

《风险分析与危机反应》国际丛书

主 编 黄崇福

副主编 倪晋仁 吴宗之 石 勇

张 韧 等 著

海洋环境特征诊断与海上 军事活动风险评估

Characteristic Diagnosis of Marine
Environmental Factors and Risk Assessment
of Oceanic Military Activity



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

《风险分析与危机反应》国际丛书

主 编 黄崇福

副主编 倪晋仁 吴宗之 石 勇

海洋环境特征诊断与海上 军事活动风险评估

Characteristic Diagnosis of Marine
Environmental Factors and Risk Assessment
of Oceanic Military Activity

张 韧 等 著



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

海洋环境特征诊断与海上军事活动风险评估 / 张韧等著.
—北京: 北京师范大学出版社, 2012.6
(《风险分析与危机反应》国际丛书)
ISBN 978-7-303-14645-1

I. ①海… II. ①张… III. ①海洋环境—影响—海军
—风险评价—中国 IV. ①E273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 125372 号

营销中心电话 010-58802181 58805532
北师大出版社高等教育分社网 <http://gaojiao.bnup.com.cn>
电子信箱 beishida168@126.com

HAIYANG HUANJING TEZHENG ZHENDUAN YU
HAISHANG JUNSHI HUODONG FENGXIAN PINGGU

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街 19 号

邮政编码: 100875

印刷: 北京中印联印务有限公司

经销: 全国新华书店

开本: 170mm × 230 mm

印张: 27.5

插页: 4

字数: 481 千字

版次: 2012 年 6 月第 1 版

印次: 2012 年 6 月第 1 次印刷

定价: 59.00 元

策划编辑: 毛佳 胡廷兰 责任编辑: 毛佳 刘小青

美术编辑: 毛佳 装帧设计: 天泽润

责任校对: 李茵 责任印制: 李啸

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

**《海洋环境特征诊断与海上军事活动风险评估》
编写组成员**

张 韧	庞云峰	洪 梅	徐志升	彭 鹏	龚 锋
关兴梅	李佳讯	金宝刚	王辉赞	钱龙霞	黎 鑫
黄志松	王彦磊	陈奕德	余丹丹	李 琢	周爱霞

总 序

随着人类生存环境的复杂化、世界多极化和经济全球化，人类已进入全球风险时代。和平与发展仍然是当今时代的主流，但国际形势继续处于深刻复杂的变化之中，难以预料的全球性气候反常和难以控制的自然灾害（印度洋大海啸、美国飓风及海侵、巴基斯坦大地震、马来西亚大地震等）时有发生，恐怖事件接连不断，事故灾难频频发生，跨国性的重大疫情等不时出现。这一系列突发事件给人类带来的灾难是沉重的，世界各国都面临着新的风险和挑战。

在瑞士达沃斯刚刚闭幕的 2006 年国际减灾会议上，会议主席沃尔特·阿曼博士说，当今，世界面临多方面的复杂风险，涉及自然灾害、技术、生物化学、流行病、恐怖主义、气候变化和地方病等领域，各种风险的处理体系是相互联系的。在这种形势下，国际社会必须有一种新的风险处理观念，一种跨领域、跨部门的风险处理方式，以便更有效地抵御和减少世界所面临的最紧迫风险。

我国经济社会发展进入了一个关键时期，经济体制深刻变革，社会结构深刻变动，利益格局深刻调整，人们思想观念深刻变化。再加上国际上政治、经济、军事、安全等因素相互交织，地缘、宗教和文化冲突与政治、经济矛盾相互作用，不稳定、不确定、不安全因素增加。

如何在这个复杂的、瞬息万变而又充满挑战和风险的时代确保人民生命安全和健康，如何确保经济社会可持续发展，已经成为各国政府必须回答的重大问题和检验政府是否对人民群众负责的试金石，同时也成为各国学者日益关注的重大课题和施展才干的舞台。

由中国灾害防御协会风险分析专业委员会组稿，北京师范大学出版社资助出版的《风险分析与危机反应》国际丛书，为国内外学者系统发表风险分析与危机反应的最新理论和研究成果、翔实介绍风险分析及危机反应案例等，提供了难得的机会。

该丛书的出版，是在国内外面对诸多挑战和重大风险问题，风险分析与危机

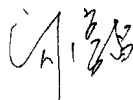
2 海洋环境特征诊断与海上军事活动风险评估

反应理论及方法快速发展的时代背景下进行的。希望该丛书的出版,能对加强风险管理和公共安全工作产生一定的推动作用,为构建和谐社会、和谐世界、和平发展做些努力和贡献。

国务院应急管理专家组组长 (Leader of Emergency Rescue Plan Group under
the Office of the State Council)

