



现代高技术丛书



海洋高技术

中国科学技术协会主编
上海科学技术出版社



中国科学技术协会主编



现代高技术丛书

陈伯镛 李桂香 编著

海洋高技术

上海科学技术出版社

现代高技术丛书

海洋高技术

中国科学技术协会主编

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 上海市印刷三厂印刷

开本 850×1156 1/32 印张 6 插页 4 字数 155,000

1994年12月第1版 1994年12月第1次印刷

印数 1—3,000

ISBN 7-5323-3462-7/P·29

定价: 9.60元

(沪)新登字108号

内 容 提 要

本书介绍的海洋高技术大致为三类:水下探测技术,如水声技术、水下遥测遥控技术和水下通讯技术等;把人送入海中提供生活工作条件的技术,如潜水器、水下运载器和水下居住舱等;海洋开发技术,如海底石油和大洋矿产勘探开发技术和海洋生物工程等。有助于读者了解海洋高技术对国家利益与发展的关系,增强海洋意识。

现代高技术丛书编审委员会

主 任： 朱光亚

副主任： 高 潮 闵桂荣

编 委(以姓氏笔画为序)：

王守觉	王希季	王国文	邓寿鹏	刘化樵
刘成彦	刘胜俊	江东亮	孙延军	孙毓彦
朱光亚	闵桂荣	李 士	杨沛霆	何国祥
张 晶	陈伯镛	陈树楷	陈章良	武明珠
赵文彦	胡成春	胡 英	钟义信	高 潮
郭景坤	顾孝诚	戴绪愚		

序 言

1992年10月召开的党的十四大，以邓小平同志建设有中国特色社会主义的理论为指导，确立了建立社会主义市场经济体制的目标。会议指出社会主义的根本任务是发展生产力，现阶段必须以经济建设为中心，加快改革开放和现代化建设步伐，才能推动社会全面进步。科学技术是第一生产力，经济建设必须依靠科技进步和劳动者素质的提高。现代科技突飞猛进，社会主义市场经济不断发展，我们不懂得、不熟悉的东西很多。因此全党同志不仅要抓紧学习政治、经济和先进经营管理，还要学习现代科学文化。

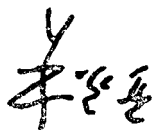
由中国科学技术协会组织编辑、上海科学技术出版社负责出版的《现代高技术丛书》，就是在1992年初小平同志视察南方发表重要谈话，举国上下学习讲话精神、加快改革开放和建设步伐的情况下开始筹划的。经过一年多的努力，现在开始与读者见面了。这套丛书是以高技术的若干领域为主要内容，请国内在这些领域中卓有成就的专家学者撰写汇编而成的，面向广大干部和非专业领域的科技工作者，是一套深入浅出的高级科普读物，重点是为各级领导干部学习高技术知识服务。

什么是高技术呢？需要指出的是，早在60年代这一名词就已在外国出现，但直到现在，对它的含义和范围，大家的认识仍有差异。一般认为，高技术是指以最新的科学发现创造为基础、具有重要应用价值的技术群。正是由于近半个世纪来科学技术日新月异的发展，高技术的内涵和范围也在不断发展和深化。50年代我国制定的《1956—1967年科学技术发展远景规划纲要》，被列在12项重点任务前列的原子能技术、喷气与火箭技术、半导体技术、电子计算机技术和自动控制技术这5项技术群，就属于这种范畴，当时在我国称之为尖端技术。80年代我国开始引入高技术这一名词，到1986年初制定《高技术研究发展计划纲要》，被评选列入的7个技

术群是生物技术、航天技术、信息技术、激光技术、自动化技术、新能源技术和新材料技术。这一事例不仅说明我们应动态地理解高技术这一概念，而且要认识到，高技术代表着科学技术发展的前沿，代表科学技术在社会进步和经济发展中的巨大力量，对增强一个国家的综合国力起着重要作用。

