



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



鱼雷发射装置 设计原理

■ 练永庆 王树宗 等 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

鱼雷发射装置设计原理

练永庆 王树宗 李宗吉 编著
孙胜春 田 兵 徐勤超

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本教材系统、全面地介绍了舰艇鱼雷发射装置的基本结构与设计原理。全书共分 11 章,重点阐述了鱼雷发射装置设计、论证时应掌握的基本知识,结合国内外具体型号的鱼雷发射装置,较详细地撰写了水面舰艇、潜艇鱼雷发射装置基本结构及其设计原理,反映了国内外鱼雷发射装置研究的新技术和新成果,其中潜艇鱼雷发射装置内容基本涵盖了现役以及正在研究的各类发射装置如自航式、气动不平衡式、往复泵水压平衡式、气动冲压式、旋转泵式、蓄能式以及电磁式等。

本教材可作为高等院校兵器发射理论与技术学科、舰艇武器系统与发射工程专业的本科生教材及研究生参考教材,也可供从事舰艇鱼雷发射装置研究、设计、生产、监修、试验与使用的相关工程技术人员和技术管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

鱼雷发射装置设计原理 / 练永庆等编著. —北京:
国防工业出版社, 2012. 4
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-118-07870-1

I. ①鱼... II. ①练... III. ①鱼雷发射装置 - 高等学校 - 教材 IV. ①TJ63

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 010530 号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)
北京奥鑫印刷厂印刷
新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 488 千字
2012 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 40.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

序

鱼雷发射装置是各国水面舰艇、潜艇、飞机及岸基等发射平台鱼雷武器系统的核心组成部分之一,一直是世界海军强国研究的热点与发展的重点。

建国以后,伴随着我国的鱼雷发射技术领域的发展与需求,早在1957年原中国人民解放军军事工程学院的马士杰教授撰写了我国第一本只限于内部使用的《鱼雷发射器设计原理》油印讲义,对培养专业人才和促进鱼雷发射技术领域从仿制到自主研发起到了显著的作用。进入20世纪80年代以后,我国鱼雷发射技术领域走向了成熟,即我国可以根据国防建设的需要自主开展各种型号的鱼雷发射装置的研制。2003年4月中国船舶重工集团公司第705研究所刘家铨研究员,在年过花甲之时,编著并出版了《鱼雷发射装置概论》一书,满足了当时刚刚涉足本专业的同志系统学习鱼雷发射装置专业知识的欲望,同时对从事鱼雷发射装置及舰船鱼雷武器系统科研、生产、教学和使用的专业人士也有很好的参考价值。

众所周知,鱼雷发射装置同其他的国防科技一样是知识密集型领域,其发展中的根本问题是人才问题。面向新世纪国防科技工业发展的机遇与挑战,高等院校大力培养国防科技人才是时代的需求,以此为出发点,海军工程大学兵器工程系的同志们在参考、整理和总结多年来众多专家在鱼雷发射装置领域内的研究成果与著作基础上,结合本单位教学与科研实践中积累的新成果,编著了这本高等院校国防特色教材,必将为国防科技人才的培养起到一定的促进作用。

该教材在第1章绪论中阐述了鱼雷发射装置随鱼雷及其发射平台的发展而发展,较全面论述了鱼雷发射装置论证、设计时应掌握的基本知识。第2章~9章结合国内外典型型号的鱼雷发射装置及相关鱼雷型号,较详细地撰写了水面舰艇、潜艇鱼雷发射装置的基本结构、工作原理、设计原理,反映了国内外鱼雷发射装置概貌及其新技术、新成果。第10章对国外已服役的潜艇新型旋转泵水压平衡式鱼雷发射装置的设计原理进行了较全面论述;在此基础上,又广泛阅览了国内外有关文献,对未来可能实装的新型潜艇鱼雷发射装置进行较详细的分析。由此可见,本教材内容丰富、专业性与实用性强,是目前国内鱼雷发射技术领域概括鱼雷发射装置基本结构,阐述其设计原理最为具体、详尽的教材。

本教材在论述中注意兼顾基础与提高,说理清楚、文字通畅、内容全面。本教材不仅可作为高等院校兵器发射理论与技术学科、舰艇武器系统与发射工程专业的本科生教材及研究生参考教材,也可供从事舰艇鱼雷发射装置研究、设计、生产、监修、试验与使用的相关技术人员和技术管理人员参考,预期本书的出版将对我国鱼雷发射装置技术领域的发展和提高做出有益的贡献。

中国船舶重工集团705研究所 研究员

中国工程院 院士



前 言

《鱼雷发射装置设计原理》是国家级“十一五”重点规划教材。本教材在编写过程中,继承了海军工程大学[马世杰]教授 1957 年撰写的《鱼雷发射器设计原理》讲义中的相关设计思想;参考了哈尔滨工程大学 2003 年出版的由刘家铨编著的《鱼雷发射装置概论》,有的段落进行了摘录;总结和整理了多年来国内外鱼雷发射装置领域相关研究成果,结合了编者多年教学和科研实践的成果。本教材以体现设计原理的舰艇鱼雷发射装置的基本结构为起点,系统论述了各类鱼雷装置的工作原理与结构特点、设计方法以及设计论证有关基本理论知识。为保证教材的实用性,教材中所有算例与仿真都经过计算验证,其中不少算例还经过实践检验。

