



“十三五”国家重点出版物出版规划项目

“海上丝绸之路”可再生能源研究及大数据建设

海上丝绸之路

大数据指挥与控制

胡志强 著



Sea Command and Control
in the Era of Big Data



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

内 容 简 介

本书以海洋活动为背景,从理论基础、体系架构、技术应用等不同的角度将大数据理论和技术应用于海上指挥与控制领域,阐述了大数据时代海上指挥与控制的内涵和本质,归纳了海洋大数据的特征及几种典型的指挥与控制行动,基于云计算和海洋大数据分析了针对联合作战指挥与控制的功能模型、体系架构、关键技术、活动内容、活动过程、指挥体制和控制机构,分析了基于大数据的海战场管理和火力控制问题,讲解了基于大数据的海上应急救援指挥与控制流程、指挥与控制系统组成,总结了大数据指挥与控制的发展趋势和发展对策。

本书内容丰富、题材新颖,具有较强的创新性,可供指挥与控制领域的专家、学者和科研人员,特别是与海洋活动指挥与控制相关的科研院所、部队、军事院校、海警院校研究参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

海上丝绸之路大数据指挥与控制/胡志强著. —北京:电子工业出版社, 2020.12

(“海上丝绸之路”可再生能源研究及大数据建设)

ISBN 978-7-121-40187-9

I. ①海… II. ①胡… III. ①数据处理—应用—海上运输—交通运输管理—研究
IV. ①F550.72-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2020)第245109号

责任编辑:张楠

印刷:天津嘉恒印务有限公司

装订:天津嘉恒印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

开本:720×1000 1/16 印张:14.5 字数:209千字

版次:2020年12月第1版

印次:2020年12月第1次印刷

定价:69.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zllts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010)88254579。

丛书编委会

丛书主编：宋君强

丛书副主编：笄良龙 张 韧 刘永前 褚景春

丛书编委：杨理智 钱龙霞 白成祖 黎 鑫

洪 梅 李 明 刘科峰 葛珊珊

郝志男 胡志强 韩 爽 阎 洁

葛铭纬 李 莉 孟 航

作者简介



胡志强，中国船舶集团公司研究员、中国海洋学会高级会员、中国指挥与控制学会海上指挥控制专业委员会委员，先后从事舰船综合电子信息系统系泊与航行试验工作、海用指挥与控制系统及海上大数据指挥与控制理论研究工作，发表学术论文 20 余篇，出版专著 3 部，承担预研课题 1 项，获江南造船集团“专项工程奖”一项，立“三等功”一次。

前 言

海洋既是生命的摇篮，也是世界经济发展的摇篮。由于技术的进步、经济贸易的需求和地缘政治的竞争，海洋正在成为世界各国互相争夺、积极开拓的空间，也成为大数据激增的人类活动领域。

我国“海上丝绸之路”的建设和维护迫切需要海上基地、航运保护、应急救援、海上联合作战等方面的指挥与控制。这是一个包括复杂地缘政治关系、军事和非军事行动、高科技、系统体系对抗，以及气象、地理、水文知识等在內的人类组织活动。其核心是大数据指挥与控制。

目前，很多海洋大国正在不断加强对云计算、任务式指挥辅助决策和人工智能等重点领域的研究，围绕大数据进行作战指挥信息系统的建设，加快全域信息的利用和流转，构建“从数据到决策”的能力体系，发展以数据（认知）为中心的大数据指挥与控制系统。

大数据起源于商业、互联网和金融等领域。随着信息技术、物联网、移动终端、电子商务、虚拟社区等的不断发展及其向各领域的渗透，世界开启了数据急速增长的闸门。大数据技术以一种前所未有的方式，通过对海量数据进行分析，可获得有巨大价值的产品、服务或深刻的洞见。随着大数据技术的发展，数据像材料和能源一样成为一种战略资源，日益受到人们的广泛关注。如何利用大数据挖掘知识、促进创新、提升效益，使其为国防安全、政府管理、企业决策，乃至为个人生活服务，是世界各国追求的目标。例如，2012年3月29

