

反舰武器系统精确打击体系及其关键技术

李亚辉¹, 张 军², 马奥家¹, 张 磊¹,
高 峰¹, 许泽宇¹

(1. 中国运载火箭技术研究院, 北京 100076;

2. 江苏大学电器信息工程学院, 镇江 212013)

摘要: 精确打击是未来武器系统发展的必然趋势。首先对精确打击武器的概念、内涵及分类进行了界定; 其次结合制导武器系统的特点, 以中远程精确打击为背景, 给出了一般意义下精确打击系统体系构成及功能划分; 最后结合对海打击的具体特点, 梳理给出了对海精确打击的关键技术。

关键词: 反舰武器; 精确打击概念; 体系构成; 关键技术

中图分类号: V448.1

文献标志码: A

文章编号: 2096-4080 (2018) 01-0027-06

Precision Strike System and Key Technologies of Anti-ship Weapon System

LI Ya-hui¹, ZHANG Jun², MA Ao-jia¹, ZHANG Lei¹, GAO Feng¹, XU Ze-yu¹

(1. China Academy of Launch Vehicle Technology, Beijing 100076, China;

2. School of Electronic and Information System, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: The precision striking system is the developing trend of the future weapon system. Firstly, the concept, the connotation and the classification of precision striking are defined. Then, based on the background of mid-range and long-range precision striking, the system structure and the function division of precision are defined combing the feature of guided weapons. Finally, considering the specific feature of anti-sea striking, key technologies of anti-sea precision striking are presented.

Key words: Anti-ship weapon; Precision strike concept; System structure; Key technologies

0 引言

20世纪80年代, 苏联提出了“侦察-打击综合体”的新概念, 认为侦察-打击综合体将能够“真正实时地”执行侦察和毁伤任务。该概念主要由3个基本元素构成: 精确弹药、广域高级传感器及近实时反应的自动指挥与控制。该概念引发了

20世纪90年代关于美国军事领域革命的大辩论^[1]。1996年, 美军在《2010年联合作战纲要》中正式提出了“精确打击”概念, 2000年在《联合构想2020》中进行了再次明确, 并将其作为美军联合作战四大原则之一^[2]。

精确打击行动不是由某种武器或作战平台独立完成, 它需要指挥控制子系统、打击武器子系

收稿日期: 2017-11-03; 修订日期: 2017-12-27

基金项目: 国家自然科学基金 (51379044)

作者简介: 李亚辉 (1974-), 男, 博士, 研究员, 研究方向为飞行器制导控制、弹道优化、飞行器总体设计等。

E-mail: Lyahui@126.com

统、探测侦察子系统以及通信链路子系统共同支持,体现了以网络为基础、大系统作战的理念。

美军在20世纪90年代的海湾战争和科索沃战争中虽然加大了精确制导武器的使用比例,但还未形成完整的精确打击作战体系。直到2001年的阿富汗战争和2003年的伊拉克战争,精确打击作战体系理念才真正应用于实战。除了加大各类精确制导武器的使用外,还开创性地应用了对时间敏感(简称时敏)目标进行探测、锁定、跟踪、拦截并评估的新战术。上述行动作战效果主要包括增加战机捕捉概率,缩短任务时间,提高毁伤精度,节约作战资源以及减少战争附带损伤,这些效果使战争面貌发生了质的变化^[3]。

当前,精确打击已成为现代高科技武器发展的新趋势。并且,除美国以外,俄罗斯、欧洲以及印度等国家和地区已经发展形成了不同程度的精确打击能力^[4-5]。

1 精确打击概念、内涵及分类

1.1 精确打击的概念

美军在《2010年联合作战纲要》和《联合构想2020》两份报告中均给出了精确打击的概念,即:精确打击是指联合部队在所有军事行动中定位、监视、识别并跟踪目标,运用灵活的指挥控制系统,选择、组织并运用正确的武器系统,产生期望的打击效果并对打击效果实施评估,并在必要时以决定性的速度和作战节奏再次实施打击的能力^[6]。

由上述概念可知,精确打击是攻击武器与信息技术紧密结合的产物,是机械化作战向信息化作战发展的重要标志,依赖于传感器、投送系统和打击效能之间的无缝链接。主要打击过程包括以下3个方面:

1) 精确定位。精确打击的实施首先依赖于对预定打击目标的精确定位。精确定位通过先进的信息侦察系统对作战区域内各类目标实施多层次、多领域、多手段的侦察来完成。

2) 精确制导和精确摧毁。即依靠精确制导、隐形技术等,运用精确制导武器实施全天候精确打击,以精确高能弹药对目标实施精确摧毁。精确制导技术是实施精确打击的关键技术,同时,精确打击应集中精确制导武器的优势,发挥各种技术兵器的效能。

