

Analysis of Aviation
Weapon System

航空武器系统分析

主编 叶文 李海军 胡卫强 袁胜智 曲晓燕
主审 李相民



国防工业出版社
National Defense Industry Press

航空武器系统分析

Analysis of Aviation Weapon System

主编 叶文 李海军 胡卫强
袁胜智 曲晓燕
主审 李相民

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书系统介绍了航空武器系统及其分析所涉及的关键技术。全书共分7章,分别讲述了概述、系统工程的基本原理、航空武器系统的组成及原理、航空武器系统新技术、航空武器系统的误差分析、航空武器系统的可靠性分析、航空武器系统的作战效能分析等内容。

本书可作为兵器工程合训专业本科生、研究生以及相关专业培训教材或参考书,也可供从事机载武器系统研究、开发的教师、研究人员及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

航空武器系统分析/叶文等主编. —北京:国防工业出版社,2011.6

ISBN 978-7-118-07496-3

I. ①航... II. ①叶... III. ①航空兵器—系统分析 IV. ①TJ

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第103698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责任公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 22 字数 396 千字

2011年6月第1版第1次印刷 印数 1—3500册 定价 58.00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

前 言

航空武器系统是指由航空武器(空空、空面导弹、航箭、航空炸弹、航空鱼雷等)和航空火力控制系统(机载雷达、光电探测器、平视显示器、火控计算机等)以及其他为作战所必需的机载设备(发射悬挂装置、悬挂物管理系统等)所组成的综合系统。它的功能是对敌方的空中、地面、水上和水下各种目标进行探测、识别、跟踪、评估载机和目标态势,进行信息综合和处理,控制载机所携带的各种武器实施瞄准攻击并对其进行引导。航空武器系统是军用飞机的核心,它的效能和质量决定了军用飞机的作战能力。事实已证明,空中对抗实际上是航空武器系统的对抗,航空武器系统是制胜的关键,没有先进的航空武器系统,就没有先进的战斗机,也就无法完成现代战争所赋予的使命。

由于新技术、新设备和新武器不断出现,新的作战方式、火控原理和新的系统结构需要我们不断地去探索和研究。作为从事航空武器系统研究、开发的科技人员,必须对各方面的技术有深入的了解。为帮助该领域的专业人员较全面地掌握和理解航空武器系统的内涵及其涉及的主要方面,编写了《航空武器系统分析》。本书着眼于第三代作战飞机的航空武器系统,重点突出航空制导武器系统的分析,详细阐述了航空武器系统的基本概念及原理、关键新技术以及航空武器系统分析所涉及的基本方法和基本理论。书中内容还融进了编写者们多年来的教学经验,尽可能多地吸收了近年来学术和科研的最新成果。总之,作者力图使本书内容的系统性、知识的深广度以及学术水平都有很大提高。

本书共分7章。第1章:概述,主要介绍航空武器系统、航空电子系统、航空火力控制系统的相关基本概念,论述航空武器系统的发展特点和发展方向;第2章:系统工程的基本原理,主要阐述系统及系统工程的基本思想,主要介绍系统工程的基本观念和 basic 方法,以及系统分析的基本方法和步骤;

第3章:航空武器系统的组成及原理,主要介绍航空武器系统的基本组成,并深化分析航空武器系统的基本工作原理,主要包括电视制导、激光制导、复合制导等精确制导原理,以及空空导弹、空面制导武器的火力控制原理;第4章:航空武器系统新技术,主要介绍机载激光武器新技术、无人飞行器任务规划技术、多目标攻击火力控制技术、悬挂物管理系统新技术、导弹越肩发射技术等;第5章:航空武器系统的误差分析,主要介绍误差的基本概念、误差的处理、误差的合成、以及航空武器系统的误差控制;第6章:航空武器系统的可靠性分析,主要介绍可靠性的基本概念、可靠性特征量、可靠性预测、可靠性分配、可靠性设计,以及在考虑系统可靠性时对航空武器系统效率的评定;第7章:航空武器系统的作战效能分析,主要介绍作战效能的基本概念、系统效能模型以及航空武器系统作战效能分析的具体方法,包括对数法、概率法、层次分析法等。

