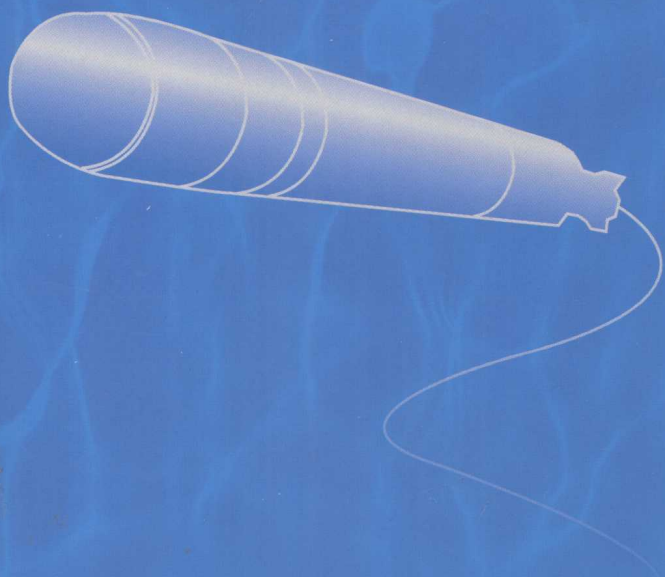


# 线导鱼雷 放线系统设计原理

XIANDAO YULEI FANGXIAN XITONG SHEJI YUANLI

■ 高继和 著 ■



国防工业出版社  
National Defense Industry Press

E925.23  
G292

# 雷 鱼 导 线 放线系统设计原理

# 线导鱼雷放线系统设计原理

国防工业出版社出版

国防工业出版社印刷厂印刷

内部发行

\*

开本 850 × 1168 1/32 印张 11 字数 288 千字

2008 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2005 册

---

统一书号:15118 · 461 定价 50.00 元

## 前 言

线导鱼雷是世界各军事强国竞相研制的先进水中兵器。自第二次世界大战期间德国研制出首条现代线导鱼雷——“云雀”鱼雷以来,线导鱼雷就越来越得到世界各国海军的重视与发展。到 20 世纪 80 年代初期,世界上服役鱼雷有 38 种,其中线导鱼雷就有 23 种之多,占世界在役鱼雷的 60% 以上,而美国、德国、瑞典的线导鱼雷占其服役鱼雷的 75%、100%、83% (有资料称达到 100%);其他国家如英国、意大利、法国、俄罗斯及中国等都有自己的或正在研制的线导鱼雷。线导鱼雷已经发展到空投线导鱼雷、超空泡线导鱼雷以及采用光纤取代金属线缆的光纤线导鱼雷。到目前为止,除以上拥有自己研制的线导鱼雷的国家外,印度、挪威、丹麦等都相继研(仿)制出线导鱼雷,具有研(仿)制线导鱼雷能力的国家(包括正在研制的)已经达到 15 个,而最值得注意的是鱼雷线导技术正在被其他航行体所采用并发展。鉴于线导鱼雷的特点及其战技优势,线导鱼雷在未来海战中的地位和作用必将得到更加强化,而鱼雷线导技术的应用也必将得到更好、更快的拓展。

鱼雷在“水”这一特定介质中运动,鱼雷科研工作者针对水的物理特性研制出自导鱼雷(包括声自导及尾流自导),但在目前的科技水平状况下,自导作用距离约 1500m ~ 2000m。据报道,美国的先进鱼雷 MK48,其自导作用距离可达到 4500m 左右,这与该型鱼雷约 50000m 的航程相比,还是显得太有限了。迄今为止,采用 ASTRA(先进的传输与接收装置)技术实现了真正三维自导的“黑鲨”鱼雷,其作用距离也才达到 7000m,与其攻击目标的距离——数十千米的航程相比,仍属鱼雷的缺陷。自导作用距离之短使得具有远航程性能的鱼雷的作用范围和使用效果受到很大限制,再

