



国防特色教材·船舶与海洋工程

声呐技术(第二版)

SHENGNA JISHU

田坦 编著

HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

北京航空航天大学出版社

北京理工大学出版社

哈尔滨工业大学出版社

西北工业大学出版社



国防特色教材·船舶与海洋工程

声 呐 技 术

(第二版)

田 坦 编著

哈尔滨工程大学出版社

北京航空航天大学出版社 北京理工大学出版社

西北工业大学出版社 哈尔滨工业大学出版社

内容简介

本书详细介绍了声呐系统的基本原理和采用的技术。全书分九章,分别叙述了声呐系统的测向、波束形成、测距、测速、以及信号接收与发送技术,同时还介绍了声呐系统常用的信号波形和典型的信号处理方法。此外还用专门的篇幅介绍了近代声呐的技术与系统。

本书突出原理和技术方面的叙述、分析,内容由浅入深,便于自学。它可作为高等院校水声工程专业的教材和从事声呐设计的技术人员的参考书,也可供通信、雷达、信号处理等专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

声呐技术/田坦编著. —2版. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2009.12

ISBN 978-7-81133-598-9

I. ①声… II. ①田… III. ①声呐-技术-高等学校-教材 IV. ①U666.73

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第199831号

声 呐 技 术

田 坦 编著

责任编辑 薛力

*

哈尔滨工程大学出版社出版发行

哈尔滨市南岗区东大直街124号(150001) 发行部电话:0451-82519328 传真:0451-82519699

<http://press.hrbeu.edu.cn> E-mail:heupress@edu.cn

哈尔滨工业大学印刷厂印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:17.75 字数:363千字

2000年3月第1版 2010年1月第2版 2010年1月第1次印刷 印数:1000册

ISBN 978-7-81133-598-9 定价:47.00元

前 言

本书是一本阐述声呐系统基本原理和技术的专业教材,它是适合于高等院校水声专业的教学用书,也可供从事水声工程的专业技术人员阅读,还可供通信、雷达、信息处理、导航专业的师生参考。

本书的编写以声呐系统的通用技术为主,目的是使读者通过本书掌握声呐系统中常用的技术,以便为今后进一步从事这方面的工作打下基础。书中内容以电子电路和信号处理理论为基础,但在编写中对于信号处理理论和具体的电子电路并不进行深入讨论。这是由于该书既不是信号处理教材也不是电子电路教材,因此撰写时注意了在这两方面的折中。

本书共分9章。第1章为绪论,介绍了声呐的发展简史和技术现状,以及声呐系统的分类、技术指标。考虑到声呐方程对从事水声工程的技术人员是必不可少的工具,因而对声呐方程及其有关参数也作了简要的介绍。第2章介绍了主动声呐常用的信号形式。第3章则叙述了常用的测向方法。在第4章用较大的篇幅介绍了声呐系统中的波束形成技术,这是因为波束形成在某种程度上已成为近代声呐的核心。第5章与第6章分别叙述了声呐系统中目标距离测量和速度测量问题,并将声呐载体速度的测量也归入速度测量范畴。第7章介绍声呐信号接收与发送的有关问题,着重叙述了声呐总体设计者最关心的检测阈与动态范围压缩和归一化方法。对于声呐信号的发送只简要提及信号的发生和匹配技术。第8章加以介绍了声呐系统常用的几种典型信号处理方法。在该章中,编著者尽量从工程角度叙述这些方法,并注意不与信号处理课程有关内容重叠。第9章从应用的角度介绍了某些近代声呐系统及其所采用的技术,目的是使读者对当前声呐技术的工程应用情况及发展前景有一概貌的了解。

本书的内容是作者对多年从事该课程教学的讲稿进行归纳补充而成稿的。本书第二版中又进行了补充和修改。

首先纠正了第一版中的由于作者不慎而造成的多处文字错误。在编排上,删去了一些较为过时的内容,增加了一些反映现代技术的内容。变动较大的例子是,原书第七章声呐信号的发送与第八章声呐信号的接收合并为第七章,删去了大部分有关发射机具体细节的叙述。也删去了更为专门化的第十章水声定位系

