

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

现代海军兵器技术丛书

反舰导弹突防技术

朱平云 胥辉旗 曲 晖 编著

兵器工业出版社

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

现代海军兵器技术丛书

反舰导弹突防技术

朱平云 胥辉旗 曲晖 编著



兵器工业出版社

内容简介

本书在分析反舰导弹突防作战过程、突防原理及现代战争条件下反舰导弹突防过程中面临的主要威胁等内容的基础上,从反识别突防技术、反拦截突防技术及体系突防技术等方面探讨了提高反舰导弹突防作战能力的技战术手段及措施。针对当前信息化条件下反舰导弹复杂电磁环境中作战需求,对反舰导弹电子干扰与抗干扰技术和基于信息系统的体系突防技术两个方面进行了着重阐述。

本书可供反舰导弹突防相关领域的工程技术人员参考,也可作为高等院校相关专业的研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

反舰导弹突防技术 / 朱平云, 胥辉旗, 曲晖编著

— 北京: 兵器工业出版社, 2015. 12

(现代海军兵器技术丛书 / 林春生, 滕克难主编)

“十二五”国家重点出版物出版规划项目

ISBN 978-7-5181-0173-3

I. ①反… II. ①朱… ②胥… ③曲… III. ①反舰导弹 IV. ①E927

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第290584号

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010-68962596, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟10号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京圣夫亚美印刷有限公司

版 次: 2015年12月第1版第1次印刷

责任编辑: 陈红梅 杨俊晓

封面设计: 正红旗下

责任校对: 郭 芳

责任印制: 王京华

开 本: 710×1000 1/16

印 张: 17.75

字 数: 288千字

定 价: 58.00元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

现代海军兵器技术丛书

编审委员会

主 任：程锦房

副主任：林春生 滕克难 王德石

委 员（按姓氏笔画排序）：

田福庆 付 强 齐 欢 许 诚 严卫生

李国林 吴茂林 余湖清 张晓晖 张效民

张静远 陈 川 周穗华 郑学合 赵修平

黄俊斌 龚沈光 颜 冰

总主编：林春生 滕克难

丛书序

海军肩负着保卫国家海洋领土完整、海洋运输线安全和国家海洋权益的重大使命，先进的海军兵器是海军履行使命的基本保证。新中国建立以后，伴随着我国海军部队的发展和壮大，海军兵器从无到有，在科学原理、设计理论、制造技术、保障方法等方面得到了全方位的发展。我国海军兵器技术的发展经历了二十世纪五十、六十年代的全面仿制阶段和七十、八十年代的原理模仿与技术创新阶段，从九十年代起，进入了全面自主设计阶段，使得我国海军在役兵器的主体具备了完全的知识产权，海军兵器技术理论也逐步得到发展和完善。特别是最近十几年来，随着国家海洋权益意识的不断提高和海军转型改革的不断深入，海军兵器得到了更加迅速的发展，大量新型高技术兵器已经装备部队或者即将装备部队；不少新装备采用了新概念、新技术、新材料、新能源，海军兵器正朝着智能化、信息化、精确打击的目标发展。

随着海军大批高新技术兵器装备部队，以及兵器学科理论的发展与完善，迫切需要一套全面反映海军兵器学科基础理论、设计制造技术、保障方法的丛书，一方面方便广大海军官兵系统掌握现代海军兵器的基础理论、技术原理和使用维护方法，以便科学合理地运用兵器、充分发挥高新技术兵器的作战效能；另一方面，对海军兵器学科理论的发展做一个比较全面系统的归纳和总结，以促进海军兵器学科理论和技术方法的创新。为此，我们组织编撰了《现代海军兵器技术丛书》。该丛书以相关专业教学、科研人员近十几年来来的学术积累为基础，同时广泛收集国内相关技术领域的代表性研究成果，着重论述新兴技术对海军装备的影响，结合海军装备技术

发展热点，全面阐述海军兵器的新理论、新技术、新发展；丛书内容涉及舰炮、鱼雷与反潜武器、水雷与反水雷、导弹等多种海军兵器；丛书编撰注重学科理论和技术原理的阐述，同时兼顾内容的系统性，力争使丛书兼备较高的学术水平和较好的实用性。

