

军队“2110工程”

“军事海洋学”重点建设学科教材

海军武器装备与

海战场环境概论

上册

中国船舶重工集团公司

编著

 海洋出版社

海军武器装备与海战场 环境概论

上册

中国船舶重工集团公司 编著

海洋出版社

2007年·北京

图书在版编目(CIP)数据

海军武器装备与海战场环境概论/中国船舶重工集团公司编著. —北京:海洋出版社,
2007. 11

ISBN 978 - 7 - 5027 - 6913 - 0

I. 海… II. 中… III. 海军 - 武器装备 - 环境影响 - 研究 IV. E925

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 165688 号

责任编辑:王 溪

责任印制:刘志恒

海洋出版社 出版发行

<http://www.oceanpress.com.cn>

(100081 北京市海淀区大慧寺路 8 号)

保定市中华美凯印刷有限公司印刷 新华书店发行所经销

2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月河北第 1 次印刷

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:72.5

字数:1850 千字 定价:200.00 元

发行部:62147016 邮购部:68038093 总编室:62114335

海洋版图书印、装错误可随时退换

《海军武器装备与海战场环境概论》编委会

审查委员会

顾 问：李长印

主 审：李国安

副主审：邵开文 方书甲

委 员：刘郑国 史正乐 赵魁源 侯正明 钱永涛

金 宁 李宝祥

编著委员会

主 编：方书甲

副主编：刘郑国 史正乐 张永刚

委 员：惠昌年 张坤元 王荣庆 陈光章 钱兆俊

蒋光庆 周士弘 陈能卿 项能全 邵树坤

武凤德 钱柏顺 宁 波 凌育进 唐亮武

孙 华 李能鹏

《海军武器装备与海战场环境概论》撰稿人员名单

(按姓氏笔画排列)

王友谊	王怀宇	王明洲	王 建	王荣庆	王洪仁	王振华
王鸿昶	王 强	卞元庆	方书甲	方钟圣	宁 波	冯 兵
冯学知	匡晓峰	朱邦元	刘孟庵	刘春跃	刘爱东	齐宇轩
许立坤	孙伟星	孙学诚	杜建华	杜栓平	杨化俊	杨 毅
李文军	李国成	李 忠	李俊清	李 涛	李能鹏	沈定安
宋文武	张友益	张 军	张志明	张坤元	张效慈	张惠民
张 群	陈光章	陈志坚	陈建军	陈能卿	邵树坤	武凤德
苗在田	苗 涛	茅玉龙	林秀峰	欧阳吕伟	周士弘	周德才
郑生全	郑添水	房树林	项能全	郝力勤	胡启庸	侯全新
施兆昌	顾学康	钱兆俊	钱柏顺	倪昌祥	徐晓明	高智勇
唐文杰	唐建博	凌国民	凌育进	黄宋均	黄松高	黄彩华
添学群	蒋光庆	韩福江	惠昌年	程千流	程少云	温 震
蔡兴法	熊长新	缪泉明	黎国杰			

序 言

战场环境是考量作战态势的一个重要因素,历来为军事家和武器装备的专家们所关注。古今中外许多战例都是前车之鉴。历史上曾经叱咤欧洲大陆的法国统帅拿破仑,最后由于对俄罗斯战场环境掉以轻心,而功亏一篑,遭到灭顶之灾;在我国革命战争中,由于充分利用熟悉战场环境的优势,转被动为主动,取得了一个又一个辉煌胜利。海战亦是如此,海战场要比陆战场的环境更复杂艰险,“水能载舟,亦可覆舟”,分析研究海战场环境就是要使我海军的人员、武器装备能更好地适应海战场环境,从而使海战场环境为我所用,提高我军战斗力。因此,研究和开发海战场环境就是海军指战员和从事海军武器装备研究、设计、生产、维修和保障所有专业人员的一项十分重要的任务。

