

世纪之交的海洋高新技术发展探讨——

'99 海洋高新技术发展研讨会

论文集

国家高技术计划海洋领域办公室 编



海洋出版社

世纪之交的海洋高新技术发展探讨——

'99 海洋高新技术发展研讨会 论文集

国家高技术计划海洋领域办公室 编

海洋出版社

2000 年·北京

内 容 简 介

本文集收入'99海洋高新技术发展研讨会论文97篇,内容包括:海洋观测和监测技术,海洋农牧化和海洋生物高值化技术,海底勘查和矿物资源勘探开发技术及海洋工程技术三大部分。第一部分探讨了海洋声学 and 光学技术,海洋遥感技术,近海环境监测技术方面的内容;第二部分探讨了海洋生物制品的研究与开发,基因及生物工程技术,海水养殖技术方面的内容;第三部分探讨了海洋探查与油气资源开发,海洋工程方面的内容。

本文集可供有关领导及科技工作者参考,也可供图书馆收藏。

图书在版编目(CIP)数据

'99海洋高新技术发展研讨会论文集/王志雄主编.

北京:海洋出版社,2000.8

ISBN 7-5027-5056-8

I.9... II.王... III.新技术-应用-海洋开发-学术会议-文集 IV.P7-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第68235号

责任编辑 陈茂廷

责任印制 刘志恒

海洋出版社 出版发行

(100081 北京市海淀区大慧寺路8号)

北京四季青印刷厂印刷 新华书店发行所经销

2000年8月第1版 2000年8月北京第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:37

字数:897.4千字 印数:1~1050册

定价:50.00元

海洋版图书印、装错误可随时退换

《'99 海洋高新技术发展研讨会论文集》

编辑委员会

主 编：王志雄

副主编：苏纪兰 李启虎 相建海 郑立中 孙 洪

委 员（以姓氏笔划为序）：

丁 健	马连芳	王小如	田纪伟	孙政纯
孙修勤	杨 丰	苏义脑	连 珪	张元兴
张武华	陈邦彦	林宗坚	果德安	金 奇
周成虎	郑天瑜	赵进平	袁业立	徐安龙
高 平	高 锦	唐启升	殷忠斌	龚再升
惠绍棠				

前 言

海洋是全球生命支持系统的重要组成部分，是人类社会赖以生存和发展的宝贵财富，也是解决当前世界所面临的人口、资源、环境三大问题的重要出路之一。开发、利用、保护海洋已成为一股强劲的世界性潮流。21 世纪将是海洋开发的世纪。

我国拥有 300 多万平方公里的海域，这是富饶的、待开发的蓝色国土，是未来中华民族生存和发展的新空间。随着改革开放的不断深入和经济建设的迅速发展，海洋经济已成为我国经济发展的一个新的增长点。因此，迅速形成与我国大国地位相适应的海洋综合开发能力，切实加强海洋资源的开发、利用和保护已迫在眉睫，势在必行。依靠科技进步，提高海洋开发、利用、保护的整体技术水平，面向现代化、面向世界、面向未来，是新形势下我国海洋科技发展的基本任务。

科技部高技术计划海洋领域办公室，2000 年 1 月 16～18 日在北京主持召开了“海洋高新技术发展研讨会”。各部委有关部门和科研机构的领导和专家学者以及 10 多名两院院士共 260 多人参加了研讨会。

研讨会分为 3 个主题：(1) 海洋监测技术；(2) 海洋生物技术；(3) 海底探查和资源开发技术，进行了专题发言和讨论。此次研讨会展示了我国海洋领域高新技术研究的最新的成果，讨论了海洋高新技术研究和发展的现状，提出了今后我国海洋高新技术的发展方向和对策，增强了依靠高新技术，推动我国海洋科技和海洋经济发展的信心，为我国在 21 世纪成为一个海洋强国从科学技术和科技队伍上做好了前期准备。

