

# 垂发自导深弹发展设想

洪 浩, 王洋洋

(中国船舶集团有限公司第七一六研究所, 江苏 连云港 222061)

**摘 要** 分析了传统深弹武器的优缺点和深弹武器在现代海战中的作用与定位, 剖析了国外 2 种先进的深弹武器——俄罗斯 3арон-2 航空深弹和德国“海矛”火箭自导深弹的技术特点, 提出了借鉴国外先进技术发展一种新型通用垂发自导深弹的初步设想, 并对新型垂发自导深弹的作战效能进行了仿真计算。文末展望了该型深弹的应用前景。

**关键词** 垂直发射; 声自导; 深弹; 反潜

**中图分类号** TJ761.1

**文献标识码** A

**文章编号** 2096-5753(2021)02-0107-06

**DOI** 10.19838/j.issn.2096-5753.2021.02.005

## Development Conceptions of Vertical-launched Homing Depth Charge

HONG Hao, WANG Yangyang

(No. 716 R&D Institute, CSSC, Lianyungang 222061, China)

**Abstract** This paper analyzes the advantages and disadvantages of traditional depth charges, the role and position of depth charge weapon in modern naval warfare, and the technical characteristics of 2 foreign advanced depth charges, i.e. 3арон-2 aerial depth charge of Russia and “Sea Spear” rocket homing depth charge of Germany. Then it puts forward a preliminary conception of developing a new all-purpose type of vertical-launched homing depth charge based on foreign advanced technology, and conducts simulation calculations on the combat effectiveness of this new vertical-launched homing depth charge. At the end of the paper, the application prospect of this type of depth charge is depicted.

**Key words** vertical-launched; acoustic homing; depth charge; anti-submarine

## 0 引言

深弹是传统反潜武器, 在第二次世界大战中因反潜的需求而出现并得到迅速发展和广泛装备。深弹的主要特点是价格低廉、容易制造、使用方便、装药填充系数高、能在浅水使用等, 通常以齐射(投)散布覆盖方式攻潜。由于声呐不能测深, 且对目标的方位与距离测量误差也较大, 导致使用深弹反潜的效能较低。随着潜艇技术的发展, 深弹的投掷方式和距离以及传统触发或定时等简单引信

已经不能满足现代反潜战的需要, 其反潜地位逐渐被自导鱼雷所取代, 成为次要或辅助的反潜武器。另外, 深水炸弹所需的发射装置、输备弹装置和弹库占用空间过大, 难以适装现代舰艇。

鱼雷因其能够自动航行、自动导引并追踪攻击目标, 在战后迅速发展成为主要的反潜武器。鱼雷具有自主攻击能力强、破坏威力大等特点, 但针对浅水目标和濒海区作战, 其声自导头往往受到很大干扰, 导致命中率极低, 而应用深弹反潜的优势及特点便突显出来。1982 年, 英阿马岛海战某次战

役中,在多次鱼雷攻击无效后,英国皇家海军使用MK11 航空深弹成功击中阿根廷潜艇,充分证明了深弹武器在反潜战中仍占有一席之地。

考虑到海洋环境和水下目标探测的复杂性,在现代化反潜装备体系中需要鱼雷和深弹两者高低搭配使用才能取得较好的反潜效果。但传统的深弹武器也应与时俱进,在保留自身优点的同时,也应充分借鉴国外先进的深弹技术,努力克服占用舰艇空间大、反潜效能低、发射距离近等方面不足,使古老武器能重焕生机、破茧重生。