统。现在的第9章则是新增的全新内容。其他增删之处不一一列举。

刘国枝教授和孙大军教授参与了本书第一版部分章节的编写工作,在此深表谢意。感谢作者的研究生们绘制了书中大部分插图,减轻了作者的工作量,在此不再一一列名了。

由于编著者水平所限,书中叙述定有许多不当之处,恳请读者批评指正。

编著者
2009年1月

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 概 述	1
1.2 声呐的发展简史和声呐的现状	2
1.2.1 声呐的发展简史 ^{[1][4][5][6]}	2
1.2.2 声呐技术现状	3
1.3 声呐系统的分类	5
1.3.1 引言	5
1.3.2 按工作原理(方式)分类	6
1.3.3 按声呐装置的体系分类	8
1.4 声呐系统的战术指标和技术指标	12
1.4.1 引言	12
1.4.2 声呐系统的主要战术指标	12
1.4.3 声呐系统主要技术指标	15
1.5 声呐方程	16
1.5.1 主动声呐方程	17
1.5.2 被动声呐方程	19
习题与思考题	20
参考文献	20
第 2 章 主动声呐信号分析	22
2.1 概 述	22
2.2 主动声呐信号的几种描述方法	23
2.2.1 时间函数	23
2.2.2 频谱函数	24
2.2.3 模糊函数	24
2.3 信号的模糊函数	24
2.3.1 信号的多普勒频移	25
2.3.2 信号的模糊函数	27

2.3.3	模糊函数的性质	30
2.4	常用主动声呐信号特性	31
2.4.1	单频矩形脉冲(CW)	31
2.4.2	线性调频(LFM)脉冲信号	33
2.4.3	双曲线调频信号	36
2.4.4	伪随机调相信号与伪随机信号	41
2.4.5	信号形式及工作参数的选择	42
	习题与思考题	44
	参考文献	45
第3章	声呐系统定向方法	46
3.1	声呐系统定向的基本原理	46
3.2	最大值测向	47
3.2.1	原理 ^[1]	47
3.2.2	定向精度分析	48
3.3	相位法测向	50
3.3.1	相位法测向的定向精度与多值性	50
3.3.2	和差式相位测向方法 ^[3]	52
3.3.3	检相法	56
3.4	振幅差值测向法	58
3.5	相幅法测向	60
3.6	正交相关测向法	61
3.6.1	概述	61
3.6.2	相关法测向原理 ^{[8][9][10]}	62
	习题与思考题	65
	参考文献	66
第4章	声呐的波束形成技术	67
4.1	声呐波束形成的一般原理	67
4.1.1	波束形成的基本原理	67
4.1.2	多元阵指向性的一般表示	69
4.1.3	阵元的幅度加权	71
4.2	直线多波束阵的有关问题	76
4.2.1	引言	76

4.2.2	线阵的自然方向性特性	77
4.2.3	相移波束形成与时延波束形成	78
4.2.4	直线阵扫描角度的限制——中心非模糊扇面的概念	79
4.2.5	中心非模糊扇面内的独立波束数	81
4.3	直线阵相移波束形成器	83
4.3.1	电阻相移波束形成器	83
4.3.2	DFT 波束形成	87
4.4	波束扫描技术(脉冲内波束扫描)	90
4.4.1	时变相移波束扫描	90
4.4.2	DFT 波束扫描器	93
4.5	线阵时延波束形成	100
4.5.1	引言	100
4.5.2	多比特与单比特数字多波束系统	101
4.5.3	时间压缩式数字波束形成	103
4.5.4	数字内插波束形成	106
4.6	圆阵波束形成的几种方法	109
4.6.1	电子开关波束形成	109
4.6.2	横向滤波器波束形成	110
4.6.3	加法延迟线波束形成器	114
4.7	频域波束形成	115
4.7.1	频域波束形成的基本原理 ^[23]	115
4.7.2	均匀间隔直线阵频域波束形成	116
4.7.3	圆阵频域波束形成 ^{[23][24]}	118
	习题与思考题	119
	参考文献	121
第 5 章	声呐系统的测距方法	123
5.1	概 述	123
5.2	主动测距方法	123
5.2.1	脉冲测距法 ^[1]	123
5.2.2	调频信号测距法	125
5.2.3	相位测距法	135
5.3	被动测距方法	137
5.3.1	概述	137

