

DAODAN
TUFANG ZHONG DE
DIANZI DUIKANG JISHU

导弹突防中的 电子对抗技术

廖平 姜勤波 著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

导弹突防中的电子对抗技术

廖 平 姜勤波 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书在对美国弹道导弹防御系统总体情况、弹道导弹突防原理和面临的新威胁、现代雷达原理进行介绍和分析的基础上,讨论了弹道导弹突防中电子对抗的基本原理,着重论述了两种电子对抗技术——有源电子对抗技术和无源电子对抗技术。本书力求讲清楚弹道导弹突防中电子对抗技术所涉及的基本概念、基本公式和基本结论,让读者对弹道导弹突防中的电子对抗技术有总体把握。

图书在版编目(CIP)数据

导弹突防中的电子对抗技术 / 廖平, 姜勤波著.

—北京: 国防工业出版社, 2012. 1

ISBN 978-7-118-07552-6

I. ① 导... II. ① 廖... ② 姜... III. ① 导弹—导弹防御系统—电子对抗 IV. ① 1761.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 124345 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 14 1/4 字数 280 千字

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3500 册 定价 42.00 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

现代科学技术的发展,从根本上改变了战争的时空概念。应运而生的电子战作为一个动态性极强的领域,在电子技术、信息技术、数字技术、通信技术、计算机技术和网络技术的飞速发展过程中,也得到了令世人瞩目的跨越式发展。

自从 1957 年第一枚洲际弹道导弹产生以来,它以反应速度快、准确可靠、威力大(可携带核弹头)和可攻击各类战略目标的鲜明特点而立即受到全世界的广泛关注。拥有洲际导弹已经成为一个大国的象征。然而针对弹道导弹的防御研究也从未停止过,尤其从 2001 年 12 月布什正式宣布退出美苏 1972 年签署的《反弹道导弹条约》以来,将国家导弹防御系统(NMD)与战区导弹防御系统(TMD)合并成“弹道导弹防御系统”(BMDS),构建了一个有史以来最为复杂和最为庞大的集预警探测和拦截于一体的分层防御体系。除弹道导弹外,巡航导弹以其超低空飞行和精确打击等特点,在几次局部高技术战争中发挥出令人瞩目的作用,因此,针对巡航导弹的防御系统也在加紧建设,为进一步提高巡航导弹的生存能力,必须寻求新的技术手段提高其突防效能。

对付 BMDS 计划可以采取针锋相对的战略,即发展自己的 BMDS,但短时间内通过发展 BMDS 来达到影响战略平衡是很困难和不太现实的。但如果从完善导弹技术方面入手,提高弹道导弹突破 BMDS 的能力,毫无疑问,这是一种既经济且耗时短的方案。这既是一种威胁力量,又是导弹效能的一种倍增器。采用综合突防手段,开发弹道导弹全程突防技术所产生的心理价值和威慑价值都是不可估量的。在未来的战争中,如何使弹道导弹继续发挥它杀手锏的作用,在保证弹头命中精度的条件下进行有效突防,向着更好地保护自己和更有效地消灭敌人两个方向发展,提高弹头的生存能力,已经成为摆在包括我国在内的世界各国面前的重要而紧迫的课题之一。

为了提高弹道导弹和巡航导弹的突防能力和作战效能,有必要针对导弹防御系统的特点研究有效的突防措施。目前弹道导弹和巡航导弹防御系统广泛应用雷达作为其最重要的预警、探测和制导手段,而利用电子对抗技术来突破 BMDS 系统

将是提高导弹突防能力的一个有效手段,所以研究导弹突防中的电子对抗技术意义重大。

本书在对弹道导弹防御系统总体分析、弹道导弹威胁分析和现代雷达技术分析的前提下,讨论了弹道导弹突防中电子对抗的基本原理,着重论述了两种电子对抗技术——有源电子对抗技术和无源电子对抗技术。

本书力求讲清楚导弹突防中的电子对抗技术所涉及的基本概念、基本公式和基本结论,让读者对弹道导弹突防中的电子对抗技术有总体把握。

本书可供相关专业领域科研人员、军队专业技术指挥人员阅读参考,也可作为院校专业课程教材。

本书编写过程中得到了中国电子科技集团公司第 29 研究所康义国、徐锐、陈鑫、梁永生、王林等同志的大力支持,重点实验室吴伟奇博士、王令欢博士和代表室刘云峰博士对本书部分章节进行了勘误和精心编排,二炮工程学院马红光教授对全书内容进行了审定。在此,对给予本书关心和支持的朋友们一并表示感谢!

