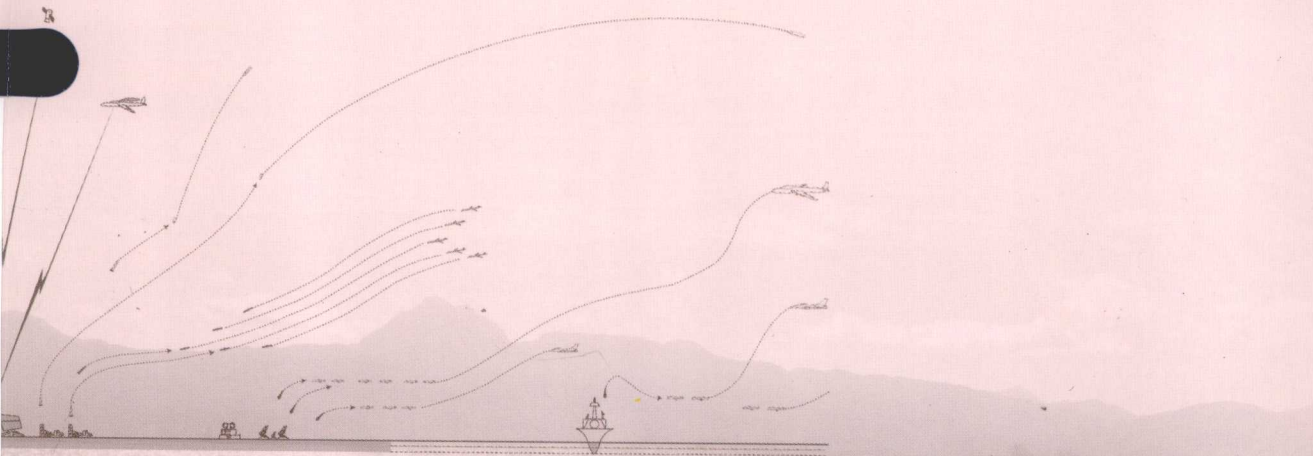




面空导弹

武器系统分析

●●●●●●●●●● ●●●●●●●●●● 姜寿春 编著 ●●●●●●●●●● ●●●●●●●●●●



国防工业出版社

National Defense Industry Press

013033570

TJ762.1
06

国家科学技术学术著作出版基金资.

面空导弹武器系统分析

娄寿春 编著



国防工业出版社

·北京·



北航

C1640362

TJ762.1
06

内 容 简 介

本书系统地论述了现代面空导弹武器系统分析理论和方法。第1章、第2章、第6章、第7章分别讨论和分析了面空导弹武器战术技术特性中的目标特性、作战使用环境、制导精度和导弹单发杀伤概率;因搜索跟踪设备、导弹发射设备特性影响着武器系统的制导精度、反应时间等,所以第3章、第4章分别对武器搜索跟踪设备、导弹发射设备相关特性进行了分析;面空导弹制导回路的品质直接影响着武器系统的精度、杀伤概率等特性,因此在第5章讨论了面空导弹制导回路问题;第8章、第9章、第10章分别讨论了面空导弹武器的效能、经济特性和对面空导弹武器系统特性试验鉴定方法。

本书内容基本能满足面空导弹武器系统设计、制造、使用(部队、院校)等单位工程技术和指挥人员的需要,也是从事面空导弹武器系统的工程技术、系统分析及作战指挥和相关专业师生较理想的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

面空导弹武器系统分析/娄寿春编著. —北京:国防工业出版社,2013.1
ISBN 978-7-118-08352-1

I. ①面... II. ①娄... III. ①面对空导弹-武器系统-系统分析 IV. ①TJ762.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第254665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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 19 字数 437 千字

2013年1月第1版第1次印刷 印数1—2200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)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