加上反鱼雷技术的不断发展进步,自导鱼雷的抗干扰能力也显得“心”有余而力不足。为了弥补自导鱼雷的这些缺陷,线导技术的应用成了必然的途径。在海洋环境中以水声场作为鱼雷等水下航行体自导原理的前提下,在鱼雷等水下航行体自导用的新物理场有新突破前,线导鱼雷(Wire-guided Torpedo)是一种比较先进的鱼雷武器。从目前来看,没有一个研制鱼雷的国家不研制线导鱼雷,没有拥有潜艇的海军不装备线导鱼雷,线导鱼雷不仅在逐渐增多,而且似有“一统天下”的趋势,而线导技术向其他水下航行体上应用的发展也是大势所趋。以往国内外线导鱼雷的研究经验表明,放线技术是此类武器装备最关键技术之一。

本书密切结合国防现代化和武器装备现代化建设,是以国内研制成功的多型线导鱼雷放线技术的研究经验以及正在研究中的未来应用技术为基础,理论联系实际,对研制过程中出现的以及未来研究中可能遇到的问题进行了全面阐述,概念清晰,文笔通畅,主要内容的学术技术水平,达到国内领先水平,尤其是线缆沉流数理论、发射艇危险区域理论、放线线缆扭度理论、水流清除绕线胶淤积理论、多功能双芯线缆以及舰艇尾部线导鱼雷运动式发射装置的概念等都属于颇有创见的学术观点,这些都是作者长期研究的独到之处,具有较高的应用价值与学术研究价值。作者的入门导师,我国鱼雷线导技术的奠基人在给作者的信中这样评价:“我搞了这么多年的线导,没想到你的想法这么新,很值得深入研究。”此书的出版,对于开展学术研究与争鸣,对于线导鱼雷、线控水下机器人、线导导弹以及此类武器装备的携带载体与发射装置的研制及使用都将起到一定的推动作用,对于从事线控武器装备及其携带载体研究及运用的广大科技人员、院校师生、海陆空三军相关专业的专业人员都有重要的参考价值。

本书是作者多年工作与思考的结晶,作为国内线导鱼雷第一代软管式及拖曳式放线系统的主要技术负责人,3年前将自己的论文整理成《鱼雷线导技术文集》,并以此为基础,在多位专家的鼓励下完成本书,全书共分9章。书中涉及武器携带者(潜艇、水

面舰艇、飞机)、发射技术、舰艇战术机动、舰艇技术参数、鱼雷技术、海洋技术、通信技术、精细化工技术、线缆制造技术、机械技术、材料科学技术等方面的问题。本书结合鱼雷、鱼雷发射技术、发射艇技术以及材料科学的发展,介绍了线导鱼雷的发展史及其基本导引方法,阐述了线导鱼雷的关键技术及未来发展。进而着重介绍了线导鱼雷放线系统的概念演变、基本组成以及基本类型,并就系统各组成部分的设计原理进行了阐述,最后对其未来发展进行了展望。由于线控类武器系统中都具有放线技术这个特点,因此,本书的放线技术涉及鱼雷以及其他水下航行体上应用的放线方法,也涉及线导导弹、飞机用的放线方法。也就是说,本书涉及了现今已有的各类放线方法,并对未来可能成为现实的放线方法提出了设想方案,也对未来理想的线导鱼雷发射技术提出了设想。

通过对本书的学习,读者可以比较系统全面地了解线导鱼雷的发展、放线系统的现状和未来,进而掌握有关的基本设计原理,为从事线导武器放线技术的研究设计工作打下基础。本书力图既能满足刚刚涉足本专业的同志系统学习线导鱼雷放线系统的基本知识,又能对从事线导鱼雷放线技术的科研、生产、教学和使用的专业人士有所启发和借鉴。限于本人的知识和水平,本书肯定存在着错误,敬请读者批评指正。因此,阅读本书,请读者抱着宽容的态度去对待书中存在的不当之处。本书是国内外专题论述线导鱼雷放线系统问题的第一本书,其宗旨是为线导武器领域提供一套系统介绍放线技术的参考资料,供有关人员参考。希望能抛砖引玉,更好地促进相关技术的完善与发展,为国防武器装备现代化建设起到积极的促进作用。

本书得以完成并出版,特别要感谢那些无私地给予作者帮助与指导的有关专家、领导及同事。由于难以言说的原因,这里不便将他们一一列出。但是,那些关心、支持、帮助过作者的人们犹如夜空中的星星,不耀眼却总在指引着不懈追求的人们去探索!