本书由叶文、李海军、胡卫强、袁胜智、曲晓燕任主编。李相民仔细审阅了全稿,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。本书中引用的主要参考资料已在参考文献中详细注明,在此对各参考文献的作者表示崇高敬意。

限于编写者的水平,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 航空武器系统	1
1.1.2 航空电子系统	1
1.1.3 航空火力控制系统	3
1.2 航空武器系统的发展趋势	5
1.2.1 航空武器系统的发展特点	5
1.2.2 航空武器系统的发展方向	11
1.3 航空武器系统分析课程	12
1.3.1 航空武器系统分析课程内容	12
1.3.2 关于航空武器系统分析课程内容的说明	13
1.3.3 学习航空武器系统分析课程应该注意的几个问题	14
1.3.4 关于航空武器系统分析的资料来源	15
小结	15
思考题和习题	16
第 2 章 系统工程的基本原理	17
2.1 系统的概念	17
2.1.1 系统思想的产生与发展	17
2.1.2 系统的定义与特性	20
2.1.3 系统的结构与功能	25
2.1.4 系统的分类	28
2.2 系统的概念	31
2.2.1 系统工程的定义	31
2.2.2 系统工程的形成与发展	33
2.2.3 系统工程的特点	35
2.2.4 系统工程的应用	37
2.3 系统工程方法论	39

2.3.1	系统工程观念	39
2.3.2	系统工程的一般研究方法	46
2.3.3	霍尔三维结构方法论	48
2.3.4	切克兰德方法论	51
2.4	系统分析	53
2.4.1	系统分析的定义	53
2.4.2	系统分析的原则	54
2.4.3	系统分析的要素	55
2.4.4	系统分析的要点与步骤	56
2.4.5	系统分析的方法	58
	小结	62
	思考题和习题	63
第3章	航空武器系统的组成及原理	64
3.1	航空武器系统的组成	64
3.1.1	航空武器系统的基本组成	64
3.1.2	航空火力控制系统	70
3.1.3	悬挂发射装置	76
3.1.4	精确制导武器	81
3.2	精确制导原理	90
3.2.1	电视制导原理	90
3.2.2	激光制导原理	97
3.2.3	复合制导原理	106
3.3	航空火力控制原理	113
3.3.1	空空导弹火力控制原理	113
3.3.2	空面精确制导武器火力控制原理	131
	小结	145
	思考题和习题	145
第4章	航空武器系统新技术	146
4.1	机载激光武器新技术	146
4.1.1	激光武器概述	146
4.1.2	激光武器的原理及特点	149
4.1.3	机载激光武器	151
4.2	无人飞行器任务规划新技术	153
4.2.1	无人飞行器任务规划的基本概念	153

4.2.2	无人飞行器任务规划系统的体系结构	158
4.2.3	无人飞行器任务规划的数学模型	162
4.3	多目标攻击火力控制技术	169
4.3.1	多目标攻击的基本概念	169
4.3.2	多目标雷达、火控和导弹的基本功能和关键技术	171
4.3.3	超视距多目标攻击实施流程	175
4.4	悬挂物管理系统新技术	178
4.4.1	悬挂物管理系统概述	178
4.4.2	悬挂物管理系统的数据库	183
4.4.3	悬挂物管理系统的武器总线	187
4.5	导弹越肩发射技术	195
4.5.1	导弹越肩发射技术概述	195
4.5.2	越肩发射火控原理分析	196
4.5.3	越肩发射的现状和面临的问题	199
4.5.4	越肩发射对未来空战的影响	200
	小结	201
	思考题和习题	202
第5章	航空武器系统的误差分析	203
5.1	误差的基本概念	203
5.1.1	误差的定义	203
5.1.2	误差的分类	204
5.1.3	精度的基本概念	207
5.1.4	误差分析的任务与目的	208
5.2	误差的性质和处理	209
5.2.1	系统误差的性质和处理	209
5.2.2	随机误差的性质和处理	218
5.2.3	粗大误差的处理	230
5.2.4	误差处理的步骤	233
5.3	误差的合成	235
5.3.1	误差的传递	235
5.3.2	误差的合成	245
5.4	误差的分配	249
5.4.1	按等作用原则进行误差分配	249
5.4.2	按可能性调整进行误差分配	250

