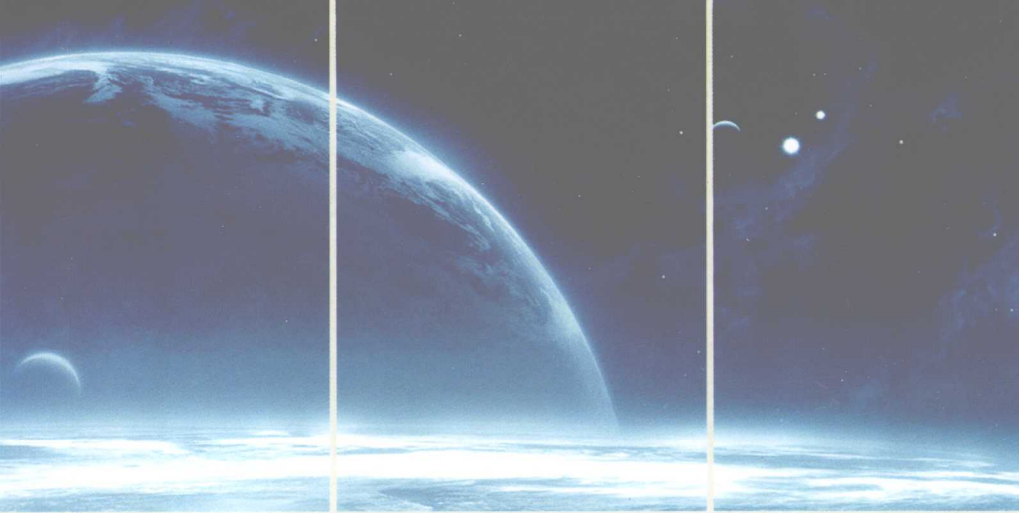




空间信息对抗

卢昱◎编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

空间信息对抗

卢昱 王宇 吴忠望 董学斌 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

空间信息对抗的理论与技术是确保空间信息系统安全,提高空间信息作战能力的基础。本书对空间信息对抗和空间信息安全的最新研究、发展成果进行了较为全面的总结、归纳。全书共分为9章,重点介绍了空间信息系统的发展现状和趋势,空间信息对抗的概念与体系框架,空间信息系统的脆弱性分析方法与信息对抗途径,以及空间信息系统的安全保障体系和设计方案。

全书内容系统、全面,可作为开展空间信息安全与对抗技术研究的参考资料,也可作为高等院校信息安全、作战指挥及相关专业研究生和高年级本科生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

空间信息对抗/卢昱编著. —北京:国防工业出版社,
2009. 1

ISBN 978-7-118-06017-1

I. 空... II. 卢... III. 地理信息系统—应用—战争 IV. E919

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 166670 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)

天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 11¼ 字数 294 千字

2009 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 29.00 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

从 20 世纪 60 年代开始,随着空间技术的发展以及超级大国之间争夺世界霸主地位的激烈展开,太空已成为继陆、海、空等作战领域外的新的角斗场。以 1991 年的海湾战争,以及 2003 年的伊拉克战争为代表的信息化战争,进一步证明由各种功能的卫星及地面指挥控制系统组成的空间信息系统,对战场信息的获取、态势的感知、指挥与控制指令的传达等,发挥了不可替代的信息支援作用,为实现快速、精确、远程打击提供了有力的支持。从发展趋势看,以空间作战飞行器、动能武器、激光武器,以及各种侦察、监视、通信和导航卫星组成的空间攻防与信息对抗系统,把信息对抗的时空范围进一步扩大,传统武器装备和作战力量的作战效果得到了极大加强,对抗的激烈程度进一步升级,对抗的覆盖范围遍及全球任何国家和地区,极大地提高了信息作战的威慑能力。在从机械化战争向信息化战争过渡的发展机遇期,加强空间信息对抗理论和技术的研究,尤其是空间信息对抗体系、对抗途径和对抗仿真技术的研究,对于进一步提高空间信息系统的安全保障水平,提高空间信息系统的对抗能力,获取空间信息作战优势,都具有十分重要的现实意义。