## 1 深弹武器在现代海战中的作用与定位分析<sup>[1]</sup>

与反潜制导鱼雷相比,深水炸弹在未来海战中似乎处在一种可有可无的地位。但深入剖析,未来海战中,深水炸弹仍具有不可替代的作用。

### 1.1 浅水和复杂海域反潜需求

综观各国海军,反潜武器基本类型只有鱼雷(包括管装鱼雷、空投鱼雷和火箭助飞鱼雷)和深弹两种。鱼雷武器具有距离远、爆炸威力大、自主搜索等优点,但对发射水域的水深均有一定要求。水面舰艇管装发射一般要求水深 $\geq 40$  m,空投发射(包括助飞发射)一般要求水深 $\geq 50$  m。未来在浅水海域进行的反潜战给了深弹这类传统的反潜武器很大的用武之地。另外,在水底情况比较复杂的海域,例如港口和近海等潜艇活跃的主要战场,由于礁石及沉船等影响,使得鱼雷自导搜索目标困难,作战效率降低。低成本的深弹武器就成为此时最有效的反潜武器。

### 1.2 水面舰艇反鱼雷、反水雷需求

水面舰艇对抗鱼雷攻击,除了使用水声对抗器材压制敌潜艇声呐降低对线导鱼雷的导引能力、干扰与诱骗声自导鱼雷等软对抗手段外,还需采用有效的硬杀伤手段。火箭深弹一次齐射可覆盖较大区域,可以成为鱼雷硬杀伤防御系统的主角。

同时深水炸弹造价低、爆炸威力大,可以紧急炸开水雷阵,是一种有效的战时反水雷手段。

### 1.3 水面舰艇反无人潜航器、反蛙人需求

随着无人作战装备的发展,无人潜航器正成为

水面舰艇面临的新威胁,同时对付敌方蛙人,也需要经济有效的手段,反潜深水炸弹可成为合适的应对武器。

### 1.4 清理航道需求

深弹在抢滩登陆作战中可扫清滩头、快速破除水下障碍、实施航道清理任务,成为“水下破障弹”。

### 1.5 廉价反潜武器作战使用

水下战最大的难点是搜索发现水下目标困难。受水下环境和探测技术的制约,水下目标的虚警率高。战时,不能一发现水下疑似目标,就使用价值高且数量有限的鱼雷武器攻击。如在英国与阿根廷马岛海战中,众多疑似目标迅速消耗了英军 200 余枚各类反潜武器,绝大部分为反潜鱼雷,以至于到了后期英军“无雷可用”。为适应水下战需要,各国大力发展 LCAW 低成本反潜武器,LCAW 可用于疑似目标打击。除降低成本外,在多极化国际形势下,还能控制事态扩大,达到对敌潜艇示警、驱逐、轻伤的效果。

对比鱼雷和导弹,深弹作为价廉物美的武器,在一些海军强国得到重视和使用,特别是在俄、德等一些国家自导深弹和小型核动力深弹的出现,使得深弹作为反潜利器,在水下战中仍可发挥应有作用。

## 2 国外先进自导深弹

与传统深弹定时定深工作方式不同,自导深弹一般安装有侧扫声呐和/或弹顶声呐,具备一定的对目标在水平和深度方向上的搜索跟踪能力。同鱼雷反潜的机理相类似,只是自导深弹的自导搜索距离较近、因装药量少导致毁伤效能较低。但较传统深弹武器,自导深弹的作战效能已有大幅提升。目前世界上较先进的深弹有俄罗斯的 Загон-2 航空深弹和德国“海矛”火箭自导深弹。

### 2.1 俄罗斯 Загон-2 航空深弹<sup>[2]</sup>

2017 年初,俄国防部已订购并批准量产一种新式弹道可控航空反潜深弹。2017 年 6 月底在俄罗斯圣彼得堡举办的第 8 届国际海事防务展(海洋沙龙)上,俄罗斯国有科研工程研究所首次展出了

该型深弹的出口型产品 3арон-2Э (见图 1)。



图 1 俄 3арон-2 航空深弹外观图

Fig. 1 External view of Russian 3арон-2 aerial depth charge

这款新型自导深弹的工作方式为先悬浮探测再下沉搜索攻击。该深弹在投入入水后, 将悬浮在设定深度上, 自导头向下开始工作, 以主动方式搜索目标。当目标进入其探测范围内时, 深弹发现目标就会自动脱离悬浮装置进而快速下沉, 然后使用操舵机构调整弹道从而追击目标(无动力)。其极限下沉速度为 18 m/s, 自导系统有效探测距离可达 450 m。该深弹极有可能使用了新型聚能炸药以及垂直命中技术。俄罗斯国有科研工程研究所的公开资料称: 即便有 200 m 的探测误差, 其命中率依然可达 60% (6 枚连投), 效费比已然超过航空鱼雷。