由于现代空袭兵器迅猛发展和广泛使用,使与之对抗的面空导弹武器发展和使用极受重视。面空导弹武器系统的特点是,高技术含量多,系统复杂,各分系统联系紧密且相互影响、制约等。近七十年的面空导弹武器系统研制、试验和作战使用一再证明,在研制和作战使用中,进行有效的系统分析(总体分析),是关乎其研制成败和提高系统作战效能的关键和难点问题之一。特别是近几十年,关于武器装备系统效能和寿命周期费用分析等理论的注入,使面空导弹武器系统分析内容进一步拓宽,研究更趋深入,更有效地促进了面空导弹武器的发展。基于上述原因,从面空导弹武器诞生起,人们对它的系统分析研究便异常重视,研究也十分活跃且卓有成效。但到目前为止,研究成果在相关文献上的发表却显得分散、零碎,这种状况有碍于人们对该项研究内容和方法进行系统、全面、深入的认识和有效应用,很大程度上影响了面空导弹武器系统的发展和使用。所以,面空导弹武器的研制、试验鉴定、使用(军队)、教学单位的工程技术、作战指挥、管理人员等,迫切需要一部系统、深入地介绍面空导弹武器系统分析的著作,本书便是为满足上述人员的需要而撰写的。

本书试图对面空导弹武器的系统分析进行较全面的总结,以推动这一领域研究更深入地发展。与以往散布在相关文献中的零碎、分散内容相比,本书对该武器系统的分析内容全面、深入,有不少内容是总结作者及合作者的研究成果,如关于目标特性的分析、关于面空导弹武器效能和寿命周期费用的研究等,在国内外相关著作中均很少论及。

书中突出了面空导弹武器的系统性、信息化强的特点,详细论述了现代面空导弹武器系统分析的概念、理论和主要方法。全书共分10章,第1章、第2章、第6章、第7章分别讨论和分析了面空导弹武器战术技术特性中的目标特性、作战使用环境、制导精度和导弹单发杀伤概率;因其搜索跟踪设备、导弹发射设备特性影响着武器系统制导精度、反应时间等,所以第3章、第4章分别对搜索跟踪设备、导弹发射设备相关特

性进行了分析;面空导弹制导回路的品质直接影响着系统的精度、杀伤概率等特性,因此在第5章讨论了面空导弹制导回路问题;第8章、第9章、第10章分别讨论了面空导弹武器的效能、经济特性和对面空导弹武器系统特性试验鉴定方法。书中重点是:面空导弹拦截的目标特性和其可观察性、易损性;面空导弹武器作战中干扰、诱饵及地物等对作战效能的影响;搜索跟踪设备特性分析;制导回路及制导误差;导弹的单发杀伤概率;系统的效能模型;系统的寿命周期费用估算模型等。

作者虽从事面空导弹装备及其总体分析教学、科研近50年,但由于面空导弹武器结构和使用原理复杂,它采用的高新技术和新原理很多,武器装备系统分析理论和内容也在不断更新,这都给系统分析研究带来了困难。因此,本书内容的缺失、不足甚至错误在所难免,望读者不吝指正。

娄寿春

于空军工程大学导弹学院

目 录

第 1 章 面空导弹拦截的目标特性	1
1.1 作战飞机、直升机和无人机	1
1.1.1 作战飞机的任务	1
1.1.2 直升机特性	4
1.1.3 无人机特性	5
1.2 制导武器	6
1.2.1 空对面导弹特性	6
1.2.2 巡航导弹特性	8
1.2.3 面对面导弹特性	9
1.3 空袭武器使用特点和空袭武器发展趋势	11
1.3.1 空袭武器使用战术特点	11
1.3.2 空袭武器发展趋势	14
1.3.3 防空武器的防线	14
1.4 可观察性和信号特征	15
1.4.1 雷达可观察性	16
1.4.2 红外可观察性	18
1.4.3 目视可观察性	21
1.5 作战飞机的机动性和易损性	23
1.5.1 机动性	23
1.5.2 易损性	24
第 2 章 面空导弹武器作战环境	27
2.1 大气效应	27
2.1.1 大气层和大气模型	27
2.1.2 传播大气衰减、大气杂波和大气波导	30
2.2 雷达跟踪密度和发射机密度	34
2.2.1 雷达跟踪密度	34
2.2.2 发射机密度	35
2.3 干扰和诱饵	36
2.3.1 干扰	36