既然高技术是以最新的科学发现与创造为基础的，需要指出的另一点是，发展高技术、尤其是要实现其产业化，还应十分注意其必须具备的条件，包括掌握有关科学技术知识的人才、研究开发工作所必需的先进仪器装备与大量资金的投入、具有良好素质的工人队伍、大批生产必须具有的经济规模、工艺装备的不断更新需求以及相关高技术的配套发展等等。因此，既要积极进取，又要有敏锐的市场意识，把握机遇，善于经营。

前不久，江泽民总书记在会见全国科技工作会议代表时指出，要进一步确立和贯彻邓小平同志关于科学技术是第一生产力的伟大战略思想，加速科技进步，为 90 年代乃至下个世纪经济、社会发展提供强大动力。并再一次强调，要在干部特别是领导干部中普及现代科学技术知识。《现代高技术丛书》的及时出版，让更多的人能从中了解高技术的内涵、现状和发展趋势，将是十分有益的。展望世纪之交科学技术的发展，当然还应包括自然科学、技术科学的基础性研究以及全球生态环境变化与影响等方面的深入浅出评述和预测。更全面地介绍与普及现代科学技术知识，为增强全社会的科技意识，各级领导加强对科技工作的领导，把科学技术切实放在优先发展的战略地位，还需要科技界同志们继续努力。



1993 年 6 月 3 日

前 言

人类社会到了今天，在陆地上的发展已经受到很大的制约。随着科学和技术的进步，人们寄希望于占地球面积 71% 而且基本未被开发的最后疆土——海洋。

翻开世界地图不难看出，西方经济大国都是沿海国家，近二、三十年发展起来的所谓亚洲“四小龙”也无不靠海。近十几年我国经济迅速发展的地区同样是紧接中国海。这种现象是偶然的吗？不，事实说明海洋对各沿海国家和地区现代经济的发展，起着非常重要的作用。海洋为这些国家和地区提供了交通贸易、信息交流和获取海洋资源的便利条件，这是地处内陆的国家（地区）无法相比的区域优势，利用这种优势加速发展经济是当今世界尤其是东亚地区经济社会活动的一大特点。

世界各国，包括技术最先进的国家，对海洋的探测和开发，远不如陆地，甚至太空，这是由于海洋环境条件的特殊和严酷所致。海洋环境的特点是：海面上风大浪高，变幻不定；水下高压、缺氧、低温、无光，而且随着深度加大而加剧；海底地形各异，深邃莫测。不借助于技术，人类是无法在海洋中生存和活动的。在海洋上使用的仪器、装备有特殊的技术要求：防腐、防污、密封、耐压、抗风浪、高精度，这就要求人类依靠高技术去征服海洋，同时，海洋也成为高新技术发展的理想环境。今天人们对火箭、卫星、航天飞机、航天技术可能已知之不少，而对于深潜器、水下居住舱、深潜技术却知之甚少；熟知载人升太空是技术之最，却不知送人入海之难于上青天。海洋高新技术的难度大，发展不快，是限制海洋探索与开发的一个重要原因，另外，长期以来对海洋技术的宣传、推动和支持乏力也是原因之一。

本书介绍的海洋高技术，按其功能大致可分为三类：一是水下

探测技术,如水声技术、水下遥测遥控技术、水下通讯技术等;二是把人送入海中提供生活工作条件的技术,如潜水器、水下运载器和水下居住舱等;三是海洋开发技术,如海底石油和大洋矿产勘探开发技术,海洋生物工程等。许多陆地上已经成熟的技术却难以适用于海洋环境,必须重新改造,更多的则要创新和开拓。海洋高新技术涉及到国家的利益与发展,也是当前经济发达的沿海国家不断追加投资,竞相发展,力图抢占的“制高点”。21世纪是“海洋的新世纪”,谁有能力掌握先进的海洋技术,谁就能够控制海洋、开发利用海洋,成为海洋强国。

我国既是一个陆地大国,又是一个海洋大国。我国也是世界上开发利用海洋最早的国家之一。但是由于历史的原因,近百年来,我国海洋事业远远落后于先进的沿海国家;在国内也落后于其他事业。改革开放以来,有了大的进步。当前加强海洋高新技术的条件比以往任何时候都好,各方面的要求也更加紧迫。希望这本书有助于广大读者了解海洋对我国经济发展、对中华民族生存的关系,增强全民族的海洋意识,确立起开发“海洋国土”的新观念;还希望有助于推动海洋高新技术的发展,从而加快探索海洋、开发海洋的进程,迎接国家经济发展的新高潮和海洋新世纪的到来。

