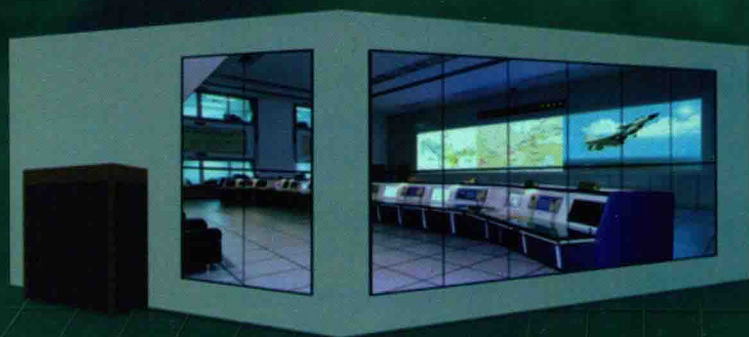


防空探测 预警系统与amp;技术

黄山良 卜卿 梅发国 王晓璇 郑坚 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

防空探测预警系统与技术

黄山良 卜卿 梅发国 著
王晓璇 郑坚

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

防空探测预警系统与技术/黄山良等著. —北京:
国防工业出版社, 2015. 11

ISBN 978 - 7 - 118 - 10459 - 2

I. ①防… II. ①黄… III. ①防空雷达—预警
系统—研究 IV. ①TN959

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 293048 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)

三河市众誉天成印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710 × 1000 1/16 印张 17 字数 325 千字

2015 年 11 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 89.00 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

防空探测预警系统是防空作战指挥控制系统和武器控制系统重要的信息提供者。随着电子技术的发展,防空探测预警系统面临的威胁种类不断增加,威胁越来越大。具有威胁的目标不仅包括常规飞机,还包括隐身飞机、电子战飞机、空天飞机、无人驾驶飞机、巡航导弹和战略战术弹道导弹,这就要求防空探测预警系统不仅要提高目标的发现跟踪能力,增大威胁预警时间和信息精度,而且还必须提高态势的服务能力,实现态势的共享,为防空作战指挥控制与武器控制提供体系对抗能力。本书编写的宗旨在于为防空探测预警系统的研制、设计和建设提供参考。

全书内容共分10章,其中:第1章主要介绍了防空探测预警系统面临的威胁和主要功能;第2章介绍了防空探测预警系统的发展阶段,指出了每个阶段的防空探测预警系统的特点和缺陷,并简要介绍了美国的“塞其”系统和“分布式通用地面站系统”的组成和功能;第3章介绍了体系结构的概念和开发过程,讨论了防空探测预警系统的应具有的基本特点,着重论述了防空探测预警系统反隐身目标的运作视图和系统视图;第4章论述了探测任务的规划技术和面向任务的雷达管控技术;第5章论述了防空探测预警系统目标定位和跟踪技术,介绍了多ESM侦察站目标辨识和定位技术、弹道目标数据处理技术、人工观察哨数据处理技术以及基于雷达探测数据的PHD方法和TBD方法等;第6章论述了防空探测预警系统目标识别和态势生成技术;第7章介绍了防空探测预警系统电子干扰和抗干扰技术;第8章论述了防空探测预警系统数据融合的评价指标体系和评估方法;第9章介绍了防空探测预警系统的传感器终端及其技术;第10章介绍了防空探测预警系统的集成与技术,主要有即插即用技术、信息共享技术、面向服务系统集成技术以及面向数据的系统集成技术等。

本书对防空探测预警系统的演变过程、集成技术以及数据处理技术进行了梳理和总结,希望对各类防空探测预警系统的规划、论证、设计和开发提供参考。本书也可作为大专院校相关专业教学参考。本书编写过程中得到了施振明、黄放明、熊朝华、王坤、黄志良等专家和领导的关怀和指导,在此表示由