5.5 航空武器系统的误差控制	250
5.5.1 误差分配与误差综合	250
5.5.2 误差控制	251
小结	255
思考题和习题	255
第6章 航空武器系统的可靠性分析	257
6.1 可靠性的基本概念	257
6.1.1 可靠性的定义	257
6.1.2 航空武器系统的可靠性	257
6.2 可靠性要求及特征量	260
6.2.1 可靠性要求	260
6.2.2 可靠性特征量	262
6.3 可靠性预测	267
6.3.1 可靠性预测概述	267
6.3.2 串联系统的可靠性	268
6.3.3 并联系统的可靠性	269
6.3.4 串并联复合系统的可靠性	270
6.3.5 用界限法计算系统的可靠度	272
6.4 可靠性分配	274
6.4.1 可靠性分配概述	274
6.4.2 可靠性分配的方法	276
6.5 可靠性设计	278
6.5.1 可靠性设计概述	278
6.5.2 简化设计	281
6.5.3 降额设计	282
6.5.4 冗余设计	283
6.5.5 耐环境设计	285
6.6 在考虑系统可靠性时对航空武器系统效率的评定	287
小结	289
思考题和习题	289
第7章 航空武器系统的效能分析	291
7.1 武器系统效能的基本概念	291
7.1.1 效能的基本概念	291
7.1.2 效能的度量	293

7.2	武器系统的效能评估	295
7.2.1	武器系统效能分析	295
7.2.2	效能评估的特点	302
7.2.3	效能评估的应用范围	303
7.2.4	效能评估的常用方法	305
7.3	武器系统的效能模型	309
7.3.1	效能模型的用途	309
7.3.2	美国工业界武器系统效能咨询委员会的系统效能	309
7.3.3	美国海军的系统效能	315
7.3.4	美国航空无线电公司的系统效能	316
7.3.5	系统效能模型对比分析	316
7.4	航空武器系统的作战效能	318
7.4.1	航空武器系统作战效能概述	318
7.4.2	对数法	321
7.4.3	概率法	328
7.4.4	层次分析法	331
	小结	337
	思考题和习题	337
	参考文献	339

第 1 章 概 述

1.1 基本概念

1.1.1 航空武器系统

航空武器系统是指由航空武器(空空导弹、空面导弹、航炮、航箭、航空炸弹、航空鱼雷等)和航空火力控制系统(机载雷达、光电探测器、平视显示器、火控计算机等)以及其他为作战所必需的机载设备(发射悬挂装置、悬挂物管理系统等)所组成的综合系统。它的功能是对敌方的空中、地面、水上和水下各种目标进行探测、识别、跟踪、评估载机和目标态势,进行信息综合和处理,控制载机所携带的各种武器实施瞄准攻击并对其进行引导。

航空武器系统是军用飞机的核心,它的效能和质量决定了军用飞机的作战能力。事实已证明,空中对抗实际上是航空武器系统的对抗,航空武器系统是制胜的关键,没有先进的机载武器系统,就没有先进的战斗机,也就无法完成现代战争所赋予的使命。