作者

2006年11月28日于昆明

# 目 录

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| <b>第1章 线导鱼雷概论</b>     | 1   |
| 1.1 概述                | 1   |
| 1.2 线导鱼雷的历史           | 5   |
| 1.3 线导鱼雷的通信及基本导引方法    | 38  |
| 1.4 线导鱼雷的关键技术         | 50  |
| <b>第2章 线导鱼雷放线系统概论</b> | 62  |
| 2.1 概念及术语             | 62  |
| 2.2 放线系统的类型           | 73  |
| 2.3 放线系统的工作环境和对系统的要求  | 81  |
| 2.4 放线系统的主要技术指标       | 95  |
| <b>第3章 专用线缆设计</b>     | 97  |
| 3.1 专用线缆的技术要求         | 97  |
| 3.2 专用线缆抗海洋流体力影响设计    | 99  |
| 3.3 专用线缆结构强度设计        | 106 |
| 3.4 专用线缆电特性设计         | 112 |
| 3.5 专用材料              | 141 |
| 3.6 专用线缆的验收           | 149 |
| <b>第4章 鱼雷放线装置设计</b>   | 152 |
| 4.1 鱼雷放线装置主要技术参数      | 152 |
| 4.2 绕线芯轴与出线管设计        | 153 |
| 4.3 放线装置进水孔设计         | 159 |
| 4.4 线缆密度与放线装置的线团质量    | 163 |
| 4.5 放线装置耐压壳体设计        | 164 |
| 4.6 鱼雷放线装置的总体结构设计     | 167 |

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>第 5 章 发射载体用放线装置设计</b> | 178 |
| 5.1 发射艇危险区域的计算方法         | 178 |
| 5.2 软管式放线装置设计            | 195 |
| 5.3 拖曳式放线装置设计            | 225 |
| 5.4 岸基式放线装置              | 246 |
| 5.5 浮标式放线装置              | 249 |
| 5.6 线导鱼雷武器巨系统及其设计原则      | 254 |
| 5.7 放线系统的故障模式及影响         | 260 |
| <b>第 6 章 专用连接器设计</b>     | 273 |
| 6.1 专用连接器的技术要求           | 273 |
| 6.2 专用连接器的结构设计           | 275 |
| 6.3 专用连接器的检测             | 285 |
| <b>第 7 章 与绕线有关的工艺与设备</b> | 287 |
| 7.1 绕线胶及其配制工艺            | 287 |
| 7.2 绕线工艺与设备              | 290 |
| <b>第 8 章 外放线方法及其应用</b>   | 295 |
| 8.1 外放线方法工作原理            | 295 |
| 8.2 外放线方法的应用             | 298 |
| <b>第 9 章 未来的放线系统</b>     | 323 |
| 9.1 复合材料的发展与绕线胶的未来       | 323 |
| 9.2 未来可能获得发展的放线技术        | 328 |
| <b>参考文献</b>              | 340 |

# 第 1 章 线导鱼雷概论

## 1.1 概 述

鱼雷在“水”这一特定介质中运动,鱼雷科研工作者针对水的物理特性研制出自导鱼雷(包括声自导及尾流自导),但在目前的科技水平状况下,自导作用距离约 1500m ~ 2000m。据报道,美国的先进鱼雷 MK48,自导作用距离可达到 4500m 左右,这与该型鱼雷约 50000m 的航程相比,还是显得太有限了;迄今为止,采用 ASTRA(先进的传输与接收装置)技术实现了真正三维自导的“黑鲨”鱼雷,其作用距离也才达到 7000m,与其攻击目标的距离——数十千米的航程相比,仍属鱼雷的缺陷。自导作用距离之短使得具有远航程性能的鱼雷的作用范围和使用效果受到很大限制,再加上反鱼雷技术的不断发展进步,自导鱼雷的抗干扰能力更显得“心”有余而力不及。为了弥补自导鱼雷的这些缺陷,线导技术的应用成了必然的途径。“Maritime Defence”发表的文章指出:“目标航向的较小的改变,将导致鱼雷自导装置不能捕获目标。因此,由于鱼雷运动介质的限制,‘唯一’有效的控制办法是通过连接鱼雷与潜艇之间的线缆来传输信号,控制鱼雷的运动。这被证明是成功的和可靠的”。在海洋环境中以水声场作为鱼雷等水下航行体自导原理的前提下,在鱼雷等水下航行体自导用的新物理场有新突破前,线导鱼雷(Wire-guided Torpedo)是一种各国海军竞相研制的先进鱼雷武器。它的先进性体现在以下几方面。