3) 精确评估。通过空间侦察卫星、高空侦察

机和无人侦察机等,对被攻击目标进行航拍录像,分析和评估打击效果;指挥中心通过评估效果,决定是否对目标再次实施打击,或者修正打击方案;相关决定做出后,将包括评估效果在内的有关情报传送给侦察系统;侦察系统根据这些情报,重新进行精确定位,并将结果报告指挥中心;指挥中心根据定位报告,下达再次精确打击命令。

1.2 精确打击分类

过去,人们倾向于根据武器的射程来区分远程精确打击武器和近程精确打击武器,但如今精确制导等各种先进技术已经弱化了距离的因素,使得射程不再是制约精确性的关键因素。美智库机构战略与预算评估中心高级研究员巴里·瓦茨(Darryl D. Watts)认为,战斗网络可以近实时发现并打击目标的覆盖范围,是一个更灵活、有效的区分标准^[3]。然而由于中远程制导武器方案的特殊性,区分中远程的精确打击时通常仍需结合射程指标。精确打击可分为3类:

(1) 近程精确打击

一般近程是指在发射平台或打击系统自身传感器的视距范围内的打击距离。例如舰载武器运用本舰的雷达等侦察设备和舰载武器所能实施精确打击距离,或者岸舰武器依据海防雷达探测距离所实现的覆盖范围。目前,很多国家海军都具备近程精确打击能力。

(2) 中程精确打击

一般是指在打击系统自身视距以外,借助其他探测系统的探测能力才能够实施的精确攻击,也称之为超视距攻击。较为典型的中程精确打击系统是直升机、无人机、预警机和电子侦察交叉定位等手段测定目标位置和目标的机动参数,武器射程一般为120km~200km。然而,由于近代中远程制导武器系统,超视距的制导方式通常直接采用GPS或侦察卫星等天基平台信息,因而一般也按照此射程范围加以区分。由于多平台联合作战,技术较为复杂,目前世界上只有少数国家的海军具有超视距对海上目标攻击的能力。

(3) 远程精确打击

一般是指对200km外目标的远程攻击,需要多兵种联合作战才能形成。需要由空间卫星、远程预警侦察机超视距雷达和其他远程侦察手段提供作战态势,测定目标位置和机动参数,再由攻击舰艇根据远程探测兵力提供的目标参数,发射

远程武器进行攻击。由于飞行距离较远，需要根据目标运动情况和大气条件对飞行的影响对武器进行中继制导，使其能准确捕捉和锁定目标，进行精确攻击。远程精确攻击要由多兵种联合作战，实现有较大难度，世界上只有极少数国家具备远程精确打击能力。

1.3 打击精度

美俄是世界上最早研制精确打击武器的国家，但它们对精确打击武器的理解略有差异。在美军文献中，精确打击武器常常用来指安装了引导系统、一次发射命中目标概率不低于 0.5 的武器；而俄罗斯认为，精确打击武器是指使用常规装药、在各种战斗使用条件下命中目标概率接近于 1 的武器^[7]。

由定义可知，尽管美俄对精确打击武器精度的具体数值要求不太一致，但均定义在武器的“命中概率”上，而没有对脱靶量或圆概率误差 CEP 给出具体量值上的要求。也就是说，精确打击武器的命中精度需要结合武器射程、战斗部威力以及打击目标特性等具体参数综合确定。

