

总策划：魏 刚
主 编：马伟明



海军新军事变革丛书

Sonar for Practising Engineers Third Edition

实用声纳工程

[英] A. D. Waite 著

王德石 等译

徐 韬 张明敏 审

(第三版)



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

总策划:魏 刚

主 编:马伟明

海军新军事变革丛书

Sonar for Practising Engineers Third Edition

实用声纳工程

(第三版)

【英】 A. D. Waite, 著

王雄石等译

徐 韬 张明鳌 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING



Copyright © 2002 by Ashley Waite

All Rights Reserved. Authorized translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Ltd.

本书英文版由 John Wiley & Sons 公司出版, 该公司已将中文版独家版权授予中国电子工业出版社及北京美迪亚电子信息有限公司。未经许可, 不得以任何形式和手段复制或抄袭本书内容。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2004-3462

图书在版编目(CIP)数据

实用声纳工程(第三版)/(英)怀特(Waite, A. D.)著; 王德石等译. —北京: 电子工业出版社, 2004.9

书名原文: Sonar for Practising Engineers Third Edition

ISBN 7-121-00279-5

I. 实… II. ①怀… ②王… III. 声纳 IV. U666.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第086948号

责任编辑: 陈宇

印刷: 北京天竺颖华印刷厂

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

北京市海淀区翠微东里甲2号 邮编: 100036

经销: 各地新华书店

开本: 850×1168 1/32 印张: 10.25 字数: 270千字

印次: 2004年9月第1次印刷

定价: 25.00元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010)68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

海军新军事变革丛书

丛书总策划：魏 刚

编委会主任：马伟明

编委会副主任：文宏武 李敬辉 曹跃云 贲可荣

编委会委员：（以姓氏笔画为序）

马曲立 王公宝 王永生 王永斌

王德石 朱建冲 朱 锡 何 琳

吴正国 张永祥 张明敏 郁 军

高 俊 察 豪 蔡志明

选题指导：徐 韬 唐宗礼 秦 航 胡 颀

裴晓黎

出版策划：卢 强 吴 源

实用声纳工程（第三版）

主 审：徐 韬

副主审：张明敏

主 译：王德石

审 稿：张宝华 胡 波

翻 译：王炳辉 王文友

《海军新军事变革丛书》总序

进入21世纪，一场世界性的新军事变革以前所未有的深度和广度迅猛发展。这场变革以信息技术的飞速发展为直接动力，以军事技术的变革、军事理论的创新和军队体制结构的调整改革为核心内容，目标是把工业时代的机械化军队建设成为信息时代的信息化军队，使战争形态加速向信息化演变。因此，新军事变革是军事领域一次新的历史性飞跃，在世界军事史上具有划时代的意义。

党的十六大报告明确指出，国防和军队建设要“适应世界军事变革的趋势”，“努力完成机械化和信息化建设的双重历史任务”。新军事变革的深入发展，已经深刻改变了世界军事领域的面貌。认真研究它的内在规律，探索信息化战争的制胜之道，实现我军现代化建设的跨越式发展，是我们面临的现实而紧迫的历史性任务。面对新军事变革的浪潮，我们必须更新思想观念，开阔视野，时刻关注世界军事领域发生的深刻变化，准确预测世界军事发展的趋势，从我国的国情军情出发，牢牢把握军事变革的方向，加速推进中国特色的军事变革，不断提高人民海军现代化作战能力。

古人云：兵者，国之大事。死生之地，存亡之道，不可不察。中国是濒海大国，海上方向的防御是国防的重要组成部分。建设一个强大的国防，建设一支强大的海军，关系到民族的荣辱和国家的兴衰。中国近代屡遭列强来自海上的侵略，几乎所有的重要港口、岛屿和沿海地区，都曾受到外敌蹂躏。惨痛的历史告诫我们，军事上落后必然使国家遭受耻辱，没有海上安全就没有国家安全。海军

