

军队「2110工程」资助项目

地空导弹 武器系统概论



主编 杨建军



国防工业出版社

National Defense Industry Press

军队“2110工程”资

地空导弹 武器系统概论

主 编 杨建军
编著者 杨建军 王 君 赵英俊
周 林 阎永玲 李国宏
樊 波 张庆波 李为民

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

现代防空作战具有鲜明的体系对抗特色,本书从系统角度全面论述了地空导弹武器系统的总体结构和功用,并从地空导弹武器系统总体的角度着眼,以制导回路为总联系,论述了地空导弹武器系统的各组成部分,并通过典型型号将相关内容有机地串联起来。

本书的内容为学习地空导弹武器系统提供基础,为学习具体专业内容提供导引,为从总体联系角度理解专业内容提供系统框架。

本书可作为相关专业本科生和研究生的课程教材,也可作为相关人员从总体角度了解地空导弹武器系统的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

地空导弹武器系统概论 / 杨建军主编. —北京:国防工业出版社,2006.10
军队“2110工程”资助项目
ISBN 7-118-04720-1

I. 地... II. 杨... III. 地对空导弹—武器系统—研究 IV. TJ762.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 095653 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 100044)
天利华印刷装订有限公司印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15 字数 336 千字
2006 年 10 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 35.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

前 言

地空导弹武器系统是现代战争中不可缺少的精确制导武器,由于现代防空作战体现出了鲜明的体系对抗特色,因此,对地空导弹武器系统的理解应从系统的角度进行。

为适应信息化作战的特点,本书将电子对抗系统单独成章,较全面地论述了现代空防对抗中的电子对抗内容;为适应防空作战快速机动的发展趋势,本书在第8章支援保障系统中论述了供电装备和定向定位装备。地空导弹武器系统技术含量高、结构复杂,随着科学技术水平的迅速发展,许多先进技术不断地运用于地空导弹武器系统。在本书编写过程中,作者针对地空导弹武器系统的发展,经过不断修改和补充,使本书的内容体现了地空导弹武器系统的最新技术。

本书是集体创作的成果,第1章由杨建军撰写;第2章由赵英俊和阎永玲撰写;第3章、第4章由王君和杨建军撰写;第5章、第6章和第7章由杨建军和周林撰写;第8章由李国宏、樊波和杨建军撰写;第9章由杨建军撰写。全书由杨建军教授统稿。李为民和张庆波在前期的策划中做了大量有效的工作。

本书的编写经历了大约5年时间,通过5年本科生班的教学实践,边用边改,前后共修订了4次。在此稿基本定稿后,编写组即开始了相应的多媒体课件的制作,在现代教学手段的辅助下,教学效果取得极大提高。

感谢空军工程大学导弹学院的王凤山教授、王颖龙教授、韩华亭教授、申卯兴教授、张志峰教授、黄树彩教授、王春阳博士、高峰博士、郭乃林副教授、李体方副教授、简金蕾副教授,他们认真阅读了本书的初稿,对本书的修改提出了宝贵意见。在此,作者对他们的指导谨致以衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中错误和不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编写组

2006.7

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 地空导弹武器系统的定义与分类	2
1.1.1 定义	2
1.1.2 分类	2
1.2 地空导弹武器系统的构成	3
1.2.1 目标搜索指示系统	3
1.2.2 跟踪制导系统	5
1.2.3 导弹系统	5
1.2.4 发射系统	6
1.2.5 指挥自动化系统	6
1.2.6 支援保障系统	7
1.2.7 地空导弹武器系统典型作战过程	7
1.3 地空导弹武器系统主要战术技术性能	10
1.3.1 基本术语	10
1.3.2 主要战术技术性能	12
1.4 地空导弹武器系统的发展历程	20
1.4.1 第一代地空导弹	20
1.4.2 第二代地空导弹	21
1.4.3 第三代地空导弹	29
第 2 章 搜索跟踪系统	34
2.1 雷达工作原理	35
2.1.1 雷达工作基本条件	35
2.1.2 雷达基本组成	35
2.1.3 雷达测距原理	37
2.1.4 雷达测角原理	38
2.1.5 雷达测高原理	39
2.1.6 雷达测速原理	39
2.1.7 雷达测目标尺寸和形状原理	40
2.2 雷达方程	40
2.2.1 雷达作用距离方程	40
2.2.2 雷达方程的讨论	42

