

中国现代科学全书

CHINESE ENCYCLOPAEDIC SERIES OF MODERN SCIENCES

● 海洋科学

● MARINE SCIENCE

● 杨子赓 主编

海洋地质学

MARINE GEOLOGY

青 岛 出 版 社

中国现代科学全书·海洋科学

海洋地质学

杨子赓 主编

青 岛 出 版 社

图书在版编目(CIP)数据

海洋地质学/杨子庚主编. - 青岛: 青岛出版社, 2000. 1

(中国现代科学全书·海洋学)

ISBN 7-5436-2171-1

I. 海… II. 杨… III. 海洋地质学 IV. P736

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 73330 号

中国现代科学全书·海洋学

海洋地质学

杨子庚 主编

出版·发行/青岛出版社

印刷/北京经纬印刷厂

开本/850×1168 毫米 1/32

字数/339 千字

版本/2000 年 1 月北京第 1 版

经销/新华书店

印张/14.5

印数/1,100册

2000 年 1 月北京第 1 次印刷

2000 年 1 月北京第 1 次印刷

网址: <http://www.cesms.com.cn>

书号: ISBN 7-5436-2171-1/P·2

电话: 010-64851138

定价: 28.00 元

出版声明/版权所有, 翻印必究。

目 录

绪论	(1)
第一章 海洋地质学概论	(7)
第一节 术语、概念及学科领域.....	(7)
第二节 海洋地质学在地球科学中的地位及其分支	(11)
一、海洋地质学在地球系统科学中的地位.....	(11)
二、海洋地质学的分支学科.....	(12)
第三节 海洋地质调查研究方法	(16)
一、方法学引论.....	(16)
二、海上定位.....	(17)
三、海底地形声学探测方法.....	(18)
四、地球物理方法.....	(19)
五、海底取样.....	(22)
六、海底观测.....	(26)
七、海洋遥感.....	(27)
参考文献	(28)
第二章 海洋地质学的发展	(30)
第一节 世界海洋地质学发展史略	(30)
一、海洋地质学发展的初期阶段.....	(30)
二、二次世界大战后海洋地质学的蓬勃发展.....	(34)
三、海洋地质学的历史性变革——深海钻探与地学 革命.....	(40)

第二节 中国海洋地质学发展历程	(46)
一、我国海洋地质工作的初创期	(46)
二、以近海海洋地质调查为基础发展海洋地质学	(48)
三、海洋地质工作蓬勃发展和我国海洋地质学的确立	(49)
参考文献	(64)
第三章 海底地貌学	(65)
第一节 海底地貌学概论	(65)
一、海底地貌学的发展	(66)
二、海底地貌形成因素	(68)
三、海底地貌分类	(69)
第二节 中国近海大陆架地貌特征	(71)
一、陆架区主要地貌类型及形成机制	(71)
二、渤海与黄海地貌	(75)
三、东海陆架地貌	(78)
四、南海陆架地貌	(79)
第三节 西北太平洋大陆边缘地貌	(81)
一、西北太平洋大陆边缘地貌特征概述	(82)
二、海沟	(83)
三、岛弧	(84)
四、边缘海盆	(85)
五、大陆坡	(85)
第四节 世界大洋地貌概述	(87)
一、主要地貌类型	(87)
二、大西洋地貌	(88)
三、印度洋地貌	(89)

四、太平洋地貌·····	(90)
参考文献·····	(91)
第四章 海洋构造地质学 ·····	(93)
第一节 从大陆漂移到板块构造·····	(93)
一、大陆漂移说·····	(94)
二、海底扩张说·····	(98)
三、板块构造·····	(100)
四、地幔柱理论·····	(101)
第二节 大洋构造地质·····	(104)
一、大洋的起源和 Wilson 旋回·····	(104)
二、大洋岩石圈结构·····	(107)
三、大洋中脊与板块扩张·····	(108)
四、古海洋的消亡及造山带构造·····	(109)
第三节 大陆边缘和边缘海的构造地质·····	(111)
一、大陆边缘的基本类型及构造地质特征·····	(111)
二、边缘海的地壳结构及成因模式·····	(115)
三、大陆边缘是洋陆争斗的前缘阵地·····	(116)
第四节 中国海区大陆边缘构造地质特征及演化·····	(116)
一、中国海区及其大陆边缘的构造地质特征·····	(116)
二、中国海区及其大陆边缘的形成与演化·····	(122)
三、中国海区及东亚大陆边缘是当代海洋构造地质学者研究的前沿领域·····	(128)
参考文献·····	(129)
第五章 中国近海盆地地质构造与油气资源 ·····	(130)
第一节 近海盆地概况·····	(130)
一、盆地基底·····	(130)