国家减灾委专家委员会副主任 (Vice Director of Specialist Committee of the
National Disaster Mitigation Commission)

国务院参事 (Consultant from the State Council)



2007 年 7 月 25 日

序

地球 70% 以上的面积被海洋所覆盖，那里有多样的生物群体和丰富的自然资源，又是人类活动的重要通道，其重要性愈来愈受到各方面的关注。人类社会发展的历史还清楚地表明，凡是大力向海洋进发的国家，都得到了迅速的发展和强盛；反之，就逐渐落后、衰败。随着陆地资源的日趋枯竭和海洋丰富宝藏的不断发现，21 世纪围绕海洋资源的开发利用，海上通道安全保障等问题的日益加剧，大家对海洋也就更加重视，不少人认为“21 世纪是海洋的世纪”。然而随着海洋战略地位的日益突显，资源争夺、领海争端、通道安全等问题也不断升温，海上活动的潜在风险和安全隐患日趋突出。

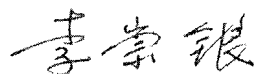
本书作者张韧教授多年来从事大气和海洋数据信息处理和预报保障研究，在军事活动影响评估和风险分析的理论和方法研究中取得了系统性的新成果，特别是在大气和海洋环境稀疏、缺损数据拟合、插补和重构技术研究及资料不充分、信息不完备条件下的风险评估建模等方面，改进发展了一些计算方法和模型，提出了一些新的研究思想和途径。

本书上篇较为系统地描述了我国周边海域的海洋环境形势，海洋气象水文要素的时空特征；针对海洋环境资料稀疏、散乱的实际情况，论述了海洋环境资料客观分析的基本途径和方法；随后分别阐述了海洋表层环境信息的卫星遥感反演方法途径，海洋跃层、中尺度涡、海洋内波的特征信息提取和诊断判别技术，以及水声传播、衰减的算法模型等。在此基础上，分析了大气和海洋环境对主要武器装备、海上军事行动的影响制约问题。本书的下篇阐述了风险分析的定义和概念，介绍了军事运筹和统计决策的基本理论和方法；定义了武器装备的效能益损指数和海上军事活动风险指数；论述了影响因子检测和风险因子识别及评价函数构建的原则和途径，并针对部分武器装备进行了海洋环境影响仿真评估；针对海洋环境风险评估中存在的信息不完备问题，论述了基于经验知识、决策规范和小样本数据的效能评估与风险决策的建模思想和途径。最后阐述了军事运筹分析的

基本思想与方法及其海洋环境保障和风险决策应用，并就部分内容进行了探索性应用和仿真试验。

本书是国内首部集海洋环境资料分析、特征诊断与军事风险评估于一体的研究专著，部分内容取自作者近年来所承担的相关课题的研究成果（例如分形插值算法中垂直压缩因子的客观优选与算法改进；基于支持向量机优化的克里金插值算法的核函数自动拟合；发展了非均匀信息扩散思想和“椭圆型”“概率型”两种非对称信息扩散风险评估模型；提出了基于定性决策规范的风险评估方法和算法模型等）。海上军事活动环境风险评估是军事气象水文保障的重要内容之一，开展海洋环境的特征诊断和海上军事活动风险评估研究，不仅有科学意义而且具有重要的实际应用价值。

中国科学院院士

The image shows a handwritten signature in black ink, which appears to read '李崇银' (Li Song).

2011年7月于北京

前言

海洋是生命孕育的摇篮、文化传播的通道、自然资源的宝库，在一定程度上主宰着一个国家的兴衰。早在 2 500 年前，古希腊学者狄米斯托克利就曾预言：“谁控制了海洋，谁就控制了一切”。古今中外的史实说明，凡大力向海洋发展的国家，皆可国势走强；反之，则可能落后挨打。中国是一个背陆面海的大国，五千年的历史证明其兴衰荣辱与海洋密切相关，从秦、汉的强盛，大唐的繁荣到明、清的“海禁”和近代的海防危机及现代的海洋权益争夺，无不折射出海洋对中国历史进程的重大影响。随着陆地资源的日趋枯竭和海洋丰富宝藏的浮现，21 世纪围绕海洋展开的资源开发和利益争夺将变得更为激烈。