是一个国际性战略军种，担负着维护国家海洋权益、保卫国家海上安全的重要使命。我们必须看到，在世界性新军事变革中，战争形态已经发生了深刻变化，海军的作战和建设也出现了一系列新的特点。对此，我们应在密切关注的同时，深入研究信息化条件下的海军作战思想、武器装备、体制编制、教育训练和后勤保障，发展和创新海军作战理论，在推进中国特色的军事变革过程中完成机械化和信息化建设的双重历史任务。

江主席指出，在当今世界，任何一支军队，如果关起门来搞建设，拒绝学习国外先进的东西，是不可能实现现代化的。世界新军事变革的大潮来势猛、发展快。各军事强国纷纷加快军队的信息化建设，抢占战略制高点，虽然从总体上看，目前新军事变革还处在初级阶段，但外军在新军事变革中积累了一些有益的经验。同时，现代科学技术在国际间的迅速转移和相互渗透，为我们准确把握世界科技发展前沿、吸收最新科研成果提供了有利条件，也为我们最大限度地发挥后发优势、在自力更生的基础上跨越某些技术上的发展阶段、加快人民海军的现代化建设提供了机遇和可能。海军是技术与知识高度密集的军种，海军建设有其内在规律。我们在推进海军的军事变革时，必须坚持自主创新，同时大胆借鉴和吸收国外最新军事科研成果和先进经验，在借鉴和创新中实现“跨越式”发展。

发展与创新中很重要的方面是了解世界，面向未来。信息化战争从一定意义上来说，既是武器装备等物质条件的对抗，更是知识与观念等精神力量的较量。美国著名思想库兰德公司的军事研究专家马歇尔曾提出，未来“我们面临的首要挑战是知识的挑战”。夺取未来战争的战略主动权，必须依靠先进的科学技术和先进的军事理论。近年来，国外出版了许多研究新军事变革的著作和技术文献。把这些新的研究成果介绍给国内读者，有益于我们学习和借鉴外军的先进经验。海军装备部与海军工程大学组织专家编著翻译出版的

这套海军新军事变革丛书，以翻译国外海军先进技术和理论著作为主，出版海军军内自编教材和专著为辅，对世界海军在新军事变革中推出的研究成果进行了系统介绍。这是一项很有意义的工作。在此我谨对参与这项工作的各位专家表示感谢。同时对各位译、著者在笔耕之劳中付出的心血表示敬意。希望这套丛书能够对推进中国特色的军事变革，加快人民海军的信息化建设发挥积极的借鉴与参考作用。

海军司令员

张定发

二〇〇四年七月十八日

译者序

《实用声纳工程(第三版)》是原英国国防部声纳专家 Ashley Waite 的专著。就像作者在前言中所说的那样,该书的早期版本是声纳短训班课程的补充材料,其特点是广泛涵盖军用与民用领域,全面地论述了各类声纳的设计与使用特点,同时对与声纳相关的科学规律进行了全面而且简明扼要的归结,包括:声波传播的规律;基阵的形式与设计需求;混响与噪声产生机理与特征;声纳方程的使用以及信号处理等内容。尤其是在贯穿于全书的例子与各种讨论中,给出了基阵的各种设计参数与工作参数的真实值,比较科学地说明了各类声纳的工作性能和使用特点,其中在各类声纳的分析中,有许多观点值得借鉴。全面论述声纳实用技术的专著目前并不多见,本书在声纳设计使用与研究开发之间搭起了一座桥梁。所以作为培训教材,本书为声纳的使用人员和学习人员提供了全面的基础知识与结论性规律;作为参考资料,本书从应用的角度阐述了声纳技术涉及的所有问题,为声纳设计者与研究人员以及从事声学研究的相关人员提供了宝贵的经验。