随着科学技术的发展和人们对客观事物认识的不断深化,海战场环境科学也从宏观到微观在广度和深度上有了很大的发展。海战场范畴已发展为涵盖太空、海空、海面、海中、海底以及从海岸到周边岛礁及大陆架海域的一个多元、多层、多维的广大立体空间,海战场环境要素,涉及各种物理场、化学场、生物场、非生物场(相关的地质、地貌及底质、底貌)等对环境现象生成的影响和响应。因此,海洋环境科学已形成集天文、气象、地理、地质和物理、化学、生物等多种学科综合性的科技领域,已是当今正在蓬勃发展的一个热门的边缘学科生长点。众多海洋大国为了开发海洋经济和海上军事需求,不惜巨大投入,大力从事海洋环境和海战场环境科学的研究和开发,不仅拥有实力雄厚、设备精良的先进的高科技专业队伍,同时还广泛动员海军部队,海洋工程、运输、渔业等相关行业 and 部门以及海岸及岛礁的居民从事经常性的观测和考察,日积月累地提供资料与专业研究部门组成网络数据库,实时跟踪海军环境的动态发展,探索多种因素的变化规律,进行分析研究,取得了很多科研成果并有的已得到了运用,产生了很大的效益。同时有的政府还立法,要求海军及各海洋相关的行业,强化“海洋环境意识”,积极掌握和应用海洋科学和海洋环境科学的先进成果及信息资源,从海洋装备的科研、设计、生产、使用、维修和保障等各个环节,着力于提高海洋装备对海洋环境的适应能力、防护能力,进而利用海洋环境提高装备性能和效率,使海洋科学和海洋环境科学展开了历史的新篇章。

我国在海洋科学和海洋环境科学方面,也有很大的发展,国家建立了一批具有相当水平的专业科研机构,在极地及各主要海区设立了针对不同海洋环境的研究、监测、试验及模拟试验、检测的台站,积累了许多专业的科研、测试资料,取得了一些宝贵的科研成果,并制定、发布了一批海洋环境的国标与军标,在科研实践中,培养了一支精干的能打硬仗的高水平的科技队伍,为经济建设和国防建设作出了积极的贡献,亦为我国海洋科学、海洋环境科学的发展奠定了良好的技术基础和物质基础。然而,随着科学技术的发展,我国海洋科学和海洋环境科学,在广度上和深度上还远远不能满足经济建设和国防建设的需要,与国际水平也差距甚大,目前,有的学科正在起步阶段,甚至有一些项目至今尚属空白,可是由于海洋科学和海洋环境科学是涉及面很广、专业众多的系统工程,从事这方面的开发,不仅需要投入大量

的设备和资金,还需要组织各方面力量,在统一的发展战略和规划的指导下,统筹安排,协同配合,有计划、有重点、有步骤地组织实施,任务十分艰巨,面对时代严峻的挑战,的确形势逼人,时不我待。

中国船舶重工集团公司组织了有关专家,根据已掌握的资料,编撰了《海军武器装备与海战场环境概论》一书,对海战场环境和海军武器装备的相关性进行了分析研究,通过实践经验的总结,进行剖析,论述了海战场自然环境和人为环境(含模拟环境)对海军武器装备的影响和效应,提出了一些提高对海战场环境适应能力、防护能力和加强可靠性、安全性的措施和建议。虽然本书涉及的范畴尚不全面,但就现阶段的实际来认识、评估海战场环境对海军武器装备的相关性而言,已经迈出了可喜的第一步,这不仅对我国经济建设可持续发展有利,对提高海军的作战能力有益,亦对海洋科学与海洋环境科学的研究发展是一个积极的促进,我们相信在大家支持和参与下,今后还会有更多的这类书籍的编撰和出版。

