

光纤水听器及其关键技术

洪新华 郑黎 著

内蒙古人民出版社

2005.12

✱ ✱

图书在版编目(CIP)数据

光纤水听器及其关键技术/洪新华 郑黎著. —呼和浩特:
内蒙古人民出版社, 2005. 12

ISBN 7-204-07577-3

I. 光… II. 洪… III. 光纤水听器及其关键技术
IV. 296.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 114326 号

光纤水听器及其关键技术

洪新华 郑黎著

内蒙古人民出版社出版发行

(呼和浩特市新城区东风路祥泰商厦写字楼副 1 号楼)

河南省新乡市第一印刷厂印刷

开本: 880×1230 1/32 印张: 4.75 字数: 132 千字

2005 年 12 月第 1 版 2005 年 12 月第 1 次印刷

印数: 1-1000 册

ISBN 7-204-07577-3/K·461 定价: 38.00 元

编 者 的 话

光纤水听器是一种建立在光纤、光电子技术基础上的水下声信号传感器,近年来光通信技术和传感器技术的高速发展为研制高性能的光纤水听器提供了技术支持。由于光纤水听器明显的军事用途,受到各国的高度重视和保护,相关的文献资料很少。本书全面分析了光纤水听器所涉及的技术领域、国内外发展概况和研究现状,充分表述了国内外光纤水听器技术研究成果,阐述了干涉型和光栅型两种主要光纤水听器的关键技术及其解决方案。干涉型光纤水听器是目前最有发展前途的水听器,而光栅型光纤水听器是当前国际上的研究热点。

本书以 Mach-Zehnder 光纤干涉仪为核心,讨论了干涉型光纤水听器的传感原理及灵敏度的定义。以研制单模光纤水听器和全保偏光纤水听器原理样机着手,重点研究了信号检测技术、水听器传感头设计和偏振态控制技术。在所研制的光纤水听器原理样机的基础上进行了一系列实验,发现单模光纤水听器存在一些缺陷。书中以图片的形式进行了详细的描述,其中对于输出信号的随机起伏问题,不同于其他文献报道的是偏振态随机变化导致的结果;而发现光纤水听器所使用的光源线宽的大小也会导致输出信号的起伏,输出信号的起伏是二者共同作用的结果。书中从理论上系统地分析了这些问题,做了充分的实验验证,并给出了实验结果,提出了详细的解决方案。在讨论了保偏光纤的基本特性以后,提出采用高双折射保偏光纤设计了一套全保偏光纤水听器系统,给出了系统的详细描述。在该系统中,设计了一个基于 DDS 技术的高精度、高稳定性的外调制驱动信号源,制作了一体化保偏光纤干涉仪。然后采用超窄线宽 ($\Delta\lambda=100\text{KHz}$) 的激光器、在线式光纤起偏器、铌酸锂电光高速调制器等器件对系统进行了实验和性能测试,结果表明这种光纤水听器的性能得到了明显的改善。

在研制光纤水听器原理样机的过程中,通过对水听器性能参数和

结构的分析,选择了合适的弹性体材料,设计了一种可以补偿低加速度响应、具有高灵敏度的光纤水听器探头,给出了详细的结构设计原理图。该探头具有结构、工艺简单、加速度响应灵敏度低等优点。

光纤 Bragg 光栅 (FBG) 在声纳领域的应用受到了国内外的普遍重视,本书对光纤 Bragg 光栅水听器进行了原理性的研究。针对传感应用的具体特点,系统分析了传感用光纤光栅的特点,对光纤的光敏性及其增敏技术、光纤光栅的成栅机理及其影响光纤光栅传感系统工作可靠性的机械特性和热特性进行了较为详细的研究,而重点的研究内容是光纤 Bragg 光栅水听器的信号解调技术,提出了一种基于 DWDM 的 FBG 水听器信号解调的新方法,并与其他单位合作研制了一套 FBG 水听器。对所研制的 FBG 水听器和新的解调方法进行了实验,取得了初步的实验结果,结果表明该方法是正确的,具有很强的实用性。

最后作者还提出了一种基于 DWDM 技术和相位产生载波 PGC 技术的干涉型光纤水听器的阵列构建方法,给出了阵列体系结构,分析了其可行性。

本书是作者在实际研究工作的基础上,结合光纤传感的最新发展写成的,国内还未见同类著作问世。因此,作者力求在书中反映当代新概念、新技术以保持本书的先进性和实用性,满足对本学科有兴趣的研究者参考之用。但由于学识浅陋,水平有限,存在的问题一定不少,希望学术同仁不吝赐教,共同提高。

本书的研究工作是在中国科学院创新工程和河南科技学院重点科研项目资助基金的资助下完成的,在此表示衷心感谢!