全书分为 9 章。第 1 章综述了国内外空间信息系统的建设与发展现状,在此基础上,总结出空间信息系统的功能与特点;第 2 章阐述了空间信息对抗的概念、需求、作战对象与流程,以及空间信息对抗的总体思路;第 3 章从能力、结构、装备和技术等 4 个方面,给出了空间信息对抗的体系框架;第 4 章简要介绍了分析空间

信息系统脆弱性的各种技术方法;第5章详细归纳总结出空间信息对抗的各种途径;第6章和第7章介绍空间信息对抗的体系仿真方法,以及空间信息对抗效能的评估指标和方法,并举实例加以说明;第8章和第9章搭建了空间信息系统的安全保障体系,提出空间信息系统的安全设计方案。从内容安排上来看,本书侧重于空间信息对抗概念、体系框架的建立,以及空间信息对抗仿真、评估和安全保障技术的研究总结,这对指导空间信息系统的建设,规划空间信息对抗的发展方向和思路,具有一定的参考价值。

本书尝试对空间信息系统安全和空间信息对抗的相关理论和技术做出总结,期待能有益于读者。由于作者的水平有限,加之空间信息对抗是一个具有挑战性的新的研究领域,书中难免有一些缺点和错误,真诚希望读者不吝赐教,提出改进意见。

编者

目 录

第 1 章 空间信息系统	1
1.1 空间信息系统概述	1
1.1.1 空间信息系统的概念	1
1.1.2 空间信息系统的发展现状	2
1.1.3 空间信息系统的发展趋势	10
1.2 空间信息系统的结构	15
1.3 空间信息系统的功能	18
1.3.1 空间信息系统的功能体系	18
1.3.2 空间信息系统的信息功能	20
1.3.3 空间信息系统的作战功能	22
1.4 空间信息系统的特性	26
1.4.1 空间信息系统的结构特点	26
1.4.2 空间信息系统的通信特点	28
1.4.3 空间信息系统的功能特点	30
1.4.4 空间信息系统的性能特点	32
1.4.5 空间信息系统的特性特点	34
1.5 空间信息系统的安全现状	35
1.5.1 美俄空间信息对抗的发展状况	36
1.5.2 空间信息系统安全发展状况	39
1.5.3 空间信息安全协议发展状况	40
第 2 章 空间信息对抗概述	45
2.1 空间信息对抗的相关概念	45

2.1.1	信息	45
2.1.2	空间信息战	46
2.1.3	空间信息对抗	47
2.1.4	空间信息安全	49
2.2	空间信息对抗需求	51
2.2.1	按作战层次划分	52
2.2.2	空间信息系统按作战任务不同划分	54
2.2.3	按信息作战的要求划分	64
2.3	空间信息对抗的作战对象与流程	73
2.3.1	空间信息对抗的作战对象	73
2.3.2	空间信息对抗的作战流程	74
2.4	空间信息对抗的总体思路	77
2.4.1	对卫星平台和传感器的对抗思路	77
2.4.2	对卫星测控系统的对抗思路	77
2.4.3	对卫星通信系统的对抗思路	78
2.4.4	对卫星导航定位系统的对抗思路	78
2.4.5	对光学成像侦察卫星和导弹预警卫星系统的对抗思路	79
2.4.6	对合成孔径雷达(SAR)侦察卫星的对抗思路	79
2.4.7	对电子侦察卫星的对抗思路	80
2.4.8	对海洋监视卫星的对抗思路	80
第3章	空间信息对抗体系	81
3.1	引言	81
3.2	空间信息对抗的能力体系	85
3.3	空间信息对抗结构体系	88
3.4	空间信息对抗装备体系	90
3.4.1	信息支持装备	91
3.4.2	信息攻击装备	92
3.4.3	信息防御装备	92
3.4.4	空间信息对抗装备的地位作用	93

