

THE PRECISION GUIDANCE THEORY
OF AIRBORNE MUNITION

机载弹药 精确制导原理

黄长强 赵辉 杜海文 王勇 编著



國防工業出版社
National Defense Industry Press

机载弹药精确制导原理

黄长强 赵辉 杜海文 王勇 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书共分8章,第1章介绍了机载精确制导武器的总体技术,第2章~第8章分别介绍了激光制导、电视制导、红外制导、雷达制导、GPS/INS制导、多模复合制导及其他制导的工作原理。

本书适合从事机载导弹精确制导研究的科研人员,特别是军事科研人员、管理干部、广大部队指战员以及大专院校相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

机载弹药精确制导原理/黄长强等编著. —北京:国防工业出版社,2011.4

ISBN 978-7-118-06500-8

I. 机… II. 黄… III. 制导武器—理论 IV. TJ765.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第130986号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100048)

北京嘉恒彩色印刷有限公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 23½ 字数 421 千字

2011年4月第1版第1次印刷 印数 1—3000册 定价 60.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

本书编委会

主 编 黄长强

副 主 编 赵 辉 杜海文 王 勇

编写组成员 曹林平 葛贤坤 胡 杰 丁达理

翁兴伟 蔡 佳 刘鹤鸣 张得舒

前 言

从 20 世纪末到 21 世纪初,世界上几场高科技局部战争中,有两个非常鲜明的特点:一是空军的作用越来越重要;二是精确制导武器的使用比例越来越高,起到的作用越来越大。在今天,精确制导武器装备的拥有程度和运用能力已成为衡量一个国家军事现代化程度的重要标志。

制导武器之所以区别于常规弹药,是在于它飞行过程中其轨迹可以受到制导与控制系统的控制,从而精确命中目标。机载精确制导武器是从飞机上发射的精确制导武器,其技术是现代武器中发展最快的高科技之一,是一项复杂的系统工程。本书纵向和横向涉及的军事高技术知识面较广。为了使纵向涉及的各军事高技术领域的内容完整广博,本书分门别类、深入浅出地介绍其原理、方法和技术的同时,力求引入实战应用、对抗措施、发展前景等。本书涉及的横向内容只是按其特定要求选取,均是应用技术中大部分的主要方面,这种相对完整性基本以适合本科教学的实际需要。

为了掌握这门课程,除了学习一般工程基础知识外,还应事先了解导弹飞行原理、自动控制原理、电子技术、雷达原理、计算机技术等多种技术知识。本书以机载精确制导弹药制导和控制系统为主,侧重基本原理和基本方法的论述,每个主要章节都给以典型实例,做到理论与实际相结合。

本书以介绍精确制导武器原理为主,为突出机载应用的特点,重点介绍了一些典型的机载制导弹药的原理。第 1 章介绍了机载精确制导武器的总体技术,第 2 章~第 8 章分别介绍了激光制导、电视制导、红外制导、雷达制导、GPS/INS 制导、多模复合制导及其他制导的工作原理。

本书由空军工程大学黄长强教授主编,赵辉、杜海文、王勇任副主编,曹

林平、葛贤坤、胡杰、丁达理、翁兴伟、蔡佳、刘鹤鸣、张得舒等同志参加了全文的撰写和修改。在这里,对上述所有同志为本书付出的辛勤劳动和帮助的同志致以衷心的感谢。向本书引用的参考文献的各位作者表示诚挚的谢意,感谢他们的劳动丰富了该书的内容。

由于编著者水平有限,时间又比较紧迫,错误和疏漏之处在所难免,敬请同行专家和广大读者予以指正。

编著者

2011年1月

目 录

第 1 章 机载精确制导武器总体技术	1
1.1 概述	1
1.1.1 基本概念	1
1.1.2 机载精确制导武器的发展	1
1.2 机载精确制导武器主要分系统采用的技术	6
1.2.1 制导技术	6
1.2.2 控制技术	8
1.2.3 推进技术	14
1.2.4 战斗部技术	15
1.2.5 隐身技术	17
1.3 机载精确制导武器对未来作战的影响	17
1.3.1 对空袭作战的影响	17
1.3.2 对防空作战的影响	18
第 2 章 激光精确制导原理	19
2.1 激光概述	19
2.1.1 激光的四大特点	19
2.1.2 激光的传输特性	22
2.2 激光制导武器概述	23
2.2.1 激光寻的制导	25
2.2.2 激光波束制导	31
2.2.3 激光指令制导	35
2.3 机载激光制导武器的制导规律	36
2.3.1 姿态追踪法制导	36
2.3.2 速度追踪法制导	37