洪新华

2005 年 12 月于新乡

目 录

编者的话

第一章 导 言	1
1.1 光纤水听器的发展与研究现状	3
1.2 光纤水听器所探测的水下目标特性	9
1.3 主要研究内容	13

第二章 干涉型光纤水听器原理及关键技术	15
2.1 M-Z 干涉仪基本原理	16
2.2 干涉型光纤水听器原理	18
2.3 干涉型光纤水听器关键技术	22
2.3.1 信号检测技术	25
2.3.1.1 无源零差相位解调技术	25
2.3.1.2 相位产生载波零差解调技术	27
2.3.2 传感头结构设计	31
2.3.2.1 心轴型传感头结构	32
2.3.2.2 平面型传感头结构	34
2.3.2.3 椭球型传感头结构	36
2.3.2.4 微弯型传感头结构	36
2.3.3 偏振衰落控制技术	37

第三章 全光纤化干涉型水听器	39
3.1 普通单模全光纤化水听器	40

3.1.1 单模光纤的选择.....	42
3.1.2 光源选择及驱动电路设计.....	43
3.1.3 实验方法及性能测试.....	47
3.1.4 普通单模光纤水听器存在的问题及解决方法.....	51
3.2 全保偏光纤化水听器.....	63
3.2.1 偏振保持光纤的基本特性.....	63
3.2.2 干涉型光纤水听器对保偏光纤的要求.....	66
3.2.3 采用 DDS 技术的外调制器驱动信号源系统设计.....	69
3.2.4 保偏光纤干涉仪加工及测试.....	76
3.2.5 保偏光纤水听器实验系统及其性能测试.....	77
3.2.6 保偏光纤水听器系统的噪声分析.....	83
3.3 低加速度响应水听器探头设计.....	85
第四章 光纤光栅水听器原理及信号解调技术.....	90
4.1 光纤光栅的基本理论.....	91
4.1.1 光纤光栅的分类.....	91
4.1.2 光纤光栅的光学性质.....	92
4.1.3 光纤光栅的热稳定性质和机械特性.....	95
4.2 光波在光纤光栅中的传输.....	99
4.3 传感领域使用的光纤光栅选择.....	101
4.4 光纤 Bragg 光栅水听器原理.....	102
4.5 FBG 传感器的信号解调技术.....	105
4.5.1 可调窄带滤波器法.....	105
4.5.2 可调谐光源法.....	107
4.5.3 平行探测法.....	109
4.5.4 非平衡 M-Z 干涉法.....	111
4.6 基于 DWDM 技术的 FBG 水听器信号解调.....	113
4.6.1 密集波分复用技术.....	113
4.6.2 FBG 水听器信号解调技术.....	115

4.6.3 实验结果和讨论.....	117
第五章 光纤水听器阵列技术.....	122
5.1 光纤 FBG 水听器阵列技术.....	123
5.1.1 时分复用技术.....	123
5.1.2 频分复用技术.....	124
5.1.3 空分复用技术.....	125
5.1.4 波分复用技术.....	125
5.2 干涉型光纤水听器阵列技术.....	127
5.2.1 DWDM 和 TDM 结合的复用结构.....	127
5.2.2 DWDM 和 PGC 技术结合的阵列方案.....	129
第六章 结 语.....	133
参考文献.....	138

