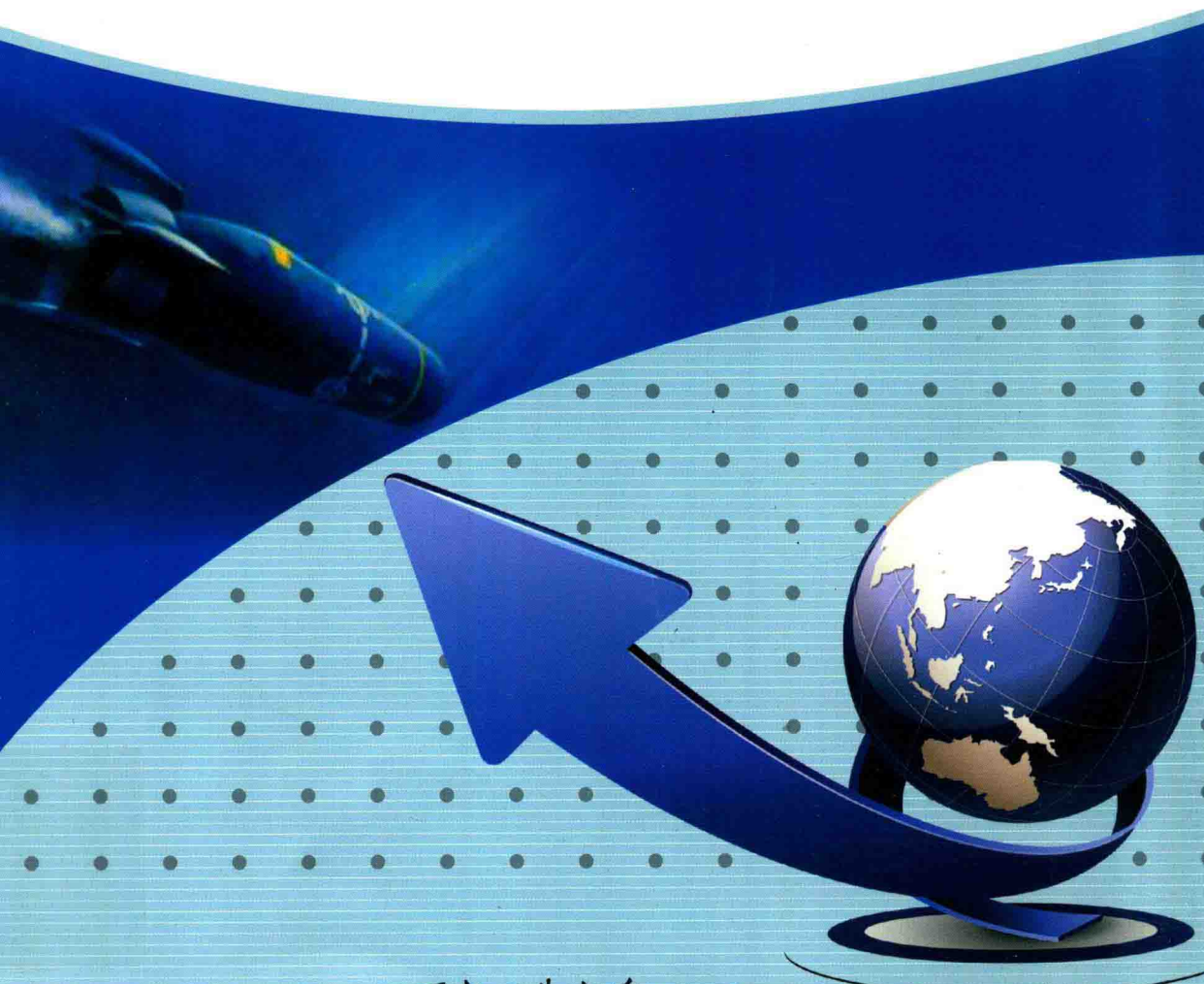




工业和信息化部“十二五”规划教材

鱼雷总体设计 理论与方法

张宇文◎主编



西北工业大学出版社



工业和信息化部“十二五”规划教材

YULEI ZONGTI SHEJI LILUN YU FANGFA

鱼雷总体设计理论与方法

张宇文 主编

西北工业大学出版社

【内容简介】 本书共9章,主要包括鱼雷战术技术指标及总体方案论证、外形设计、动静力布局设计、结构设计、电气与软件系统设计、总体空间布置、弹道设计、超空泡鱼雷和系统工程方法等。除了论述设计理论与方法外,还提供了大量数据、资料、世界主要国家先进鱼雷介绍及设计实例。先进性、系统性,注重理论与实际运用相结合是本书的主要特点。

本书可作为鱼雷总体设计专业的本科生教材和鱼雷其他专业的研究生教材,也可供从事鱼雷研制、试验、生产与管理的工程技术人员参考,水下航行器、水雷、导弹等相近专业的科技工作者阅读本书也能从中获益。

图书在版编目(CIP)数据

鱼雷总体设计理论与方法/张宇文主编. —西安:西北工业大学出版社,2015.9

工业和信息化部“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5612-4535-4

I. ①鱼… II. ①张… III. ①鱼雷—总体设计—高等学校—教材 IV. ①TJ630.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 194981 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮编:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpu.com