2.2.3	雷达作用距离的环境影响因素	43
2.3	雷达工作频率	45
2.3.1	米波段	46
2.3.2	分米波段	46
2.3.3	厘米波段	46
2.3.4	毫米波段	47
2.4	雷达分类	47
2.4.1	按雷达功用分类	47
2.4.2	按雷达信号形式分类	48
2.4.3	按雷达工作波长分类	49
2.4.4	按雷达工作特点分类	49
2.5	雷达战术技术参数	52
2.5.1	战术参数	52
2.5.2	技术参数	54
2.6	地空导弹雷达技术	56
2.6.1	相控阵雷达	57
2.6.2	单脉冲雷达	58
2.6.3	脉冲多普勒雷达	59
2.6.4	连续波照射雷达	59
2.6.5	频率捷变雷达	60
2.6.6	脉冲压缩雷达	60
2.6.7	雷达组网技术	60
2.6.8	雷达反隐身技术	61
2.6.9	雷达低角跟踪技术	62
2.6.10	雷达对抗反辐射导弹技术	62
2.6.11	雷达抗干扰技术	63
2.6.12	指令编码技术	65
2.7	导引头	66
2.7.1	导引头的作用	66
2.7.2	导引头的组成	66
2.7.3	导引头的基本参数	68
2.7.4	多模复合导引头	69
2.8	现代雷达的发展趋势	70
2.8.1	现代雷达所面临的威胁	70
2.8.2	现代雷达的发展方向	71
第3章	导弹系统	74
3.1	空气动力学基础	74
3.1.1	气体状态	74

3.1.2	空气动力学基本概念	75
3.1.3	声速和马赫数	78
3.2	常用坐标系	79
3.2.1	地面直角坐标系	80
3.2.2	地面极坐标系	80
3.2.3	弹体坐标系	81
3.2.4	弹道坐标系	81
3.2.5	速度坐标系	82
3.2.6	各坐标系间的相互关系	83
3.3	作用在导弹上的力	85
3.3.1	发动机推力	85
3.3.2	重力	86
3.3.3	空气动力	87
3.4	作用在导弹上的力矩	90
3.4.1	气动力矩	90
3.4.2	俯仰力矩	91
3.4.3	偏航力矩	94
3.4.4	滚动力矩	95
3.5	导弹运动方程组	96
3.5.1	导弹动力学方程	97
3.5.2	导弹运动学方程	98
3.5.3	导弹质量方程	98
3.5.4	控制关系方程	99
3.5.5	导弹运动方程组	101
3.6	导弹控制方法	102
3.6.1	导弹控制方法分类	103
3.6.2	气动力控制	104
3.6.3	推力矢量控制	105
3.7	导弹的机动性和操纵性	105
3.7.1	导弹的机动性	105
3.7.2	过载	106
3.7.3	需用过载、极限过载、可用过载和使用过载	107
3.7.4	导弹的操纵性	108
3.8	弹体结构	109
3.8.1	弹身	109
3.8.2	翼面	110
3.8.3	气动布局	110
3.8.4	部位安排	112
3.9	制导装置	113

3.9.1	制导指令产生装置	113
3.9.2	自动驾驶仪	113
3.9.3	执行装置	115
3.9.4	传速比变化机构	116
3.10	引战系统	117
3.10.1	引信	117
3.10.2	安全执行机构	117
3.10.3	战斗部	118
3.10.4	引战配合	119
3.11	动力装置	120
3.11.1	液体火箭发动机	120
3.11.2	固体火箭发动机	121
3.11.3	冲压发动机	122
3.11.4	推力矢量控制	122
3.12	弹上能源系统	124
3.13	导弹技术的发展趋势	125
3.13.1	提高导弹性能	125
3.13.2	轻小型化导弹技术	125
3.13.3	提高引信性能	126
3.13.4	提高战斗部性能	126
第4章	制导体制与制导规律	128
4.1	制导系统功能和组成	128
4.1.1	基本功能	128
4.1.2	基本组成	129
4.2	制导体制分类和基本原理	129
4.2.1	自主制导体制	130
4.2.2	遥控制导体制	132
4.2.3	寻的制导体制	135
4.2.4	复合制导体制	136
4.3	导弹控制方式	137
4.3.1	单通道控制方式	137
4.3.2	双通道控制方式	137
4.3.3	三通道控制方式	138
4.4	地空导弹制导回路	138
4.4.1	制导回路弹体环节的特点	139
4.4.2	稳定回路	140
4.4.3	制导回路	140
4.5	遥控制导制导规律	141

