

# 某发射装置隐形设计研究与分析

王鹏飞, 余建成, 陈祥龙  
(国营第四四五厂, 浙江 杭州, 310024)

**摘要** 对某发射装置的隐形设计进行了研究, 提出了2个不同方案, 采用增加导轨副运动机构进行整体升降; 对俯仰机构进行偏心处理, 使得在非战时状态完全处于舰板之下, 在战时状态伸出甲板正常作战。对2个方案进行分析对比, 选取较优方案, 并提出了该方案完成的技术途径。该方案在运行中可能出现偏载问题, 以影响动态跟踪精度, 提出将发射装置的发射顺序进行调整, 适当增加发射装置刚度和电机功率以达到动态跟踪精度的要求。

**关键词** 隐形设计; 发射装置; 偏载

中图分类号 TU857

文献标识码 A

文章编号 2096-5753(2021)05-0421-05

DOI 10.19838/j.issn.2096-5753.2021.05.014

## Research and Analysis on Stealth Design of A Launcher

WANG Pengfei, YU Jiancheng, CHEN Xianglong  
(State-owned 445th factory, Hangzhou 310024, China)

**Abstract** The stealth design of torpedo defense launcher is studied and two different schemes are proposed in this paper. In the first scheme, the launcher is integrally lifted by adding auxiliary motion mechanism of guide rail. In the second scheme, the pitch mechanism is eccentrically processed, so that the launcher is completely under the deck in non-wartime state, and extends out of the deck at wartime for normal operations. After further analysis and compare between two proposals, the second scheme is selected, and technical approaches are established to complete the scheme. However, partial load may occur during operation which will affect the accuracy of dynamic tracking. In order to achieve the standard of tracking accuracy, an adjustment of the launching sequence of the launcher is proposed, the material rigidity of launcher and the power of electrical motor is increased.

**Key words** invisible design; launcher; partial load

## 0 引言

在现代化军事设备中, 隐形具有十分重要的意义。被发现等于被消灭, 同规模的军舰, 隐形军舰在制敌先机、本身隐蔽性占据巨大优势, 而武器的隐形对于军舰隐形具有重大意义。隐形化、模块化、自动化和信息化“四化”设计, 是现代舰艇发展的

趋势<sup>[1]</sup>。为适应新型舰艇的隐身化、模块化要求, 发射装置必须实现隐身性和模块性的要求。对于隐形要求最彻底的解决方式是在平时隐藏于甲板之下, 满足舰艇对武器装备隐形性能的要求, 作战时自动显露发射管组, 进入发射状态, 对某武器进行自动点火发射, 实现某武器的布阵拦截功能<sup>[2]</sup>。

由于隐形性能的要求, 现代舰艇对舰面设备的

外形提出越来越严格的要求,舰面布置简洁明了,尽量减少多余凹凸布置成为舰艇设计的潮流<sup>[3]</sup>。如瑞典的“维斯比”级(见图1)<sup>[4]</sup>、新加坡的“可畏”号(见图2)<sup>[5]</sup>、法国“地平线”级(见图3)<sup>[6]</sup>、英国的45型<sup>[7]</sup>等舰艇都堪称雷达隐身的典范,其共同特点是除进行了隐身防护的主炮,在舰面上几乎见不到其余武器的存在。因此军舰可进行更自由的外形设计,以规避雷达检测<sup>[8]</sup>。