多枚深弹入水后展开形成的漂雷阵还可用于拦截鱼雷, 作用机理同悬浮式火箭深弹。

### 2.2 德国“海矛”火箭自导深弹<sup>[3]</sup>

“海矛”火箭自导深弹由助推器、空投附件、水下弹 3 部分组成, 其中作为有效载荷的水下弹主要包括舷侧阵自导系统、弹顶阵自导系统、控制系统、动力电池、动力系统、引信以及战斗部等, 见图 2。

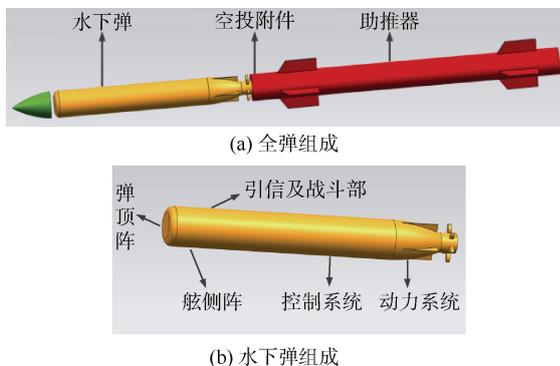


图 2 “海矛”火箭自导深弹组成

Fig. 2 Compositional diagram of “Sea Spear” rocket homing depth charge

“海矛”火箭自导深弹的弹道分为空中段弹道和水下段弹道两部分。空中段弹道由助飞段弹道、弹伞段弹道组成; 水下段弹道由入水段弹道、准悬停沉降段弹道、倾斜转向段弹道、导引攻击段弹道和末弹道组成。

“海矛”火箭自导深弹的攻潜过程分为 6 个阶段<sup>[4]</sup>, 如图 3 所示。

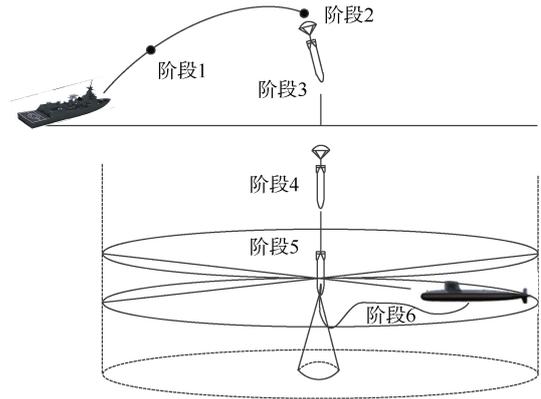


图 3 “海矛”火箭自导深弹攻潜过程

Fig. 3 Progress of “Sea Spear” rocket homing depth charge attacking submarine

火箭自导深弹由舰艇发射后, 沿预定的助飞弹道在空中飞行(阶段 1); 助飞段结束后, 助推器分离, 空投附件动作开启第 1 个降落伞(阶段 2); 水下弹在伞的减速作用下稳定下降, 以一定的速度和姿态溅落入水(阶段 3); 入水后, 第 2 个降落伞脱落, 弹体在随后开启的第 2 个降落伞与姿态控制系统的共同作用下迅速调整到准悬停沉降状态(阶段 4); 布于弹身的舷侧阵自导系统开机在水平 360°范围内搜索目标(阶段 5); 舷侧阵自导系统探测到目标后, 水下弹动力系统启动, 弹体开始由垂直向下状态朝目标所在方位倾斜转向, 同时转为由弹顶阵自导系统搜索目标, 弹顶阵自导系统探测到目标后, 水下弹按照一定的导引律向目标发起攻击, 撞上目标后, 触发引信动作, 引爆聚能战斗部摧毁目标, 若未命中目标, 水下弹将超过航程自毁(阶段 6)。