印 刷 者:兴平市博闻印务有限公司

开 本:787 mm×1 092 mm 1/16

印 张:25.5

字 数:626 千字

版 次:2015 年 9 月第 1 版 2015 年 9 月第 1 次印刷

定 价:66.00 元

前 言

本书是在张宇文教授 1998 年主编的教材《鱼雷总体设计原理与方法》(西北工业大学出版社)的基础上编写而成的。原书是国家九五规划教材,聚集了苏联援建专家讲义和历任教师的教学经验与科研成果。本书继承了原书的基本结构形式和设计理论与方法的经典部分。同时,结合十多年来科学技术的发展和成就,对原书中不合时宜的部分进行了删减;补充了对鱼雷性能提升和作战运用起重要作用的鱼雷电气与软件系统设计;增加了反映最新研究成果的超空泡鱼雷设计理论和设计方法;扩充了计算机在总体设计中应用的新技术;提供了近二十个型号较先进的国外现役鱼雷相关设计和性能参数资料。

全书共分 9 章。第 1 章绪论,主要介绍鱼雷及鱼雷武器系统的组成及功能,鱼雷研制的阶段与过程,鱼雷战术技术指标论证,总体设计所涉及的基本内容、方法和理论;第 2 章至第 7 章,具体论述鱼雷外形设计、动静力布局设计、结构设计、电气与软件系统设计、总体空间布置及弹道设计的设计原理、设计准则、设计内容与设计方法;第 8 章超空泡鱼雷力学原理和设计方法,主要论述超空泡的基本理论,超空泡鱼雷空泡流型概念与数学模型,超空泡鱼雷的减阻、力系平衡和航行控制原理,流体动力特性及设计方法,弹道特性及动力学模型等;第 9 章鱼雷总体设计系统工程方法,介绍了系统工程一般原理、方法与分析模型,论述了系统工程原理在鱼雷总体设计中的应用、鱼雷总体多学科设计优化方法及计算机辅助鱼雷总体设计。

本书第 1,2,3,6,7,8 章由张宇文编写,第 9 章由宋保维编写,第 4 章与第 5 章分别由王鹏和李代金编写。全书由张宇文主编。

本书力求具有先进性、系统性和实用性,争取做到在传授知识的同时兼具创新意识和创新能力的培养;在掌握基本理论与方法的同时兼具实际鱼雷总体方案设计能力的培养;使学生在总体设计中能牢固树立系统工程的观念,注重计算机技术的运用,努力学习和逐步实现鱼雷总体设计的整体优化与自动化。

由于水平有限,不足之处在所难免,希望读者批评指正。

编 者

2015 年 2 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 鱼雷与鱼雷武器系统	1
1.2 鱼雷研制主要阶段	9
1.3 鱼雷战术技术指标论证分析	16
1.4 鱼雷总体设计主要内容与方法	19
习题	23
第 2 章 雷体线型设计	24
2.1 雷体外形及主要几何参数	24
2.2 雷体线型设计原理	27
2.3 雷体外形设计原则	39
2.4 应用源汇设计雷体线型	44
2.5 应用回转体线型表达式设计雷体线型	51
2.6 格兰韦尔线型几何特性	57
2.7 雷体线型优化设计模型	67
习题	70
第 3 章 鱼雷动静力布局设计	72
3.1 作用在鱼雷上的动静力	72
3.2 动静力布局的基本要求	81
3.3 鳍、舵翼型设计与选择	94
3.4 鳍、舵设计与布局	101
3.5 动静力布局一体化设计	111
习题	115
第 4 章 鱼雷壳体结构设计	117
4.1 壳体载荷与结构形式	117
4.2 壳体结构强度计算	118
4.3 壳体结构稳定性计算	131
4.4 壳体结构设计	138
4.5 舱段连接结构设计	150
4.6 密封结构设计	156
习题	164

第 5 章 鱼雷电气与软件系统设计	165
5.1 全雷电路及供电系统	165
5.2 全雷信息综合设计	173
5.3 全雷软件系统与编程	177
5.4 全雷电磁兼容性设计	192
习题.....	200
第 6 章 鱼雷总体布置与国外典型鱼雷介绍	201
6.1 鱼雷总体布置的一般原则	201
6.2 国外典型鱼雷组成系统与总体布置	203
习题.....	235
第 7 章 鱼雷弹道设计	237
7.1 弹道	237
7.2 空间运动方程组	241
7.3 弹道设计	248
7.4 导引方法	252
7.5 国外鱼雷典型弹道	266
习题.....	275
第 8 章 超空泡鱼雷力学原理与设计方法	276
8.1 基本概念	276
8.2 超空泡几何形状预报	282
8.3 力学原理	290
8.4 流体动力设计	308
8.5 弹道及动力学建模	319
习题.....	330
第 9 章 鱼雷总体设计系统工程方法	332
9.1 概述	332
9.2 系统模型化	335
9.3 系统决策与综合评价	339
9.4 工程大系统设计全局协调优化	348
9.5 鱼雷总体多学科设计优化方法	357
9.6 鱼雷总体计算机辅助设计方法	376
习题.....	398
参考文献	400

第 1 章 绪 论

1.1 鱼雷与鱼雷武器系统

1.1.1 鱼雷

现代鱼雷是一种能够在水下自动航行、自动控制、自动寻找与跟踪目标的水下攻击性兵器,又称为水下导弹。它以敌方各种水面舰船与潜艇为主要攻击目标,也可以攻击各种其他水面与水下的运动物体或固定设施。由于鱼雷在水下航行,攻击水下目标或目标的水下部分,因此具有很好的隐蔽性与强大的爆炸威力,是其他任何武器无法比拟与替代的。据记载,鱼雷在历次海上战争中都显示出了强大威力,发挥了重要作用。例如,在第一次世界大战中,仅德国潜艇利用鱼雷就击沉了 5 408 艘舰船,共计 1 118.9 万吨位;在第二次世界大战中,用鱼雷击沉的军舰有 369 艘;1982 年英阿马岛战争中,英国用 MK24 鱼雷击沉阿根廷“贝尔格拉诺将军号”巡洋舰。鱼雷自 18 世纪问世以来,各国已研制了近 200 个型号。鱼雷过去是、现在是、将来仍然是最重要的一种水中兵器,也是世界各大国重点投资与发展的一种水中兵器。