4.5.1	遥控制导的导引方程	142
4.5.2	三点法	143
4.5.3	前置点法	147
4.5.4	预测命中点法	150
4.5.5	准最佳弹道法	150
4.6	自导引制导规律	151
4.6.1	追踪法	153
4.6.2	平行接近法	153
4.6.3	比例导引法	154
4.7	制导体制与制导规律讨论	155
4.7.1	制导体制与制导规律评价	155
4.7.2	选择制导系统的基本要求	156
4.7.3	选择制导规律的基本要求	157
4.8	制导体制与制导规律发展趋势	158
4.8.1	制导体制发展趋势	158
4.8.2	制导规律发展趋势	158
第5章	发射系统	160
5.1	导弹发射方式分类	160
5.1.1	陆基发射方式	160
5.1.2	空基发射方式	161
5.1.3	海基发射方式	162
5.2	倾斜发射	163
5.2.1	倾斜发射装置组成	163
5.2.2	倾斜发射的优缺点	163
5.3	垂直发射	164
5.3.1	垂直发射装置的组成	164
5.3.2	垂直发射的优缺点	164
5.3.3	垂直发射的关键技术	165
5.4	发射控制系统	166
5.4.1	发射控制系统的功用	166
5.4.2	发射控制系统的工作内容	167
5.5	发射装置战术技术要求	168
5.6	发射装置的发展趋势	168
第6章	电子对抗系统	170
6.1	电子干扰对地空导弹武器系统的影响	170
6.1.1	电子干扰的目的	170
6.1.2	对地面防空雷达进行有效干扰的条件	170

6.1.3	电子干扰对防空雷达工作性能的影响	171
6.2	电子干扰分类与原理	171
6.2.1	电子干扰分类	171
6.2.2	压制干扰	172
6.2.3	欺骗干扰	173
6.2.4	无源干扰	174
6.2.5	电子干扰的作战使用	175
6.3	抗干扰措施	177
6.3.1	能量抗干扰措施	177
6.3.2	分辨力抗干扰措施	179
6.3.3	参数变化速度抗干扰措施	180
6.3.4	体系抗干扰措施	180
6.3.5	抗干扰技术综合评价	181
6.4	电子干扰和抗干扰技术的发展趋势	182
6.4.1	电子干扰技术的发展趋势	182
6.4.2	抗干扰技术的发展趋势	183
第7章	地空导弹指挥自动化系统	185
7.1	地空导弹指挥自动化系统的作用和地位	185
7.1.1	指挥自动化系统的作用	185
7.1.2	指挥自动化系统的地位	186
7.2	地空导弹指挥控制层次与任务划分	186
7.2.1	火力单元指挥自动化系统	186
7.2.2	作战单位指挥自动化系统	186
7.2.3	战术单位指挥自动化系统	187
7.3	地空导弹指挥自动化系统组成和特点	187
7.4	敌我识别系统	188
7.4.1	敌我识别的重要意义	188
7.4.2	敌我识别系统工作方式	189
7.4.3	现代战争对敌我识别系统的要求	189
7.4.4	敌我识别技术的发展	190
7.5	地空导弹指挥自动化系统发展趋势	190
第8章	支援保障系统	192
8.1	供电装备	192
8.1.1	功用	192
8.1.2	分类	192
8.1.3	组成	193
8.1.4	工作原理	194

8.1.5	发展趋势	197
8.2	地形联测车	198
8.2.1	功用	198
8.2.2	组成	199
8.2.3	工作原理	200
8.3	维修保障体制	201
第9章	典型型号介绍	203
9.1	C-300B 地空导弹武器系统	203
9.1.1	发展历程	203
9.1.2	系统组成	204
9.1.3	战术技术性能	206
9.1.4	作战过程	206
9.1.5	主要特点	207
9.1.6	C-300B 最新改型——安泰-2500	208
9.2	“爱国者”地空导弹武器系统	208
9.2.1	发展历程	208
9.2.2	系统组成	209
9.2.3	战术技术性能	210
9.2.4	作战过程	210
9.2.5	“爱国者”的改进型	211
9.3	“霍克”地空导弹武器系统	213
9.3.1	发展历程	213
9.3.2	系统组成	213
9.3.3	战术技术性能	214
9.3.4	作战过程	214
9.4	“罗兰特”地空导弹武器系统	214
9.4.1	发展历程	214
9.4.2	系统组成	215
9.4.3	战术技术性能	215
9.4.4	作战过程	216
9.5	“毒刺”便携式地空导弹	216
9.5.1	发展历程	216
9.5.2	系统组成	217
9.5.3	战术技术性能	217
9.5.4	作战过程	218
9.6	RBS-70 地空导弹武器系统	218
9.6.1	发展历程	218
9.6.2	系统组成	219

