

97(3) 1-5

1PP7/P1348X/000/003

潜艇水下发射反舰导弹的 若干问题探讨

邢天安

A

摘要 阐述了与潜艇水下发射反舰导弹密切相关的几个具体问题。

关键词 潜对舰导弹

运载

导弹发射

反舰导弹

TJ762.45

引言

潜艇所特有的隐蔽性好、机动性强、对敌攻击具有突然性的几大优势使得飞航导弹的潜射技术备受青睐。但由于该项技术具有相当大的难度,使得目前世界上仅有少数几个军事强国才拥有此项技术。妥善解决发射深度与发射艇速的选择、离管速度的确定、齐射战术的应用以及艇体安全性的保证等具体技术问题是实现飞航导弹水下发射和提高打击效果的重要前提。

1 发射深度

潜艇水下活动的深度通常可分为:潜望深度、危险深度、安全深度、工作深度和极限深度。

很显然,为了潜艇的自身安全,应避免在水面和危险深度上进行导弹发射。此外,由于潜艇在潜望深度航行时处于准暴露状态,所以在该深度上进行发射同样对潜艇的自身安全十分不利,尤其是发射近程反舰导弹,因必须深入到敌方防区之内进行发射,故危险性极大。据初步估算结果,与水下 30m 发射相比,水面状态发射时的被发现概率增加 70%,潜望状态发射时被发现概率增加 20.4%。另一方面,当发射深度增加至某一深度时,潜艇被发现概率的下降幅度将迅速减小,50m 比 30m 时下降 4.7%,而 100m 仅比 30m 下降 5.5%,100m 以下则基本不再下降^[1]。对于潜艇先使用导弹攻击,当攻击无效后又继续使用鱼雷进行攻击的情况,发射母艇将受到更为严重的威胁。初步计算结果表明,当发射深度由 15m 分别增至 30, 60 和 100m 时,潜艇被敌机发现概率将分别减少 38.6%, 80.8% 和 100%, 被其击沉的概率分别降低 71.2%, 97% 和 100%^[2]。由此可见,一般情况下应尽量避免在潜望深度下发射。

国外中近程潜艇导弹的发射深度一般具有两个特点:一个是深度较深,通常在数 10m,甚至 100m 以下;另一个则是可供选择的发射深度范围较宽,如美国捕鲸叉导弹为潜望深度或 30~60m,法国飞鱼导弹为潜望深度至潜艇工作极限深度。

发射深度的选择除了必须充分考虑本艇安全之外,还将受到导弹(或运载器)研制难度及研制经费承受能力的制约。深度越深,对结构强度、刚度及水密性能的要求也就越高,相应的研制经费的投入也越多。

总而言之,发射深度是潜艇实施导弹水下发射的一项重要战技指标。综合考虑潜艇的隐蔽性、安全性及技术实现的难易程度和经费承受能力等因素,潜舰导弹的发射深度以 50~

本文 1996-9-28 收到,作者系中船总公司船舶系统工程部高级工程师

飞航导弹 1997 年第 3 期

• 1 •

60m 为宜, 至少也应超过 30m。

2 发射艇速

艇速对导弹发射及操艇运动均有较大影响, 因此合理选择其变化范围相当重要。

一方面, 艇速越高, 艇艏(或艇体)绕流对导弹离管(或离筒)后的初始运动段影响就越严重, 从而产生不希望的滚动或后倾运动(垂直发射); 另一方面, 艇速越高, 自噪声越大, 这不仅不利于隐蔽攻击, 且降低了本艇声纳的搜索效率。此外, 对于由鱼雷管进行水平发射带运载器的导弹而言, 为使艇体更有效地避免与弹器水面分离后下沉的运载器筒体相碰, 潜艇维持低艇速较为有利。还需指出, 当发射深度达到一定深度之后, 由鱼雷管发射的无动力运载器, 其轴向出水速度对发射艇速的变化已很不敏感, 不必担心降低发射艇速将会导致运载器出水速度的明显降低。因此, 在一般情况下, 导弹更希望于低艇速状态下发射。