2.3.3	比例导引头制导	38
2.3.4	其他制导规律	39
2.4	机载激光制导武器的组成	39
2.4.1	激光照射系统	39
2.4.2	激光导引头	45
2.5	激光精确制导武器的发展趋势与对抗	52
2.5.1	发展趋势	52
2.5.2	激光制导与对抗	54
第3章	电视精确制导原理	58
3.1	概述	58
3.1.1	电视制导的定义	58
3.1.2	电视精确制导的分类	58
3.1.3	电视导引头	60
3.1.4	捕控指令电视吊舱	68
3.2	捕控指令电视制导和电视寻的制导武器	70
3.2.1	捕控指令电视制导武器	70
3.2.2	电视寻的制导武器	71
3.3	对比度跟踪	85
3.3.1	概述	85
3.3.2	对比度	85
3.3.3	边缘跟踪	88
3.3.4	形心跟踪	90
3.3.5	矩心跟踪	91
3.3.6	双波门跟踪	92
3.3.7	峰值跟踪	94
3.3.8	目标图像特征测量	94
3.4	相关跟踪	95
3.4.1	概述	95
3.4.2	样板和相似度	95
3.4.3	图像坐标	96
3.4.4	图像的矩阵、矢量表示	97
3.4.5	相似度的距离度量	97
3.4.6	相似度的相关度量	98
3.4.7	相关跟踪的算法	99

3.5 其他电视跟踪方法	103
3.5.1 差分跟踪	103
3.5.2 多模跟踪	104
3.5.3 自适应跟踪	104
3.5.4 记忆外推跟踪	105
3.6 电视跟踪系统的一般部件	105
3.6.1 跟踪转台	105
3.6.2 闭环控制系统结构	106
3.7 电视制导的发展趋势	106
第4章 红外精确制导原理	109
4.1 红外系统的基本概念	109
4.1.1 概述	109
4.1.2 红外线和可见光的比较	111
4.1.3 飞机的红外辐射	111
4.1.4 背景的红外辐射	112
4.1.5 大气对红外辐射传输的影响	112
4.1.6 红外系统的作用距离	113
4.2 红外导引头系统	118
4.2.1 概述	118
4.2.2 目标位标器	122
4.2.3 电子线路组件	131
4.3 红外自动寻的制导系统	131
4.3.1 红外点源式自寻的制导	131
4.3.2 红外成像自动寻的制导	144
4.3.3 红外视线指令制导	152
4.4 红外制导导弹的发展	154
4.5 红外制导的干扰与反干扰技术	160
4.5.1 红外烟雾干扰技术	160
4.5.2 动态变形伪装技术	162
4.5.3 红外诱饵弹技术	164
4.5.4 红外干扰机	169
4.5.5 反红外干扰技术	169
4.5.6 红外隐身伪装	174
4.6 红外制导技术的发展趋势	174

第5章 雷达精确制导原理	179
5.1 概述	179
5.1.1 雷达精确制导的定义	179
5.1.2 雷达精确制导的分类	179
5.1.3 雷达导引头的组成	181
5.1.4 雷达精确制导与其他制导方式的比较	181
5.1.5 雷达精确制导武器的典型介绍	182
5.2 雷达导引头系统	191
5.2.1 主要种类	191
5.2.2 战术性能发展方向	193
5.2.3 导引头的抗干扰措施	198
5.2.4 总体设计技术发展方向	206
5.2.5 关键技术发展方向	208
5.3 雷达精确制导的若干关键技术介绍	211
5.3.1 高距离分辨力技术	211
5.3.2 雷达导引头系统的小型化技术	213
5.3.3 智能信息处理技术	215
5.3.4 弹载实时数字信号处理技术	216
5.3.5 高精度角跟踪与角闪烁抑制技术	217
5.4 雷达精确制导技术的发展趋势	218
5.4.1 两维成像制导及多维高分辨制导	218
5.4.2 毫米波精确制导	220
5.4.3 雷达制导与其他制导方式的多模、复合制导	230
5.4.4 适应信息战技术的发展要求	233
第6章 GPS/INS 组合制导原理	235
6.1 GPS	235
6.1.1 GPS 发展简史	235
6.1.2 GPS 的工作	236
6.1.3 GPS 的构成	239
6.1.4 GPS 的定位原理	242
6.2 惯性导航系统	248
6.2.1 惯性仪表	249
6.2.2 平台式惯性导航系统	259
6.2.3 捷联式惯性导航系统	268