本丛书可供海军兵器论证、设计、制造、使用和维护领域的技术人员和管理人员阅读参考，也可用作相关高等院校专业师生的教学参考书。

《现代海军兵器技术丛书》编委会

2015 年 2 月

前 言

反舰导弹是在第二次世界大战后发展起来的一种新型作战武器，在各种作战样式中，主要担负着打击敌水面舰艇的作战使命。近几场局部海战表明，反舰导弹作为海军的主战武器，已日益成为主宰海上战场的决定性因素。与此同时，反舰导弹显著的实战效益及其飞速发展，也大大刺激了反导防御技术的进步。在现代舰艇硬拦截与软干扰相结合构成的综合反导防御体系背景下，反舰导弹的突防作战能力受到了严峻的威胁与挑战。如何通过各种技战术手段及措施提高反舰导弹突防能力，确保反舰导弹有效突破敌方坚固的反导防线、完成预定的打击任务，是当前世界各国海军迫切需要研究和解决的重要问题。

全书共分6章。第1章介绍了反舰导弹突防面临的威胁、反舰导弹突防过程及相应的突防技术等。第2章重点介绍了反识别突防技术，内容包括隐身技术、舰艇防空压制技术、诱饵技术、任务规划技术、弹道隐身技术等。第3章着重介绍了反拦截突防技术，内容包括超低空突防技术、机动变轨突防技术、超声速突防技术、先进发射技术及防护加固技术等。第4章叙述了反舰导弹电磁干扰与抗干扰技术，内容包括反舰导弹有源干扰、无源干扰以及末制导雷达抗干扰技术三个方面。第5章叙述了基于信息系统的体系突防技术，内容包括基于信息系统体系作战的概念、作战体系构成、反舰导弹集群作战、体系突防等。第6章重点对反舰导弹突防能力评估进行了叙述，内容包括反舰导弹突防能力评估概述、突防能力评估指标、突防能力评估体系构建、突防能力评估的组织与实施。

本书的完成和出版得到了主管部门各级领导、军内许多专家的帮助和支持。书中引用了部分专家和学者的论文、科技报告和著作中的相关内容及研究成果，特别是刘隆和、刘石泉等专家教授论著中的部分内容，在此向这些专家学者致敬！

本书撰写分工：第1、4章由朱平云撰写；第2、3、5章由胥辉旗撰写，第6章由曲晖撰写。海军航空工程学院导弹末制导教研室鲍虎副教授、接改装大队贾慧博士、海军装备技术研究所李亚飞工程师等为本书部分章节的撰写提供了许多帮助，海军航空工程学院科研部曾维贵博士、曹司磊硕士、袁芳编辑等对本书部分章节进行了勘误和精心编排。国防科技大学付强教授、海军指挥学院聂玉宝教授认真审阅了书稿并提出了宝贵意见。在此，向他们一并表示感谢！

本书力求能系统地介绍反舰导弹突防技战术手段、措施，但由于反舰导弹突防技术是一门复杂的系统工程和不断发展着的工程技术，因此本书不可能将所有相关的突防技术论述到位。同时，受作者水平限制，书中难免会存在一些不成熟、不完善、不尽如人意之处，恳请专家、读者不吝赐教并提出宝贵意见。

作者

2015年9月

目 录

第1章 绪论	1
1.1 反舰导弹突防面临的主要威胁	1
1.1.1 舰空导弹	2
1.1.2 舰载电子战反导系统	11
1.2 反舰导弹突防作战过程	23
1.2.1 反舰导弹突防作战的内涵	23
1.2.2 反舰导弹突防作战基本过程及突防措施	24
1.2.3 影响导弹突防作战的主要因素	27
1.3 反舰导弹突防技术概述	28
第2章 反识别突防技术	39
2.1 隐身技术	39
2.1.1 雷达目标特征信号控制技术	40
2.1.2 红外特征信号控制技术	51
2.1.3 电磁特征控制技术	57
2.1.4 光学特征控制技术	59
2.2 舰艇防空压制技术	60
2.2.1 压制对空搜索雷达	60
2.2.2 压制舰空导弹	71
2.3 诱饵技术	74
2.3.1 拖曳诱饵	74
2.3.2 伴飞诱饵	75
2.4 任务规划技术	76
2.4.1 反舰导弹任务规划的分类	76