9.6.3	战术技术性能	220
9.6.4	作战过程	221
9.7	“通古斯卡”弹炮系统	221
9.7.1	发展历程	221
9.7.2	系统组成	222
9.7.3	战术技术性能	222
9.7.4	作战过程	223
结束语	地空导弹武器系统的发展趋势	224
参考文献	227

第 1 章 概 述

精确制导武器是现代战争中的利器,是实施远程精确打击的主要手段。各种导弹是精确制导武器的主要组成部分。

导弹是一种依靠自身动力装置推进,由制导系统导引、控制其飞行路线并导向目标的武器。导弹的出现约有 60 多年的历史,比火箭晚约 1000 年,比火炮晚约 600 年~700 年。火箭的鼻祖是中国人,中国的宋代已有了雏形的火箭武器。到了 19 世纪中叶,由于火炮技术的发展,火炮的威力和精度有了很大程度的提高,从而取代了火箭的地位。现代火箭技术是从第二次世界大战后期发展起来的。

最早研制出导弹的国家是法西斯德国。在第二次世界大战后期,法西斯德国为了取得战争的主动权,开始研制火箭武器,于 1942 年 10 月研制成功了 V-2 导弹,1944 年 V-2 导弹投入使用,对伦敦进行了袭击,对英国人造成了极大的心理恐慌。

当时德国所研制的导弹武器称为“复仇武器”1 号和“复仇武器”2 号。前者称为 V-1,是一种飞行距离为约 300km 的巡航导弹;后者称为 V-2,是一种射程约 320km 的弹道导弹。此外,德国还研制了用来对付英、美轰炸机群,比高射炮更有效的地空导弹,如“莱茵女儿”和“瀑布”地空导弹,以及反坦克导弹、反舰导弹等。“莱茵女儿”地空导弹是一种二级导弹;弹体最下端有 4 片尾翼,中部有 6 片稳定翼,头部有 4 片操纵翼;尾部装助推火箭发动机,上部装巡航发动机;采用无线电指令控制;有 I 型和 III 型两种型号;飞行距离约为 18km,拦截高度约为 14km,最大飞行速度为 350m/s。该型地空导弹未来得及装备部队。“瀑布”是 V-2 导弹的缩小型,“瀑布”导弹的头部装有非触发引信,该引信最终未能达到实用状态;“瀑布”导弹装有质量为 250kg 的破片杀伤式战斗部;导弹采用液体火箭发动机,推力约为 78.5kN;“瀑布”导弹最大作战高度为 18km,最大飞行速度为 780m/s;“瀑布”导弹于 1944 年 2 月交付试验,但未获成功。由于当时的技术条件限制,德国所研制的地空导弹还未进入实用阶段战争就结束了。但是,研制这些导弹的经验和资料,成为其他国家发展导弹的借鉴和参考。

导弹武器的出现,是武器发展史中的一次质的飞跃。它对战略思想、战争规模、作战方式、指挥通信系统、军队组织编制以及作战心理等方面均产生了重大的影响,同时也给未来战争带来一系列新的特点。第二次世界大战以来的历次局部战争的实践和世界军事形势的发展变化,都说明了这一点。

地空导弹是 20 世纪 40 年代,因防空作战的需要而发展成的一种新型地面防空武器,至今已发展成一个多种类、多型号的武器系列。作为一种以打击空中飞行目标为主的精确制导武器,地空导弹能够以很高的精度毁伤各种高性能飞行兵器,从而成为现代防空作战中的主战兵器。地空导弹在现代战场的出现,极大地促进了空袭和防空的发展,使防空作战进入了一个高技术对抗的阶段。随着现代化防空作战样式的发展,地空导弹武器系统已成为防空作

战的重要力量,在现代空防对抗中发挥着重要的作用。从20世纪60年代开始,在历次局部战争中,地空导弹都获得了广泛应用,并对战争中空防对抗的形势产生了巨大影响。

1.1 地空导弹武器系统的定义与分类

1.1.1 定义

地空导弹武器系统是指从地面上发射,用来攻击各种空中飞行目标的导弹武器系统,它由目标搜索指示系统、跟踪制导系统、导弹系统、发射系统、指挥自动化系统和支援保障系统等组成。