5.3.2	被动测距的几何原理	138
5.3.3	测距误差分析	140
5.3.4	关于时延的测量	144
	习题与思考题	146
	参考文献	146
第 6 章	声呐系统的测速方法	148
6.1	概 述	148
6.2	目标速度的测量	148
6.2.1	位变率法	148
6.2.2	回波脉冲比较法	150
6.2.3	多普勒测速法	151
6.3	本舰航速的测定	154
6.3.1	概述	154
6.3.2	多普勒测速法	154
6.3.3	相关测速	163
	习题与思考题	168
	参考文献	169
第 7 章	声呐信号的接收与发送	170
7.1	声呐接收机与发射机组成及主要技术指标	170
7.1.1	概述	170
7.1.2	接收机与发射机的主要技术指标	171
7.2	接收机工作特性	175
7.2.1	阈值、检测概率和虚警概率 ^[2]	175
7.2.2	接收机工作特性曲线 ^[4]	177
7.2.3	被动声呐 ROC 的建立 ^[5]	178
7.2.4	检测阈	182
7.2.5	声呐接收机工作特性的应用——置信级的确定	184
7.3	接收动态范围压缩和归一化	186
7.3.1	动态范围压缩和归一化的概念	186
7.3.2	自动增益控制系统(AGC) ^[10]	187
7.3.3	混响归一化	191
7.3.3	混响增益控制	192

7.3.4	空间背景归一化和频域背景归一化	193
7.3.5	其他常用的动态范围压缩和归一化方法	195
7.4	声呐发射机有关问题	198
7.4.1	发射波形的产生	199
7.4.2	相控发射	201
7.4.3	声呐发射机的负载匹配	204
	习题与思考题	206
	参考文献	207
第8章	典型声呐信号的处理方法	208
8.1	概 述	208
8.2	主动声呐信号处理	209
8.2.1	匹配滤波器	209
8.2.2	两种信号匹配滤波器的输出	212
8.2.3	时间压缩相关器	215
8.2.4	差频相关器	218
8.2.5	信道的影响及改进方法	222
8.3	被动声呐信号处理	224
8.3.1	被动声呐信号处理的特点	224
8.3.2	平方积分处理	226
8.3.3	分裂阵互相关接收	231
	习题与思考题	232
	参考文献	234
第9章	现代声呐技术和系统介绍	235
9.1	概 述	235
9.2	拖曳线列阵声呐与舷侧阵声呐	237
9.2.1	拖曳线列阵声呐	237
9.2.2	舷侧阵声呐	240
9.3	双基地和多基地声呐	241
9.3.1	引言	241
9.3.2	双基地声呐定位原理	242
9.3.3	双基地与多基地声呐的配置	244
9.3.4	双基地与多基地声呐的其他技术问题	246

9.4 地形地貌探测声呐	247
9.4.1 引言	247
9.4.2 侧扫声呐	248
9.4.3 多波束回波测深仪(条带测深仪)	250
9.5 探雷声呐和合成孔径声呐	255
9.5.1 猎雷声呐	255
9.5.2 合成孔径声呐(SAS)	260
9.6 水声通信技术简介	265
9.6.1 引言	265
9.6.2 水声通信的特点和面临的问题	265
9.6.3 水声通信的体制	267
习题和思考题.....	269
参考文献.....	271

第1章 绪 论

1.1 概 述

声呐是“Sonar”一词的译音,它由 Sound(声)、Navigation(导航)和 Ranging(测距)三个英文字头的字头构成,意思是声导航与测距^[1]。今天的声呐,其含义早已超出原来所指的内容。什么是声呐?简言之,声呐是利用水下声波判断海洋中物体的存在、位置及类型的方法和设备。近年来,人们更将声呐的含义加以推广,以致凡是利用水下声波作为传播媒体,以达到某种目的的设备和方法都称之为声呐。然而人们更习惯于将声呐理解为具体的设备,因而凡是利用声波对水下目标进行探测、定位、跟踪、识别,以及利用水下声波进行通信、导航、制导、武器的射击指挥和对抗等方面的水声设备皆属声呐这一范畴。

由于声呐是利用水下声波对目标进行探测和定位的设备,因而水面舰艇、潜艇、鱼雷、水雷、水下暗礁、鱼群及其他能发出声波或产生回波的水下物体,均可作为声呐的探测目标。所以,声呐在军事上和国民经济中具有广泛的用途。