东海拥有广阔的大陆架和丰富的海洋资源，是中国东挺太平洋的门户；南海是中国与东南亚各国交往的纽带，通过巴士海峡、马六甲海峡和巽他海峡可进入太平洋和印度洋，是沟通两洋的重要通道。南海自然资源丰富，特别是油气储量巨大，在当前中国能源需求日益增加的情况下，南海丰富资源所蕴涵的战略价值是不言而喻的。位于马来半岛和印度尼西亚苏门答腊岛之间的马六甲海峡是世界上最繁忙的海峡通道之一，也是中国海上石油运输生命线。每天通过马六甲海峡的近 140 艘船只中，近 60% 开往中国，且大部分是油轮。中国 80% 左右的进口石油靠这条航道运输。可以说，谁控制了马六甲海上通道，谁就扼制住了中国的能源生命线。

上述海域重要的战略地位、敏感的地缘格局和优势的资源蕴藏，使得该海域并不平静，暗流涌动、纷争剧烈：如东海大陆架的划界和领海宣称、东海油气资源开采、中国的钓鱼岛主权以及日、美安保条约和朝鲜半岛核问题等，使得东北亚地区局势错综复杂；“台独”分裂势力和外部势力插手干预台海问题，更使该地区蒙上一层不稳定的阴霾。自 20 世纪 80 年代始，南沙诸岛礁逐渐被越南、菲律宾等周边国家蚕食。目前，除中国大陆控制的 7 个岛礁和中国台湾驻守的太平岛外，42 个岛礁被其他国家侵占，形成了“四国五方”军事占领的割据格局，且这种分割和侵蚀有愈演愈烈之势。马六甲海峡与毗邻的印度洋安全环境也令人

堪忧：马六甲海域的海盗活动猖獗，对通行船舶构成严重威胁。据统计，全球约60%的海盗袭击发生在该海峡。仅2001年，在马六甲海峡就发生了600多起海盗劫船事件，经济损失100多亿美元。近年来，马六甲海峡还弥漫着海盗与极端组织联手制造恐怖事件的阴影。据预测，若采用自杀性方式攻击一艘装满几十万吨原油的油船，可使马六甲海峡关闭一年以上。近年来，随着南海、印度洋周边国家相继介入南海、印度洋和马六甲事务，使本已紧张的地区局势更为敏感和复杂化。

针对上述海域潜在的军事冲突和恐怖袭击等安全隐患，围绕海上突发事件的应急响应和危机处置及海洋权益维护、海洋资源开发和海洋灾害救援等行动，开展海洋环境特征诊断和海上军事活动风险评估研究具有重要的意义和价值。

近年来，在全球气候变暖背景下，气候异常和极端天气事件频发，世界各国加大了自然灾害影响评估和防灾减灾的研究力度，特别是重点资助致灾机理不清楚、孕灾环境不确定、灾情信息不完备情况下的自然灾害评估与风险防范研究。对自然灾害的风险意识和危机感，得到了社会 and 个人的广泛关注和普遍认同。风险分析已成为各级政府行政管理、科学决策的重要组成部分。

我国的风险评价研究起步较晚，水平也落后于欧美等发达国家。风险研究领域和成果主要为地震、泥石流等地质灾害和台风、暴雨等气象灾害及财政、金融、股市等社会领域。海上军事活动环境风险评估作为军事气象水文保障的一部分，起步晚、积累少，特别是面临着海洋环境数据与评估决策知识等信息不完备的困难。因此，虽然该项工作具有重大理论意义和应用前景，但是一项相当艰难的工作。困难主要表现在如下方面：（1）许多海洋系统的结构特征和运动规律尚未完全弄清，致使海洋水文要素的预测、预警能力弱于气象领域。（2）与大气资料相比，资料探测技术和数据获取成本都较前者大得多，而且精细的海洋环境信息作为机密一般不能共享，因而海洋环境信息获取困难、数据资料缺乏；在一些重要海域（如南海、印度洋周边海峡、水道等），海洋环境资料更加匮乏和稀少，敏感时期（如地区局势紧张和军事对峙时），更可能面临数据资料封锁的情况。为此，本书安排一章内容介绍海洋环境资料概况与分析方法，特别是海洋环境稀疏、缺损数据的信息处理。（3）我国的海疆幅员宽广、气候带跨度大、地形地貌复杂、地域性特征显著。军事活动既受中纬度大气环流、温带天气系统及热带季风和台风、热带气旋等海洋气象环境的影响，也受风浪/涌浪、洋流、潮汐、潮流等海表水文要素影响和温度、盐度、密度、跃层等水下环境的制约，特别是海洋内波、海洋锋和海洋中尺度涡等中尺度系统，既是严重影响舰艇装备的海洋环境因子，也是当前物理海洋学研究的难点问题。为此，本书用了一章的篇幅来阐述海洋环境特征诊断与信息提取技术。（4）由于海洋环境（包括海洋气象和海洋水文）影响舰艇装备和海上军事活动的物理机理不清楚、内在关联不明确、定量模型不健全、数据信息不完备，因此，环境影响分析和风险评估可用的信息主要

