133
引论	133
三角洲	134
密西西比三角洲	135
尼日尔河三角洲	136
恒河-布拉马普特拉河三角洲	137
奥利诺科河三角洲	138
育空河三角洲	139

波河三角洲	140
得克萨斯州的科罗拉多三角洲	141
阿拉斯加北坡的三角洲	141
三角洲的一般特性	142
海岸泻湖	142
马特里泻湖	142
得克萨斯中部海岸的泻湖	143
路易斯安那州巴拉塔利亚湾	149
佛罗里达西部和西北部的泻湖	149
佛罗里达海湾	149
古巴西南巴塔巴诺湾	149
美国东岸中部的泻湖	149
下加利福尼亚半岛西部的泻湖	152
加利福尼亚海岸的泻湖	152
荷兰的瓦登海	152
几内亚湾北部的泻湖	154
沿岸泻湖的一般特征	154
河口湾(三角港)	155
切萨皮克湾	156
新英格兰南部的河口湾	156
哥伦比亚河口湾	157
俄勒冈州雅奎纳湾	157
旧金山湾	157
佛罗里达州的坦帕湾	158
帕里亚湾	158
法国西部的河口湾	159
英格兰东部沃希湾	159
西班牙加利西亚西部的里亚斯式海岸	159
日本内海	160
河口湾的一般特征	160
第九章 大陆台阶	162
引论	162
术语的定义	163
冰川作用和海平面变化的影响	163
大陆台阶的构造类型	164
大陆台阶的描述	164
东北美洲	164
拉布拉多	164
纽芬兰	165
圣劳伦斯湾	167
新斯科夏	167
缅因湾和乔治浅滩	169

南土克岛至赫德拉斯角	173
赫德拉斯角至佛罗里达海峡	177
布累克海台—佛罗里达海峡和巴哈马浅滩	177
墨西哥湾	184
佛罗里达西面	184
密西西比—阿拉巴马	185
大密西西比三角洲	186
得克萨斯—西路易斯安那	186
墨西哥东部	188
南美洲北部	189
南美洲东部	191
南美洲西部和北美西岸至加利福尼亚湾	193
下加利福尼亚半岛西部和加利福尼亚	194
加利福尼亚北端、俄勒冈和华盛顿州	201
英属哥伦比亚和南阿拉斯加	202
白令海和亚洲东部	204
澳大利亚	212
亚洲南部	215
非洲东部	218
非洲西部	218
地中海	221
欧洲西部	224
北极	230
南极	232
第十章 大陆台阶的起源和历史	233
引论	233
大陆架的特点	233
大陆架地形	233
大陆架沉积物	234
大陆坡的特点	235
大陆台阶的基本类型	235
影响大陆架地形的各种作用	240
大陆架冰川作用	240
海平面变化的影响	240
大陆架上的珊瑚生长	242
大陆架上的砂垄	242
大陆架上的无沉积地带和残留沉积带	243
宽阔陆架的成因	245
冰川作用引起的最大幅度海平面下降	247
大陆坡地形崎岖的原因	248
陆坡上的大量物质运动	248
陆坡上的断层和褶皱作用	250

陆坡侵蚀作用	251
大陆坡的下伏原因	252
大陆裾的发育及其未来	253
大陆台阶的经济资源	254
第十一章 海底峡谷和别的海谷	257
引论	257
各类型海谷	257
海底峡谷及其沉积扇谷的描述	258
拉霍利亚和斯克利浦斯峡谷	258
下加利福尼亚的圣路加斯峡谷	262
蒙特累峡谷	265
阿斯多里亚峡谷	267
白令海峡谷	269
东京峡谷	270
刚果峡谷	272
西科西嘉峡谷和法国里维耶拉峡谷	272
美国东北岸外和新斯科夏的峡谷	273
巴哈马大峡谷	276
海底峡谷的起源	277
不可靠的假说	277
作为一种辅助原因的陆面侵蚀作用	278
峡谷的浊流侵蚀作用	279
各种海底作用结合起来作为峡谷的成因	280
峡谷壁的向上增筑	281
三角洲前缘槽	282
恒河槽谷	282
印度河槽谷	284
密西西比槽谷	284
三角洲前缘槽的起源	284
坡面冲沟及其起源	285
中间类型的海谷	286
海底的断层谷	287
褶皱谷	288
上升了的海底峡谷	288
第十二章 珊瑚礁	290
引论	290
背景材料	290
生物礁定义	290
礁的类型	292
珊瑚礁生态学	293
环礁	295