2.3.2	诱饵	40
2.4	地形地物	41
2.4.1	地形地物遮蔽	41
2.4.2	杂乱回波	42
2.4.3	多路径	47
第3章	搜索跟踪设备分析	50
3.1	搜索设备分析	51
3.1.1	搜索设备概述	51
3.1.2	搜索警戒雷达特性分析	54
3.2	跟踪设备分析	58
3.2.1	跟踪设备概述	58
3.2.2	跟踪雷达特性分析	63
3.2.3	光电跟踪器分析	72
第4章	面空导弹发射设备分析	77
4.1	倾斜发射设备分析	77
4.1.1	倾斜发射导弹的下沉量	77
4.1.2	倾斜发射导弹初始瞄准参数	82
4.2	垂直发射设备初始瞄准分析	89
4.2.1	垂直发射导弹的初始瞄准技术	90
4.2.2	导弹初始瞄准的实施	93
第5章	面空导弹制导回路	95
5.1	面空导弹制导回路的概念	95
5.1.1	面空导弹制导回路的组成	95
5.1.2	对面空导弹制导回路的要求	96
5.1.3	研究制导回路的方法	98
5.2	遥控指令制导回路	98
5.2.1	遥控指令制导回路的组成	99
5.2.2	典型遥控指令制导回路各环节传递函数	101
5.2.3	典型遥控指令制导回路分析	115
5.3	自导引制导回路	125
5.3.1	雷达半主动自导引制导回路的组成	125
5.3.2	典型自导引制导回路各环节传递函数	128
5.3.3	典型自导引制导回路	132
第6章	面空导弹制导误差	135
6.1	面空导弹制导误差的概念	135

6.1.1	面空导弹制导误差的含义	135
6.1.2	面空导弹制导误差分类和产生原因	137
6.2	面空导弹制导动态误差	138
6.2.1	面空导弹制导动态误差分析	138
6.2.2	遥控制导动态误差实验方法	145
6.3	面空导弹制导起伏误差	147
6.3.1	面空导弹制导起伏误差分析	147
6.3.2	面空导弹制导起伏误差实验方法	156
6.4	面空导弹制导仪器误差	158
6.4.1	面空导弹制导仪器误差分析	158
6.4.2	遥控制导仪器误差实验方法	167
第7章	面空导弹单发杀伤概率	168
7.1	面空导弹落入概率	168
7.1.1	制导随机误差服从圆分布律的落入概率	168
7.1.2	制导随机误差服从椭圆分布律的落入概率	172
7.2	面空导弹的目标坐标杀伤律	173
7.2.1	目标坐标杀伤律的概念	173
7.2.2	目标坐标条件杀伤律的近似计算	176
7.3	面空导弹单发杀伤概率	177
7.3.1	目标杀伤概率的确定	177
7.3.2	导弹目标杀伤概率	178
7.3.3	武器系统可靠性对单发杀伤概率的影响	185
7.3.4	目标对抗对杀伤概率的影响	186
7.4	面空导弹杀伤区分析	188
7.4.1	面空导弹杀伤区的主要参数	188
7.4.2	影响杀伤区边界主要因素分析	190
第8章	面空导弹武器效能	196
8.1	武器系统效能的概念	196
8.1.1	武器系统的效能	196
8.1.2	武器系统效能的度量	196
8.1.3	武器系统效能评估	197
8.2	面空导弹武器系统的效能	199
8.2.1	面空导弹武器系统效能要素	199
8.2.2	面空导弹武器系统效能评估数学模型	206