第一章 导 言

1.1 光纤水听器的发展与研究现状	3
1.2 光纤水听器所探测的水下目标特性	9
1.3 主要研究内容	13

光纤水听器是一种建立在光纤、光电子技术基础上的水下声信号传感器,它能将水声信号转换成光信号,再通过光纤传至信号处理系统从而提取声信号信息,具有探测灵敏度高,频响特性好,频带宽,动态范围大,抗电磁干扰、耐静压及抗腐蚀能力强,体积小、重量轻等特点,还有易于全天候实时探测和识别、易于集成化以及网络化等优点。主要用于海洋声学环境中的声传播、噪声、混响、海底声学特性、目标声学特性等的监测。通过光纤传感与传输组合,可构成水下目标搜索、预警、探测和识别的阵列系统。光纤水听器由于采用光纤作为信息载体,适宜远距离、大范围监测,是现代海军反潜作战及水下兵器试验的先进检测手段。当核潜艇使用战略导弹成功之后,潜艇可成为真正的水下攻击力量。在这种情况下,潜艇成了海军的主要兵力,而反潜战也成了海军的主要作战形式之一。由于核潜艇在水下可长时间地游弋,控制着整个海洋,反潜作战的范围也必然扩到全球海洋。只有在全球海洋范围内形成对潜艇的全方位、全天候监视,才有可能使潜艇的优势得以抑制和打击,才可使全局性的反潜得以保障。借助于水声的优势,也只有利用水声原理,才可完成全球海洋的对潜监视。从这个意义上讲,水声的作用就是战略性的,因为它完成了海军反潜作战中的一个全局问题。随着各种先进技术在潜艇制造工艺中的应用,现代潜艇在水下运行时噪音不断降低,这给反潜作战带来巨大的挑战。目前大量装备的传统压电型水听器灵敏度已不能满足水声探测的实战需要,而且由于压电材料物理本质的原因,性能也难有较大的改进,这迫切需要发展一种崭新的水下声场探测装置来应付日益严重的水声对抗新课题。光纤传感器技术的发展,为研制高性能的水听器提供了技术可能性,这已引起了世界各国的高度重视。

光纤水听器技术及实验研究是根据中国科学院“创新工程”中所列的研究方向和研究内容进行安排的,所以它的研究成果也是中科院创新工程的收获之一;另外,所研究内容与海军武器的现代化关系密切,特别是全保偏干涉型和 Bragg 光纤光栅水听器研究是目前

国际上的研究热门,因此,本课题的研究将拓展水下光学的研究领域,对于我国国防现代化建设具有深远的意义。

1.1 光纤水听器的发展与研究现状

随着核潜艇技术及潜射导弹技术的迅速发展,潜艇的噪声日益降低,而常规探测潜艇的压电声纳的灵敏度已接近极限,使电缆连接的海底声纳警戒系统的探测能力大大降低。鉴于光纤技术为信息传输和信息传感带来了革命性的变革,美国国防部高级研究规划局和美国海军确定了 Adriane 发展计划,决定建立一个新的光纤声纳系统,以取代原来的电缆系统。该规划准备在海底组建一个海底光纤网,以采集潜艇进入公海及其防务区域的情报信息。反潜战的情报采集主要依靠水下声音传感器(水听器)网络,它通过光缆连接到控制中心。控制中心可设置在岸上,也可设置在舰艇上,水听器的检测距离可达 100km,为电缆系统的 6 倍。Ariadne 计划的湿端系统(光纤海底遥感和传感子系统)合同已于 1986 年鉴定,到 1990 年共投资近 1 亿美元。

除 Ariadne 计划外,美国国防部高级研究规划局和海军海洋学院中心制定舰载光纤声纳传输线路计划,即 FODS 计划,其内容是研究在潜艇和水面舰船上安装光纤声纳阵列系统。初步论证结果表明:光纤声纳系统可以取代笨重的电缆,特别是在空间有限的潜艇中可节省空间,提高传输带宽,减轻声纳系统的重量,减少在潜艇上打孔的数目和孔径,增加声纳数量,降低系统成本等。1976 年,美国水下系统中心开始在潜艇上进行声纳系统的实验,通过几年的实验并将光纤声纳阵列安装在核潜艇上,共有六个声纳阵列,每侧三个,每个阵列由 400 个声纳单元组成。这项计划一直在海军声学研究中心进行。

由于反潜战的重大意义,世界发达国家都在进行研究、开发。美国海军 1986~1990 年财政年度用于反潜战光纤技术的预算达 8000 万美元,其中大部分用在光纤声传感器(光纤水听器)的研究开发上。英国海军水下武器研究所(AUWE)和法国海军也为它们反潜战用的光纤水听器研究开发提供大量经费。北大西洋公约组织高级研究所(NATO Advance Study Institute),俄罗斯无线电和电子研究所,日本

国防科学院应用物理部等都在进行光纤水听器的研究开发。

一、美国开发现状

美国进行光纤水听器的开发较早,1980年就成功地进行“Glass board (玻璃板)”塑料心轴型光纤水听器实验。1981年使用 $0.83\mu\text{m}$ 激光二极管作 Mach-Zehnder 干涉仪光源,封装了第一个“Brass board (黄铜板)”光纤水听器,它将传感光纤绕在塑料心轴上,10m 长的参考光纤绕在 $\varnothing 25.4\text{mm} \times 50.8\text{mm}$ 的压电椭圆柱上,构成有源零差解调相位跟踪器。此光纤水听器测试结果呈平坦频率响应,并在 $4 \sim 35^\circ$ 和 $0 \sim 6894\text{kPa}$ 的压力范围内呈现出与温度和压力无关的特性:在 $0.1\text{kHz} \sim 1.0\text{MHz}$ 的固定频率范围内,光纤水听器的声阈检测值优于海况零(SSO)以下 10dB,在 500Hz 时,低于海况零约 13dB。