2.4.2 反舰导弹任务规划系统的功能	77
2.5 弹道隐身技术	78
第3章 反拦截突防技术	79
3.1 超低空突防技术	79
3.1.1 反舰导弹超低空突防技术	79
3.1.2 超低空突防的有利条件	80
3.2 机动变轨突防技术	82
3.2.1 导弹末端机动	82
3.2.2 末端机动对反导拦截的突防效果	82
3.3 超声速突防技术	89
3.3.1 超声速技术	89
3.3.2 高超声速技术	90
3.3.3 可变弹速技术	92
3.4 先进发射技术	93
3.4.1 扇面发射技术	93
3.4.2 垂直发射技术	94
3.5 防护加固技术	96
3.5.1 抗电磁干扰加固技术	96
3.5.2 抗激光毁伤加固技术	102
第4章 反舰导弹电磁干扰与抗干扰技术	106
4.1 有源干扰技术	106
4.1.1 压制式干扰	106
4.1.2 欺骗式干扰	108
4.1.3 干扰机工作原理	128
4.2 无源干扰技术	135
4.2.1 箔条干扰	135
4.2.2 反射器	140
4.3 末制导雷达抗干扰技术	146
4.3.1 基本抗干扰技术	147
4.3.2 天线抗干扰技术	148

4.3.3 发射机抗干扰技术	160
4.3.4 接收机抗干扰电路	170
第5章 基于信息系统的体系突防	190
5.1 基于信息系统体系突防的概念	190
5.1.1 基于信息系统体系突防的作战要素	192
5.1.2 基于信息系统体系突防的基础条件	193
5.2 基于信息系统的反舰导弹作战体系	194
5.2.1 侦察预警系统	195
5.2.2 信息传输及处理系统	198
5.2.3 指挥控制系统	203
5.2.4 导弹武器系统	205
5.3 基于信息系统的反舰导弹集群作战	205
5.3.1 反舰导弹集群作战的内涵	205
5.3.2 反舰导弹集群作战的实质	207
5.3.3 反舰导弹集群作战的特点	207
5.3.4 反舰导弹集群作战应用	208
5.4 基于信息系统的反舰导弹体系突防	210
5.4.1 基于信息系统的反舰导弹体系突防的内涵	211
5.4.2 基于信息系统的反舰导弹体系突防的优势	212
5.4.3 基于信息系统的反舰导弹突防体系构成	212
5.4.4 反舰导弹体系突防作战应用	217
第6章 反舰导弹突防能力评估	220
6.1 反舰导弹突防能力评估概述	220
6.1.1 突防能力的评估方法	221
6.1.2 突防能力评估的要点问题	229
6.2 反舰导弹突防能力评估指标	233
6.2.1 突防能力评估指标的选择标准	233
6.2.2 常规条件下的突防能力评估指标体系构建	235
6.2.3 复杂条件下的突防能力评估指标体系构建	237

6.3 反舰导弹突防能力评估体系构建	241
6.3.1 基于架构思想的突防能力评估体系构建思路	241
6.3.2 基于靶场试验工程技术方法框架的评估体系构建方法 ...	246
6.3.3 基于作战实验工程技术方法框架的评估体系构建方法 ...	252
6.4 反舰导弹突防能力评估的组织与实施	258
6.4.1 突防能力评估活动的组织	259
6.4.2 突防能力评估活动的实施	260
参考文献	264
索 引	269

第1章 绪论

导弹突防技术可以简单理解为导弹突破敌方反导防御系统的防御所采取的技术措施,其涉及的面非常广。本章将从反舰导弹突防面临的威胁及突防作战过程出发,对提高反舰导弹突防能力的技战术措施进行分析、介绍,力求使读者对反舰导弹突防技术有一个整体的宏观概念。