衷的感谢。许建、王妍妍、乐园园、秦洪、王号等同志为本书的成稿提供了大量的资料,给予了大力支持,在此深表谢意。

由于作者水平有限,本书难免存在缺点和错误,恳请读者给予指导和纠正。

作者

2015年10月

目 录

第1章 引论	1
1.1 防空探测预警系统面临的威胁	1
1.2 防空探测预警系统威胁目标类型	2
1.2.1 常规作战飞机	2
1.2.2 隐身飞机	2
1.2.3 电子战飞机	3
1.2.4 空天飞机	3
1.2.5 巡航导弹	3
1.2.6 战略战术弹道导弹	4
1.2.7 无人机	4
1.3 防空探测预警系统的主要功能	5
1.3.1 信息获取功能	5
1.3.2 信息传输功能	5
1.3.3 信息处理功能	5
1.3.4 信息对抗功能	6
1.3.5 信息保障功能	6
1.4 防空探测预警系统的组成	6
1.4.1 各类体制探测单元	7
1.4.2 各类信息处理单元	13
1.4.3 支持服务系统	14
1.4.4 通信基础设施	14
参考文献	15
第2章 防空探测预警系统发展情况	16
2.1 防空探测预警系统的起源	16
2.2 防空探测预警系统的发展阶段	17
2.2.1 点式结构阶段	17
2.2.2 星形结构阶段	17

2.2.3	金字塔结构阶段	18
2.2.4	网络结构阶段	19
2.3	典型防空探测预警系统	20
2.3.1	美国“赛其”系统 ^[1]	20
2.3.2	“赛其”系统的功能	21
2.3.3	“赛其”系统的组成和部署	21
2.3.4	美军分布式通用地面站系统 ^[6]	23
2.3.5	分布式通用地面站系统的组成	24
2.3.6	分布式通用地面站空军系统的功能	24
	参考文献	26

第3章 防空探测预警系统体系结构 27

3.1	体系结构概念	27
3.1.1	体系结构和体系结构框架等概念	27
3.1.2	体系结构开发过程	32
3.2	防空探测预警系统特点	34
3.2.1	灵活的集成机制	34
3.2.2	数据交互的扁平化	35
3.2.3	数据处理的任务化	35
3.2.4	态势生成的规范化	35
3.2.5	探测过程的管控化	36
3.3	防空探测预警系统反隐身运作视图	36
3.3.1	运作概念图	36
3.3.2	组织关系图	37
3.3.3	运作活动图	37
3.4	防空探测预警系统反隐身系统视图	38
3.4.1	系统接口和通信描述产品	38
3.4.2	系统功能性描述	40
	参考文献	41

第4章 传感器部署、智能控制和管理技术 43

4.1	概述	43
4.2	单雷达探测能力分析	43
4.2.1	理论威力计算	44
4.2.2	检飞威力计算	45
4.2.3	威力统计	45

4.3	多雷达探测能力分析	48
4.4	雷达配置和部署	49
4.4.1	优化部署的原则	50
4.4.2	雷达部署方式	50
4.4.3	优化部署方法	50
4.4.4	部署效能评估	51
4.4.5	优化求解	51
4.5	基于航线分割的雷达探测任务规划	53
4.5.1	作战任务受领	54
4.5.2	航线自适应切割	54
4.5.3	探测空域生成	55
4.5.4	目标 RCS 计算	55
4.5.5	雷达探测威力计算	56
4.5.6	保障方案生成	56
4.6	基于航线分割的雷达管理和控制	58
4.6.1	多雷达协同抗干扰指挥和控制	59
4.6.2	多雷达协同抗打击指挥和控制	59
4.6.3	多雷达反隐身协同探测规划	59
4.6.4	反侦察指挥控制	62
4.6.5	反低空指挥控制	62
4.6.6	反馈控制模型	62
4.6.7	雷达管控应用举例	63
4.7	基于集中式融合算法的多雷达探测管理和控制	63
4.7.1	探测单元管控任务	64
4.7.2	探测单元管控技术	65
4.7.3	基于集中式融合算法的探测单元目标分配模型	66
4.8	人工观察哨部署	71
4.8.1	引言	71
4.8.2	人工观察哨的组成和视场	71
4.8.3	空中目标在人工观察哨视场内的掠过时间	72
4.8.4	人工观察系统人工观察哨部署方式	76
	参考文献	77