光纤水听器的第一次海上实验是为海军流动噪声驳船(MONOB)系统噪声监测装置开发的塑料心轴光纤水听器,于 1982 年 7 月部署在巴哈马群岛,实验结果证实了光纤水听器低于海况零噪声特性。1983~1986 年期间,美国海军实验室进行了多次拖曳阵列海上演示,包括心轴型和被覆型光纤水听器。尽管 1984 年进行了全光询问演示的噪声性能未达到要求,但也显示了光纤水听器用于拖曳阵列的生命力,直接导致了海军水下系统中心和海军研究实验室联合进行的全光拖曳阵列(AOAT)计划。1987 年成功地进行两次拖曳光缆实验和一次声纳阵列实验(10 个单元水听器),该实验和海军研究实验室进行的 8 单元频分复用(FDM)实验确定了全光拖曳阵列计划的询问方法;1987 年美国 Gould 公司海事系统分公司获得美国海上系统司令部价值 1300 万美元的全光拖曳阵列合同,这是美国海军 Navsea 计划中多线拖曳阵列评估系统的一部分;1988 年全光拖曳阵列在海上实验获得很大成功,确定了美国军用设备研究进入到试制阶段,即 AOTA 高级技术演示计划多路复用系统所用的光纤水听器结构。

二十世纪 80 年代末到 90 年代初,美国国防部把光纤海底监视系统作为 22 项关键技术之一。1988 年 6 月,美国海军研究实验室制定了潜艇用“光纤水听器系统标准”。1990 年 6 月,Litton 制导和控制公

司按照与海军研究实验室的合同, 制作了两个基于心轴型的迈克尔逊干涉仪结构的水听器, 一个光纤船体穿透器和光电子子系统, 装在 668 级攻击潜艇上, 并作首次演示, 水听器的工作带宽为 64Hz~50KHz。演示结果表明, 光纤水听器及有关元件尽管工作在恶劣的条件下, 仍能满足和超过潜艇水听器系统所要求的性能指标。这是美国海军潜艇平面阵列开发的一个重大进展。在这之后, Litton 制导和控制公司还执行一项由海军水下系统中心授权的价值 250 万美元, 为期 2 年的平面水听器阵列计划, 提供扩展数据处理能力, 验证光纤水听器和遥感平面阵列减轻重量和降低成本的可能性。光纤水听器平面阵列将装在海浪级 (SSN-21 级) 和其他新型攻击潜艇上。

1990 年 4 月, 美国海军研究实验室在格陵兰 Kap Eiler Ramussen 附近的 Independence 峡湾的出海口, 用两只水听器测量海岸坚冰下的环境噪声。该系统在北极 9 天的测试期间工作正常, 水听器在 500Hz 时的噪声电平低于海况零+26dB。系统背景噪声低于海况零+33dB。

由于光纤水听器几何形状的适应性。因而不仅可制成很长的线性传感器, 而且还可制成均匀紧贴舰体的共形传感器。近年来, 美国海军研究实验室把主攻方向集中在三个方面: (1) 中频工作的声透明薄型大面积 (305mm×305mm) 水听器和高频、小面积平面水听器上, 已开发出两种线性单元, 获得了大于-160V/uPa 的灵敏度和低的加速响应。(2) 用于海底水声监测的宽带 (1Hz~50kHz), 高灵敏度 (在工作频带内低于海况零+10dB), 且能工作在浅海和深海的光纤水听器。(3) 用于声纳浮标阵列的廉价光纤水听器。综上所述, 美国海军的光纤水听器技术已具相当水平, 其实验室的光纤水听器主要研究人员认为, “光纤水听器技术的时代已经到来”。

二、英国开发现状

1979 年英国就开始进行光纤水听器的研究。1986 年~1988 年普来西国防研究分工司和海军系统分工司成功的进行了海底监视阵列 (8 单元) 的实验。1990 年在英吉利海峡又进行了 15 单元的监视阵列试验, 并提出三种海底监视系统的方案。1991 年由 10 个单元构成