全书共 11 章。第 1 章为绪论,系统地论述了鱼雷发射装置的发展概况、现代鱼雷发射装置的定义、分类及基本组成,以及论证、设计舰艇鱼雷发射装置应考虑的主要因素。第 2 章为水面舰艇鱼雷发射装置基本结构与工作原理,全面论述了包括快艇在内的水面舰艇装备的重型、轻型鱼雷发射装置在舰艇上的配置、主要战术技术性能及为实现储存与发射鱼雷功能应具备的基本结构与工作原理。第 3 章为水面舰艇鱼雷发射装置总体设计与鱼雷出管弹道计算,主要叙述了鱼雷发射装置的总体设计、鱼雷出管后弹道的计算以及发射装置在发射过程的载荷分析。第 4 章为水面舰艇鱼雷发射系统初步设计与内弹道仿真,主要讲述水面舰艇发射装置的发射系统初步设计以及发射过程中鱼雷在管内的弹道仿真。第 5 章为潜艇鱼雷发射装置发射深度与鱼雷出管速度分析,主要对发射深度与鱼雷出管速度这两个潜艇鱼雷发射装置的重要战术技术指标进行论证与分析。第 6 章为潜艇自航式鱼雷发射装置,主要阐述了自航式鱼雷发射装置概况、自航式鱼雷发射装置内弹道计算与管体参数选择。第 7 章为潜艇气动不平衡式鱼雷发射装置,主要阐述了气动不平衡式鱼雷发射装置工作原理与基本结构、俄罗斯 RC-240 鱼雷发射装置在设计上的继承性与创新要点、气动不平衡式发射系统内弹道建模与仿真、空气发射系统发射能量储备与使用气量计算、无泡系统定时调节器的工作特性分析、空气发射系统发射阀特形孔的仿真设计等内容。第 8 章为潜艇往复泵水压平衡式鱼雷发射装置,主要介绍往复泵水压平衡式鱼雷发射装置结构组成、艇上布置、基本工作原理以及发射过程的建模与仿真。第 9 章为潜艇气动冲压式鱼雷发射装置,主要讲述气动冲压式鱼雷发射装置的功能、组成及性能,以及武器发射过程的建模与仿真,以及冲压器缓冲结构的缓冲分析计算方法。第 10 章为潜艇旋转泵水压平衡式鱼雷发射装置,主要撰写了旋转泵水压平衡式鱼雷发射装置基本结构及工作原理、发射系统主要组件(旋转泵、原动机、发射阀与减速器)的理论分析与设计、涡轮泵发射系统发射过程建模与仿真。第 11 章为未来可能实装的新型潜艇鱼雷发射装置,主要讲述了蓄能式鱼雷发射装置(包括液压与弹性蓄能两种)、电磁式鱼雷发射装置的基本组成与工作原理,其中对电磁式发射装置的发射过程进行了建模与仿真。

参与该教材编写的有练永庆讲师(第4章、第5章、第10章和第3章、第7章部分)、王树宗教授(第1章、第2章、第7章和第11章部分)、李宗吉副研究员与田兵博士(第8章、第9章)、孙胜春高级工程师与徐勤超博士(第3章、第6章和第11章部分),全书由练永庆、王树宗统稿、定稿。靳玉敏女士完成了本书大部分的绘图与文字编辑。

作为兵器科学与技术学科,高等院校国防特色专业教材是国防科技人才培养当中重要的知识载体和教学工具,但由于鱼雷发射装置不仅种类繁多,且涉及及机械、流体力学、热力学、电磁学、控制理论、材料等多个知识领域,教材内容不可能面面俱到。为突出本教材的特色,在编写过程中以鱼雷发射装置的基本结构为基础,以发射系统为重点,突出与发射系统论证、设计紧密相关的发射过程(内弹道)建模与仿真的内容,至于发射装置其他相关技术与结构设计读者可参考借鉴相关门类的知识。如上所述,由于本教材内容广泛,加之编者的水平限制,书中肯定还存在不足,甚至错误之处,恳请读者予以批评指正。

本教材在立项及编写过程中,得到海军工程大学训练部领导及装备处李波同志的高度重视和大力支持,得到兵器工程系领导的大力鼓励和张振山教授等的帮助,尤其是董春鹏院士和李溢池教授对本书进行了全面审阅,并提出了宝贵意见,在此一并表示诚挚的谢意!

编 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 鱼雷发射装置的发展概况	1
1.1.1 国外鱼雷发射装置发展概况	1
1.1.2 国内鱼雷发射装置发展概况	9
1.1.3 鱼雷发射装置的发展方向	10
1.2 现代鱼雷发射装置的定义、分类及基本组成	12
1.2.1 鱼雷发射装置的定义、演变及扩展	12
1.2.2 现代鱼雷发射装置的分类	13
1.2.3 现代鱼雷发射装置的基本组成	15
1.3 论证与设计舰艇鱼雷发射装置应考虑的主要要素	19
1.3.1 主要战术技术指标要求	19
1.3.2 鱼雷发射装置与舰艇、武器系统的接口关系及装舰(艇)要素	23
1.3.3 鱼雷发射装置的功能与作战适用性要求	24
思考与练习	29
第 2 章 水面舰艇鱼雷发射装置基本结构与工作原理	30
2.1 快艇鱼雷发射装置	30
2.1.1 鱼雷快艇	30
2.1.2 快艇鱼雷发射装置工作原理、主要战术技术性能及组成	32
2.2 舰用重型鱼雷发射装置	37
2.2.1 俄罗斯的联装式鱼雷发射装置	37
2.2.2 意大利 B516/A 型鱼雷发射装置	42
2.3 舰用轻型鱼雷发射装置	44
2.3.1 美国 MK32 型鱼雷发射装置	45
2.3.2 英国舰载三联装鱼雷发射装置	56
2.3.3 意大利 ILAS-3 型三联装鱼雷发射装置	59
2.3.4 箱式鱼雷发射装置	64
2.4 其他类型及未来可能重点发展的舰载鱼雷发射装置	65
2.4.1 无管发射装置	65
2.4.2 重力发射装置	66
2.4.3 火箭助飞鱼雷发射装置	66
2.4.4 未来可能重点发展的鱼雷发射装置	67
思考与练习	68