由于作者水平有限,疏漏与不当之处,敬请读者提出批评指正。

作者
2011 年 7 月

目 录

第 1 章 弹道导弹防御系统	1
1.1 美国弹道导弹防御计划的提出和发展	1
1.2 美国弹道导弹防御系统的组成	4
1.2.1 助推段防御体系	4
1.2.2 中间段防御体系	7
1.2.3 末段防御体系	15
1.3 弹道导弹防御系统的试验情况和最新进展	19
1.3.1 弹道导弹防御系统拦截试验情况	19
1.3.2 弹道导弹防御系统的最新进展	23
1.3.3 弹道导弹防御系统的部署方案	24
1.4 美国弹道导弹防御系统的启示	25
1.4.1 弹道导弹防御系统的特点分析	25
1.4.2 弹道导弹防御系统对抗措施启示	27
1.5 小结	29
第 2 章 导弹突防中的电子对抗	30
2.1 弹道导弹突防	30
2.1.1 弹道导弹突防的原则性要求	30
2.1.2 弹道导弹突防的突防战略	31
2.1.3 弹道导弹突防的技术手段	32
2.2 电子战与电子对抗	38
2.2.1 电子战的基本概念	38
2.2.2 电子战在现代战争中的作用	40
2.3 弹道导弹突防中的电子对抗威胁	41
2.3.1 导弹发射基地面临的电子威胁	41
2.3.2 导弹助推段面临的电子威胁	41

2.3.3	导弹自由飞行段面临的电子威胁	42
2.3.4	导弹再入段面临的电子威胁	43
2.4	导弹突防电子对抗体系	43
2.5	巡航导弹突防	45
2.5.1	巡航导弹的制导方式分析	45
2.5.2	针对巡航导弹的电子对抗措施分析	46
2.5.3	巡航导弹突防中的电子战作战对象及对抗策略	48
2.6	小结	51
第3章	现代雷达原理	52
3.1	雷达基本概念	52
3.1.1	雷达起源与分类	52
3.1.2	雷达测量原理	55
3.1.3	雷达主要技术参数和性能指标	62
3.2	雷达方程	64
3.2.1	基本雷达方程	64
3.2.2	匹配滤波	67
3.2.3	雷达搜索与脉冲累积	67
3.2.4	雷达系统的损耗	68
3.2.5	修正雷达方程	69
3.3	雷达信号检测	70
3.4	雷达目标跟踪	73
3.4.1	单目标角度跟踪	73
3.4.2	单目标距离跟踪	76
3.4.3	单目标速度跟踪	76
3.4.4	多目标跟踪	78
3.5	先进雷达技术和先进体制雷达	79
3.5.1	频率捷变	79
3.5.2	脉冲压缩	82
3.5.3	相控阵列天线	88
3.5.4	动目标指示雷达	94
3.5.5	脉冲多普勒雷达	100

3.5.6	合成孔径雷达	108
3.6	雷达技术的发展	119
3.7	小结	121
第4章	电子对抗原理	122
4.1	电子对抗的基本原理	122
4.2	电子侦察原理	123
4.2.1	电子侦察的分类	123
4.2.2	电子侦察的特点	124
4.2.3	电子侦察面临的挑战	125
4.2.4	电子侦察系统的组成	125
4.2.5	电子侦察关键技术概述	127
4.2.6	电子侦察方程	132
4.3	电子干扰原理	134
4.3.1	电子干扰技术的分类	134
4.3.2	有源电子干扰	135
4.3.3	无源电子干扰	143
4.4	雷达体制和工作模式对电子干扰效能的影响	144
4.5	小结	144
第5章	有源电子干扰技术	145
5.1	干扰方程	145
5.1.1	干扰方程的讨论	147
5.1.2	不同工作模式下有源干扰	147
5.2	遮盖性干扰	153
5.2.1	遮盖性干扰技术的定义及其分类	153
5.2.2	噪声调幅干扰	155
5.2.3	噪声调频干扰	157
5.3	欺骗式干扰	160
5.3.1	欺骗式干扰技术的定义与分类	160
5.3.2	距离波门拖引和速度波门拖引	161
5.3.3	多假目标欺骗技术	162
5.4	常见的干扰机类型	164