本书编写成员如下:陈伯镛、李桂香、许启望、艾万铸、赵健民、谭树东、于宝华、郑金林、相玉兰。

感谢赵林、钮因义同志对编写此书的支持与帮助。

国家海洋局

严宏漠

1992年10月6日

目 录

第一章 海洋高技术：新技术革命的重要领域	1
一、海洋——人类未来的希望.....	1
二、海洋开发与海洋高技术.....	5
三、海洋高技术的主要进展和成就.....	8
四、海洋高技术发展趋势.....	12
第二章 从海底深处开采“黑金”	15
一、开发海洋石油的目的.....	15
二、在海上找石油.....	19
三、海洋石油开发.....	27
四、海洋石油开发技术的发展趋势.....	37
第三章 海水淡化	41
一、地球与人类淡水危机.....	41
二、蒸馏脱盐的奥秘.....	43
三、神奇的膜.....	52
四、冰的启示及其它.....	58
第四章 海洋化学资源开发技术	61
一、化学工业之母.....	62
二、植物生命和生长的基因.....	63
三、高效阻燃抗爆剂的原料.....	65
四、镁的故乡.....	66
五、核燃料的仓库.....	67
第五章 海洋能资源开发技术	70
一、蕴藏量丰富的海洋能.....	70

二、海洋能发电·····	73
三、海洋能发电的展望·····	85
第六章 海洋生物资源开发技术·····	88
一、海洋生物资源远未被开发利用·····	88
二、采用高技术开发海洋生物资源·····	90
第七章 深海矿物宝藏开发技术·····	107
一、人类的金属宝库——大洋矿产资源·····	107
二、数千米水下的探矿技术·····	113
三、深海宝藏的开采技术·····	118
四、加工冶炼技术·····	121
五、我国大洋矿产资源开发技术进展·····	124
第八章 浩瀚的海洋空间利用·····	126
一、海洋空间资源·····	126
二、拓宽人类新的生活和生产空间·····	129
三、海洋交通运输的新渠道·····	134
四、储藏和倾废空间·····	138
五、海底军事基地·····	140
第九章 水下世界与潜水技术·····	143
一、水下世界探秘·····	143
二、潜水技术与海洋开发·····	148
三、到“海底龙宫”旅游和居住·····	158
第十章 揭开海洋奥秘的高技术·····	162
一、太空中的海洋观测员：海洋卫星·····	162
二、海上自动观测站：海洋浮标·····	166
三、海中声波探测：水声技术·····	173

第一章 海洋高技术：新技术革命的重要领域

一、海洋——人类未来的希望

海洋是我们地球的“专利”，虽然科学家认为，在茫茫宇宙间可能有一些存在着与地球类似行星，但迄今还没有发现一个实例。因此，如果说宇宙间只有一个地球的话，那么地球上的海洋也是宇宙唯一的海洋。

海洋作为我们地球的主要特征之一，它象一幅巨大的蓝色地毯，覆盖着地球表面的 $2/3$ ，海洋的水量占地球表面总水量的 97% 。无怪乎现在有人嗔怪我们的祖先，他们当初不该把我们的住所命名为“地球”，而应该叫“水球”更合适。

海洋如此浩瀚，以致它几乎对地球自然界的一切变化过程都产生重大影响。海洋控制着自然界中的水、二氧化碳及其他物质的循环，调节着地球上的温度，维系着人类赖以生存的适宜气候；海洋孕育了地球上的生命，维持众多生物的生存，并且保障亿万年来生物的进化，使得今天地球上的生物如此丰富多彩，充满勃勃生机；海洋还主宰大地构造和运动，使地球历经沧桑变迁……。