一般性质	295
异常的环礁	300
沉没和露出的环礁	300
通向环礁外侧海底的斜坡	300
地球物理勘探	301
对环礁的钻探	301
岛屿的堡礁	304
环礁和岛屿堡礁泻湖的阶地和盆地	306
环礁和岛屿堡礁的成因	307
冰川制约海平面的影响	309
昆士兰大堡礁和别的陆架礁	309
第十三章 深洋底地形	313
引论	313
地形形态定义	313
大洋盆地的一般形状	314
大西洋	316
大西洋中央脊和裂谷	316
大西洋破裂带	317
大西洋的深海沟道	319
大西洋的海沟	319
底流集中的效应	320
太平洋	321
东太平洋隆起	321
太平洋破裂带	322
东北太平洋的沟道和深海平原	324
中央太平洋的火山脊和截顶锥	325
西太平洋的弧形海脊和海沟	329
太平洋的深海沟	331
印度洋	333
印度洋中央脊	334
无震脊和高原	335
孟加拉沉积扇	337
地中海(陆间海)	337
北冰洋	337
墨西哥湾和加勒比海	338
地中海和黑海	342
第十四章 深海沉积物和地层学	344
引论	344
深海的表层沉积物	344
深海沉积物的物质来源	345
深海沉积物的分类	345
深海粘土	346

石英和长石	347
沸石(钙十字石)	347
锰结核和结皮	347
沉积物的宇宙成因组份	349
深海生源沉积物	349
火山沉积物	349
浊流沉积和别的大洋底层流沉积(平积岩)	350
冰川海洋沉积物	350
海底高地上的砂	351
侵蚀区和无沉积区	351
深海沉积物的分布	351
长柱状样的第四纪层序	353
跨越大洋的地震剖面	356
深海钻探 (JOIDES)	357
大西洋	359
墨西哥湾	362
加勒比海	362
地中海	363
太平洋	363
深海钻探计划成果总结	366
单位换算表	368
地名表	369
参考文献	378

附录(摘译自本书第二版有关章节)

一、沉积物理学	425
流体应力	425
涡动粘滞性	426
沉降速度	428
颗粒运动的临界	430
悬浮作用	432
高浓度的粒状固体流	434
推移搬运作用	435
悬移搬运作用	437
自悬浮作用和浊流	437
水流中的总负载搬运	439
波浪对沉积物的搬运	441
二、海洋地球物理学	443
地震折射法	443
重力测量	445
连续声波反射法	445
声学取样器	447
地磁测量	447

第一章 引论和研究史

地质工作者向来都知道研究地球上被海水掩盖着的广大区域具有极为重要的意义,但是直到本世纪 40 年代以前,这个广大地区还是一片未知的领域。终于,第二次世界大战的严酷事实使海军部门的科技人员和参谋部门认识到,海军作战非有海洋和海底的基本知识不行。对这片海洋领域所作的地质学方面的研究,起初叫做海底地质学 (Submarine Geology), 不过现在比较一般地是叫作海洋地质学 (Marine Geology), 有时也叫作地质海洋学 (Geological Oceanography)。这三个名称可作为同义语使用。这个领域所包括的内容是: 研究与海洋各种作用有关的海岸和海滩; 研究大陆台阶, 包括大陆周围宽广的浅水台地和一直延伸到深海地段的较陡的斜坡; 以及研究深水的洋底。最后这一项是海洋中最广大的区域, 它也许是最使人感兴趣的部分, 不过大陆台阶实际上却蕴藏着最丰富的经济资源。

