

level design and planning
t space - based early warning system

天基预警系统顶层设计与规划技术

◆ 熊伟 简平 刘德生 等著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

天基预警系统顶层设计与规划技术

熊 伟 简 平 刘德生 张 睿 刘 东 著
孙立远 刘呈祥 张 颖 郭 琳

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书主要阐述本书的研究背景和意义;介绍国外天基预警系统的发展情况、天基预警系统研究所需要的物理基础知识、天基预警系统的体系结构设计技术、天基预警系统的组网和优化设计技术、天基低轨预警系统初始任务规划和资源调度技术、天基低轨预警系统动态任务规划和资源调度技术、天基预警系统的定位与预报技术、天基预警系统的等效模拟系统设计与实现等。

本书可作为信息与通信工程宇航科学与技术、系统科学等学科的硕士和博士研究生的教材和参考书,也可作为科研院所相关专业工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

天基预警系统顶层设计与规划技术/熊伟等著. —北京:国防工业出版社,2018.2

ISBN 978-7-118-11461-4

I. ①天… II. ①熊… III. ①导弹预警卫星 IV. ①TJ861

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 006489 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)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$ 字数 301 千字

2018 年 2 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 88.00 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

随着弹道导弹技术的发展,以及现代国土防御对弹道导弹预警需求的不断提高,天基预警系统成为国家安全和国家战略资源的重要组成部分,是当今航天军事强国争夺信息优势的关键领域和重要支撑。天基预警系统主要由预警卫星网、地面控制站、地面接收站、信息传输系统、用户终端等组成,它能够利用其空间位置高远、探测覆盖面广、目标发现及时、全时段探测跟踪的优势,担负着快速获取战略、战术导弹等高价值目标的发射点、目标落点、飞行弹道、拦截时间等信息,提供武器单元所必需的支援信息军事任务,极大地提高了军事信息系统对战略和战术目标的预警探测能力,提高了武器单元对导弹等高价值目标的拦截和打击效率,从而大大提升了基于信息系统的体系作战的效能。

天基预警系统的建设和发展涉及工程、技术、机械、制造、研究等方面,是一个复杂的体系工程,它充分体现了国家的科学技术水平和军事综合实力。单从技术层面上讲,它包含了航天、信息、装备等技术领域,其发展是一个不断深入、完善、迭代的过程。在天基预警系统所涉及的众多技术领域中,顶层设计与规划技术显得尤为重要。

天基预警系统的顶层设计与规划技术研究主要指以红外探测器为卫星载荷,研究天基低轨预警系统体系结构、星座系统优化设计和面向导弹跟踪的任务规划等技术。与国外相比,我国在这些技术方面都存在不少差距,因此顶层设计技术的研究可以为设计我军的天基预警系统提供理论和方法基础。任务规划调度方法和技术的研究可以实现对天基预警资源和导弹目标跟踪任务的最优化匹配,能够有效地满足对目标的探测和跟踪需求,提高预警系统工作效率,从而增强导弹预警和跟踪能力,为我军天基预警系统支援下的反导作战应用提供高效的信息保障。

本书主要围绕天基预警系统体系结构、任务规划、定位与预报、等效模拟等

技术问题展开研究。分析总结了国外天基预警系统的研究现状和技术特点,介绍了涉及天基预警系统的物理基础知识,系统阐述了天基预警系统的顶层设计技术、组网与优化技术、任务规划与调度技术、弹道导弹定位与预报技术,设计并实现了天基预警系统的等效模拟系统,为研究论证天基预警系统提供了技术手段。

本书共分为9章。其中第1章由熊伟研究员编写;第2章由张睿助理研究员、郭琳助理馆员编写;第3章由熊伟、张颖编写;第4、5章由简平博士编写;第6章由孙立远工程师、简平博士编写;第7章由刘德生博士、刘东博士编写;第8章由熊伟博士编写;第9章由刘德生博士、刘呈祥博士编写。熊伟研究员对全书进行了统稿。在编写过程中,得到了吴玲达研究员、贾鑫教授的大力支持,在此表示诚挚的感谢。