1.1.2 鱼雷的基本组成部分

鱼雷主要由动力推进系统、自动控制系统、导引系统、战斗部、壳体(全雷结构)及全雷电气与软件系统六大部分组成。

一、动力推进系统

动力推进系统由动力装置与推进器两部分组成,为鱼雷自动航行提供动力,使鱼雷具有一定的航行速度并达到一定的航程。

动力装置分热动力装置与电动力装置两大类。热动力装置是把燃料燃烧时产生的热能转换成机械能,带动推进器做功,产生推力,使鱼雷向前运动;电动力装置是把电池产生的电能转换成机械能。

热动力装置的能源来自燃料。燃料又称推进剂,由燃烧剂与氧化剂两部分组成。有时把冷却剂也作为推进剂的一部分。若推进剂中的燃烧剂与氧化剂成为一体(可以是一种化合物,也可以是几种化合物的混和物)进行储存与输送,则称为单组元推进剂,如 MK46 鱼雷使用的 OTTO-II 燃料即为液体单组元推进剂。53-66 鱼雷使用的燃烧剂为煤油,氧化剂为压缩空气,冷却剂为淡水,它们分别存储在燃油瓶、气舱与水舱内,在送入燃烧室前不混合,这样的推进剂称为多组元推进剂。

电动力装置的能源来自电池。电池常根据正、负极与电解液的材料分类。鱼-4 鱼雷使

用的铅酸电池正极为二氧化铅,负极为铅,电解液为硫酸。铅酸电池的特点是价格便宜,但比能量低,只有 $15\sim 20\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ 。与铅酸电池类似的还有镉镍电池,正极为氧化镉,负极为镉,电解液为氢氧化钾溶液。银锌电池是目前鱼雷用得较多的电池,也是鱼-3 鱼雷使用的电池,其正极为氧化银,负极为锌,电解液为氢氧化钾溶液,其比能量可达 $50\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ 以上,由于消耗银,成本比较高。目前海水电池发展较快,许多新型小型鱼雷上都使用海水电池,如意大利的 A244/S 鱼雷使用银镁海水电池,其比能量可达 $100\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ 以上。法国的海鳐鱼雷使用铝氧化银电池,比能量达 $150\text{W}\cdot\text{h}/\text{kg}$ 以上。海水电池使用前不注入电解液,电解液的溶质如氢氧化钠平时以固态存放,使用时以海水为溶剂,溶质溶解后形成电解液。因此海水电池的储存寿命长,但由于使用时要抽入海水并形成循环,便多了一套电解液供给系统,使结构复杂化。

电动力鱼雷把电能转换为机械能的装置是电机,鱼雷上多用串激式直流电动机。热动力鱼雷把热能转换为机械能的装置是发动机。鱼雷上用的发动机主要有活塞式发动机、燃气轮机与火箭式发动机三大类。活塞式发动机一般都是外燃式,即推进剂在发动机之外的燃烧室燃烧。53-66 鱼雷的发动机为卧式往复活塞发动机, MK46 和 MK48 鱼雷为斜盘式活塞发动机。燃气轮机的最大特点是输出功率较大,火箭式发动机推进剂消耗速率大,速度快,但航程短, PT-52 鱼雷用的是火箭式发动机,航速可达 60kn 以上,航程只有 600m 。

现代鱼雷的推进器主要有 3 种:对转螺旋桨、泵喷射推进器与导管螺旋桨。对转螺旋桨由两个转向相反的螺旋桨组成,是目前鱼雷上使用最多的一种推进器,如 MK46 鱼雷等,其特点是结构简单、失衡力矩小、效率较高、空泡性能较差。泵喷射推进器主要由一个减速型导管、一个转子及一个定子构成,由于转子是在较低的流速下工作,大大改善了空泡性能,易于获得良好的噪声性能,这是泵喷射推进器的最大优点,其缺点是效率较低。美国的 MK48 鱼雷、英国的矛鱼鱼雷使用泵喷射推进器。导管螺旋桨是在对转螺旋桨外侧加一导管,以控制流速。渐扩式导管使流速降低,可以改进螺旋桨的噪声性能,渐缩式导管使流速加大,可以提高螺旋桨的效率。因此导管螺旋桨是一种很有发展前途的鱼雷推进器。美国 MK50、英国鳐鱼、法国海鳐等鱼雷使用的都是导管螺旋桨。

上述 3 种推进器是鱼雷的常规推进器,其原理都是利用具有非对称翼型剖面的叶片旋转产生推力。此外,空中飞行器常用的喷气推进在鱼雷上也有应用,除 PT-52 鱼雷利用火箭式发动机喷气推进外,超空泡鱼雷使用的水冲压发动机也是喷气推进。为了解决喷气推进效率较低的问题,磁流体喷水推进是目前研究的一个新方向。

二、自动控制系统

自动控制系统通过控制鱼雷的运动参数使鱼雷自动地沿着预定的弹道稳定地航行。根据控制参数的不同,有方向自动控制系统、深度自动控制系统、横滚自动控制系统等。现代鱼雷上一般都同时具有这 3 个自动控制系统,以控制鱼雷的航向、航深及横滚。

鱼雷的自动控制系统主要由设定或指令装置、测量装置、信号处理装置、执行机构 4 部分组成。设定或指令装置用以确定鱼雷的运动参数,一般是在鱼雷发射前设定,对于自导或线导鱼雷,也可以由自导或线导装置在航行过程中给出。测量装置主要由敏感元件组成,如方向仪、压力传感器、速率陀螺等,用以测量鱼雷运动参数的实际值,并将它们转换成便于同设定或指令信号比较的物理量。信号处理装置用于对设定信号和测量装置输出信号进行综合处理,输出符合控制规律要求的控制信号。例如,对设定信号与测量信号进行比较,得出偏差信号,