中国船舶重工集团公司

2007年8月

目 次

第一篇 绪 论

第0章 绪论	(3)
0.1 海军武器装备与海战场环境的相关性	(3)
0.2 海洋环境对海军装备性能的影响分析	(4)
0.2.1 概述	(4)
0.2.2 海战场环境对海军武器装备性能的影响	(4)
0.2.2.1 海洋环境对舰船水面航行的影响	(5)
0.2.2.2 海洋环境对潜艇水下航行的影响	(5)
0.2.2.3 海洋环境对雷达探测与无线传输的影响	(5)
0.2.2.4 海洋环境对导航的影响	(6)
0.2.2.5 海洋环境对水声探测与传输的影响	(6)
0.2.2.6 海洋环境对鱼雷与水下导航定位的影响	(6)
0.2.2.7 海洋环境对水雷的影响	(6)
0.2.2.8 海洋环境对导弹空中飞行的影响	(7)
0.2.2.9 海洋环境对红外、激光等光电设备的影响	(7)
0.2.2.10 海洋环境对材料腐蚀与生物污损的影响	(7)
0.2.3 海军武器装备受海洋环境影响概要分析	(7)
0.2.3.1 海洋环境对雷达探测与无线传输影响的情况分析	(7)
0.2.3.2 海洋环境影响对声呐探测和水声传输情况分析	(8)
0.2.3.3 舰艇尾迹物理特性与海洋环境相互影响情况分析	(9)
0.3 海战场环境信息感知和数据获取	(10)
0.3.1 概述	(10)
0.3.2 海洋作战和海军武器装备对海洋信息感知的需求和途径	(10)
0.3.2.1 水面平台对目标的探测	(10)
0.3.2.2 水下平台对目标的探测	(11)
0.3.2.3 空中平台和卫星对目标的探测	(11)
0.3.2.4 陆基和海基军民兼用的海洋探测装置	(11)

0.3.3 海洋环境信息网络建设和数据共享	(12)
0.4 措施建议	(12)

第二篇 海战场环境

第1章 海洋风浪流动力场	(17)
1.1 海洋风浪流环境	(17)
1.1.1 风	(17)
1.1.2 海浪	(19)
1.1.3 海流	(19)
1.1.4 海洋风浪流的数学描述	(20)
1.1.4.1 风速随高度和时距的变化,阵风谱和长期分布	(20)
1.1.4.2 规则波,海浪的随机模式、统计特性和海浪谱式	(21)
1.1.4.3 风海流的估算和海流随深度的变化	(32)
1.1.5 中国近海风和浪分布概况	(33)
1.1.5.1 我国近海的主要风系与波浪	(33)
1.1.5.2 风和浪要素的统计资料	(34)
1.2 水面舰船在波浪中的增阻和失速	(36)
1.2.1 概述	(36)
1.2.2 船舶在波浪中阻力增加的理论预报	(37)
1.2.3 规则波中阻力增加试验	(37)
1.2.4 不规则波中的阻力增值	(38)
1.2.5 船舶在波浪中失速的预报	(38)
1.3 水面舰船风浪中操纵性	(39)
1.3.1 概述	(39)
1.3.2 静水操纵性能	(39)
1.3.2.1 操纵性衡准	(39)
1.3.2.2 诸因素对水面舰船操纵性的影响	(44)
1.3.2.3 实船与船模操纵性相关	(46)
1.3.3 水面舰船风浪中操纵特性	(46)
1.3.3.1 风浪中操纵特性	(46)
1.3.3.2 风浪中操纵可控区计算	(49)
1.3.3.3 风浪中操纵横甩	(50)
1.3.4 大风浪中舰船操纵措施	(52)
1.3.4.1 滞航	(53)

