高等院校海洋专业规划教材

海洋技术基础

Fundamentals of Ocean Technology

陈　鹰 | 主编
连　琏　黄豪彩　杨灿军　宋金宝 | 副主编



海洋出版社

需要全本请访问 www.ertongbook.com

高等院校海洋专业规划教材

海洋技术基础

Fundamentals of Ocean Technology

陈　鹰 | 主编
连　琏　黄豪彩　杨灿军　宋金宝 | 副主编

海洋出版社
2018年·北京

内 容 简 介

本书作为海洋技术专业教材，立足于面向海洋观测的海洋技术，旨在引导读者从海洋观测的角度认识海洋技术的定义与范畴，掌握海洋观测的基本组成部分——传感器技术、采样技术、通用的水下载体技术（主要是潜水器技术）和海洋观测技术等方面的海洋技术知识。

主要内容：本书共分6章，从海洋技术的定义、分类和发展趋势等讲起，重点介绍海洋技术涉及的声光电等基础知识、海洋传感器技术以及海洋探测技术、海洋采样技术、支撑海洋观测作业的重要载体——潜水器技术，并在此基础上探讨海洋观测技术及其应用，包括遥感技术和海底观测网络技术等。

本书特色：本书结构安排合理，内容叙述详略得当，语言通俗易懂；编写团队权威，由海洋技术领域的知名专家领衔，集合海洋技术领域众多专家共同编写成书。

适用范围：本书作为海洋技术专业教材，主要面向高等院校海洋工程与技术、海洋技术、海洋科学、海洋资源与环境以及船舶与海洋工程等相关专业的本科生，同时也可供从事海洋技术研究开发的相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

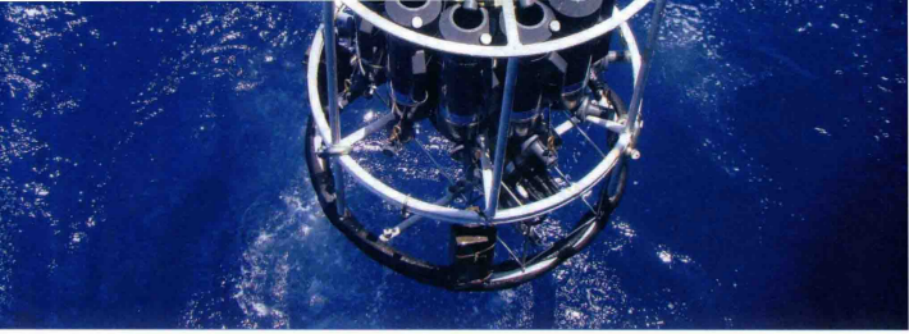
海洋技术基础 / 陈鹰主编. —北京：海洋出版社，2018.3
ISBN 978-7-5210-0030-6
Ⅰ. ①海… Ⅱ. ①陈… Ⅲ. ①海洋学 Ⅳ. ①P7

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第018275号

责任编辑：郑跟娣
责任印制：赵麟苏
出版发行：海洋出版社
网　　址：www.oceanpress.com.cn
地　　址：北京市海淀区大慧寺路 8 号
邮　　编：100081
开　　本：787mm × 1092mm 1/16
字　　数：360 千字

发 行 部：010-62132549　010-68038093
总 编 室：010-62114335
编 辑 室：010-62100961
承　　印：北京朝阳印刷厂有限责任公司
版　　次：2018 年 3 月第 1 版
印　　次：2018 年 3 月第 1 次印刷
印　　张：18.5
定　　价：62.00 元

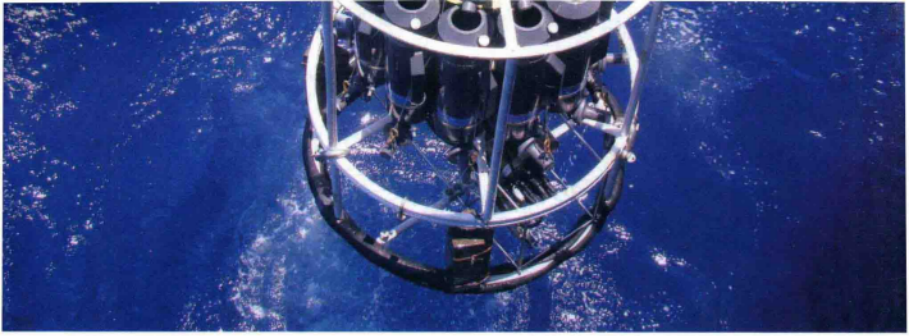
本书如有印、装质量问题可与本社发行部联系调换
本社教材出版中心诚征教材选题及优秀作者，邮件发至 hyjccb@sina.com