5.5 具有相控阵天线的干扰机	168
5.6 干扰机的器件	172
5.6.1 微波电真空器件	172
5.6.2 微波半导体器件	177
5.6.3 欺骗干扰机的延迟线	179
5.6.4 数字射频存储器	182
5.7 小结	183
第6章 无源电子干扰技术	184
6.1 偶极子反射体	184
6.2 反射器	188
6.3 假目标	191
6.4 电波吸收材料	191
6.5 气悬体	194
6.6 毫米波无源干扰技术	195
6.6.1 毫米波箔条	195
6.6.2 毫米波箔片	196
6.6.3 毫米波纤维类	196
6.6.4 毫米波等离子体	197
6.6.5 泡沫云干扰	198
6.6.6 晶须类材料	199
6.6.7 膨胀石墨干扰	200
6.7 作战运用	203
6.8 小结	205
附录 缩略语词汇汇总表	206
参考文献	218

第 1 章 弹道导弹防御系统

弹道导弹自问世以来,就因为其巨大的杀伤力和不易防御的特点,成为决定各国军事力量强弱的重要武器。其中洲际弹道导弹不仅具有几乎可以覆盖全球的射程,而且可以携带核子、生化等破坏力惊人的弹头,是各国之间相互威慑和制衡的战略性武器。为防御敌方弹道导弹的威胁,世界主要军事强国都在大力研究或研制导弹防御问题或系统。弹道导弹防御问题,已成为大国之间太空争夺和太空对抗的最现实、最重要的表现形式之一^[1]。

弹道导弹防御又称反导防御,即针对弹道导弹飞行各阶段的特征,发现、跟踪、识别并将其击毁^[2]。为了能够拦截住对方的弹道导弹,目前美国^[3]、俄罗斯^[4]和以色列等国已经建立起实用的弹道导弹防御系统(BMDS),而美国的弹道导弹防御系统研究开展最早,投入最大,防御技术和防御层次也最为全面。这个集预警探测和拦截于一体的分层防御体系包含主动段防御、中间段防御和末段防御^[5],可能是人类历史上最为复杂和最为庞大的武器系统。研究弹道导弹的突防问题,美国弹道导弹防御系统无疑是最好的研究对象。

本章以美国弹道导弹防御系统为例,1.1 节介绍 BMDS 的提出、历史沿革和发展。1.2 节描述 BMDS 的三层防御体系,介绍其组成、工作原理和相互关系。1.3 节介绍 BMDS 的试验情况和最新进展。1.4 节分析 BMDS 的特点、未来发展预测和对抗措施。最后对本章内容进行小结。

1.1 美国弹道导弹防御计划的提出和发展

美国是世界上最积极发展弹道导弹防御的国家。从 20 世纪 50 年代苏联陆军研制装备洲际导弹以来,就着手于弹道导弹的防御工作。先后制定过“奈基—宙斯”、“卫兵”、“星球大战”、“弹道导弹防御”等导弹防御计划。

美国早期弹道导弹防御系统的“代表作”有两个:一是在“奈基”Ⅱ防空导弹的基础上加以改进,以达到能拦截弹道导弹的“奈基”Ⅲ,即“奈基—宙斯”;二是能实施分层拦截的“卫兵”导弹防御系统。“卫兵”是美国为保卫洲际导弹基地而研制、装备、部署、后又拆除的“以核抗核”的早期反洲际导弹的弹道导弹防御系统。

“奈基—宙斯”系统研发于 1955 年,20 世纪 60 年代第一代系统(“奈基”Ⅲ系

统)进行了全系统综合拦截试验。该系统是美国导弹防御系统的雏形,它由高空拦截导弹、目标搜索、识别、跟踪雷达、引导雷达、指挥控制中心和数据处理设备等组成,用于保护城市。该系统属预研性型号,由于弹头突防技术的发展,特别是多弹头的出现,它识别真假弹头的能力有限,不具备对付多弹头的能力,因此没有成批生产和部署。