日，美国白宫网站发布了《大数据研究与发展倡议》，并正式宣布成立大数据高级指导小组，标志着美国开始把应对大数据技术革命带来的机遇和挑战提高到了国家战略层面。随后，美国 6 个联邦部门和机构承诺投入超过 2 亿美元的资金，用于研发“从海量数据信息中获取知识所必需的工具和智能”。2012 年 5 月，我国组织召开了题为“大数据科学与工程——一门新兴交叉学科”的第 424 次香山科学会议。这是我国第一个以“大数据”为主题的重大科学工作会议。中国计算机学会、中国通信学会分别成立了“大数据专家委员会”，并于 2012 年年底在北京中关村成立了相应的大数据产业联盟。由此可以看出，发展大数据科学与技术已成为我国的重大战略规划之一。

近年来，大数据技术在商业、金融、社会管理、智慧城市、智能交通、疾病预防等领域得到了广泛应用，并取得了显著的成绩。在国防军事领域，自 20 世纪 50 年代美军成功研制 SAGE 半自动化防空指挥与控制系统以来，指挥与控制系统发展迅猛，从最初的 C^2 系统，逐步发展到 C^3 系统、 C^3I 系统、 C^4I 系统、 C^4ISR 系统和 C^4KISR 系统，从最初的以指挥为中心发展到以通信和情报为中心、以一体化 C^4ISR 为中心，并于 20 世纪末开始在信息基础设施层面建立全球信息栅格（GIG），试图通过层次化和开放的面向服务的作战体系（SOCA）收集、处理、存储、分发各种情报、信息和数据，高效地向全球各地作战人员、决策人员和后勤保障人员提供情报、信息和数据，以夺取作战优势。在这一连串的嬗变过程中，传统的指挥与控制正在面临信息量增长、信息种类繁多、实时处理要求提高等重大挑战。

海洋事务的国际化 and 海洋活动固有的敏感性决定了在海洋活动的过程中，必须提升对国际形势、国内外政治、国内外经济、国内外文化和国内外舆论的广泛关注，必须维持国际组织、非政府组织、社会组织与军队之间的广泛交流和信息共享水平。大数据、云计算、人工智能等技术成为当前国家层面指挥与控制行动的关键。信息的处理速度、目标态势的获取程度、获取知识的能力、

高层次的决策水平、快速响应的时间决定着各种海洋活动的成败。大数据在情报分析、行为认知处理、态势理解、目标识别与跟踪、任务规划、博弈推演等方面具有显著优势。大数据这一互联网领域的研究热点正在将触手延伸到海洋活动和安全军事领域。

当前，在经济、民生、国防等多领域的强烈需求下，大数据、云计算、人工智能等已成为科技研究的热点和重点领域，并和相关领域学科一道形成了一个不断繁荣生长的体系。大数据驱动知识学习、跨媒体协同处理、人机协作增强智能、群体集成智能、自主智能系统成为发展重点。毫无疑问，大数据在这个体系中发挥着核心作用。

本书以“三个世界”理论为基础，将情报、信息和数据从客观物质世界中独立出来，成为客观知识世界的组成部分。大数据不再属于客观物质世界，大数据一经产生，就属于客观知识世界，具有客观性、自主性和相对独立性。对指挥与控制而言，大数据不仅可以辅助指挥与决策，还是客观物质世界指挥与控制的主体，各类系统、平台和设备成为指挥与控制的执行者。在将大数据的认知提升到一个更高层次后，必将深化对大数据时代指挥与控制的认知。

本书从理论基础、体系架构、技术应用等不同的角度将大数据理论和技术应用于海上指挥与控制领域，阐述了大数据时代海上指挥与控制的内涵和本质，归纳了海洋大数据的特征及几种典型的指挥与控制行动，基于云计算和海洋大数据提出了针对联合作战指挥与控制的功能模型、体系架构、关键技术、活动内容、活动过程、指挥体制、控制机构，分析了基于大数据的海战场管理和火力控制问题，讲述了基于大数据的海上应急救援内容和特点、指挥与控制流程、指挥与控制系统组成，总结了未来以数据为中心开展大数据指挥与控制的发展趋势和发展对策。