的声纳拖曳阵列样品交付国防部。从英国的开发现状看, 光纤水听器研究的主要方向集中于第一代固定式平面水听器阵列和拖曳水听器阵列上。

三、法国开发现状

自 1986 年起, 法国汤姆逊-辛特拉公司开展一系列有关潜艇用光纤水听器阵列的研究和试验。1990 年, 该公司接受了 DCN 潜艇研究中心的一项合同, 研究设计新型全光系统样机并于 1991 年交付使用。该样机用于全光阵列、单根光纤多路传输、远距离光纤数据传输的试验。

四、其他国家开发现状

北大西洋公约组织下属的欧洲计划小组最近批准一项生产研究计划, 要求英、法、荷所属重点水域使用光纤水听器。加拿大国防部已将光纤水听器用于北极监视和海底监视系统的建议列入预先研究计划。

从 20 世纪 70 年代中期开始报道光纤水听器的理论和实验分析以来, 国内外对单元光纤水听器进行了大量的研究。在光纤水听器的结构中, 干涉型光纤水听器的接收灵敏度最高。其典型结构是基于 M-Z (Mach-Zehnder) 结构, 采用相位载波产生(PGC)解调技术。另外, Michelson 干涉仪, Fabry-Perot 干涉仪和 Sagnac 干涉仪等结构也得到发展。单元光纤水听器的研究主要集中在高声压灵敏度, 频率响应平坦, 大动态范围, 低加速度灵敏度, 小尺寸及具有耐压能力等方面。其中探头设计方面开展了很多研究, 早期的水听器探头仅仅为光纤圈, 后来出现了由弹性圆柱壳体支承的探头, 这种探头可以增加灵敏度, 使光纤水听器进入实用化成为可能, 并被认为是标准的探头结构。改进的结构为推拉式结构, 还有椭圆球体结构, 推拉式双盘状软结构等, 其中推拉式双盘状软结构可以减小加速度灵敏度。据文献报道, 关于单元光纤水听器的性能, NRL (美国海军实验室) 使用 108m 长光纤, 声压灵敏度 6.2dB(0dB re 1rad/Pa), DERA (英国国防务研究所) 使用 200m 长光纤, 声压灵敏度为 6.5dB(0dB re 1rad/Pa)。最小尺寸直

径 NRL 为 1cm 左右, DERA 为 2.5cm。NRL 给出的最深工作水深为 2000m。

我国的光纤水听器研究已经取得较大进展, 在若干技术指标上已达到目前国际水平, 但是主要处于理论和实验室的层次, 实用化、工程化的水听器还未见报道。代表性的工作有: 浙江大学信息与电子工程学系 1997 年申请了国家自然科学基金, 研制了马赫-陈德尔干涉仪型的 PGC 单元光纤水声传感器, 在国家一级测量站检测取得了较好的测试结果, 其灵敏度在 630Hz 时达到了 -134dB (0dB ref 1V/ μ Pa)。1998 年上海交通大学研制的干涉型单元水听器, 其水声灵敏度为 -160dB (0dB ref 1V/ μ Pa), 加速度灵敏度为 -40dB (0dB ref 1v/g)。还有中国船舶总公司七一五研究所进行的单元光纤水听器的“八五”国防预研项目研究, 同时, 中科院西安光机所, 哈尔滨工程大学, 信息产业部电子第二十三研究所, 国防科学技术大学等单位也都正在开展相关研究工作。

由于水下声场的复杂性, 单元水听器很难获得目标的全部详细信息, 因此光纤水听器在军事上主要是以阵列的形式应用, 是否能以低成本实现分布式阵列, 是光纤水听器最终能否在实战中得以应用的关键性因素。NRL 在 90 年代初构成的光纤水听器阵列, 为有 16 个基元的垂直线阵, 其中, 包括 4 个激光器。49 个基元的平面阵和拖曳阵, 包括 7 个激光器。以及 32 $\times$ 32 阵列, 即使用 32 个激光器, 1024 个基元。这些阵列的噪声水平在静海平面下小于 10dB。利用光纤水听器拖曳阵, 美国在 90 年代初进行了北极噪声测量。资料显示, 美国准备在 90 年代末实用化光纤水听器阵列。目前有在实验室里成功地将 TDM 与 WDM / DWDM 相结合应用的报道, DWDM/TDM 结合的系统能达到 384 个水听器的复用度。

传统的光纤传感器大部分是“光强型”或者“干涉型”。对光强型而言, 光源的起伏、光纤弯曲、连接损耗和探测器老化等因素都会影响测量精度。干涉型是要观察干涉条纹的变化, 这就要求干涉条纹清晰, 要得到清晰的干涉条纹, 两路干涉光必须光强相等、单色性好。而光

