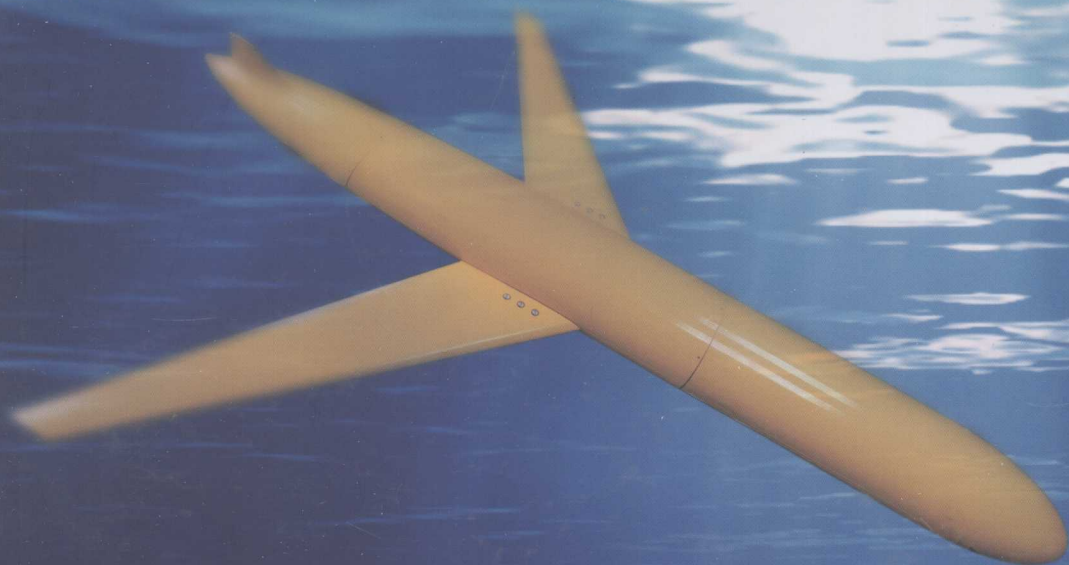


上海交通大学学术出版基金资助



马捷 著

水下热滑翔机推进

Propulsion of Underwater Thermal Glider



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

014013218

P754.3

04

上海交通大学学术出版基金资助

水下热滑翔机推进

马捷 著



上海交通大学出版社



北航

C1700490

p 754.3/04

内 容 提 要

本书全面阐述了水下热滑翔机的运行机理,论述了运行于海洋温跃层的热滑翔机动力系统相变过程,揭示了弱温差和逆温差对相变过程的阻碍作用,为优化弱温差和逆温差环境的水下热滑翔机性能参数提供了基础。本书创新地结合逆系统方法和滑模变结构控制理论,提出了水下热滑翔机的新型运动控制系统,还给出了提高水动力性能的外形设计方案,以及基于相似理论建立室内海洋温跃层模拟水池的方法。本书共包括7篇20章,分别说明了水下热滑翔机的起源、发展和运行机理;揭示了热滑翔机的核心——动力推进系统的相变原理和改善途径;阐述了水下热滑翔机在弱温差和逆温差层中的工作状况;分析了热滑翔机的动力特性;论述了水下热滑翔机的控制原理和方法;阐述了水下热滑翔机的水动力特性及其提高方法;展示了海洋温跃层条件下的试验研究现状。

本书可作为高等院校船舶工程、轮机工程和水下工程专业教师、研究生和高年级本科生的教学用书和研究参考书。

图书在版编目(CIP)数据

水下热滑翔机推进/马捷著. —上海:上海交通大学出版社,2013

ISBN 978-7-313-10218-8

I. ①水… II. ①马… III. ①滑翔机—水下推进—研究
IV. ①V277

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 202271 号

水下热滑翔机推进

马 捷 著

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 951 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 韩建民

上海景条印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 23.75 字数: 461 千字

2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-313-10218-8/V 定价: 98.00 元

版权所有 侵权必究

告读者:如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系
联系电话:021-51002888

前 言

本书是水下热滑翔机动力推进领域的专著,是课题组多年研究工作的全面总结,也是国家自然科学基金项目“弱温差和逆温差下的相变过程和水下热滑翔机水动力特性研究”的成果汇集。