6.3	GPS/INS 组合导航系统	279
6.3.1	惯性导航与卫星导航之间良好的性能互补特性	280
6.3.2	组合结构与算法	281
6.4	GPS/INS 武器精确制导	284
6.4.1	GPS/INS 精确制导的特点	284
6.4.2	GPS/INS 精确制导的发展	288
6.4.3	GPS/INS 精确制导巡航导弹	289
6.4.4	GPS/INS 精确制导炸弹	291
第7章	多模复合精确制导原理	302
7.1	多模复合寻的制导概述	302
7.1.1	复合制导体制选择原则	302
7.1.2	多模制导的主要复合模式	303
7.2	单一模式寻的性能分析	311
7.3	多模复合制导系统的分类	312
7.4	多模复合制导系统的信息处理及融合	314
7.4.1	多模制导的复合原则	314
7.4.2	多传感器处理及融合方法	316
7.4.3	多模制导中多传感器信息融合的分类及应用	320
7.4.4	红外成像/毫米波复合制导目标识别的信息融合实现	321
7.5	多模复合寻的制导的信号合成	326
7.5.1	同控式多模导引头的信息融合	326
7.5.2	转换式多模寻的制导指令形成	329
7.6	多模复合寻的导引头的关键技术	330
7.6.1	总体设计技术	330
7.6.2	多模传感器技术	331
7.6.3	信号和图像处理技术	331
7.6.4	相位干涉仪技术	331
7.6.5	多模头罩材料及设计技术	332
7.6.6	智能导引头技术	332
7.6.7	导引头隐身技术	333
7.7	多模复合寻的制导发展趋势	333
第8章	其他制导方式	336
8.1	方案制导	336
8.2	天文制导	337

8.2.1	天文导航观测装置	337
8.2.2	天文导航系统原理	337
8.2.3	天文导航的优点	338
8.3	地图匹配制导	339
8.3.1	地形匹配制导	339
8.3.2	景像匹配制导	341
8.4	遥控制导	342
8.4.1	遥控制导系统组成原理	342
8.4.2	制导误差信号的形成	344
8.4.3	遥控系统基本元件及其动力学特性	346
8.4.4	运动学环节、方程及传递函数	349
8.4.5	遥控指令制导系统动力学特性和精度分析	351
8.4.6	驾束制导系统动力学特性和精度分析	358
参考文献		361

第 1 章 机载精确制导武器总体技术

1.1 概 述

1.1.1 基本概念

从历史的角度来看,机载精确制导武器同任何武器一样,都是一定历史条件下的产物,其发展受当时的国际形势、战略战术思想、科学技术水平、经济实力等诸多因素的制约,并随着相关学科的发展而发展。在一个多世纪的发展历程中,机载精确制导武器形成了一个种类繁多、配备齐全的武器系列。

在世界军事理论界,对“精确制导武器”这个概念没有统一的定义,在西方国家的文献中,精确制导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。在俄罗斯的文献中,精确制导武器则是指使用常规装药、在各种战斗使用条件下命中目标概率接近于 1 的武器。目前,人们更注重理解精确制导武器的含义和它所包括的范围,并正在逐步明确一致:精确制导武器是具有精确的制导系统,从而获得极高的命中精度,具有反应敏捷的控制系统和具有识别目标并摧毁目标的能力、具有抗干扰能力、造价低廉,能够大批量生产和装备部队且使用和维护简便的新式武器。其范围包括各种精确制导导弹、制导炸弹和制导炮弹、巡航导弹以及远程遥控无人驾驶飞行器等,而其主体是战术导弹。

机载精确制导武器是指从飞机上发射的精确制导武器。用于攻击地面、水面或水下目标的一般称为空地导弹或制导炸弹;用于攻击空中目标的称为空空导弹。机载精确制导武器是精确制导武器中的一大类,在现代战争中具有重要地位和作用。它们的使用对战争的进程和结局有着重大影响。近期局部战争中,机载精确制导武器的使用量逐渐增大。跨入新世纪的机载精确制导武器继续向着高效能、系列化、模块化、通用化和智能化的方向发展,将使得机载精确制导武器的战术技术性能进一步发展,显著提高整个军用作战飞机/武器系统的作战效能。