第3章 水面舰艇鱼雷发射装置总体设计与鱼雷出管弹道计算	70
3.1 水面舰艇鱼雷发射装置总体设计	70
3.1.1 水面舰艇鱼雷发射系统的比较与选择	70
3.1.2 发射装置在舰艇甲板上的安装	71
3.1.3 发射管在联装发射装置转台上的布置	73
3.1.4 发射管总体设计	75
3.1.5 鱼雷发射装置水平瞄准传动装置的总体设计	82
3.1.6 各机械装置在鱼雷发射装置上配置的一般原则	86
3.2 鱼雷出管弹道计算	87
3.2.1 鱼雷中间弹道及外弹道	87
3.2.2 中间弹道与外弹道简化计算模型	88
3.2.3 舰艇在航行与摇摆条件下发射鱼雷时鱼雷的中间弹道与外弹道计算	90
3.3 水面舰艇鱼雷发射装置载荷与发射管结构强度计算	99
3.3.1 水面舰艇鱼雷发射装置载荷计算	99
3.3.2 发射管结构强度计算	103
思考与练习	108
第4章 水面舰艇鱼雷发射装置发射系统初步设计与内弹道仿真	109
4.1 水面舰艇鱼雷发射装置发射系统的内弹道设计	109
4.1.1 内弹道设计的定义、目的及基本模型	109
4.1.2 内弹道设计应用算例	112
4.2 水面舰艇鱼雷发射装置的发射系统初步设计	114
4.2.1 发射能量储备估算	114
4.2.2 发射阀最小出流面积估算	123
4.3 水面舰艇发射装置发射过程的鱼雷内弹道数学建模与仿真	125
4.3.1 火药发射系统内弹道数学建模与仿真	125
4.3.2 空气发射系统内弹道数学建模与仿真	136
思考与练习	139
第5章 潜艇鱼雷发射装置发射深度与鱼雷出管速度分析	140
5.1 潜艇鱼雷发射装置发射深度分析	140
5.2 潜艇鱼雷发射装置鱼雷出管速度分析	142
5.2.1 鱼雷出管速度对其出管后初始段运动安全性的影响分析	142
5.2.2 鱼雷出管速度对鱼雷离艇安全性的影响分析	145
思考与练习	148
第6章 潜艇自航式鱼雷发射装置	149
6.1 自航式鱼雷发射装置概况	149
6.1.1 德国 MAK 自航式鱼雷发射装置	149
6.1.2 意大利 B512 型自航式鱼雷发射装置	151
6.1.3 自航发射装置与设计相关的特点分析	158
6.2 自航式鱼雷发射装置内弹道计算与管体参数选择	158
6.2.1 栅状管发射装置的内弹道建模与仿真	159

6.2.2	干式自航发射装置内弹道建模与仿真	161
6.2.3	影响管体基本参数的主要因素及其基本参数的选择	167
	思考与练习	168
第7章	潜艇气动不平衡式鱼雷发射装置	169
7.1	气动不平衡式鱼雷发射装置工作原理与基本结构	169
7.1.1	概述	169
7.1.2	FC-45型气动不平衡式鱼雷发射装置	169
7.1.3	FC-240型鱼雷发射装置	178
7.2	FC-240型鱼雷发射装置在设计上的继承性与创新要点	181
7.2.1	FC-240型与FC-45型鱼雷发射装置主要技术性能的比较	181
7.2.2	FC-240型发射装置的继承性与装管的适配性	182
7.2.3	FC-240型发射装置在继承基础上的创新	188
7.3	气动不平衡式鱼雷发射装置发射系统内弹道建模与仿真	193
7.3.1	空气发射系统内弹道数学模型	193
7.3.2	气动不平衡式鱼雷发射装置空气发射系统内弹道计算实例	205
7.4	空气发射系统发射能量储备与使用气量分析	206
7.4.1	发射气瓶能量储备估算	206
7.4.2	自动截止仪对发射过程中使用气量的控制分析	208
7.5	无泡系统定时调节器的工作特性分析	209
7.5.1	FC-45型鱼雷发射装置定时调节器的设计计算分析	210
7.5.2	FC-240型鱼雷发射装置定时调节器分析	212
7.6	空气发射系统发射阀特形孔的仿真设计与分析	214
7.6.1	思路与模型	214
7.6.2	已有型号发射阀的特形孔设计实例	218
7.6.3	新型发射阀特形孔设计	220
	思考与练习	222
第8章	潜艇往复泵水压平衡式鱼雷发射装置	223
8.1	往复泵水压平衡式鱼雷发射装置综述	223
8.1.1	概述	223
8.1.2	发射装置在艇上的安装与布置	225
8.1.3	发射装置的主要功能、战术技术指标及组成	225
8.1.4	发射装置的工作过程	228
8.1.5	往复泵水压平衡式发射装置与气动不平衡式发射装置的比较分析	230
8.2	发射能量储备计算及发射过程建模与仿真	231
8.2.1	发射能量储备计算	231
8.2.2	发射过程数学建模	233
8.2.3	鱼雷发射过程仿真结果分析	236
	思考与练习	238
第9章	潜艇气动冲压式鱼雷发射装置	239
9.1	气动冲压式鱼雷发射装置的功能、组成及性能	239

9.1.1 概述	239
9.1.2 功能、组成及工作过程	240
9.2 气动冲压式鱼雷发射装置发射过程建模与仿真	247
9.2.1 气动冲压式鱼雷发射装置内弹道建模与仿真	247
9.2.2 内弹道仿真计算	250
9.2.3 冲压器的缓冲设计	252
思考与练习	254
第 10 章 潜艇旋转泵水压平衡式鱼雷发射装置	255
10.1 旋转泵水压平衡式发射装置基本结构及工作原理	255
10.1.1 概述	255
10.1.2 发射装置的性能指标与基本结构原理	256
10.2 旋转泵的理论分析与设计	257
10.2.1 旋转泵的工作特性	257
10.2.2 旋转泵设计的总要求、步骤及应综合考虑的因素	257
10.2.3 旋转泵主要性能指标论证	259
10.2.4 旋转泵的初步设计	261
10.3 原动机的结构类型与设计原则	263
10.3.1 原动机的种类及基本结构	263
10.3.2 原动机的工作特性与设计原则	267
10.4 发射阀与减速器的理论分析与设计	268
10.4.1 发射阀的理论分析与结构总体设计	268
10.4.2 减速器的分析与设计	269
10.5 涡轮泵发射系统发射过程建模与仿真	270
10.5.1 涡轮泵发射系统发射过程的数学建模	270
10.5.2 仿真与分析	276
思考与练习	280
第 11 章 未来可能实装的新型潜艇鱼雷发射装置	281
11.1 蓄能式鱼雷发射装置	281
11.1.1 液压蓄能式鱼雷发射装置	281
11.1.2 弹性蓄能式鱼雷发射装置	285
11.2 电磁式鱼雷发射装置	290
11.2.1 直线电动机发射装置	290
11.2.2 磁流体(MHD)发射装置	294
11.2.3 电磁式鱼雷发射装置的电源	295
11.2.4 直线直流电动机发射装置发射过程建模与仿真	297
思考与练习	303
参考文献	304