声呐在军事上的应用始于第一次世界大战。例如水下目标的探测、定位及跟踪、水下武器的射击指挥、水下通信、水雷探测、水下导航、目标识别、水下武器制导、侦察与干扰等几乎都首先在军事上得到应用^[2]。

水下目标探测,是指利用目标自身发出的声波(包括自身的噪声或主动发出的声信号)或目标的回波来确定目标的存在。定位则是利用上述声波来确定目标的位置,包括目标的距离、方位及深度。对水中感兴趣的目标进行连续不间断的跟踪探测称为跟踪。区分目标的类型和性质是通常所指的识别。所谓目标类型和性质是指目标的大小,是假目标或是真目标(例如石头、鱼或舰艇),是我方舰艇或是敌方舰艇,是何种类型的舰船等等。通信是指各潜艇之间,潜艇与水面舰艇之间利用声波传递信息。水面舰艇之间一般不用水声通信,因为无线通信远比水声通信可靠且距离更远。导航是声呐的另一广泛应用领域,可以利用测得的水深、本舰的航速来提供本舰的位置和速度等参数。例如船只进港常需用多普勒导航声呐,潜艇在冰下航行则必须利用声呐进行导航。近年来水下武器广泛利用非触发声引信,因而利用声波使武器(如鱼雷)导向目标的声制导技术就得到广泛应用。鱼雷上有主动或被动式声波导向目标的制导装置,而新型水雷也逐步向这方面发展。侦察敌方声呐参数(如频率)或利用干扰声和假目标来压制、迷惑敌方声呐的技术统称为水声对抗。

声呐广泛用于民用目的是从第二次世界大战结束后开始,并随着海洋事业的发展使用范围日益扩大。除回波测深外,海底地貌测绘、海洋地质考查、船舶导航、鱼群探测、遥控遥测等

都越来越依赖于声呐。在海上石油勘探和开采过程中,在水下石油管道铺设与定位、船舶动力定位、井口重入等方面,声呐已经并将进一步发挥其重要作用。

本书的主要目的是叙述声呐系统有关的技术问题。有关水声学本身的问题(例如声波在水中传播规律、声辐射、反射、目标特性以及水下噪声的理论等)不是本书讨论的内容,但本书将利用水声学的某些结论,读者可参阅参考文献[1]和[3]。在阅读本书之前还建议读者复习一下关于信号检测和数字、模拟电路方面的知识。

1.2 声呐的发展简史和声呐的现状

1.2.1 声呐的发展简史^{[1][4][5][6]}

声呐技术的发展和和其他学科的发展一样,也是随着军用与民用的需要和其他学科的发展而逐渐发展起来的。自1490年意大利的艺术家、科学家达·芬奇发现声管,至今已有500多年的历史。那时,他用一头闭合的“声管”插入水中,发现可以听到远处的船舶航行噪声,这大概可以说是最早的声呐了。这500多年声呐技术的发展从时间上大体可分为五个阶段。

1490年至第一次世界大战前可认为是声呐技术的漫长探索阶段。在这期间,人们对于水声传播问题知之甚少。直至1827年瑞典和法国的科学家才第一次测得水中声速。也许1912年英国泰坦尼克号巨型豪华客轮首航纽约在北冰洋触礁沉没的惨剧,方使科学家们认识到声呐的重要性,因而直到19世纪初才开始研制用于航海和 underwater 通信的水声器材。

1914~1918年的第一次世界大战是声呐发展的第二阶段。在此期间,由于德国人使用潜艇击沉了协约国(俄、英、法)几千艘水面舰艇,迫使参战国研制水声设备。直到1917年法国科学家郎之万首次使用了超声换能器,加上当时发展的电真空技术,才探测到海底回波和钢板的回波。他的设备很快就达到能探测潜艇回波的水平。这期间人们利用人的双耳效应制成了噪声定向仪——噪音站。这样,协约国才有了对付德国潜艇的手段,从而使德国潜艇不再能耀武扬威地在水下横行。

第一次世界大战后至第二次世界大战前是声呐技术稳定而持续发展的时期。这期间,由于超声技术和电真空技术以及无线电技术取得一系列成就,各国相继制成了许多形式的噪音站。回声定位仪已在美国成批生产,磁致伸缩换能器和压电换能器也已相继问世。人们对海水中声传播的理论也进行了较为深入的研究,例如认识了海水温度对声速的影响以及海水的声吸收与频率的依赖性等等。