本书得到了国防科技重点实验室基金课题的资助,对此表示感谢。由于作者理论、实践和技术水平有限,书中不足之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

作者

2017年10月

目 录

第 1 章 概论	1
第 2 章 天基预警系统概述	4
2.1 美国天基预警系统	4
2.1.1 国防支援计划	4
2.1.2 天基红外系统	8
2.1.3 太空跟踪与监视系统	11
2.2 俄罗斯/苏联天基预警系统	14
2.2.1 第一代天基预警卫星系统:“眼睛”系列卫量	14
2.2.2 第二代天基预警卫星系统:“预报”卫量	18
2.2.3 第三代“统一空间系统”	21
参考文献	22
第 3 章 天基预警系统的物理基础	24
3.1 弹道导弹预警的基本要求	24
3.1.1 总体要求	24
3.1.2 助推段的要求	25
3.1.3 自由段的要求	26
3.1.4 再入段的要求	26
3.2 导弹飞行的环境模型	26
3.2.1 空气动力及其力矩	26
3.2.2 地球引力和扰动引力	44
3.3 导弹飞行的动力学运动模型	50
3.3.1 弹道导弹动力学运动模型	50
3.3.2 无约束机动目标运动模型	52

3.3.3 导弹姿态控制	53
3.4 坐标系及其转换	57
3.4.1 坐标系系统	57
3.4.2 坐标系转换	62
参考文献	67
第4章 面向服务的天基预警系统体系结构设计技术	68
4.1 面向服务的系统设计思想	68
4.2 面向服务的体系结构设计技术	69
4.2.1 基于 DoDAF 的体系结构设计基础	69
4.2.2 面向服务的体系结构设计方法	77
4.2.3 天基预警系统作战视图模型	82
4.2.4 天基预警系统体系视图模型	95
4.2.5 天基预警系统服务视图模型	103
4.3 基于 IDEF3 的流程描述与验证技术	111
4.3.1 基于 IDEF3 的流程建模与分析方法	111
4.3.2 天基预警服务流程验证实例	114
参考文献	121
第5章 天基预警系统的组网及优化设计	123
5.1 天基预警系统组网及星座设计约束	123
5.1.1 目标可见性约束	123
5.1.2 传感器覆盖建模	126
5.1.3 定位精度模型	134
5.2 基于 selfGDE3 的低轨预警星座系统优化设计	136
5.2.1 低轨预警系统星座构型分析	136
5.2.2 基于自适应通用差异演化算法的优化设计方法	137
5.2.3 星座优化设计及验证	141
参考文献	153
第6章 天基低轨预警系统初始任务规划和资源调度技术	155
6.1 任务规划和资源调度问题分析	155
6.1.1 低轨预警系统任务规划调度概念模型	155

6.1.2	规划调度问题形式化描述	158
6.1.3	低轨预警系统任务规划调度输入和输出	162
6.1.4	低轨预警系统任务规划调度求解过程	164
6.2	基于补偿跟踪机制的初始任务规划调度建模	165
6.2.1	补偿跟踪机制	165
6.2.2	初始任务规划调度模型	168
6.3	初始规划调度模型求解	173
6.3.1	任务分解	173
6.3.2	基于动态优先级的启发式算法	175
6.4	算例与分析	182
6.4.1	仿真想定	182
6.4.2	资源冗余条件下的初始调度实例	183
6.4.3	资源无冗余条件下的初始调度实例	188
	参考文献	195
第7章	天基低轨预警系统动态任务规划和资源调度技术	196
7.1	低轨预警系统动态任务规划分析	196
7.1.1	动态扰动因素分析和动态任务规划需求	196
7.1.2	动态任务规划原则	197
7.1.3	动态重规划调度模式和策略	198
7.2	动态规划和调度问题建模	202
7.2.1	基本假设	202
7.2.2	基于冲突集的动态重调度问题模型	202
7.3	动态规划和调度模型求解	206
7.3.1	模型求解预处理	206
7.3.2	基于冲突消除的启发式算法	208
7.4	算例与分析	211
	参考文献	217
第8章	天基预警系统的定位与预报技术	218
8.1	通用目标观测和定位模型	218
8.1.1	观测模型	218