“海矛”火箭自导深弹溅落点散布误差小于 100 m, 舷侧阵自导作用距离大于 400 m, 舷侧

阵自导垂直扇面角小于  $5^\circ$ ，其反潜作战效能  $\geq 70\%$ 。

### 3 深弹垂发方案设想

传统深弹发射装置、输备弹装置和弹库占用空间过大，在现代舰艇上的适装性较差，同时影响舰艇的隐身性。伴随反潜武器系统向集成化、多层次方向发展，未来多种反潜武器势必采取通用共架发射技术。探索深弹垂直发射技术，实现深弹与反潜助飞鱼雷借助通用垂直发射装置共架垂发，可提高深弹贮弹密度，节省舰艇空间，增强深弹的适装性。垂直发射反应时间短，无射击禁区，可有效提高深弹的作战效能。

采用垂直发射时，须同垂直发射架进行适配，需探索实现深弹箱式发射。深弹发射箱具备与垂直发射架匹配的外部接口，可容纳多枚深水炸弹。各枚深弹之间设置有隔断层，前一枚深弹发射不影响后续深弹。可实现单射，也可连射。

垂直发射技术分两种：“冷发射”技术和“热发射”技术。

#### 1) “冷发射”。

“冷发射”又称外动力发射，是一种利用弹以外的动力（通常为燃气）先把弹弹射离开发射筒（箱），待弹离开舰面一定安全高度后，弹发动机在空中点火的发射方式。

深弹垂直“冷”发射方式可借鉴导弹垂直“冷”发射技术，采用燃气发生器作为弹射装置，提供深弹出箱动力。

深弹垂直“冷”发射方式设想见图4。冷发射箱主要由箱体、前盖、后盖、弹射装置、固弹机构、脱插机构等组成。1个发射舱口可装载4个深弹发射箱，1个深弹发射箱可装载多枚深水炸弹。根据作战需求，可串联发射，也可并联发射，满足深弹单射或齐射的要求。

#### 2) “热发射”。

“热”发射又称自推力发射，是一种利用弹助推器在发射筒（箱）中点火，利用助推器产生的燃气将弹从发射系统中垂直推出的发射方式。

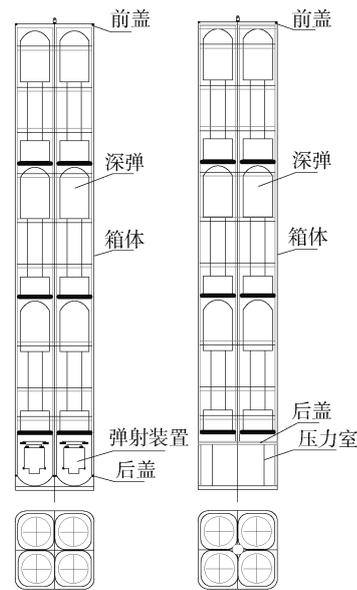


图4 深弹冷（左）、热（右）两种发射方式设想  
Fig. 4 2 launching modes for depth charge  
(The left is cold launch mode and the right is thermal launch mode)

深弹垂直“热”发射方式可利用深弹尾部的火箭固体发动机提供出箱动力。

如图4所示，“热”发射箱主要由箱体、前盖、后盖、压力室、固弹机构、脱插机构等组成。垂直“热”发射同样可实现串联和并联发射。

对于垂直“冷”发射技术，由于发射时不需要深水炸弹提供出箱动力，对深水炸弹射程无影响，且发射箱无需进行防火箭尾焰烧灼处理。但串联发射时，要求同一弹射装置提供多次弹射动力，对于弹射装置要求较高。对于垂直“热”发射技术，深水炸弹需要提供出箱动力及转向，对射程有一定影响，且必须设计合理的燃气排导系统同时开展防火箭尾焰烧灼处理，但对射程影响较小，现有热防护技术也较成熟。相比“冷”发射技术，“热”发射技术较为成熟，不存在未解决的技术难题。因此，从工程实现角度来看，深水炸弹垂直“热”发射是目前较为可行的发射方式。