第 9 章 面空导弹武器寿命周期费用估算	231
9.1 面空导弹武器寿命周期和寿命周期费用	231
9.1.1 面空导弹武器的寿命周期	231
9.1.2 面空导弹武器的寿命周期费用	238
9.2 面空导弹武器寿命周期费用分解	240
9.2.1 武器装备寿命周期费用的分解	240
9.2.2 面空导弹武器寿命周期费用分解结构	242
9.3 武器装备寿命周期各项费用的综合	244
9.3.1 研究与研制费用	244
9.3.2 投资费用	245
9.3.3 使用与维修费用	247
9.4 面空导弹武器寿命周期费用估算	253
9.4.1 寿命周期费用的一般估算方法	254
9.4.2 面空导弹武器寿命周期费用估算模型	255
9.5 贴现与费用的不确定性	259
9.5.1 贴现	259
9.5.2 费用的不确定性	260
9.5.3 生产费用的熟练曲线	262
第 10 章 面空导弹武器系统试验与鉴定	263
10.1 面空导弹武器试验与鉴定概述	263
10.1.1 防空作战要求	263
10.1.2 面空导弹武器衡量标准和试验大纲	264
10.2 面空导弹武器试验测试设备和数据分析	267
10.2.1 试验靶机和目标飞机	267
10.2.2 试验测试、记录设备和测试设备计时	268
10.2.3 数据简化	273
10.2.4 事件重建	273
10.2.5 传感器误差	274
10.2.6 试验数据分析	275
10.2.7 制导雷达飞行试验测量误差	277
10.3 系统分析的任务	281
10.3.1 模拟和分析的用途	282
10.3.2 模拟用于试验的举例	282
附录 1 面空导弹武器的搜索雷达	284
附录 2 $P=1-e^{-n}$ 数值表	287

附录 3	无系统误差和椭圆律散布时给定圆内落入概率	289
附录 4	一阶亨格尔函数表	290
附录 5	函数 $\text{Je}(K, \tau) = \int_0^\tau e^{-t} I_0(K, t) dt$ 数值表	291
附录 6	正态分布函数 $\Phi_t^*(x) = \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2}t^2} dt$ 数值表	292
参考文献	294

第 1 章 面空导弹拦截的目标特性

面空导弹武器主要用于拦截敌方作战、侦察飞机(直升机)或无人驾驶飞行器(空对面导弹、巡航导弹、无人机、空射诱饵和战术弹道导弹等), 保卫被掩护对象的安全或支援主力部队快速、连续地战斗。本章将给出作战飞机的任务和投掷武器动作, 各种空对面导弹的特性, 各种面对面导弹的特性, 并研究作战飞机、武装直升机、无人驾驶飞行器的可观测性、机动性和易损性等。

1.1 作战飞机、直升机和无人机

1.1.1 作战飞机的任务

作战飞机, 是用来携带有效载荷从一个位置到另一个位置, 并能返回的有人驾驶飞行器。作战时, 飞机从己方或友邻基地起飞, 在接近敌方上空或敌方上空, 完成规定的任务并返回己方或友邻基地。通常是按计划使用 1 架或多架飞机去完成特定的战术或战略任务。标准的任务包括摧毁敌方目标、侦察和空运等。执行一次任务起飞多架飞机时, 每架参战飞机要完成一项特定任务, 包括投掷武器、护航、空中加油、随队或远距离干扰等; “基地” 是指为作战飞机起飞或着陆提供的场地或舰船平台。

摧毁地面目标的任务, 特别是投掷武器的功能, 很可能要在敌方防空系统保护区或空域内进行, 并且可能要采取多次行动。表 1-1 描述了以摧毁地面目标为主要目的的一些任务特征。

表 1-1 作战飞机摧毁地面目标的任务

任务	目标	作战半径	飞机类型	空射武器	防空武器反击
近空支援	破坏或摧毁靠近友邻部队的敌方部队或装备	短	直升机、固定翼飞机	反坦克导弹、炸弹、火箭等	轻武器火力、高炮、近程面空导弹
封锁	在敌方装备、支援和人员可能对友邻部队施加影响前, 将其破坏或摧毁, 该目标一般处于机动或临时固定位置	中	固定翼飞机	重型炸弹、反坦克导弹、子母弹、集束炸弹	空袭飞机刚进入时, 采用中远程面空导弹; 空袭飞机进入最终地域, 采用中近程面空导弹和高炮
压制敌防空	削弱、破坏或摧毁敌防空系统	中	固定翼飞机	干扰和释放诱饵等, 用反辐射导弹攻击敌防空阵地, 将其破坏、摧毁或至少不能使用	中远程面空导弹, 尤其是被攻击阵地的中远程面空导弹

(续)