航空武器和火控系统原是两个只有简单信息交换的独立系统,随着飞机和武器的发展,它们发展得越来越庞大和复杂,而且信息互相交连,联系越来越紧密,现在已完全融合为一个大系统,即航空武器系统。从作战使用的功能来看,航空武器系统已不再只完成武器的瞄准和投放,还要负责目标探测、识别、跟踪、武器投放和载机的引导等整个作战攻击过程,而且对指挥和控制有着综合化、智能化的要求;从系统组成来看,航空武器系统已不再是瞄准具加武器了,而是包括了制导和非制导武器、火控计算、显示控制、外挂物管理、头盔瞄准、红外、激光、雷达、惯导、大气机以及电子战等众多的子系统。目前航空武器系统的发展很快,“一代飞机平台更新几代武器系统”已成为现代战斗机的普遍发展规律。

1.1.2 航空电子系统

航空电子一词起源于 20 世纪 60 年代的美国,英文的航空电子“Avionics”是一个复合词。由航空(Aviation)和电子设备(Electronics)组合而成,现在已被普遍采用。当时西方的国防工业正在从整体上发生迅速和根本性的变化,朝鲜战

争对航空电子技术的发展起了不小的推动作用。面对当时不断增长的世界范围的紧张局势,美国和苏联庞大的国防预算推动了一大批新技术的发展,其中航空电子就是发展最快的技术领域之一。

航空电子的迅速发展当然不是孤立的,而是随着电子技术在工业、商业、科学、国防以及其他方面的广泛应用而发展的。虽然航空电子在整个电子设备市场中所占比重较小,但是由于对航空产品特殊的多功能和高性能的要求,以及高可靠性、严格的体积、质量和用电的限制等特殊要求,使得航空电子和空间电子成为电子科技发展的重要推动力。

航空电子在科学研究领域可以认为是一门学科,在应用技术领域可以认为是有特定用途的设备或系统。

通常,航空电子系统可分为通用电子系统和任务电子系统两大类。

通用电子系统是飞机为完成正常飞行任务所必须装备的电子系统。主要包括以下几种功能系统。

(1) 无线电通信系统。用于进行空空、空地和空天以及大型飞机乘员之间的通信联系。

(2) 导航系统。用于确定飞机瞬时位置,并引导飞机沿一定航线到达预定地点。导航系统将综合和处理由各传感器所测量的参数,给出精确的定位信息和为到达目的地所需的航行诸元。在军事上,导航系统还要配合完成武器投放、侦察、巡逻、反潜、空战和救援等任务。

(3) 飞行控制系统。用来全部或部分地代替驾驶员控制和稳定飞机的角运动和重心运动,并能改善飞行品质。它除具有自动驾驶仪功能外,还能改善飞机的操纵性和稳定性,实现航迹控制、自动导航、地形跟随、自动瞄准和武器投放、自动着陆和编队飞行等功能。

任务电子系统是飞机为完成某种特定任务而装备的电子系统。通常包含以下功能系统。

(1) 目标探测系统。执行不同任务的飞机装备不同功能的探测系统。战斗机和轰炸机装备目标探测雷达或红外光学探测系统;预警飞机装载大型远程雷达;反潜飞机装载适于探测水面、小尺寸目标的搜潜雷达以及声纳或磁异常探测系统;军事侦察和资源探测飞机装载具有极高分辨能力的合成孔径雷达。

(2) 电子战(EW)系统。现代作战飞机为提高作战效能和自身的生存能力都需要装备电子战系统。它具有对敌方电子设备的辐射电磁能进行搜索、截获、定位、记录和分析功能,并能确定有效的应对方案;施放干扰使敌方的目标探测系统、火力控制系统或导弹制导系统失效,或者发射反辐射导弹,对敌方辐射源进行直接摧毁。20世纪70年代以后出现了专门用于电子战的电子干扰飞机。

这种飞机携带宽频带电子侦察和大功率电子干扰设备。实战中它可在战区以外盘旋飞行实施干扰,为进攻机队提供电子对抗支援;也可以伴随突防飞机进入战区,实施遂行干扰或投放反干扰武器。