1. 具有很难被诱惑的抗干扰能力,弥补鱼雷自导的缺陷,有效提高命中率

20 世纪 50 年代,声自导鱼雷的抗干扰能力,一般来说都很差。例如经常由于海底海面的反射,搞乱了声自导鱼雷的正常航行,以致造成鱼雷“打转”、丢失目标或攻击自身发射艇的不正常现象。鱼雷尽管按要求设计,但在试验时,由于没有抗干扰能力而造成失败。

20 世纪 60 年代,各国海军研制了一些对付鱼雷的干扰器——诱饵、假目标等以后,声自导鱼雷受骗上当的机遇增多了。虽然那时的声自导鱼雷已做了一些改进,能够对抗海底海面反射的干扰,提高了抗混响的能力,但是还避免不了这些干扰器的干扰和欺骗,目标真伪的有效识别还存在缺陷,而线导鱼雷却能够避免这些干扰和诱骗,使鱼雷能充分发挥威力。

21 世纪初期,鱼雷与反鱼雷技术都得到较好的发展,鱼雷的航程已达到几十千米甚至上百千米以上,有的巡航侦察用的反鱼雷鱼雷可达到上千千米,而当今鱼雷的声自导作用距离最好的也仅仅达到数千米,再加上反鱼雷技术——干扰器(如诱饵、假目标等)的长足发展,这使得自导鱼雷的作用范围和使用效果受到很大限制。为了弥补鱼雷自导的缺陷,现代鱼雷都采用了线导技术。

线导鱼雷的特点是采用一根细小的线缆或光缆把发射载体(水面舰艇、潜艇或飞机)和鱼雷连接起来,与发射载体上的火控设备、鱼雷上的装置组成线导回路,以完成发射载体、鱼雷之间的通信。使发射载体显控台通过线导线缆接收到的鱼雷信息、目标信息,与发射载体接收到的目标信息和本发射载体的数据进行综合处理,适时地解算出导引数据,再通过线导线缆发出遥控指令,使鱼雷按导引的航行方向接近、捕获和攻击目标,并适时地将鱼雷和目标的相对位置显示在显控台的屏幕上。如果发现鱼雷偏航和面对多个目标(包括真假目标),可以人为地通过显控台随时进行纠偏或选择需要攻击的目标。这样,线导鱼雷就具有很难被假目

标诱惑的抗干扰能力(除非是线导显控台的操控人员被诱惑了),从而就有效提高了鱼雷的命中概率。

## 2. 不受鱼雷高速度航行的限制

自从20世纪40年代第一条声自导鱼雷问世到50年代,由于噪声的原因声自导鱼雷的速度长期徘徊在 $25\text{kn} \sim 30\text{kn}$ 。这种速度基本上与当时的目标速度近似。用几乎与目标速度相当的雷速来攻击目标,很难说得上是有效的和有威胁的。因为当鱼雷和目标速度相当时,目标规避鱼雷的机会就多,而鱼雷攻击目标的成功率就小。那么,提高鱼雷的速度会怎样呢?