对偏差信号再进行微分、积分、放大处理等。执行机构主要由舵机与舵面组成,舵机把信号处理装置输出的控制信号进行功率放大,推动舵面转动,产生流体动力矩,控制鱼雷按预定的弹道运动。横舵机与水平舵控制鱼雷上爬或下潜,直舵机与垂直舵控制鱼雷航向,鱼雷横滚利用水平舵或垂直舵的差动舵角控制。

三、导引系统

鱼雷的自导系统使鱼雷能够按预定程序对目标实施搜索,以发现目标与对目标定位,并按一定的规律把鱼雷导向目标,对目标实施自动跟踪与攻击。

自导系统都是在一定的物理场条件下工作的。可利用的物理场有磁场、电场、水声场、水压场、温度场等。目前鱼雷自导系统大多利用水声场,这是由于声在水下传播过程中的衰减速度较其他物理量小,可以达到较远的距离。利用声场作为自导系统工作参数的自导系统统称为声自导系统。

鱼雷声自导系统分主动、被动、主被动联合 3 种形式。主动声自导系统由发射机、发射换能器基阵、接收换能器基阵、接收机、指令装置 5 部分组成。发射机产生大功率电脉冲信号,经过发射换能器基阵转换成声能,向海水空间辐射声波。发射波遇到目标后,一部分能量被目标接收,另一部分在各个方向上产生反射。反射声波(又称为回波)中的一部分能量为自导系统的接收换能器基阵所接收,并转换为电信号。接收机把接收换能器基阵输出的微弱的电信号进行放大与处理,并形成定向波束。指令装置把接收机的输出信号进行再处理,判别有无目标。有目标时,根据信号发射与接收之间的时间差及声速确定目标相对鱼雷的距离,根据换能器基阵的指向性确定目标相对鱼雷的方位,并输出相应的操纵指令;无目标时,操纵指令通过控制系统操纵鱼雷按既定方式继续搜索目标,发现目标时,按既定的导引方法把鱼雷导向目标,对目标进行跟踪与攻击。被动声自导系统没有发射机与发射换能器基阵,而是由接收换能器基阵直接接收目标自身发出的辐射噪声。由此可见,主动声自导系统结构复杂,占用体积大,而且由于其要主动发射信号,隐蔽性差。而被动声自导系统又依赖于目标的噪声特性,若目标消声系统比较完善,或低速航行,自导系统的作用距离会大大减小,对于静止的目标,被动自导系统则完全无能为力。同时,被动自导系统也易于受干扰与诱骗。主、被动联合声自导系统则可以克服仅为主动或被动声自导系统的缺点,主动系统与被动系统按一定顺序工作,被动自导系统主要用于高速目标,主动自导系统主要用于低速或静止的目标。

鱼雷声自导系统由于受各方面技术条件的限制,作用距离较短,一般只有千米量级。同时,自导作用距离受鱼雷自噪声的影响较大,自噪声增大,作用距离显著减小。鱼雷噪声又随着其航速的增加迅速增加,因此增加自导作用距离的要求又限制了鱼雷航速的增加,不利于攻击现代高速舰艇。此外,声自导系统抗干扰的能力也相对较差。为了克服声自导系统的这些缺点,许多先进的鱼雷都采用遥控系统。遥控系统有无线遥控与有线遥控两种,鱼雷上一般都应用有线遥控,称为线导。在制导/遥控站与鱼雷之间有专用导线相连接。鱼雷在发射前,导线成两捆状分别存放于发射管与鱼雷内,发射后,在鱼雷向前运动的同时放线机构不断放线,可避免导线承受过大拉力和影响鱼雷的运动。导线可长达数千米,但直径较细,只有 1mm 左右。鱼雷上的各种传感装置测得其自身的各种运动参数后,通过导线把它们传送到制导站。制导站一般设在发射平台上,如水面舰船或潜艇等。制导站装备有一套监测与指挥系统,用以测定目标的各种参数,并把它们与鱼雷送回的鱼雷运动参数进行比较与综合处理,获得目标相对于鱼雷的位置参数,并形成修正鱼雷运动参数的操纵指令,再通过导线传送给鱼雷,把鱼雷

导向目标。

线导由于是通过制导站远距离导引,当鱼雷与目标距离较近时,线导的导引精度明显低于自导。所以,在现代鱼雷上,如 MK48 鱼雷等同时装有线导和自导,远距离时利用线导,与目标接近时转为自导,以获得最好的导引与命中效果。这种联合形式称为线导加末自导。

四、战斗部

鱼雷的战斗部主要由引信与炸药两部分组成,当鱼雷与目标相遇或邻近时,引信引爆炸药,以摧毁目标。引信与炸药一般都装于鱼雷的头部,鱼雷的战斗部因此也称为战雷头。

鱼雷的引信分触发引信与非触发引信两类。触发引信结构简单、抗干扰性强、动作可靠,至今仍被广泛地应用。非触发引信主要是通过检测物理场中某物理量的强弱与变化而工作。根据利用的物理量不同,分磁引信、水压引信、声引信、电引信、电磁引信等。非触发引信与自导系统类似,也有主、被动之分。利用鱼雷产生的物理场中的物理量工作的非触发引信称为主动引信,利用目标产生的物理场中的物理量工作的非触发引信称为被动引信。非触发引信只要鱼雷与目标之间的距离在引信的作用距离范围内就可以引爆炸药,而不需要两者相交,大大地提高了鱼雷的命中概率。为了确保鱼雷起爆的可靠性,现代鱼雷上大多同时装有触发引信与非触发引信。