(3) 敌我识别(IFF)系统。辨别敌我是实施对空或对地(海)目标攻击时的首要问题。因此,现代作战飞机都需要装载 IFF 系统。

目前,航空电子系统迅速向数字化、模块化、综合化和智能化的方向发展。某些专用的任务系统已逐渐演变为通用系统(如综合显示系统及任务计算机)。在通用体系结构的基础上开展相应的任务功能,就能适应执行不同任务飞机的需要。

1.1.3 航空火力控制系统

作战飞机使用本机所携带的各种武器(航炮、航箭、航空炸弹、各型导弹等)对敌方空中的、地面的、水上和水下的各种运动的或静止的、可见的或不可见的目标进行搜索、跟踪、瞄准和实施各种方式的攻击所必需的机载设备,统称为航空武器火力控制系统或机载武器火力控制系统。其组成如图 1-1 所示。

确切地说,航空火力控制系统是由控制飞机火力的方向、密度、时机和持续时间的机载设备构成的综合控制系统。航空火力控制技术是将飞机、目标及武器所形成的作战态势与飞行员瞄准操纵相结合在一起的综合技术,它涉及飞机、目标、武器、显示、控制与人的各种因素,如图 1-2 所示。

机载电子设备和武器是决定航空机载武器系统作战能力的主要因素,而武器火力控制系统又是机载电子设备的核心部分。它的基本任务是在引导飞机到作战空域,载机发现目标后,沿最佳航线接近目标;搜索、识别、跟踪目标后,测量目标参数与载机运动参数,进行火控计算,选择武器类型,控制武器的发射方式与数量,必要时,对某些制导武器进行发射前的数据装订;发射后,使用雷达、连续波照射器、无线电指令或激光照射器等设备导引武器,直到命中目标。实现了综合化和配备了电子显示器(平视显示器、多功能显示器等)的飞机,在作战时,还可提供显示必要的飞行参数以及其他需要显示而又有可能显示的状态和参数。因此,航空火力控制系统在整个作战过程中包括起飞前的作战准备,起飞、巡航阶段、作战阶段到返航着陆后的作战效果评估都发挥着重要作用。

航空火控系统和航空电子系统都是机载设备的集合。人们为了研究问题的方便,往往从不同的角度出发,根据不同的场合,提出和使用航空火控系统和航空电子系统两个不同的术语进行分类和描述,并开展不同内容的研究工作。航空火控系统面向作战任务的一种提法,它主要区别于飞行平台和武器等功能系统。如果进行简单概括,航空火控系统可以定义为保障实现武器搜索、瞄准、



图 1-1 火力控制系统的基本组成

投放和制导,使之有效杀伤目标的系统。航空火控技术是综合应用电子技术、控制技术、信息技术等基础技术实现武器高效投放的技术。航空电子系统是面向基础技术领域的一种提法,它主要区别于机械系统、动力系统、液压系统等技术

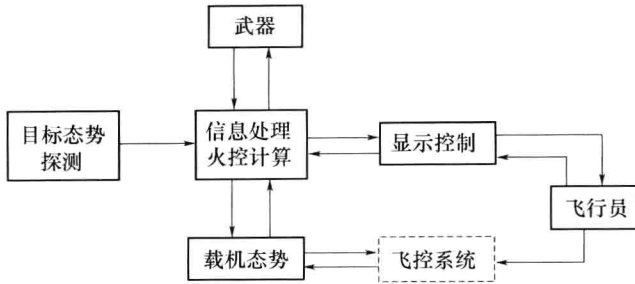


图 1-2 航空火控系统信息状态

领域。如果进行简单概括,航空电子系统可以定义为由各种机载电子设备集合而成的系统。航空电子技术是各种电子设备所包括的设计、制造、综合和测试等通用技术。尽管航空火控系统和航空电子系统往往是对同一对象的两种不同提法,但是它们强调的是不同的专业范畴。