众所周知,鱼雷速度高,产生的噪声会影响自导装置的正常工作。有关试验研究表明,自导鱼雷的速度、噪声与自导装置有很大关系。大致是:自导鱼雷航速增加 $1.5\text{m/s}$ (约 $3\text{kn}$ ),鱼雷噪声就增加1倍;鱼雷航速增加 $4\text{kn}$ ,会影响自导装置工作,使自导作用距离减少 $1/2$ 。如在 $30\text{kn}$ 鱼雷速度基础上再提高 $6\text{m/s}$ (约 $12\text{kn}$ ),即雷速达到 $42\text{kn}$ ,鱼雷噪声就要增大7倍,这对自导装置的工作非常不利。因此,在当时的情况下,只好采取折中的办法,即以降低鱼雷速度的方法来保证自导工作。同时,提出了要提高鱼雷速度就必须解决鱼雷噪声的问题。为此,各国对鱼雷噪声很重视,对它进行了探索和研究,并采取了一些措施。比如雷头上用降噪材料、采取最佳鱼雷外形(流线型)、降低螺旋桨噪声、对雷体外壳加工严格要求等。但在解决鱼雷噪声问题上,还是不甚理想,比如鱼雷头部采用平头外形而非圆头流线型时,在某种运动状态下会产生不利于声自导的影响。据现有技术水平要完全解决鱼雷噪声问题是有困难的,而要避开水声物理场作为自导原理,则周期更长(在目前的科技水平状态是不可能不采用声自导原理的)。在这种情况下,采用线导技术,不仅可以不受鱼雷高速度航行的限制而且也是一条较现实的途径。据有关资料报道,俄罗斯已经研制出线导超空泡高速鱼雷,这种高速线导鱼雷无声自导(鱼雷头部安装有产生空泡的装置),航程 $10\text{km}$ ,航速超过 $100\text{m/s}$ ( $200\text{kn}$ ),直径 $533\text{mm}$ 。对于远航程鱼

雷,可以设计成“子母”式线导鱼雷(具有声自导+线导功能,能够相对地延伸发射艇的声呐作用距离),在攻击目标的最关键时刻子鱼雷(可以采用超空泡技术)从母体中分离而出,以最高的航速在短距离内击毁目标。

### 3. 它比研究新的物理场经济

线导技术比探索、研究新物理场简单得多,至少到 2020 年,鱼雷用的新物理场不会有新的大突破,即使在这方面有了突破并已经达到实用,线导技术的强抗干扰(诱惑)性能仍将具有不可替代的作用。所以,在未来相当的时期里还将是线导鱼雷的“天下”。因此,线导鱼雷引起了各国的重视,得到了迅速的发展。随着核潜艇技术的不断提高,诱骗技术的广泛应用,更加促进和加快了线导鱼雷研制和发展的步伐。

从目前来看,世界上的鱼雷研制国家都有了各自的线导鱼雷,有的已经进行了好几个回合,有的还在不断改进提高,并且已经发展到采用光纤取代传统的普通金属线缆来实现线导通信。到 20 世纪末期;已经有成功的光纤线导鱼雷问世,比如德国研制的 DM2A4。

早期线导技术一般都是在大型鱼雷上使用,后来在小型鱼雷上也采用了线导技术。例如意大利研制的 A290 型鱼雷(1993 年服役),直径是 324mm;日本研制的 G-RX3-I 型直径是 324mm;瑞典研制的 TP423、TP427、TP43X2 直径都是 400mm,该国的小型鱼雷都采用线导,这在世界上小型鱼雷中独树一帜。此外,线导技术应用在反鱼雷鱼雷、诱饵、靶雷、侦察器及其他的无人水下航行体上,个别潜艇上也采用“线导”技术与水面上的平台或基地进行联系而不需要浮出水面。