迄今，人类的认知和实践都可以归结为对数据的搜索、处理、挖掘和创新。计算资源的集中化和虚拟化、任务系统的服务化和智能化是各种应用系统的发

展潮流。从软件即服务、平台即服务到基础设施即服务，大数据指挥与控制，特别是在移动、复杂对抗环境下的大数据指挥与控制的基础还比较薄弱。幸运的是，大数据指挥与控制是一个不断演化的体系。未来，我们还要通过不断构建大数据生态、创建基于社会-技术网络的新型系统能力架构，建立以数据（知识）驱动为核心，面向自然语言理解和图形图像识别的认知计算模型，解决不完全信息环境下的自主决策问题，进一步研究针对突发事件、时敏目标的大数据处理和分析技术，从而逐步完善大数据指挥与控制系统。

未来已来，我们拭目以待！

胡志强

2020年9月

目 录

第 1 章 海洋形势与海洋大数据	1
1.1 海洋形势	1
1.2 一般大数据特征	6
1.2.1 大数据的概念	6
1.2.2 大数据的内涵	7
1.2.3 大数据的特点	8
1.3 海洋大数据特征	10
1.4 海洋大数据类型	19
1.5 大数据在海洋活动中的作用	21
1.5.1 基础层面	23
1.5.2 战略层面	24
1.5.3 战役层面	25
1.5.4 管理层面	26
第 2 章 基于大数据的海上行动指挥与控制基本理论	27
2.1 海上行动的主要特点	28
2.2 基于大数据的海上行动指挥与控制内容	35
2.2.1 指挥与控制的演变	36
2.2.2 大数据指挥与控制的流程	44
2.3 基于大数据的海上行动指挥与控制组织分类和组织模式	48
2.3.1 组织分类	48
2.3.2 组织模式	54

2.4	基于大数据的海上行动指挥与控制网络	57
2.4.1	网络使能系统	57
2.4.2	核心子网	62
2.5	基于大数据的海上行动指挥与控制典型示例	62
2.5.1	防空反导作战的指挥与控制	63
2.5.2	封锁与反封锁作战的指挥与控制	66
2.5.3	登陆与反登陆作战的指挥与控制	68
2.5.4	反潜与驱潜行动的指挥与控制	71
2.5.5	护航与反海盗行动的指挥与控制	74
2.5.6	海上应急救援行动的指挥与控制	76
第3章	基于云计算和海洋大数据的联合作战指挥与控制	79
3.1	云计算	80
3.1.1	云计算概念	80
3.1.2	云计算模型	83
3.2	海洋大数据处理	85
3.2.1	海洋大数据的处理内容和处理要求	86
3.2.2	海洋大数据的处理方式	92
3.2.3	海洋大数据的分发方式	101
3.3	基于云计算和海洋大数据的联合作战指挥与控制功能模型	109
3.3.1	联合作战实体间的关系和互相作用	110
3.3.2	联合作战指挥与控制功能模型	111
3.4	基于云计算和海洋大数据的联合作战指挥与控制体系架构	115
3.4.1	指挥与控制体系逻辑结构	117
3.4.2	指挥与控制体系逻辑结构拓扑与应用	118
3.4.3	指挥与控制体系架构	121
3.5	基于云计算和海洋大数据的联合作战指挥与控制关键技术	126
3.5.1	大数据高速并行处理技术	126
3.5.2	大数据态势认知和综合深度推理技术	127
3.5.3	大数据智能决策分析技术	128

