

外军海基战略导弹发射技术分析

赵雪芸 刘丙杰

海军潜艇学院 青岛 266199

摘 要: 潜射战略弹道导弹作为一种重要的核威慑和实施核打击的手段, 一直以来都是世界大国关注的重点。然而其导弹武器系统及水下发射技术复杂、难点多, 并且各国的海基战略导弹发射技术研究的对比分析仍然缺乏。为解决此问题, 本文以美国、俄罗斯、法国等国家的潜射弹道导弹发射技术为例, 分析对比了各国当前海基战略导弹性能及发射技术的优缺点。

关键词: 潜射弹道导弹; 海基战略导弹; 潜艇; 发射技术

潜射弹道导弹是指由弹道导弹潜艇发射的弹道导弹, 是海军水下力量的重要组成部分。潜射战略弹道导弹具有机动性大、隐蔽性好、生存能力强、便于实施核突击等特点, 是核三位一体的关键一级^[1]。潜射战略弹道导弹作为一种重要的核武器投掷手段, 受到了国外军事大国的高度重视。

然而由于潜射弹道导弹武器系统技术复杂, 特别是其水下发射技术, 各个国家在实验过程当中的失败率都很高, 所以拥有陆基弹道导弹的国家很多, 但是真正拥有潜射导弹的国家相对较少。

在弹道导弹由陆向海的发展过程当中, 前苏联是第一个进行尝试的国家。1955 年, 前苏联将一种陆基型号的弹道导弹 P11 用潜艇进行了发射, 这一次的发射是在水面进行的, 表明弹道导弹不仅可以陆基发射, 也可以在海上由潜艇进行发射。而真正意义上的潜射导弹是美国在 1960 年完成的, 就是“北极星”-A1 潜射导弹, 它是真正为潜艇研发的弹道导弹, 使用了“乔治·华盛顿号”潜艇, 在水下完成了发射。

美国和前苏联在潜射导弹的发展过程来说都经历了几代更迭。美国发展了三代潜射导弹, 第一代潜射导弹是北极星系列, 它的起点比较高, 一开始就使用了固体燃料, 射程在 1000 海里以上; 第二代潜射导弹是“海神”和“三叉戟”-I, 有两个变化, 射程更远、使用分导式多弹头; 第三代潜射导弹是“三叉戟”-II, 为了“三叉戟”-II 还专门研发了新型的核潜艇“俄亥俄”级, 所以“三叉戟”-I 的弹体更大, 射程超过 1 万公里, 有效载荷达到了 2.7 吨。

俄罗斯第一代的潜射导弹性能较差, 最大的问题就是射程。第二代潜射导弹性能也不理想。到了第三代, 俄罗斯的潜射导弹相对比较成熟, 比如 SS-N-18、SS-N-23, 作为

液体型号的潜射导弹都实现了分导式多弹头, 射程基本上都在 7000 公里以上。第四代潜射导弹 SS-N-30 “布拉瓦”的射程超过了 8000 公里, 可以携带 4-6 个分导式多弹头, 包括跟“布拉瓦”配套的弹道导弹核潜艇“北风之神”级以及它的最新改进型, 都处在世界领先的行列当中。

在东西方紧张对立的国际形势下, 英法也相应发展了自己的潜射弹道导弹。进入 21 世纪, 印度、朝鲜、伊朗等国也积极进行本国的潜射弹道导弹实验, 逐渐发展了自己国家的潜射弹道导弹。

本文总结对比了拥有潜射导弹的主要国家先进的海基战略导弹及核潜艇发展现状, 美俄战略导弹未来发展不仅影响其自身国家安全, 更关乎整个国际社会的和平与稳定^[2], 因此本文主要分析了美、俄等国海基战略导弹发射系统的主要技术特点, 明确了其中关键技术及未来发展方向。