现将研讨会上宣读的部分论文和专题发言汇编成册，供有关领导和科技工作者参考。

2000 年 2 月

目 次

第一部分 海洋观测和监测技术

海洋声学 and 光学技术

高速水声通信和水声通信网络技术.....	朱维庆	3
水下 GPS 系统的初步设想	李启虎 蔡惠智 陈 庚 葛勇嘉 赵文立	7
声相关测流及深水远程导航技术	王长红	12
光学观测技术在海洋领域的应用	丁永耀 王岩峰	14
海洋声学层析技术	张仁和 肖 灵 李 平	23
合成孔径声呐及其应用前景	孙宝申 唐劲松 张春华	27
海洋光学监测技术的发展状况、趋势和战略设想	曹文熙	34
数字化被动声监测海洋	蒋国健 林建恒 常道庆	42
用布里渊散射方法实时监测海洋	刘大禾 汪华英 周 静	46
未来的海洋环境监测系统——海洋的“卫星”	边信黔 陈 伟 施小成	50
渔业声学及其相关技术的应用现状和发展前景	赵宪勇 金显仕 唐启升	55

海洋遥感技术

海洋光学遥感技术发展和我们的任务	李 炎 潘德炉 毛志华	63
海洋渔业地理信息系统关键技术研究	邵全琴 周成虎 杜云艳 王 盛 苏奋振 季 明	69
远洋渔业渔情预报技术研究	陈新军 许柳雄 张 敏	74
21 世纪航天合成孔径雷达在海洋应用领域的发展战略	周长宝 黄韦良	82
近岸海洋环境预报技术的开发	陈介中	88
珠江河口海洋环境立体监测系统——澳门附近水域子系统研制构想	吴超羽	94
中国近海多源数据同化和融合技术应研究的方面	吴德星 陈学思	101
海洋监测与远洋渔业	沈新强 韩士鑫 程炎宏 樊 伟	105
海上溢油波谱特征测试与遥感监测	张永宁 丁 倩 高 超 段岩燕	109

近海环境监测技术

海洋监测高技术的需求与发展现状	惠绍棠	115
近海海洋灾害预报和减灾对策的关键技术	张占海 刘钦政 于福江	125
专属经济区监管雷达动态与发展	文必洋 杨子杰 吴世才 柯亨玉	134
“水下自航式海洋探测器”技术研究	康寿岭 张志忠	139
关于发展我国漂流浮标和锚泊浮标技术的建议	孙仲汉	143
海洋环境中基于氧光导检测的 BOD 光纤生物传感器	陈 曦 李 伟 庄峙夏 王小如	150

走航非接触式早期赤潮监测系统·····	杨燕明 孙 强 顾德宇 陈世敢	154
海洋微表层技术和海洋中的纳米粒子技术·····	杨桂朋 张正斌 王江涛	159
水下浪、潮、流测量系统·····	唐原广	164

第二部分 海洋农牧化和海洋生物高值化技术

海洋生物制品的研究与开发

跨越新世纪的海洋生物高技术前沿·····	相建海	169
对我国未来海洋药物研究与开发的几点认识·····	管华诗	174
海洋鱼病疫苗开发与生物反应器大规模生产·····	张元兴 马 悦 孙修勤	179
海洋微藻的大容量培养与生物活性物质开发技术 ·····	····· 宁修仁 胡锡钢 蔡昱明 史君贤	187
海藻原生质体融合及杂交技术的研究进展·····	林学政 沈继红 李光友	193
海洋生物资源甲壳素高值化的开发与研究·····	徐世爱 金鑫荣 张文清	198
海洋生物中的天然硫酸多糖·····	薛长湖 李兆杰 林 洪 管华诗	208
从海洋微生物资源中发现、筛选新药·····	李越中	213
海洋蛋白酶解物中生物活性肽的研究与开发 ·····	····· 张玉忠 师晓栋 王运涛 高培基	222
壳低聚糖研究的现状和应用前景·····	郑连英	227
海洋寡糖工程药物——壳寡糖的制备、分离提取及生物性研究 ·····	····· 林昱光 张铭俊 张 虎 白雪芳	232
海洋天然产物的发展历史回顾与我国海洋药物的发展策略·····	严小军	238
麻痹性贝毒毒素的应用研究展望 ·····	····· 王云峰 于仁诚 李 钧 颜 天 付 萌 周名江	244
海洋活性物质研究与开发系列软件工具 ·····	····· 丛 威 刘天中 蔡昭铃 付德贤 欧阳藩	251
海洋生物活性多糖高效提取—分离—纯化耦合制备技术 ·····	····· 赵 兵 伍志春 王玉春 欧阳藩	255
海洋天然产物的应用前景展望·····	郭跃伟	265
海洋生物酶研究进展与展望·····	马延和	271
海洋微生物开发应用展望·····	杨 丰	278
基因及生物工程技术		
海洋生物功能基因组研究·····	徐安龙 卫剑文 吴文言 杨文利 钟肖芬	281
建立疾病相关基因药物筛选模型高效筛选海洋生物活性产物·····	许东晖 许实波	289
经济海藻基因组、功能基因组研究展望·····	段德麟	295
主要海洋生物基因组研究·····	宋林生 秦 松 相建海	299
海洋生物技术在农业上的应用——以新型生态农药“农乐一号”为例·····	李鹏程	303
鱼类胚胎干细胞和基因打靶研究现状及进展 ·····	陈松林 Hong Y Scharlt M	312