这些情况说明,线导鱼雷的应用已经比较广泛,其发射载体可以是水面舰艇、潜艇,也可以是飞机,还可以在岸边防御地点发射,未来的水下坦克也可采用。

再从线导鱼雷在世界现有鱼雷中所占比重来看,也越来越大。到 20 世纪 80 年代初期,世界上服役鱼雷有 38 种,其中线

导鱼雷就有 23 种之多,占世界在役鱼雷的 60% 以上,而美国、联邦德国、瑞典线导鱼雷占其服役鱼雷的 75%、100%、83% 以上(有资料称达到 100%);其他国家如英国、意大利、法国、俄罗斯等都有自己的线导鱼雷。最显著的发展是 1975 年—2005 年这 30 年时间,线导鱼雷在世界各国鱼雷中所占的比例得到很大提高,其中德国(1995 年已经研制出一型光纤线导鱼雷)、瑞典达到 100%,美国进一步提高到 83%,英国为 75%,意大利为 66%,法国、俄罗斯、中国及韩国达到 50%。到 2005 年为止,除以上拥有自己研制的线导鱼雷的国家外,印度、挪威、丹麦等都相继研仿出线导鱼雷,具有研(仿)制线导鱼雷能力的国家(包括正在研制的)已经达到 15 个。

总而言之,没有一个研制鱼雷的国家不研制线导鱼雷,没有拥有先进潜艇的海军不装备线导鱼雷,线导鱼雷不仅在逐渐增多,而且似有“一统天下”的趋势,而线导技术向其他水下航行体上应用的发展也是大势所趋。

## 1.2 线导鱼雷的历史

最早出现的水下攻击武器是我国人民在 12 世纪创造的,那是一种称为“水老鸭”的由人潜入水中,将火药包系挂在敌船底部,然后使其爆炸的水中武器。而鱼雷的鼻祖当数明朝嘉靖年间,我国东南沿海军民用于抗击倭寇侵略使用的“水底龙王炮”,利用水流作为推动力。到了 18 世纪,美国人 David Bushnall 第一次用 Torpedo(鱼雷)命名他发明的一种水下武器,这类鱼雷与“漂雷”、“长杆”鱼雷等,都是无需什么发射技术手段,由海水的流动或舰船的运动(或类似钟表延时机构控制)将其送到目标位置。这种原始的鱼雷与原始的水雷同出一辙。

能够在水下自主航行的现代鱼雷的雏形出现于 19 世纪,1866 年由英国人怀特黑德(White Head)制成世界上第一条自航鱼雷,又称“白头”鱼雷;因它使用压缩空气作动力,也称冷机鱼雷,其外

形如图 1-1 所示。

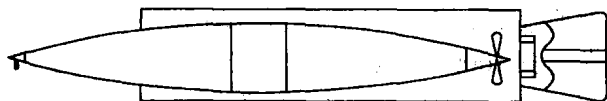


图 1-1 世界上第一条自航鱼雷——“白头”鱼雷(英国)外形

“白头”鱼雷的直径为 356mm, 长度为 3.53m, 质量为 136kg, 装药为 18kg ~ 35kg, 用高压空气(气压大约 8MPa) 驱动活塞式发动机带动对转螺旋桨推进, 该雷航速 6kn, 航程 640m。后经改进, 装药量增加了 4 倍, 并能以较高速度航行 3200m。到 1880 年, 有将近 1500 条白头鱼雷分别卖给了俄国、德国、法国、意大利等, 中国的满清政府也购买过白头鱼雷。

鱼雷的发展大体可以分为 4 次突破性变革。从无动力漂浮到有动力航行(自己不会航行的“漂雷”和“长杆鱼雷”, 到 1866 年出现自主航行的白头鱼雷), 是鱼雷发展的第一次突变; 从无控制到有控制(在鱼雷上安装水压式定深器控制深度、用陀螺仪控制方向), 是鱼雷发展史上的第二次突变, 这个过程大约在 20 世纪初期; 从使用冷气发动机到 1904 年美国人 F. M. 莱维特工程师发明燃烧室, 以热动力代替冷气发动机, 制成蒸气瓦斯鱼雷, 是第三次突变; 从直航到自动寻的(自 1938 年德国研制成电动力鱼雷开始, 于 1943 年研制成单平面被动声自导鱼雷, 在 1943 年 9 月到 1945 年 5 月期间, 用音响搜索目标的鱼雷“T5”(“鸬鹚”) 在攻击战术中得到应用, 以及第二次世界大战期间德国研制出自导 + 线导的电动力制导鱼雷——“云雀”)——标志着鱼雷发展的第四次突变, 这标志着现代鱼雷时代的到来。