地空导弹是一种用来对付空中威胁的制导武器,它所对付的目标一般是指各种作战飞机,有些地空导弹还能够射击巡航导弹、空地导弹、战术弹道导弹和空漂气球等目标。从舰艇上发射,用来攻击空中飞行目标的导弹,称为舰空导弹。舰空导弹与地空导弹具有非常相似的特性,大多数舰空导弹是由地空导弹改进和演化的,因此习惯上将地空导弹与舰空导弹视为同一类导弹,统称为防空导弹,也称为面对空导弹。

1.1.2 分类

各国对地空导弹武器系统分类的方法和标准不尽相同,但总的规律和原则相近。一般按地空导弹武器系统的作战任务、地面机动性、作战空域等特征进行分类。

地空导弹武器系统按作战任务可分为国土防空、野战防空和舰艇防空三类。国土防空系统一般采用相对稳定的部署方式,可采用固定式或半固定式地空导弹武器系统。野战防空要求武器系统具有良好的机动性能,能随部队行进,执行防空掩护任务,能迅速由行军状态转入战斗状态,能在行进中搜索、跟踪目标,能在短暂的停留时间内发射导弹并快速转移,野战防空多采用机动能力强的自行式或便携式地空导弹武器系统。舰艇防空系统是舰艇武器系统的一部分,舰空导弹武器系统固定在舰艇上,要求有平台稳定装置、导弹库及自动输送装填设备。

地空导弹武器系统按地面机动性可分为固定式、半固定式和机动式3种,其中机动式又可进一步分为自行式、牵引式和便携式3种。

地空导弹武器系统按射高和射程分为高空远程、中空中程、低空近程和超低空超近程。有些国家将射程大于100km(射高达30km左右)的地空导弹武器系统称为远程地空导弹武器系统(如苏联的C-300ПМУ-1);将射程在20km~100km之间(射高0.05km~20km)的地空导弹武器系统称为中程地空导弹武器系统(如苏联的SA-2);将射程小于20km(射高0.015km~10km)的地空导弹武器系统称为近程地空导弹武器系统(如苏联的SA-8);将射程在10km以内的地空导弹武器系统称为超近程地空导弹武器系统(如苏联的SA-7)。

地空导弹按导弹制导体制的不同可分为遥控指令制导、主动制导、半主动制导和被动制导4种类型。遥控指令制导是由地面制导站根据雷达测量的目标与导弹的坐标,依据选定的制导规律形成制导指令,发送给导弹,导引导弹飞行的制导体制;主动制导是由导弹上的导引头主动发射电磁波,利用目标回波测量目标与导弹的相对位置,依据选定的制导

规律形成制导指令,导引导弹飞行的制导体制,主动制导具有发射后不管的特性;半主动制导与主动制导原理相似,导弹上的导引头利用目标回波测量目标与导弹的相对位置,依据选定的制导规律形成制导指令,导引导弹飞行,只不过导弹上的导引头不主动发射电磁波,对目标的照射由地面照射站实施;被动制导是导弹上的导引头利用目标的辐射能量(红外、电磁波)测量目标与导弹的相对位置,依据选定的制导规律形成制导指令,导引导弹飞行的制导体制,被动制导也具有发射后不管的特性。

地空导弹按导弹制导方式的不同可分为雷达制导、红外制导、电视制导、激光制导和复合制导等类型,其中红外制导、电视制导、激光制导统称为光电制导。

地空导弹武器系统按目标容量或目标通道可分为单目标通道和多目标通道两种。每次只能拦截一个目标的地空导弹武器系统,称为单目标通道武器系统,如 SA-2 地空导弹武器系统;可同时拦截两个以上目标的地空导弹武器系统,称为多目标通道武器系统,如美国的“爱国者”和俄罗斯的 C-300IMY 地空导弹武器系统。

另外,国际上还习惯于按不同的发展时期来划分地空导弹,从 20 世纪 40 年代到目前为止,地空导弹大致经历了 3 个发展时期,研制了三代地空导弹,这也是一种经常使用的分类方式。