海洋不仅在地球自然界中占有十分重要的地位，也是人类的一个巨大资源宝库。据研究，世界海洋中的浮游植物通过光合作用提供的年初级生产能力（即有机碳/年）为230亿吨；有各种海洋生物大约20万种，其中以摄食浮游动植物为主的鱼、虾类的潜在产量为15亿吨，肉食性凶猛鱼类潜在产量为1.5亿吨。专家们估计，在不破坏生态平衡的条件下，世界海洋捕捞产量可达2亿吨，而目前的海洋渔获量仅在8000万吨左右。海洋中油气资源相当丰富，

据初步估算,地球上最终可能开采的石油储量约3000亿吨,天然气200~300万亿米³,其中约有一半埋藏在海底。近代深海矿物资源的发现,进一步深化了海洋价值观念。1873年,英国海洋考察船“挑战者”号在大西洋考察时,从几千米深的洋底采集到一些褐黑色小球状硬矿物,经测定它是一种富含锰、铜、钴、镍等20多种金属结核物,取名为锰结核。但当时它并未引起人们的足够重视。直到本世纪50年代,许多考察船相继在太平洋、印度洋发现了同类矿物,证实了它分布范围广泛,在世界大洋底的储量约有3万吨,储量大得惊人。专家估计,若按目前的消耗量,其所含的各种金属资源足够全世界用上几百、几千到上万年。另外,近年来科学家在大洋底考察中发现洋中脊裂谷处水温竟高达几百度,有些地方还有块状硫化物堆积,形成高1~5米的“黑烟囱”,而在裂谷附近海底分布有大量含重金属的硫化物。研究认为这是一种过去未知的热液矿物,它显然是从裂谷内喷出的高温岩浆经海水冷却沉积形成的。迄今已发现30多处这种矿床。如1981年美国在加拉帕戈斯海底断裂谷发现一个大型热液矿,估计储量有2500万吨,开采价值39亿美元。海洋的水量为13.7亿公里³,占地球表面总水量的97%。地球上发现的105种化学元素中,在海水中已找到92种。其中有些元素含量极大,如海盐(氯化钠),在海洋中的总量有 48×10^{15} 吨,如果把全部海水蒸发干,则留在海底的盐份厚度可达57~60米;有些元素含量极微,如每吨海水中只有铀3毫克,但整个海洋中的铀含量则高达40亿吨,比陆地上的储量大4000多倍。另外,海水本身也是一种重要水源,它不仅可以经过脱盐处理变成淡水,还可以直接用于工业冷却、印染、清洁、消防,甚至将来有可能用于农业灌溉。作为一种水源,海水几乎是取之不尽的。海洋还蕴藏着丰富的可再生能源,包括潮汐能、波浪能、海水温差能、海流能、盐差能等等。科学家估算这些能源的理论蕴藏量约有1500多亿千瓦,可能开发利用的有70多亿千瓦,相当于目前全世界发电能力的十几倍。更可贵的是这类新能源具有可以再生和无污染的特点,在人类未来的能源供应中有重大意义。此外,在陆地空间日益拥挤的世界,

浩瀚的海洋空间正引起人们越来越大的兴趣，除了传统上作为海上通道之外，工程师们正在开拓新的利用领域，包括建设海上城市、海上机场、海底隧道、海上桥梁、海底仓库、海洋公园等等，可以利用领域极其广阔。

人类开发利用海洋由来已久，从原始社会的海滩拾贝和近岸捕鱼，到今天应用高科技进行海洋开发，经历了几千年的历史。但是，过去很长时期，人们开发利用海洋主要限于“兴渔盐之利，行舟楫之便”，即进行传统的海洋渔业、盐业和海运业开发。本世纪60年代以来，随着现代科学技术进步和对海洋资源的不断发现，海洋开发进入了一个新时期。在这个时期，海洋开发区域由海岸带逐渐向外海和大洋推进，海洋开发规模和领域不断扩大，除了传统的渔业、盐业和海运业之外，又开发了许多新的领域，如海洋油气、海水增养殖、滨海旅游、滨海砂矿、海水淡化、海洋化工等，都形成了一定生产规模。据不完全统计，1980年世界海洋开发总产值约为2500亿美元，1990年已增加到5000亿美元左右，海洋开发已成为世界经济的重要组成部分。有关专家推测，到2000年世界海洋开发总产值有可能突破万亿美元大关。有人甚至预言，到21世纪中叶，世界将全面进入海洋经济时代。21世纪是海洋开发新世纪。