1.3.4.2	顺航	(53)
1.3.4.3	漂滞	(53)
1.3.4.4	大风浪中掉头	(53)
1.3.5	风浪中操纵性预报方法	(53)
1.3.5.1	坐标系	(54)
1.3.5.2	运动方程	(54)
1.3.5.3	与操纵运动有关的船体、桨、舵水动力的计算表达	(55)
1.3.5.4	与升沉和纵摇有关的船体水动力	(57)
1.3.5.5	与摇荡运动有关的附加质量和阻尼系数	(58)
1.3.5.6	作用在上层建筑的风载荷	(58)
1.3.5.7	波浪力	(59)
1.4	水面舰船在波浪中的耐波性	(60)
1.4.1	耐波性定义	(60)
1.4.2	耐波性重要性	(61)
1.4.3	耐波性指标及衡准	(62)
1.4.4	耐波性的预报方法	(63)
1.4.5	提高耐波性的主要措施	(64)
1.4.6	舰船运动对武器发射及飞机起降的影响	(65)
1.5	水面舰船减摇技术	(66)
1.5.1	概述	(66)
1.5.2	几个基本概念	(67)
1.5.2.1	舰船在波浪中横摇运动的频响特性	(67)
1.5.2.2	减摇装置减摇的力学机理	(68)
1.5.2.3	减摇装置的最大减摇能力——静特征数	(68)
1.5.2.4	减摇装置的减摇效果——减摇百分数	(70)
1.5.3	舳龙骨	(70)
1.5.3.1	简介	(70)
1.5.3.2	舳龙骨减摇的基本原理	(70)
1.5.3.3	舳龙骨产生的稳定力矩的特点	(71)
1.5.3.4	舳龙骨的减摇效果	(72)
1.5.3.5	舳龙骨减摇装置的优缺点	(72)
1.5.4	减摇鳍	(72)
1.5.4.1	简介	(72)
1.5.4.2	减摇原理	(72)
1.5.4.3	减摇鳍产生的稳定力矩与静特征数	(73)

1.5.4.4	鳍转动的控制规律	(74)
1.5.4.5	减摇鳍的减摇效果	(77)
1.5.4.6	减摇鳍的优缺点	(77)
1.5.5	舵减摇	(77)
1.5.5.1	简介	(77)
1.5.5.2	减摇原理	(78)
1.5.5.3	舵产生的稳定力矩与静特征数	(78)
1.5.5.4	转舵的控制规律	(79)
1.5.5.5	舵减摇与减摇鳍之间的区别	(79)
1.5.5.6	应用舵减摇技术所必须具备的条件	(80)
1.5.5.7	舵减摇的减摇效果	(80)
1.5.5.8	舵减摇的优缺点	(80)
1.5.6	被动(或可控被动)式减摇水舱	(81)
1.5.6.1	简介	(81)
1.5.6.2	被动式减摇水舱的工作原理	(82)
1.5.6.3	被动式减摇水舱的静特征数	(82)
1.5.6.4	被动式减摇水舱中水流振荡的固有频率	(83)
1.5.6.5	被动式减摇水舱的阻尼	(84)
1.5.6.6	可控被动式减摇水舱	(85)
1.5.6.7	被动式减摇水舱的减摇效果	(86)
1.5.6.8	被动式减摇水舱的优缺点	(86)
1.6	海洋风浪流环境与水面舰船结构性能	(86)
1.6.1	概述	(86)
1.6.2	海洋风浪流对水面舰艇结构受载的分类及其主要特征	(87)
1.6.2.1	水面舰艇结构受载的类型	(87)
1.6.2.2	波浪载荷的细分及其主要特征	(87)
1.6.2.3	舰艇波浪载荷的随机性	(88)
1.6.2.4	舰艇波浪载荷的线性与非线性	(88)
1.6.2.5	舰艇在风浪流环境下的结果响应存在着流固耦合性	(89)
1.6.3	舰艇的使用寿命	(89)
1.6.3.1	海洋异常波条件下对具体结构的波浪载荷	(89)
1.6.3.2	舰艇液舱内的晃荡载荷	(89)
1.6.4	水面舰艇受载引起的危害及其船体损坏的模式	(89)
1.6.4.1	轻度的危害	(90)
1.6.4.2	严重的危害	(90)