3.4.5	空间信息对抗装备的发展趋势	94
3.5	空间信息对抗的技术体系	95
3.5.1	侦察技术	95
3.5.2	渗透和入侵技术	97
3.5.3	破坏技术	98
3.5.4	支持技术	100
第4章	空间信息系统的脆弱性分析	102
4.1	空间信息系统的脆弱性分析框架	102
4.2	通信协议的脆弱性分析方法	103
4.2.1	运用协议工程法和 Petri 网进行协议的脆弱性分析	103
4.2.2	运用模型检查和形式语言进行协议的安全性分析	106
4.2.3	运用仿真系统进行协议的仿真建模分析	112
4.3	网络结构的脆弱性分析方法	116
4.3.1	链路敏感度分析	117
4.3.2	节点受信程度分析	120
4.3.3	访问路径关键点分析	123
4.3.4	节点受损后的影响程度分析	124
4.3.5	资产价值关键点分析	127
4.3.6	节点关联性分析	128
4.3.7	访问路径综合脆弱性分析	130
4.3.8	攻击树分析	134
4.3.9	防御树分析	137
4.3.10	基于复杂网络理论的结构脆弱性分析	139
第5章	空间信息对抗的途径	144
5.1	空间信息对抗参考模型	144
5.2	侦察空间信息系统的途径	147
5.2.1	电子侦察	147
5.2.2	通信侦察	148

5.2.3	网络侦察	148
5.3	渗透和入侵空间信息系统的途径	151
5.3.1	基础设施层次	151
5.3.2	信道层次	151
5.3.3	网络层次	152
5.3.4	信息层次	153
5.3.5	服务层次	154
5.4	破坏空间信息系统的途径	154
5.4.1	基础设施层次	154
5.4.2	信道层次	155
5.4.3	网络层次	161
5.4.4	信息层次	170
5.4.5	服务层次	172
第6章	空间信息对抗仿真	173
6.1	空间信息对抗仿真概述	173
6.1.1	仿真对象	173
6.1.2	仿真任务	174
6.1.3	仿真方法	175
6.1.4	仿真步骤	176
6.2	空间信息对抗仿真框架	177
6.2.1	协议层面的对抗仿真框架	180
6.2.2	结构层面的对抗仿真框架	182
6.2.3	栅格服务层面的对抗仿真框架	188
6.3	协议层面对抗仿真实例分析	189
6.3.1	物理层干扰攻击的仿真分析	189
6.3.2	数据链路层协议攻击的仿真分析	195
6.4	结构层面对抗仿真实例分析	204
6.4.1	场景构建	204
6.4.2	结构脆弱性分析	205

6.4.3	攻击树分析	206
6.4.4	防御树分析	212
6.4.5	仿真结果分析	214
第7章	空间信息对抗效能评估	215
7.1	空间信息对抗效能的相关概念	215
7.2	空间信息对抗效能的指标体系	218
7.2.1	指标选取方法	218
7.2.2	效能评估指标体系	219
7.2.3	效能评估指标描述	222
7.3	空间信息对抗效能的评估过程	230
7.3.1	评估指标的量化	230
7.3.2	综合评估方法的选择和实施	231
7.3.3	提出决策建议	232
7.4	空间信息对抗效能的评估方法	232
7.4.1	主要的对抗效能评估方法	233
7.4.2	指标综合	245
第8章	空间信息系统的安全保障体系	247
8.1	空间信息系统安全风险	248
8.1.1	面临的主要风险	249
8.1.2	安全风险评估	252
8.2	空间信息系统安全需求	260
8.2.1	安全需求分析的指标体系	260
8.2.2	信息管理的安全需求	262
8.2.3	立体防护的安全需求	264
8.2.4	受保护对象的安全需求	269
8.3	空间信息系统安全体系	278
8.3.1	安全服务体系	280
8.3.2	安全控制体系	283

8.3.3	安全功能及结构体系	285
8.3.4	基于安全域的深度防御	285
8.3.5	多级多层安全体系结构模型	287
第9章	空间信息系统安全设计	298
9.1	物理安全设计方案	298
9.2	通信安全设计方案	299
9.2.1	空间通信协议的安全架构	299
9.2.2	空间通信协议的安全设计方案	303
9.2.3	空间通信链路的安全设计方案	308
9.3	平台安全设计思路	310
9.3.1	平台面临的安全问题	310
9.3.2	平台安全的设计原则	312
9.3.3	平台安全的设计目标	313
9.3.4	安全平台的设计方案	314
9.4	网络安全设计方案	327
9.4.1	密钥管理设计方案	328
9.4.2	身份认证设计方案	335
9.4.3	访问授权设计方案	337
9.4.4	数据安全设计方案	339
9.4.5	代码安全设计方案	341
9.4.6	平台安全设计方案	343
	参考文献	346