第1章 绪 论

绪论主要介绍论证与设计鱼雷发射装置应掌握的基本知识,主要包括三部分内容:①鱼雷发射装置的发展概况及其发展方向;②现代鱼雷发射装置的定义、分类及基本组成;③论证与设计舰艇鱼雷发射装置应考虑的主要因素。

1.1 鱼雷发射装置的发展概况

1.1.1 国外鱼雷发射装置发展概况

鱼雷发射装置是鱼雷武器系统的重要组成部分,而鱼雷武器系统则是组成战斗舰艇作战的主要武器系统之一,因而,要了解鱼雷发射装置的发展史,必须联系到鱼雷的发展和舰艇的发展。

1. 鱼雷与潜艇的发明与发展

1) 鱼雷的发明与发展

对鱼雷的发明有各种不同的说法,客观地回顾一下历史也许并不是多余的。阅读过苏联出版的军事刊物或教科书的人都知道,他们认为鱼雷是由俄罗斯人 И. X. 亚历山大洛夫斯基于 1865 年发明的,即比英国工程师罗伯特·怀特·黑德(Robert White Head)发明的白头鱼雷早一年,不过在 19 世纪七八十年代俄国采购了 250 条白头鱼雷,且那时未生产过俄国造的鱼雷。

西方国家有的认为鱼雷真正的先驱者是美国康涅狄格州(Connecticut)的一舰长大卫·布什耐尔(David Bushnell)。他的发明自称为“TORPEDO”(鱼雷)的水下炸药包,装载在他发明的乌龟潜艇(图 1-1-1)上并曾参与美国独立战争(1776 年)。该艇被派往攻击英国豪威勋爵的旗舰“鹰号”,但没有成功。应该说布什耐尔的鱼雷只能算是一种类似加了钟表延时机构水雷,当时的生产水平不可能发明自航的鱼雷。以后几乎经过近一个世纪的探索,出现过长杆水雷(鱼雷)和在岸上或船上用电缆操纵的“鱼雷”,将其送到目标位置,并用人工使其引爆鱼雷上装的炸药包等。18 世纪英国才开始进行产业革命,在 19 世纪上半叶蒸汽动力才普遍被采用。在美国独立战争前或稍后那个时期的各种称为鱼雷的发明仅不过是一种鱼雷原始思想的体现而已,不可能创造出真正的鱼雷,长杆水雷(鱼雷)及在 1944 年—1945 年出现的日本“人操鱼雷”等无需发射装置。

在 1866 年英国工程师罗伯特·怀特·黑德在当时的奥匈帝国研制成世界上第一枚能够

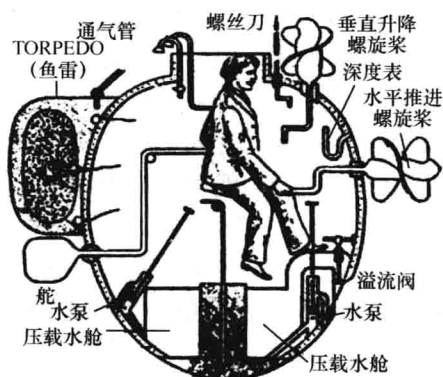


图 1-1-1 大卫·布什耐尔
发明的乌龟潜艇

在水下自主航行的“鱼形”鱼雷——“白头”(White)鱼雷(图 1-1-2)。它的直径是 356mm,长度是 3.53m,质量 136kg,装有 18kg~35kg 炸药,用高压空气(气压大约 8MPa)驱动活塞发动机带动对转螺旋桨推进,航速 6kn,航程 640m。后经改进,炸药装载量增加了四倍,并能高速航行 3200m 的距离。罗伯特·怀特·黑德于 1872 年建了一座鱼雷工厂,其后“白头”鱼雷在航程、爆炸力、深度保持上(利用水压原理定深)都有了稳定的进展,再加上 1897 年奥地利人 L. 奥伯莱发明的陀螺仪的应用,使鱼雷定向直航变得更精确了,以至于“白头”鱼雷被很多国家订购。早在 1880 年,就有将近 1500 条白头鱼雷分别卖给了英、俄、德、法、意等国,连中国的满清政府也购过“白头”鱼雷。



图 1-1-2 “白头”鱼雷外形图

鱼雷的发展大体有四次突变:①从无动力漂浮到有动力航行(从不会自主航行的“漂雷”和“长杆鱼雷”,到 1866 年出现自主航行的白头鱼雷),是鱼雷发展过程的第一次突变;②从无控制到有控制(在鱼雷上安装水压式定深器及横舵控制深度、用陀螺仪及直舵控制方向),则是鱼雷发展过程的第二次突变,这个过程大约到 20 世纪初;③从使用冷气发动机到 1904 年美国 F. M. 莱维特工程师发明燃烧室,以热动力代替冷气发动机,制成蒸汽瓦斯鱼雷,是第三次突变;④从直航到自动寻的,标志着鱼雷发展的第四次突变(自 1938 年德国制成电力鱼雷始,于 1943 年制成单平面被动声自导鱼雷,以及第二次世界大战期间及战后开始,各国鱼雷相继安装了制导装置(含自导和线导))。

2) 潜艇的发明与发展

鱼雷首先被水面舰艇——鱼雷艇使用。然而,隐蔽的武器从隐蔽的舰艇发射,才是理想的搭配,也是合乎逻辑的发展。将这两种武器结合在一起的研究工作是由英国牧师雷文伦德·乔治·迦莱德首先开始的。迦莱德及其研制的潜艇迦莱德—里苏甘号,引起了瑞典工业家索尔斯坦·诺德费尔特的重视(后者以研究制造诺德费尔特速射炮闻名),他引发了鱼雷从水下攻击的设想。在“白头”鱼雷出现之后 15 年,于 1881 年,诺德费尔特和迦莱德合作,制造出可以从水下发射鱼雷的诺德费尔特—II 号艇。这也是在潜艇上首次装备鱼雷发射管。