是一些经验知识、定性规范、保障条例和极少量的典型案例及试验样本。上述的困难也是目前自然灾害风险分析中普遍存在的问题，为此本书用四章篇幅重点围绕该问题进行论述和讨论。

自2004年起，作者在教育部骨干教师资助计划（No. 3149）、中国博士后科学基金（No. 2004036012）和中国社会科学基金（05QJ116—011）及其他相关科研项目（CZQ—2009—30）资助下，开展了大气、海洋环境信息融合、特征诊断和气象、水文要素对军事活动的影响评估和风险分析研究，特别是关注大气、海洋环境稀疏、缺损数据的拟合、插补和重构技术研究及资料不充分、信息不完备条件下的风险评估建模应用，改进发展了一些计算方法和算法模型（如优化了分形插值算法中垂直压缩因子客观选取，实现了克里金插值算法的核函数自动拟合，发展了非均匀信息扩散思想和“椭圆型”“概率型”两种非均匀信息扩散的风险评估模型），提出了一些新的研究思想和途径（如提出了基于定性决策规范的风险评估方法和算法模型）；率先将马尔科夫、贝叶斯和效用概率等统计决策理论应用于战场环境保障的风险决策（如时机、区域和方案优选等）。一些研究成果在海洋环境保障和风险分析中得到了运用。本书许多内容即是这些工作的总结和展现。

如何针对国家海洋权益、海洋国土安全和海洋资源开发所涉及的热点问题，将风险分析理论、海洋信息技术及相关的研究成果总结梳理成文，与关注这些问题的读者共同探讨，是我们的一个心愿。感谢中国灾害防御协会风险分析专业委员会、《风险分析与危机反应》国际丛书编委会及黄崇福理事长对本书撰写的鼓励、关心和支持；感谢北京师范大学出版社为本书出版提供了一个良好平台。感谢中国人民解放军理工大学气象学院领导、同事的关心、支持，感谢诸多研究生付出的辛勤工作和努力（由于篇幅所限，作者姓名难以一一列出）。

感谢中国科学院李崇银院士在百忙之中为本书作序，对作者的鼓励和支持。

书中参考引用了大量国内外相关论著的研究方法和成果，在此表示感谢。

本书第1章由余丹丹、洪梅、周爱霞、黄志松撰写；第2章由王辉赞、张韧、陈奕德、徐志升撰写；第3章由金宝刚、李佳讯、张韧、王彦磊、黎鑫撰写；第4章由庞云峰、彭鹏、张韧、洪梅、黎鑫、关兴梅、李佳讯撰写；第5章由张韧、庞云峰、彭鹏、关兴梅撰写；第6章由张韧、彭鹏、庞云峰、钱龙霞、关兴梅撰写；第7章由徐志升、张韧、黄志松、洪梅、李琢撰写；第8章由张韧、龚锋、钱龙霞、洪梅撰写。全书由张韧统一校对和定稿。

由于作者从事本领域的研究时间不长、工作积累不足、知识水平和认识能力有限，书中定有不当和谬误之处，敬请读者批评指正。

张 韧

2010年12月

内容简介

东海、南海等我国周边海域拥有丰富的海洋生物和油气资源，同时也是海上交通运输繁忙的海域。本书针对上述海域日益突显的战略地位、领海争端、资源争夺和恐怖活动等潜在的国家安全隐患与军事冲突风险，较为系统地论述了海洋环境的特征诊断与海上军事活动风险评估的基本理论、方法和相关的研究成果。