随着资料的积累, 人们逐渐看清楚, 影响海底的各种作用与水深之间的关系, 远比过去在海底照相和深海钻探提供了大量新证据之前所设想的要小得多。海洋地质学的一个重要的环节是研究取自海底的沉积物。这些沉积物与地形之间的关系, 不管是在大陆台阶上或在深海大洋底部, 都是特别使人感兴趣的。采用电子学的方法来研究声波通过洋底的传播和测定大洋地壳的磁性、重力和热流量, 这一切对于这个迅速发展的领域具有十分重大的意义。

海洋地质学是一门近年才发展起来的科学。早在 1842 年, 达尔文 (Charles Darwin) 对珊瑚礁进行研究和考察时, 首先指出了研究海底将具有远大的前途。不久以后, 英国“挑战者” (H. M. S. *Challenger*) 号船的划时代航行 (1872—1876) 带回来了大量的基本资料。虽然当时没有地质工作者参加这次航行, 但是航行中所采集到的大量的海底样品, 却是由地质工作者加以研究的, 这里头包括 A. F. 伦纳 (Murray and Renard, 1891) 在内。美国渔轮“信天翁”号 (*Albatross*) 在 1888 至 1920 年间的调查作业也带回来一些地质资料, 所取得的样品由默莱和李氏 (Murray and Lee, 1909)、劳德贝克 (Loudersback, 1914) 和特拉斯克 (Trask, 1932) 加以研究。在 1899 和 1900 年, 荷兰船“西博加”号 (*Siboga*) 取得了另外一大批样品, 其中取自东印度群岛区*的样品由地质学家别基尔德 (Böggild, 1916) 和莫伦格拉夫 (Molengraaff, 1916, 1922, 1930) 进行了研究。

在 20 世纪初, 安德雷 (Andrée, 1920) 研究了德国轮船“埃迪·斯蒂芬”号 (*Edi Stephan*) 和“行星”号 (*Planet*) 在欧洲海区所取得的样品, 其结果是他得以写成他那部海洋地质学方面的先驱性著述, 此外, 1901—1903 年德国南极考察队所采得的柱状样品由菲利彼 (Philippi, 1912) 进行了研究。由于别基尔德 1916 年发表了他的“西博加”号船考察报告, 使得德国的学者在海洋地质方面继续起着重要的作用。以后, 在第一次世界大战结束不

* 现在的印度尼西亚群岛区。——译者

久,德国“流星”号船(*Meteor*)的南大西洋考察首次揭示了洋底的地形起伏并不亚于陆地(Stocks, 1933)。对欧洲大陆架的研究,最早是由丹嘉(Dangeard, 1928)进行的。在1929—1930年间,“斯尼留斯”号船(*Snellius*)在东印度群岛区进行了考察,其结果是奎年(Kuenen, 1942)出版了一系列重要的报告。

在本世纪开始前后,地质工作者们初次对海底上奇特的峡谷发生了兴趣。斯宾塞(Spencer, 1898)大胆宣称:这些深度很大的峡谷的存在,证明大陆曾经上升了数公里之多,并引起了广泛分布的更新世冰川作用。另外一些地质工作者,包括罗逊(Lawson, 1893)等人,则早一些已经得出了峡谷是由地壳运动造成的解释,而史密斯(Smith, 1902)则认为它们是由海底的水流冲刷而成。许多年来这些不同的假说之间发生了热烈的争论。

回声测深技术的发展(它是从第一次世界大战利用声学方法搜索潜艇的技术派生出来的)大大促进了海洋勘测工作,特别是促使了美国海岸与大地测量局借助回声测深方法编制了十分详细的大陆架和大陆坡海图。在这个基础上,人们编成了北美东海岸(Veatch and Smith, 1939)和加利福尼亚沿岸(Shepard and Emery, 1941)的海底地形等深线图。这些图件清楚地显示出北美东西两侧海岸外的海底峡谷情况,并且表明加利福尼亚海岸外方存在着一些巨大的断层崖和地堑。