然而, 由于艇的水动力及操艇的舵力大小与艇速平方成正比的缘故, 当发射艇速过低时, 艇的运动状态将不易得到控制, 尤其是在近水面发射, 海面波浪及自由液面的影响较为严重, 操纵特性变得相当复杂, 对操艇更为不利。

综上所述, 在确保潜艇能够正常操纵的前提下, 应尽可能采用低艇速进行发射。如英国采用常规潜艇发射捕鲸叉导弹时的艇速为 4~6kn, 又如美国采用核潜艇发射战斧巡航导弹时的艇速控制在 5kn 以内。

3 离管速度

武器的离管速度是导弹发射的一个重要参数。为使武器能安全离管和离艇, 必须赋予其足够的离管速度。如果离管速度过低, 则由于艇艏绕流和平台侧壁效应的作用, 可能会使导弹(或运载器)与发射管口甚至与艇艏外壳发生碰撞而造成损坏; 此外, 当采用无动力运载器进行干式发射时, 因鱼雷发射管所提供的动能是其主要能量, 故低速发射不仅会严重影响整个水弹道性能, 还会因主要依靠流体动力展开的尾翼无法按设计要求快速展开, 甚至根本无法展开。但离管速度又不能过高, 否则导弹(或运载器)在发射瞬间及出管后所受到载荷太大(它与速度的平方成正比), 过载也较为严重, 使得局部结构(如舵面、尾翼)和部分元器件(如压力出水传感器)容易受损。

离管速度与各有关参数之间可建成如下函数式

$$V_e = f(V_L, S_0, D_0, A, Z, \dot{Z}, P, \dot{P}, \dot{B}, SS, \Delta R, M)$$

式中

- | | |
|--|-------------------------------------|
| V_L —— 潜艇速度基本为零, 其它条件也都在最小值时的最低安全离管速度, | P —— 潜艇纵摇倾角, |
| S_0 —— 发射瞬间潜艇的航速, | \dot{P} —— 纵摇角速率 |
| D_0 —— 潜艇所在深度, | \dot{B} —— 潜艇偏航角速率, |
| A —— 发射管轴线与潜艇轴线之间的夹角, | SS —— 与海情有关的波速, |
| Z —— 潜艇横摇倾角, | ΔR —— 导弹靠自推力获得的最大射程以外的距离增量, |
| \dot{Z} —— 横摇角速率, | M —— 运载器发射质量, 包括运载器带出发射管中的水。 |

具体的关系式将随参数的特性而变化,不能用流体力学定律和物理学定律推导出严密的关系式,因为这里的关系是非线性的,且部分取决于潜艇的基本结构,所以需把一系列加权系数 C_1, C_2, \dots, C_n 分配给每一相应参数。

对于水下垂直发射,且在出水之前采用无动力运载器,则在进行反复试验测量的基础上得到上述各加权系数之后,可用下式表示出理想的离管速度与各个参数之间的关系

$$V_e = V_L + C_1 S_0^2 + C_2 D_0 + C_3 Z + C_4 \dot{Z} + C_5 P + C_6 \dot{P} + C_7 \dot{B}_0 + C_8 SS + C_9 \Delta R$$

对于水下水平发射,且在出水之前采用无动力运载器,考虑到发射管轴线与潜艇轴线之间夹角的影响,可用下式表示出理想离管速度与各个参数之间的关系

$$V_e = V_L + C'_1 S_0^2 + C'_2 D_0 + C'_3 Z + C'_4 \dot{Z} + C'_5 P + C'_6 \dot{P} + C'_7 \dot{B}_0 + C'_8 SS + C'_9 \Delta R + C'_{10} A$$

式中的系数带有撇号,代表水平发射条件。

从美国、俄罗斯等国外一些潜舰导弹的离管速度来看,一般均比鱼雷稍高些,为 15m/s 左右,如美国捕鲸叉导弹运载器的离管速度约为 15.24m/s。

4 艇体安全性

确保武器可靠、安全发射是潜艇水下发射反舰导弹的一项最基本要求,必须高度重视。

导弹武器系统对潜艇可能构成的威胁主要来自以下几方面。

1) 意外点火

由于电磁干扰或其它一些复杂的原因,有可能在未出发射管(筒)或刚离开发射装置但尚处在危险距离之内就产生意外点火。此时若是由鱼雷管发射,低速航行中的潜艇将会受到导弹发动机强大喷流的作用,影响其稳定性;若是在发射筒内进行发射(如垂直发射),则会在筒盖未打开,导弹未解锁的情况下使得筒内弹体周围的温度骤升,故有引爆战斗部的危险。