3.5.4	高速/大容量/自适应网络通信技术	130
3.5.5	嵌入式/平行仿真与可视化技术	130
3.5.6	实时大数据安全技术	131
3.6	基于云计算和海洋大数据的联合作战指挥与控制活动内容	131
3.7	基于云计算和海洋大数据的联合作战指挥与控制活动过程	138
3.7.1	大数据收集	138
3.7.2	大数据预测与决策	139
3.7.3	大数据推演与评估	140
3.7.4	人工计划	140
3.7.5	协调与管理	141
3.8	基于云计算和海洋大数据的指挥体制与控制机构	141
3.8.1	以海洋大数据为中心的指挥体制	142
3.8.2	以云计算为中心的控制机构	146
第 4 章	基于大数据的海战场管理与火力控制	149
4.1	作战时空	149
4.1.1	作战时空的概念	150
4.1.2	作战时空的一致性	151
4.2	海战场空间管理	153
4.2.1	海战场空间的组成	154
4.2.2	海战场空间的态势控制	156
4.2.3	海战场空间的态势控制方法	162
4.3	海战场资源管理	164
4.4	云火力控制	167
4.4.1	云火力控制概念	168
4.4.2	云火力控制系统	170
4.4.3	云火力控制流程	172
4.5	小数据精确火力打击	180
4.6	战场评估	183

第 5 章 基于大数据的海上应急救援指挥与控制	185
5.1 海上应急救援的内容和特点	186
5.1.1 海上应急救援的内容	186
5.1.2 海上应急救援的特点	189
5.2 海上应急救援的能力需求	191
5.3 海上应急救援的大数据保障	193
5.4 海上应急救援的指挥与控制机构	195
5.5 海上应急救援的指挥与控制流程	197
5.6 海上应急救援的指挥与控制网络	199
5.7 海上应急救援的指挥与控制系统组成	201
5.7.1 综合应用系统	202
5.7.2 基础支撑系统	202
5.7.3 应急救援指挥与控制场所系统	204
第 6 章 未来趋势和发展对策	206
6.1 未来趋势	207
6.2 发展对策	209
后记	213
参考文献	215

第 1 章

海洋形势与海洋大数据

进入 21 世纪以来,人类除了不断向太空、网络和信息空间拓展,还将海洋视为重要的发展领域。随着海洋技术的发展、海洋资源的新发现,以及海洋固有的国际战略价值和通道作用逐渐凸显,人类海洋活动的内容不断升级,范围不断扩展,呈现出广泛、多维、复杂、高科技的态势。

从海洋活动信息和数据的产生、堆积、处理、应用的角度看,水下、海上、空中、太空的情报、信息和数据正在以前所未有的速度快速增长,显示出海洋的大数据特征。大数据在各种海洋活动中发挥着越来越重要的作用。海洋领域的大数据时代已经到来。

1.1 海洋形势

在浩瀚的宇宙中,地球是无数天体中一颗特别的星球。山河湖海,水陆相生。大片的水体相互连通构成无垠的蓝色海洋,占据了这个世界 70.89% 的面积,包括太平洋、大西洋、印度洋和北冰洋。四大洋的边缘地区分布着大大小小的 54 个海。有些属于海中之海,如地中海沿岸的许多海域。在面积最大的太平洋区域,由北向南依次为白令海、鄂霍次克海、日本海、渤海、黄海、东海、南中国海、苏禄海、珊瑚海等 28 个海。大陆和岛屿通过海峡、水道和海洋连为一体。

广袤的海洋与人类的生存发展息息相关。自古以来，海洋就有兴渔盐之利、通舟楫之便。1891年，在印度尼西亚爪哇岛上发现的类人猿化石表明，人类在石器时代就已在海边活动。人类栖水而居，丰富的渔业水产和食用盐藻滋养着沿海的居民，沿海航运贸易促进了当地工商业的发展，逐渐形成集市和最早的濒海城镇。根据文字和史料记载，地中海东海岸的Jericho极可能是人类最早连续居住的濒海城市。随着航海技术的进步和社会的发展，人们开始从获取海洋资源升级为以海洋为载体，进行远距离航海、探险和贸易。唐宋时期，有阿拉伯商人远渡重洋进入我国的东南沿海地区从事商业活动。15~17世纪，世界各地，特别是西欧掀起了一场声势浩大的远洋航海运动。以哥伦布为代表的航海家和探险家陆续开辟了从欧洲到北美、非洲，从红海、阿拉伯海，经孟加拉湾至中国南海的众多海上航线，史称“大航海时代”。大航海时代开启了全球海洋时代的新纪元。我国的海洋活动开始于商周时期，到了秦汉时期，海上丝绸之路基本成型。自古以来，海上贸易和海上航运一直以其独有的优势促进世界经济、文化和工商业的发展与繁荣。海洋不再是阻隔人类交往的障碍，而是一条将不同国家和地区连成一体的金光大道，从而迎来了人类海洋文明和海洋活动的巨变¹。