第二次世界大战(1939~1945)的爆发,使声呐技术迅速发展到了新的阶段。由于潜艇在战争中的作用极为突出,因此它已经对海上运输船和水面作战舰艇构成严重威胁。为了有效地对付潜艇,声呐成为实施反潜战的不可缺少的耳目。这期间美、英、法等国家相继研制了各

种类型的声呐。水面舰艇的主动声呐、潜艇的被动声呐、扫描声呐、机械转动的换能器基阵,以及具有音响制导的鱼雷和音响水雷等都是这一时期发展起来的。由于电子技术的发展,声呐设备已经不再是简单的收发装置,而逐渐成为复杂的电子和电声系统了。这一时期,人们在理论和实验研究方面也取得了一系列成就,例如对传播衰减、吸收、声散射、目标的反射特性、目标强度、尾流、舰艇噪声以及人耳的识别能力等都进行了深入的研究。如果说第一次世界大战期间的声呐技术还处于幼儿阶段的话,那么第二次世界大战期间的声呐技术则趋于成熟了。

第二次世界大战结束至今已有 60 多年了。这 60 多年,随着科学技术的进步,声呐技术也得到了突飞猛进的发展。电子技术特别是微电子技术的发展、人们对海洋中声传播规律的掌握,以及导弹武器和核潜艇的出现等,是推动声呐技术发展的主要因素。战后声呐技术发展的主要特点是采用低频(主动声呐频率低到 1~3 kHz)、大功率(几百千瓦甚至兆瓦)、大尺寸基阵,并广泛采用信号处理技术。由于使用了低频和大发射功率,致使换能器基阵尺寸大大增加,例如某些声呐的柱形或球形基阵直径达到 5 m 的量级。这种大尺寸基阵只能固定安装,不再能机械转动。因而,普遍采用多元阵和波束形成技术,即利用电子相位或时延补偿技术来控制波束在预定扇面内扫描,或同时形成多个指向的波束。结果,使声呐的空间搜索速率大为提高。在信号处理方面广泛采用相关处理,脉冲压缩和快速傅里叶变换(FFT)等技术来提高接收机的处理增益。在传播途径的利用方面,利用了多途径传播效应使声呐作用距离大为提高。数字技术的发展使声呐的许多信号处理功能均可由计算机和专用微处理器实现。下面我们将结合声呐技术的现状叙述声呐发展的几项突出成就。

1.2.2 声呐技术现状

第二次世界大战后至今,虽然未发生过世界性的大战,但局部战争从未间断过。从 20 世纪 50 年代开始,由于核动力潜艇的出现,反潜问题受到各国空前的重视,推动了声呐技术的发展。进入 60 年代后,由于新电子技术在声呐中的实际应用,声呐的发展更为迅速,声呐已逐渐改变了原来的面貌。在军用声呐中,除了人们熟知的采用低频、大功率和大基阵尺寸之外,还有几项声呐技术方面值得一提的成就,它们反映了声呐技术的现状。下面简要叙述一下这些成就^[7,8]。

1. 深海声传播途径的应用

深海声道是存在于深海中的一种自然现象,在 20 世纪 60 年代才被人们发现并试图利用它来探测远程目标。20 世纪 80 年代各国海军的远程声呐几乎都利用了深海声道传播途径。

当声波从海面附近以某种倾角向水中发射时,由于负温度梯度所形成的负声速梯度的影响,使声线渐近向海下弯曲。在到达海深 1 000 ~ 1 200 m 处时,水温开始恒定不变,此处声速值最小,称深海声道轴。声波过声道轴后,向深海延伸。由于静水压力随深度而增加,又使声

速逐渐增大,形成正声速梯度层,声线又力求向海面方向弯曲,最后终于从海洋深处又折回海面附近。然后,声波又从海面附近折向海下,重复前述传播过程,便在海面和海底之间形成多次折射的传播途径。声波从海面附近某点向海下传播过声道轴后又折向海面附近另一点,两点之间的水平直线距离大约为 30 余海里。第一折回点所在区域称为深海第一会聚区,第二折回点所在区域称为第二会聚区等等。声波沿深海声道传播时,可将声能会聚到一个狭窄通道内,因而可传播很远的距离。舰艇主动式声呐使用此种深海声道传播途径,可探测到第一会聚区(30~35 海里)的目标,而被动声呐可探测到第三会聚区(大于 100 海里),甚至更高次会聚区的目标。可见,使用深海声道效应可实现远程目标探测,在军事上有极其重要的意义。现代声呐可以利用直达路径、海底海面反射和深海声道三种途径探测目标。