装药量是决定鱼雷爆炸威力的一个最重要的因素,在可能的情况下,战斗部应尽可能地多装药。现代小型鱼雷上的装药量大多在 40kg 左右,重型鱼雷装药量可达三四百千克。由于鱼雷容积非常有限,目前提高爆炸威力的主要研究方向有 3 个方面:一是提高炸药质量;二是提高爆炸速度,如网络式引爆方法;三是聚能爆炸,把爆炸能量聚集于目标方向。

五、壳体

鱼雷壳体是回转型的加肋薄壁结构,中部为圆柱形,首、尾为流线型回转体。鱼雷壳体的主要功能是包容与安装鱼雷各种仪表与设备,承受外部水压,保持水密,为各种仪表与设备提供所需的工作环境条件。

六、全雷电气与软件系统

全雷电气主要是供电系统与电路,包括中频发电机、调压器、热电池、供电切换组件、点火控制盒、接线盒、全雷电缆及信息传输电路等。主要功能是把鱼雷动力、控制、线导、自导、战斗部各分立的系统连接成为一个整体,按规定程序和规格要求,给各电子系统供电,使各种信息在各系统间正确传输。

随着鱼雷的现代化与智能化,鱼雷上的软件应用越来越多,地位越来越重要。鱼雷软件分类方法很多,若按功能来分,可大致分类如下:检测与调试软件,主要完成相关硬件和软件系统的检查与测试;信息装载与程序控制软件,主要完成外部信息的装订、接收及全雷各系统的预定程序控制;制导软件,主要完成鱼雷航行状态参数的检测、导引指令形成、信息综合处理、操舵控制指令的形成与执行等;全雷管理系统软件,主要执行全雷软件系统的实时管理、故障诊断与处理。

1.1.3 鱼雷分类

鱼雷的分类有很大任意性,而且都是相对的。某一确定型号鱼雷如何分类与时代、使用背

景及人们所希望强调的鱼雷某一特征相关。常用的分类方法主要有以下几种：

(1)按鱼雷主要组成部分的主要特点分类:热动力鱼雷与电力鱼雷;直航鱼雷与程序控制鱼雷;自导鱼雷与线导鱼雷;主动式声自导鱼雷、被动声自导鱼雷与主被动联合式声自导鱼雷等。

(2)按用途分类:反舰鱼雷、反潜鱼雷及反潜兼反舰鱼雷。

(3)按鱼雷平台分类:管装鱼雷(水面舰船与潜艇)、空投鱼雷(飞机)和火箭助飞鱼雷等等。

(4)按鱼雷的总体参数与性能分类:533口径鱼雷与324口径鱼雷;重型鱼雷与轻型鱼雷;大深度鱼雷与浅水使用鱼雷等。

世界上第一枚鱼雷是由英国工程师怀特黑德(Robert Whitehead)1866年发明制造的,命名为“白头”鱼雷。该雷雷体为两头尖的纺锤形,最大直径为356mm,航速为6.5kn,航程为180m,主机为双缸活塞式发动机,能源为2.6MPa压缩空气,推进器为单螺旋桨。与现代鱼雷外形和功能比较接近的第一型鱼雷是意大利白头公司1896年生产的MK1型白头鱼雷。该雷长5000mm,直径450mm,航程1370m,装有陀螺航向控制系统,全航程方向偏差约为1.6%。

从第一型鱼雷问世至今近150年中,世界各国先后研制与生产了200多型各式鱼雷。由于鱼雷的复杂性,目前世界上能够研制与生产鱼雷的国家只有9个:美国、英国、法国、意大利、日本、德国、瑞典、俄罗斯及中国。表1.1给出了国外主要现役鱼雷的战术技术性能。

表 1.1 若干现代鱼雷主要性能与外形参数

国别	型号	装备 时间 年	平台 与目标	航程 km	航速 kn	航深 m	长度 m	直径 mm	长细比	推进器	鳍舵与布局
美国	MK46-5	1985	空、舰→潜	16.5/11	36/43.5	650	2.59	324	7.99	对转桨	十形翼型 全动舵
	MK50	1991	空、舰→潜	20	50	800	2.79	324	8.61	导管 对转桨	十形翼型 全动舵
	NT37F	1994	空、舰、潜 →潜、舰	16	42		4.51	482.6	9.35	对转桨	
	MK48-3	1987	潜、舰 →潜、舰	46/20	30/50	914	5.54	533.4	10.39	泵喷射	十形鳍,X形 带端板翼型舵
	MK48 ADCAP	1993	潜、舰 →潜、舰	46/18	30/55	1000	5.85	533.4	10.95	泵喷射	十形鳍,X形 带端板翼型舵
英国	鳐鱼	1983	空、舰→潜	8.3	45	750	2.6	324	8.02	导管 对转桨	十形鳍,带端 圆柱与端板后 缘外侧翼型舵
	虎鱼	1981	潜→潜、舰	13.7/27	24/36	350	6.46	533.4	12.11	对转桨	十形鳍,后缘 舵带矩形副翼
	矛鱼	1989	潜、舰 →潜、舰	40	55	700	6.0	533.4	11.25	泵喷射	十形鳍,X形 带端板舵