当然,由于涉及的内容如此广泛,所以书中给出的往往是简化的内容和简明的结论。因此有两个方面的问题需要说明:一方面是书中简明的论述方式,它使得“阅读本书不需要具备声纳方面的基础,有关工程技术人员容易理解其中的物理原理与数学方法”(原文),从而可以对声纳有全面的了解;而另一方面,现代声纳技术发展毕竟是建立在先进的科学基础之上的,所以要进一步理解其中某些内容的深刻含义,如信号检测与估计等内容,就需要有相关的基础,尤其是信号处理方面的基础,有兴趣的读者可以沿着书中主线查看专门的书籍。要在本书中进一步深入讨论这些内容,从篇幅上说就是不现实的。

翻译过程中有些名词与习惯上的声纳术语不尽相同,例如波束图(指向性图)、旁射(边射、侧射、垂射)、端射(轴向发射)、脉冲宽度(脉冲长度、脉冲持续时间)、声速分布图(声速剖面图)、检测门限(检测阈)、目标强度(目标反射强度)、正横入射(垂直入射)、幅度(振幅)、幅度比较(鉴幅)、分辨宽度(分辨元)等等,其中大部分词汇习惯上是通用的和同义的,而有些则不尽然,书中附有词汇表可供比较。这里根据原著中叙述的需要尽量做了统一,并在忠实于原文的前提下,尽可能对其中的含糊叙述与错误之处进行了校正,希望能减少阅读时的混淆。尽管译者尽了很大努力,但限于水平与时间仓促,难免出现错误与不明确之处,希望读者给予指正。

译者十分感谢蒋兴舟教授与张明敏教授给予的帮助与指导,同时感谢编委会与出版社的同志们的支持。

目 录

1	声波	1
1.1	声波的运动	1
1.2	声压	2
1.3	参考声强	3
1.4	声源级	3
1.5	辐射功率	4
1.6	声纳功率的限制因素	4
1.7	空化	5
1.8	互耦合	7
1.9	基阵的变化	8
1.10	发射器灵敏度	8
1.11	水听器灵敏度	9
1.12	谱级	10
1.13	空气及海水中的声波	11
1.14	习题	12
2	基阵	13
2.1	发射基阵的要求	13
2.2	水听器基阵的要求	13
2.3	波束图	14
2.4	偶极子的指向性	14
2.5	一般的线列阵	17
2.6	线列阵:波束图与偏移角	19

2.7	旁射基阵:长度与间距	19
2.8	连续线列阵的波束图	19
2.9	束控	23
2.10	束控基阵:发射声源级	26
2.11	指向性指数	27
2.12	单偶极子的指向性指数	28
2.13	线列阵的指向性指数	30
2.14	平面阵的指向性指数	31
2.15	柱形阵的指向性指数	32
2.16	简单阵的指向性指数公式	34
2.17	共形阵	35
2.18	球面阵	35
2.19	体积阵	35
2.20	波束形成器	37
2.21	导流罩与基阵	38
2.22	习题	39
3	声在海洋中的传播	40
3.1	传播损失	40
3.2	损失	40
3.3	扩展损失	40
3.4	吸收损失	42
3.5	球面扩展和吸收	44
3.6	实际海洋中的传播	46
3.7	声速	46
3.8	声速分布图	47
3.9	深海声道	49
3.10	可靠声道	49
3.11	表面声道传播	51

3.12	会聚区传播	52
3.13	海底反射传播	53
3.14	传播损失模型	54
3.15	声线理论与豪德森模型	55
3.16	豪德森例子	57
3.17	性能预测	58
3.18	多途传播	62
3.19	习题	62
4	目标强度	63
4.1	定义	63
4.2	公式	63
4.3	测量	64
4.4	目标强度与脉冲类型及宽度的关系	64
4.5	球体的目标强度	65
4.6	一些简单形状物体的目标强度	66
4.7	小目标的目标强度	68
4.8	水雷目标强度	69
4.9	鱼雷目标强度	70
4.10	潜艇回波	71
4.11	正横方位上的目标强度	71
4.12	艇首方位上的目标强度	72
4.13	潜艇目标强度	72
4.14	拖曳阵	74
4.15	目标强度的削弱	74
4.16	实际目标强度值	77
4.17	习题	78
5	声纳系统中的噪声	79
5.1	噪声源	79