图1 “维斯比”号

Fig.1 HMS Visby



图2 “可畏”号

Fig.2 HMS Formidable



图3 “地平线”号

Fig.3 Horizon class Destroyer

本方案基于上述需求,提出了一型平时可完全隐藏于甲板之下,作战时能自动伸出甲板,进行自动点火发射的模块化发射装置。

## 1 研究方案

### 1.1 方案确定

为实现发射装置在默认位置时处于甲板之下的舱室中,在工作时自动显露于甲板进行发射,有2种可行的解决方案。

第1种方案是将传统发射装置安装于可上下升降运动的升降平台上。平时,升降平台处于低位状态,发射装置隐藏于甲板之下;战时,由升降平台带动发射装置向上运动,使其显露于甲板之上。发射装置根据任务需要对来袭目标发射某武器进行布阵拦截。该方案的优点是可以实现发射装置在平时隐藏,战时正常工作的需求。其不足之处:1)增设了升降平台,系统的复杂程度增加,可靠性降低;2)为保证升降平台的上下运行升降平台需要保证适当的间隙,发射装置在发射过程中的火箭尾焰推力会引起振动情况,影响发射装置的精度;3)为满足发射装置的全自动装退弹功能,发射装置在每次装退弹工作时,升降平台需要进行升降运动,增加了运动环节,耗费时间,快速反应能力降低。

第2种方案是调整发射装置的俯仰运动中心的位置,使得发射装置在平时航行状态时处于甲板之下的舱室内部,在战时发射装置能够满足俯仰和旋回的射界要求,发射管组自动伸出甲板位置。

该方案在传统发射装置成熟技术的基础上改进完成,研制风险较小,改动量不大,可以满足发射装置在平时状态时的隐藏,及在战时状态时的发射功能。其主要缺点是由于俯仰中心的改变,发射装置具有较大的偏载现象,通过恰当的设计,偏载情况可以得到解决。

### 1.2 研究方案

通过对研究方案的分析对比,方案2在系统组成简便性、工作过程可靠性以及实现的方便性上优于方案1。

如图4所示,发射装置主要由基座、旋回模块、发射管组组成。其旋回俯仰转轴设置于发射装置靠

后的位置,在发射装置进行俯仰运动时,发射管可以抬升至较高的位置,发射管显露于甲板外侧对来袭鱼雷目标发射某武器进行布阵拦截。

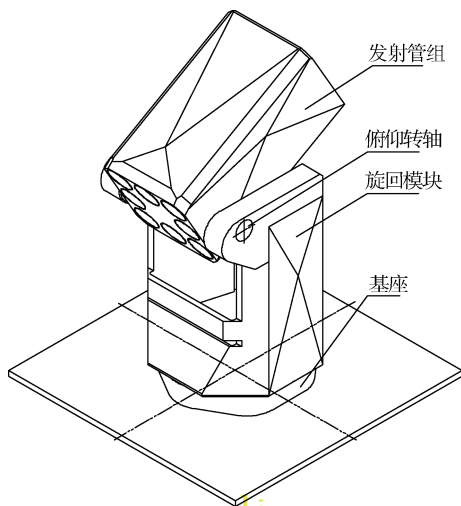


图 4 隐藏式模块化发射装置  
Fig.4 Concealed modular launcher

为使该方案能够顺利实现,必须满足发射装置的射界要求,即发射装置俯仰角为  $15^\circ \sim 60^\circ$  内,发射装置最低发射管的发射路线高于舱室的最低开口。最高发射管在发射角为最大俯仰角时,不会与舱室内壁出现干涉现象。在满足上述要求的条件下,发射装置的偏心情况应最小,发射装置的扰动半径最小。

该方案的特点是,如图 5 所示发射装置在默认状态下,俯仰处于  $-90^\circ$ ,可以实现全自动装退弹、自动点火以及进行模块化更换发射装置的各部件,具有较高的快速反应能力和较好的维护保养性能。

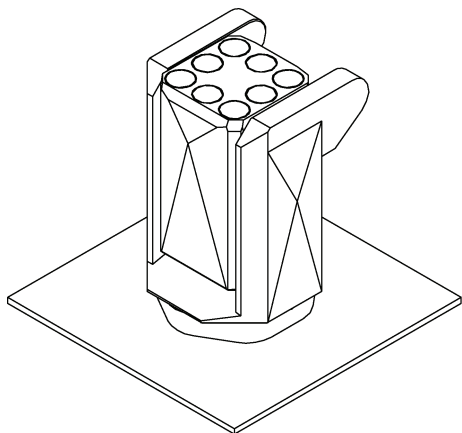


图 5 发射装置处于默认状态（非战斗状态）  
Fig.5 Launcher in default state (non-combat state)