1.1 反舰导弹突防面临的主要威胁

在现代战争中,战术导弹已经成为主要运用的兵器。然而,战术导弹在攻击敌方的过程中是不可能一帆风顺的,它将遇到非常复杂的作战环境。从对抗的角度来看,反舰导弹突防面临的主要威胁包括以下两个方面:一是“硬杀伤”武器系统;二是“软杀伤”武器系统^[1]。

“硬杀伤”武器系统是防御导弹攻击的重要手段之一。用于拦截反舰导弹的主要舰载武器有:舰空导弹武器系统,包括舰载中远程防空导弹系统、舰载中近程防空导弹系统和舰载末端防御系统;舰载新概念反导武器,包括激光反导武器、高功率微波反导武器、电磁脉冲反导武器等。新概念反导武器,是一类正在快速发展中的武器,这类武器的应用将会颠覆目前反舰导弹攻防作战模式。

所谓“软杀伤”武器系统,主要是指利用光学/电子各种干扰设备和手段,干扰或欺骗反舰导弹的制导系统,使其偏离目标而脱靶的武器系统。对雷达末制导反舰导弹构成威胁的舰载“软杀伤”武器,一般可分为舰载有源干扰系统、舰载舷外无源干扰系统和舰载舷外有源干扰系统。对光电末制导反舰导弹构成威胁的舰载“软杀伤”武器,可分为舰载光电有源干扰系统和舰载舷外光电无源干扰系统。对于舰载无源干扰系统来说,由于无法准确判断反舰导弹末制导系统所采用的工作体制(雷达制导、光电制导

等), 通常情况下会将光学和电子舷外无源干扰系统集成成一个系统, 同时发射雷达干扰弹和光电干扰弹, 并且两种干扰弹的布防位置也要相互协调^[2]。

上述两种威胁手段通常要综合运用, 进而构成现代舰艇的反导防御系统, 为舰艇提供分层次的自动化防御能力。

1.1.1 舰空导弹

先进的大中型水面舰艇都装备有舰空导弹武器系统, 该系统主要担负舰艇的防空任务, 能全天候地拦截反舰导弹和低空、超低空来袭的轰炸机、攻击机以及武装直升机。海上反导防御主要依靠舰空导弹达成^[3]。以美军为例, 从总体防御层次上看, 其海上反导防御体系大致可划分为远程、中远程、近程及末端三个层次, 如图 1-1 所示。每个防御层次的装备性能及特点不同, 担负不同的作战任务。