根据研究全世界沿岸海图上的底质标注的结果,著者发现了大陆架上的沉积物并不是从粗到细地朝外海方向变化的(Shepard, 1932)。特拉斯克(Trask, 1932)广泛采集到的样品,初次清楚地指出了石油储集于一定类型的海洋环境中。本世纪30年代在大西洋取得的很长的底质柱状样品,表明在海底沉积物内可以识别出更新世冰川作用的各个时期(Stetson, 1939; Phleger, 1939; Bramlette and Bradley, 1940)。

美国的海洋地质研究计划是于本世纪30年代在伍兹霍尔海洋研究所、斯科利浦斯海洋研究所和拉蒙特地质观测所(现在称为拉蒙特-多尔蒂地质观测所)开始施行的。这些研究计划后来大大扩充了,到了第二次世界大战以后,又增添了得克萨斯农工大学、迈阿密大学、华盛顿大学、俄勒冈州立大学、罗德岛大学和南加利福尼亚大学对海底进行活跃的地质学研究。

多年以来,美国地质总局参与了海洋地质方面的研究,但它和伍兹霍尔海洋研究所的第一个大规模的合作计划却是开始于1962年;在1966年又开始实行一项研究太平洋的协作计划。美国海军最初是在第二次世界大战期间开展其海洋地质研究的,其后继续有一个很大的班子在华盛顿的海道测量署和在圣迭戈的海军电子学研究室(现在改为海军水下研究和发展中心)进行工作。

美国的另外一个海洋地质资料来源是国家科学基金会,它近年在科研经费的开支方面已超过军队,特别是它从1965年开始实施深海钻探计划以来,经费预算更大为增加。还有美国石油研究所也做了大量工作,特别是在研究墨西哥湾西北部的沉积物(Shepard et al., 1960)和加利福尼亚湾(van Andel and Shor, 1964)方面,作出了重大的贡献。

在其他国家,虽然研究计划的规模稍小一些,但是对于科学研究却具有重要的意义。法国在雅克·布卡尔(J. Boucart)、路易·格郎佐(L. Glangeaud)和安德烈·基尔舍(A. Guilhaud)等人的倡导下,由巴黎大学积极地实施一系列研究地中海和法国西海岸外海底的计划。库斯托(Jacques-Yves Cousteau, 前法国海军军官)对法国海洋学研究的影响非

常大,他发明使用自携式水下呼吸器(scuba)的潜水方法,并对深潜器具的发展作出了很多贡献,这两者都给海洋地质工作者提供了重要的现场观测资料*。英国通过它的国立海洋学研究所进行海洋地质方面的工作,它拥有巨大的远洋考察船;它这方面的工作受到希尔(M. Hill)、布拉德(E. C. Bullard)和斯采德(A. Stride)等人的大力推动。加拿大也制订了积极的规划,其东岸的工作集中在新斯科夏的达尔豪西大学进行,西岸则在温哥华的不列颠哥伦比亚大学进行。上面已经指出过,直到第二次世界大战之前,德国一向起着重要的作用,但在此以后它落后了许多年,只是近几年间在基尔大学的萨伊堡德(E. Seibold)领导下它才重新恢复进行研究。瑞典由于汉斯·彼得生(H. Pettersson)的努力以及著名的1947—1948年间瑞典环球深海考察工作而做出了很大的贡献。地质方面的报告大部分是由阿伦纽斯(Arrhenius, 1950)、符列格等(Phleger and others, 1953)和奥劳逊(Olausson, 1960)写成的。日本有一个很大的研究计划,由东京大学和日本渔业研究所负责施行。