2. 信号处理和数字技术的应用

人们早已得知,接收机中采用信号处理技术可以提高输出信号/噪声比,从而可以提高设备的作用距离。然而,早期的声呐接收机基本上是对接收的信号进行放大、检波后进行显示或收听,没有或很少采用信号处理技术。造成这种现象的原因,一方面是因为人们对水声环境和无线电波环境的差异认识不足,致使雷达和无线电通信中已成功使用的信号处理技术不能成功地在声呐上得到应用。另一方面,已经发展的信号处理方法,难以用模拟电路实现,或实现过于复杂。随着数字技术,特别是微处理器和新的超大规模集成数字信号处理器(DSP)的出现,使得许多需要进行大量运算的信号处理方法的实现成为可能。20 世纪 60 年代末期,数字电路已经开始取代了多种传统的模拟电路,使声呐设备的体积大为减小。70 年代初,数字计算机已应用于声呐信号处理和系统的管理。微处理机的出现,使计算机的结构有新的发展。各种专用和通用高速 DSP 的出现和各种新的信号处理算法的开发使用,使声呐设备的面貌发生了全新的变化。近年来,一些新的信号处理算法,如快速傅里叶变换(FFT)、数字波束形成、互谱法定向,以及各种自适应算法已经开始应用于军用声呐。当今的声呐已经成为由计算机管理的多个 DSP 组成的系统,而且复杂的系统管理程序和信号处理应用程序也已成为现代声呐极其重要的组成部分。

3. 新声呐体制的采用

二战期间及其后相当长的时间里,声呐的水下部分大都是舰壳固定安装的单个换能器或换能器基阵。舰壳安装的主动声呐的性能常受本舰航行噪声的限制。20 世纪 60 年代初期国外开始使用拖曳式声呐。这种声呐的换能器基阵和发射机连同一些接收前置预处理电路均置于可拖曳的导流罩内,用拖缆拖于舰艇后方水中。由于拖曳体远离本舰辐射噪声源,且可调节深度以适应不同水文条件,因而使声呐作用距离大大增加。普遍认为,拖曳式声呐是主动声呐中性能最好的一种主动声呐体制。另一种拖曳式声呐是用于被动探测的拖曳线列阵声呐。它将多个水听器沿拖缆长度方向安装,排成线列阵,由水面舰艇、潜艇或反潜直升飞机等拖于水

中。由于拖曳线列阵可做得很长,因而可采用低声频和深海声道传播途径实现远程探测。拖曳式线列阵声呐已成为国内外海军相继采用的新型被动声呐。

被动式声呐发展中的另一突出成就是被动测距声呐的使用。早期的被动声呐只能测目标方位,不能测目标距离。20世纪70年代被动测距声呐的出现被认为是声呐技术的一种重大突破。它意味着潜艇可以完全依靠被动声呐对敌舰进行定位,并引导鱼雷实施攻击。这对在海战中保持潜艇的隐蔽性和增强潜艇的突然袭击能力,具有极其重要的意义。

舷侧阵(Frank 阵)声呐是20世纪90年代使用的最新被动声呐体制。它与拖曳线列阵不同,其多个水听器沿潜艇两舷侧贴装,纵向排列成长线列阵。由于它既不破坏潜艇的线型,基阵长度又很大,在某种程度上它具有舰壳声呐和拖曳线列阵两者的优点,是目前舰壳声呐中作用距离最远的声呐。

4. 被动目标识别技术的研究与应用

传统的被动目标识别方法是采用听觉,由有经验的声呐操作员来判别目标的性质。近年来国内外都十分重视被动识别技术的研究。这是因为潜艇为保持其隐蔽性,很少使用主动声呐,因而利用被动声呐根据接收的目标噪声识别目标的性质(水面舰艇或潜艇、何种类型的舰艇等)就显得尤为重要。潜艇在对目标进行性质识别之前往往无法采取行动。目标识别的过程由特征分析、特征提取和目标分类鉴别三步构成。由于进行目标识别时必须有一个包含各种目标信息的数据库和一整套目标识别软件,因此目标识别系统实际上是一个复杂的计算机软件工程。目前国外有些海军的潜艇已经有了可供使用的识别系统。被动目标自动识别技术的使用,无疑是声呐技术发展的一项重要成就。