第5章 目标定位和跟踪技术 78

5.1	多ESM站多目标识别处理方法	78
5.1.1	概述	78

5.1.2	模型	78
5.1.3	规划求解	80
5.1.4	仿真结果	83
5.2	多人工观察哨数据处理技术	84
5.2.1	概述	84
5.2.2	人工观察哨数据处理系统数据接收	85
5.2.3	人工观察哨数据处理	85
5.2.4	结束语	89
5.3	自由段弹道目标位置速度估计算法	89
5.3.1	概述	89
5.3.2	数学模型	89
5.3.3	参数估计	92
5.3.4	结论	93
5.4	一种基于红外和雷达的数据融合跟踪算法	94
5.4.1	概述	94
5.4.2	红外与雷达的数据时空配准	94
5.4.3	红外和雷达位置相关配对	96
5.4.4	红外和雷达位置观测数据融合	96
5.4.5	融合航迹生成及状态估计	97
5.4.6	试验仿真及结论	98
5.4.7	结论	100
5.5	双传感器概率假设密度滤波目标跟踪方法	100
5.5.1	概述	100
5.5.2	多传感器多目标跟踪模型	101
5.5.3	双传感器 PHD 实现算法	104
5.5.4	仿真分析	110
5.5.5	结束语	114
5.6	自反馈的防空探测预警系统点迹融合技术	114
5.6.1	概述	114
5.6.2	反馈式点迹融合结构	115
5.6.3	自反馈点迹融合处理流程	118
5.6.4	仿真分析	119
5.6.5	结束语	122
5.7	人工观察哨运动目标纯方位定位方法	123
5.7.1	引言	123
5.7.2	问题提出	123

5.7.3	运动目标纯方位定位方法	124
5.7.4	仿真验证	126
5.7.5	结束语	129
5.8	基于形态特征的动态规划 TBD 算法	130
5.8.1	概述	130
5.8.2	雷达目标起伏模型	130
5.8.3	形态特征的提取方法	131
5.8.4	具有形态特征的动态规划 TBD 检测算法	131
5.8.5	试验仿真	132
5.8.6	结论	134
5.9	目标跟踪的多周期多模型滤波算法	134
5.9.1	概述	134
5.9.2	多模型估计方法	134
5.9.3	多周期多模型滤波算法	137
5.9.4	非机动、机动目标仿真结果	139
5.9.5	结束语	142
	参考文献	142
第 6 章	目标识别和态势生成技术	145
6.1	空中目标属性识别	145
6.1.1	概述	145
6.1.2	识别原则	145
6.1.3	目标属性识别数据准备	146
6.1.4	目标属性识别的实现方法	148
6.1.5	结束语	151
6.2	云模型在目标威胁估计中的应用	152
6.2.1	概述	152
6.2.2	云模型	152
6.2.3	基于云模型的目标威胁估计	154
6.2.4	实例分析	157
6.2.5	结束语	158
6.3	防空探测预警系统数据融合结构模型	158
6.3.1	概述	158
6.3.2	融合结构比较	159
6.3.3	同类探测单元信息处理	160
6.3.4	多源异类信息处理	160

6.3.5	面向任务的信息处理	161
6.3.6	融合效果在线评估	161
6.3.7	处理方法和探测单元反馈控制	161
6.3.8	结束语	161
6.4	防空预警探测网综合态势生成技术	162
6.4.1	概述	162
6.4.2	防空预警探测网的特点	162
6.4.3	防空预警探测网态势感知	163
6.4.4	防空预警探测网观察态势	165
6.4.5	防空预警探测网估计态势	166
6.4.6	防空预警探测网预测态势	168
6.4.7	结束语	168
	参考文献	168
第7章	电子干扰和抗干扰技术	170
7.1	防空探测预警系统抗干扰技术	170
7.1.1	防空探测预警系统的电磁环境	170
7.1.2	防空探测预警系统的抗干扰技术和措施	173
7.1.3	结束语	176
	参考文献	176
第8章	防空探测预警系统信息融合性能评价	178
8.1	信息融合框架	178
8.1.1	信息融合基础概念	178
8.1.2	信息融合的功能通用模型	179
8.2	信息融合技术	181
8.2.1	信号检测理论	182
8.2.2	最优估计理论	182
8.2.3	数据关联技术	182
8.2.4	神经网络—模糊推理跟踪器	183
8.2.5	贝叶斯理论	184
8.2.6	证据组合理论	184
8.3	信息融合性能评价指标	185
8.3.1	研究评估指标体系建立的原则	185
8.3.2	确定指标体系的方法研究	186
8.3.3	信息融合技术指标评价体系的建立	187