1.6.5	水面舰艇在风浪流环境中使用的对策	(91)
1.6.5.1	被动性对策	(91)
1.6.5.2	主动性对策	(91)
1.7	海洋内部环境	(92)
1.7.1	海洋分层与海洋内部环境简介	(92)
1.7.1.1	海洋分层	(92)
1.7.1.2	海洋内波环境	(94)
1.7.2	海底地形地貌环境简介	(96)
1.7.2.1	海底的深度	(96)
1.7.2.2	海洋的地形地貌	(96)
1.7.2.3	四大洋的海底地貌典型特征	(97)
1.8	潜艇近水面航行性能	(98)
1.8.1	概述	(98)
1.8.2	潜艇近水面航行特点	(99)
1.8.2.1	近水面潜艇的动态“机动性”	(99)
1.8.2.2	近水面航行潜艇波频运动	(99)
1.8.2.3	近水面航行潜艇受“吸力”作用引起的非线性运动响应	(100)
1.8.2.4	波浪中近水面航行潜艇垂直面运动稳定性	(104)
1.8.3	潜艇近水面航行运动响应的影响因素	(107)
1.8.3.1	初始潜深的影响	(107)
1.8.3.2	航速影响	(107)
1.8.3.3	相对浪向角的影响	(109)
1.8.3.4	海浪浪级的影响	(109)
1.8.4	潜体近水面运动非线性响应区域的计算与试验验证	(109)
1.8.5	潜艇近水面航行与武器发射	(111)
1.8.5.1	艇体运动对发射武器影响的分析	(111)
1.8.5.2	潜射武器发射成功离艇评估	(112)
1.8.5.3	近水面航行潜艇的运动控制技术	(114)
1.9	潜艇近海底航行特点	(116)
1.9.1	概述	(116)
1.9.2	近海底航行潜艇的运动控制策略	(117)
1.10	海洋内波环境与潜艇	(117)
1.10.1	概述	(117)
1.10.2	内波对潜艇航行性能的影响	(118)
1.10.3	内波对潜艇隐身性能的影响	(118)

1.10.4	内波对潜艇的威慑力的影响	(119)
1.10.5	内波对潜艇安全性的影响及其相关生命力评估	(119)
1.11	海洋环境与潜艇结构性能	(120)
1.11.1	概述	(120)
1.11.2	海水压力对潜艇外载荷作用	(121)
1.11.2.1	均布压力 p_0	(122)
1.11.2.2	三角形分布压力 p_1	(123)
1.11.3	海洋腐蚀环境对潜艇结构性能的影响	(124)
1.11.4	潜艇在长期海洋环境使用中的疲劳损伤	(125)
1.11.5	海洋环境对潜艇结构安全监测的影响	(126)
1.11.5.1	海水环境对粘贴在潜艇耐压艇体上应变片的影响	(126)
1.11.5.2	海水温度变化对应变测量的影响	(127)
1.11.5.3	消除海洋环境干扰的措施	(127)
1.12	海洋环境与潜艇的尾迹	(128)
1.12.1	概述	(128)
1.12.2	潜艇尾迹场的生成与分类	(128)
1.12.2.1	伯努利水丘	(129)
1.12.2.2	开尔文尾迹	(129)
1.12.2.3	漩涡尾迹	(130)
1.12.2.4	内波尾迹	(130)
1.12.2.5	其他尾迹	(131)
1.12.3	潜艇尾迹特征识别与反探测技术	(132)
1.12.3.1	潜艇尾迹特征识别	(132)
1.12.3.2	潜艇尾迹的反探测	(133)
第2章	海面海空电磁效应场	(138)
2.1	概述	(138)
2.1.1	第二次世界大战前	(138)
2.1.2	第二次世界大战后的25年	(139)
2.1.3	最近30年	(140)
2.1.4	我国电磁环境效应的发展	(141)
2.2	海军武器装备与海战场电磁环境概况	(142)
2.2.1	海军武器装备的电磁环境效应	(142)
2.2.1.1	电磁环境效应的定义	(142)
2.2.1.2	电磁环境效应的特点	(142)
2.2.1.3	电磁环境效应所研究的内容	(143)