水下热滑翔机是依靠浮力推进的自主式水下运载器,属于新一代水下机器人。它的推进力来源于海洋热能,依赖其动力系统中相变工质在穿越温跃层时的相变过程和容积变化来实现。

在海洋混合层以下,温度的垂直梯度增大,是温度骤变的温跃层。当水下热滑翔机穿越温跃层时,所携带的相变工质发生固相→液相的转变和容积的增减,由此引起热滑翔机的浮力变化。借助水平翼的作用,滑翔器在沉浮运动的同时产生向前的推力,驱使滑翔机按照锯齿形的轨迹上下迂回,滑翔前进。

水下热滑翔机航行时,无需自携能源,可以无牵制地长期潜行水下,最终到达遥远的海域。性能优良的热滑翔机,利用适宜的温跃层,在水下停留的时间可达五年,最大续航能力为4万公里。

海洋是一个时空尺度巨大的开放性复杂系统,包含物理、化学、地质、生物的各种过程和变化。水下热滑翔机续航力强,活动范围广,海面风浪和水下危险对它的干扰小。它能够在水下全天候不间断搜集信息,成为各项海洋科学研究和探测的理想工具。

水下热滑翔机灵活机动,噪声小,可在大范围、大深度和复杂海洋环境中进行水下作业。我国东海大陆架下和南海海底蕴藏着丰富的石油资源,在全球能源形势日益紧张、能源需求日益增大的情况下,该海域已经成为争夺的焦点。随着军事侦察技术的提高和升级,我国近岸的海上态势越来越透明,某些大国和周边国家的军事部门,采取各种措施调查收集我国近海和西北太平洋的潮汐、声场、温度、密度、海洋锋面、中尺度涡、内波、海底沉积分布、海流等海洋环境资料;有些国家的军事海洋预报已经开始专门预报中国近海的次表层水温、盐度、密

度、海流及水下声场等与军事活动密切相关的海洋要素,对我国海洋探测构成巨大压力。作战飞机与远程导弹战术性能不断提高,可以轻而易举地覆盖海上航行范围,水面舰艇所受的威胁加剧,水面舰艇的作战能力受到限制。作为海上力量的有机组成部分,水下热滑翔机游弋在海面之下,相比水面舰艇难以探测和察觉,具有强大的生命力和灵活的自由度。水下热滑翔机携带鱼雷等武备,可以有效歼灭敌方武装,具有强大的杀伤力。

水下热滑翔机是海洋资源勘探的重要平台。世界各国利用 20 世纪末的海洋高技术,对海洋进行资源勘探,已陆续发现了丰富的深海资源品种,包括多金属结核、富钴结核、热液硫化物、天然气水合物和深海生物。水下热滑翔机配备各种物理、化学传感器,在航行过程中不断采集重要信息,为资源的开采利用指明了方向。

水下热滑翔机的发展,对于可持续能源、特别是海洋温差能的开发具有特殊意义。21 世纪世界能源系统将发生的重大变革,主要体现在能源系统主体转化为可再生能源。通常的自治式水下运载器都使用常规能源,诸如用蓄电池、电缆供电,或用矿物燃料装置供电。水下热滑翔机的驱动能源,不是常规的自携能源,而是海洋温跃层所提供的温差能,属于海洋能源范畴,可持续、可再生。本书研究的水下热滑翔机的发展,对于拓展海洋能源的开发利用途径,将产生积极的推动和引领作用。

本书的内容包括海洋温跃层、相变工质和过程、温差能动力系统、动力推进控制、运载器运行、水下热滑翔机控制和温跃层环境模拟。

水下热滑翔机通过特有的动力系统,将海洋温差能转化为机械能,驱动滑翔机航行。动力系统的相变储能是实现水下热滑翔机长行程、无噪声海洋探测工作的核心课题。本书对水下热滑翔机的相变储能过程进行了细致的分析,阐述了热滑翔机在水下运行时的动力性能及其对滑翔机整机性能的影响。