DNA 标记技术在海洋生物种质资源开发保护中的应用.....	刘 萍 孔 杰 李 健	320
最新生物技术在海洋生物工程领域的应用前景.....	黄 健	326
用海洋生物分子生态毒理学指标监测海洋污染.....	徐立红	331
转基因蓝藻的研究现状及开发前景.....	章 军	335
海洋鱼类优良品种培育新方法.....	张士瑾 李 荔	339
海洋生物技术产业化的关键技术之一——海洋生化工程		
..... 李元广 李光友 曹竹安 许 璞		346
海洋生物技术的新热点——蓝细菌及其基因工程		
..... 罗 娜 宁 叶 邵 强 施定基 周先宛 俞梅敏 茹炳根		358
海洋微藻高值化技术发展的现状、趋势和战略		
..... 施定基 彭国宏 茹炳根 邵 宁		365
海水养殖技术		
世界海水养殖鱼类病毒病、鱼类细胞系的建立及病毒疫苗的开发.....	孙修勤	373
经济海产动物遗传改良技术的研究现状及前景.....	李富花	377
论我国海水养殖业的可持续发展——养殖环境问题.....	董双林 李德尚 潘克厚	381
关于加速我国海水养殖新品种培育工作的几点思考		
..... 王清印 李 健 杨爱国 孔 杰 黄 捷		388
养殖排水集中处理与综合利用工程技术研究.....	薛正锐 陈庆生	393
渔业基础数据积累、高新信息技术应用与研究.....	李继龙	396
石斑鱼 (<i>Epinephelus</i>) 性控技术与人工育苗现状及其产业化发展战略		
..... 邹记兴 胡超群 黄增岳 肖耀兴 杨家驹		405
海水贝类养殖病害及其防治.....	吴信忠	410
耐盐芦苇新品系的快速繁殖及在滩涂技术开发中的应用		
..... 许祥明 叶和春 李国凤		418
海洋微藻应用研究现状与我国海洋微藻研究开发战略		
..... 麦康森 孙世春 梁 英		425
海洋鱼类单殖吸虫与单殖吸虫病.....	杨廷宝 张剑英 刘 琳 丁雪娟	436
海水养殖环境生物修复技术.....	袁有宪 李秋芬 邹玉霞 辛福言	448
我国浅海滩涂开发中存在的问题及其对策研究.....	马连芳 王长海 丛 威等	455

第三部分 海底勘查和矿物资源勘探开发技术及海洋工程技术

海洋探查与油气资源开发

发展海洋油气化探的一个关键技术——多参数现场采集		
..... 周 蒂 陈汉宗 孙春岩 王维熙		461
海洋电磁法的回顾与展望——兼论拖曳式可控源伪随机信号电磁法		
..... 何继善 戴前伟 沙井田		466