1.2 航空武器系统的发展趋势

1.2.1 航空武器系统的发展特点

1.2.1.1 航空火力控制系统

现代航空火力控制系统始于早期的机械和光学航空瞄准具。到 20 世纪 70 年代,发展为电子式瞄准具——平视显示/武器瞄准计算系统(HUD/WACS),取代了航空瞄准具和某些传统的航行仪表;与此同时,出现了头盔显示/瞄准系统(HMD/HMS),以及平视显示/武器瞄准计算系统与惯导系统综合的导航攻击系统(NAS)。到 20 世纪 80 年代,发展为综合航空火力控制系统,它是通过多路数据传输总线将火控系统各组成部分如目标参数测量装置、载机参数测量装置、火控计算机、瞄准显示控制装置和悬挂物管理系统综合而成。

到 20 世纪 90 年代,发展为综合航空电子/火控系统,它是通过多路数据传输总线将航空火力控制系统与其他军用航空电子分系统如通信导航识别系统(CNI)、飞行控制系统(FCS)、电子战系统(EWS)、非航空电子管理系统(NAMP)和全球定位系统(GPS)等综合而成,对全部硬软件、功能和信息进行综合,实施统一控制、管理和显示。

航空火力控制系统的发展特点如下:

(1) 应用数字式计算机和多路数据传输总线技术,提高综合化水平。现代航空火控系统广泛应用多台高性能数字式电子计算机。以美国为例,20 世纪 60

年代的火控系统仅用1台~2台,容量4KB~16KB,速度5万次/s~20万次/s;70年代用3台~7台,容量16KB~64KB,速度28万次/s~80万次/s;80年代用20台以上,容量超过800KB,速度40万次/s~400万次/s,采用超高速集成电路和MIL-STD-1750A/B指令系统的计算机速度达到数亿次/秒。火控系统作战飞行程序(OPF)软件包的容量不断增大。计算机使用的语言不断更新,由J73发展为Ada语言。

美国的MIL-STD-1553B数据传输总线已成为现代航空电子/火控系统的标准总线,为西方各国军用飞机普遍采用。为提高数据传输速度,开发应用MIL-STD-1773光纤数据总线。

美国的MIL-STD-1760,则是专用于机载武器的标准数据传输总线,以实现武器和悬挂发射装置的通用化。

(2) 应用多传感器综合技术,提高探测能力。多功能火控雷达是现代多功能航空火控系统获得目标信息的主传感器,只有美国的F-117A着眼于隐身突防性能而采用全光电式瞄准系统(IRADS),未装雷达。为提高作战飞机在昼夜全天候全环境条件下的探测目标能力,现代航空火控系统正开发应用多种探测目标/威胁的传感器,其中包括威胁告警、敌我识别和目标识别传感器,以便先敌发现、先敌发射,取得攻击突然性。以美国为例,正在分阶段开发多传感器综合技术,其项目有:综合射频、光电、电子支援措施传感器,综合前视红外、激光测距器、多频谱光电传感器,综合凝视热像仪、毫米波雷达传感器,综合多色红外、激光、射频、被动毫米波传感器,公用孔径主、被动射频、视频、红外频谱综合传感器等。

(3) 应用电子式显示控制技术,提高人机工效。平视显示器(HUD)是现代航空火控系统用的主显示器,此外还有驾驶员头盔显示器(HMD)、单色或彩色多功能正视/下视显示器(HLD/HDD)以及备用显示器等,从而取代座舱仪表板上的大多数显示仪表,减轻驾驶员工作负担,提高火控系统自动化水平。目前正发展大视场全息夜视平视显示器、全景动画格式大屏幕显示器等。未来头盔显示器与该大屏幕显示器配合使用,有可能取代座舱内的所有其他电子式显示器。