二、盆地类型	(131)
三、盆地沉积	(131)
四、盆地油气	(131)
第二节 海洋油气勘探开发历程.....	(132)
一、早期勘查时期	(132)
二、重大突破时期	(136)
三、新崛起时期	(137)
第三节 中新代地层层序.....	(139)
第四节 主要近海盆地分述.....	(141)
一、渤海盆地	(141)
二、北黄海盆地	(142)
三、南黄海盆地	(144)
四、东海盆地	(145)
五、台湾海峡—台西盆地	(147)
六、南海北部陆架	(148)
七、南沙海域盆地	(151)
第五节 油气藏形成地质条件.....	(151)
第六节 油气资源评价.....	(154)
第七节 近海盆地油气勘探前景.....	(155)
参考文献.....	(157)
第六章 海洋沉积学.....	(158)
第一节 海洋沉积学概论.....	(158)
一、海洋沉积学的发展	(159)
二、沉积相划分	(160)
三、海洋沉积物类型	(162)
第二节 中国近海沉积.....	(165)
一、大陆架沉积	(165)

二、边缘海沉积	(172)
第三节 大洋沉积物	(175)
一、深海陆源碎屑沉积	(176)
二、钙质软泥	(178)
三、硅质软泥	(180)
四、海洋火山碎屑沉积	(181)
五、深海粘土	(181)
第四节 海洋沉积地球化学	(182)
一、海洋沉积地球化学概要	(182)
二、20 世纪海洋沉积地球化学的进展	(186)
三、21 世纪海洋沉积地球化学发展趋势	(194)
参考文献	(197)
第七章 海洋第四纪地层学	(200)
第一节 第四纪地层划分引论	(200)
第二节 海洋第四纪地层记录	(205)
一、氧同位素地层学	(206)
二、磁性地层学	(212)
三、生物地层学	(214)
四、碳酸盐周期及浮冰碎屑沉积年表	(216)
第三节 高分辨地层划分	(217)
一、300ka 以来的高分辨率氧同位素地层学	(217)
二、事件地层学	(219)
三、超高分辨地层学方法	(225)
第四节 中国近海第四纪地层	(226)
一、中国陆架及邻近海域第四纪地层划分	(228)
二、中国近海第四纪地层与世界其他地区的对比	(231)
参考文献	(234)

第八章 海岸带、三角洲及海平面变化	(238)
第一节 海岸带	(238)
一、术语及分类	(239)
二、海岸演化研究简史	(242)
三、大尺度海岸行为	(243)
四、基岩海岸	(245)
五、砂质海岸	(250)
六、粉砂淤泥质海岸	(254)
第二节 三角洲	(258)
一、三角洲概述	(258)
二、三角洲沉积动力学	(260)
三、三角洲沙体类型	(273)
四、三角洲地层学	(276)
五、三角洲研究的意义	(281)
第三节 海平面变化	(283)
一、海平面变化概论	(283)
二、末次冰期及全新世海平面变化	(287)
三、近百年来的海平面变化	(290)
四、全球海平面变化预测	(294)
五、海平面上升对自然环境的影响	(298)
参考文献	(301)
第九章 海洋固体矿产	(309)
第一节 深海底固体矿产	(309)
一、海洋矿产的类型与分布	(310)
二、大洋矿产的特征与成因	(311)
三、深海底矿产资源的开发前景与研究意义	(327)