1.1.2 机载精确制导武器的发展

早在 20 世纪 30 年代末,机载导弹的研制就开始了。第二次世界大战期间,

从1943年8月27日起,德国开始用Hs293遥控滑翔炸弹攻击盟国舰船。V-1导弹于1944年6月13日列装后,德国曾将其中部分改为机载发射,实施对伦敦的突击。1944年4月,德国首先开始研制X-4有线制导空空导弹,被公认为世界上第一个可供实战使用的空空导弹,主要用于战斗机攻击敌方轰炸编队。美国对空空导弹的研制始于40年代末,第二次世界大战后发展的第一个空空导弹为XAAM-A-1(空军的第一个试验空空导弹型号),命名为“火鸟”(Firebird),是现代雷达型空空导弹的先行者。苏联最早发展的空空导弹有CHAPC-250,采用半主动雷达导引头,弹重250kg,战斗部重30kg,弹长4.2m,翼展1.08m,最大射程5km。“火闪”(Fireflash)是英国第二次世界大战后研制成功的第一个空空导弹,也是英国的第一个近距雷达型空空导弹,由英国费尔雷航空公司(后并入英国飞机公司)于1949年开始研制,代号为“蓝天”(Blue Sky)。1954年首次无制导试验,1957年生产,并进入英国皇家空军服役。法国第二次世界大战后最早使用的空空导弹是马特拉公司的M-04“马特拉”,1952年在非洲的撒哈拉大沙漠进行空中发射试验,随后发展了R510“马特拉”,采用了光学制导,曾少量生产并装备部队训练用。

1.1.2.1 机载空空导弹的发展

半个多世纪以来,根据目标特性的变化和空空导弹技术的突破,红外型和雷达型空空导弹经历了四代的发展。

(1)第一代空空导弹(1946—1956)。第一代红外空空导弹的红外探测器敏感元件采用未制冷的硫化铅,电子器件采用晶体管,因此制导精度低,作用距离短,只能尾后攻击机动性较小的目标。代表型号有美国的AIM-9A/9B/9C“响尾蛇”、英国的“闪光”等。第一代雷达空空导弹针对亚声速轰炸机,主要采用雷达驾束式和雷达半主动制导方式,只能用于尾追攻击。代表型号有美国的AIM-4“猎鹰”、AIM-7A“麻雀I”、苏联的K-5(AA-1)、法国的R511“马特拉”等。由于当时技术条件的限制,其性能已不适合现代作战要求,早已停产,大部分已退役。

(2)第二代空空导弹(1957—1966)。第二代红外空空导弹的红外探测器采用制冷的硫化铅或碲化铟,使用波长为 $4\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$,能探测 $100^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 的机体气动热辐射,扩大了尾后攻击范围,制导精度有所提高,并改进了抗电子干扰性能,具有了全天候使用功能。代表型号有美国的AIM-9D/9E/9F“响尾蛇”等、苏联的“环礁”、英国的“红头”、法国的R530。第二代雷达空空导弹针对超声速轰炸机,采用了半主动圆锥扫描雷达、半主动连续波雷达和半主动脉冲多普勒雷达制导方式,使导弹具有了全天候使用和一定的全向攻击能力。代表型号有美国的AIM-7C/7D/7E“麻雀”、苏联的AA-4A“锥子”、法国的R530雷达

型等。

(3)第三代空空导弹(1967—1976)。由于第一代、第二代空空导弹都存在着对高速、大机动目标攻击能力差的弱点,不能满足近距空战和夺取制空权的战术使用要求。因此,第三代空空导弹应运而生,红外空空导弹采用了以铽化钬为探测器的红外导引头,具有快速跟踪、离轴发射能力,导弹的最小射程缩短,机动过载显著提高,具有实施全向攻击能力,目视近距格斗性能突出。代表型号有美国的 AIM-9L/9M/9R“响尾蛇”等、苏联的 AA-8。第三代雷达型空空导弹主要对付具有电子干扰能力的高速机动目标,采用了多普勒和单脉冲体制制导,具有全天候、全向攻击、下射能力,但同时受半主动雷达制导体制的限制,不具备“发射后不管”能力,同时还不具备有“多目标攻击能力”,代表型号有美国的 AIM-7F/7M/7R、苏联的 AA-7/AA-9、英国的“天空闪光”、法国的超 530“马特拉”等。