任务	目标	作战半径	飞机类型	空射武器	防空武器反击
进攻性反空作战	将敌方飞机破坏或摧毁在其基地上	中~远	固定翼飞机	重型炸弹或用于反跑道专用炸弹	空袭飞机刚进入时,采用中远程面空导弹;空袭飞机进入最终地域,采用中近程面空导弹和高炮
对舰船攻击	破坏或摧毁为敌运送补给品和装备的商船;破坏或摧毁敌战舰,以阻止海上进攻性打击行动和减轻己方商船损失	中~远	固定翼飞机或直升机	采用主动雷达寻的、红外寻的或反辐射寻的反舰导弹。偶然用炸弹或战场直接支援空地导弹	用中远程舰空导弹攻击载机和来袭导弹。用近程舰空导弹和舰炮攻击接近舰艇的来袭导弹

作战飞机有投掷各种武器和弹药的能力,如空对面导弹、制导炸弹、非制导炸弹、火箭等。比较大的空对面导弹,可能被面空导弹和高炮拦截,但面空导弹和高炮通常应尽可能拦截载机,因载机装载的武器(空对面导弹)数量比载机多,且载机可重复地投放。

作为空袭兵器的作战飞机,包括轰炸机、战术攻击机、预警指挥机、直升机等。轰炸机用作重型炸弹和精制导武器的载机,精制导武器包括战略和战术巡航导弹、空射弹道导弹、空地导弹、反辐射导弹、反舰导弹和各种类型炸弹。典型的轰炸机有 B-52G、B-52H、FB-111、B1-B 和 B-2B 隐身轰炸机等,前 4 种轰炸机可运载 8 枚~22 枚战略和战术巡航导弹及更大数量的制导炸弹、较小射程的空地导弹。其作战半径为 6000km~7000km。

战术攻击机用于参加战略军事行动和区域性作战行动,攻击装甲部队、军事基地、指挥控制中心、机场、防空阵地和具有军事或潜在军事价值的目标等。作战半径从前方基地算起约 1300km~1700km。典型战术攻击机有 F-15、F-16、F-117、F-22A、Su-27、Su-30、Mig-29、Mig-31、幻影-2000-5 等。很多战术攻击机载有巡航导弹(如“战斧”巡航导弹类)、防区外空地导弹(如防区外发射对陆攻击导弹(Stand-Off Land Attack Missile, SLAM)AGM-84、“玩具笛”AS-18(X-59M)空对面导弹类)、各种用途“幼畜”空地导弹 AGM-65 类、空射反舰导弹(如“捕鲸叉”AGM-84A 导弹类)、高速反辐射导弹(High Speed Anti-Radiation Missile, HARM)AGM-88 类、制导炸弹“白星眼”AGM-62A 类等。它们的射程从 30km~150km。战术攻击机可在超低空、低空($H=50m\sim 500m$)飞行,并可以小于 8g 过载作各种机动,使其较容易突过防空区。

预警指挥飞机用来执行发现和识别空中、地面和海上敌方目标的任务,或执行指挥在敌方领土上空己方飞机的任务,如 E-3A 型、E-2C 型等。和预警指挥飞机类似的有干扰飞机和电子对抗飞机,如 EA-6A、EF-111、ES-130 等,它通常在敌方的防区外执行干扰任务,以掩护敌防区内的己方执行攻击任务的飞机。

一、飞机执行任务的阶段

作战飞机在执行任务中有代表性的阶段是:

滑行和起飞;

爬升和加速;

巡航到目标区；
 投掷武器；
 规避机动和空战；
 巡航到基地；
 空中巡逻；
 着陆和滑行。

设作战飞机起飞和返航于同一基地，则从基地到目标的距离必须小于或等于飞机的作战半径，而作战半径取决于携带的武器弹药载荷、燃油量、巡航高度、巡航速度、发动机最大性能的时间分配、空中巡逻时间分配等，如空中加油是任务的一部分，则作战半径将明显增大。

当飞机遭到高炮或面空导弹攻击时，其加速性和实施高过载转弯及机动能力，对其生存能力有直接影响。飞机的加速度和转弯性能在整个执行任务期间将是变化的。对任一架飞机，这种性能理论上是质量、高度和速度的函数。在一定范围内，这3个参数都在任务计划人员控制之下。表1-2给出了典型作战飞机的设计和性能数据。