5.2	热噪声	79
5.3	海洋环境噪声	81
5.4	舰船噪声	84
5.5	声纳工作环境	84
5.6	自噪声	85
5.7	电力噪声	86
5.8	机械噪声	86
5.9	流噪声	87
5.10	螺旋桨噪声	87
5.11	随航速的变化	87
5.12	随频率的变化	88
5.13	方向性	88
5.14	自噪声与辐射噪声	88
5.15	噪声级的和	89
5.16	接收机噪声系数	89
5.17	声纳噪声系数	90
5.18	接收机容许噪声级	92
5.19	另类算法	94
5.20	实用值	95
5.21	习题	96
6	混响	97
6.1	混响源	97
6.2	散射与反射	97
6.3	边界粗糙度	98
4.16	实际目标强度值	77
4.17	习题	78
5	声纳系统中的噪声	79
5.1	噪声源	79

6.8	界面混响	103
6.9	散射层	105
6.10	体积散射强度	105
6.11	海面散射强度	106
6.12	海底散射强度	108
6.13	随频率的变化	110
6.14	冰面下的混响	111
6.15	习题	111
7	声纳方程	112
7.1	什么是声纳方程	112
7.2	声纳方程的用途	112
7.3	声纳基本方程	113
7.4	被动声纳方程	113
7.5	主动声纳方程	113
7.6	检测门限与检测指数	114
7.7	接收机工作特性	115
7.8	接收机工作特性曲线	116
7.9	习题	117
8	被动声纳	118
8.1	辐射噪声	118
8.2	辐射噪声的声源级	118
8.3	辐射噪声的特征	119
8.4	实际值	120
8.5	宽带技术与窄带技术	121
8.6	归一化处理	122
8.7	关于航迹信号	124
8.8	被动阵	124
8.9	被动听声	125

8.10	被动显示	127
8.11	检测门限公式	129
8.12	宽带平方律检波器	129
8.13	宽带互相关检波器	130
8.14	窄带处理器	130
8.15	窄带幅度检波处理器	132
8.16	算例	132
8.17	被动测距	137
8.18	三角形法	138
8.19	垂直方位被动测距	140
8.20	水平方位被动测距	143
8.21	拖曳阵	146
8.22	方位模糊	148
8.23	自噪声	150
8.24	习题	151
9	主动声纳	152
9.1	测距、脉冲及多普勒频偏	152
7.9	习题	117
8	被动声纳	118
8.1	辐射噪声	118
8.2	辐射噪声的声源级	118
8.3	辐射噪声的特征	119
8.4	实际值	120
8.5	宽带技术与窄带技术	121
8.6	归一化处理	122
8.7	关于航迹信号	124
8.8	被动阵	124
8.9	被动听声	125

9.13	全波束与半波束处理	169
9.14	波束形成	170
9.15	调频波相位单元化处理	171
9.16	连续波脉冲的处理	173
9.17	大孔径阵	174
9.18	检测性能	176
9.19	噪声与混响背景下的检测距离	179
9.20	模糊图	179
9.21	超长脉冲	190
9.22	工作性能降低因子	190
9.23	主动声纳显示	191
9.24	联合检测与识别	196
9.25	带宽	196
9.26	波束宽度	197
9.27	计算机辅助检测与识别(CADAC)	199
9.28	CADAC 的层	200
9.29	CADAC 与脉冲特征	202
9.30	统计分析法	202
9.31	幅度分布图法	203
9.32	多途传播对识别的影响	204
9.33	多途传播的简单例子	204
9.34	深海情形:声道中的声源与目标	205
9.35	深海情形:声道之下的声源与目标	206
9.36	浅海情形:半深处的声源与目标	207
9.37	习题	208
10	回波测深与旁视声纳	210
10.1	共同的特征	210
10.2	回波测深仪	210