第二节 滨海及陆架海洋固体矿产.....	(329)
一、滨海及陆架海洋固体矿产概论	(329)
二、20 世纪滨海及陆架海洋固体矿产调查研究	
回顾	(331)
三、21 世纪滨海及陆架海洋固体矿产展望	(345)
参考文献.....	(349)
第十章 海洋地质灾害.....	(352)
第一节 海洋地质灾害概况.....	(352)
一、海洋地质灾害的危害	(353)
二、海底不稳定性分析	(355)
第二节 海洋地质灾害类型.....	(364)
一、海洋地质灾害类型划分	(366)
二、地质灾害类型特征	(366)
第三节 减灾、防灾与灾害调查	(376)
一、减灾防灾	(376)
二、灾害调查	(378)
参考文献.....	(385)
第十一章 古海洋学.....	(388)
第一节 古海洋学研究引论.....	(388)
第二节 各大洋的古海洋学研究.....	(390)
一、大西洋	(390)
二、太平洋	(392)
三、印度洋	(395)
第三节 第四纪古海洋环境演变.....	(396)
一、构造与洋流体系变迁	(396)
二、Milankovitch 旋回与海洋环境	(401)

三、冰期旋回对西太平洋边缘海环境的影响	(407)
第四节 中国近海晚更新世以来古海洋学研究	(411)
一、南海	(412)
二、东海	(423)
参考文献	(432)
第十二章 21 世纪海洋地质学发展趋势	(438)
一、海洋环境战略	(442)
二、矿产资源战略	(444)
参考文献	(446)
后记	(447)

绪 论

20 世纪后半叶对海底地质的深刻认识,彻底改变了人们的“地球观”。活动论的地学哲学思想向固定论发起的挑战是如此的迅猛;在新技术支持下的地质事实又是如此的不容分辩,将一个复杂的地球解释得十分简单明了,以至于多数地质学家都曾感受从惊奇、愕然、不可思议,到心悦诚服,并奋力跟进。地质科学的先驱者们的睿智和执着留给后人的不只是一份宝贵的科学遗产,而且是面对强大的传统思维模式进行挑战的胆识和勇气。这场发生于 20 世纪 60 年代末的地质学思想大变革被称作“地学革命”。它的影响不仅深入到地质学的每一个领域,而且进一步影响到地球科学、天体科学和生物学领域。海洋地质学在这场变革中首当其冲,并成为变革的主体。在新的理论体系下建立起来的现代海洋地质学,为地球科学谱写了新的篇章。海洋地质学又是吸纳本世纪高新技术成果发展起来的一门科学。日新月异的海底探测技术无不凝聚了现代科学技术的最新成就,诸如卫星遥感技术、电子技术、计算机技术、核子技术、超微量微区分析技术等不一而足。仅深海钻探和深潜两项,就汇聚了多学科高科技成果。近几年刚应用于人体的 X 射线断层扫描成像技术(CT)已成功地应用于岩芯无损高分辨快速成像分析。海洋地质学的每一项成功和理论上的飞跃,无不来自新技术的应用。当前海洋地质学的发展再度面临着新的挑战 and 机遇。20 世纪 80 年代一批活跃在地球科学前沿的科学家深刻而敏锐地预见到地球环境的恶化将演变为地球的可居住性问题。地球科学为了预测未来的全球变化再度面临着一个热门的地学哲学话题,即强调地球系统是一个整体,地球各圈层是有机联系的“地球系统”;太阳和地心是驱动地球上各种运动的两大自然驱动器;人类活动是地球运动的第三促动因子。天、地、生的矛盾统一

推动着地球的运动和演进。海洋占地球表面积的 71%，是各圈层界面连续活动的场所。“海洋的呼吸决定了地球的脉搏”。海洋的任何变幻都将导致地球系统的变异。海洋沉积物又是地球历史的信息库，是了解地球系统历史演变的钥匙。20 世纪人类为了赢得战争和满足对矿产资源的需求，要向海洋索取而研究海洋；到 21 世纪人类更需要为了保护赖以生存的地球而研究海洋。海洋地质学正面临着重大的转型。本书力求从这个基点出发来论述海洋地质学。海洋地质学和其他地质学科一样，经历了描述科学的阶段。分类学曾经是描述科学的重要成就，然而分类学的注重逻辑推理的严密性和脱离实际也是显而易见的。任何分类都是就端元情况而言，而自然界连续的演化进程使我们观察到的实际自然现象都处于过程之中。于是分类学走进了一条死胡同，将许多复杂的因子引入一个庞大的分类体系。本书力求摒弃繁琐的分类体系，追求简明扼要的分类系统。在认识自然过程中愈是接近问题的实质就愈简单明了。然而海洋地质学各分支学科的发展是不平衡的，以至这本书不能完全摆脱那些“详细的”分类体系的困扰。当海洋地质学从描述科学进入预测科学的今天，率先进入的领域是地球上生态脆弱地带的海岸带、河口三角洲和海平面变化。它们虽然是不成熟的，然而却是引人入胜的。