8.4	信息融合性能评价框架	189
8.4.1	信息融合技术评价指标总体框架	189
8.4.2	信息融合技术指标评价体系的建立流程	190
8.5	目标融合航迹质量评估方法	191
8.5.1	概述	191
8.5.2	评价指标统计方法	193
8.5.3	航迹质量评价指标的算法模型	194
8.5.4	案例应用	198
8.5.5	结语	201
8.6	防空探测预警系统点迹融合性能评估技术	201
8.6.1	概述	201
8.6.2	融合性能评估指标	202
8.6.3	融合性能评估模型	203
8.6.4	融合性能评估流程	209
8.6.5	结束语	210
	参考文献	210
第9章	防空探测预警系统传感器终端技术	212
9.1	雷达终端	212
9.1.1	雷达终端功能	212
9.1.2	传感器终端设备外部接口	212
9.1.3	传感器数据处理技术	212
9.2	广播式自动相关监视(ADS-B)终端	221
9.2.1	概述	221
9.2.2	ADS-B 功能	222
9.2.3	设备组成和连接关系	223
9.2.4	ADS-B 信号处理与分发	224
9.2.5	主要技术指标	226
9.3	强杂波背景下目标航迹起始与跟踪技术	227
9.3.1	问题的提出及解决思路	227
9.3.2	目标“当前”统计模型	227
9.3.3	目标航迹起始与跟踪的关键技术描述	228
9.3.4	试验结果与分析	231
9.3.5	结束语	232
	参考文献	232

第 10 章 防空探测预警系统集成与技术	233
10.1 系统集成的概念	233
10.2 防空探测预警系统集成内容	233
10.2.1 硬件集成	233
10.2.2 软件集成	234
10.2.3 数据集成	234
10.3 防空探测预警系统即插即用技术	235
10.3.1 概述	235
10.3.2 系统加入服务过程	235
10.3.3 系统信息加入服务过程	236
10.3.4 系统信息资源提供服务过程	237
10.3.5 信息代理服务过程	237
10.4 防空探测预警系统信息共享技术	238
10.4.1 概述	238
10.4.2 一体化信息环境	239
10.4.3 按任务信息分发的需求描述模型	239
10.4.4 按任务信息分发的技术实现过程	240
10.4.5 按任务信息分发的责任与权限管理	242
10.5 防空探测预警系统面向服务架构的异构系统集成模型	242
10.5.1 概述	242
10.5.2 面向服务的体系结构概念	243
10.5.3 面向服务的异类分级服务系统架构模型设计	243
10.5.4 结束语	246
10.6 防空探测预警系统面向数据的集成技术	246
10.6.1 信息资源规划技术	247
10.6.2 可扩展标记语言技术	248
10.7 防空探测预警系统接入设备介绍	250
10.7.1 概述	250
10.7.2 一体化防空探测预警系统的组成和结构	250
10.7.3 一体化防空探测预警系统信息体系结构	251
10.7.4 一体化防空探测预警系统接入需求和实现技术	252
10.7.5 结束语	257
参考文献	257

第1章 引 论

1.1 防空探测预警系统面临的威胁

当今世界并不太平,霸权依然存在,各种矛盾交织。世界各地密布着各种军事基地,部署了各类作战平台,如隐身战略轰炸机、重型战斗机、先进无人机、巡航导弹等,对各国国土防空形成了重大威胁和严重挑战。来自空中的威胁仍然是最重要、最难以防御的,因此必须不断增强国土防空能力,构建陆海空天一体的防空体系,使防空作战具备体系化能力。

伊拉克、阿富汗等几场局部战争说明,现代战争中,隐身飞机、综合电子干扰与低空突防已成为现代雷达生存的重要威胁。为了在复杂多变的战场电磁环境中,保存雷达并能最大限度地发挥防空探测预警系统的情报保障效能,需要对防空探测预警系统内的雷达资源进行统一组织和管理,并根据作战态势,实时调整反侦察、反干扰、抗反辐射打击和机动作战行动,在保证防空探测预警系统探测覆盖的连续性、严密性和重叠性的条件下,不浪费雷达资源,从整体上达到雷达部署的最佳性能,提升防空探测预警系统对隐身目标、小目标、低空目标和高速高机动目标的探测能力,增强防空探测预警系统抗电子干扰、抗摧毁能力。

随着主要大国第四代、第五代战斗机的研制成功和列装,防空探测预警系统面临的威胁逐渐增大。隐身、高机动和超声速巡航是第四代、第五代战斗机的主要特点,其中:隐身能力使防空探测预警系统对目标的发现概率降低、预警距离缩短;高机动使预警网的跟踪能力下降,跟踪难以连续稳定;超声速巡航大大缩短预警时间,降低防空预警探测系统的警戒效能,对领空和国土安全构成重大威胁。各国除了提高作战武器性能与之相抗衡外,尤为重要的是需要研究与发展防空探测预警系统的反隐身能力,建立反隐身预警体系,针对可能出现隐身目标的区域,根据隐身目标的特点进行优化部署反隐身探测单元,并将反隐身探测单元和数据处理单元有机地组织起来形成防空探测预警系统网,通过组网系统的多探测单元和信息处理单元协同控制,各探测单元和信息处理单元采取反隐身探测和处理模式,按照预先定制的一组参数协同工作,形成最优的探测能力,提升对隐身目标的预警、信息处理、信息控制和信息服务能力。