本书分上、下两篇，上篇较为系统地描述了我国周边海域的海洋环境特征，包括海洋地理特征，不同海域、不同季节的海洋气象和海洋水文要素的地域分布特征和季节变化规律；针对海洋环境资料稀疏、散乱的基本事实，阐述了海洋环境资料客观分析的基本途径和方法，包括作者近年来取得的一些创新性研究成果；随后分别阐述了海洋表层环境信息的卫星遥感反演方法和途径；论述了影响、制约声呐探测和潜艇活动的海洋跃层、海洋中尺度涡、海洋内波的特征信息提取与诊断判别技术及水声传播、衰减的算法模型，包括作者提出和发展的一些方法和取得的成果；在此基础上，分析了大气、海洋环境对主要武器装备和海上军事行动的影响制约。

下篇阐述了风险分析的定义和概念，介绍了军事运筹和统计决策的基本理论和方法；定义了武器装备的效能益损指数和海上军事活动风险指数，论述了影响因子检测和风险因子识别及评价函数构建的原则和途径，并针对部分武器装备进行了海洋环境影响仿真评估；针对海洋环境风险评估中存在的信息不完备问题，论述了基于经验知识、决策规范和小样本数据的效能评估与风险决策的建模思想和技术途径，这部分内容主要是作者近年来所承担的相关课题的研究成果。最后，阐述了军事运筹分析的基本思想与方法及其海洋环境保障应用；通过引入统计决策理论和数学模型，针对战场环境保障中重点关注的难点领域，即最佳时机选择、最佳区域选择、最优方案选择和应急救援资源优化配置等风险决策问题，进行了探索性应用研究和仿真试验。

本书是国内首部集海洋环境资料分析、特征诊断与军事风险评估于一体的研究专著，可供气象水文保障、环境风险评估、海洋资源规划等部门的科研、业务人员参考使用，也适宜大气、海洋、环境、地理、资源等学科的本科生、研究生和教师的教学参考用书。

Introduction

The adjacent sea areas in our country such as East of China Sea and South China Sea have abundant marine organisms, oil resources and busy transportation. Aiming at the increasingly highlighting strategic positions and potential dangers of national security and military conflicts such as territorial water disputes and resources competition and terrorist activities, this book discusses characteristic diagnosis of marine environment, basic theories and methods of risk assessment of oceanic military activities, and relevant achievements systematically.

This book is divided into two parts. The contents in the first part are as follows. Firstly, the marine environmental characteristics of the adjacent sea areas in our country are described systematically, including marine geographical features, features of regional distribution and seasonal variation of marine meteorological and hydrological elements in different seasons and sea areas. Secondly, methods of data analysis are discussed based on sparseness and scattered of marine environmental data, including some creative achievements of the author. Thirdly, ways of inversion of satellite remote sensing for the sea surface environmental information are described. Fourthly, techniques of extraction and diagnosis of characteristic information of thermocline, mesoscale eddy and internal wave which have some influences and restrictions on sonar detection and submarine activity are presented, and algorithm models for propagation and attenuation of underwater sound are discussed, with some methods and results raised and developed by the author. Finally, the influences of atmosphere and marine environment on the main weapon equipments and military activities are analyzed.

The contents in the second part are as follows. Firstly, definitions and concepts related to risk analysis are presented. Theories and methods of military operations and statistical decision are summarized. Secondly, definitions of indexes of efficiency and risk on weapons and equipment, ways of detection and identification of factors and construction of evaluation function are presented, and simulations assessments are made. Thirdly, the modeling ideas and technical ways of efficiency assessment and risk decision in view of incomplete information are discussed based on experience knowledge and decision standard and small sample data which are proposed by the authors in recent years. Finally, ideas and methods of military operations are described and their applications in the guarantee of marine environment are given. Explorative researches and simulation experiments concerned with the problems of risk decision which are required particular attention in the battlefield environment support (i. e. , timing choice, regional selection, scheme selection and configuration of emergence rescue resources) are made through the statistical decision theory and mathematical models.

The monograph integrates analysis of oceanic environmental data, characteristic diagnosis and assessment of military risk for the first time in China. It may be helpful for scientific researchers engaged in guarantee for meteorology and hydrology, assessment of environmental risk, planning of marine resources and so on. It can also be used for reference by undergraduates, postgraduates and teachers who major in atmosphere, ocean, environment, geography, resources and so on.