“卫兵”系统最初主要用于保护美国本土人口密集地区的导弹防御系统。1968年,美国将其保护的目标由人口密集地区改为美国的战略核力量,1969年,美国会批准部署了主要针对苏联的“卫兵”系统。该系统包括:3个“斯普林特”导弹发射场,有70枚导弹用于低空近程拦截;1个“斯帕坦”导弹发射场,有30枚导弹用于高空远程拦截;2部相控阵雷达。“卫兵”防御系统有两个特点:一是采用高空和低空两种拦截导弹,可实施双层拦截,以扩大保护空域和初步解决识别真假弹头问题;二是采用相控阵雷达并提高数据处理能力,以解决对付多个目标问题。随着战略弹道导弹弹头突防技术的发展,美、苏两国的导弹都装配了分导式多弹头,继续发展机动式弹头。导弹防御系统对付的目标日益增多和复杂,其作战效能有限,生存能力低,成本昂贵,不能根本解决导弹防御技术上的难题。因此,美、苏两国虽然都研制了导弹防御系统,但都不急于大规模生产和部署,宁愿受1972年5月两国签署的《美苏关于限制反弹道导弹系统条约》的约束,双方部署场地各限制为两个。1974年7月签订《限制反弹道导弹系统条约议定书》,双方同意各部署一个场地,100枚拦截导弹。1976年2月,美国陆军正式宣布关闭“卫兵”防御系统反导场地,只保留远程搜索雷达,作为弹道导弹预警系统和空间监视系统的设备。并继续研制新一代的反导手段^[6]。

“星球大战计划”是1983年里根政府提出的发展导弹防御武器系统计划,正式名称叫“战略防务倡议”(SDI)，“星球大战计划”是其形象化的称谓。该计划试图通过发展各种先进的非核防御武器,包括各种动能武器和定向武器以及各种先进的探测器技术,建立一个所谓的“天网”,对来袭的战略导弹飞行全程进行多层拦截。冷战结束和苏联解体使老布什政府将弹道导弹防御的重点转为对付第三世界国家潜在的导弹袭击,“战略防务倡议”被改为“对付有限打击全球防护系统”。

克林顿就任美国总统后,1993年5月,随着苏联解体和冷战结束,美国在进行新的战略评估后,宣布终止“星球大战”计划,转而执行“弹道导弹防御”计划。“弹道导弹防御”计划包括两个部分:一是TMD系统,是“弹道导弹防御”计划重点发展的武器系统,主要用于在美国派遣有大量海外驻军和被其认为美军和盟国正在遭受导弹威胁的地区进行部署;二是NMD系统,用于在美国本土部署导弹防御系统,计划在美国本土拦截3000km以上的中远程战略导弹,避免美国直接遭受来自敌国的导弹袭击。这样美国便把拦截战术导弹的战区导弹防御计划放到第一位,将国家导弹防御计划降至第二位,并把TMD计划发展的技术视为NMD计划发

展的“铺路石”^[7,8]。

1994年6月,美国国防部成立“弹道导弹防御体系办公室”,统筹建立“国家导弹防御系统”和“战区导弹防御系统”。美国的NMD系统在“弹道导弹防御”计划提出后的一段时间内受到了冷落。1996年2月,美国国防部在完成对“弹道导弹防御”计划的审查后建议将国家导弹防御计划提升为“部署准备计划”。为加速发展该系统,1999年3月,美国国会参众两院相继通过了建立“国家导弹防御系统”的法案,使之成为美国国策。计划2000—2005财年NMD的总经费为105亿美元。1999年10月,美国军方对用于“国家导弹防御系统”的导弹拦截技术进行了首次试验,并获得成功。2000年9月,克林顿宣布,由于对“技术和实用效能”缺乏“足够的信心”,美国政府决定暂不部署“国家导弹防御系统”。

小布什新政府一上台就迫不及待地表现其一定要部署NMD系统的“坚定决心”。2001年12月,布什正式宣布退出美苏1972年签署的《美苏关于限制反弹道导弹系统条约》,从而为美国部署“国家导弹防御系统”扫清了障碍。布什政府设想的导弹防御系统是克林顿政府提出的国家导弹防御系统的延伸与扩展,从以陆基中段拦截导弹为主发展到陆基、海基和空基多层次导弹防御体系的结合。为了争取盟友支持,布什还将NMD与TMD合并更名为BMDS,表示它不仅被用来保护美国,也要保护其盟国,甚至还想把“保护伞”撑到以色列。部署方式也得到改进,克林顿的NMD以陆基拦截为主要手段,而布什的BMDS则准备从陆基拦截进一步扩展到海基拦截和太空拦截,而且还具有机动性。美国国防部长拉姆斯·菲尔德在慕尼黑安全政策年度会议上说:“美国打算开发和部署一种旨在保护我们的人民和军队免遭有限弹道导弹攻击的导弹防御系统,并准备帮助受到导弹袭击威胁的朋友和盟国部署这样的防御系统”,暗示了其防御系统的拦截导弹可以部署在欧洲或亚洲,以保护没有防御弹道导弹袭击能力的盟国^[9]。