(4)从 20 世纪 70 年代末 80 年代初开始研制和服役的第四代空空导弹较前三代空空导弹有了质的飞跃。为满足未来空战的要求,70 年代中 80 年代初,美、苏、英、法、以色列等国,相继开展了第四代机载导弹的研究工作。80 年代中 90 年代初,研制成功的第四代空空导弹开始装备部队,并首次在空中成功应用。美国的 AIM-120A 先进中距空空导弹,在历次高科技局部战争中取得突出战绩,标志着现代空战已经发展到一个崭新阶段,进入了超视距空战的时代,超视距空战将成为未来空战的主要形式。第四代红外空空导弹采用多元红外成像导引头,抗击红外诱饵干扰能力强,具有大离轴角发射的全向攻击能力,分辨率高,机动性强。代表型号有美国的 AIM-9X、俄罗斯的 AA-11、英国的 AS-RAAM、以色列的“怪蛇”-4/5 等。第四代雷达型空空导弹针对未来复杂背景下空战的要求装备新一代战斗机,雷达制导的中距拦射空空导弹性能比前三代有较大突破,突出特点是采用中制导加主动雷达末制导的复合制导体制,使导弹具有“发射后不管”能力,通过采用弹载计算机和信息处理技术解决了多目标攻击问题。同时,还具备全天候作战和下视上射的特点。代表型号有美国的 AIM-120A 先进中距空空导弹、俄罗斯的 PBB-AE 先进中距空空导弹、英国的“流星”先进中距空空导弹等。目前,国外正在发展性能更好的第四代空空导弹,由近距全向格斗红外型空空导弹和超视距多目标攻击雷达型空空导弹构成的第四代空空导弹,将继续沿着近距全向格斗和中远距拦射方向发展,并成为第四代战斗机的主战武器。例如,俄罗斯的射程达 400km 的 R-72 和 R-37、美国的射程超过 350km 的 AIM-120D“阿姆拉姆”,专门用来拦截战略轰炸机、空中预警机、巡航导弹、高空侦察机和低轨道卫星等重要空中目标。

1.1.2.2 机载空地导弹的发展

各类防区外精确制导空地攻击武器经过三代的发展,也已进入第四代,正向高效能、模块化、系列化、通用化和智能化方向发展,以满足 21 世纪空中力量实施全球快速精确攻击和夺取并保持制空/制天权的要求。机载空地导弹按照其作战使用用途可以分为战略空地导弹、通用战术空地导弹、防区外空地导弹/制导炸弹和专用空地导弹。

战略空地导弹是专门为战略轰炸机等大型机种设计的一种远程攻击型武器,大都带有核弹头,用于重点攻击国家的政治中心、经济中心、军事指挥中心、工业基地、交通枢纽等重要战略目标。这类导弹主要采用自主式或复合式制导方式。目前,战略空射巡航导弹仅美国和俄罗斯拥有。美国 1992 年服役的 AGM-129“阿克姆”巡航导弹,是美国战略空军装备使用的第一个隐身战略空射巡航导弹,有带核战斗部的 A 型和非核战斗部的 B 型两种型号,最大射程为 3000km,最大速度为高亚声速,适用高度为 15m~3000m,该弹采用独特的隐身气动外形布局,弹体和翼面均采用吸波涂料,隐身性能好,制导系统由惯性基准装置、弹载计算机、速度/加速度传感器、电源装置以及接口装置组成。为提供精确的导弹地速信息,采用激光多普勒测速仪(激光雷达)和卡尔曼滤波速度修正技术。为测量导弹相对地面的飞行高度,采用雷达高度表,以 16 位串行字向制导系统提供地面地图信息,将其与计算机存储的信息进行相关比较,修正导弹的现时位置,完成地形相关匹配制导,从而使得导弹的方向控制、航路点管理和导航精度得以改善,属于第四代战略空地导弹。苏联 1984 年和 1988 年服役的第三代和第四代战略空地导弹为 Kh-55(AS-15)和 Kh-15(AS-16),最大射程为 3000km,具有防区外发射、低空突防、精确攻击能力。