其实,隐蔽的舰艇——潜艇的出现,可以追溯到更远。1578 年英国人威廉·伯恩就出版了关于潜艇理论的书,1620 年,荷兰物理学家科尼利厄斯·德雷布尔据此设计建造了以木框作骨架、涂油牛皮为外壳的人力划桨潜水船——潜艇的雏形,因此被冠以“潜艇之父”称号。其后,又经美、德、俄、法等国的相继发展,但在技术上都没有取得什么大的进展。具有真正意义的潜艇,直到 19 世纪 90 年代才出现。这当归功于为之做出贡献的爱尔兰籍美国人约翰·霍兰德。他于 1873 年去美国后与民间组织芬尼亚社合作,设计了一艘长约 5m、装有内燃机、能以 3.5kn 速度航行的小型潜艇“霍兰德”1 号,于 1878 年下水。1881 年又建成了“霍兰德”2 号艇——芬尼亚“公羊”号(图 1-1-3),其上装了一门长 3.35m、口径 23cm 的气动发射管,能在水下发射长 2.35m 的鱼雷,但发射出去的鱼雷极不稳定,在水下航行几米就跳了水。

尽管如此,潜艇和鱼雷武器统一体的出现,却是很有意义的事情。在此基础上,又经过近 20 年的不懈的试验、改进,终于在 1898 年建成了名字命名的“霍兰德”号潜艇(6 号)。该艇长 16m、宽 3.1m,水上排水量 63.3t,水下排水量 74t,能容纳 5 名艇员和 1 具鱼雷发射管。它采用双推进系统(4.5HP 的新型汽油发动机和蓄电池供电的电动机),水上航速 7kn,续航力 1000n mile(1n mile = 1852m),水下航速 5kn,续航力 50n mile。该艇水下航行平衡,下潜迅速,可在水下发射“白头”鱼雷,它已经具备了现代潜艇的主要要素和性能。1900 年 12 月 21 日,美国海

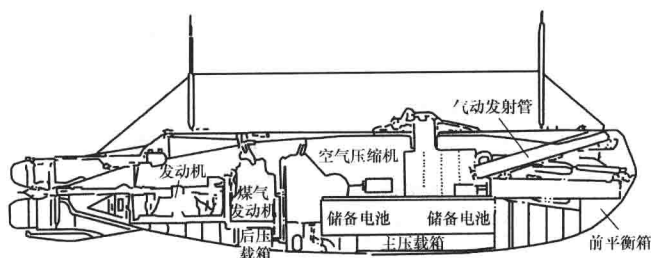


图 1-1-3 “霍兰德”2 号潜艇

军购买了该艇,这是世界上首型为海军服役的潜艇,它标志着现代潜艇的诞生,霍兰德也因此赢得了“现代潜艇之父”的美誉。

潜艇从诞生、发展到今天,经历了三个里程碑。

直到第二次世界大战之前,潜艇的发展基本没脱离霍兰德潜艇的模式。1944 年德国建成了 XXI 型潜艇,它是潜艇发展的第一个里程碑。该艇采用流线型艇体,首次安装了通气管。艇长 76.7m,宽 6.6m,水上排水量 1621t,水下排水量 1819t,水上航速 15.6kn,水下航速 17.2kn,安全工作深度 133m,最大工作深度 213m。1953 年美国建成“大青花鱼”号试验艇,采用了水滴型艇体,标志潜艇发展的第二个里程碑。该艇长 65m,宽 8.4m,水上排水量 1500t,水下排水量 1850t,水上航速 25kn,水下航速 33kn。1954 年 9 月 30 日,美国“鹦鹉螺”号核潜艇建成服役,标志潜艇核动力时代的到来,开创了潜艇发展的第三个里程碑。

2. 水面舰艇鱼雷发射装置发展概况

舰艇和鱼雷的发展变化都会引起鱼雷发射装置的变革。早期的舰艇鱼雷发射装置,采用滚落架,平时将鱼雷缚在滚落架上,发射时绳索解开,鱼雷依靠重力滚落到海中,进行自航。后来出现了圆筒形的发射管,先是栅状管体,而后发展为圆筒形管体。例 1877 年,俄国的“伊士坦丁大公”号轮船,就在其舷侧安装了用于发射鱼雷的带有栅格式发射管的特种形式的舳舻,到了 1878 年,俄国海军在水面舰艇上安装了圆管式发射管,并采用压缩空气发射鱼雷。到了 1880 年,俄国海军在喀琅斯达海军教练场,开始用火药从水上管式鱼雷发射管发射鱼雷的试验射击,1881 年在快艇“阻击兵”号上继续了这一试验。直到 1887 年才完善了水面舰艇的火药发射系统。之后,火药发射系统又经历了从黑火药到无烟火药的转变,同时药柱形式及装药密度、药膛结构及安装位置的改变,解决了火药充分燃烧及瓦斯(火药燃气)的顺利流动问题,直到第二次世界大战(1939 年—1945 年)前,鱼雷的出管速度问题才得以较满意的解决。但是,火药发射的发光问题及对发射管的污染问题始终未能解决,于是在采用火药发射系统的同时,又采用了压缩空气发射系统,这首先反映在 1939 年—1940 年俄国安装在驱逐舰上的 1H-MH 型鱼雷发射装置上。至此,可以说,在鱼雷发射器设计方面,有了理论及实践上的科学基础,这种同时具备火药和压缩空气两套发射系统的模式,俄罗斯一直沿用至今。

圆筒形的鱼雷发射管,随着水面舰艇发射武器的多样化,在大、中、小型舰艇上,也出现了多种形式。除美国在 20 世纪末已全部退役的战列舰不装载鱼雷外,从巨大的多用途核动力航空母舰到大、中型巡洋舰、驱逐舰、护卫舰,还有一定数量的鱼雷快艇和部分猎潜艇以及个别导弹艇均装备有鱼雷及其发射(投放)装置。通常在鱼雷快艇上,装备单管固定式的发射管,每艇两管,而在排水量 100t 以上的快艇则装 4 管,个别的装 6 管。发射管管体材料初期多为钢质,后发展为铝合金。除快艇之外的其他水面舰艇上,大都装备有联装式的鱼雷发射装置,联装数为 2 管~5 管不等,个别的如苏联的“快速级”驱逐舰装有 533 鱼雷发射管 4 管~10 管。