续表

国别	型号	装备 时间 年	平台 与目标	航程 km	航速 kn	航深 m	长度 m	直径 mm	长细比	推进器	鳍舵与布局
法国	海蟒	1991	空、舰→潜	15/9.8	38/53	1000	2.8	324	8.64	导管 对转桨	十形翼型 全动舵
	F17-2	1985	潜、舰 →潜、舰	18	40	500	5.112	533.4	9.58	对转桨	十形鳍,后缘 舵,有左、右下 腹鳍
意大利	A290	1993	空舰→潜	12/6	30/42	1000 浅水 6	2.75	324	8.49	导管 对转桨	
	A184	1981	潜→潜、舰	25/15	25/37	520	6.0	533.4	11.25	对转桨	
德国	SUT	1980	潜、舰 →潜、舰	34/26	23/34	400	6.15	533.4	11.53	对转桨	十形鳍 后缘舵
	SST-4	1980	潜、舰 →潜、舰	36.5/ 20/11	23/28/35	400	6.08	533.4	11.4	对转桨	十形鳍 后缘舵
俄罗斯	CaT-72	1972	潜、舰 →潜、舰	8	40		4.5	400	11.25	对转桨	
	TaCT-71 MK3	1982	潜→潜、舰	15	40	400	7.863	533.4	14.74	对转桨	
	65 (ДЛТ)	1985	潜→舰	46	50	100	11	650	16.92	对转桨	
	A3 (SPR-3)	1992	空→潜	3.4	60~70	800	3.685	350	10.53	喷水	十形鳍 后缘舵
瑞典	TP43X		空、舰、潜 →潜、舰	23/12	16/30	350	2.65	400	6.63	对转桨	十形鳍 后缘舵
	TP2000		潜、舰 →潜、舰	45	50	500	5.9	533.4	11.06	泵喷射	
日本	G-RX2 (89式)		潜→潜、舰	20	55	600	7.09	533.4	13.12		
	G-RX3		空、舰→潜	5	50±5	600	2.6	324	8.02		

1.1.4 鱼雷武器系统

早期的鱼雷武器系统定义仅包括鱼雷与鱼雷平台两部分。随着科学技术的不断进步,现代海军装备与海战不断向网络化、信息化、智能化及海天空一体化方向发展,敌方防御能力也越来越强,为了提高鱼雷的突防能力和命中目标概率,在鱼雷研制中必须要考虑所攻击目标的特性。此外,海洋环境也有重要影响。因此,现代鱼雷武器系统应以鱼雷为中心,由鱼雷、鱼雷平台、攻击目标、海洋环境四部分组成。

鱼雷平台主要执行与完成三方面的任务:

(1) 装载与携带鱼雷。

(2) 目标的远距离探测。目前常用的探测手段是舰/艇/机载声呐探测,通过网络获取目标信息将成为越来越重要的手段。可能提供目标信息的其他节点包括浮标、巡逻机、舰艇、卫星等。

(3)发控。发射鱼雷并可能对鱼雷的运动进行遥控。

潜艇、水面舰艇与飞机都可以作为鱼雷平台。潜艇是主要的鱼雷平台,大多数潜艇首部都装备有两排三层共6具鱼雷发射管,有些潜艇的尾部还有2~4具鱼雷发射管,装载的鱼雷数一般都是在12枚以上。潜艇由于具有良好的隐蔽性,是各国重点发展的海军装备。

最早用作鱼雷平台的是水面舰船,从水面小型快艇到大型巡洋舰,几乎所有的水面舰船都可以作为鱼雷平台。水面舰船作为鱼雷平台可分为两类:一类是直接的,另一类是间接的。所谓“直接”是指舰船上装有鱼雷发射装置,鱼雷直接从舰船上发射,例如:苏联的KASHIN级驱逐舰上装有5具鱼雷发射管,KRESTA巡洋舰上装有10具鱼雷发射装置,意大利的AU-DACE级驱逐舰、GARIBAIJDI号直升机母舰、德国的不来梅级207型护卫舰、美国OLIVER HAZARD PERRY级FFG-7导弹护卫舰上都装有MK32三联装鱼雷发射管,等等。所谓“间接”是指舰船上载有飞机,飞机又带有鱼雷,鱼雷由飞机投放。在大型的舰船上差不多都有舰载反潜机,除上述的舰船外,又如美国的1052 KNOX级护卫舰上载有LAMPS-1型直升机,可发射MK46鱼雷或MK50鱼雷。

飞机作为鱼雷平台的最大优点是机动性好,攻击半径大,而且有些飞机还配备吊放声呐装置,可以做到边搜潜边攻潜。作为鱼雷平台的飞机可以是直升机,也可以是固定翼飞机,飞机可以以陆地为基地,也可以是舰载机,担负攻潜任务的主要是舰载直升机。表1.2给出了一些国家海军装备的可用作鱼雷平台的飞机情况。

表 1.2 一些国家的海军飞机

国家	飞机名称	类别	装载鱼雷名称或数量
美国	道格拉斯 AD-4	陆基固定翼	
美国	海上巡逻飞机 P3C	陆基固定翼	4枚(M46或MK50)
美国	反潜机 S3A与S3B	舰载固定翼飞机	2枚
美国	反潜机 SH2D/F、SH3D/H	舰载直升机	MK46鱼雷
美国	反潜机 SH60F	舰载直升机	3枚
英国	“猎手”海上侦察机 MK2	陆基固定翼	6枚
英国	反潜机“海上霸王”	舰载直升机	4枚
英国	反潜机 WESSEX	舰载直升机	2枚
英国	反潜机 EH-101	舰载直升机	4枚
英国	反潜机“黄蜂”	舰载直升机	1枚
法国	大西洋 ATL2反潜机	陆基固定翼	数枚
法国	ALIZEBR-1050反潜机	舰载直升机	
法国	山猫 WG-13反潜机	舰载直升机	海蟒鱼雷
法国	DOOLFIN反潜机	舰载直升机	
日本	川崎 P-3C/EP3B(“猎房座”改进型)	陆基固定翼	8枚(MK46)
日本	新明和 US-1A水陆两用机	陆基固定翼	MK46
日本	三菱 SH-3A(HSS-2B“海王”)	舰载直升机	4枚(MK46)
日本	三菱 SH-60J“海鹰”	舰载直升机	2枚(MK46)
苏联	海上巡逻机伊尔-38“五月”	陆基固定翼	