从1984年开始到现在,美国的导弹防御计划可以分为六个阶段。

(1) “战略防御倡议”的开端——科技的探索(1984—1987):探索和确立合适的技术,验证美国防御苏联大规模导弹攻击的可行性。

(2) 发展战略防御系统——第一阶段体系(1987—1991):发展和获得一个战略防御系统(阶段1),以阻止大规模苏联导弹对美国ICBM报复力量的第一次打击。

(3) 转变——防御有限攻击的全球保护系统(GPALS)(1991—1993):研制一个全球系统以保护美国和它的盟国免受无论何处来的有限的弹道导弹攻击。

(4) 战区导弹防御受到高度重视(1993—1996):在最短的可能时间内,研制和部署先进的战区导弹防御系统,执行国家导弹防御技术预备计划,随时准备响应对美国本土的威胁。

(5) 国家导弹防御再度脱颖而出(1996—2000):维护获得战区防御的优势,

同时将国家防御推向预备部署阶段,以对付有限的导弹攻击。

(6) 加速发展导弹防御系统的新阶段(2001—):提出一体化分层 BMDS,加紧试验验证与部署。

1.2 美国弹道导弹防御系统的组成

美国 BMDS 可能是迄今为止最为复杂和最为庞大的武器系统,现行的体系结构是三段式多层拦截模式:助推段防御(Boost Defense Segment, BDS)、中间段防御(Midcourse Defense Segment, MDS)和末段防御(Terminal Defense Segment, TDS),如图 1-1 所示。其中每段防御系统由警戒系统和拦截系统两部分组成。警戒系统实现对弹道导弹从发射到目标全过程的探测、发现、跟踪和威胁分析,引导拦截系统在合适阶段实施拦截。陆基中间段拦截 GBD 即为原来的 NMD 计划,末段防御系统即为原来的 TMD^[10]。

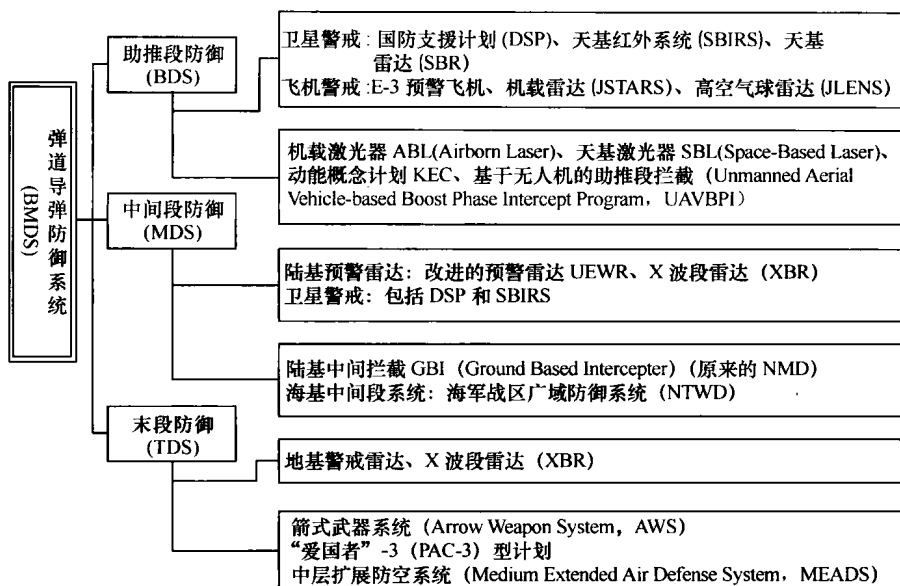


图 1-1 美国导弹防御系统组成

1.2.1 助推段防御体系

在导弹发射上升阶段发现并将其摧毁是导弹防御的最佳选择,但由于导弹发射的突然性、上升段时间短且目标位于别国领土,其技术实现相当困难。因此 BMDS 投入了大量的财力研制 BDS 的预警探测和拦截系统。