8.1.2	定位模型	219
8.2	高轨预警卫星对主动段目标的定位技术	220
8.2.1	双静止轨道卫星对目标定位	221
8.2.2	双大椭圆轨道卫星对目标定位	222
8.2.3	高轨与低轨卫星联合的目标定位	223
8.3	低轨预警卫星对自由段目标的定位技术	224
8.3.1	基于EKF的目标跟踪算法	225
8.3.2	多星联合定位及目标定位平滑	228
8.4	关机点估计和落点预报	232
8.4.1	关机点估计	232
8.4.2	落点预报	235
	参考文献	238
第9章	天基预警系统的等效模拟系统设计	240
9.1	总体设计	240
9.1.1	系统的主要功能	240
9.1.2	系统的主要组成	241
9.1.3	系统的总体框架	242
9.2	各分系统功能设计	245
9.2.1	仿真任务管理分系统	245
9.2.2	导弹模拟分系统	246
9.2.3	预警卫星仿真分系统	251
9.2.4	数据处理分系统	253
9.2.5	信息传输仿真分系统	254
9.2.6	数据库分系统	255
9.2.7	视景仿真分系统	257

第 1 章 概 论

天基预警系统作为战略预警系统的重要组成部分,其主要作用是利用空间探测优势,发现、识别、跟踪和监视敌方弹道导弹,通过测量来袭导弹相关参数,推断出导弹的落点、发射点、导弹来袭时间、飞行弹道、威胁程度、可拦截性等信息,提供拦截和反击所需要的各种支援信息。系统预警能力的高与低、提供预警时间的多与少,是导弹拦截成功与否的关键。天基预警系统的主体是外空间预警卫星网,通常采用高、低轨卫星组网、红外双探测器体制工作模式,其系统优势是地面和空间覆盖面积广,不受地面曲率的影响,仅需有限的卫星即可实现全球覆盖。

由于天基预警系统本身及其应用需求在系统建设和运行期间都存在着不可预见的变化,这种复杂的动态性要求天基预警系统应用必须也要具有灵活的动态特征以适应系统本身和应用需求的不断变化,这对于系统的顶层设计和资源规划提出了新的要求。因此,搞好天基预警系统的顶层设计与规划对整个战略预警系统的建设具有重要意义。

体系结构、星座构型、预报与定位能力是影响天基预警系统有效运行、发挥效能的重要因素,也是天基预警系统顶层设计的基本内容;任务规划是提高现有天基预警系统工作效率、增强导弹预警和跟踪能力的关键技术;模拟仿真是实现对天基预警系统中的关键技术、工作流程、军事应用等多方面验证的主要手段。本书围绕以上天基预警系统的顶层设计内容和关键技术手段展开了深入研究和详细论述。

(1) 研究并提出了适合于天基预警系统的体系结构建模方法,构建天基预警系统体系结构模型,模型内容主要包括:作战任务等关键作战要素,以及系统构成、接口和功能,系统所提供服务的各种要素,描述服务内部及其与作战活动、系统间的关系等内容。

(2) 根据天基预警系统应用模式和特点,从重点区域探测和空间多重覆

盖、定位精度、轨道参数优选和卫星配置等方面提出满足导弹防御需求的天基预警星座系统设计方法和过程,并设计出典型的星座系统方案。星座系统优化设计研究的目的是提高预警系统本身的服务能力,为应用单元提供更多的服务。