1 美国三叉戟 II 导弹发射技术

在美国传统的陆海空基战略核力量中, 海基力量所占比重较大, 且全部采用固体推进剂, 同时美国现役战略导弹型号少而精, 目前以延寿改进为主, 维持精干有效的核武库[3-4]。美国“俄亥俄”级核潜艇的三叉戟 II 弹道导弹发射筒组件由发射筒、气密环、换热板和减振垫组成。发射筒有内筒和外筒, 内筒安装在外筒内, 两筒之间的间隙用泡沫填充, 为导弹提供贮存空间和弹射通道及抗冲击保护和横向支撑, 同时为提高横向支撑强度。

导弹发射时, 激发点火布置在凸膜上的切割药条, 凸膜被分裂为 8 块 (也有部分资料称 10 块), 为导弹出筒让出通道。凸膜内粘贴有能量吸收装置, 吸收凸膜爆炸自裂时的能量, 从而缩短弹头与凸膜之间的距离, 有利于导弹长度

的增加。

垂直支撑组件被同轴安装于发射筒底部，也由原来的液体弹簧改进为整体式导弹支座，主要由垂直减振器、支撑环、信号开关等组成，既提高了稳定性，也压缩了轴向尺寸，利于导弹长度的增加。电插头回收装置在导弹发射时，从导弹上拔下相关的电缆插头。导弹发射装置通过减小内外筒壁距离并添加胶泥等措施提高了空间效率以适应导弹尺寸的增加。

此外，为了优化三叉戟导弹的出筒动力特性以及空中飞行特性，该型导弹采用“钝头整流罩+加减阻杆”设计，钝头型弹头能够减少空间占用并且具备优良的水动力特性，而减阻杆则弥补了钝头线性的空气阻力不佳的缺憾，以提高导弹射程。为了减小导弹出筒载荷，三叉戟潜射导弹的弹射出筒速度被限制在 28 米/秒以内，发射时潜艇航速被限制在 2 节左右。

2 俄罗斯布拉瓦导弹发射技术

俄罗斯“布拉瓦”导弹从陆基洲际导弹“白杨-M”的基础发展而来，参考了“白杨-M”的研制经验，使用固体燃料和三级火箭发动机再加上末助推级、再入飞行器及整流罩组成。“布拉瓦”导弹的结构元件与“白杨-M”导弹高度统一，有 70% 的零部件可互换。“布拉瓦”洲际弹道导弹是俄罗斯专门为“北风之神”级战略核潜艇研制的，射程 8000 公里，能携带 10 个高超声速分导式核弹头，其发射重量超过 36 吨，战斗部全重 1.2 吨，每个弹头都具备独立的制导系统，可在飞行途中变轨。

“北风之神”级潜艇艇体中段布置了 16 管洲际弹道导弹舱，可装备 16 枚或 20 枚 R-30 “布拉瓦”导弹。为了防止潜艇出现紧急情况，“布拉瓦”导弹的设计排除了与潜水艇的系统和单元使用气动连接的可能性。

从生产下线到发射的“布拉瓦”始终装载在运输和发射容器当中，该容器能够排除火箭在发射时的燃烧产物对潜艇结构的热化学作用，且不会有可拆卸的部件掉落在艇上。另外，在导弹和导弹综合体的组件中引入了许多新的技术解决方案，以确保在船上紧急情况下导弹的安全，包括导弹舱内起火。

2018 年 5 月，“尤里·多尔戈鲁基”号进行了一次成功的齐射试验。20 秒内 4 枚“布拉瓦”潜射洲际导弹连射，导弹从白海海域发射，飞向 3500 海里之外的勘察加半岛库拉靶场，并准确命中目标。这次试射是从水下进行的，任务

取得了圆满成功。整个过程对计算模拟的要求非常高，体现了俄罗斯世界一流的潜射海基核力量投送能力。

3 法国 M-51 导弹发射技术

法国海军目前有 4 艘“凯旋”级弹道导弹核潜艇处于服役状态。这 4 艘核潜艇均搭载了 16 枚潜射弹道导弹。2010 年 9 月，凯旋级 4 号艇“可惧”号服役并开始搭载 M-51 导弹，同时法国海军开始对前三艘“凯旋”级核潜艇进行 M-51 导弹换装。