海洋油气开发是近几十年兴起的新的海洋产业，发展迅速，已成为当代海洋开发的龙头。迄今全世界有100多个国家或地区从事海洋油气勘探开发，区域遍布除南极以外的世界各个近海，已发现主要油气田580多个，主要分布在北海、波斯湾、墨西哥湾、东南亚近海以及西非近海等许多海域。正在勘探开采的石油平台有6500多座。1989年世界海上石油产量达7.42亿吨，天然气3078.1亿米³，分别占世界油气总产量的25%和20%，其产值占世界海洋开发总产值的一半以上。

海洋渔业是最早开发的传统产业之一，至今有上千年的历史了。目前开发程度很高，世界各国每年从海洋中捕捞的水产品已达8000多万吨。另外，为了满足对水产品日益增长的需要，人们正在开展一场“蓝色革命”，要把传统的守猎式渔业转变为农牧式渔

业,大力发展海水增养殖业。因此,近年来海水养殖业发展很快,海产品养殖产量已达600万吨,养殖品种已从早期的藻类向虾、贝类和鱼类发展;而且仍保持着迅速增长的势头。

在海洋空间利用方面,传统的港口开发和海运仍是主体,目前全世界沿海建有较大海港 3000 多个,年货物吞吐量达 50 亿吨以上;国际货物流通的90%依靠海洋运输,年产值达1000多亿美元,是海洋开发的第二大产业。另外,近年来新的海洋空间利用层出不穷,特别是一些国土狭小的国家正积极向海洋延伸,在海洋上建设各种生产、生活、娱乐设施,创造了一些世界奇迹。60年代末,日本建设的神户人工岛,可以说是目前世界上最大的一座海上城市。该人工岛建在神户市南方海域,面积436万米²,岛上建有饭店、商场、博物馆、游泳场、医院、学校、公园、休闲娱乐场、服务中心以及6000套住宅等,并有一条高速电车与神户市相连,具备了一座现代化城市应有的设施和功能。1985年,日本建成了一条世界上最长的海底隧道,把北海道和本州两个大岛连接起来,使两地交通由过去的4个半小时缩短到20分钟。该隧道长53.85公里,建在海底之下100米深处,工程浩大而艰难,整个工程花了21年时间才完成,被誉为世界海洋开发的一大奇迹。随后不久,英法开始联合开发英吉利海峡的海底隧道,并于1990年10月打通。这条新隧道的长度为53公里,建在海底之下40米处。在中东、沙特阿拉伯和巴林之间建成一座长25公里的跨海公路大桥,日通车量可达2.7万辆。至于开发海洋娱乐设施就更多了,全世界已经建设的海洋公园有200多个,仅娱乐钓鱼一项每年收入就达280多亿美元。

海水资源利用也是目前海洋开发的一个重要领域,除了利用海水大量生产海盐及其副产品之外,海水本身的利用也取得很大进展。海水淡化工业在干旱的中东地区已很发达,如沙特阿拉伯、科威特等国,主要依靠海水淡化提供水源。沙特现在全国有20多个海水淡化工厂,日产20多亿米³淡水,是世界上最大的海水淡化生产国。另一方面,海水的直接利用也在许多发达沿海国家展开,主要用于工业冷却,如日本、美国、英国、意大利等国沿海城市,

其工业用水中直接利用海水的已占40%以上，最高的达60%。此外，许多国家还在积极开发海洋再生能源，其中潮汐能发电已进入商业性开发，在法国、原苏联、加拿大和我国都已建成一些中小型潮汐发电站。