1. 助推段防御的预警探测系统

助推段防御的预警探测系统包含两个部分。卫星警戒:包括“国防支援计划”(DSP)、“天基红外系统”(SBIRS)以及“天基雷达”(SBR);飞机警戒:包括 E-3 预警飞机、机载雷达(JSTARS)、高空气球雷达(JLENS)。其中飞机警戒为非 BMDs 项目。

1) 国防支援计划(DSP)

DSP 预警卫星系统,现已发展到第三代,现役的 DSP 卫星是第三代,也称为 DSP-I 卫星(图 1-2),为 DSP-14~23 号卫星,1989 年开始发射。整个系统由 3 颗~5 颗地球静止轨道卫星组成,分别部署于大西洋、太平洋和印度洋上空,固定地对地球上某一地区扫描,具有大椭圆轨道能力。探测系统早期为红外 Ritchey-chretien 望远镜,后来从 DSP-14 开始又增加了 6000 阵元的 HgCdTe 双色($2.7\mu\text{m}$ 和 $4.3\mu\text{m}$)平面阵列探测器组成的望远镜。现役是第三代,经过一系列改进后,DSP 卫星不仅能探测陆射和潜射洲际弹道导弹,也能探测火焰燃烧时间较短、燃烧温度较低的中、短程战术弹道导弹。在海湾战争中导弹预警卫星曾探测到“飞毛腿”导弹发射。侦察卫星可以得到“飞毛腿”发射的信息,只要 30s 就可传给设在澳大利亚的地面卫星站一个警报信息,随后传到美作战指挥中心,再实时传给“爱国者”雷达站,使“爱国者”系统有充足的准备时间,可以成功地拦截“飞毛腿”导弹。这一战例也说明导弹预警卫星是弹道导弹突防的一个重大威胁^[11]。

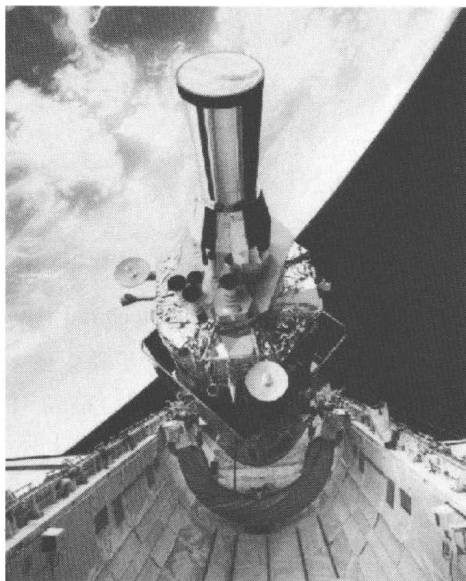


图 1-2 等待发射的 DSP 卫星

2) 天基红外系统(SBIRS,图 1-3)

DSP 系统最初是为了监视苏联及中国的战略核导弹发射而设计的。在海湾战争中暴露其数据传输时间过长、预警时间过短、不适于战术运用等缺陷。为此,美国又提出天基红外系统计划^[12]。天基红外系统包括高轨道卫星和低轨道卫星两部分,可以大大提高预警的准确性和及时性。特别是天基红外系统的低轨道卫星部分,将不仅可以用于导弹发射的预警,还可能为地基拦截弹提供超视距制导,从而大大增加拦截弹的防御区域。

天基红外系统——高轨(SBIR-High):由 5 颗静止轨道卫星(其中 1 颗轨道备

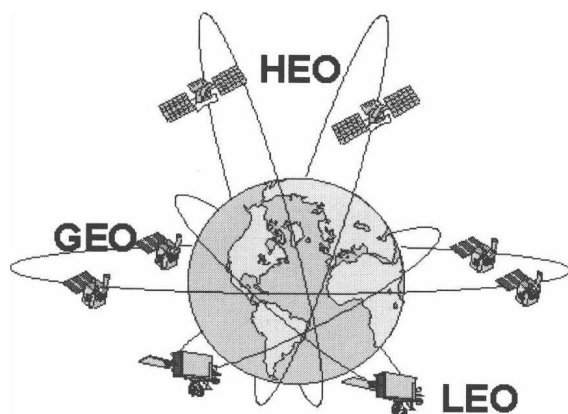


图 1-3 天基红外系统(SBIRS)