当采用干式发射方式时,导弹置于密封的运载器内。正常情况下,由运载器将导弹送至水面或空中之后,导弹点火同时弹器分离。但若由于某种原因,运载器的电气系统(如出水信号传感器、控制器)在危险区内便发出信号,则导弹便会于水下提前点火。其后果可能使得运载器的分离尾锥在导弹发动机喷流作用下撞坏潜艇艏部或发射管口,甚至滞留在发射管内。

2) 点火失败

若采用艇上的专用发射筒进行弹射式垂直发射,则一旦导弹弹射出筒后未能及时点火,则它上升一级距离后,在负浮力作用下便开始下沉,从而存在砸艇的危险。

3) 下沉分离物

导弹与运载器在水面或空中分离后,具有一定质量的分离废弃物(运载器筒体、尾锥)相继落入海中,并以一定的速度下沉。若它们不能及时让开潜艇通道,则会发生砸艇或撞艇事故。针对上述危险隐患,通常可采取以下一些预防措施。

4.1 防导弹意外点火

1) 设置保险

为了防止导弹在危险区内意外点火,导弹及运载器在机械和电路设计上都必须采取相应的措施,以构成多道保险。

2) 发射前电信号与导弹隔离

在准备发射之前,所有电信号必须与导弹完全隔离,即决不能给装在发射箱(管)内的导弹通电。

3) 改善弹的电磁环境和提高抗干扰能力

导弹武器系统的电路设计必须十分考究,努力设法改善导弹的电磁环境,并采取有效措施(如屏蔽、接地、去耦、滤波以及选用合适的材料和元器件等)提高导弹的抗干扰能力,以避免由于各种电磁干扰而产生误信号或误动作。

4) 延时点火

国外的一些潜射导弹,如美国的萨布洛克、战斧、捕鲸叉和法国的飞鱼等导弹均采用延时措施来保证导弹(或运载器)离开潜艇一段距离之后再点火。

5) 保护导弹的敏感部位

为保护导弹战斗部和助推器这两个敏感部位,以使它们不受水下爆燃(如深水炸弹造成的冲击)和发射时引起的冲击影响,飞鱼导弹在战斗部和助推器的外围各有一组四瓣的垫块,将它们包裹住。这些垫块(即弹器适配器)同时也起到固定导弹的定位作用。

6) 采用喷淋降温系统

美国舰面垂直发射系统 MK41 为防止导弹意外点火所带来的灾难,专门采用了一种喷淋降温系统。一旦发生导弹意外点火,该喷淋系统可在极短的时间内做出反应,喷淋降温确保舰艇的安全。

4.2 防导弹点火失败

1) 采用准垂直发射

为消除导弹垂直发射点火失败而构成的砸艇威胁,国外有的水面舰艇采用准垂直发射方式,即导弹的发射方向不是与舰面构成 90° ,而是朝舷外倾斜 5° ,成为 85° 的所谓准垂直发射。

2) 采用二次点火技术

水面舰艇采用垂直发射方式时,为做到万无一失,国外还有采用二次强迫点火的办法来避免因正常点火失败所构成的砸艇威胁。

尽管以上两种措施均是针对水面舰艇的,但对潜艇水下发射导弹而言也颇有参考价值。

3) 采用控制水弹道的弹上排气装置

美国专利 5070761 介绍了一种控制潜射导弹水弹道的装置,它利用弹体内含有的气体从导弹的内部通过排气孔向外部排放,以改变弹体外部的水压分布,借此产生使导弹转动的纵倾力矩,驱使导弹偏离潜艇航道。这样,即便出现了导弹点火失败的故障,也不会发生砸艇事故。