干扰技术从单一、窄带干扰,向复杂、宽带干扰发展,向大功率、远距离、超宽频段覆盖发展,从干扰单一体制雷达向覆盖不同体制、不同频段雷达发展。针对电子干扰的不同类型和不同形式,单雷达难以对付多部干扰机的综合干扰,必须研制新

体制雷达、升级现有雷达并充分利用现有探测单元,通过探测单元和信息处理单元组网,进行整体对抗。

低空和超低空目标的探测是防空预警探测系统最薄弱的环节,低空和超低空突防已成为现代飞机和巡航导弹的重要作战手段之一。由于雷达受地球曲率的影响,地基雷达对低空和超低空目标的探测范围十分有限,300m 以下只有几十千米的探测距离。由于地形多径效应、强表面杂波和地理遮蔽的影响,当目标处于低空并接近地平线时,电波传播损失严重,回波幅度减小,噪声电平增强,从而使回波信噪比严重减小,导致地基雷达难于有效探测发现低空和超低空目标,更不要说稳定跟踪它们。通过预警机、气球载雷达、无人机传感器、各类地基探测单元和信息处理单元组网探测与处理,增强防空探测预警系统对低空和超低空目标的探测能力,解决复杂环境下对低空目标和超低空目标的起始与跟踪问题。

1.2 防空探测预警系统威胁目标类型

随着科学技术的不断进步,作战武器的技术含量越来越高,作战区域从陆地和海洋发展到空中、临近空间和太空。因此,在相当长的一段时间内,防空探测预警系统将面临来自陆上、海上、空中和临近空间的目标威胁。这些威胁目标主要包括:各类常规作战飞机、隐身飞机、无人作战/侦察机、空天飞机;战略战术导弹、巡航导弹、反辐射导弹;电子侦察机、电子干扰机、反辐射攻击机等。一些目标不具有隐身性,这些目标一般具有较大的雷达反射面积(RCS)。另一些目标或者物理尺寸小或者具有隐身能力,这些目标具有较小的雷达反射面积。防空探测预警系统对这些目标的探测和跟踪必须依据其特点,采用不同的配置、部署和协同探测,方可提高发现与跟踪能力。

1.2.1 常规作战飞机

常规作战飞机主要用于空战,也可用于近距离空中支持,执行战区控制任务,还可用于对地攻击。这类飞机属于第一代到第三代飞机。它们是防空探测预警系统需要捕获、跟踪、监视的一类重要目标,这类目标一般来自空中,利用常规探测单元和常规数据处理方法就能较好地发现、跟踪和监视这类目标。因此,这类目标对防空探测预警系统构成的威胁相对较小。

1.2.2 隐身飞机

隐身飞机又可分成隐身轰炸机和多用途作战飞机。美国生产的 B-1B 隐身战略轰炸机是超声速变后掠翼多用途远程战略轰炸机,其雷达散射面积仅有 1m^2 ,最大高度为 9000m,最大平飞速度为 412m/s ,巡航速度为 231m/s ,航程为 12000km。美国生产的 F-22 空中超级战斗机,其雷达散射面积仅为 0.065m^2 ,最

大高度为 15000m,最大速度为 594m/s,巡航速度为 495m/s。隐身飞机属于第四代或第五代作战飞机,它们具有低可探测性、高机动性及敏捷性、超声速巡航、先敌发现及先敌发射和大航程等特点。常规目标和隐身目标的 RCS 比较见表 1-1。因此,隐身作战飞机相对于常规作战飞机而言,是防空探测预警系统较难发现和跟踪监视的一类目标,对防空探测预警系统构成严重威胁,防空探测预警系统必须研制部署新体制雷达和升级现有雷达加以应对。

表 1-1 常规目标和隐身目标的 RCS 比较

飞机类型	RCS/m ²	飞机类型	RCS/m ²
B-52	100	MG-29	3
BlackJack	15	B-1B	0.75
FB-111	7	B-2	0.1
F-4	6	F-117	0.025
MG-21	4	F-22	0.065