2.2.2	电磁环境效应的种类	(146)
2.2.3	电磁干扰源的分类	(147)
2.2.3.1	电磁干扰源的分类法	(147)
2.2.3.2	自然电磁干扰源	(147)
2.2.3.3	人为干扰源	(148)
2.2.4	电磁环境效应对海军武器装备系统效能的影响	(158)
2.2.5	电磁环境效应与海战场自然环境	(159)
2.3	海战场电磁环境与海军武器装备的相关性研究	(159)
2.3.1	海战场的电磁环境	(159)
2.3.1.1	舰船平台内的电磁环境	(159)
2.3.1.2	现代海战场的电磁环境	(161)
2.3.2	海军武器装备的电磁环境效应	(177)
2.3.2.1	电磁环境效应对海军武器装备的影响	(178)
2.3.2.2	海军武器装备系统和设备的敏感性现象	(179)
2.3.2.3	电磁辐射对人员、燃油和军械的危害	(189)
2.3.2.4	雷电效应	(200)
2.3.2.5	核电磁脉冲的效应	(204)
2.3.2.6	ESD 的危害	(207)
2.3.3	海战场电磁环境效应的预测、分析和评估	(209)
2.3.3.1	舰船电磁环境效应的预测、分析和评估	(209)
2.3.3.2	干扰预测方程	(211)
2.3.3.3	数学模型	(211)
2.3.3.4	电磁干扰预测的基本方法与范围	(213)
2.3.3.5	干扰预测程序(IPP-1)	(216)
2.3.3.6	系统电磁兼容性分析程序(SEMCAP)	(217)
2.3.3.7	系统内电磁兼容性分析程序(IEMCAP)	(218)
2.3.3.8	系统间电磁干扰预测分析程序	(222)
2.3.3.9	电磁环境的干扰预测模型	(223)
2.3.4	基本电磁环境效应控制技术	(225)
2.3.4.1	概述	(225)
2.3.4.2	屏蔽	(225)
2.3.4.3	接地与浮置	(232)
2.3.4.4	滤波	(234)
2.3.4.5	一些专门的防护措施	(236)
2.3.5	电磁频谱及使用	(239)

2.3.5.1	电磁频谱	(239)
2.3.5.2	电磁频谱的划分	(240)
2.3.5.3	电磁频谱的分配	(241)
2.3.5.4	频谱管理	(241)
2.3.5.5	电磁频谱的使用现状	(242)
2.3.5.6	目前使用电磁频谱存在的问题	(243)
2.3.5.7	针对频谱使用问题的对策	(245)
2.3.6	电磁环境效应的测试和标准	(255)
2.3.6.1	电磁环境效应的测试	(255)
2.3.6.2	电磁环境效应的国军标简介	(258)
2.4	海军武器装备受电磁环境效应影响的个例分析	(260)
2.4.1	舰载卫星通信受电磁环境干扰的分析	(260)
2.4.2	计算机电磁环境效应的分析	(260)
2.4.2.1	计算机电磁环境效应综述	(261)
2.4.2.2	计算机电源系统的电磁环境效应问题	(264)
2.4.2.3	静电对计算机的危害及防护	(267)
2.4.2.4	计算机的电磁信息泄漏	(267)
2.5	海战场电磁环境效应技术的未来发展	(271)
2.5.1	21世纪海军电子装置的变化对电磁环境效应的影响	(271)
2.5.2	电磁环境效应技术的发展趋势	(272)
2.5.2.1	舰船综合化甲板面的设计	(272)
2.5.2.2	数字化电磁环境效应设计	(276)
2.5.2.3	民品军用是未来海战场电磁环境效应控制技术的重要任务	(276)
2.5.2.4	标准规范更加适用于未来海军装备和海战	(277)
第3章	海洋环境物理场	(278)
3.1	概述	(278)
3.1.1	噪声场	(278)
3.1.2	磁场	(278)
3.1.3	水压场	(279)
3.1.4	电场	(279)
3.1.5	舰艇尾流场	(279)
3.1.6	海洋混响场	(279)
3.1.7	其他物理场	(279)
3.1.8	海域自然环境	(280)
3.2	海洋环境噪声场	(280)