4.3 防分离下沉物砸撞艇

对于裸弹发射方式,由于无分离物,故不存在此问题。对于湿弹发射方式和采用有动力运载器的干式发射方式,因导弹(或运载器)在水下为有动力航行,故一方面出水距离较远,另一方面可在水下实施机动航行,使其主动避开潜艇航道,从而可有效地防止出水分离时的废弃物下沉砸撞艇。可见,只有采用无动力运载器的干式发射方式时,才需采取相应的防范措施。

1) 采用偏斜的鱼雷管发射

美国发射捕鲸叉导弹的核潜艇,其鱼雷发射管均与潜艇纵向对称面之间有约 10° 向外的偏斜角。当装有导弹的运载器发射出去后,便可以很快偏离潜艇航道,从而有效地避免了下

沉物砸撞艇现象。

2) 采用航向有控的无动力运载器

英国从 1978 年开始便从美国引进了捕鲸叉导弹技术,并获得了生产权。但由于英国的常规潜艇,其鱼雷发射管与艇纵向对称面平行,因而英国海军不得不耗费巨资对捕鲸叉导弹运载器进行必要的改进。他们先后花了 4 年时间,共进行了 310 余次 1:1 的水下发射试验。据英国军方人士称,改进后的运载器提高了性能,技术上已达到完美无缺的地步。

运载器改进后,它的尾体鳍舵是用气压操纵的,尾体内的高压氮气瓶提供气源。由定时机构执行舵的偏转。运载器至水面的爬升弹道是一个三维空间弹道,可以避开潜艇的航向,并能转到与发射方向成 90° 的方向上,从而增加了艇体的安全性且提高了潜艇的隐蔽性。

国外研制经验表明,在有针对性地采取预防性措施之后,可以有效地避免事故,确保艇体安全。

5 齐射

由于现代水面舰艇都具有较强的反导能力,故采用单枚潜射反舰导弹对水面敌舰进行攻击的作战效果较差,而一旦未能置敌方于死地,则暴露本艇且遭到反击的可能性很大,从而严重威胁艇的安全。因此,在对付具有多层反导防御体系的水面舰艇时应采用多弹齐射的攻击方式。这将有可能使敌方反导武器系统处于饱和状态,提高后续导弹突防概率。显然,当反舰导弹的发射数量一定时,齐射攻击效果将随发射时间间隔的减小而增加;反之,当发射时间间隔一定时,齐射攻击效果将随导弹发射数量的增多而增加。对于具体某一艘潜艇而言,导弹最大齐射数量是限定的,因此齐射时间间隔对攻击效果起着至关重要的作用。由于它是一项密级很高的战技指标,故一般国外资料均无报道。文献[5](略)中提到了英国在邱吉尔号攻击核潜艇上可实现捕鲸叉导弹的三发齐射,在艇的两侧舷同时发射两枚导弹的时间间隔为 9~10s。需指出,该指标仅反映出英国 80 年代初期的水平,而目前有无变化尚不得而知。但可以肯定的是,经过近 20 年的发展,水面舰艇的反导能力已大大加强,若仍按上述指标进行攻击,则难以达到饱和攻击的目的。为提高打击效果,必须大大缩短这一时间间隔。

导弹齐射发数及时间间隔除受到艇和发射装置的限制之外,还必须考虑到发射后的相互干扰因素。齐射时间间隔的确定必须以确保各发弹出管后不产生相应干扰且前面的导弹与运载器分离后的下沉物不致于砸撞到后续导弹为原则。为此,采用异舷交叉管(左上与右下或左下与右上)或异舷外侧发射管齐射的搭配方式为最佳。总之,为进一步提高打击效果和维护本艇安全,潜艇在对敌隐蔽攻击时应尽量采用齐射战术,齐射发数也应与艇的最大齐射数量相同,齐射时间间隔在发射装置允许及可实现无干扰发射的前提下越短越好。

6 结束语

飞航弹的潜射技术科技含量高、难度大且涉及面广,除了需解决武器与潜艇及发射装置的匹配技术、武器的水环境适应技术、水弹道控制技术、发射控制技术、出水识别技术、发射安全技术、弹器分离技术(干式发射)、水下发射试验与测试技术之外,合理确定发射使用条件也极为重要。认真分析、借鉴国外研制经验,密切注视其发展动向,无疑有助于国内相关工作的开展,收到事半功倍的良好效果。

◆◆