高等院校海洋专业规划教材
指导委员会成员单位

（排名不分先后）

中国海洋大学
同济大学
浙江大学
厦门大学
河海大学
宁波大学
中国地质大学
大连海事大学
大连海洋大学
上海海洋大学
南京信息工程大学
浙江海洋大学
广东海洋大学



高等院校海洋专业规划教材
审定委员会

主　任：潘德炉

副主任：吴立新　焦念志

委　员（按姓氏笔画排序）：

司玉琢　严小军　苏　新　连　琏　何宜军　张日向

陈　鹰　赵美训　贾　宇　高　抒　黄硕琳　常亚青

简纪常　蔺知滔

《海洋技术基础》编写委员会

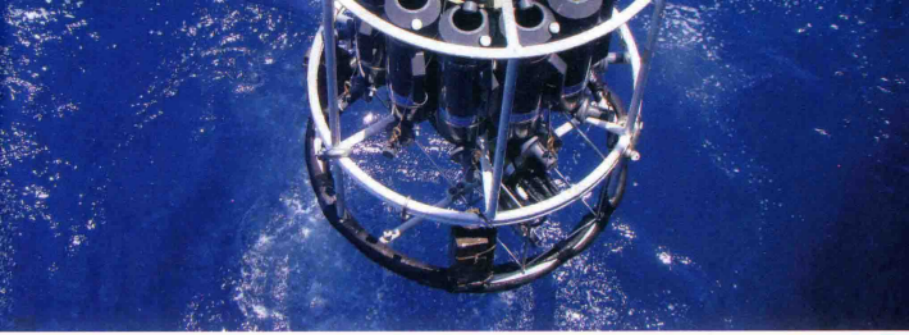
主　编：陈　鹰

副主编：连　琏　黄豪彩　杨灿军　宋金宝

参加编写者：毛志华　高金耀　崔维成　李　硕　王树新

瞿逢重　宋　宏　贺双颜　章雪挺

需要全本请访问 www.ertongbook.com



序　言

从太空俯瞰地球，蔚蓝色的海洋装扮着我们这个美丽的星球。海洋作为地球生命的重要支撑系统，孕育了生命，成就了人类。海洋之于我们人类，是潜力巨大的资源宝库，是生存和发展的战略空间，也是竞争与合作的重要舞台。党的十八大报告提出，提高海洋资源开发能力，发展海洋经济，保护海洋生态环境，坚决维护国家海洋权益，建设海洋强国。习近平总书记在主持中共中央政治局第八次集体学习时强调指出，海洋在国家经济发展格局和对外开放中的作用更加重要，在维护国家主权、安全、发展利益中的地位更加突出，在国家生态文明建设中的角色更加显著，在国际政治、经济、军事、科技竞争中的战略地位也明显上升。要进一步关心海洋、认识海洋、经略海洋，推动我国海洋强国建设不断取得新成就。

建设海洋强国和实施“一带一路”倡议，需要规模宏大、素质优良的海洋人才队伍，这是发展海洋事业的基础，也是建设海洋强国和实施“一带一路”的根本保证。高等院校是我国高层次海洋人才培养的摇篮，在海洋人才队伍建设中的作用至关重要。为组织汇聚海洋教育力量，提升海洋教育水平，促进海洋学科建设，国家海洋局自2010年开始，先后与教育部、地方政府共建了北京大学、清华大学等31所重点涉海院校，支持涉海高校及其涉海院系的建设和发展，充分发挥涉海高校在海洋人才培养方面的基础性作用。共建工作得到了中央领导同志专门批示，对推动我国海洋教育发展，促进海洋人才培养，加快海洋人才队伍建设，深化海洋领域产学研合作，发挥了重要作用。