海洋地质学的分支很多，海洋地质学兴起时陆地地质学已经历了 200 年的发展历史，海洋地质学中许多分支是直接从陆地地质学派生而来的。海洋地质学又是地质学与海洋学的交叉学科，在边缘学科的交叉中也不断地生长出新的分支学科。本书安排了 12 章，其中 9 章是论述主要分支学科的。海洋地球物理及海洋应用地球物理是一个庞大的学科体系，虽然海洋地质学的发展一步也离不开海洋地球物理，但无论就理论基础、方法还是发展历史来看都是一门独立的学科。本书涉及到的地球物理问题，仅仅是就其地质意义而言。

《中国现代科学全书》的编撰是一项迎接 21 世纪的科学文化建设工程,要求系统、全面地概述各学科的建设与发展及其学术研究成果。本书着重将我国近年来各分支学科的研究成果置于世界海洋地质学的发展框架中加以论述,其中有许多是本书作者们多年来潜心研究的成就。第一、二、十二章是“海洋地质学概论”,试图从海洋地质学的历史轨迹中获得启示,以推进 21 世纪海洋地质学向新的领域突破。对于 21 世纪海洋地质学的发展趋势,与其说是预测不如说是遐想。它的发展趋势已露端倪,相信在 21 世纪的初期将趋于明朗。

第三章“海底地貌学”,是海洋地质学最古老的分支。板块构造及沉积动力学的进展推进了海底地貌学的发展进程,在应用地貌学方面动力地貌过程研究起着举足轻重的作用,这特别体现在海岸、河口、三角洲和海底地质灾害方面。相关的内容安排在其他章节中。我国近几十年来的海洋地质调查积累了丰富的近海海底地貌资料,对中国近海大陆架地貌特征的总结是区域地貌学的突出成就。本书所附《中国近海及邻域地貌图》是对 1993 年刘光鼎主编《中国海区及邻域地质——地球物理图集》中地貌图的补充修订和完善,例如明确了长江口外大浅滩是古河间高地而不是古三角洲,珠江口外古三角洲的多期分布与海平面波动的关系;修改了黄、东海古潮流沙脊的分布等,并导致了陆架地貌演变史的新认识。

第四章“海洋构造地质学”,以板块构造理论为指导,论述了大洋和大陆边缘构造。新近发展起来的地幔柱理论是从时间和空间上对板块构造的拓展,中国海区大陆边缘海的构造地质演化是具有典型意义的,是当代海洋构造地质学的前沿领域。本书所述代表了我国海洋地质学家在这个领域所作出的突出贡献。

第五章“中国近海盆地地质构造与油气资源”,记述了 20 世纪 60 年代以来我国海洋石油天然气勘查与发现的光辉历程和盆地研究的巨大进展。本书对近海 11 个盆地油气资源总的评价乃是集

全部海洋石油勘查之大成。本书还提出了“残留特提斯海是我国海洋油气资源勘查新的战略目标”的论断。在南海的莺歌海盆地、珠江口盆地(东沙隆起南部)、台西南盆地、东海陆架的西部(温东、丽水凹陷)发现了巨厚中生代和古新世甚至早始新世海相沉积的迹象,反映了这一带可能存在着残留特提斯海沉积^①,1997年在东海西部温东丽水凹陷探井中,在海相古新统中试获高产天然气(28万 m³/日)。这个重大突破揭示了我国海上油气发现的新篇章,寻找古新世特提斯海的油气资源将成为我国新一轮海洋油气资源勘查的战略目标。

第六章“海洋沉积学”,这是一个庞大的领域,20世纪60~70年代海洋沉积的各种模式相继建立,并臻于完善。海洋沉积动力学研究迅速兴起,并形成了独立的分支。我国海洋沉积学是从区域调查起步的,一开始就走向了将海洋沉积物的时空分布与地质环境的演变相结合的路子,形成了沉积—古环境研究的独特方向。区域沉积分布和沉积演变模式在我国的沉积学研究中占有特殊的地位。“中国近海沉积”一节对此进行了归纳,所附“中国近海及邻域海洋沉积类型分布图”全面概括地表现了迄今我国近海沉积物调查研究的成果,是当今出版的最新的我国海洋沉积物分布图。海洋沉积地球化学在我国的开展几乎与世界同步,本书反映了我国科学家在近海海洋沉积地球化学方面的理论成就。