1.4 制导武器的精确打击

根据美军精确打击概念的提出过程及其定义可知，精确打击是相对传统非制导武器提出的概念，因此可以说制导武器系统自诞生之日起即是

精确打击武器，但为了区分传统制导武器，本文将如下反舰制导武器称为精确打击武器：

- 1) 打击大型舰船、航母战斗群和预警机等海上运动目标的武器；
- 2) 打击港口临时停泊舰船等具有时敏特性目标的武器。

2 精确打击系统体系构成及功能

精确打击系统作战想定见图 1，全系统由指挥控制系统、作战武器系统、探测侦察系统以及通信链路系统等 4 个子系统构成，其构成及功能见图 2。

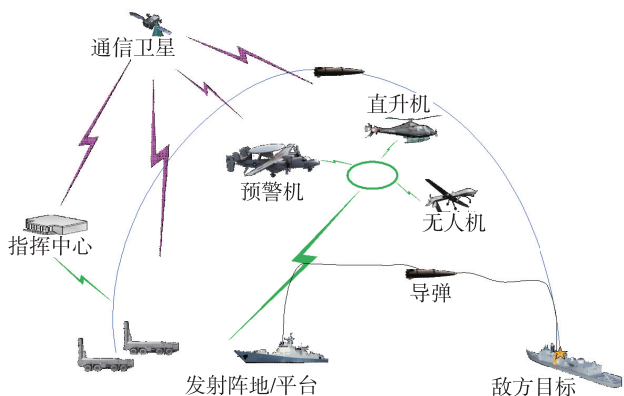


图 1 精确打击系统作战想定图

Fig. 1 Schematic diagram of precision striking system

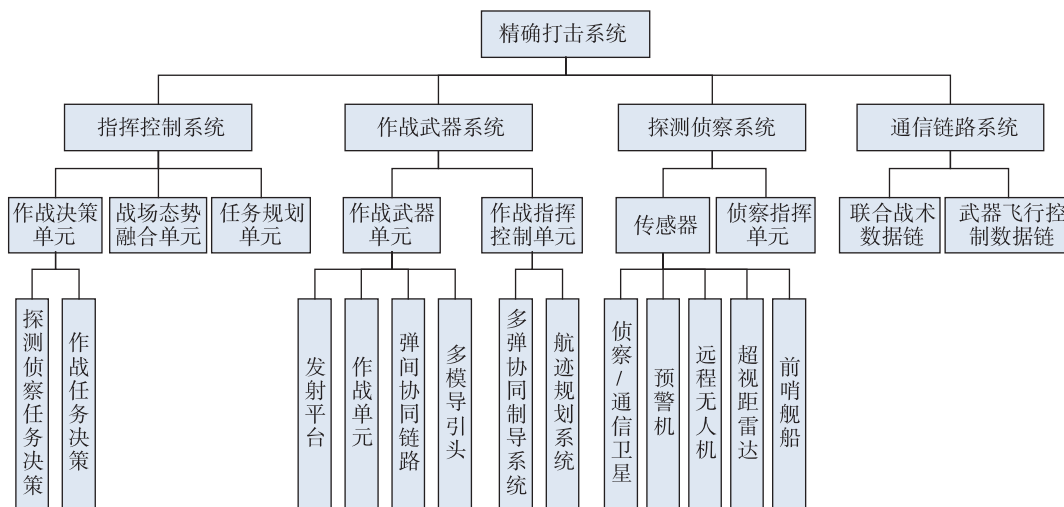


图 2 精确打击系统体系构成

Fig. 2 System structure of precision striking system

2.1 指挥控制系统

根据作战级别的不同，指挥控制系统可能由多级单一级别的作战指挥机构组成。按照不同职

能，可划分为 3 个主要功能单元，即作战决策单元、战场态势融合单元和任务规划单元。

2.1.1 战场态势融合单元

战场态势融合单元负责完成对各个探测侦察传感器信息的搜集、整理、排错和融合等工作,其中包括对上一波次打击后目标毁伤情况的评估,最终形成整个战场统一的综合态势,上报作战决策单元。

2.1.2 任务规划单元

任务规划单元在作战决策单元下达作战任务的前提下,结合实时战场态势,完成作战武器系统的选择和数量确定,并优化形成一个或多个作战方案想定,上报作战决策单元形成最终决策。

2.1.3 作战决策单元

作战决策单元既是指挥控制系统的核心,同时也是整个精确打击系统的核心,除根据实时战场态势形成并下达打击命令外,同时负责整个打击系统的统一指挥和协调工作。主要功能如下:

(1) 探测侦察任务决策

根据上级指示或自主确定的打击目标范围和战场区域,完成探测系统配置,包括探测器种类、数量和重点监视目标,下达探测侦察任务给探测侦察系统。

(2) 作战任务决策

根据上级下达的或自主确定的打击任务,确定打击目标数量及打击时序;结合战场态势分析和任务规划方案,确定最优打击策略,最终(或经请示上一级决策系统后)确定打击方案,并进一步确定用以打击目标的武器种类、数量及波次;进而,结合上一波次打击的评估结果,确定是否进行下一波次打击。

2.2 作战武器系统

根据作战系统配置或打击目标的需求不同,作战武器系统可以是由多种类武器部队组成的作战群,也可以是单个武器类型构成的作战部队。

从物理角度而言,作战武器系统的配置可能千变万化,但从功能角度看其构成主要包括如下几个部分:作战指挥控制单元、作战武器单元,其中作战武器单元又包括发射平台、作战单元(制导武器)、弹间协同链路、多模导引头。