军用声呐技术的发展除上述几点外,水声对抗技术、声呐终端显示、全球性反潜探测数据传输处理控制、新材料的应用等,均已进入到一个新的阶段。军用声呐技术的发展,必然带动民用声呐的使用和发展。声呐已经广泛地应用于海洋资源的勘探和开发,可以预料,不久的将来,声呐必将在海洋事业和国民经济中发挥愈来愈大的作用。

1.3 声呐系统的分类

1.3.1 引言

迄今为止,国内外已经使用或正在研制的声呐不下百种。为了在众多的形形色色的声呐系统中区分其功能、用途、所用技术等等,必须对它们进行分类。与其他系统的分类一样,声呐系统也可以从各种角度来进行分类。不同的两个具体声呐按某种分类方法应属同一类,而按另一种分类方法则可能又属不同的类别。因此了解不同的分类方法,能使我们从不同的角度

来认识和评价声呐。

声呐系统分类的方法很多,笼统地可分为军用和民用两类声呐。按工作原理(方式)划分可分为主动式声呐和被动式声呐。回音站、测深仪、通信声呐、探雷声呐等等均可归入主动声呐类,而噪音站、侦察声呐等则归入被动声呐类。若按装置体系分类,可分为舰用声呐、潜艇用声呐、岸用声呐、航空吊放声呐和声呐浮标、海底声呐等等。按工作性质(战斗任务)分类可分为通信声呐、探测声呐、水下制导声呐、水声对抗系统等。显然,其中不止一种同为主动声呐。探测声呐中按换能器基阵扫描(搜索)方式划分可分为步距式单波束声呐、环扫声呐、旁扫声呐、相控扫描声呐、多波束声呐等。人们还可按技术特性来分类,例如按信号波形分类有脉冲声呐、连续调频声呐、阶梯调频声呐、双曲线调频声呐、编码声呐等。读者还可以按自己的理解对声呐系统进行其他的分类。

下面重点讨论按工作原理和装置体系进行声呐分类的方法,并通过分类介绍各种声呐的主要特点。

1.3.2 按工作原理(方式)分类

如前所述,按声呐工作原理分类可分为主动式声呐和被动式声呐两类。

1. 主动声呐

有目的的主动从系统中发射声波的声呐称为主动声呐。它可用来探测水下目标,并测定其距离、方位、航速、航向等运动要素。主动声呐发射某种形式的声信号,利用信号在水下传播途中障碍物或目标反射的回波来进行探测。由于目标信息保存在回波之中,所以可根据接收到的回波信号来判断目标的存在,并测量或估计目标的距离、方位、速度等参量。具体地说,可通过回波信号与发射信号间的时延推知目标的距离,由回波波前法线方向可推知目标的方向,而由回波信号与发射信号之间的频移可推知目标的径向速度。此外由回波的幅度、相位及变化规律,可以识别出目标的外形、大小、性质和运动状态。

主动声呐主要由换能器基阵(常为收发兼用)、发射机(包括波形发生器、发射波束形成器)、定时中心、接收机、显示器、控制器等几个部分组成,如图 1.1 所示,其中接收机有丰富的内涵。早期的主动声呐接收机只是由一些常规的放大器、滤波器和检波器组成。近代声呐接收机的含义已远远超出了原有的内容,它包括了前置预处理器或信号调节器(Conditioner)、信号处理器。信号调节器则包含必不可少的前置放大器、滤波器和归一化电路,以及采样保持电路和模拟数字(A/D)转换器。信号处理器主要由微处理器和专用信号处理芯片构成。主动声呐由定时中心控制产生电信号(通常由振荡器和调制器组成的波形发生器产生),然后按发射波束形成器的需要进行时间延迟。延时的信号通过一组收发转换开关分别加到各发射换能器上,将电信号转换成声信号向水中发射。换能器基阵用来把声能“聚焦”到预定方向上,即