基于焓法建立的相变传热数学模型,模拟分析了影响动力系统储能装置传热效率的因素。对相变材料的体积变化规律也进行了研究分析,给出了提高动力系统传热效率的各种途径。

本书重点论述了运行于海洋温跃层的热滑翔机动力系统的相变过程,包括赤道附近海域环境下的工作过程。通过对滑翔机运行潜深优化、循环时间优化和输出功率变化规律研究,提出了增加热滑翔机输出功率的途径。优化后的循环,能够缩短行程时间、减小滑翔潜深、提高动力系统输出功率,更加预留了部分相变材料作为能量损失补偿。基于对浅跃层和深海跃层间工作的滑翔机的研究,给出了温跃层厚度和强度与热滑翔机性能之间的关系。

研究了弱温差和逆温差对相变过程的迟滞作用,分析了弱温差和逆温差对临界航程下水下热滑翔机相变过程的影响,给出了弱温差和逆温差条件下影响相变过程的水下热滑翔机主要参数,以及优化参数的目标和方法,进而规定了水下热滑翔机滑翔角变化的应取范围。

海洋温跃层的温差小,水下热滑翔机的热机输出功率有限。为了持续航行,提出了提高水动力性能的外形设计方案。本书还以大升阻比的机翼为目标,优化了水平翼及尾翼的翼型、平面形状参数和合理安装位置。

为了节省试验成本和时间,避免水下自然环境复杂而丢失模型的风险,本书阐述了基于相似理论建立室内海洋温跃层模拟水池的方法,确定了室内海洋温跃层模拟水池的参数:缩尺比、水池主尺度、温度梯度场、动力相似数。该方法为水下热滑翔机提供了可重复、稳定、便捷的试验环境。书中展示的实验装置,充分考虑了海洋剖面温度和滑翔运动的特点,能实时模拟水下热滑翔机周围的环境温度,实现环境温度连续变化下的温差能热机性能试验。

本书首次披露了滑翔机动力系统的工作规律及其影响因素,指出了提高动力系统输出功率的途径。采用滑翔机动力系统的工作特性与水动力性能参数结合的方法,为合理设计动力系统、改进整机性能和优化整机设计提供了科学依据。

本书创新地采用逆系统方法和滑模变结构控制理论,提出了水下滑翔机的新型运动控制系统。所提出的复合控制器,引入了欠驱动的多变量非线性系统,具有强抗干扰能力、良好的鲁棒性和较大的吸引区, also 具有良好的输出跟踪控制性能。

本书首次以内部动态不稳定的水下滑翔机动力学系统为对象,将适用于单输入单输出非线性系统的新的稳定逆技术拓展,应用于多输入多输出非线性系统的前馈控制设计。利用此方法求解系统逆问题,其结果包括了前馈控制输入和规划的输出轨迹。

本书还利用二次型最优控制方法设计了反馈控制,用于保证系统稳定顺应期望的状态轨迹从初态变化到末态,并使水下热滑翔机的运动对于环境的变化和干扰具有鲁棒性。

在研究分析的基础上,本书还完成了以下工作:

提出了最佳相变时间点和最优体积变化率,提高了水下热滑翔机动力系统的综合性能;

证明了水下热滑翔机动力系统输出功率与水下运行阻力之间的平衡关系。

本书从介绍水下热滑翔机技术的起源、发展和现状着手,系统说明水下热滑

翔机的工作原理,展示了运行系统的构造特点;以研究海洋温跃层的特征、分布和传热特性为依据,建立了相变储能和浮力变化的数值模型,进行了模拟和分析;全面展示了处于非典型海洋温跃层环境的相变过程研究方法和结果;在理论、实验和数学模拟的基础上,详细阐述了水下热滑翔机的设计原则和性能比较分析方法,进一步讨论了水下热滑翔机外型的设计方法及优化途径。最后,展示了海洋温跃层的模拟试验和实验研究方法。