目录

第1章 中国周边海域的海洋环境特征 /1

- 1.1 中国近海的海区划分 /1
- 1.2 海洋危险天气系统 /3
 - 1.2.1 热带气旋 /3
 - 1.2.2 风暴潮 /5
- 1.3 海洋气象要素特征 /7
 - 1.3.1 基本气象要素 /7
 - 1.3.2 主要天气现象 /9
- 1.4 海洋水文要素特征 /12
 - 1.4.1 潮汐、潮流 /12
 - 1.4.2 海流、海浪 /14
 - 1.4.3 海温 /17
- 1.5 海洋环境的风险区划 /20
 - 1.5.1 风险区划的基本概念 /20
 - 1.5.2 风险区划的方法步骤 /22
 - 1.5.3 海洋环境的风险区划 /22
- 参考文献 /28

第2章 海洋环境资料分析与数据处理 /30

- 2.1 海洋环境资料的客观分析 /30
 - 2.1.1 海洋环境资料的基本特点 /30
 - 2.1.2 客观分析方法的发展概况 /32
 - 2.1.3 客观分析趋势——数据融合与资料同化 /33

- 2.2 几类重要的客观分析方法 /37
 - 2.2.1 径向基函数插值 /37
 - 2.2.2 逐步订正法 /38
 - 2.2.3 最优插值法 /40
- 2.3 海洋环境的稀疏数据插值 /41
 - 2.3.1 细节特征刻画——遗传优化分形插值 /41
 - 2.3.2 无偏最优估计——支持向量机—克里金插值 /50
 - 2.3.3 稀疏样本拟合——信息扩散插值 /60
- 2.4 海洋环境的缺损信息重构 /68
 - 2.4.1 DIN-EOF 插补算法 /68
 - 2.4.2 DIN-EOF 插补算法的应用实例 /69
 - 2.4.3 DIN-SSA/MSSA 插补算法 /71
 - 2.4.4 DIN-SSA/MSSA 改进算法——区间四分法 /74
 - 2.4.5 改进优化算法应用实例 /78
- 参考文献 /81

第3章 海洋环境特征诊断与信息提取 /84

- 3.1 卫星遥感反演海洋环境要素 /84
 - 3.1.1 卫星遥感反演海面温度 /86
 - 3.1.2 卫星遥感反演海洋水色 /88
 - 3.1.3 卫星遥感反演海面动力高度 /90
 - 3.1.4 卫星遥感反演海面风场 /92
 - 3.1.5 卫星遥感反演海面盐度 /95
- 3.2 海洋温—盐跃层的特征诊断 /97
 - 3.2.1 海洋跃层的研究意义 /97
 - 3.2.2 跃层特征判定 /97
 - 3.2.3 大洋跃层特征分析 /100
- 3.3 海洋中尺度系统的特征诊断 /102
 - 3.3.1 海洋内波的特征诊断 /102
 - 3.3.2 海洋中尺度涡的特征诊断 /111
 - 3.3.3 海洋锋的特征诊断 /114

- 3.4 海洋大气波导的特征诊断 /117
 - 3.4.1 大气折射与大气波导 /117
 - 3.4.2 大气波导的分类 /120
 - 3.4.3 气象条件对大气波导的影响 /122
 - 3.4.4 大气波导的特征分析 /123
 - 3.4.5 大气波导的诊断和预报 /124
- 3.5 海洋水声环境的特征诊断 /128
 - 3.5.1 海洋声学的基本概念 /128
 - 3.5.2 声速剖面特征提取与分布特征 /130
 - 3.5.3 声速剖面结构分类 /134
 - 3.5.4 典型声速剖面结构声传播特征诊断 /137
 - 3.5.5 海洋中尺度系统对水声传播的影响 /140
- 参考文献 /144

第4章 海洋环境对武器装备的影响 /147

- 4.1 海洋环境对水面舰艇的影响 /148
 - 4.1.1 水面舰艇的分类与特点 /148
 - 4.1.2 海洋环境对水面舰艇的影响 /152
 - 4.1.3 水文气象条件对水面舰艇登陆作战的影响 /157
- 4.2 海洋环境对潜艇活动的影响 /159
 - 4.2.1 潜艇的组成 /160
 - 4.2.2 潜艇的分类 /161
 - 4.2.3 海洋环境对潜艇活动的影响 /164
- 4.3 海洋环境对舰载机的影响 /171
 - 4.3.1 舰载机的分类与功能 /171
 - 4.3.2 舰载机的海洋环境影响因子 /172
 - 4.3.3 风、浪对舰载机起降的影响 /173
 - 4.3.4 能见度对舰载机起降的影响 /175
 - 4.3.5 大气湍流对飞机颠簸的影响 /175
 - 4.3.6 积冰对飞行安全的影响 /175
 - 4.3.7 气温、气压对飞行安全的影响 /176