份)、2 颗大椭圆轨道卫星组成。扫描型探测器用一个一维阵列扫描地球的北半球和南半球,对导弹在发射时所喷出的羽焰进行初始探测。然后将探测信息提供给凝视型探测器,后者用一个精细得多的二维阵列将发射画面拉近,进行进一步观测。洛克希德·马丁公司的卫星上所用的扫描型探测器具有极快的扫描速度,它同高分辨力凝视型探测器相结合,使 SBIRS 卫星的扫描速度和灵敏度比 DSP 卫星提高 10 倍以上。这些改进再加上“云下”探测能力,将使 SBIRS 卫星对较小导弹发射的探测能力大幅度提高,可在导弹发射后 10s ~ 20s 内将预警信息传送到地面部队。

天基红外系统——低轨(SBIR-Low):由 24 颗低轨道卫星组成,SBIRS 低地轨道部分称为空间导弹跟踪系统(SMTS),也叫做慧眼(Brilliant Eyes)。每颗卫星将装有一台宽视场短波红外捕获探测器和一台窄视场凝视型多色(中波红外、中长波红外和长波红外以及可见光)跟踪探测器。具有在弹道导弹轨迹全程的跟踪能力。这样通过探测全球范围内的导弹发射和导弹各个阶段对弹道导弹跟踪,支持 TMD 和 NMD。它将及时、精确的信息,提示地基雷达捕获来袭导弹和弹头。

SMTS 星座以秒级提供全球弹道导弹发射预警。计划通过使用 SMTS 数据,使反导系统在远离保护目标的地基雷达范围之外拦截导弹。将导弹防御系统的防区扩大 3 倍~5 倍。有效载荷包括宽视场捕获敏感器(短波红外)、窄视场跟踪敏感器(可见光、中波红外、中长波红外、长波红外)。卫星星间链路频率为 60GHz,上下行链路为 20/44GHz,卫星控制网络采用 S 波段。

在近期,美国的国家导弹防御系统仍将利用现有的 DSP 卫星,提供敌方弹道导弹发射的预警信息。未来,当替代 DSP 卫星的 SBIRS 部署后,将改用天基红外系统预警卫星^[13]。

2. 助推段防御的拦截系统

该计划共有两部分。机载拦截器:包括波音 747-400F 机载激光武器(ABL)、F-14、F-15 机载动能武器(Arrow-2)和无人机载动能武器(UAV Arrow-2);星载拦截器:包括研究型的星载激光武器(SBL)和研究型的星载动能武器(SBKKV)。

目前,ABL 安装平台是波音 747-400F,ABL 功率为几兆瓦,射程几百千米。虽然一架 747-ABL 的造价近 10 亿美元,但威力却很大^[14]。“箭”-2 是美国与以色列的合作项目;射程 40km~50km,马赫数为 9,现场试验成功。其威力虽不及 ABL,但也十分强大。

1995—1996 年,美国空军的一项可行性研究分析认为:基于无人机的助推段拦截 UAVBPI 是最合适的一种选择。美国和以色列的 UAVBPI 计划由 BMDO 技术执行局负责施行。UAVBPI 是一种飞越对方上空的武器概念,它利用情报部门怀疑为战区弹道导弹(TBM)发射基地附近所部署的无人机坐标星座。要求无人机飞行高度高,巡航时间长,在对方上空待机巡游,可对发射基地连续监视。

1.2.2 中间段防御体系

中间段防御(MDS)体系由地基中间段系统(Ground Based Midcourse System, GBMS)和海基中间段系统(Sea Based Midcourse System, SBMS)组成。前者实际上就是原来的陆基 NMD,后者即为海军战区宽域(NTW)计划的延续。

1. 地基中间段系统

地基中间段系统(GBMS)的关键部分包括地基拦截弹(Ground Based Interceptor, GBI),大气层外拦截器(Exoatmospheric Kill Vehicle, EKV),X 波段雷达(X-Band Radar, XBR),改进的早期预警雷达(Upgraded Early Warning Radar, UEWR),预警卫星,作战管理/指挥、控制与通信(BM/C³)和空间探测技术。其组成要素如图 1-4 所示。

1) 地基拦截弹(GBI)