本书共7篇20章。第一篇说明水下热滑翔机的起源、发展和运行机理;第二篇系统说明热滑翔机的核心,即动力推进系统的相变原理和改善途径;第三篇阐述水下热滑翔机在弱温差和逆温差层中的工作状况;第四篇研究热滑翔机的动力特性;第五篇论述水下热滑翔机的控制原理和方法;第六篇论述水下热滑翔机水动力特性及其提高途径;第七篇展示了海洋温跃层条件下的试验研究现状。

课题组于2005年3月开始着手本项研究。2009年9月,国家自然科学基金委员会批准了“弱温差和逆温差下的相变过程和水下热滑翔机水动力特性研究”项目,推进了探索的进程。本项目的研究前后历时八年,终告段落。根据原定计划,组织出版专著,总结水下热滑翔机技术的相关原理、理论和应用,至有此书。八年间,倪圆芳、孔巧玲、杨海、刘雁集、任龙飞、周徐斌、陈晖、孙启、张凯在攻读硕士、博士学位期间,舒畅、彭彬彬在攻读学士学位期间,李林鹏、底柯、马乐、雷建明、温馨在本科科研实践期间,都付出了艰辛劳动和聪明才智;自然科学基金委员会慨然批准了我们提出的项目申请,系统、全面研究的夙愿得以全面实现,诚致谢忱。

课题门类深广交迭,限于认识能力和学术水平,书中存在的疏漏缺失、欠妥欠当、差错谬误之处,祈望各位专家同仁审阅勘正。

著者

2012年10月

于上海交通大学

目 录

第 1 篇 水下热滑翔机的起源、发展和工作机理

第 1 章 导论	3
1.1 人类对海洋战略地位和价值的认识过程	3
1.2 无人运载器在海洋军事上的作用和地位	4
1.3 水下无人运载器的分类及比较	5
1.4 国内外水下无人运载器的发展	6
1.5 无人运载器的技术发展方向	10
1.6 水下热滑翔机的功能和应用	11
1.7 海洋温跃层水下热滑翔机的发展	12
第 2 章 海水的温度分布和海洋温跃层	19
2.1 引言	19
2.2 海水的温度分布规律	20
2.3 海洋温跃层及其分布	21
2.4 中国近海海洋温差能资源	28
第 3 章 海洋温跃层水下热滑翔机的运行机理	33
3.1 温差能动力推进系统的工作原理	33
3.2 温差能动力推进系统的工作介质	36
3.3 水下热滑翔机的水中受力	38
3.4 水下热滑翔机航行的能效分析	41

第2篇 水下热滑翔机动力系统的相变过程

第4章 水下热滑翔机的浮力系统	47
4.1 浮力调节过程数学模型	47
4.2 浮力调节系统的动态仿真	54
4.3 浮力系统的预设标准	56
4.4 浮力调节系统的工作过程	57
第5章 温差能动力推进系统的相变过程	61
5.1 相变传热机理	61
5.2 固液相变的数学模拟	63
5.3 相变装置工作性能分析	76
5.4 温差能动力系统储能工质的对比	83
5.5 对流换热系数对相变过程的影响	86
5.6 外界温度对相变过程的影响	87
5.7 容器尺寸对相变过程的影响	88
5.8 不同结构对相变过程的影响	89
第6章 动力装置相变过程中工质的体积变化率	93
6.1 相变体积变化过程的仿真	93
6.2 影响体积变化率的因素	100
6.3 不同体积变化率的输出功率	103
6.4 相变体积变化率的实验	105
6.5 实验过程和结果分析	107
第7章 温差能动力推进系统的蓄能器	112
7.1 蓄能器类型	112
7.2 气缸式蓄能器的工作过程分析	113
7.3 工作气体热力过程对滑翔机航行深度的影响	115
7.4 蓄能器能量分析	118

第3篇 水下热滑翔机在非典型温差层中的工作

第8章 弱温差层和逆温差层中的相变	127
8.1 引言	127

8.2	海洋的弱温差层和逆温差层	127
8.3	弱温差对水下热滑翔机相变性能的影响	128
8.4	逆温差对水下热滑翔机相变过程的影响	138
第9章	弱温差层和逆温差层中热滑翔机的参数优化	145
9.1	引言	145
9.2	水下热滑翔机水动力分析	145
9.3	水下热滑翔机参数对相变过程的影响	148
9.4	水下热滑翔机参数的优化	159