1.2 地空导弹武器系统的构成

地空导弹武器系统发展至今,已有数十种型号,形成了各种不同性能、不同用途的庞大武器系统家族。由于作战任务、技术战术性能、使用原则以及所采用的技术不同,地空导弹武器系统的组成不尽相同,一般由目标搜索指示系统、跟踪制导系统、导弹系统、发射系统、指挥自动化系统和支援保障系统等分系统组成。

1.2.1 目标搜索指示系统

一般情况下,地空导弹武器系统制导雷达的跟踪精度很高,但波束较窄,探测距离和范围较小,难以在大范围内及时发现目标。为弥补地空导弹武器系统制导雷达的这种不足,一般为地空导弹武器系统配备有目标搜索指示系统。

目标搜索指示系统用于搜索、发现和识别空中目标,测定目标的坐标和运动参数并向武器系统的其他设备指示空中目标,提供空中目标的参数。目标搜索指示系统是地空导弹武器系统不可缺少的组成部分。该系统按设备特征可分为雷达、光学和光电 3 种;按工作方式可分为主动式和被动式(无源探测)两类。

地空导弹武器系统目标搜索指示系统通常由搜索、识别和指示等设备组成。

1. 搜索设备

搜索设备用于探测、发现空中目标,确定空中目标的坐标。目前所用的大多数搜索设备为专用的雷达系统,一般称为搜索警戒雷达,配备地空导弹武器系统时也称为目标指示雷达。也有采用光学或光电装置的搜索装备,光学搜索设备有望远镜和各种光学瞄准具,用于白昼能见度较好时观测目标。光电搜索设备有电视、红外和激光等基本类型。电视与红外设备属于被动式系统,一般作为雷达的辅助系统,在强电子干扰情况下,雷达无法正常工作时使用。光电搜索设备单独使用时,需要与测距装置(测距雷达或激光测距仪)配

合工作。由于气象条件对光电搜索设备的影响较大,因此单独使用的光电搜索设备多用于近程地空导弹武器系统。

2. 目标识别设备

目标识别设备用来确定被发现目标的种类和属性。目标的种类识别是在分析所发现目标特征的基础上,将目标定为一定等级(类型)的识别设备,如判断目标是轰炸机还是侦察机。目标的种类识别还可根据目标的外形形状和尺寸、反射和辐射特性、运动规律等进行。目标的属性识别是指目标的敌我属性识别,目标敌我属性的识别由敌我识别器完成。敌我识别器由专用的天线发射和接收装置、相应的密码形成和校对系统组成,在地空导弹武器系统中,敌我识别器(询问和应答收发装置)通常与搜索或制导雷达安装在一起。如没有安装敌我识别器,敌我识别工作则由战勤(操作)人员根据上级(友邻)空情通报和经验判定。

3. 目标指示设备

目标指示设备用于将搜索设备所获得的空情(经分析处理后的目标信息)以一定的方式及时、准确地传输给指挥控制中心,供指挥员确定射击决心,实施射击指挥。有的目标搜索与指示系统还同时将信息传输至武器系统的制导系统,为火力单元指示目标,使火力单元提前做好战斗准备并及时发现目标。

目标搜索指示系统是地空导弹武器系统不可缺少的组成部分,对于不同类型的地空导弹武器系统,目标搜索指示系统与地空导弹武器系统具有不同的结合形式。

(1) 目标搜索指示系统是地空导弹武器系统整体结构中的一部分。如苏联的 SA-8 和法、德联合研制的“罗兰特”,将搜索、跟踪、制导设备和发射设备安装在一辆车上,在结构上实现了一体化。

(2) 目标搜索指示系统是地空导弹武器系统配套中的分系统。目标搜索指示系统在功能上与武器系统的其他部分紧密结合,在结构上则单独配置。如法国的“响尾蛇”、意大利的“斯帕达”和苏联的 C-300ПМУ。C-300ПМУ 地空导弹武器系统的目标搜索指示工作由单独配置的三坐标雷达完成。

(3) 目标搜索指示系统配属给地空导弹武器系统,但又可单独执行任务。如美国的“奈基”II 地空导弹武器系统中的大功率搜索雷达,SA-2 地空导弹的目标指示雷达等。