作战武器系统是直接执行打击任务的实体,其典型工作流程如下:

1) 接到打击任务后,作战指挥单元首先选取正确的武器单元,随后根据自身信息、目标点信息、航路信息以及突防等要求,完成武器的航迹

规划;

2) 指挥控制系统根据作战任务,按照指定时序完成多发武器或单发武器发射;

3) 根据规划航迹,制导武器在中制导作用下完成编队飞行,在指定区域完成目标识别、匹配,并完成末制导交接班;

4) 在末端打击区域,制导武器间完成任务分配,随后分别完成精确打击。

需说明的问题如下:

1) 以上流程是按照多弹协同的攻击流程,单发打击的流程与之近似,只是略有简化;

2) 部分特殊武器系统自身可能具有侦察功能,因此包含在恰当时间回传目标信息或打击评估信息的节点。

2.3 探测侦察系统

探测侦察系统由侦察指挥单元和传感器组成,其重要组成及功能如下:

1) 探测侦察系统的传感器可能包括侦察/通信卫星、预警机、远程无人机、超视距雷达以及前哨舰船等,负责完成对目标的识别、跟踪等功能,提供战场敌我态势的原始信息以及打击效果信息;

2) 侦察指挥单元负责完成探测侦察系统的支撑和保障工作,根据指挥控制系统下达的探测任务完成传感器资源调配,也可根据传感器信息完成敌我态势和打击效果的初步评价,作为指挥控制系统的技术支撑。

2.4 通信链路系统

通信链路系统是链接中远程精确打击系统各要素的纽带,系统以无线传输为主,按照统一的消息标准和通信协议,链接指挥控制系统、作战武器系统、探测侦察系统,实时完成指挥控制指令、制导控制指令下传,完成现场态势及指令回馈等相关信息的上传,按需完成作战武器系统、探测侦察系统间的信息交互。

一种典型的精确打击链路如图3所示,该链路包含了2个层次的数据链路子系统^[8]:

1) 工作在己方战区内,以非天基的无线信道为主的传输链路构成的联合战术数据链。这种数据链以美国和北约的Link16为代表,是实现作战单元之间态势共享、数据发送和协同指挥的主要途径。

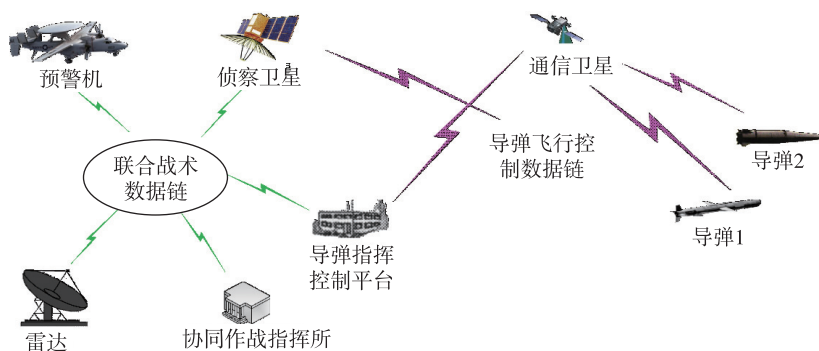


图 3 典型精确打击系统的通信链路

Fig. 3 Communication link of typical precision striking system

2) 跨战区工作, 以卫星通信为基础的飞行控制数据链。当射程超过 400km 后, 制导信息的传输距离就超出了视距, 因此远程精确制导武器的通信数据链路必须经过数据转发才能实现人-弹之间数据链路的畅通。可以作为转发中继的有无人机、高空气球和中继卫星等平台, 而采用卫星作为通信中继站是当前最佳的选择。

3 反舰精确打击的关键技术

反舰武器精确打击系统是精确打击武器系统的研究领域之一, 也是其在对海作战的特殊应用。因此, 精确打击系统的关键技术必然也是反舰精确打击的关键技术, 然而由于对海打击的特殊性, 对精确打击提出了新的难题, 或者赋予了其特殊性。

3.1 海上目标特征库建立

海上目标特征是对目标提取、识别、跟踪和末段匹配的基础, 是实现精确打击的前提条件, 因此也必然成为指挥控制系统决策的约束条件。因此, 目标特征数据库的完整, 将直接影响精确打击应用范围。但由于保密的原因, 如何完成敌方舰船等具有重大军事价值的目标信息获取和特征提取, 成为精确打击系统的关键问题。