(3) 针对天基低轨预警系统任务特点,描述天基低轨预警系统任务规划内容、规划约束和规划过程等要素,建立了基于补偿跟踪机制的初始任务规划调度建模,设计并实现求解任务规划模型的启发式算法。

(4) 在初始任务规划研究的基础上,研究天基低轨预警系统动态规划模式和策略,建立系统动态规划模型,设计并实现求解动态规划模型的智能算法,并进行实例分析。

(5) 针对天基预警系统的定位与预报技术,研究了高轨预警卫星对主动段目标的定位技术和低轨预警卫星对自由段目标的定位技术,建立了导弹目标的关机点估计和落点预报模型。

(6) 基于 HLA+DDS 技术设计了天基预警系统的等效模拟系统,实现仿真任务管理分系统、导弹模拟分系统、预警卫星模拟分系统、数据处理模拟分系统、通信传输模拟分系统、视景仿真分系统、数据库分系统和评估分析分系统等功能模块,具备集中调度管理的异构分布式并行仿真能力。

本书的研究方法和成果对于开展我国天基预警系统顶层设计和作战应用研究,以及系统的建设和发展具有一定的理论意义和参考价值,对于开展天基预警系统的仿真、模拟、评估和性能预测有着重要意义。

(1) 为设计我国的天基预警系统提供理论和方法基础。

与国外相比,我国在天基预警系统设计理论和关键技术方面都存在不少差距,本书在研究中应用了体系结构理论、星座设计理论、多目标优化理论、智能优化算法等知识,研究适合于天基预警系统的体系结构描述和建模方法、低轨预警星座系统优化设计方法和过程,对天基预警系统顶层设计研究具有方法论的指导意义,同时为我军预警探测系统、反导体系的顶层设计和建设发展提供理论支持。

(2) 为有效满足天基低轨预警系统的作战应用需求提供基础和技术途径。

从体系结构层面对天基预警系统的作战应用需求和模式进行统一描述,建立天基预警系统、地面预警系统、指挥控制系统和导弹拦截系统间的横向联系,有效地描述系统作战流程和机理,实现决策人员、作战人员、系统设计人员和系

统实现人员等不同层次人员对系统本身及作战应用形成一致的理解和认识;在现有传感器技术的基础上,从卫星数量、轨道参数等方面优化低轨预警系统的空间布局,能在较大程度上提高系统本身的作战能力;另外,研究多个导弹目标预警跟踪的任务规划调度方法和技术,实现对天基预警资源和导弹目标跟踪任务的最优化匹配,能够有效地满足对目标的探测和跟踪需求,提高预警系统工作效率,从而增强导弹预警和跟踪能力,为天基预警系统支援下的作战应用提供高效的信息保障。

(3) 为先期开展天基预警系统的关键技术演示与验证提供试验环境。

天基预警系统的建设涉及的关键技术多、系统复杂、建设成本高,建设的风险高。为了保障系统建设的高效率和系统应用的科学性,除了做好天基预警系统的顶层设计工作,还必须做好地面的仿真与验证工作。因此,针对天基预警系统的需求,基于复杂大系统的仿真实理论与方法,运用大规模分布交互式仿真技术,通过建立天基预警系统各个子系统的多分辨率模型,合理设计各子系统之间的信息交互关系,经过迭代仿真试验和多层次的评估,来实现对天基预警系统中的关键技术、工作流程、军事应用等多方面的验证,从而为我国在轨天基预警卫星的建设提供重要的支撑。

第2章 天基预警系统概述

2.1 美国天基预警系统

美国从20世纪50年代开始研制天基预警卫星系统,先后研制了“导弹探测预警卫星”(MIDAS)和“弹道导弹预警系统”(BMEWS)试验型预警卫星,部署了“国防支援计划”(DSP)、“天基红外系统”(SBIRS)、“太空跟踪与监视系统”(STSS)等多种型号的天基预警卫星系统。目前,美国已形成了高低轨道相结合,预警、跟踪和识别功能复合的天基预警卫星网络。天基预警卫星系统可以为国家领导、作战指挥官、情报机构以及其他关键决策人员提供及时、可靠、准确的导弹预警与红外检测信息,使美国在全球导弹发射探测、弹道导弹防御、技术情报搜集及战时态势感知等方面具有领先优势。