21 世纪海洋生态地球化学的发展	曾志刚	秦蕴珊	471
海洋真三维 GIS 的关键技术研究	林宗坚	李成名	475
海洋广域差分 GPS 定位服务系统工程化关键技术研究			
..... 林宗坚 王 权 李毓麟 程鹏飞			478
新世纪海洋测绘的发展方向	管 铮	黄谟涛	翟国君
浅海、滩海油气资源综合勘查技术	郝天珧	孙春岩	吴永平
应用 SAMD 等综合高技术和芳香族化探进行海洋油气资源勘探与开发			
..... 陈颢廷	马万云		492
数字海底与海底地学专业模型	杜德文	刘保华	孟宪伟
从海上多分量地震勘探到 4-D/4-C (4 维/4 分量) 技术			
..... 李庆春	朱光明	何国信	502
海洋天然气水合物综合勘测技术	杨胜雄	张光学	张 明
海洋天然气水合物的地球物理探测技术	马在田	宋海斌	孙建国
机载激光测深系统的研制思考	刘基余	李 松	518
新世纪海洋地质地球物理发展研究	孙振家	温佩琳	524
海洋工程			
海底勘查液动冲击取样新技术	殷 琨	陈宝义	蒋荣庆
发展我国勘查国际海底深海运载器系统的探讨	徐芑南	刘正元	刘 涛
潮流能利用技术的发展现状与研究方向			
..... 李凤来 张 亮 张洪雨 彭侠夫 朱典明			542
海底长时序多功能连续观测系统	李家彪	吕文正	547
21 世纪我国深海资源开发战略探讨		万步炎	550
南海珊瑚礁工程地质勘察方法评述	单华刚	汪 稔	555
关于开展井下控制工程学和地质导向钻井技术研究的建议		苏义脑	559
水下油气水多相流动、相分离及其在线测量监控技术的研究开发		郭烈锦	566
海底视控调查设备的研制和应用		陶 军	577

第一部分

海洋观测和监测技术

高速水声通信和水声通信网络技术

朱 维 庆

(中国科学院声学研究所, 北京 100080)

摘 要 水声通信技术的研究包括 5 个方面, 相干信令; 自适应均衡和载频恢复; 空间和频率分集; 误差控制码; 网络系统。本文建议主要发展中程(1~10km)的水声通信技术。以空间分集、自适应均衡和自适应载频恢复技术为主要研究内容。尽早开展水声网络通信技术研究。在发展高技术的同时, 要开发应用系统, 尽快进入市场, 形成产业。

关键词 水声通讯 网络技术 发展战略

1 国内外发展现状、发展趋势

1.1 研究的目的是意义

随着海洋开发和海上军事活动的增加, 需要在水下可靠地传输指令, 高速传输数据、语言和图像。由于电磁波在水中衰减严重, 水下信息载体主要是声波。

水声通信技术在民用方面获得了广泛的重视和应用。例如被称为“内空间卫星”的水下机器人(AUV)与母船和 AUV 之间的通信; 大陆架油田开发中油管 and 平台功能的监测, 水下阀门的遥控; 水下和底上测试仪表的数据实时传输, 无需等候很长时间浮到水面收集数据等。美国海军 1997 年颁布了新的海军条例, 扩展了潜艇的职能。当潜艇下潜后, 它要与其他战斗群、遥测系统以及和平时期的监视、侦察联合工作。因此潜艇要与若干其他水面和水下载体进行水下通信。美国海军开始的新的战争规范是基于这样的前提, 它导致命令传输加快。美国海军确信中心网络的战争将能实现小型、现代化和快速的军事力量。美国军方正在执行近 15 个有关水声通信的计划。

欧洲各国, 例如法、英等国, 也在执行类似的计划。

1.2 国内外发展现状

由于水声信道是一多径、频散和时变信道, 声波在其中传输行为十分复杂, 一般认为它是最复杂的信道。由工作原理水声通信可分为两类, 即非相干通信和相干通信。当今水声通信技术的主要研究方向有 5 个方向: 相干信令; 自适应均衡和载频恢复; 空间和频率分集; 误差控制码; 网络系统。

1.2.1 水声非相干通信技术

20 世纪 80 年代中期, 国际上开始研究非相干水声通信技术。发射多频移键控(MF-SK), 也即频率分集, 采用卷积码和维特比解码技术。典型的成果是美国 Woods Hole 海洋研究所设计, Datasonics 公司生产的 ATM850 水声通信机, 工作频带 15~20kHz, 最大传输速率 1 200 位/s。美国佛罗里达大学的类似系统工作频率 25kHz, 传输速率 2 400 位/s。一般假设水声信道是瑞利信道, 由此来设计编码信号, 但实际上此假设往往不成立。在更好的水声信道模型下, 编码信号性能的研究至今仍在进行。

国内中国科学院声学研究所自 80 年代中期开始研究非相干水声通信技术。几乎与国际上同步,采用 MPSK 信号,卷积码和维特比解码研制成了样机。90 年代前期,负责引进了 ATM850 水声通信机,已将它适当改装后装在水下机器人上,进行了多次海上试验。在非相干水声通信技术方面,声学研究所所有良好基础。国内哈尔滨工程大学和厦门大学也在进行非相干水声通信技术的研究。