根据研究方案要求,寻求满足研究方案条件的数学关系,如图 6-7 所示。设发射管组的长度为  $L$ ,宽度为  $k$ ,设舱室的长度和宽度均为  $m$ ,发射装置俯仰中心偏离旋回中心的距离为  $x$ ,俯仰中心距离安装平面的高度为  $y$ 。

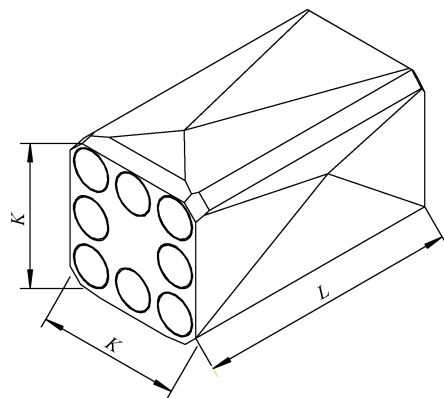


图 6 发射管组  
Fig.6 Launch tube group

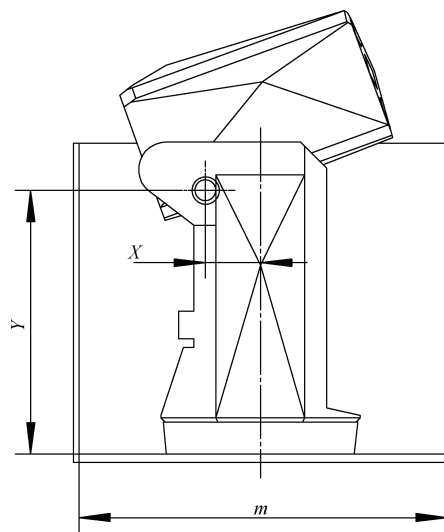


图 7 数学模型参数设定  
Fig.7 Mathematical model parameter setting

基于: 1) 发射装置运行过程中不会与舱室发生干涉; 2) 发射装置的俯仰角度满足射界要求; 3) 满足上述 2 条件的  $X$ 、 $Y$  的最小值,即发射装置扫动半径最小、发射装置偏载最小。

建立数学模型如下:

$$y + \left(x + \frac{m}{2}\right) \tan 15^\circ - \frac{\left(\frac{k}{2} - x\right)}{\cos 15^\circ} = y + (L - y + 470) \quad (1)$$

$$\sqrt{\left(\sqrt{\left(\frac{k}{2}\right)^2 + (L+460-y)^2} + x\right)^2 + \left(\frac{k}{2}\right)^2} \leq \frac{m}{2} \quad (2)$$

$$\sqrt{\left(\sqrt{\left(\frac{k}{2}\right)^2 + (y-460)^2} - x\right)^2 + \left(\frac{k}{2}\right)^2} \leq \frac{m}{2} \quad (3)$$

由式(1)可得:

$$y = L + 470 + \frac{k - 2x - (2x + m)\sin 15^\circ}{2\cos 15^\circ} \quad (4)$$

将式(4)代入式(2)、(3), 可得  $x, y$  的取值范围, 根据需要选取  $x, y$  的最小值即可得到能够满足上述功能要求的发射装置最小偏载, 最小扫动半径的结构形式。

根据要求实现发射装置全自动输退弹、自动点火, 有无弹指示等功能以及发射装置口径情况, 同时考虑设计、拆卸余量, 发射管组(长度,  $L=1790\text{ mm}$ ; 宽度,  $K=980\text{ mm}$ ), 当  $x \approx 80\text{ mm}$ ,  $y \approx 900\text{ mm}$  时, 发射装置各指标可处于较为理想的状态。

发射装置处于该尺寸时, 发射装置可隐藏于长和宽均为  $2600\text{ mm}$ , 高度为  $2330\text{ mm}$  的舱室中。发射装置各状态如图 8-10。