表 1-2 典型作战飞机的性能数据

型号	翼展/m	机翼面积/m ²	空重/kg	总重/kg	机内燃料/kg	发动机数量	最大净推力/kg	最大加力推力/kg	单位推力燃料消耗/(kg/h·kg)	作战半径/km	典型航行剖面
F/A-18	11.43	37.16	10455	22328	4778	2	4638	7238	0.77/-	740	高一低一高
F-16	9.45	27.87	7070	16057	3126	1	6524	10900	0.67/2.5	925	高一低一高
F-15	13.05	56.5		30845		2		22650			高一低一高
F-22	13.56	78		27216		2		31600			
F-117	13.02	105.90		23814		2	9786				
A-10	17.53	47.01	11321	22680	4853	2	4216		0.36	463	低—低—低
B-2	52.43	464.2		181437		4	34455				
Mig-29	11.36	38		18500		2		16595			
Mig-31	13.46	61.6		46200		2		30989			
Su-27	14.7	62.037		33000		2		24975		940	
Su-30	14.7	62.037	+670	33000		2		24975		1500	
幻影-2000-5	9.13	41		17000	7500	1	6554	10010			

二、飞机任务的有效载荷

作战飞机的有效载荷，就是它装载的武器。而作战飞机的有用载荷，则由机组成员、燃料、武器和外挂传感器等组成。外挂传感器，即机翼下挂点上的干扰吊舱、光电传感器吊舱。

飞机执行任务前，对载荷分配是任务计划的一部分。作战飞机有效载荷的选择，必须经过充分权衡，它要考虑飞行距离、敌防空系统、飞行高度及不同的燃料、武器和外

挂传感器组配的相对价值。载荷首先应包括往返基地到目标飞行必须的燃料和足够的武器，但为给目标造成破坏最大而飞机损失数最小，除必须带足往返飞行的燃料外，还留有以最大推力作规避飞行和空中巡逻用的油量。

可用表 1-2 的数据和参考文献[1]的方法，分析燃料消耗和可能具有的任务有效载荷。首先描述任务的高度剖面(如“高一低一高”)，燃料消耗应随任务高度变化，并影响有效载荷。表 1-2 中的耗油率(Thrust-Specific Fuel Consumption, TSFC)是指每产生单位推力的耗油量，单位以 $\text{kg/h} \cdot \text{kg}$ 表示。它用于计算任务燃料消耗量和作战半径。典型的作战飞机发动机在巡航时耗油率为 $0.8\text{kg/h} \cdot \text{kg}$ ，而加力燃烧时为 $2.0\text{kg/h} \cdot \text{kg}$ 。如 1 台产生 4000kg 推力(39240N)和耗油率为 1.0 的发动机，每小时将要烧掉 4000kg 燃油。耗油率随工作状态而变化。

表 1-2 还给出了典型条件下一些作战飞机的作战半径，用文献[1]提供的方法或飞行手册中的数据，可确定任何负载条件下作战飞机的作战半径。

必须指出，作战飞机的作战半径和有效载荷间的关系十分重要，因为它决定着把给定数量的武器投掷到某一目标所需的飞机数量，而飞机数量又影响着同时存在的威胁数量或影响着在规定时间内遭敌防空系统拦截的单独攻击次数。

在执行任务前的规划中，设计了预计投掷剖面 and 选择了防区外投放的武器射程之后，就可算出飞机末段飞行路线和武器投放点。图 1-1 表示了作战飞机典型轰炸投放任务的飞行剖面。表 1-3 则示出了作战飞机目前使用的武器投放距离跨度及目前地面防空武器的射程跨度数据。



图 1-1 典型作战飞机投掷近距离武器的末段飞行剖面

表 1-3 作战飞机使用武器投放距离跨度

投放武器	投放距离的可能跨度/km	投放武器	投放距离的可能跨度/km
弹道导弹	>20	战场直接支援导弹	5~60
巡航导弹	100~4000	普通炸弹	0.1~7
反舰导弹	5~600	面对空武器射程跨度	0.5~400