1.2.2 相干水声通信技术

由于水声信道的有效带宽窄,而频率分集的带宽利用率又低,为了高速率和高可靠性地传输图像和语音,80 年代后期国际上开始研究相干水声通信理论和技术,这是当今水声学的重要研究方向。它采用多相移键控信号(MPSK),它的带宽利用率相当高。相干水声通信的传输速率比非相干的速率要高一个数量级,但是理论和技术也复杂得多。它的关键是空间分集、多路判决反馈自适应均衡器和自动相位跟踪器(载频恢复),而后两者要同时实现,也就是说信道的自适应均衡和同步要同时实现。它的代表性研究成果是 1995 年美国 Woods Hole 海洋研究所(美国麻省理工学院海洋工程系)发表的结果。它主要集中在程(1~10km)水声通信技术,传输速率 1 000 位/s。实际工作中,Woods Hole 的实验做到了 2 000 位/s。为了进一步提高传输速率美国佛罗里达大学采用自适应波束形成技术,初步实验表明可以达到 20 000~50 000 位/s,在频率高于 25kHz 时,更易达到。远程(>10km)也有好结果,90km 传输速率 1 000 位/s。

根据现有的多种水声通信机的技术指标,人们得到结论,目前的技术达到的水平是距离和速率之积不超过 40,即

$$\text{距离} \times \text{速率} = 40\text{km} \cdot 1\,000 \text{ 位/s.}$$

为了超过这个上限,必需寻找新技术。

目前采用自适应均衡器还存在缺点,首先,它要在一定时间间隔内发送预定的信号,测量信道的特性,这降低了传输速率。其次,如果信道突发一起干扰,引起测量错误,这种错误会传播,导致自适应均衡器性能下降。近年来盲均衡技术发展很快,人工神经网络用于信道自适应均衡器的研究也在进行,这将会克服上述问题。

另一方面人们也在研究复杂的水声信道的特征,由此来自适应设定信号的形式和接收机的各种参数,这是近年来迅速兴起的自适应调制技术的主要研究内容。

美国 Woods Hole 研制的系统应用在自治水下潜器 AUV(又称水下机器人)之间通信时,发现效果并不理想。1997 年中国科学院声学研究所采用 MPSK 信号、空间分集、多路自最佳判决反馈自适应均衡器和自最佳自适应相位跟踪器,较好地解决了问题。与 Woods Hole 的结果相比,主要的改进有两点,首先采用参数可自最佳自适应调整的相位跟踪器跟踪信号相位变化,而不是如 Woods Hole 的系统中那样采用固定参数的二阶锁相环来跟踪相位。实验表明,在浅水信道中自最佳自适应相位跟踪器的关键参数变化可达一个数量级。其次,采用的判决反馈自适应均衡器的关键参数可以自动选择最佳值,性能优于 Woods Hole 方案中的均衡器,其中的关键参数是预先设定的。实验表明,接收换能器沿信道垂直分布,与不同接收换能器对应的自适应均衡器中,关键参数相差可达一个数量级,变化规律也不同。这说明自最佳理论非常重要。应用这种新理论,实验结果为传输速率可达 10 000 位/s,误码率 $10^{-4} \sim 10^{-5}$,最大作用距离 4km 以上(受实验水域限制),而且在整个传输距离上均可得到这个结果。由信噪比估计,作用距离可达 10km。可望超过

距离速率之积为 40 的限制。传输的图像与源图看不出差别。在公开发表的文献中尚未见有类似结果的报道。

1.2.3 水声通信网络

由于声波速度比电磁波慢得多,使信息传输延迟很多,这引起了一系列的困难。美国正在执行一个相当大的计划,发展水声通信网络,包括了许多民用的和海军的研究机构和公司。它首先发展一种低费用的非相干水声通信机,在恶劣的浅水信道情况下传输率达到 2 400 位/s。它以美国 Datasonics 公司的 ATM850 水声通信机为基础,开发了 ATM87× 水声通信机,对 ATM87× 再进行改造以适应于网络通信。1998 年 9 月在美国麻省的 Buzzards 湖第一次进行了系统的网络通信试验,在很浅的水中放了 10 个水声通信机,它们分为两组,即主机和从机。主机与一包括蜂窝电话和射频通信的网间连接器相连,与远处的用户相连。试验中采用了三层协议。预计 1999 年还要进行试验,用跳频(HP)/多频移键控(MFSK)技术提供自动握手协议和自适应调制用的信道特性,再联合采用 HP/MFSK 和码分多址(CDMA)技术提供性能优良的多用户通信系统。