目前，M-51 已经成为法国“凯旋”级弹道导弹核潜艇的标配武器，每艘潜艇都能携带 16 枚该型导弹，M-51 已经历了多次升级，分别是 2010 年完成的 M-51.1，以及 2016 年完成的 M-51.2，升级后的射程较原型更远，可轻松超过 1.1 万公里。

M-51 导弹采用三级固体火箭发动机，长 12 米，弹径 2.3 米，发射重量 48 ~ 56 吨，射程 8000 ~ 11000 千米，命中精度小于 300 米。M-51 潜射弹道导弹使用了深水发射技术和水下点火技术，采用了减阻杆设计和激光陀螺仪，安装了诱饵和干扰装置，可携带 6 ~ 10 枚 M-45 导弹上使用的 TN75 弹头，于 2006 年 11 月 9 日进行了首次试射。目前 M-51 潜射弹道导弹仍在改进中，逐步成为法国海基核威慑的核心。

法国为“凯旋”级战略核潜艇研制测试 M51 弹道导弹时，前两次飞行试验都是地面发射，待到第三次飞行试验才进行了首次水下发射试验，2008 年 11 月，法国在位于比斯卡洛斯的导弹试验发射中心的大水池（10 米深度）中第一次水下发射 M-51 成功，然后到 2010 年 M-51 潜射弹道导弹才被安装到“凯旋”级核潜艇“可惧”号上，在海洋中进行实战发射测试（发射深度估测在 20 米左右），以验证其在恶劣海洋环境下的作战能力。

法国的潜射导弹有自己的独家特色，采用了近筒外水下点火的方式，即导弹被弹出发射筒后不久，未出水前一子级发动机点火，这种方式更复杂、困难，容易导致发射失败。优点主要是水下点火发射方式有利于缩短飞行时间。

M-51 导弹延用了 M-45 导弹的深水点火发射技术，发射深度达水下 40 米左右，导弹离开发射筒后，发射筒内立即充满水，以保持潜艇平衡，确保下一枚导弹的顺利发射。发射系统使用快速双数据处理系统，能以极高的速度完成导弹点火测试、监视和点火控制。这种发射方式一方面尽可能地减少了潜艇的浅水暴露时间，另一方面缩短了导弹发射过程，使整个系统的生存能力得以提高。

水中主动空泡技术原理类似于“超空泡”现象，导弹

上带有空泡发生器,可以产生大量空泡包裹住弹体,这时弹体表面接触的介质就会从海水变成气体,大大减少了弹体摩擦阻力。水中主动空泡技术常见于法国和俄罗斯的潜射弹道导弹,因为法、俄两国导弹善于使用水下点火技术,导弹在水下点火后,需要靠自身的火箭发动机冲出水面,而海水阻力又远远大于空气,这极大的消耗了导弹燃料,影响了最大射程,所以需要主动空泡技术来降低水中阻力。而使用水面点火的导弹由于不存在水中阻力问题,是可以不使用主动空泡技术的,比如美国“三叉戟 2-D5”导弹靠潜艇的燃气或压缩空气弹射,无动力出水,在水面点火。由于阻力巨大的海水是靠外力通过的。但由于“三叉戟 2-D5”在水下是没有动力的,弹道不可控。出水的时候,由于出水溃灭压力和巨大出水载荷,无动力的导弹当出现大姿态角时,就需要第一级发动机用矢量喷管来大角度纠正导弹姿态,这也会额外消耗一些燃料。