3.2.1	水动力噪声	(280)
3.2.1.1	潮汐噪声	(280)
3.2.1.2	海洋湍流	(280)
3.2.1.3	海面波浪	(281)
3.2.2	雨噪声	(282)
3.2.3	热噪声	(283)
3.2.4	生物噪声	(283)
3.2.4.1	鱼类噪声	(284)
3.2.4.2	鲸类噪声	(284)
3.2.4.3	甲壳类噪声	(285)
3.2.5	地震噪声	(285)
3.2.6	工业噪声	(285)
3.2.6.1	航运噪声	(286)
3.2.6.2	工业设备噪声	(286)
3.2.7	冰面下噪声	(286)
3.2.8	爆炸声	(287)
3.2.8.1	冲击波的压力峰值	(288)
3.2.8.2	激波衰减时间	(288)
3.2.8.3	气泡脉冲	(288)
3.2.9	噪声与海洋深度的关系	(289)
3.2.10	噪声源的指向性	(289)
3.2.11	浅海环境噪声	(290)
3.3	地球磁场及海洋环境磁场	(291)
3.3.1	地磁场的构成	(292)
3.3.2	地磁要素	(293)
3.3.2.1	垂直坐标系(X, Y, Z)	(294)
3.3.2.2	柱坐标系(H, D, Z)	(294)
3.3.2.3	球坐标系(B_r, I, D)	(294)
3.3.3	地磁图	(295)
3.3.3.1	世界地磁图	(295)
3.3.3.2	中国地磁图	(298)
3.3.4	变化磁场	(301)
3.3.4.1	变化磁场的分类	(301)
3.3.4.2	地磁指数和国际地磁静扰日	(304)
3.3.4.3	磁暴	(305)

3.3.5	电磁感应和电导率异常	(309)
3.3.5.1	海水中感应的电磁场	(310)
3.3.5.2	由于海水在地磁场中运动所感应的电磁场	(310)
3.3.5.3	海陆交界处的地磁异常	(311)
3.3.6	地震引起的磁场	(313)
3.3.6.1	震磁现象	(313)
3.4	海洋环境水压场	(314)
3.4.1	进行波水压场	(314)
3.4.1.1	基本方程和边界条件	(314)
3.4.1.2	平面波一般解	(315)
3.4.1.3	进行波的特性	(316)
3.4.2	海浪水压场	(319)
3.4.2.1	海浪基本要素及其统计表示法	(320)
3.4.2.2	风浪、涌浪和近岸浪	(321)
3.4.2.3	海浪谱	(326)
3.4.2.4	海浪水压场计算	(329)
3.4.2.5	根据海面波浪数据预测海底水压场特性	(330)
3.4.2.6	海浪水压场的特点	(331)
3.4.2.7	我国近海海浪概况	(335)
3.4.3	潮汐水压场	(337)
3.4.3.1	海洋潮汐的起因	(337)
3.4.3.2	潮汐基本要素	(337)
3.4.3.3	潮汐类型	(337)
3.4.3.4	潮汐水位变化的一般表达式	(338)
3.4.3.5	潮汐水压场的特点	(339)
3.4.3.6	河口潮汐	(340)
3.4.3.7	我国近海潮汐和世界潮汐概况	(342)
3.4.4	水流水压场	(344)
3.4.5	其他自然因素产生的海洋环境水压场简介	(346)
3.4.5.1	风暴潮	(346)
3.4.5.2	地震海啸	(347)
3.4.5.3	海震	(348)
3.4.5.4	内波	(348)
3.4.5.5	大气压力变化	(349)
3.5	海洋环境中的自然电场	(350)