2 研究方向

主要研究中程(1~10km)的水声通信机技术,它的技术可以延伸到远程(>10km)和近程(<1km)水声通信。研究费用适中。尽早开展水声通信网络技术研究。

2.1 高速水声通信技术

研究和发展以空间分集、自适应均衡和自适应相位跟踪(载频恢复)为主的高速水声通信技术。它的主要研究内容为

- 相干信令

- 空间分集

- 多路自最佳判决反馈自适应均衡器和自最佳自适应相位跟踪(载频恢复)器联合工作技术

- 盲均衡技术和人工神经网络(非线性自适应)水声信道均衡技术

- 自适应调制技术

- 图像和语言压缩技术

- 高速水声通信试验装置

2.2 水声网络技术

- 主要研究内容为

- 频率分集

- 误差控制码

- 码分多址

- 通信协议

- 研究信道的丰富空间结构,寻找新型的多用户通信技术

2.3 达到的技术水平

- 水声相干通信实验系统

- 作用距离 10km

- 传输速率 10 000~20 000 位/s

位误码率 $10^{-4} \sim 10^{-5}$

传输指令、图像和语言

水声网络通信协议

3 产业发展和发展战略

由于民、军两方面的发展要求,近年来水声通信技术发展很快。在 OCEAN 会议上,这方面的文章愈来愈多,例如它在 1997 和 1998 年的会议上,一般占有 5~7 个分会。在其他的会议上,它的份量也愈来愈大。国际上在评论水声信号处理研究时,水声通信是重要的和十分活跃的分支。在高速水声通信技术方面,我国与国际水平差距不是太大,但是实用化方面相差较大,水声网络通信几乎没有开始。造成的原因是对它的重要性认识不足,投资太少。

只要在水下活动,就要传输信息,就要发展水声通信技术。建议发展中程(1~10km)水声通信技术为主。它的技术也可延伸到远程(>10km)的和近程(>1km)的水声通信。它在实际中应用最多,研究费用适中。研究工作中,在发展高技术的同时,要十分注意降低造价,近早提供实用的系统,占领国内市场。由于水声信道的复杂和声速很慢,许多无线电网络通信技术无法用于水声通信。我国应近早开展水声网络通信技术研究,要针对某种应用情况,开发实用的系统。

水下 GPS 系统的初步设想

李启虎 蔡惠智 陈 庚 葛勇嘉 赵文立

(中国科学院声学研究所, 北京 100080)

摘 要 在海洋开发、军事应用方面, 借用陆上全球定位系统(GPS)的水下 GPS 系统(局部海区)有广泛的应用前景。其系统主要由带 GPS 的主动声呐浮标阵组成, 主动的意义在于它具有水下远程位置信息通信能力。它把主动声呐浮标上 GPS 所收到的位置信息, 通过远程水下通信技术传送给需定位的装置。因此, 该系统的两项关键技术为:(1)声呐浮标技术;(2)水下通信技术。

关键词 全球定位系统(GPS) 水下 水下通信 浮标

1 水下 GPS 系统的概念

由于空间 GPS 系统的巨大成功, 科学家们开始考虑建设水下 GPS 系统的可能性。当然, 遇到的最大困难是水下信号的发射与接收, 目前的工作还是非常初步的。美国奥斯汀大学的科学家 Stotts S. A. 等人从 1994 年开始试验一种海面浮标 GPS 定位系统。第一阶段为方案验证阶段, 在 Austin 附近的 Travis 湖进行。第二阶段在 Mexico 湾进行, 在浮标上用 GPS 和 DGPS 定位, 水下则利用简正波匹配场进行精确定位, 多个浮标形成 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 的栅格子, 定位精度可以到 1m 的量级。法国的 Thomas M. H. 和 Ericpetit H. 于 1997 年首先提出了建立水下 GPS 系统的大胆设想, 并进行了初步实验, 他们在海上布放了 3 个智能浮标, 每个浮标上装有 GPS 或 DGPS 以及水声换能器。水下载体与浮标间采用低波特率的扩频信号进行通信。目前 Woods Hole 研究所也在进行类似的工作, 但未见详细报道。1999 年 2 月, 中国科学院的科学家访问俄罗斯科学院远东分院海洋研究所时, 曾有意向联合研制水下 GPS 系统。