1.1.2 直升机特性

直升机是一种用于各类军事行动的进攻性战术空袭兵器。虽然它的作用距离和飞行高度有限，但直升机具有在超低空飞行及垂直起飞和降落的能力，使其成为杀伤移动点目标的有效武器。直升机攻击的目标包括坦克、装甲车辆、导弹发射装置等。直升机通常装备空对地导弹等精制武器。与直升机作战，是野战防空的最重要任务之一。典型

作战直升机如表 1-4 所列。

表 1-4 某些直升机的特性

机 型	用 途	国 别	机身长/ 机高/m	最大起飞重量 /kg	最大速 度/(m/s)	作战半径/ 航程/km	续航 时间/h	实用 升限/m
OH-58D 侦察直升机	侦察、监视、目标指示	美	10.3/3.9	2450	67	-/520	2.4	3660
UH-60 黑鹰 通用直升机	战斗、战斗支援和勤务 支援	美	17.5/5.13	3630	75	-/1292	5.4	579(悬 停 2900)
AH-64 阿帕奇 攻击直升机	反装甲、纵深攻击、近 战和武装侦察	美	14.7/3.84	8467	75	259/689	1.8	6100
AH-1 眼镜蛇 攻击直升机	近距离火力支援、指示目 标、侦察和反装甲	美	17.4/4.41	6697	77(巡航)	240/527	2.5	3720
Mi-28N 夜间猎手 多用途攻击直升机	侦察、监视、对地攻击 等	俄	17.1/4.70	8600 (空重)	89	435	2	5700

1.1.3 无人机特性

无人机，也称遥控飞行器，是具有飞机、直升机或其混合外形的小型飞行器。可赋予不同质量和起飞、降落方式。无人机控制可以是自主(执行预先装订飞行程序)的，也可接收指控站信息形成指令遥控，或靠装载的电视导引头扫描形成指令控制。

无人机有不同军事用途。用于战略侦察的无人机，如 AQM-34M 型，续航时间达 30h，在 15km~21km 高度飞行速度达 195m/s~250m/s，离控制站距离达 500km。用于战术侦察的无人机，其续航时间达 3h 以上，在小于 3km 高度上飞行速度达 55m/s。攻击型无人机，飞行距离达 200km~500km，飞行高度小于 3km，在飞近目标时可降低高度，并对防空雷达进行搜索，在 5km~19km 距离上对地空导弹发射装置进行攻击，或载有相应战斗部直接向目标俯冲。无人机还可用作有源、无源干扰机或模拟一定雷达截面积的假目标。无人机的某些特性如表 1-5 所列。

表 1-5 某些无人机的特性

无 人 机	国 别	用 途	飞行高度 范围/km	速度/(m/s)	续航时间/h, 或航程/km
AQM-34M 火蜂无人机	美	侦察、目标指示	0.5~18	200	30h
BGM-34	美	无线电干扰	0.5~12		
RQ-4 全球鹰无人机	美	侦察	≤4.57	45	6.5h/965km
MQ-1 食肉动物无人机	美	武装侦察	≤7.62	37.5(巡航)	>24h/3704km
空射诱饵 ADM-141	美	主动或被动雷达回波放大干扰	0.03~12.2	130~257	138km
哈比反雷达无人机	以色列	侦察、攻击雷达	≤3.0	≤69	2h(400km 半径) /400km~500km

1.2 制导武器

1.2.1 空对面导弹特性

空对面导弹是各种作战飞机和武装直升机的机载武器，用于高精度杀伤快、慢速移动或固定的地面和海上点目标。空对面导弹包括战场支援导弹、反舰导弹、反辐射导弹和空射巡航导弹等。几乎所有空对面导弹比炸弹和炮弹有更远的发射距离。带空对面导弹的飞机，从发现和捕获目标到武器投放的时间一般较短，很多空对面导弹可发射后不管，因此，使载机暴露在敌防空系统的时间较短。表 1-6~表 1-9 分别列出了各类典型典型空对面导弹的应用数据^[2]。图 1-2 示出了战场支援空地导弹投掷方法。

表 1-6 空对地导弹性能(战场支援武器)