发展海洋高等教育，教材编制是基础工作。高等学校教材既是体现教学内容和教学方法的知识载体，也是深化教学改革、提高教学质量的重要保证。

同时，又是学校教学、科研水平及其成果的重要反映，是国家科学、文化和技术发展水平的标志之一。编制出版优质的海洋教材，对发展我国海洋高等教育事业及促进海洋人才培养有着重要的作用和意义。为此，我们专门组织共建高校和专家学者召开了高校海洋教材建设座谈会，并根据专家学者的建议，确定了组织、优选有关高校发挥各自所长，由院士、著名教授领衔，老中青相结合编制教材和引进、翻译出版国外经典教材的高校海洋教材建设体系。

本套高等院校海洋专业规划教材是深入贯彻落实高校共建协议，充分发挥海洋行业部门指导涉海高校发展海洋教育、加快海洋人才培养而推动开展的一项重要海洋教育任务。

编制教材工作自2014年10月启动以来，国家海洋局、教育部、中国科学院等系统的海洋科学领域的一大批院士、知名学者，历时3年之久编写了这套高水平海洋教材。为使本套教材更好地为海洋人才战略需求和海洋教育服务，更符合海洋教育课程标准和教学体系，更贴近本科教学实际，更适合本科学生使用，我们在编写队伍组建、大纲编写、书稿撰写等阶段提出具体要求，指导教材编写工作顺利实施。每本教材都由海洋领域的院士、知名专家牵头，成员包含研究院所、高校一线教师等，使得每本教材的编写水平起点高，既能反映用人单位的人才知识需求导向，又能紧密契合学校课堂教学实际需求。在书稿编写工作实施前，由各主编首先编制编写大纲，我们组织专家对大纲评审。大纲评审通过后，主编严格依照评审大纲组织团队编写。书稿编写完成后，又邀请该领域的专家、一线授课教师、部分学生代表对书稿进行试读，将试读建议及时反馈给各位主编，供各位主编修改完善书稿。在严格、规范的要求下，这套教材终于顺利出版、服务海洋教育了。

引进出版国外经典海洋教材的工作也在有条不紊地开展。我们相信，在社会各界的大力支持下，这套高等院校海洋专业规划教材将发挥越来越重要的作用。

高等院校海洋专业规划教材
指导委员会
2017年3月



前　言

2014 年 10 月 22 日，国家海洋局人事司在北京组织召开了海洋科学专业教材开发建设工作会议。会上决定组织国内相关学者编写海洋相关专业教材，《海洋技术基础》是该系列教材之一。《海洋技术基础》教材历经三年多时间，终于脱稿付梓了。这本教材，是在国家海洋局的领导和布局之下，由浙江大学协同全国海洋技术领域的相关学者共同编制完成的。该教材面向海洋工程与技术、海洋技术、海洋科学、海洋资源与环境以及船舶与海洋工程等相关专业的本科教学工作，同时也可供从事海洋技术研究开发的研究生和工程技术人员参考。

我们在组织撰写这本教材时，首先要做的工作是明确“海洋技术”的定义与范畴。在国内多次相关会议上，教材编写小组成员与国内同行学者反复研讨“海洋技术”的定义与范畴，并结合目前许多高校讲授海洋技术知识的需求，提出了“海洋技术”的一种狭义定义，那就是面向海洋观测的海洋技术，并以此作为出发点，编写了这本教材。海洋观测，是海洋科学和海洋工程一切活动的基础，非常重要。面向海洋观测的海洋技术，是“海洋技术”的一个子集，也是我国许多高校涉海本科专业比较侧重的方向。基于这个定义，我们在讲授海洋技术相关基础知识的前提下，选择了海洋观测的基本组成部分——传感器技术、采样技术、通用的水下载体技术（主要是潜水器技术）和海洋观测技术这几个方面的知识，作为本教材的重点内容。

本教材共分 6 章，书后附有 4 个相关的课堂实验。第 1 章阐述海洋技术的定义、分类和发展趋势等内容；第 2 章讲授海洋技术基础，讨论声、光、电、磁等在海洋中的物理特征；第 3 章讨论海洋传感器技术以及海洋探测技术；第 4 章介绍海洋间接观测中经常用到的手段——满足不同需求的各种海洋采样技术；第 5 章对支撑海洋观测作业的重要载体——潜水器技术进行介绍，并研讨搭载各种不同潜水器的海洋观测方式；第 6 章讨论海洋观测技术及其应用，包