截至2017年7月,美国在轨运行的天基预警卫星主要包括4颗DSP卫星、3颗“天基红外系统”大椭圆轨道(SBIRS-High)卫星、3颗“天基红外系统”地球同步轨道卫星(SBIRS-GEO)和2颗“太空跟踪与监视系统”(STSS)低轨卫星。

2.1.1 国防支援计划

2.1.1.1 发展现状

DSP卫星系统是美国部署的第一种实用型预警卫星系统,部署在静止轨道。美国国防部赋予DSP卫星两个作战使命:①探测并报告洲际弹道导弹和海上发射的弹道导弹对美国及其联盟国家的袭击;②监测导弹的空间发射和违反《全面禁止核试验条约》的核爆炸。

DSP卫星系统自1970年11月6日发射第1颗卫星以来,先后部署了五代(5个阶段),共23颗卫星(表2-1)。目前,DSP卫星仅有4颗卫星在轨服役,均为第五代。

表 2-1 各个阶段 DSP 卫星主要性能

参数 \ 阶段	阶段 1	阶段 2	阶段 3	阶段 4	阶段 5
卫星发射年份/年	1970—1974	1975—1978	1979—1984	1984—1988	1989—2007
卫星发射数目/颗	4	3	4	2	10
卫星失败数目/颗	1	0	0	0	2
飞行序号	1~4	5~7	8~11	12~13	14~23
设计寿命/年	1.25	2.0	3.0	3.0	3.0
平均工作寿命/年	7	9	12.8	11.5	>15
质量/kg	900	1040	1170	1670	2380
功率/W	400	480	500	680	1275
探测器波段/ μm	2.7	2.7	2.7	2.7/4.3	2.7/4.3
探测陈列数	硫化铅 1×2000	硫化铅 2×2000	硫化铅 2×2000	硫化铅 4×6000/ 碲镉汞 4×6000	硫化铅 4×6000/ 碲镉汞 4×6000
有效载荷	施密特望远镜、硫化铅红外传感器、RADEC 1 代核辐射传感器	施密特望远镜、硫化铅红外传感器、RADEC 2 代核辐射传感器	施密特望远镜、硫化铅红外传感器、RADEC 2 代核辐射传感器	施密特望远镜、双色红外传感器、先进 RADEC 1 代核辐射传感器	施密特望远镜、双色红外传感器、先进 RADEC 2 代核辐射传感器
姿态	自旋稳定	三轴稳定	三轴稳定	三轴稳定	三轴稳定

2.1.1.2 系统组成

1. 空间段

DSP 卫星预警星座设计上由 5 颗卫星组成,其中 3 颗为工作星、2 颗为备用星,运行在地球同步轨道上。3 颗工作卫星的典型定点位置是:第 1 颗卫星在印度洋上空(69°E),用于监视苏联/俄罗斯和中国的洲际弹道导弹发射场;第 2 颗卫星在巴西上空(70°W),用于探测美国东海岸以东海域核潜艇的导弹发射,第 3 颗卫星在太平洋上空(134°W),用于探测美国西海岸以西海域核潜艇的导弹发射。

以下按照 DSP 系列的发展过程,分阶段介绍卫星系统的组成。

第一阶段从 1970 年 11 月 6 日到 1973 年 6 月 12 日,共发射了 4 颗 DSP 卫星。这 4 颗 DSP 卫星中,除了第 1 颗卫星发射后没有正常入轨外,后续 3 颗卫星都发射成功并正常服役,形成了第一个 DSP 星座。每颗卫星质量约 900kg,电源功率为 400W,设计寿命为 1.25 年。其电源由粘贴在卫星圆柱体表面的太