联装是将几根发射管以某种排列,坐落在一个共用的转台上,作战时,转向舷外某个方位发射鱼雷。第二次世界大战之前、乃至 20 世纪 50 年代—60 年代的联装式鱼雷发射装置,基本同时具备火药和压缩空气两套发射系统,并且以发射对舰的直航鱼雷为主,发射装置有电动的或电—液联动的转动装置使其转到一定的方位,以光学瞄准镜实施对目标的瞄准。

联装的管数较多,有的还带有散角装置,是为了提高鱼雷对目标的射击命中概率,便于组织射击扇面,齐射几条鱼雷。例如,苏联 20 世纪 40 年代安装在驱逐舰上的 1H—MH 型三联装鱼雷发射装置;同世纪 50 年代安装在护卫舰上的 TTA—53—50 型鱼雷发射装置。为了瞄准的自动化和提高瞄准精度,或者是为实施对水下目标的瞄准,后来又发展了具有随动系统的联装式鱼雷发射装置,如美国的 MK32—14 型鱼雷发射装置。但美国在第二次世界大战时计划提出,战后研制的 MK32—2 型舰用反潜主动声自导电雷,这是第一型舰用反潜鱼雷,在 1950 年—1955 年约生产 330 条。该雷直径 483mm,鳍宽 645mm,不能用常规发射管发射,而用固定在舰舷旁的抛射架抛射,如图 1—1—4 所示。它利用压缩空气使投放臂急速旋转,将鱼雷从舷侧横向投射到海中。由于鱼雷本身具有对目标自动寻的功能,带随动系统的鱼雷发射装置似不多见。

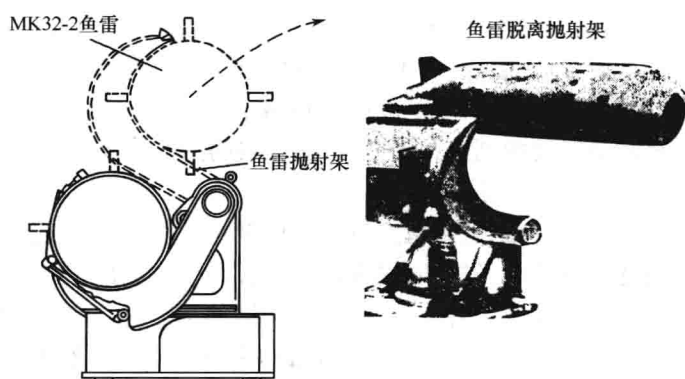


图 1—1—4 MK32—II 舰用反潜鱼雷及其抛射架

受鱼雷使用的战术思想指导,第二次世界大战(以下简称二战)时各参战国的驱逐舰和鱼雷快艇均装备管式发射装置以发射鱼雷为主要武器。英国和日本的轻型巡洋舰也大多装备鱼雷。美国和英国等在第一次世界大战(1914 年—1919 年)后不久,即在 20 世纪 20 年代初战列舰上已不装备鱼雷了,美国自 1936 年起巡洋舰也不装备鱼雷。到 20 世纪 50 年代后期,美、英等西方国家大都从驱逐舰上拆掉舰对舰用鱼雷发射管,而后再陆续装上舰对潜轻型鱼雷发射装置,美 MK15 型和英 MK IX 型舰用反舰鱼雷等随之退役。

1967 年 10 月 21 日埃及在世界上第一次运用导弹快艇发射苏制舰舰导弹在塞得港外击沉以色列驱逐舰“埃拉特”号。自此以后,鱼雷快艇的作用和地位受到导弹快艇强烈的挑战,导弹快艇的突击威力和远距离攻击能力比鱼雷快艇有明显的提高。自 20 世纪 70 年代起,除苏联外已不再有新型鱼雷快艇出现。随着舰—舰导弹的使用,专门用来攻击水面舰艇的鱼雷快艇,虽已逐步退出现役,代之而起的是同时装备反舰导弹与反舰鱼雷混装的攻击水面舰艇和固定目标的鱼雷快艇。西欧一些国家如西德和丹麦在导弹快艇上有的同时装备了反舰鱼雷。联邦德国 143 型导弹快艇除装 4 枚“飞鱼”导弹外还装有 2 条(单管,两座)“海豹”联邦德国产的老式反舰线导鱼雷。143 型艇是在 20 世纪 70 年代中期生产的,该型艇在 20 世纪 90 年代改装后(143B)拆除鱼雷发射管。20 世纪 80 年代初设计的 143A 型导弹快艇已不再装备鱼

雷了。西方国家二战后没有出现过新型舰用反舰鱼雷。美国战时研制过的 20 个鱼雷型号除被中止研制的 MK17 是驱逐舰用反舰鱼雷外,没有一种型号是舰用反舰鱼雷。战后美国研制的(MK36~MK51)各型鱼雷也均如此。相反,苏联在战后仍注重舰用反舰鱼雷的使用。苏“基辅”级航空母舰,“基洛夫”级、“卡拉”级巡洋舰,各型驱逐舰和部分护卫舰均装有直径 533mm 舰用反舰鱼雷,且大多数是装备两座五联装或三联装、两联装鱼雷发射装置。二战时使用过的著名的 53-39 型鱼雷是舰用兼潜用的反舰鱼雷。战后研制的 53-65 和 53-57 也是舰用的,20 世纪 60 年代以后舰用鱼雷的研制也有所发展,出现如 53-65、CЭT-60 和直径 650mm 的超大口径鱼雷等。美国与苏联对待舰用反舰鱼雷的使用和发展所持的观点不同,应该从两国海军建设学说上去寻找答案。美国海军强调舰艇使用上的专一性,反舰武器主要采用舰舰导弹,而苏联则强调综合作战能力。西欧各国战后虽没有研制舰用反舰鱼雷,但所研制的大型鱼雷大都具有通用性,即可攻击水面舰艇,也可攻击潜艇,水面舰艇或潜艇均可以装载,如意大利的 A184 鱼雷除由潜艇装载外,也可装载在护卫舰的尾部向后发射。