第4篇 水下热滑翔机的动力特性

第10章	海洋温跃层对水下热滑翔机动力推进性能的影响	167
10.1	引言	167
10.2	管内相变过程建模与数值求解	167
10.3	温差能热机圆管材料和相变材料的选择	177
10.4	海洋温跃层对动力推进系统性能影响的实验	180
10.5	温跃层深度的影响及偏差分析	183
10.6	温跃层厚度的影响	186
10.7	温跃层强度的影响	189
第11章	排水量和滑翔角对温差能热机性能的影响与改进	192
11.1	稳定滑翔速度	192
11.2	排水量的影响	193
11.3	滑翔角的影响	195
11.4	温差能热机性能及热滑翔机性能改进	196
第12章	滑翔机运行的路径和优化	200
12.1	滑翔机运行路径的特征	200
12.2	不同体积膨胀率下的滑翔行程	207
12.3	不同温跃层间的滑翔行程	209

第5篇 水下热滑翔机的运行控制

第13章	滑翔机水下运行控制策略分析	219
13.1	滑翔机水动力性能	219

13.2	热滑翔机水下运行的控制策略	224
13.3	滑翔机总体性能的改进	230
第14章	水下热滑翔机运动的滑模跟踪逆控制	232
14.1	引言	232
14.2	水下热滑翔机的动力学模型	232
14.3	逆系统方法的基本概念与应用条件	235
14.4	基于逆系统和滑模控制方法的水下热滑翔机运动控制系统设计	237
14.5	运动控制系统仿真	242
第15章	水下热滑翔机运动的非线性前馈与反馈控制	248
15.1	引言	248
15.2	水下热滑翔机的运动控制模型	248
15.3	水下热滑翔机运动的非线性前馈与反馈控制设计	250
15.4	运动控制系统仿真	258

第6篇 水下热滑翔机的水动力学特性

第16章	水下热滑翔机外壳优化设计	263
16.1	常见外壳的几何模型	263
16.2	水动力学数值计算的理论基础	265
16.3	基于CFD的4种常见外壳的数值计算	267
16.4	基于CFD的4种常见外壳的分析比较	269
16.5	高综合性能外壳优化设计	274
第17章	水下热滑翔机的机翼设计	278
17.1	机翼的基本几何参数	278
17.2	水平翼的选型及设计	280
17.3	尾翼的选型及设计	287
17.4	滑翔机机翼的装配	290
17.5	滑翔机整体水动力数值模拟	293

第7篇 海洋温跃层条件下的试验研究

第18章	水下热滑翔机的海洋温跃层模拟试验系统	297
18.1	海洋温跃层模拟系统的原理和构成	297

18.2	试验系统的方案比较	301
18.3	海洋温跃层模拟系统的构建	303
第 19 章	基于相似理论的海洋温跃层模拟水池	311
19.1	相似理论基础	311
19.2	水池参数设计	313
19.3	海洋温跃层模拟水池的建成结构	319
19.4	水池温度场实证	320
第 20 章	水下滑翔机缩尺模型试验研究	322
20.1	试验台架与拖曳系统概况	322
20.2	连杆及测力元件之间的力学系统分析	324
20.3	电阻应变测量系统	324
20.4	数据采集系统	329
20.5	试验过程与结果	330
20.6	实测阻力与数值计算阻力的数据比较	334
参考文献		336
缩略语		344
索引		345

第 1 篇

水下热滑翔机的起源、 发展和工作机理

第 1 章 导 论

1.1 人类对海洋战略地位 and 价值的认识过程

人类对海洋战略地位及其价值的认识,是一个不断深化的过程。随着海洋研究、开发和保护事业的发展,人们对此的认识不断深化、不断发展。纵观漫长的历史过程,人类对海洋及价值的认识可以大致分为 3 个阶段。