括遥感技术和海底观测网络技术等。通过本教材的教学，我们期望涉海专业的本科学生，能够了解海洋技术的定义与范畴，认识海洋观测的一些基础知识，掌握海洋采样技术、海洋传感器技术、海洋探测技术、潜水器技术及海洋观测技术等方面的基本知识和海洋观测的应用知识。在每一章节中，我们将重点放在相关技术内容的定义与范畴的阐述，各技术基本内容的讨论，并给出其发展趋势。在每章的后面，都给出了一些思考题和参考文献，以便学生在课外加强对海洋技术知识的深入学习。我们也尽可能多地把国内海洋技术领域的最新研究工作和成果糅合在教材里面，让读者能够更多地了解到海洋技术领域的最新研究进展。希望通过学习本教材，学生能够掌握所学到的相关知识，在将来的工作岗位上，开展海洋技术与装备的研究与开发等实际工作。

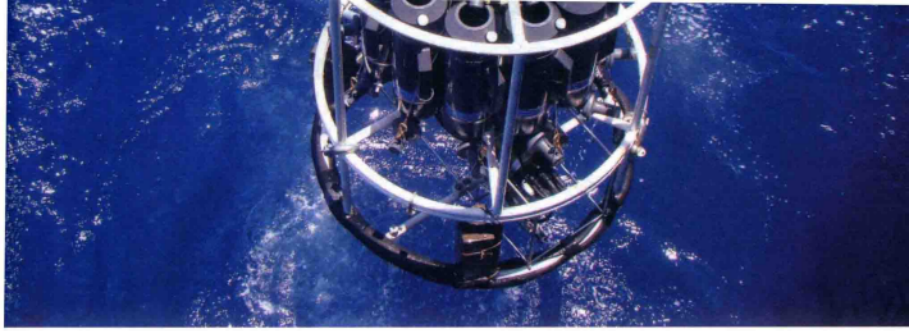
全书由陈鹰负责内容框架设计。同时，陈鹰撰写了第1章和第6章；宋金宝、黄豪彩撰写了第2章；杨灿军撰写了第3章，并参与了对教材的整体安排工作；黄豪彩撰写了第4章；连琏撰写了第5章。最后，由陈鹰进行全书统稿，黄豪彩协助完成统稿和格式规范化工作。国内许多学者，如毛志华、高金耀、崔维成、李硕、王树新、瞿逢重、宋宏、贺双颜、章雪挺等，都参与了教材的编写。在本教材编写过程中，得到了苏纪兰、潘德炉、吴立新、戴民汉、翁知缯、刘保华、徐文、林明森等学者的指导和帮助。同时，在海洋技术与装备的研究与开发中，得到了浙江大学张大海、樊炜、陈家旺、黄慧、王杭州、陈刚、韩军、孙贵青、冀大雄、徐敬、陈振纬、司玉林、金波、李德骏、李世伦、吴世军、陈燕虎等诸同事的帮助与启迪，对本书的撰写不无裨益，在此表示感谢！

浙江大学海洋学院办公室的姜书博士参与了本教材的文字编辑工作，浙江大学海洋工程与技术研究所的部分研究生参与了基础材料数据的收集工作。海洋出版社的郑跟娣编辑对本教材的编写工作给予了莫大的支持与帮助，在此一并致谢。

海洋技术作为一门学科才刚刚兴起，还不够成熟，社会亟需且发展迅猛，譬如对海洋技术的定义与范畴划定，在学术上就存在着不同看法。同时，囿于作者知识范围与学术水平以及总是不能有充分的写作时间，书中难免出现偏差和错误。恳请各位读者能够帮助发现和指出问题，共同修改和完善这本教材，一起完成海洋技术学科的建构工作，推动我国海洋事业的发展。

陈　鹰

2017年5月于浙大舟山校区海工楼



目 录

第1章 绪 论







1.1 海洋技术的定义与范畴……2
1.1.1 海洋技术的基本概念……2
1.1.2 海洋技术的研究范畴……4
1.1.3 海洋技术的特点与分类……5
1.1.4 海洋技术与海洋工程的关系……6
1.2 海洋技术的发展……8
1.2.1 海洋技术的发展历史……8
1.2.2 国内外海洋技术发展现状……12
1.2.3 海洋技术发展趋势……15
1.3 发展海洋技术的意义……18
1.3.1 促进海洋科学研究……18
1.3.2 海洋资源开发利用……19
1.3.3 海洋生态环境保护……20
1.3.4 海洋权益维护……21
1.4 小结……21
思考题……22
参考文献……22