由以上可归纳为:苏联乃至现今的俄罗斯,都十分重视舰用鱼雷对水面舰艇作战的破坏威力,故至今在水面舰艇上都还保留着多联装的鱼雷发射装置。当然这种联装式发射装置也是在不断发展的,除对水面舰艇作战外,也能发射反潜鱼雷,对潜作战。

在以美国为首的西方各国,在舰对舰的作战中,多强调导弹的作用,而对鱼雷对水面舰艇的破坏威力,似乎有不同看法,故在现代的水面舰艇上,一般都不装备大口径的联装式鱼雷发射装置。但对水面舰艇使用鱼雷反潜或在对潜作战中以鱼雷自卫,还是十分重视的,因而,在西方各国海军的大、中、小型水面舰艇上,几乎无一例外地都装备了 324mm 口径的三联装鱼雷发射装置,其中,最具代表性就是美国的 MK32 系列型鱼雷发射装置。

近些年来,有些西方国家,如意大利、法国,也都重视在水面舰艇上装备大型的线导鱼雷发射装置用以反潜。水面舰艇线导鱼雷发射装置,既有单管固定式的,也有多管联装式的。前者如意大利“西北风”级护卫舰的 A-184 鱼雷的 B-516/A 型鱼雷发射装置,后者有法国舰艇上装备的发射 F17P 鱼雷的固定式四联装发射装置。

随着轻型反潜鱼雷发展的系列化(如火箭助飞鱼雷),发射手段的立体化(水面发射、潜艇发射和空投),舰载武器的多样化(鱼雷、火箭、深弹、水雷、诱饵等)以及作战样式的多样化,发射装置的样式、功能也在不断地改变和发展,它已不再局限于管装发射使用,还可以用火箭助飞、用直升飞机或固定翼飞机空投。水面舰艇上的火箭助飞鱼雷发射装置比较典型的有美国“阿斯洛克”反潜鱼雷的 MK112 八联装箱式发射装置;澳大利亚的“依卡拉”,英国、澳大利亚联合研制的“超依卡拉”远程巡航式反潜鱼雷发射装置以及俄罗斯的 SS-N-14 反潜鱼雷发射装置、“螻蛄”反潜鱼雷储运发射箱等。

还有一些特殊形式的舰用鱼雷发射装置,如箱式发射装置,它在船上只安装机座和接口装置,出航前只需将在检修所装备好的鱼雷连同发射箱一起吊装到舰上的机座上,完成必要的机械和电气连接便可实现鱼雷发射,具有代表性的是英国用于发射“鲷鱼”鱼雷的“鱼狗”(Kingphish)式发射箱和瑞典发射 TP42 的鱼雷发射装置。

而随着鱼雷的发展,要求舰用鱼雷发射装置的功能日益完善。

水面舰艇发射鱼雷前,必须对鱼雷的航行参数进行预设定。发射的直航鱼雷设定参数不多,只有转角(含散角)、航深,往往由发射管所具有的设定仪器手动完成。随着鱼雷的现代化,除航深、初始航向参数需要预设定外,还需要预设速制、自导工作方式等。因而,作为鱼雷武器系统,配备了以鱼雷射击指挥仪为主体的火控系统,作战时解算目标参数,实现各种鱼雷

射击诸元的预设定和实现电动遥控发射。与之对应,鱼雷发射装置则有各种设定仪器和发射控制台。

对于水面舰艇而言,由于其作战威力的加强和隐身的要求,管装发射装置在将来有可能逐步被多用途的垂直发射系统和卧式发射系统所取代。

3. 潜艇鱼雷发射装置发展概况

同水面舰艇一样,潜艇鱼雷发射装置也是随着鱼雷和潜艇的产生而产生,并随着鱼雷的发展、潜艇性能日益提高和科技的发展而逐步完善的。

1881 年前出现的潜艇,只能说是可以潜水的船,下潜深度很小,鱼雷的发射深度也小,发射管也简单,还是以栅状管为主。木质或铁质圆柱形栅状管,多布置在潜艇甲板上和耐压壳体与外壳之间。装在潜艇甲板上的栅状管,发射鱼雷时先将装在管中的鱼雷同管一起放入水中,解脱鱼雷制动并打开鱼雷扳机后,鱼雷则靠自身动力驶离栅状管。可见最早的发射方式是自航发射法,是无动力发射的。

1878 年出现了钢质鱼雷发射管之后,为了达到出敌不意、攻其不备之目的,人们更注意将钢质发射管应用于潜艇以发射鱼雷。随之在潜艇上出现了钢管水流式和气动式鱼雷发射装置。水流式是先将气瓶中的压缩空气注入水柜,将水压入发射管中推鱼雷出管,如图 1-1-5 (a) 所示。气动式是将气瓶中的高压空气直接注入发射管中推鱼雷出管,如图 1-1-5 (b) 所示,图中的发射阀是 1901 年后增加的。

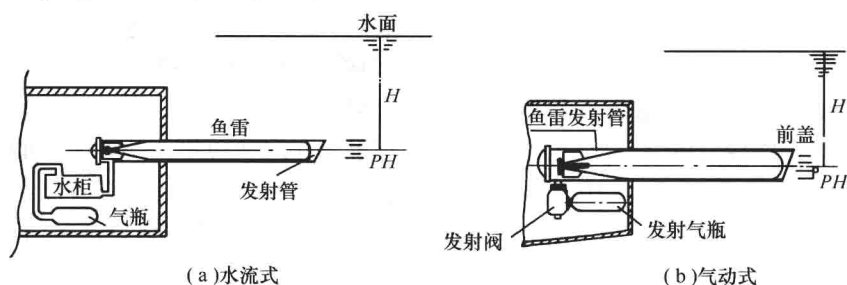


图 1-1-5 水流式及气动式鱼雷发射装置发射原理

由于气动式和水流式发射过程中气门开启不易控制,开快了鱼雷或水柜易被压坏,开慢了能量不够用,推不动鱼雷或造成鱼雷卡管。于是 1901 年研制了能自动调节气门开启速度和行程的发射阀。以后又经过逐步完善,成为现在使用的发射开关(发射阀),解决了发射气门的控制问题。