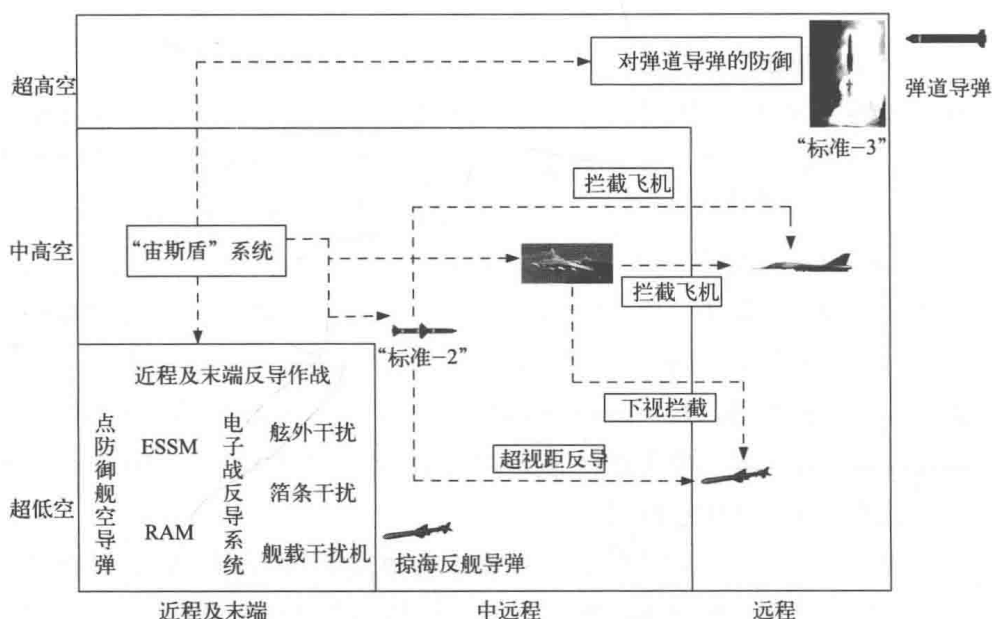


图 1-1 美国海军海上反导防御体系基本构成

一是远程反导防御体系, 主要由“标准-3”武器系统构成, 主要负责对弹道导弹实施防御, 是海基弹道导弹防御系统的重要组成部分。“标准-3”舰空导弹武器系统主要通过接收来自天基、陆基、海基的各种信息

支援,依靠其临近空间作战能力,对外大气层飞行的弹道导弹实施精确火力打击。

二是中远程反导防御体系,主要由战斗机和“标准-2”及改进型“海麻雀”ESSM等中远程舰空导弹武器系统构成,主要负责对反舰导弹空中发射平台及来袭反舰导弹进行超视距火力拦截。这一反导层次的主要作用是提高反导体系的拦截目标数量,减轻末端反导作战压力。

三是近程及末端反导防御体系,主要由“海拉姆”近程舰空导弹武器系统、舰炮武器系统和舰载电子战系统构成,主要负责对来袭反舰导弹进行密集火力拦截以及对反舰导弹末制导系统进行干扰^[4,5]。

下面将针对美军各反导防御体系,对“标准”系列、“海麻雀”及“海拉姆”几型舰空导弹及作战流程进行阐述^[6]。

1. “标准”系列舰空导弹

美国“标准”系列舰空导弹是舰艇中远距离舰空导弹的典型代表,也是全球装备数量最多的舰空导弹武器系统之一。标准系列导弹(Standard Missile, SM)是美国海军为应对新一代飞机和反舰导弹的威胁,以取代“3T”系列导弹(“小猎犬”“鞑靼人”和“黄铜骑士”),于1963年开始研制生产的中远程舰载区域防空系统^[7]。经过50多年不断的发展和改进,标准导弹已经发展成拥有多种型号的庞大家族,不但成为美国海军的主要防空系统,而且还装备在数个国家和地区的100多艘舰艇上,现在仍在不断发展和改进。

“标准”导弹主要型号从“标准-1”直到“标准-6”,每个主要型号又在不同的时期发展出多种改进型。其射程覆盖中程、远程和超远程,作战高度最低可打击距海平面10m以下的掠海目标,最高可攻击大气层外目标以及近地轨道目标,能够有效拦截掠海飞行的反舰导弹、作战飞机、中近程弹道导弹、远程弹道导弹以及低轨道飞行的卫星。另外,美国海军还在防空型的基础上,研制了标准系列的反辐射导弹(RIM-66D)和对陆攻击型巡航导弹(SM-4、SM-5)。“标准”导弹在20世纪70~80年代曾被美国海军和空军大量装备^[8,9]。

(1)基本型号和改进情况。“标准-2”舰空导弹是当今美国海军最重要的舰对空防御武器,担负着全天候区域防空任务,可拦截掠海飞行的导弹,打击具有隐身能力或采用战术突防技术的空中目标,并初步具备拦截

战术弹道导弹的能力。“标准-2”舰空导弹有中程(MR)型和增程(ER)型两个主要型号,设计思路也与“标准-1”相同,即在中程型的基础上,尾部增加一个助推器,就是增程型导弹。

“标准-2”中程 SM-2 MR 型舰空导弹。该型导弹共发展了 Block1、Block2、Block3 三种基本型号,主要装备于“宙斯盾”舰。SM-2 MR 系列导弹目前的生产型是 Block3A、Block3B。

“标准-2”增程 SM-2 ER 型舰空导弹。该型导弹共发展了 Block1、Block2、Block3、Block4 四种基本型号,其中 Block1、Block2 和 Block3 三型导弹已退役。

(2)主要战技术指标。“标准-2”舰空导弹主要战技术指标如下:

1)对付目标种类:高性能飞机及掠海、超音速反舰导弹。

2)作战空域:

远界:74km(SM-2MR)(中高空)、20~25km(SM-2MR)(超低空)、200km(SM-2ER Block4)(高空);

高界:24000m;

低界:25~30m(SM-2MR Block1、Block2)、10~15m(SM-2MR Block3)。

3)制导体制:惯导体制/指令+半主动雷达寻的。

4)制导规律:比例引导。

5)导弹齐射间隔:5s(MK-26),1s(MK-41)。

6)对付多目标能力:在360°全方位全空域内同时拦截12~16个目标。

7)抗干扰能力:能抗多种电子干扰、海杂波干扰和气象干扰。

(3)“标准-2”舰空导弹反导作战流程。“标准-2”是美军海上舰艇编队大量装备的一种区域防空型中程舰空导弹武器系统,是美军“宙斯盾”系统的重要组成部分。“标准-2”Block3A 舰空导弹采用惯导/无线电指令+半主动寻的的复合制导体制,是一种初、中段采用惯导与无线电指令并行复合制导方式,与末段半主动雷达寻的制导串联复合的串、并联复合制导系统,开放性以及对引导精度的低要求是该系统的最大特点。

如图1-2所示,“标准-2”Block3A 离架后的初段按照惯性飞行,中段通过惯性导航和无线电指令调整弹道概略导向目标,大部分时间对目标

信息精度和指令数据率要求都不高,仅在末段需要照射雷达的5~8s的连续照射,以确保跟踪精度和引信的可靠工作。

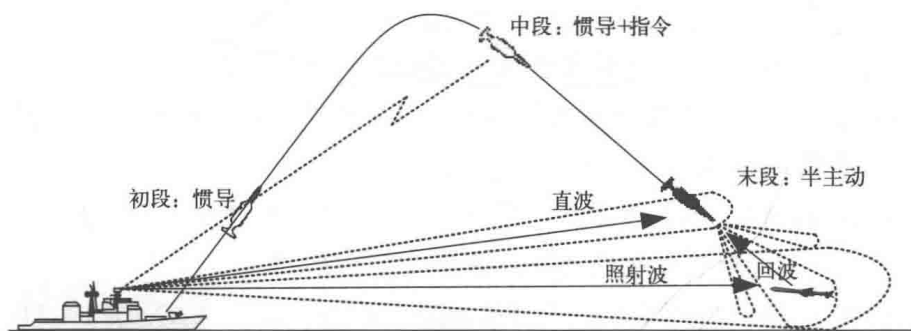


图 1-2 “标准-2”Block 3A 制导体制示意图

“标准-1”等舰空导弹采用全程“半主动”制导体制,发射后需要照射雷达全程照射目标,占用舰艇有限的射击通道,且由于照射雷达视距限制,只能在目标进入雷达视距后开始发射。与之相比,“标准-2”Block3A 反导的突出优势在于:一是中段采用“惯导+无线电指令”的制导方式,确保了导弹长时间飞行的弹道精度,有利于提高导弹的杀伤远界;二是仅在末段需要连续照射,拦截时对照射雷达的需求不再是“1:1”,即使只有一部照射雷达也能够同时制导多枚导弹拦截目标;三是采用了单脉冲测角体制,具备很高的测角精度和抗干扰能力,复杂环境下的毁伤能力强;四是在预警机提供目标指示的情况下,导弹能够在目标飞入舰艇视距前就提前发射,将拦截的首次交汇点延伸至照射雷达视距的最远处。

下面以美国海军“提康德罗加”级巡洋舰为例说明“标准-2”舰空导弹的反导作战流程。

1)当目标距离大于 AN/SPY-1B 雷达相控阵雷达探测范围时,预警机将目标信息传给舰艇。

2)指控中心将目标探测数据送给 MK-1 指挥决策系统,将目标精跟踪数据送给 MK-1 武器控制系统。

3)MK-1 指挥决策系统进行敌我识别、威胁估算,制定作战方案,并传递给 MK-1 武器控制系统。

4)武器控制系统进行武器分配,并决定拦截方式、指定发射装置和