深弹垂直发射方式对舰艇综合指控系统和深弹自身提出了新的要求。垂直发射反应时间短，火力转移迅速，无射击禁区，可实现全方位作战。舰艇综合指控系统需根据垂直发射的特点作出适应性改进，优化作战流程及深弹发射模式。对于深弹

自身,需突破推力矢量控制技术,在垂直发射后以尽量短的时间控制弹体以最小转弯半径完成转弯程序,使深弹转向目标平面。

#### 4 垂发自导深弹效能分析<sup>[5]</sup>

垂发自导深弹在传统的深弹武器技术基础上,结合了智能自导控制和日趋成熟的通用垂直发射技术。为进一步研究此类武器的总体技术及作战使用,本文运用蒙特卡罗方法,仿真计算了垂发自导深弹的反潜效能。深弹的主要参数,特别是自导部分参数,选用公开报道的德国“海矛”火箭自导深弹的参数。

##### 4.1 仿真条件

使用 3 或 6 枚自导深弹连射反潜,武器使用示意图见图 5。

###### 1) 弹参数。

自导作用距离(舷侧阵与弹顶阵)为 450 m;舷侧阵自导系统垂直扇面半角为 5°;弹顶阵自导系统扇面半角为 60°;导引攻击段航速为 16 kn;落点散布为  $D/130$  ( $D$  为水平射距,二阶原点距)。

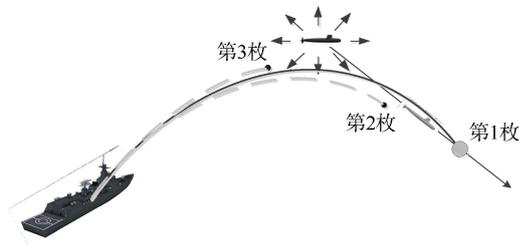


图 5 深弹武器使用示意图(以 3 枚为例)

Fig. 5 Schematic diagram of depth charges in operation (taking 3 depth charges as an example)

###### 2) 声呐探潜精度。

测向精度为 2.3°(二阶原点距);测距精度为  $1.9\%R+60$  m ( $R$  为目标距离)。

###### 3) 目标参数。

潜艇航速为 10 kn;潜艇航向 0°/45°/90°/135°/180°/225°/270°/315°,分 8 档计算。

###### 4) 发射条件。

垂发连射间隔 5 s;最大射程为 4 000 m/5 000 m 两档。

在以上条件下,计算深弹平均命中概率。

##### 4.2 仿真结果

在给定对潜探测精度条件下,使用垂发自导深弹反潜,对 5 000 m 潜艇目标,3 枚连射,至少命中 1 发概率大于 55%;6 枚连射,至少命中 1 发概率大于 75%。

在相同对潜探测精度条件下,使用传统的定时/定深引信非自导深弹反潜,6 枚管装齐射,至少命中 1 发概率低于 15%。

表 1 仿真计算结果

Table 1 Results of simulation calculation

使用方法	平均命中概率(至少命中 1 发)	
	射程 4 000/m	射程 5 000/m
3 枚连射	0.688	0.569
6 枚连射	0.843	0.773

两相对比,可得出—基本结论:使用垂发自导深弹反潜,与管装发射非自导深弹相比较,能大幅提升深弹武器的反潜作战效能。

#### 5 应用前景分析<sup>[6]</sup>

传统深弹武器因占用空间大、射程近、效能低,基本已遭淘汰。必须借鉴国外先进技术,在采用自导控制技术基础上,将深弹与导弹、火箭助飞鱼雷等武器共用通用垂直发射装置发射。通过与通用垂发装置共架共控,在使用并优化自导技术基础上,大幅提升深弹武器的反潜作战效能。通过将深弹与机载反潜武器、舰载轻型鱼雷、火箭助飞鱼雷配合使用,形成以下多方面效果:

1) 深弹作为中近程武器,与其它反潜武器形成远、中、近层次衔接的反潜武器装备体系。

2) 利用深弹武器浅水性能好的优势完善浅海和深海立体反潜作战能力。

3) 利用深弹价廉优势,与机载/舰载轻型鱼雷、火箭助飞鱼雷高低搭配,丰富单舰/编队水下作战手段。

4) 向功能多样化方向发展<sup>[7]</sup>。深弹除可用于反潜,亦可用于反鱼雷、反水雷、反 UUV、反蛙人等水下作战行动。如俄罗斯的 Загон-2 深弹兼顾

了反潜与反鱼雷功能。

5) 向平台多样化方向发展<sup>[8]</sup>。深弹武器从应用于水面舰艇和固定翼、旋翼反潜飞机拓展应用于其它平台,如装备于要地防御系统中,执行岛礁、港口、码头、海上石油钻井平台等高价值目标的水下防御任务,包括反潜、反鱼雷、反蛙人等作战行动。可安装在两栖登陆舰、专用破障船等平台上,战时执行航道清理、登陆滩头阵地破障等任务;也可通过水下爆轰方式执行应急扫雷任务,为登陆舰队紧急开辟航道等。

## 6 结束语

火箭自导深弹是一种浅海性能优越的近程反潜武器,能够与轻型鱼雷、火箭助飞鱼雷高低搭配,遂行反潜任务。目前,西方与俄罗斯等军事强国都已经研制了符合各自需要的火箭自导深弹。由于增加了自导功能,该武器较传统无自导火箭深弹的作战效能有了大幅提升。尤其是德国的“海矛”自导深弹,较俄罗斯的火箭自导深弹在搜索探测目标方面性能更为先进。

借助于水面舰艇广泛采用的通用垂发技术发射自导深弹,能够有效解决深弹武器在水面舰艇上的适装性难题。将自导技术与垂发技术相结合,将使古老的深弹武器焕然一新,催生出一款水下战利器。但综观各国舰艇,到目前为止,垂发自导深弹仍是一个空白。该类型武器在性能、多功能应用、

价格等方面优势非常明显。从性能上,较传统的深弹武器,自导深弹的作战效能数倍提升;在多功能应用方面,主要用于反潜领域,可扩展应用于反鱼雷、反水雷、反UUV等范畴;从价格方面,与鱼雷等高价值武器相比,深弹武器价格低廉;从技术上,研发该类型武器大多为成熟技术,难度不大,值得国内同行关注。

## 参考文献

- [1] 谢力波,赵申东,李居伟.挑战鱼雷的新型自导深弹[J].飞航导弹,2018(10):8-12.
- [2] 何心怡,邓建辉,赵丹辉,等.基于HLA的火箭自导深弹仿真系统研究[J].系统仿真学报,2014,26(12):2874-2881.
- [3] 赵丹辉,朱滨,何心怡.火箭自导深弹作战效能研究[J].舰船科学技术,2015,37(2):232-237.
- [4] 赵丹辉,何心怡,陈兆峰,等.火箭自导深弹齐射方法研究[J].鱼雷技术,2014,22(3):214-220.
- [5] 成建波,李涛.定位误差对自导深弹攻潜效能的影响分析[J].声学及电子工程,2019(2):6-9.
- [6] 钱东,张少悟.鱼雷防御技术的发展与展望[J].鱼雷技术,2005,13(2):1-6.
- [7] 江震,徐先勇.新概念深弹-现代技术让深弹更具威力[J].科教文汇,2014(10A):108-109.
- [8] 闫岩,赵向涛.一种舰载反鱼雷深弹武器系统设想[J].四川兵工学报,2016,36(9):38-40.

(责任编辑:曹晓霖)