续表

国家	飞机名称	类别	装载鱼雷名称或数量
苏联	“蜗牛”AKA-27	直升机	3枚
苏联	“狸”MI-14反潜水陆两用机	直升机	2枚
越南	米-4猎狗B型反潜机	岸基直升机	4枚
越南	卡-25型反潜机	岸基直升机	2枚
美国	DASH无人驾驶机	舰载直升机	2枚(MK46)

水下无人自主航行器和无人机用作鱼雷平台虽然目前还不多见,但是由于无人自主航行器和无人机造价低廉,可以大量生产,且又无人员安全问题,特别是现在网络、通信、遥控等技术发展迅速,无人作战平台在现代战争中发挥的作用将会越来越大,水下无人自主航行器和无人机作为鱼雷平台是一个很有前景的重要发展方向。

鱼雷的攻击目标主要是水面舰船和潜艇,表 1.3 给出了苏联的潜艇及装备鱼雷的情况。

表 1.3 苏联潜艇统计表

类别	服役期限/年	数量	动力	排水量/t	速度/kn	长/m	宽/m	鱼雷发射管数
WHISKEY	1951—1957	50	柴油机	1350	14	76	6.4	4+2
ZULU	1951—1955	8	柴油机	2300	16	90	7.3	6+4
ROMEO	1958—1961	12	柴油机	1800	14	77	7.3	6+2
FOXTROT	1958—1971	60	柴油机	2500	16	91	7.9	6+4
NOVEMBER	1956—1963	13	核动力	5000	30	110	9.1	8+2
ECHOL	1960—1962	5	核动力	5200	28	114	9.1	6+2
YANKEE	1967—1974	8	核动力	9300	30	130	11.6	6
VICTOR I	1968—1975	16	核动力	5200	32	94	10	6
ALFA	1970	7	核动力	3800	42	79	10	6
TANGO	1973	18	柴油机	3700	16	92	9.1	8
VICTPR II	1976—1978	7	核动力	5800	31	100	10	6
VICTOR III	1982—	16	核动力	6000	30	104	10	6
KILO	1984—	4	柴油机	3000	18	67	9.1	8
SIERRA	1984—	1	核动力	8000		110		
MIKE		1	核动力	9700		110		

美国是随俄罗斯之后的第二大潜艇国,而且多为大型核动力潜艇,例如“海狼”(SSN-21)级核潜艇,水下排水量 9100t,长 106.7m,宽 12.2m,45 000kW 核动力,水下航速达 35kn。艇上配置多种武器,其中包括 MK48-5 型(ADCAP)鱼雷,据说还装配有相当于 673mm 的大直径鱼雷发射管。周边国家日本也是一个潜艇大国,拥有 20 艘左右潜艇,表 1.4 给出了日本各级潜艇的主要参数。

表 1.4 日本潜艇统计表

级别	服役期限/年	数量	动力	排水量/t	航速/kn	主尺度/m	鱼雷发射管/数
涡潮	1974—1978	3	柴-电	2430	20	72×9.9×7.5	6(533mm)
夕潮	1980—1989	10	柴-电	2450	20	76×9.9×7.4	6(533mm)
春潮	1990—	6	柴-电	2750	20	80×10.8×7.8	6(533mm)

海洋环境之所以作为鱼雷武器系统的一个组成部分,是因为它对鱼雷的运动、目标探测等都产生重要影响。海洋环境主要关心海洋力学环境(如海况等)、声学环境(如水文状况)、电磁环境及海域深度等。

1.2 鱼雷研制主要阶段

1.2.1 鱼雷研制的一般过程与联系

现代鱼雷研制是一项复杂的系统工程,必须应用多种现代科学成果,经过各方面人员密切配合,精心研究、设计、制造、试验及试用等,最后才能完成。为此,对鱼雷研制全过程的工作须要科学地统筹规划,分成若干阶段,明确各阶段的研究任务、要求与成果,以及各阶段的关联。根据工程系统研制的一般规律和一体化设计的一般方法,鱼雷的研制过程与联系可用图 1.1 表示。

1.2.2 我国鱼雷型号研制的阶段划分

根据《常规武器装备研制程序》规定,鱼雷型号产品研制的程序一般划分为 5 个阶段,即论证阶段、方案阶段、工程研制阶段、设计定型阶段、生产定型阶段。

一、论证阶段

(一)主要工作内容

(1)对型号的主要战术技术指标及使用要求进行技术和经济可行性论证,提出鱼雷方案设想和可能采取的技术途径;

(2)确定需要攻关的课题;

(3)提出技术保障条件及需解决的重大问题;

(4)估计鱼雷研制经费和研制周期;

(5)战术技术指标及使用要求论证,由使用部门根据武器装备研制中长期计划或计划程序批准的项目组织有关部门进行,并按有关要求编制论证报告,待领导机关审查下达后,开始对“战术技术指标及使用要求”进行可行性论证;

(6)使用部门会同研制部门提出武器系统总要求(战术技术指标)时,还应从保证新产品的

作战使用效能和降低全寿命周期费用考虑贯彻装备体制、系列的同时,提出贯彻标准和保证新产品总体性能、可靠性、维修性、安全性、互换性、环境适应性等的标准化要求;