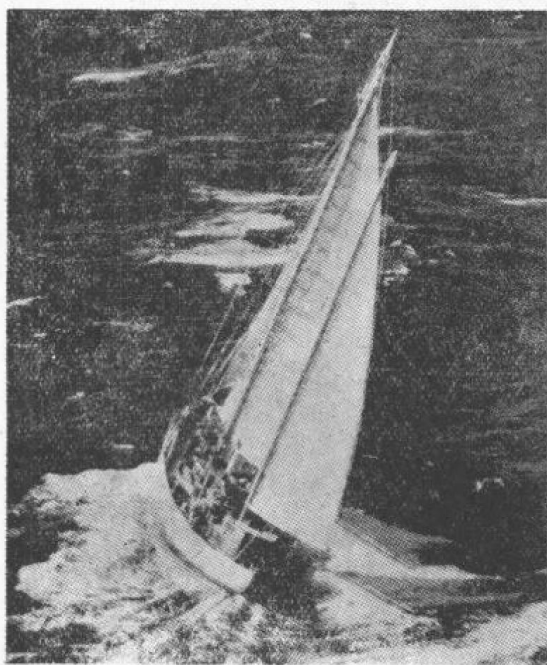


图 1-1 175 英尺长的双桅机帆船
“阿特兰提斯”号

它执行了第二次世界大战前伍兹霍尔海洋研究所的大部分调查任务
(伍兹霍尔海洋研究所摄)

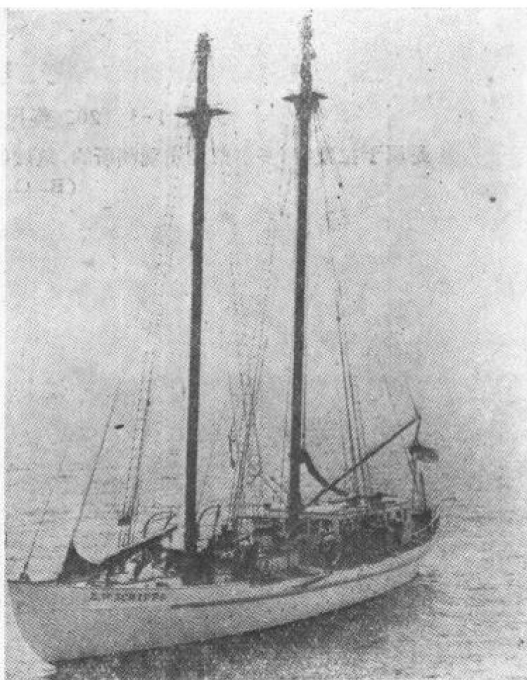


图 1-2 104 英尺长的斯克利浦斯海洋研究所双桅摩托纵帆船“E. W. 斯克利浦斯”号

第二次世界大战前,该研究所的海洋地质工作大部分是在这艘船上完成的

在海洋地质学方面具有历史意义的考察船当中,有伍兹霍尔海洋研究所的旧“阿特兰提斯”号(*Atlantis*, 即“大西洲”号,图 1-1),斯克利浦斯海洋研究所的“E. W. 斯克利浦斯”号(*E. W. Scripps*, 图 1-2),和拉蒙特-多尔蒂地质观测所的“维玛”号(*Vema*, 图 1-3)。近几年间新补充的考察船中包括有伍兹霍尔海洋所的“阿特兰提斯 II”号(*Atlantis II*, “大西洲 II”号, 图 1-4),斯克利浦斯海洋所的“梅尔维尔”号(*Melville*, 图 1-5),以及英国国立

* 当前法国的海洋学研究工作主要集中在“国家海洋开发中心”(Centre National pour L'Exploitation des Océans, 简称 CNEOX), 其研究计划包括南太平洋海底地质的调查和勘探。——译者