握杆操纵(HOTAS)、话音控制、触摸式控制、可编程开关等先进控制技术的应用,减少了座舱内的控制开关数目,使火力控制操作快速、准确、可靠。

(4) 加装光电瞄准吊舱,增强对地攻击能力。现代战斗机、攻击机和武装直升机广泛装备光电瞄准吊舱,同激光、电视、红外制导炸弹和空地导弹配用,以增强对地攻击能力。在1991年海湾战争中成功应用的光电瞄准吊舱有:美国F-15E、F-16C/D的LANTIRN夜间低空导航和瞄准红外系统吊舱,F/A-18的AN/AAS-38前视红外/激光瞄准吊舱,F-111的AN/AVQ-26前视红外/

激光瞄准吊舱, AH-64 的 TADS/PNDS 目标截获照射/驾驶员夜视系统吊舱; 英国“狂风”GR1 的 TIALD 综合热成像/电视/激光瞄准吊舱; 法国“美洲虎”、“幻影”2000 的 ATLISI 激光跟踪照射吊舱等。

(5) 应用新的火控原理技术, 提高瞄准攻击效能。传统的空对空尾追射击已为快速射击、离轴发射、上视上射、下视下射和后视后射、全向攻击所取代。传统的空对地水平轰炸、俯冲轰炸已为连续计算命中点 (CCIP) 和连续计算投放点 (CCRP) 攻击原理所取代, 适用于多种武器 (航空机炮、炸弹、导弹等) 和多种攻击方式 (水平、俯冲、俯冲拉起、上仰等)。此外, 正开发应用直接升力/侧力控制、综合火力/飞行/推进控制、自动机动攻击、超视距空空多目标攻击、防区外发射空对地攻击等新火控原理技术。

1.2.1.2 悬挂发射装置

现代悬挂发射装置始于早期的捆绑吊挂简单装置, 现已发展为种类齐全、功能配套的完善武器装置, 分为悬挂装置、射击装置和发射装置。悬挂装置包括同武器连接的各种挂架 (机翼、翼尖、机身挂架等) 和同挂架或飞机连接的各种挂梁 (通用梁、专用梁和过渡梁)。射击装置有炮 (枪) 架、炮塔和武器吊舱。发射装置有各种类型的火箭发射器和导弹发射架。

老式单一用途的、属于悬挂发射装置范畴的射击控制盒和电动投弹器, 在现代攻击飞机上已被综合管理包括武器在内的所有悬挂物的悬挂物管理系统 (SMS) 所取代, 并归属于航空火力控制系统范畴, 可对各种类型航空武器的发射、投放和制导实施统一的控制管理。

悬挂发射装置的发展特点如下:

(1) 发展保形挂架, 减小外挂阻力。目前战术攻击飞机广泛使用的机外复式挂架, 虽然使武器悬挂数量大增, 但同时也增大了飞机的阻力, 缩小了飞行包线, 飞行性能受到严重影响。因此, 要进一步增强悬挂数量并实现超声速悬挂, 必须把武器挂点移到机身上来, 并采用同机身外表面相切的保形悬挂法, 分为半保形 (即半埋悬挂)、保形 (即全埋悬挂) 和超保形 (挂架、武器同飞机融为一体) 三种。

现有半埋悬挂的挂架, 在结构上缩短了止动器的支臂或者取消止动器, 代之以鞍形吊块、T 形吊耳等, 以减小迎风面积, 同时使自身大部分结构与飞机机体结构融合, 仅将挂钩的闭锁机构置于机体之外, 以使悬挂物尽量靠近机体、缩小外伸距离, 从而减小外挂阻力。为保证载机安全和提高投放精度, 现有保形挂架普遍采用高效能的弹射投放装置。

(2) 发展解耦挂架, 减少机翼颤振影响。就目前大多数战术攻击飞机来说, 一次出航攻击能够携带大量武器, 主要是依靠机翼外挂架, 尤其是机翼复式外挂