阳能电池和尾部4片可展开的太阳能电池板提供。配备一个有 1×2000 个单元阵列的扫描红外传感器(硫化铅),传感器工作在 $2.7\mu\text{m}$ 的近红外波段。

第二阶段从1975年12月24日到1977年2月6日,共发射了3颗DSP卫星。这3颗DSP卫星都发射成功并正常服役,形成了第二个DSP星座。每颗卫星质量约1040kg,电源功率为480W,设计寿命为2年。其基本配置与第一阶段的产品相似,配备一个 2×2000 个单元阵列的扫描红外传感器,但是增添了一些电子模块。

第三阶段从1979年6月10日到1984年4月14日,共发射了4颗卫星。这4颗卫星都发射成功并正常服役,形成了第三个DSP星座。1975—1985年,苏联军事力量产生的威胁具有多样性和不确定性。这些不断增长和变化的威胁包括:数量不断增加的潜艇携带的远距离潜射导弹、多次再入运载工具和多次独立再入运载工具、移动发射的洲际导弹,以及类似于轨道拦截器、地基激光武器和粒子流武器等反卫星系统。为了应对这种军事局势,DSP系统发展了多轨卫星(MOS/PIM)。这种具有多轨能力的卫星能够运行于地球静止轨道(GEO)上,也能够运行于大椭圆轨道(HEO)上,后者是为了覆盖北极,以防该地区潜射弹道导弹的发射。但是在实际应用中,这些卫星从来没有在大椭圆轨道上运行过。由于这些卫星增加了额外的用来防止激光致盲、增强生存能力的外部电子模块;另外还增加了姿态控制系统的燃料以延长卫星在轨工作寿命,使其质量增加到1170kg,输出功率为500W,设计寿命为3年。配备一个 2×2000 个单元阵列的扫描红外传感器。

第四阶段从1984年12月22日到1987年12月29日,共发射了2颗卫星,这2颗卫星都发射成功并正常服役。这2颗卫星按发射顺序是第11、13颗卫星,按生产顺序是第5、第6颗卫星。在研制第二阶段的DSP卫星时,按生产顺序的第5颗卫星和第6颗卫星在生产完成后被保存下来,因为前期的DSP卫星在轨工作寿命超出预期,此后,第三阶段的卫星已经开始生产,2颗卫星就保留下来没有发射。这2颗卫星后来重新进行翻新,其性能在第三阶段产品的基础上进一步改进,其中包括增加了辐射探测传感器和新的红外主传感器。卫星的性能改善表现在分辨率的提高和两极覆盖性能的改善。新的红外主传感器就是DSP项目传感器进化发展计划(SED)的产物。一种碲镉汞(HgCdTe)探测器首次装备到这个阶段的卫星上,进行中波红外波段的探测能力试验。红外传感

器的单元阵列数增加到 4×6000 个,提供了在地平线之上(ATH)的探测能力。因此第四阶段的卫星开始具备双色探测能力。在增加了大量的探测器和进行数据处理的相关电子设备之后,卫星的质量增加到 1670kg,同时太阳能电池板的供电功率相应地提高到 680W,但是设计寿命还保持为 3 年。这个阶段的卫星与第三阶段的卫星可以通过其传感器部分的形状和大小来区别,此外这个阶段卫星的太阳能电池板具有独特的三角形特征。