第1章 空间信息系统

1.1 空间信息系统概述

1.1.1 空间信息系统的概念

信息系统是一个人造系统,它由人、计算机硬件、软件和数据资源组成,其目的是及时和正确地收集、加工、存储、传递和提供决策所需的信息。从技术上说,信息系统就是为了支持决策和组织控制而收集(或获取)、处理、存储、分配信息的一组相互关联的组件。从商业角度看,信息系统是用于解决环境提出的各种挑战,并基于信息技术的组织管理方案。

空间信息系统是用于实施和保障空间任务的技术、装备与设施的统称,它是以天基综合信息网为基础构建的信息系统。天基综合信息网是由高、中、低轨道上各种类型的卫星系统、地面信息网络和应用系统组成的,并能综合集成陆基、海基、空基等多源信息,全面提升信息化系统的战斗力,具有信息威慑、信息保障和信息作战能力的陆、海、空、天一体化的综合信息系统。空间信息系统的主要功能包括空间信息获取、信息传输、信息处理、信息分发、信息保障支持和信息对抗等,主要为综合电子信息系统提供空间信息支援和信息战能力。

狭义的空间信息系统主要是由三大类子系统组成的,即空间信息获取系统、空间信息传输与分发系统,以及空间导航与定位系统。空间信息获取系统是指利用空间设备获取信息的信息系统;空间信息传输与分发系统是指利用空间设备传递(链路级)信息的信息系统;空间导航与定位系统是指利用空间设备为应用系统

或用户提供时空基准的信息系统。这 3 类系统不是完全割裂的,而是相互融合的。

空间信息获取系统主要包括下列 7 种系统。

(1) 红外预警探测信息系统:如同步轨道预警探测信息系统和低轨道红外预警信息系统。

(2) 成像侦察信息系统:成像侦察卫星包括光学成像卫星和雷达成像卫星,如光学成像/照相信息系统和合成孔径雷达(SAR)成像信息系统。

(3) 电子侦察系统:侦听敌方雷达、通信和遥测等系统所辐射的电磁信号,获取情报,如海洋监视信息系统、同步轨道电子侦察信息系统和低轨道电子侦察信息系统。

(4) 天基雷达组网。

(5) 空间测绘系统。

(6) 气象信息系统。

(7) 航天飞机和空间站系统。

空间信息传输与分发系统构成的信息系统数目很多,就支持传递的卫星系统而言,主要包括以下 3 种。

(1) 各波段的同步轨道通信卫星系统:如 UHF 波段、L 波段、C 波段、Ku 波段和 Ka 波段等同步轨道卫星系统。

(2) 中低轨道卫星通信系统:如“铱”星通信系统和“全球星”通信系统等。

(3) 跟踪与数据中继卫星系统:如 SDS 卫星系统和 TDRSS 卫星系统。

空间导航与定位系统主要包括卫星导航系统,如全球定位系统(Global Position System, GPS)、全球导航卫星系统(Global Navigation Satellite System, GLONASS)和伽利略(Galileo)系统。

1.1.2 空间信息系统的发展现状

1.1.2.1 美国

在空间信息系统的发展和建设上,美国走在了世界的前列。

在 21 世纪,美国的军事战略家认为,决定谁能称霸的领域是太空,“控制了太空,就控制了地球。”美国空军航天司令部在《2020 设想》报告中明确提出了发展空间信息优势,实现空间控制和全球交战、全面力量集成的作战概念。美国国防部把空间信息资产分到 4 个空间任务领域,见表 1.1。