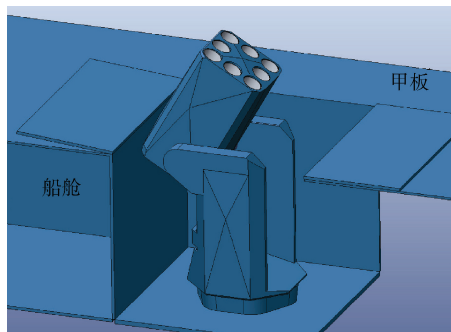


图 8 发射装置处于最大射角(俯仰  $60^\circ$ )状态  
Fig.8 Launcher at the maximum firing angle  
(pitch angle  $60^\circ$ )

## 2 技术难点分析

隐藏型模块化发射装置可实现默认状态下处于甲板之下的舱室中, 解决隐形问题, 适合现代舰船发展方向。但由于改变了发射装置俯仰旋转中心, 带来了偏载问题。某发射装置需要在跟踪的同时实现对某武器的发射, 因此动态跟踪精度是该型发射装置着重需要解决的难点问题。

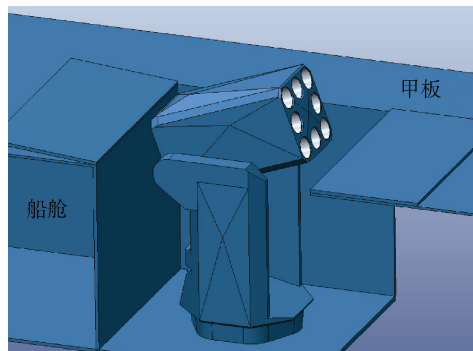


图 9 发射装置处于最小射角(俯仰  $20^\circ$ )状态  
Fig.9 Launcher at the minimum firing angle  
(pitch angle  $20^\circ$ )

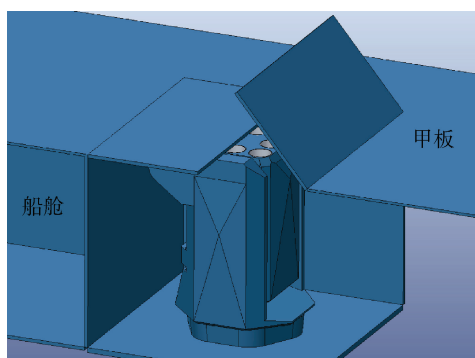


图 10 发射装置隐藏于甲板之下(俯仰  $-90^\circ$ )  
Fig.10 Launcher hidden under the deck  
(pitch angle  $-90^\circ$ )

由于隐藏型模块化发射装置工作方式和工作环境与常规发射装置基本一致。可以通过类比分析的方式研究隐藏型模块化发射装置解决动态跟踪精度的可行性。

如图 11 所示, 十二联装发射装置在以 6-7-5-8-4-9-3-10-2-11-1-12 的顺序发射, 发射 6 号管时, 发射装置具有较大的俯仰偏载情况产生, 某武器在发射时, 其尾焰的主要作用区域在发射管直径的 4 倍口径的圆形区域内。由于 6 号管是第一发射管发射, 圆形区域所覆盖的 5 号发射管处于有弹状态, 对 6 号管发射时的尾焰起到阻碍作用。根据图 11 分析, 4 倍发射管口径的圆形区域中, 起到对尾焰阻碍作用的面积约占 35%。从偏载力矩的角度考虑,  $M=0.35 \times 748.1 \times S \times P$  对尾焰阻碍作用的面积约, 其中  $S$  为 4 倍发射管口径的圆的面积,  $P$  指某武器发射时产生平均压强。