鱼雷发展到采用线导技术, 这是一大进步。线导鱼雷的历史同样可以追溯到 19 世纪, 至今已经是线导鱼雷问世以来的第三个世纪了。

1872 年曾出现过带线缆的鱼雷。不过当时这根线缆不是用来输送信号, 控制鱼雷的运动, 而是用来输送电流的。因为当时鱼

雷用的电池还没有研制出来,藉这根线来解决电源问题,故将这种带线缆的鱼雷称为拖线鱼雷。这种拖线鱼雷,当时有6种~7种,如“莱伊”(Lai)鱼雷、“西姆斯·爱迪生”(Semis-Edison)鱼雷、“诺尔登菲尔德”(Noldenfield)鱼雷、“帕特里克”(Patrik)鱼雷、“维克托利亚”(Victoria)鱼雷及“勃列南”(Brennan)鱼雷等,20世纪40年代有“云雀”(Lerche,或译为“列尔希”)线导鱼雷。

### 1. “莱伊”鱼雷

该雷长7620mm,直径914mm,质量约2000kg,航速为6kn,航程约1600m,航行深度为150mm。该型鱼雷在当时算比较复杂的鱼雷。它有4个舱段,第一舱段为炸药舱,炸药为硝化甘油。第二舱段为能源舱,装有液态碳酸,汽化产生的 $\text{CO}_2$ 气体用以驱动鱼雷。第三舱段为线缆线团,该雷的线缆长度为3700m,通过这根线缆给鱼雷输送启动和停止的电压。舵是通过一个次级电路动作的,该电路由水作为导体。在发射时,线缆通过一个开在鱼雷尾端上的小孔自动放出。第四舱设置了两个电池组,两对电磁铁,用来控制 $\text{CO}_2$ 气压的容器、传动机构和控制设备等。图1-2给出其原理结构示意图。

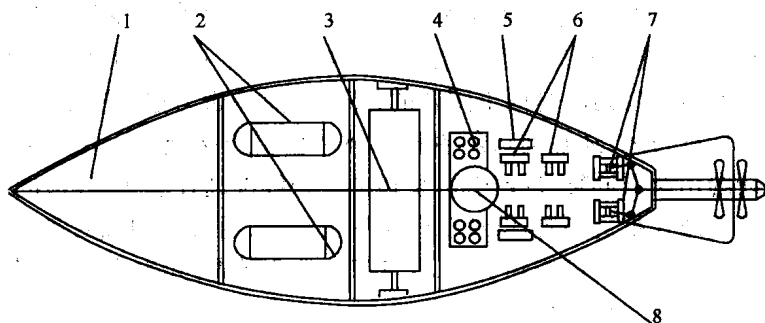


图1-2 美国“莱伊”鱼雷原理结构示意图

1—装药；2— $\text{CO}_2$ 储存槽；3—线团；4—电池组；

5—继电器；6—电磁铁；7—控制机构；8—气压调节器。

“莱伊”鱼雷不仅在推进方面而且在操纵控制方面都是通过电起作用的。其动作是这样的：输入电磁铁的电压打开或关闭阀

门,通过阀门  $\text{CO}_2$  气体从储存槽流入动力装置以及(或者)流入控制操纵装置。当时就为了避免长线缆传输的衰减,在鱼雷中设置了两个电池组,而岸上电池组的电压只用来开动或关闭鱼雷中的电池组。因此还运用了相当于当时电报技术原理的继电器。除此之外,在岸上固定的电池组中还安装了一个转换开关,以实现给鱼雷中的这个或另一个继电器按照需要输送电压。另外,由于线缆的放出和能源的消耗,质量有所减小,为了弥补这种重量损失,专门备有一个自动阀使海水进入鱼雷内。

此鱼雷于 1872 年卖给了埃及、俄国和土耳其,后来又转卖给美国海军,成为美国后来的一条拖线鱼雷。美国买进这条鱼雷以后,组织了一个委员会于 1872 年 10 月 28 日在罗德岛新港鱼雷学校对该鱼雷进行了审查,还做了引爆试验。