15 世纪之前,接触海洋的人主要是居住在沿海地区的居民。他们利用海洋的活动主要是采拾贝类和捕捞,利用海水制盐,沿海航行。靠海吃海和就近航海的实践,使人类形成了“鱼盐之利和舟楫之便”的观念。这是 15 世纪以前人们对于海洋价值的基本认识。

自 15 世纪后期开始,世界大航海时代到来,欧洲海洋强国发现了新大陆,开辟了新航线,进行了环球航行,扩大了世界市场,开始了近代殖民掠夺,推动了欧洲资本主义的发展。资本主义代替封建主义的时代到来了。马克思说:“美洲的发现,绕过非洲的航行,给新兴的资产阶级开辟了新的活动场所。东印度和中国的市场,美洲的殖民地,对殖民地的贸易、交换手段和一般商品的增加,使商业、航海业和工业空前高涨,因而使正在崩溃的封建社会内部的革命因素迅速发展。”这个时代一直延续到 20 世纪初。

自第一次世界大战以来,人类对海洋的利用又深化了,海洋成为食品基地、油气开发基地、旅游娱乐基地和仓储空间利用基地,海洋成为屯兵、作战的重要战场,海洋的价值越来越大。

人类的发展需要空间和资源,世界各国在陆地空间与资源的分配基本结束,海洋的空间与资源的广度丰度,远远超过陆地,开发利用热潮方兴未艾。海洋空间与资源的争夺刚刚开始,海洋对陆地的制约作用日趋增强。在古今中外有远见的战略家眼里,海洋从来都是关注的重点。中国古代的航海家郑和说过:“欲国家富强,不可置海洋于不顾,财富取之于海,危险亦来自海上。”美国著名军事理论家马汉一针见血地指出:“谁控制了海洋,谁就控制了世界。”海洋成为人类生存与发展的重要空间,必然又会成为军事活动的必争场所。已有的地区冲突和局部海域战争,都表明与海洋环境要素相关的海洋基础问题直接关系到战争的胜败。因此,21 世纪海洋的军事利用仍将得到强化,掌握与军事活动有关的海洋环境要素和争夺海底、海洋

空间的斗争,将更为尖锐复杂。

公元前 5 世纪,中国开始有了可供海上作战的舟师船军。齐、越、吴“三国边于海,而其用兵相征伐,率用舟师蹈不测之险”。到了宋、元、明朝时,中国一直拥有世界上最强大的海上船队和最先进的航海技术,是名副其实的海洋大国。清末魏源的《海国图志》一书,提出了“调夷之仇国以攻夷,师夷长技以制夷”的海防战略思想,主张引进西方先进的科学技术,集中财力、物力,建设一支近代海军,以达到“驶楼船于海外,战洋夷于海中”的目的。然而,当时历代统治者缺乏海洋战略意识,对海洋重要性的认识时轻时重。在中国历史上,最为著名的是郑和七次下西洋。令人惋惜的是,他并非出于经济和军事目的,而是为了“内安诸夏,外抚四夷”,“非有意于臣服之”。七下西洋无疑扩大了郑和的海上战略视野,他向明仁宗进言:“我国船队战无不胜,可用之扩大经商,制服异域”,他的见解体现了以军事力量为后盾的策略。到了明朝中叶后,欧洲各殖民主义国家纷纷从海上向外扩张,而中国的统治者却实行了“闭关锁国”政策,自动放弃了长期以来形成的海上优势,给殖民者让出了通往东方的海上通道,使他们得以畅通无阻地征服东南亚,最后把侵略的矛头直指中国。中国的门户,恰恰就是在这时被西方殖民者从海上打开的。历史教训给了我们许多深刻的启示。中华民族的兴衰和荣辱,与海洋密切相关。秦朝的统一,西汉的强盛,唐朝的繁荣,明朝以后的“海禁”,清朝的被动挨打,以及近代海防危机和现代海洋权益之争,无一不折射出海洋对中华民族历史进程的重大影响。为了中华民族的未来,必须重视海洋问题,实施面向海洋的海洋战略。实施海洋战略,是世界强国发展的成功战略,是地缘政治的选择,也是中国所处战略环境的需要,更是中国崛起之必然。