(7)完成可行性论证报告,准备编制《鱼雷研制任务书》。

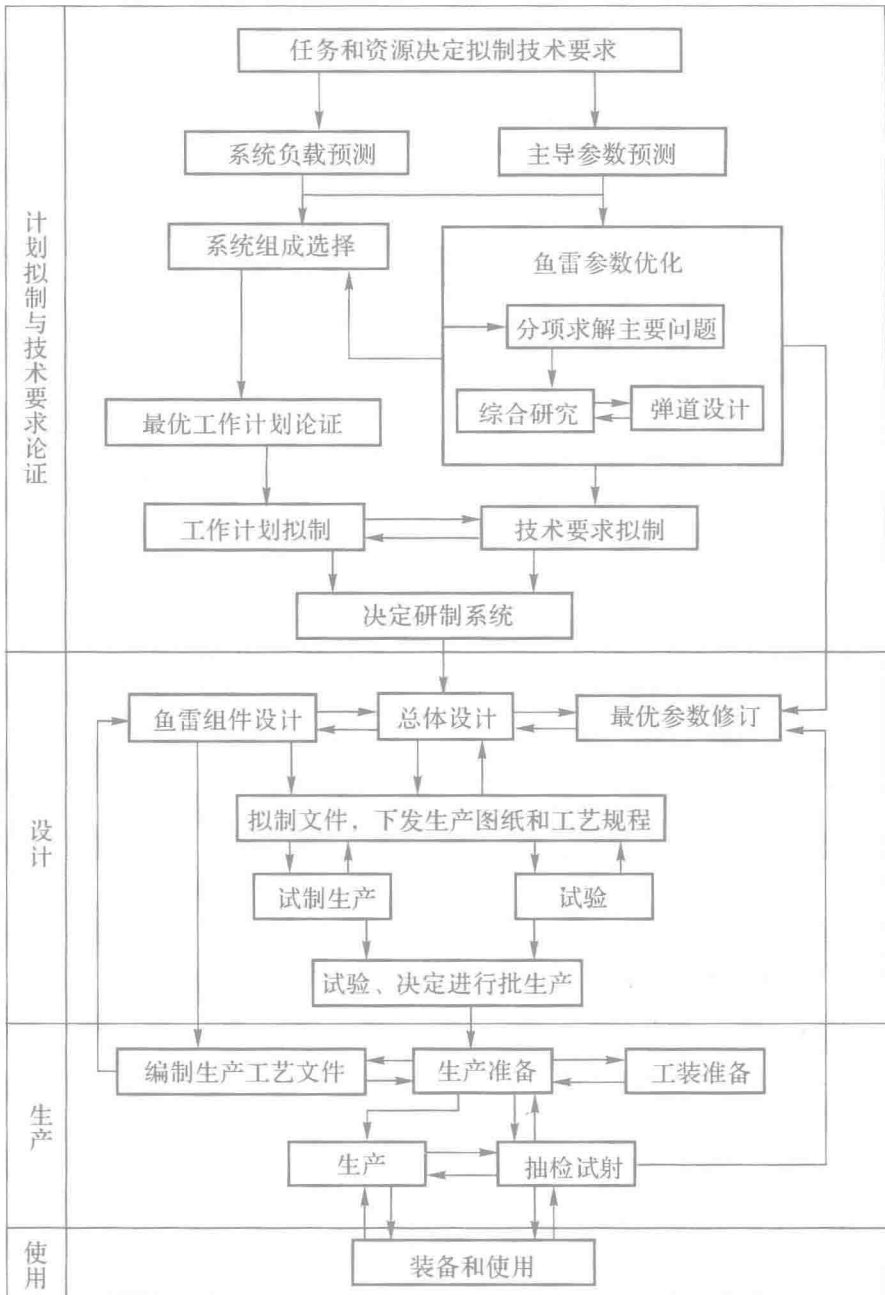


图 1.1 鱼雷研制过程与联系图

(二) 战术技术指标要求的主要内容

- (1) 作战使用任务及作战对象；
- (2) 主要战术技术指标要求及使用要求；
- (3) 主要配套装备、设备的初步要求；
- (4) 研制周期要求。

(三) 主要成果

- (1) 《战术技术指标要求》；
- (2) 《战术技术指标论证报告》或《鱼雷可行性论证报告》；
- (3) 《技术经济可行性论证报告》；
- (4) 《使用要求论证报告》。

二、方案阶段

(一) 主要工作内容

(1) 根据型号的《可行性论证报告》及《战术技术指标要求》，开展型号产品的方案论证工作。依据提出的总体方案设想确定总体方案设计、各系统方案设计及各单项课题，确定项目分工和接口要求，落实任务；进行型号各系统方案之间的协调工作。

(2) 研制单位会同使用单位及有关单位对选定的研制方案进一步论证，并进行初步型号样机(原理性样机)的研制与试验。利用 1:1 的模型或机械 CAD，确定全雷总体布置方案并提出鱼雷总体布置要求。上述各项经审定，且在关键技术已经解决，研制方案切实可行的基础上编制《研制任务书》，并附《研制方案论证报告》。

(二) 型号产品《研制任务书》的主要内容

- (1) 主要战术技术指标和使用要求；
- (2) 可靠性指标、可维修性指标；
- (3) 生产定点及配套产品和关键材料、元器件的安排意见；
- (4) 研制总进度及分阶段进度安排意见；
- (5) 试制数量和研制经费预算；
- (6) 产品成本与价格估算；
- (7) 试制试验任务的分工和需补充的条件(包括技术引进、测试设备、技术改造等)；
- (8) 需要试验基地和部队提供的特殊试验的补充条件等。

(三) 型号产品《研制方案论证报告》的主要内容

- (1) 技术方案、系统组成及主要战术技术指标和使用要求说明；
- (2) 质量及可靠性的控制措施；
- (3) 标准化和测试、计量措施；
- (4) 产品成本的价格估算。