海上目标特征信息主要包括如下内容:

- 1) 舰船、预警机等目标的可见光、红外特征和雷达反射特性;
- 2) 舰船、预警机等携带的雷达的无线电特征;
- 3) 舰船、预警机等目标的运动特性, 如最大航速、过载能力、转弯半径等;
- 4) 舰船物理、材料纹理及特征, 如薄弱部位的位置、尺寸, 或者发动机、油库等要害部位位

置等。

3.2 复杂海天背景下的目标检测、识别与评估技术

由于精确打击的需要, 精确打击系统需完成对目标的前期识别、中段跟踪和末段自寻的制导等过程。但是, 远距离传输过程中大气衰减、天空和海面的不均匀热辐射, 以及不稳定海平面对雷达信号的干扰等因素的影响, 为海上目标的识别与跟踪提出了众多新的、特有的难题。如何从复杂海天背景下快速而准确地监测和识别目标, 并准确跟踪, 成为对海精确打击中制导控制的关键前提和基础。

3.3 打击海上目标的全程制导体制与复合末制导技术

中远程精确打击需具备至少包括中段组合制导和末段复合制导的能力, 然而对海作战的特殊性, 为全程制导提出了如下新的要求:

- 1) 对海打击中, 武器中段尤其是敌控区飞行段, 往往采用卫星组合的制导模式, 但由于卫星信号容易受到干扰、欺骗或攻击的问题, 需要考虑是否存在其他替代方式;
- 2) 采用何种末制导组合体制及交接班区间划分, 能够发挥主、被动雷达和光学导引头的各自优势, 并最大限度地克服复杂海天背景的影响, 成为对海打击的特殊需求。

3.4 打击海上目标的航迹规划与实现技术

由于卫星信号易受干扰和攻击, 而除去特殊作战区域可借助部分海岛作为制导修正点外, 对海作战的特殊性又使诸如地形匹配或跟踪等常用中制导替代方法难以实现。因此, 是否存在其他

中制导替代方法或组合体制,以及在该组合制导体制约束下的航迹规划技术,成为对海打击需要重点关注的问题。

3.5 对海精确打击武器总体指标优化设计技术

根据精确打击武器精度定义可知,精确打击武器的精度仍定义在武器命中概率上,而未对脱靶量或 CEP 给出具体数值上的要求。但由于海上舰船尺寸相对较小,并且往往又要求针对诸如武器库等特定部位进行精确打击,因此攻击范围小;另一方面,战斗部当量必然受到武器系统总体规模的限制。因此,如何在指定打击精度和覆盖范围的基础上,实现总体规模、射程、机动能力和战斗部威力的最优化,成为精确打击武器的重要设计目标。

4 结论

借鉴美俄等精确打击的相关概念及具体做法,本文首先界定了精确打击的概念、内涵及分类,随后给出了精确打击体系构成及功能划分,并结合对反舰武器的具体特点,梳理了武器对海精确打击系统的关键技术,为发展反舰武器精确打击系统提供参考。

参考文献

- [1] 姬少丽. 美国精确打击历史回溯 [J]. 国防科技, 2014, 35 (3): 97-102.
- [2] 程晓雪. 对海中远程精确打击体系 [J]. 指挥信息系统与技术, 2015, 6 (1): 16-21.
- [3] 王海港, 李源. 透视美军“精确打击”全过程 [J]. 科学 24 小时, 2006 (1): 31-32.
- [4] 任海燕. 俄罗斯陆军精确打击导弹系统 [J]. 军事装备, 2008, (8): 36-38.
- [5] 张会忠. 法国发展多种精确打击武器系统 [J]. 中国航天, 1995 (7): 22+25.
- [6] 陈冠茂. 猎杀海上霸主: 关于海上远程精确打击航母的探索 [J]. 现代舰船, 2005 (4): 16-21.
- [7] 黄建明, 陈万强, 纵强. 精确制导武器的发展及其应用 [J]. 飞航导弹, 2005 (9): 33-36+41.
- [8] 李晓峰, 徐军, 孔令涛. 基于数据链的巡航导弹远程精确打击体系研究 [J]. 指挥信息系统与技术, 2010, 1 (3): 10-13.
- [9] 何率天. 空地精确打击体系构成与关键技术 [J]. 兵工自动化, 2016, 35 (6): 12-15.
- [10] 夏元杰, 段红建, 刘志东, 赵建钊. 美国陆军精确打击技术及其发展 [J]. 兵工学报, 2010, 31 (s2): 88-91.