由于早期气动式发射装置发射鱼雷时,压缩空气随鱼雷冲出发射管,在水面上造成巨大气泡,暴露潜艇的位置,而且由于鱼雷出管后破坏了潜艇的均衡,影响了潜艇的操纵。为此在二战前夕又研制出了无泡无倾差系统(简称无泡系统),把发射管中的废气收回舱室,并吸入定量海水以补偿均衡差。二战的实战证明,这对提高潜艇的作战效果很显著。加装了发射阀与无泡系统的气动式发射装置经不断改进与完善成为现代潜艇使用的气动不平衡式鱼雷发射装置。不平衡式发射是指发射过程中鱼雷前后海水静压不相等,发射时必须使鱼雷后部的压力高于鱼雷前部所受到的海水静压力和潜艇航行引起的动压力。

由于潜艇和鱼雷的不断发展,潜艇鱼雷发射装置的变化尤为多样化。

首先,艇型的变化影响了发射管的数量和布置。初期的潜艇多为小型,且流线形也多变换,艇型多为纺锤形和圆桶形等,艇上只有 1 具~3 具发射管,例如,法国在 1890 年定制的“古

斯塔夫·基德”号潜艇上只有1具17.7英寸(450mm)鱼雷发射管,美1881年建成的“霍兰德”2号潜艇只有一具艏管;多管出现在第一次世界大战(1914年—1919年)(以下简称一战)前,第一个3管鱼雷发射装置于1913年在圣彼得堡的普提洛夫工厂制成,一战中,1914年9月5日,德U21型潜艇用一枚鱼雷击沉英“开路者”号,使250人葬身海底。那时发射的鱼雷直径多为450mm,且均装于艇艏;其后潜艇有了流线形,并有了大、中、小之分,装管数量也有所增加,2管~10管不等,除艇艏外,在艇艉也有布置。例如:美国1944年生产的“Balao”级潜艇艇艏、艇艉分别装6具、4具(533mm)鱼雷发射管;20世纪50年代初苏“W布袋”级潜艇艇艏、艇艉分别装4具、2具鱼雷发射管;1958年又在R级潜艇上采用了533mm发射管,自此该口径发射管便成为了鱼雷发射管的标准口径。当潜艇发展为水滴形时,则只能在艇艏布置发射管了。个别艇也在艇的舯部布置,如美国的“长尾鲨”级、“鲟鱼”级和“洛杉矶”级核潜艇的鱼雷发射管都布置在艇的舯部,向斜前方伸出耐压壳体,每舷两具,而艇艏则让位于声纳基阵。在20世纪70年代—90年代俄罗斯相继研制并装备的“基洛”级三型系列潜艇均在艇艏安装了6具鱼雷发射管。

其次,随着潜艇和鱼雷性能的日益改进,特别是核潜艇出现后,作战深度的增加要求鱼雷发射深度相应的增大。由于气动式或水流式发射装置的不平衡式发射原理决定了发射深度越深,发射时所需发射空气能量就越大,收回舱室的废气量就越大,而舱室气压增加的脉冲值又不能超出人体所能承受的限度,这就限制了发射深度的增加,直到20世纪的前半个多世纪中,气动式发射深度未能突破60m,但在同世纪的70年代,苏联率先研制并在“基洛”级潜艇上装备了IC-240型气动不平衡式鱼雷发射装置,其发射深度达到240m。与此同时,从20世纪60年代初将发射原理进行了改革,发射前首先使发射管后部也通海,使鱼雷前后受到的静压力相平衡,发射时通过发射动力装置对鱼雷做功,将鱼雷推出发射管,这称为平衡式发射原理。采用这种发射原理发射鱼雷所需的发射能量一般不随发射深度的改变而变化。平衡式发射原理最早应用于往复泵式发射装置,苏、美、英等国20世纪60年代初使用的往复泵水压平衡式发射装置,如图1-1-6所示,由发射管、水缸、通舷外的舷侧管、汽缸、高压气瓶等组成。这种发射装置通过气瓶中的高压空气推动汽缸活塞,汽缸活塞经活塞杆带动水缸活塞把海水压入发射管,从而推动鱼雷出管。采用平衡式发射原理的发射装置,除往复泵式外,还有气动冲压式与旋转泵式。20世纪60年代,法国研制了气动冲压式发射装置(图1-1-7),发射时将发射气瓶中高压空气充入多级伸缩活塞组成的冲压器,推动活塞节节向前伸展,将鱼雷顶出发射管。20世纪70年代末,英、美等国研制了旋转泵式水压平衡式发射装置(图1-1-8),该装置以发射气瓶的高压空气驱动空气涡轮机转动,空气涡轮机通过减速器带动旋转水泵旋转,把

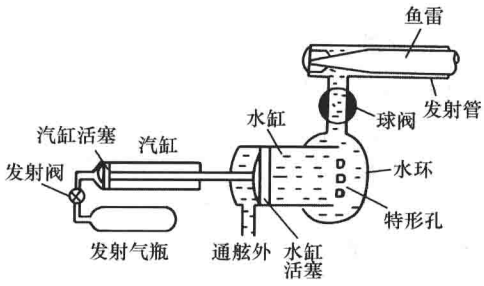


图 1-1-6 往复泵与气动水压平衡
鱼雷发射装置原理

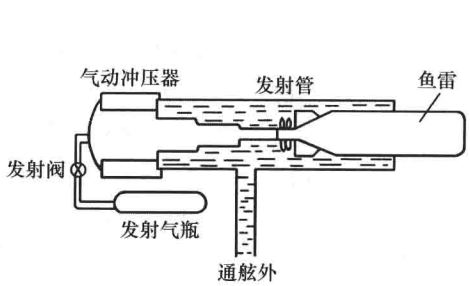


图 1-1-7 往复泵与气动冲压
平衡式鱼雷发射装置原理