第七章“海洋第四纪地层学”,一开始就站在了地层学理论变革的前列,应用并发展了现代地层学理论。为适应高分辨环境系统的研究所产生的高分辨和超高分辨地层学也是来自于海洋。海洋地层学和冰岩芯一样成为当今全球变化研究的重要支柱,代表了现代地层学发展的新方向。以南黄海 QC2 孔(加 QC1 孔)为代表

^① 西亚、中东特提斯海相油气田是目前世界最大的油气区。“特提斯海”见第四章脚注。

的中国近海陆架区第四纪层型地层的建立和中国近海第四纪地层系统的建立,是近年来我国海洋第四纪地层学最重要的成就,其地层系统可以与西太平洋地区的地层进行广泛的对比。本书首次发表了详细的“中国近海及邻域第四纪地层对比图”就充分运用了事件地层对比。

第八章“海岸带、三角洲及海平面变化”,既是3个相对独立的概念,其所代表的地域又是海/地、海/气界面最敏感的地带和全球生态系最脆弱地带。它们对于预测全球变化至为重要。这种预测在若干年后看来可能是不成熟的,但为了人类生存的需要,人们仍在孜孜以求,不断探索,是学科发展的新方向。对于三角洲的研究在我国具有鲜明的特色,结合动力机制的三角洲演化模型是最成功的方面。对长江三角洲上最大浑浊带的研究表明,该带属河口环流捕获型。最大浑浊带形成、发育和变化的决定因素是河口环流,在河口拦门沙形成中起重要作用,对于航道治理和环境保护具有重要意义。黄河是世界上罕见的高含沙河流,在出海口处形成三角洲沙体类型中特有的重力型河口沙体。黄河口是世界上最典型的高密度流河口,对于高密度异重流的发现,对重力驱动底流这种挟沙水流的特殊运动形式及河口切变锋是造成黄河口快速堆积的重要动力因素等一系列理论探讨,深刻揭示了高密度流河口泥沙扩散与沉积的规律,为治理黄河口探寻到新的理论依据。这一理论研究填补了世界高密度流河口动力沉积学研究方面的空白,是我国在三角洲沉积动力学理论的研究成果中最令人瞩目之处。黄河三角洲叶瓣快速推移和快速废弃模型,长江三角洲沙体雁行式单侧推移生长模型及珠江三角洲与海平面变化同步的多期进积三角洲模型,极大地丰富了世界三角洲沙体的形成演化模式。我国近年来关于河口三角洲地质学的理论研究,堪称我国对世界海洋地质学理论研究最有贡献的领域。

第九章为“海洋固体矿产”。人类受到陆地矿产资源日益枯竭

的威胁,转而寻找海底矿产资源。大洋底矿产及滨海陆架海洋固体矿产的研究,是我国近年来组织调查和研究卓有成效的领域。对于这两种完全不同的海洋矿产的类型、分布特征和成因的表述前者是全球性的,后者由于受到陆地因素的制约,则着重叙述我国滨海及陆架区的固体矿产资源。21 世纪对大洋底及滨海和陆架固体矿产资源的利用前景决定于资源状况、经济合理性及对环境和生态影响 3 个方面。

第十章“海洋地质灾害”。是最近 20 年才引起人们重视和开展系统研究的分支学科。灾害对于人类生命财产造成的损失是巨大的,灾害类型和发生频率的增长与人类对海洋的开发程度呈正相关。本书从海底地质灾害的危害和典型灾害事件的分析探讨灾害的形成因素和触发机制。对减灾防灾等方面进行的探索性分析,是本书作者所作的一种尝试,对于系统认识海洋地质灾害会有所裨益。

第十一章“古海洋学”。古海洋学诞生于 20 世纪 70 年代,是近 20 年里地球科学中发展最快的分支。我国在西太平洋边缘海所进行的古海洋学研究成果斐然。1999 年由我国科学家主持,并由我国科学家担纲的大洋钻探计划(ODP)进行了 184 航次,该研究以“东亚季风历史在南海的记录及其全球气候影响”为主题,标志着我国古海洋学研究已跻身于世界先进行列。本书对我国东海及南海古海洋学问题进行了重点介绍。