以航运贸易为代表的人类海洋活动促进了世界经济和社会的繁荣，带来了巨大的财富，形成了众多的港口、滨海城市和沿海经济中心。目前，全球已有超过60%的人口和几乎所有的经济贸易中心都位于濒海地区。世界海洋形势是随着人类对海洋资源的开发、海上贸易的发展和国家权益的不断扩张逐渐形成的。由于工业化社会的发展，以钢铁、石油、煤、天然气为代表的人类物质能源消耗急剧攀升，陆地资源日益匮乏。海洋除了具有丰富的渔业水产资源，还有其他极其丰富的资源可以开发利用。据不完全统计，海底油气资源占全球油气资源总量的1/3以上；各种海底多金属结核、多金属软泥、钴结核、锰结核等储量巨大。以海底多金属结核为例，有专家估计，其总量可达3万多亿吨，

1 刘一建. 制海权与海军战略[M]. 北京: 国防大学出版社, 2000.

其中含锰 4000 亿吨、镍 164 亿吨、铜 88 亿吨、钴 58 亿吨。与上述资源相比，海洋风能、潮汐能、温差能及其他可再生能源可供人类永久使用，并具有越来越重要的作用。

与此同时，海洋作为海上贸易的战略通道，以及国家或地区的战略纵深，在维护国家或地区的长远发展和战略安全方面处于不可替代的位置。因此，在海洋资源开发、地缘政治博弈、航运保护等方面，海洋形势呈现如下特点。

1. 人类开发、应用海洋的活动升级，内容扩大，程度加深

海洋既是生命的摇篮，又是世界经济发展的摇篮。海洋蕴藏着极其丰富的资源，是人类进一步发展的源泉。截至目前，人类已经发现的海洋生物约有 20 万种，科学家估计但尚未查明的深海物种大约还有 1000 万种；海洋中可供捕捞的生物资源每年有 2 亿多吨，海产动物蛋白超过陆地牛、羊、家禽和蛋类的总量；世界石油的 27%~45% 储存在海洋中；海水本身也是巨大的液体矿，囊括 80 余种化学元素，其中仅食盐含量就达 4 亿亿吨；海洋的潮汐能、波浪能、温差能、海流能、盐差能等被称为 21 世纪的新能源，总蕴储量在 30 亿千瓦以上；海洋中的水资源更是人类水资源的最后保障²。随着海洋技术的发展和人类对海洋的不断认知，人类的海洋开发活动不断深入，范围不断扩大。从近海到远海、从浅海到深海，人类日益频繁地在全球海域从事各类海洋勘探、测绘、采掘、养殖等开发活动。凭借先进的卫星导航技术和日益发展的深海探测技术，人类已可在全球任一深度的海域从事各类海洋活动。人类的活动范围、内容和海洋的开发程度已经远远超越了大航海时代。海上航线遍布世界，包括大西洋航线、大西洋-印度洋航线、太平洋航线、太平洋-印度洋航线。在深海，继 1928 年世界上第一台深海探测装置诞生以来，美国、中国、日本、巴西、俄罗斯、英国、法国、德国等世界海洋大国在深海领域展开了激烈竞争。以美国的 Alvin 号 and 中国的“蛟龙”号深海探测器为例，目前人类的下潜深度已达

2 韩增林，张耀光，栾维新. 关于海洋经济地理学发展与展望[J]. 人文地理，2001（5）：89-92，96.