第 2 章　海洋技术基础知识

2.1　海洋学基础……26
2.1.1　物理海洋学……26
2.1.2　海洋地质与地球物理学……28
2.1.3　海洋化学……30
2.1.4　海洋生物与生态……33
2.2　水下声学基础……34
2.2.1　水下声学发展概况……35
2.2.2　水声学基本概念……37
2.2.3　水下声学器件及应用……38
2.3　水下光学基础……39
2.3.1　光学基本知识……40
2.3.2　水下光学基本概念……44
2.3.3　水下光学器件及应用……48
2.4　海洋电磁学基础……50
2.4.1　海洋电磁学基本知识……51
2.4.2　海洋电磁法原理……57
2.4.3　海洋电磁法应用实例……59
2.5　小结……61
思考题……61
参考文献……63

第 3 章　海洋传感与探测技术

3.1　海洋传感基本原理与方法……66
3.1.1　传感基本原理……66
3.1.2　水声传感技术……66
3.1.3　水下光学传感技术……71
3.1.4　水下电磁传感技术……73



需要全本请访问 www.ertongbook.com



3.2 海洋探测基本原理与方法……76
3.2.1 海洋物理探测技术……76
3.2.2 海洋化学探测技术……78
3.2.3 海洋生物探测技术……80
3.2.4 地质与地球物理探测技术……83
3.3 海洋传感器集成技术……100
3.3.1 传感器系统集成……101
3.3.2 多传感器系统集成……101
3.3.3 传感器数据集成……102
3.3.4 传感器系统集成范例……102
3.4 海洋探测技术应用实例……105
3.4.1 海洋化学信息探测……105
3.4.2 地球物理信息探测……106
3.4.3 海洋生物信息探测……107
3.4.4 海洋物理信息探测……108
3.5 小结……109
思考题……110
参考文献……110

第 4 章 海洋采样技术

4.1 海洋采样技术概述……114
4.1.1 海洋采样技术的定义与分类……114
4.1.2 海洋采样的目标和要求……114
4.1.3 海洋采样的一般过程……114
4.2 水质采样技术……115
4.2.1 水质采样器的主要技术要求……115
4.2.2 海水采样技术……115
4.2.3 热液（冷泉）采样技术……125
4.2.4 孔隙水采样技术……130
4.3 底泥采样技术……132











4.3.1 拖网……132
4.3.2 抓斗……132
4.3.3 箱式采泥器……133
4.4 沉积物采样技术……133
4.4.1 柱状采样器……133
4.4.2 自返式重力采样器……134
4.4.3 重力式沉积物保真采样器……134
4.5 生物采样技术……135
4.5.1 浮游生物采样器……135
4.5.2 底栖生物采样器……136
4.5.3 微生物采样器……136
4.5.4 附着生物采样器……137
4.5.5 其他生物采样器……137
4.6 岩石采样技术……137
4.7 海洋采样技术举例——IODP 计划……138
4.8 海洋采样技术发展趋势……140
4.9 小结……140
思考题……140
参考文献……141

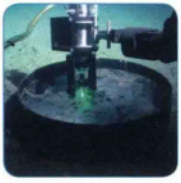
第 5 章 潜水器技术

5.1 潜水器技术基础……144
5.1.1 潜水器的定义……144
5.1.2 潜水器的分类及用途……144
5.2 无人遥控潜水器技术……147
5.2.1 无人遥控潜水器概述……147
5.2.2 无人遥控潜水器系统和关键技术……151
5.2.3 几种典型无人遥控潜水器及应用……163
5.3 自主式潜水器技术……170
5.3.1 自主式潜水器的基本概念……170

5.3.2 自主式潜水器的研究现状……171
5.3.3 自主式潜水器的分类……176
5.3.4 自主式潜水器的特点……177
5.3.5 自主式潜水器的系统组成……177
5.3.6 自主式潜水器的应用……178
5.4 载人深潜器技术……179
5.4.1 载人深潜器发展简史……180
5.4.2 载人深潜器关键技术……184
5.4.3 载人深潜器重要应用成果举例……187
5.5 水下滑翔机技术……192
5.5.1 水下滑翔机工作原理……192
5.5.2 水下滑翔机的系统构成……193
5.5.3 水下滑翔机关键技术……194
5.6 混合式潜水器技术……208
5.6.1 基本概念……208
5.6.2 混合式潜水器研究现状……208
5.6.3 混合式潜水器的特点……214
5.6.4 混合式潜水器的应用……215
5.7 小结……216
思考题……216
参考文献……217