2 系统组成—声呐浮标

中国科学院声学研究所多年来一直进行岸用声呐和浮标的研究。我们正在与 721 厂进行主动声呐浮标的研究。水下 GPS 系统的声呐浮标主要由以下部分组成:(1)浮标锚泊系统;(2)主动发射阵;(3)浮标信号处理机;(4)浮标电源;(5)GPS 接收系统。其中关键部分为浮标锚泊系统、基阵和浮标电源, 其他部分皆为成熟技术, 只需借用就可完成。系统大致框图如图 1。

2.1 其中锚泊系统大致要求

(1) 浮标能整体回收和重复使用;(2)电池组能更换;(3)在回收维修的前提下, 使用寿命不少于 10 年;(4)有自检和姿态检测能力;(5)充分考虑减少各种噪声。

为减小海面风浪经承力缆对声阵的振动冲击干扰, 可设计性能优良的减振安装系统。大致示意图如图 2。

2.2 主动发射阵

对于主动声呐浮标, 我们考虑设置一个五元相控发射阵。发射阵可由拼合式圆环振子

组成, 声阵的主要技术指标是:

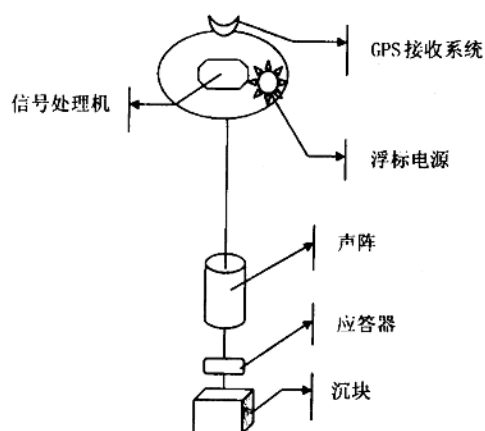


图 1

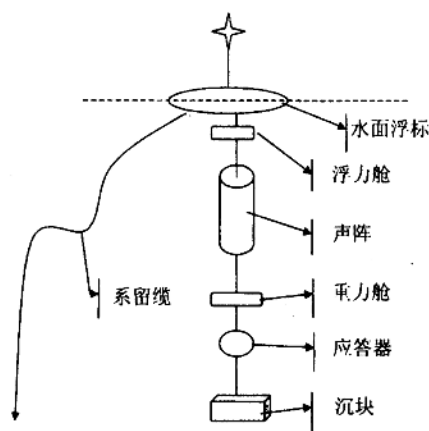


图 2

(1)工作频率 3.5kHz; (2)工作带宽大于 2kHz; (3)垂直主瓣开角 35° ; (4)水平指向性无指向性; (5)声源级 220~200dB; (6)几何尺寸: 直径 35cm, 高 1m; (7)信号形式: CW, FM, CM, 伪随机信号; (8)脉宽: 50ms, 2s, 连续。

2.3 供电电源 (指主动方式)

2.3.1 功耗估计

若发射信号脉宽取为 1s, 重复周期为 33s, 在全天 24h 连续工作的条件下, 一天的工作时间为 0.72h, 半年约为 130h, 对 2kW 的发射电功率, 则半年的总功耗约为 260 kW·h。

2.3.2 供电方式

采用浮标内的蓄电池直接供电。若选用高效的铝-空气海水电池, 其重量约为 300 kg。

2.3.3 发射机

高可靠性发射机可从专业厂家购买(如北京的 708 厂), 可充分利用导热板经海水散热。

3 系统组成 - 远程水下通信技术

信号检测有两种主要方法: (1)相干检测; (2)能量检测。由于水声信道存在多途, 能量检测只能对回波的能量进行平均积累, 性能上差于对多途能量进行相干积累的相干检测。在似然比检测时所要求的信噪比与多途的关系示意如图 3。

我国在水下通信系统研制中目前主要还是采用能量检测的方法。

扩展频谱通信简称扩频通信。其信号带宽远远大于待传输的原始信号带宽。例如白俄罗斯水声通信设备电传信号带宽为 10Hz, 而实际信号带宽为 1.2kHz, 将原来信号带宽扩展了 120 倍。

扩频通信的优点是: 抗干扰和多途能力强; 难以被截获, 因而隐蔽、保密性能好; 具有多址通信能力。