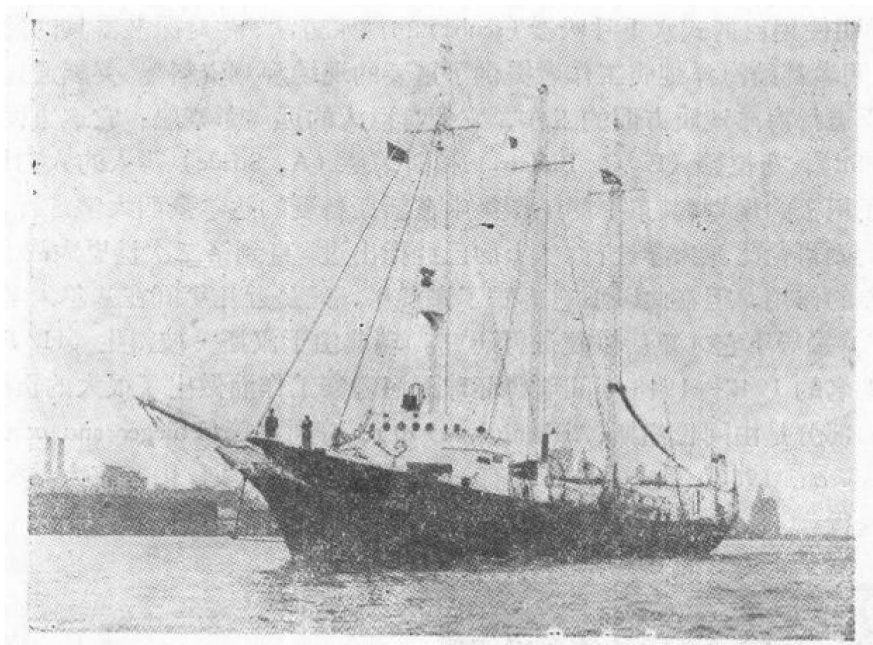


图 1-3 202 英尺长的三桅机帆船“维玛”号
是属于拉蒙特-多尔蒂地质观测所的,这艘船广泛用于整个南、北大西洋和印度洋的调查作业
(B. C. Heezen 摄)

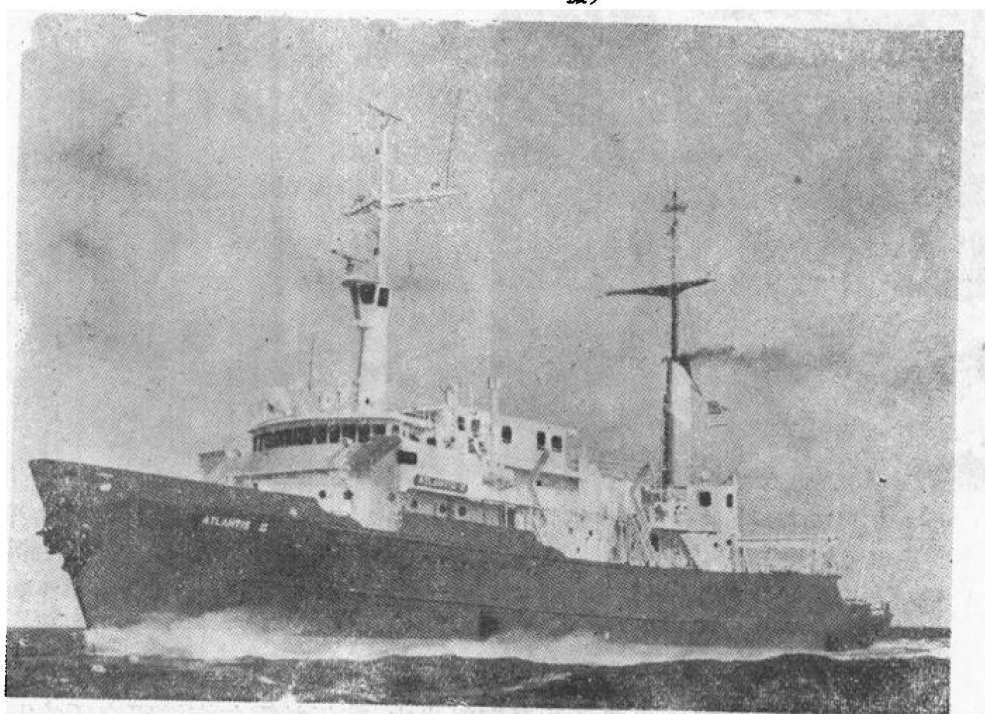


图 1-4 “阿特兰提斯 II”号
伍兹霍尔海洋研究所的现代化考察船之一
(K. O. Emery 摄)

海洋学研究所的“发现 III”号(*Discovery III*, 图 1-6)。苏联所使用的大型海洋考察船队(图 1-7)比所有其他国家都优越。

海洋地质学在紧接着第二次世界大战结束后的一些年间出现了首次大规模的发展。当时美国海军通过海军研究署和船舶局,开始对各种海洋研究机构的科研工作给予广泛