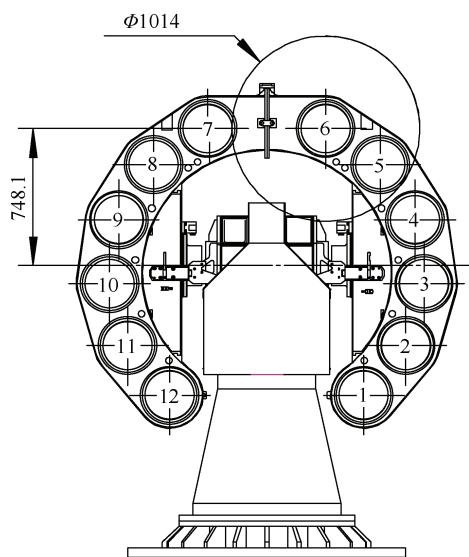


图 11 常规发射装置发射负载情况  
Fig.11 Launch load of 12-tube launcher

分析隐藏型模块化发射装置如图 12 所示, 发射装置发射时, 第 4 号发射管发射时的偏载最严重。此时若 3、5、2、6 号发射管处于有弹状态, 4 倍发射管口径的圆形区域中, 形成阻力的面积约占 60%, 此时偏载力矩为  $M=0.6 \times 715 \times S \times P \approx 429 \times S \times P > 261.84 \times S \times P$ 。

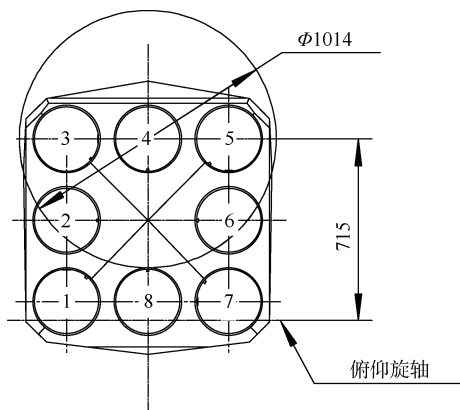


图 12 隐藏型模块化发射装置动态载荷分析  
Fig.12 Dynamic load analysis of concealed modular launcher

为解决该问题, 可以适当设置发射装置的发射

顺序, 设置当引起发射装置最大偏载的发射管 4 号管发射时, 其相邻的 3、5、2、6 号发射管处于无弹状态。在这种情况下, 4 倍口径的圆形区域中, 形成阻力的面积约为 38%, 此时偏载力矩为  $M=0.37 \times 715.0 \times S \times P \approx 264.55 \times S \times P$ , 与十二联装发射装置 6 号管发射时所形成的偏载力矩基本持平。

综合上述分析, 隐藏型模块化发射装置在适当的增加发射装置刚度以及驱动电机功率的情况下, 设置适当的发射顺序, 能够满足发射装置的动态跟踪精度要求。

### 3 结束语

发射装置的隐形是军舰隐形的重要条件之一。鱼雷发射装置隐形, 即非战时状态隐藏于甲板之下, 可采用偏置旋转中心方案, 带来的偏载问题, 可采用调整炮管发射顺序来减小偏载引起的精度问题。

### 参考文献

- [1] 柳志忠. 舰艇隐身技术的发展[J]. 舰船电子工程. 2014 (3): 31-35.
- [2] 刘家铨. 鱼雷发射装置概论[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2003.
- [3] 何雄新, 高东华. 舰艇雷达隐身技术的研究和应用[J]. 光电对抗与无源干扰, 2001 (3): 23-26, 19.
- [4] 覃俞盛. 北欧新一代隐身战舰瑞典灵巧型多用途舰[J]. 舰船知识, 2013 (4): 67.
- [5] 江山. 走近新加坡海军“可畏”级隐身护卫舰[J]. 军事文摘, 2011 (23): 30-33.
- [6] 曹晓光, 王磊. 地中海军港新骄子——记法国地平线级防空驱逐舰“谢瓦利埃·保罗”号[J]. 环球军事, 2009 (2): 50-51.
- [7] 杜晓佳, 杨颢, 洪明. 英国 45 型驱逐舰桅杆的隐身性能分析[J]. 舰船科学技术, 2012, 34 (11): 165-170.
- [8] 陈康, 许江湖. 现代战争中水面舰艇隐身技术研究[J]. 中国雷达, 2001 (3): 14-18.

(责任编辑: 张曼莉)