导弹	国别	目标	发射平台	制导方式	弹长/ 弹径/m	发射重/ 弹头重/kg	最大射程 /km	估计速度 /(m/s)
霍特-2	法、德	坦克	直升机	光学跟踪，有线制导	1.27/0.15	23.5/2.4	4	250
玛特尔	英、法	水面舰艇、地面固定目标	固定翼飞机	电视制导	3.9/0.4	550/150	60	300
萨特	苏联	坦克、装甲车辆、低空慢速目标	直升机	无线电指令或雷达半主动寻的	1.8/0.135	40/10	8	300
AS.30L	法	陆上坚固目标、舰船	固定翼飞机	惯性+激光半主动寻的	3.65/0.342	520/245	12	500
幼畜 AGM-65	美	坦克、防空阵地、指挥所、舰船(F型)	固定翼飞机、直升机	A/B型电视制导、C/E型半主动激光、D/F/G型红外成像、H型主动雷达制导	2.49/0.305 H型弹长 2.6	A/B型 210/57、 D型 220/57、 E型 293/136、 F/G型 307/136、 H型 305/136	A/B型 3 D/E型 20 F/G/H型 25	320
海尔法 AGM-114	美	坦克、装甲车辆、加固目标	直升机、固定翼飞机	激光半主动、射频/红外、毫米波	1.63/0.18	46/7.25	8	380
AGM-130	美	陆上、海上严密设防目标	固定翼飞机	电视或红外成像	A型 3.94/0.46 B型 4.04/0.515	1163.6/894(B型) 1315/894(C型)	45	
斯拉姆 AGM-84E	美	港口设施、地面坚固目标	固定翼飞机	GPS辅助惯性+红外成像数据传输	4.5/0.34	628/227	100	255

表 1-7 空对面反舰导弹性能

导弹	国别	目标	发射平台	制导方式	弹长/ 弹径/m	发射重/ 弹头重/kg	最大射程 /km	估计 速度/(m/s)
海鸥	英	舰艇	直升机、固定翼飞机	半主动雷达、高度表	2.5/0.25	145/30	25	315
飞鱼 AM.39	法	舰艇	直升机、固定翼飞机	主动雷达、高度表	4.69/0.35	655/165	50~70	315
鱼叉 AGM-84A	美	舰艇	直升机、固定翼飞机	主动雷达、高度表	3.84/0.34	522/222	100	255
王鱼 AS-6	苏联	舰艇 陆基雷达	固定翼飞机	中段惯性、主动雷达或反辐射	10/0.9	4800/1000 或 350kt 当量	250(低空) 700(高空)	480 850

表 1-8 空对面反辐射导弹性能

导弹	国别	目标	发射平台	制导方式	弹长/ 弹径/m	发射重/ 弹头重/kg	最大射程 /km	估计 速度 /(m/s)
阿拉姆 ALARM	英	雷达	直升机、固定翼飞机	惯导+被动雷达寻的	4.3 /0.23	265/-	20~80	680
阿玛特 Armat	法	雷达	固定翼飞机	惯性+被动雷达寻的	4.15 /0.4	550/150	120	680
AS-17	苏联	雷达	固定翼飞机	被动雷达寻的	5.24/0.36	600/90	200	1000
哈姆 AGM-88	美	雷达	固定翼飞机	惯性+被动雷达寻的	4.19/0.254	362/66	>20	1250
沉默彩虹 AGM-136	美	雷达	固定翼飞机	被动雷达寻的	2.54/0.686	227/18	1000	290

表 1-9 空射巡航导弹性能

导弹	国别	目标	发射平台	制导方式	弹长/ 弹径/m	发射重/ 弹头重/kg	最大射程 /km	估计速度/ (m/s)
AS-X-15C	苏联	防区外设防 高价值目标	固定翼 飞机	惯性+TERCOM +雷达寻的	6.04 /0.514	1250/410	600	260
空射巡航导弹 AGM-86C	美	导弹地下井 战略目标	轰炸机	惯导+GPS 修正	6.3 /0.43~0.69	1270/122.5	3000	245

注：GPS——Global navigation satellite system(全球定位系统);
TERCOM——Terrain comparison(地形匹配)