1.2 无人运载器在海洋军事上的作用和地位

二战期间的某一天,美国海军万万没有想到,刚刚听起来还是海虾成群结队的骚动,瞬间变成了可怕的日军潜艇的来袭。日军在部署这次袭击之前,曾对附近海域进行过周密科学的调查。他们发现,这一带常常有虾群出没,而且虾群骚乱的声音几乎成了这里的“海之声”。他们想办法将潜艇的机器噪声弄成类似于虾群的游弋之声。美国人在这次血的代价中补了一课。由于军事技术的日益综合和交叉,海洋环境因素已经成为提高海上战斗力、使武器装备保持优势的关键所在。

现代海洋军事为人类打开了进一步了解海洋、征服海洋的突破口。正如 20 世纪初期,许多新技术最初都应用于战争一样,进入 21 世纪,许多尖端科技都由海洋军事发端。它再次提醒人们,资源是人类对海洋的最大需求,获得资源必将引发争夺。这样,就把战争与海洋捆在了一起。世界上绝大部分国家都在调整自己的海军发展战略,其作战区域的重点开始转向沿海,未来海军武器系统的发展也随之而变化,发展海洋战场上的无人化兵器,便是方向之一。平时,各种载体投送火力的成功率非常低,特别是在高科技突发冲突中,这就必须依靠隐蔽性强、准确性好、效率

更高的武器平台来投送火力,提高成功率。所有这些因素,都使水下无人运载器(Unmanned Underwater Vehicle, UUV)脱颖而出,无人运载器的研究也就日益受到军事研究人员的重视。

水下无人运载器有诸多优越性:

(1) 满足军事上的迫切需求。军用水下无人运载器具有受气候条件影响小、留海时间长的特点,可以深入战场海域进行侦察和监视,获取情报信息,夺取战争的主动权。

(2) 配备大量的高新技术。随着电子技术、控制技术、纳米技术等高新技术的迅猛发展,为水下无人运载器提供了坚实的硬件基础和软件基础。

(3) 效费比高。军用水下无人运载器结构简单、尺寸小、易于操作,生产和维护费用低,无需人员驾驶,节约人员培训费,并且可以降低人员伤亡和被俘的危险,完成富有危险性的高难度任务。

近年来,随着平台、推进器、导航和控制系统以及传感器等技术的发展,以美国为首的军事强国越来越重视战争中的零伤亡,使得无人作战平台技术得到快速发展,其在未来战争中的重要性和潜在作战效能也愈加明显。在未来战争中,“以平台为中心”的作战思想已经转变为“以网络为中心”的作战理念,无人平台将成为网络中心战的重要节点,在战争中发挥越来越重要的作用。目前,无人飞行器已经进入现役,并在近年来的几场局部战争中显示出了巨大威力。不久的将来,水下无人运载器也将加入现役无人平台的队伍,发挥重要的作用。在未来战争中,水下无人运载器可以利用自身携带的各种传感器和武器,执行普通舰艇难以完成的作战任务,扩展海军的作战能力,具有潜在的军事应用价值。

从现在对无人运载器的研究情况来看,可以把水下无人运载器在战争中的作用归纳为:

(1) 水雷对抗。美国海军开发的“曼塔”水下无人运载器,主要用途就是用于水雷对抗。

(2) 反潜战。水下无人运载器可以作为诱饵,将敌潜艇诱至埋伏区,然后协同围歼之。

(3) 情报收集/侦察/监视。水下无人运载器可执行侦察敌人港口或海岸区的军事活动、监视雷区等任务。

(4) 作为网络中心战的节点,完成环境数据的采集。在通信条件受到限制时,可利用水下无人运载器作为通信接口,完成其他各种作战平台之间的通信任务;还可以监测特殊海域的海洋环境,如水温、深度等水文情况。

1.3 水下无人运载器的分类及比较

从用途来分,水下无人运载器可以分为军用水下无人运载器和商用水下无人运载器。军用水下无人运载器和商用水下无人运载器有90%的共性。而按照控制方