## 2. “西姆斯·爱迪生”鱼雷

该雷直径为 533.4mm,长度为 8.54m,航速为 10kn ~ 15kn,航程为 3218m,线缆长度为 3600m(见图 1-3)。实际上它由一个浮体和一条鱼雷组成,鱼雷是固定在浮体上。浮体是由铜制成的一只轻便而相当小的船。在船的甲板上安装了带有两面小旗或小球的支架,它们凸出水面作为标尺使用。小旗或小球的支杆是用铰链连接的,这样使鱼雷在发射时它的标尺不至于被较小的障碍阻止。铰链在发射时是向下闭合的,然后通过弹簧力把它矫正过来。为了同样目的,还在前边斜着把浮体和鱼雷连接起来。在线缆舱的线缆由两股同轴导线构成,里边的一根线缆通往舵机,外边的一根线缆通往推进装置,线缆从鱼雷底部放出,通过水构成回路。该鱼雷特点是用电将炸药引爆,于 1878 年研制成,共生产了 10 条,它是美国的一种拖线鱼雷。

## 3. “帕特里克”鱼雷

“帕特里克”鱼雷是美国早期的拖线鱼雷,推进所用的动力源是液体  $\text{CO}_2$ ,而控制操舵是靠线缆传输来的电。其结构形式与“西姆斯·爱迪生”鱼雷相似,在浮体上的小旗作为标尺使用。雷头装有炸药。与雷头衔接的是一个装有点火器的舱室,它后边是预

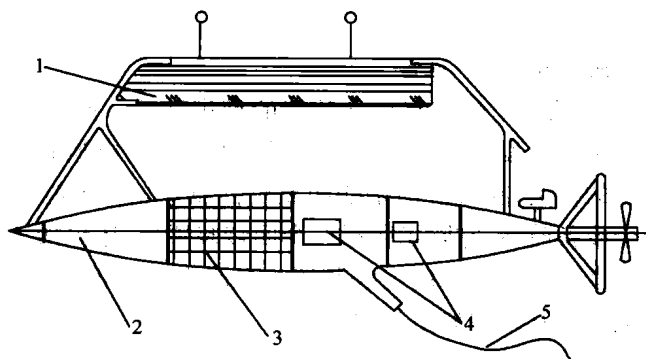


图 1-3 美国“西姆斯·爱迪生”鱼雷结构

1—浮体；2—装药；3—线团舱；4—推进装置；5—线缆。

热液体  $\text{CO}_2$  的两个舱室，在这两个舱之间是  $\text{CO}_2$  容器。在第二个预热舱后是线团舱、机械舱，最后是控制迴转仪、定深装置的结构舱，如图 1-4 所示。

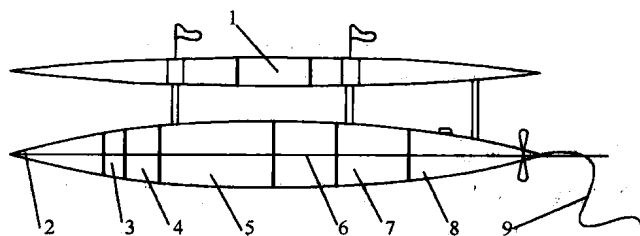


图 1-4 美国“帕特里克”鱼雷结构

1—浮体；2—装药；3—引信；4— $\text{CO}_2$ 装置；5— $\text{CO}_2$ 储存槽；

6— $\text{CO}_2$ 装置；7—线团；8—推进与操纵装置；9—线缆。

该雷直径为 558.8mm，长度为 10.98m，航速为 16.5kn ~ 19.2kn，重约为 3000kg，线缆长度为 2135m。该型鱼雷的工作原理：发射前，打开一个阀门，使液态  $\text{CO}_2$  进入预热室。在两个预热室之间装有蛇形管，蛇形管周围是稀硫酸。借助氧化钙  $\text{CaO}$  可比较容易地把硫酸预热到  $70^\circ$  左右，并每隔一定时间间隔通过一个特别装置将氧化钙投入酸中。这里的预热室就是现今的热交换器。它的作用是防止液体  $\text{CO}_2$  转换为气态的聚集状态时发生