二、海洋开发与海洋高技术

如上所述，海洋是富饶的，它可以为人类提供食物、能源、矿物、水源、化工原料以至广阔的空间。当代社会面临的一些主要问题，几乎都可以从海洋找到出路，海洋为人类的生存与发展提供了一个巨大的机会。但是，由于海洋水深浪大，永远处于动荡不安的状况，环境险恶，开发利用十分困难，因此在某种意义上讲“下海”比“上天”还难。

下海难，首先难在——是一个水深、缺氧、高压的严酷世界，人们难以进入。大家知道，世界海洋平均水深4000米，最深的地方超过10000米，素有世界屋脊之称的喜马拉雅山高度为8848米，如果把它放到那里也露不出水面。而且，海洋中没有空气，海水的压力很大，海洋中深度每增加10米就要增加101千帕，若以平均水深4000米计算，那里的压力是地面上的400倍，可以轻而易举地把人压成肉饼。在这样严酷的环境条件下，不用说人难以生存，许多海洋生物也无法进入。1963年，美国“长尾鲨”号潜艇在大西洋进行潜航试验，当它潜入450米的设计深度时，突然发生了事故，不幸沉没于2500米深的洋底。潜艇因顶不住巨大的海水压力而破裂，当时的潜水救护技术不超过200米，故人们对此束手无策，无法援救，^①致使潜艇上的乘员全部牺牲。这个悲剧在美国引起极大的震动，使人们深刻认识到海洋的严酷和海洋开发的艰难，也促使美国政府下决心进行征服海洋深度的技术投入，开始实施世界上第一个海洋高技术计划——“深潜计划”。几年之后，美国相继制造出“阿尔文”号、“阿鲁明纳”号、“富兰克林”号等几艘深潜器，把间接潜水作业深度推进到3000米。无巧不成书，这些深潜器刚

问世不久,便派上了用场,创造了奇迹。1966年,美国一架战略轰炸机在西班牙附近海域失落一枚氢弹,虽然当时没有爆炸,然而将来一旦发生爆炸或者发生核泄漏,后果不堪设想。因此,引起邻近国家一片惊慌,要求美国及时排除险情。但是,该海域水深达2000多米,要在广大海域范围内寻找一颗小小炸弹是不折不扣的“大海捞针”,任何常规救助手段只能对此“望洋兴叹”。这时美国决定让新造的“阿尔文”号深潜器出马上阵,于是它经过34次反复潜水,累计在水下工作200多个小时,终于找到了这枚核弹,第一次显示了深潜高科技的神通广大。后来美国又继续开发更深的潜水器,近几年已经制造出6000米级深潜器,使间接潜水作业深度能力扩大到世界海洋的90%的区域。

海洋不但水深,而且“无风三尺浪”,永运动荡不定,有时还会出现狂风巨浪,人们在海洋上观测到的最大海浪高达30多米。巨浪有极大的破坏力。1962年,一艘远洋货轮在大西洋上遇到风暴,巨浪把海轮抬空数米高后又摔了下来,把该船拦腰折断。1983年10月26日,在我国南海作业的美国“爪哇海”号石油平台被8.5米高的狂浪摧毁,平台上的工作人员全部遇难,经济损失巨大。所以海洋开发风险很大,需要有与海洋特殊环境条件相适应的开发技术能力,而这种技术既不能搬用陆地上的现有技术,也不能用陆地技术进行简单改造,必须进行新的开拓。以海上油气开发技术为例,为了避免或减小风浪的影响,人们绞尽了脑汁,设计建设各种能适应海洋环境的开发平台。有一种自升式石油平台,它犹如一座活动的建筑物,平台上建造有钻井架、有关设施和几根可以升降的桩腿,把平台拖到指定海区后,通过升降机放下桩腿,插入海底,再把平台甲板升起到离开海面一定高度,然后进行钻井作业;作业完毕收起桩腿,转移到别的海区,这样作业不受海浪影响,遇有风暴时可以及时转移。还有一种半潜式钻井平台,它由平台甲板和沉箱两大部分组成,甲板架在沉箱之上,由导管架相连接,平时沉箱浮在水面,好象一艘双体船。把它拖航到作业地点后,往沉箱内注海水,使之下沉到水下,平台甲板暴露在水面,然后抛锚定位,进行作