第五阶段的卫星也称为“改进 DSP 卫星”(DSP-Improved, DSP-I)。这一阶段从 1989 年 6 月 14 日到 2007 年 11 月 11 日,共发射 10 颗卫星,其中有 8 颗卫星发射成功并正常服役,有 1 颗卫星(DSP-19)发射失败,有 1 颗卫星(DSP-23)工作了 9 个月后失效。根据原来的计划,这个阶段的最后一颗卫星应该是 DSP-25 卫星,由于 SBIRS 项目的展开和 DSP 卫星寿命的延长,最终 DSP-24 卫星和 DSP-25 卫星被取消。每颗卫星质量约 2360kg,输出功率为 1275W,设计寿命 5 年。最新的几颗 DSP 卫星配备由 4×6000 个碲镉汞探测器组成的单元阵列,在原有短波红外探测的基础上,增加了中波红外的探测能力,从而提高了对中近程等低能量级别导弹的预警能力和抗干扰能力。如果探测器在 $2.7\mu\text{m}$ 探测波长上受到激光干扰,就可以使用 $4.3\mu\text{m}$ 探测信号。DSP-I 卫星的有效载荷,除红外望远镜子系统外,还有双重功能的粒子探测器子系统,用于监测在大气层中或空间的核爆炸产生的中子流、 γ 射线和 X 射线。DSP-23 卫星还额外载有 24kg 的空间大气爆炸报告系统(SABRS),它也将用于 SBIRS-GEO 卫星上。为了提高自身的生存能力,DSP-I 卫星还采取了防核效应和防激光致育的加固、保护措施。

2. 地面段

DSP 系统最早设置了 3 个固定地面站、一个移动站和一套保障设备。其中一个固定地面站设在澳大利亚伍麦拉附近的纳朗格,称为 DSP 海外地面站,于 1971 年首先投入运行;另一个设在美国科罗拉多州丹佛,称为 DSP 本土地面站,于 1972 年投入使用,这两个地面站是大型数据处理站;第三个固定地面站是欧洲地面站,于 20 世纪 80 年代投入运行,并于 1990 年在原有设备基础上进行了改进。

由于 DSP 系统在 1990 年海湾战争中的成功应用,美国航天司令部命令再建立一个固定 DSP 站处理战术数据。1995 年,美国空军成功研制了“战区空袭

和发射预报”(ALERT)系统,ALERT系统是地基接收处理站,它接收DSP卫星以及其他卫星系统的红外数据来探测、识别和跟踪导弹发射,使DSP卫星又具备了战术导弹预警能力。通常,DSP卫星可对洲际导弹、战术导弹分别给出20~30min和1.5~2min的预警时间。

2001年11月,由洛克希德·马丁公司建造、耗资2.5亿美元的新任务控制站(Mission Control Station, MCS)启用,承担了DSP卫星的运行控制,负责所有导弹预警卫星的数据处理和指挥控制。它能够同时处理来自2颗卫星的数据,给出更精确的图像,工作效率大大提高,并使运行成本降低25%,操作人员减少58%。

2.1.2 天基红外系统

2.1.2.1 发展现状

由于导弹技术的发展(如诱饵、中段机动、多目标等技术),以及原有的DSP系统存在的诸多问题(如不能跟踪中段飞行的导弹、对国外设站的依赖性以及虚警问题始终未得到根本解决),1994年12月美国国防部最终决定由空军负责建造一个由多种轨道的卫星组成的SBIRS逐步取代DSP系统。起初论证的SBIRS由地球同步轨道卫星、低轨道卫星以及大椭圆轨道卫星组成复合型星座,可对弹道导弹的主动段、飞行中段和再入段进行全程探测。

2002年,美国国防部对SBIRS项目进行了调整,将低轨道卫星系统从项目中分离,作为在轨技术演示验证项目,交由当时新成立的导弹防御局发展,并更名为“太空跟踪与监视系统”(S7SS)。地球同步轨道卫星和大椭圆轨道的有效载荷仍由美国空军负责,名称沿用SBIRS。SBIRS用来执行四项任务:导弹预警、导弹防御、技术情报与作战空间特征描述(战场军事活动观测与报告)。该系统是目前为止技术上最先进的军事红外探测卫星,大大增强了美军的全球导弹早期预警能力和情报收集能力,为地面部队提供实时的战场态势感知信息等。

目前,SBIRS卫星共有3颗地球同步轨道卫星、3颗大椭圆轨道卫星在轨运行(表2-2)。