光纤栅传感器除具有普通传感器的优点外,又因为它的传感信号是波长调制,不受光源强度的起伏变化影响,能方便的使用波分复用技术在一根光纤中串接多个 Bragg 光纤光栅进行分布式测量。自 1989 年 Morey 首次报道光纤光栅用作传感以来,受到世界各国的重视,在原理、制作、特性、实验等方面得到迅速发展,在国外,光栅传感器已经在民用工程结构、航空航天业、船舶航运业电力工业、石化工业、核工业等领域被广泛应用。

在国内,由国家自然科学基金、863 计划等国家基金,光纤光栅的传感应用研究取得了丰硕成果。在传感理论研究方面,以吉林大学、中科院半导体所、上海光机所等为代表,在光纤的光敏性、成栅机理、光波传输规律等方面进行了深入研究;在光纤光栅传感的关键技术方面,南开大学侧重于光纤光栅的温度、应变、扭矩等参量的区分测量研究;武汉理工大学、西安石油大学侧重于传感器的封装和埋覆研究;重庆大学侧重于光纤光栅(主要是长周期光纤光栅)传感的应用研究;清华大学、北京品傲公司在光纤光栅解调方面取得了显著的成绩。在实际工程应用方面,哈尔滨工业大学、香港理工大学、上海紫栅公司已完成将光纤光栅传感系统用于呼兰河、卢浦等桥梁的结构监测;清华大学、武汉理工大学、西安石油大学、中山大学等开展了将光纤光栅用于压力、温度、液位、电流等参量的测量工作。

在动态压力的测量方面最近几年才开展工作,其中日本在 1999 年用 Bragg 光纤光栅制作水听器用于水下噪声的测量,实验获得成功,其性能好:线性响应、高灵敏度、高稳定性、宽的动态范围(达到 90dB)和宽的工作频率响应范围(2kHz~3MHz)。我国的 Bragg 光纤水听器起步较晚,主要研究单位有南开大学(国家自然科学基金资助)、海军工程大学等。其中海军工程大学于 2003 年由 973 项目资助开展研究,中科院西安光机所由中科院创新基金资助进行水听器的相关技术研究。

由于光纤水听器及其阵列是反潜战的核心技术,属于机密或专利级别,很少向外界透露其实质内容,只能从有限的文献中了解到它的

部分情况,很难找到可供参考的制作工艺和其它技术细节等资料,并且有关光纤水听器的报道越来越少,这给研究工作带来了很大的困难。

1.2 光纤水听器所探测的水下目标特性

凡是利用水下声信息进行探测、识别、定位、导航相通讯的系统,都广义地称之为声纳系统。按声纳的工作方式来区分,通常分为主动工作系统和被动工作系统,习惯上称为主动声纳和被动声纳。本书所涉及的光纤水听器属于被动声纳。图 1-1 是被动声纳工作示意图,图中的声源部分系被探测目标,如鱼雷、潜艇等航行中所辐射的噪声,被动声纳就是通过接收目标的这种辐射噪声来实现水下目标探测,确定目标状态和性质等目的。人们为了在设计、研制和使用声纳设备时,提高设备的性能或者在最佳状态下使用这些设备,做了大量的研究工作,对水下噪声的规律和特性建立了深刻认识。下面就着重论述水下目标(舰船、潜艇和鱼雷)的辐射噪声特性。

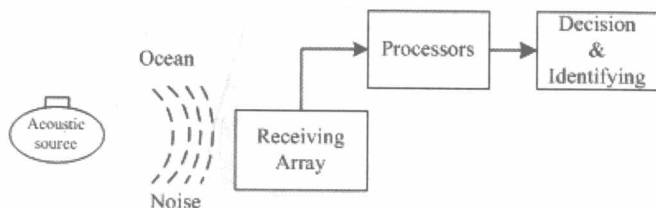


图 1-1 被动声纳系统工作原理

Fig.1-1 operation of passive sonar system

舰船、潜艇和鱼雷所辐射的噪声,是被动声纳系统赖以探测、跟踪目标的信号。舰船、潜艇和鱼雷在航行或作业时,推进器和各种机械都在工作,它们产生的振动通过船体向水中辐射声波,这就是舰船辐射噪声。舰船、潜艇鱼雷的辐射噪声是众多噪声源的综合效应,这些声源有推进器、转动和往复式机各种泵等,它们产生噪声的机理各