通用战术空地导弹是指执行战场压制、遮断,以及攻击纵深高价值目标的导弹。它由近距战术空地导弹发展而来,已经发展三代,正在发展新一代通用战术导弹。第二次世界大战后美军装备使用的第一个通用战术空地导弹是 AGM-12A“小斗犬”。该导弹 1954 年由马丁·玛丽埃塔公司研制,1958 年投产,形成一个无线电指令制导的 AGM-12A/B/C/D 战术空地导弹系列。苏联装备使用的第一个通用战术空地导弹是 X-66(AS-7)。该导弹 1962 年研制,1968 年服役,其设计思想和战术使用上与美国的 AGM-12A“小斗犬”相似。20 世纪 70 年代,美国海军/空军装备使用的通用战术空地导弹是 AGM-65“幼兽”,由休斯飞机公司(现休斯导弹系统公司)于 1965 年开始设计,1971 年开始投产,1973 年服役,形成了 AGM-65A/B/C/D/E/F/G/H 共 8 个型号组成的完整的战术空地导弹系列,性能水平跨越第二代、第三代空地导弹。苏联装备使用的第二代通用战术空地导弹是 X-25(AS-10)1974 年服役,其设计思想和战术使用上与美

国的 AGM-65“幼兽”导弹相似,形成了一个战术空地导弹系列,有无线电指令型 X-25MP、半主动激光型 X-25MЛ、被动雷达型 X-25MΠ、电视型 X-25MT 和红外成像型 X-25MTЛ,可供战术攻击飞机选用,攻击战场上范围广泛的目标。苏联装备使用的第三代通用战术空地导弹是 X-29(AS-14),由“三角旗”机械制造设计局于 70 年代开始研制,1980 年开始服役,形成了一个战术空地导弹系列,有半主动激光型 X-29Л、电视型 X-29T、被动雷达型 X-29P 和红外成像型 X-29TЛ,同第二代通用战术空地导弹相比,其战术技术性能有较大提高,主要是导弹具有低空发射、跃升机动攻击和多目标攻击能力,导弹重量和战斗部重量显著增加,制导精度和射程均有较大提高。

防区外空地导弹(SOM),是 20 世纪 80 年代初各国开始发展的一类新型战术空地导弹,属于战术空地导弹范畴中的第四代产品,前三代为通用战术空地导弹。最早投入实战使用的防区外空地导弹是美国 AGM-84E“斯拉姆”,在 1991 年的海湾战争中攻击伊拉克的一座发电站中体现了极高的命中精度。正在发展的新型防区外空地导弹中,最先进、最具有代表性的是美国命名为联合防区外空地导弹的 AGM-158A“贾斯姆”(JASSM),该导弹是在 1994 年命名为三军防区外攻击导弹的 AGM-137“特萨姆”(TSSAM)被取消后,美国空/海军联合发展的新一代防区外空地导弹。该导弹采用先进隐身技术,装有 1 台涡喷发动机,采用惯导加 GPS 中制导和红外成像末制导,单一式高效能战斗部与子母式多功能战斗部,最大射程为 370km,弹重 1023kg,弹长 4.26m,速度为亚声速,载机为 B-1B、B-2、B-52H、F-15E、F-16C/D、F/A-18E/F、F-117、P-3C 和 S-3B 等作战飞机,用于攻击敌方战役/战略纵深内高价值的固定目标。目前,美国空军正在发展增程型导弹(JASSM-ER),其射程至少是基本型的 2.5 倍。未来的发展型将采用数据链,提高网络环境下的武器控制性能和灵活性。

防区外投放的各类制导炸弹,是在 20 世纪 60 年代越南战争中使用的、由普通炸弹改装成命中精度较高的各种制导炸弹(亦称“灵巧”炸弹)的基础上发展起来的一类近距防区外武器,现已进入第四代,已经研制成功的是采用卫星定位/惯性导航(GPS/INS)制导的、GBU-29/30/31/32“杰达姆”(JDAM)制导炸弹系列,在历次局部战争中大出风头,1999 年 5 月 8 日轰炸我国驻前南斯拉夫大使馆的正是 GBU-31 型“杰达姆”制导炸弹。

专用空地导弹是为攻击特定目标或执行特定任务而发展的一类空地导弹。主要有有机载反舰/反潜导弹、机载反坦克导弹、机载反辐射导弹,均已发展到第四代。装备苏联的第一个空舰导弹是 KC-1(AS-1),也是空地导弹系列中的第一个导弹型号,主要用于攻击美国航空母舰和其他大型舰艇,也可用来攻击港口设施、铁路枢纽、大型桥梁、军事工业中心等。1947 年开始研制,1952 年试飞并