4 其他国家海基战略导弹发射技术

4.1 印度

K-15 型潜射弹道导弹由印度国防研究与发展组织研发,2018 年首次部署;弹长 10.8 米,直径 0.8 米,发射重量 6300 千克,最大射程 700 千米。2001 年至 2008 年间,K-15 潜射导弹进行了多次研发测试,并在 2008 年披露名称也是“海洋”,代号 B-05,射程 700 千米。2013 年,K-15 型导弹从孟加拉湾 1 艘潜艇上试射,成功命中 700 千米范围内目标;2013 年 4 月前,K-15 型导弹已利用 P78 驳船完成了十余次飞行测试。

印度自研的第一种潜射弹道导弹是 K-15,它构成了印度版三位一体核力量中的潜射一级。2018 年印度海军在“歼敌者”号弹道导弹核潜艇上进行了三次成功试射,导弹完成验收。海军验收试验的成功完成,意味着印度海基核力量正式拥有作战能力。K-15 导弹采用现在已经比较罕见的“湿式”发射方式。

4.2 朝鲜

根据朝鲜公开过的“北极星”导弹水下发射画面可以推测,“北极星-5”潜射导弹的发射系统仍主要由发射筒、弹射动力装置、减振和密封装置等组成。

此外,“北极星-5”导弹的尾部设计有可抛式尾罩,可以保护发动机喷口及其周围部件免受高压燃气损坏(导弹在水中运动时,用于隔离海水,也可以降低水中运动阻力)。可抛式尾罩在导弹弹射出水后,达到一定高度时,自动启动

小型抛罩发动机,将其从侧面推离导弹底部,在抛罩的瞬间,导弹的一级发动机也将点火,尾焰会将尾罩喷走,避免其影响弹体。

5 对比分析

根据全球各国潜射洲际导弹的尺寸、潜艇舰体材料的强度极限、潜艇的艇长范围来看(130 米~170 米),一艘核潜艇搭载 16 枚潜射导弹就目前技术而言是一个很不错的选择。所以,美国海军正在建造的下一代“哥伦比亚级”弹道导弹核潜艇也将发射筒减为了 16 个。

美国“三叉戟”II D5 和法国 M-51 在整流罩设计上极为简单,只为水下航行设计了水滴型整流罩,导弹在大气中飞行时,头部弹出一根减阻杆,美海军声称这根减阻杆可以产生激波,理论是让弹体表面形成低压区,减少弹体后部 50% 的摩擦阻力,但这是建立在导弹水滴型整流罩比圆锥型整流罩阻力大了好几倍的基础上,而且减阻杆顶在前面形成正激波也是巨大的阻力。

结束语

本文对当前世界多国的海基战略导弹发射系统进行了技术分析,对各国战略导弹及导弹发射平台潜艇的性能指标、导弹发射技术成熟度、复杂性等方面的讨论和比较。相对而言,俄罗斯战略导弹技术的发展则侧重导弹武器技术的战略储备,以应对未来战略形势的变化^[5]。而同时美国仍在对其海基战略导弹进行改进升级^[6]。

参考文献:

- [1] 刘丙杰,王杰,张骁.国外海基战略导弹发射情况分析[J].中国航天.2021,(6):32-35.
- [2] 李吉,李要建,陈升泽.美俄核战略及战略导弹武器装备技术发展综述[J].战术导弹技术.2015,(5):8-12.
- [3] 齐艳丽.美国战略导弹发展及装备预测分析[J].战术导弹技术.2018,(3):8-11.
- [4] 夏薇,刘畅.国外战略导弹发展现状与趋势分析[J].飞航导弹.2016,(5):37-42.
- [5] 吕琳琳,王慧.俄罗斯下一代战略导弹发展分析[J].现代军事.2016,(2):66-69.
- [6] 吕琳琳,王慧.美国下一代战略导弹发展分析[J].现代军事.2015,(12):66-69.

作者简介:赵雪芸,1997 年 12 月,女,汉族,山东莱西,硕士研究生,助教,从事的研究方向或工作领域:XX 武器系统研究