万米以下，可至全球 99% 的海底执行广泛的环境调查、资源勘探、样本和数据采集、抢险、救援、修理、摄影等作业任务。

随着海洋强国的发展战略定位，沿海大国纷纷将本国的发展目标瞄向了海洋，从原料资源的简单获取到对海洋资源的深度挖掘和加工利用，人类开发、应用海洋的活动内容不断扩展，程度不断加深。例如，各国开发海洋油气和矿产资源的活动风起云涌，在全世界所有发现可采油气和矿藏的海域，都开始有了人类活动。仅在西太平洋沿岸，就有日本、越南、中国、印度尼西亚、马来西亚、文莱等国家在进行不同深度的海底油气开采和矿藏勘探活动。据不完全统计，人类已在全球近海和深海开采了 1600 多个油气田。除了油气矿藏开采和传统的海洋捕捞、水产养殖，人类还对海洋资源实施深度开发和综合利用，即在全球海洋进行内容广泛的深海采掘、海水淡化、氦元素提取、海上放牧、海上城建、海洋观光、潮汐能发电、风力发电、海洋考古等活动。

为了进一步实现海洋经济目标和战略目标，沿海各国不断加强海洋研究、开发和执法的力度，建立自己的海洋开发和学术研究机构；建立海岸警卫队；在濒海修建、扩建港口，增建集市码头，扩建造船厂；吹沙填海，改造海岸线，扩大岛礁面积；开凿海峡、运河。

2. 海洋权益和领土争端趋于激化，地缘政治、军事复杂化

海洋是陆地的延伸，与国家的生存发展密切相关。随着人类认识和驾驭海洋的能力不断提高，一国/地区的海洋活动往往直接关系到其他相关国/地区的海洋权益、海洋发展战略，牵扯周边相关国家和地区的海权和安全，地缘政治、军事变得极为敏感，因而海洋成为各方关注的焦点。

3. 航运保护形势严峻

航运保护是为应对航运和经济贸易的风险而产生的。公元前 1000 多年，

东地中海区域就出现了以盗抢海上货物为生的海盗，后来又在西非海岸、索马里半岛海域、红海和亚丁湾海域，以及东南亚海域等许多地方出现。海盗源于社会经济问题，利益驱动及当地社会的衰败直接导致了海盗事件的发生。随着20世纪末全球经济的快速发展，海盗这种非法行为开始激增。在全球各大航线和海上交通要道——西非海岸、索马里半岛海域、连接苏伊士运河的红海和亚丁湾一带、孟加拉湾沿岸，以及马六甲海峡和整个东南亚海域，海盗活动猖獗。2004年，索马里半岛海域仅发生一两起海盗事件，2005年骤升为37起，2008年则高达120起。2019年，全球共发生针对船只的海盗和武装劫持事件多达162起。频繁的海盗事件对世界航运和经济贸易活动造成了严重影响，航运保护形势十分严峻。

同时，自20世纪80年代始，全球海洋恐怖主义开始蔓延。特别是“9·11”事件之后，恐怖主义在发动陆地、空中恐怖袭击的同时，又将目标瞄准了海上。他们使用暴力手段，以海上正常航行的船舶、海上钻井平台及海上作业人员等为攻击目标，实现特定的政治、经济目的。一旦恐怖分子在海上攻击交通运输线、袭击过往船舶、炸毁油轮、瘫痪港口，则将极大摧毁各国经济，影响全球的稳定。

此外，海上走私、海上贩毒及贩运人口、海上污染、海上有组织犯罪等也使得海上航运保护面临着重大挑战。

上述海洋形势显示，在21世纪，人类的海洋开发和利用活动的范围将会不断扩大、内容不断升级、程度不断加深；地缘政治趋于复杂化，相关国家对海洋权益和领土主权的争端趋于激化，海洋监视、海上巡航、海上军演、岛礁保护、海上护航、海上冲突、海上外交等活动不断；应急救援、航运保护形势严峻。