在一套地空导弹武器系统中,目标搜索指示系统的种类、设备的数量和构成形式以及各分设备的具体组成是各不相同的,它取决于该武器系统规定的作战任务、系统的组成、设备的技术性能和战术使用要求等。机动式近程地空导弹武器系统的搜索设备一般与跟踪、制导、发射装置安装在同一车底盘上或者安装在单独的车辆上,如法、德联合研制的“罗兰特”和法国的“响尾蛇”地空导弹武器系统;有的地空导弹武器系统所配属的目标搜索指示系统可以为两套以上地空导弹武器系统提供目标指示,如俄罗斯 C-300ПМУ 地空导弹配备的三坐标雷达;有的地空导弹武器系统所配属的目标搜索指示系统从系统结构上讲还可以为其他邻近的便携式地空导弹武器系统或高炮指示目标。地空导弹武器系统中的目标搜索指示系统一方面自主搜索发现目标,另一方面还可从防空 C³I 系统中获取空情信息,同时还可将本身所获取的空情信息反馈给上级 C³I 系统或通报给友邻部队,因此在整个防空信息网中,地空导弹武器系统的目标搜索指示系统是整个防空战场信息系统中的一个重要信息获取环节。

1.2.2 跟踪制导系统

地空导弹的跟踪制导系统通过跟踪目标和导弹,测量目标和导弹的坐标和运动参数,导引和控制导弹沿着选定的制导规律所确定的理想弹道飞向目标。

地空导弹的跟踪制导系统通常由弹上制导装置和地面跟踪制导设备组成,也有完全由弹上跟踪制导装置组成的,如全程主动寻的或被动寻的制导系统。

地空导弹跟踪制导系统是地空导弹武器系统最重要的组成部分。地空导弹跟踪制导系统控制导弹运动的部分称为制导系统,制导系统工作的实质是通过对导弹姿态的控制,实现对导弹质心运动的导引。制导系统主要由测量装置、解算装置、指令传输设备、自动驾驶仪和执行机构等组成。

测量装置用来连续不断地测定目标、导弹的坐标和两者相对运动的参数并传输给解算装置;解算装置按选定的制导规律完成测量信息的运算处理,形成修正导弹弹道的制导指令;指令传输设备用于将制导指令传输给导弹上的制导装置;自动驾驶仪是弹上制导装置的基础,用于将制导指令与自身感受的弹体姿态信息进行综合处理,形成控制指令;控制指令由执行机构(一般为舵机)执行。执行机构的动作改变了作用在导弹上的力与力矩,从而改变了导弹的飞行方向和姿态,使导弹按制导指令的导引沿理想弹道飞向目标。导弹按制导指令改变了飞行弹道,测量装置又测定了导弹在空中新的坐标,从而开始下一个循环的制导控制过程,这一控制过程是一个典型的闭环控制过程。

地空导弹的制导系统和导弹之间所构成的闭环控制回路称为制导回路;导弹上的自动驾驶仪和弹体之间所构成的闭环控制回路称为稳定回路。制导回路和稳定回路是地空导弹武器系统中最重要的两个基本概念,是从总体角度了解地空导弹武器系统最重要的两个基本概念。

在制导回路中,导弹被视为质点,这是由于雷达测量的局限性所致。在制导回路中,导弹只具有位于导弹质心的3个直角坐标 x 、 y 、 z 或极坐标 R 、 α 、 β (斜距、高低角、方位角),此时导弹具有3个自由度,控制指令是以质点控制原理形成的,控制导弹质点沿着理想弹道飞行。在稳定回路中,导弹被视为刚体,此时导弹除具有位于导弹质心的3个直角坐标或极坐标外,还具有刚体绕质心运动的3个姿态(俯仰、偏航和滚转),此时导弹具有6个自由度,导弹上的自动驾驶仪通过陀螺和加速度仪感受导弹自身的运动,通过计算,与地面制导系统的控制指令合成形成控制导弹的执行指令。执行指令要完成两项工作,一是保持导弹自身稳定,二是按照地面制导系统的导引指令控制导弹沿理想弹道飞行。

地空导弹跟踪制导系统的一般形式是制导雷达,有的地空导弹武器系统的制导雷达同时还担负对目标的照射任务,这种情况称为照射制导雷达。

1.2.3 导弹系统

导弹是实现地空导弹武器系统作战目的的最终设备单元。导弹的主要构件有弹体、弹上制导装置、战斗部、引信、推进装置和电、气源设备等。

弹体是承力的结构系统,由壳体和空气动力面组成。壳体用于安装战斗部、推进装置、弹上控制装置和电、气源等。空气动力面分为翼面和舵面。

弹上制导装置是地空导弹制导系统的一部分或全部,根据制导体制的不同,弹上制导