第 6 章 海洋观测技术



6.1 海洋观测的基本概念……220
6.1.1 海洋观测的定义……220
6.1.2 海洋观测技术的作用……221
6.1.3 海洋观测技术的分类……222
6.1.4 海洋观测技术的实现……224
6.2 定点式海洋观测技术……227
6.2.1 固定浮标观测技术……227









6.2.2 海洋观测链技术……231
6.2.3 海洋观测站技术……233
6.3 移动式海洋观测技术……236
6.3.1 漂流浮标观测技术……237
6.3.2 基于潜水器的观测技术……243
6.4 海底观测网络技术……249
6.5 海洋遥感观测技术……251
6.5.1 海洋遥感的定义及基本原理……251
6.5.2 海洋遥感观测应用技术……262
6.6 小结……268
思考题……268
参考文献……269

附录：课堂实验

实验一 光在水流中的全反射……274
实验二 CTD 测定海水的温度和盐度……275
实验三 海水 pH 值及溶解氧含量测量……278
实验四 无人遥控潜水器操作……280
参考文献……282

第1章

绪 论

教学目标

1. 掌握海洋技术的定义、分类及其范畴。
2. 了解海洋技术与海洋工程的关系。
3. 了解海洋技术发展史。
4. 了解发展海洋技术的重要意义。

随着人类科技的进步与文明的发展，人们对海洋的兴趣日益增加。14世纪末开始的、以西方国家为代表的地理大发现，揭开了人类对海洋大规模探索的序幕。600多年过去了，人类对海洋已经有了比较多的了解，发现海洋、管控海洋、开发海洋、经略海洋，是每一个世界海洋强国的重要举措，也是一个国家走向富强的必选项。海洋科学技术是一个国家、一个民族认识海洋、开发海洋的重要支撑。目前，许多高校新开设了涉海专业，包括海洋科学类专业和海洋工程类专业。这些专业，都需要学习海洋技术知识。本章作为全书的基础，主要介绍海洋技术的定义、范畴、发展历史及意义。学生通过本章内容的学习，将对海洋技术有一个整体性了解，掌握海洋技术的确切定义，清楚地理解海洋技术与海洋工程的关系，深入了解海洋技术发展的历史和发展海洋技术的意义，为后续章节的学习打下坚实基础。

1.1 海洋技术的定义与范畴

人类历史上，很早就有征服海洋、利用海洋和开发海洋的记载。譬如古代航海技术，为人类通往外部世界，加强交流，了解世界，提供了有效的工具，推动了人类文明的进步。在人类活动中，对海洋的认识是从海面开始的，然后深入水下，直至海底。因此，海洋技术的发展，也是自水面至水下，到海底。在现代科技世界中，海洋工程活动比比皆是，海洋技术在支撑形形色色的海洋工程活动中，发挥着巨大的作用。然而，学术界对海洋技术的定义及其范畴，莫衷一是。在这个章节中，我们将针对海洋技术的定义和范畴，展开较为系统的讨论。

1.1.1 海洋技术的基本概念

学习海洋技术，首先要了解海洋技术的定义。

1）技术的定义

人类的生活与活动离不开技术。技术是解决问题的方法及原理，是指人们利用现有事物形成新事物，或是改变现有事物的功能和性能的方法。根据技术本身的特征，归纳起来，技术主要不外乎以下 3 种定义。

（1）技术是工具或手段，即认为技术是“人类实践活动中所使用的工具或者手段”，这是最直观的认识。

（2）技术是方法或者是关于方法的知识，即认为技术是“在一切人类活动领域中通过理性得到的就特定发展状况来说，具有绝对有效性的各种方法的整体”。或者说“技术是一种关于‘怎么做’的知识体系”。

（3）技术是技能、方法、手段、工具和知识的某种组合或总和，即技术是为某一目的共同协作组成的各种方法、工具和规则的体系。或者称技术是“人类能够按照自己意愿的方向来利用自然界所储存的大量原料和能量的技能、本领、手段及知识的总和”。

第三种定义是前两种定义的综合，比较全面一些。

2）海洋技术的定义

毋庸置疑，海洋技术是支撑海洋工程和开展海洋科学研究的基础。在英文

需要全本请访问 www.ertongbook.com