GBI 和它的配套系统是 GBMS 系统的武器系统,是一种先进的动能杀伤防御武器^[15]。它的任务是在来袭弹道导弹弹道的中间段或大气层外攻击它们,并利用碰撞力击毁它们。GBI 由几部分组成:导弹弹头(Kill Vehicle, KV),这一部分有探测、推进、通信、制导和计算功能,它们一起工作来完成拦截任务;此外,它的发动机将 KV 推进到合适的拦截位置,使 KV 完成末段机动和与来袭弹头的碰撞;另外, KV 还需地面指挥和发射设备,即发射拦截弹的装置。这部分设备与 BM/C³系统有硬件和软件界面、人工控制界面(操纵台)和拦截弹的储藏设施(地下弹库),以便完成日常维护和预备功能检测,为拦截弹按命令发射作准备。其任务是在大气层外(100km 以上的高度)拦截处于弹道中段高速飞行的弹道导弹弹头,并通过直

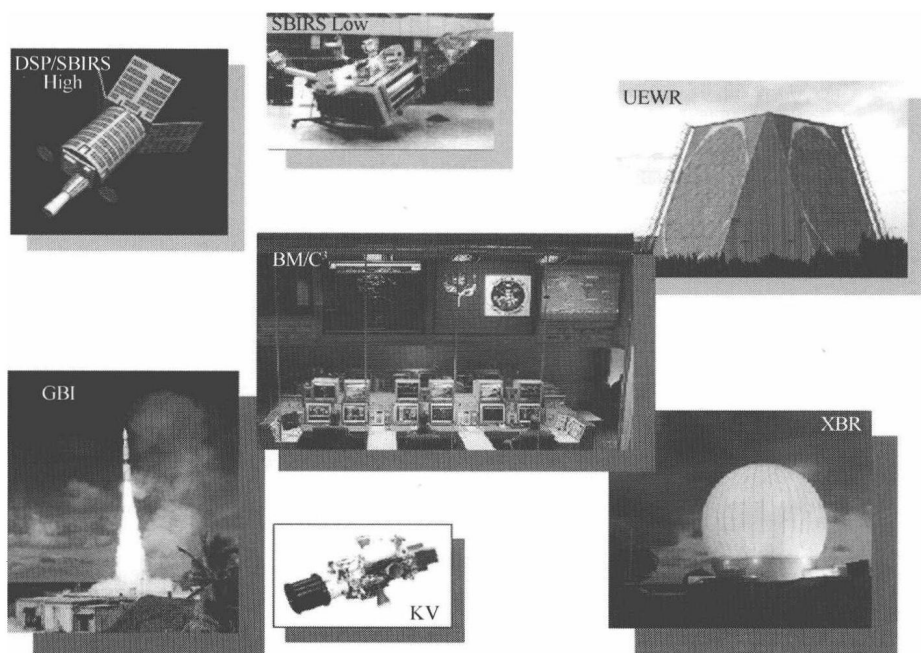


图 1-4 地基中段系统 GBMS 组成要素图

接碰撞摧毁它们。该拦截弹由一个称为“大气层外拦截器”(EKV)的动能杀伤弹头、两级固体助推火箭和发射拦截弹所需的地面支援设备等组成,如图 1-5 所示。

地基拦截弹的助推火箭要能够满足国家导弹防御的覆盖要求和时间线要求,即必须实现从美国中部的一个拦截弹基地覆盖 50 个州的要求,拦截弹的速度必须超过 7km/s 。1998 年 8 月,美国国防部弹道导弹防御局决定了选用现成的助推火箭方案:第一级助推火箭利用 Alliant 公司制造的 GEM-VN 固体火箭(现在供德尔它-2 火箭用);第二级助推火箭利用 Cordant 技术公司的 Orbus-1 火箭(现在由轨道科学公司使用)。

EKV 本身是一个能够自主作战的飞行器,它借助其高速飞行的巨大动能,以直接碰撞的方式拦截并摧毁来袭导弹的弹头。地基拦截弹的关键技术集中地体现在 EKV 上。EKV 由红外导引头、姿控与轨控推进系统、通信设备、制导设备和计算机等设备组成^[16]。美国已经选定采用雷声公司研制的 EKV,它长约 1.09m ,最大直径约 0.61m ,重约 50kg 。在以往外大气层进行的试验中,尽管有几次是因为“技术故障”导致失败,不过它的效能最终得到了有效验证。EKV 所采用的技术与宙斯盾防御系统中“标准”-3(SM-3)导弹的撞击—毁伤载荷和动能截击系统所采用的一致,目前这种技术仍在不断发展。