1.2.3 电子战飞机

防空探测预警系统面临的另一个重要威胁来自电子战飞机。通信设施和有源探测单元常受到电子战飞机的干扰、欺骗直到摧毁。例如,美国洛克希德公司在 C-130 运输机基础上研制的电子对抗飞机 EC-130H 对防空预警探测系统就是一巨大威胁。它主要用于对无线电通信、探测单元、指挥控制系统以及导航等设备或单元实施干扰,具有干扰距离远、干扰频率宽、干扰功率大等特点。EC-130H 可在目标区 120km 以外对通信设备进行干扰,既能达到干扰目的,又可保证本机安全。它可一边接收敌方通信信号或探测单元辐射信号,一边对探测单元、无线电指挥系统、通信和导航设备进行压制干扰。

由于这类目标本身会进行电磁辐射,防空预警探测系统可利用其辐射信息进行目标辨识、定位和跟踪,为指挥控制系统和武器控制系统提供及时的信息服务,武器控制系统实时做出应对,从而提高防空探测预警系统自身的生存能力。

1.2.4 空天飞机

空天飞机是近几年出现的、对防空探测预警系统最具威胁的高超声速飞行器,其飞行高度可达 100km,速度可达几马赫到十几马赫,航程可达 15000km,机动性强,特别是横向机动能力强、携带燃料少、重量轻。例如,美国国家航空航天局牵头开发的高超声速飞机 X-4X 系列飞机,由于来自临近空间,具有高速高机动能力,现有防空探测预警系统探测跟踪该目标难度很大。

1.2.5 巡航导弹

巡航导弹是防空探测预警系统面临的另一个重要威胁。巡航导弹具有突防能

力强、作战机动灵活、命中精度高等多种作战特性。巡航导弹易于隐身和超低空进入,现有雷达和探测设备难于发现。现代巡航导弹的飞行高度一般在 $10 \sim 150\text{m}$ 。地面视距雷达的最大发现距离只有约 50m 。只有使用升空探测装备(预警机和气球载雷达等),才能增大发现距离。现代巡航导弹的命中圆概率误差(CEP)一般能达到几米至几十米。射程为 $2500 \sim 3000\text{km}$ 的巡航导弹的命中精度可达几米。现代巡航导弹的体积一般比较小,重量轻,可以使用多种运输和发射平台,实现灵活机动作战。如美制 AGM-86、AGM-129 以及俄制 X-555 巡航导弹,其弹长约为 6m ,弹径约为 0.6m ,飞行高度为 $10 \sim 150\text{m}$,飞行速度在 0.75Ma 左右。这类目标可能来自低空和海面,往往隐蔽于复杂的地物散射杂波或海杂波中,防空探测预警系统对这类目标的探测和跟踪具有较大难度。

1.2.6 战略战术弹道导弹

弹道导弹在相当长的时间内都是各国军火库中必备之物。各国都不遗余力地发展或获取这种武器,建立未来发展和生产这些武器所必须的基础设施,积极在国际市场寻求生产这些武器所需要的技术、材料和人才,以缩短研制周期和加大发展速度。因此,弹道导弹的威胁在相当长的时间内存在。

弹道导弹一般是由运载火箭和弹头组成,运载火箭由液体或固体燃料发动机以及制导控制部分组成。弹头是弹道导弹的战斗部,根据导弹的使用目的有不同设计。弹道导弹的飞行轨迹一般可分为助推段、中段和末段。助推段包括发动机点火、垂直起飞、按程序转弯、末级发动机关机等控制过程。中段包括无动力及大气影响较小的飞行段,有时又称这一过程为自由飞行段。末段包括导弹再入比较稠密大气层的阶段,有时称这一过程为再入段。防空探测预警系统主要需要在再入段及时发现和探测弹道导弹目标,并进行告警,为弹道导弹末段拦截系统提供信息。

1.2.7 无人机

无人机能够实现多项有人机的功能,而且具有造价低廉、操作方便、可以减少人员伤亡等优点,因而受到各国战场指挥官的青睐。在伊拉克和阿富汗战场上空,美国低空飞行的“先锋”“渡鸦”,中空翱翔的“捕食者”和高空的“全球鹰”,不但充当着美军的“眼睛”和“耳朵”承担情报收集功能,有时还作为锐利的“喙”和“爪”执行攻击任务。无人机的大量运用在很大程度上改变了战场的形势,伊拉克的恐怖袭击事件从 2007 年起开始直线下降,一个重要原因就是美军从无人机上获取的实时视频信息显著增加。

无人机不仅能作为侦察平台,更重要的是将成为具备一定感知能力的机器人,可以执行侵入、窃听、接管控制或攻击网络、远程打击甚至空空作战和空运等任务。