表 1.1 美国国防部关于空间信息资产的分类

任务名称	操作功能	资产实例	描 述
空间控制	空间侦察、保护、防止和拒绝	空间侦察网络	该空间控制资产是提供空间目标分类和识别、卫星攻击预警、适时通知和科技情报收集等功能的网络
力量增强	导航、卫星通信 环境监测、侦察和威胁预警、指控和信息操作等	全球定位系统 (GPS)	该卫星网络和支持地面站为地基、海上和空中的军事力量以及其他民用和商用用户提供全天候的、24h 的三维定位信息和定时数据;GPS 加强了(尤其在夜间和恶劣天气中的)力量合作、指控、目标映射和获取、灵活路由和武器精确制导
空间支持	发射操作、卫星操作、建模、仿真和评估等	空军卫星控制网络	为空间系统提供主要的指控和通信支持能力;执行多种操作,包括数据处理、跟踪、遥测、卫星指挥、通信和调度
力量应用	洲际弹道导弹支持、常规打击	Minuteman III 支持	支持战略洲际弹道导弹系统

美国的空间信息系统发展迅速,是世界上第一个发展侦察卫星的国家,也是侦察卫星发展水平最高的国家。目前美国在轨拥有各种侦察监视卫星 30 多颗,包括 KH-12 光学成像侦察卫星、改进型“长曲棍球”雷达成像侦察卫星、“成像增强系统”8X 卫星、“大酒瓶”同步轨道电子侦察卫星、“折叠椅”大椭圆轨道电子侦察卫星和先进型“白云”海洋监视卫星(SB-WASS)等。美国现役的“国防支援计划”(DSP)预警卫星和正在建设中的下一代预警卫星“天基红外系统”(SBIRS),是以探测对方弹道导弹发射为主要

目的的对地观测卫星,是美国导弹防御(MD)系统的组成部分之一。

正在研制中的美国天基雷达(SR)系统为计划取代KH-12、“长曲棍球”的下一代侦察卫星系统,星上主要有效载荷为合成孔径雷达和动目标雷达(MTI),将用于合成孔径雷达成像、地面和空中移动目标显示,主要是为美国分布在全球的武装部队提供实时或准实时的战术和战场信息。

美国于1983年4月首次发射了第一颗跟踪与数据中继卫星TDRS-1,至今已有9颗,目前在轨使用的3颗是改进型的TDRS-7、TDRS-8、TDRS-9(H、I、J)。TDRS可为美军侦察卫星,如KH-12和“长曲棍球”等传输数据。跟踪与数据中继卫星系统TDRSS是由白沙地面站、中继卫星和各用户星组成的空间系统,用户星包括低轨道电子侦察卫星、光学侦察卫星、SAR侦察卫星、空间站、航天飞机等,TDRSS的建成使美国的航天通信测控网从原有的地基网体制逐步过渡到天基网体制。卫星数据系统(SDS)也是一种中继卫星系统,主要用于近实时地转发美国侦察卫星获取的数据。“伊诺克斯2”和“快鸟2”高分辨率遥感卫星可用于军事侦察和军事测绘,是具有重大军事应用价值的民用卫星。

在通信方面,美国拥有世界上最庞大、最先进的通信卫星系统。美国的通信卫星系统包括铱(Iridium)星系统(66颗星)、军事星(Milstar)系统、国防卫星通信系统(Defense Satellite Communication System, DSCS)、舰队卫星通信(Fltsatcom)、特高频后继星UFO、全球广播业务(Global Broadcast Service, GBS)系统、宽带填隙卫星(Wideband Gap filler Satellite, WGS)等。

卫星测时测距导航/全球定位系统(Navigation Satellite Timing And Ranging / Global Position System, NAVSTAR/GPS)简称GPS系统,是以卫星为基础的无线电导航定位系统,从20世纪70年代开始研制,是在子午仪卫星系统的基础上发展起来的,历时20年,耗资200亿美元,于1994年全面建成,它是美国继阿波罗登月飞船和航天飞机

以后第三大航天工程。现役的 GPS 卫星系统由 24 颗卫星组成,其中 21 颗为工作星,3 颗为备用星,可以为用户提供高精度的导航定位和精确时间。截至 2008 年 3 月,实际在轨运行的 GPS 卫星约为 33 颗,其中 6 颗现代化的 GPS IIR-M,13 颗 GPS IIR,其他为 GPS IIA。

1.1.2.2 俄罗斯

俄罗斯拥有庞大的空间系统,卫星种类齐全,数量虽然在苏联解体后有很大下降,但近几年呈加速回升之势,仍是仅次于美国的第二航天大国。

俄罗斯前军事航天部队司令伊万诺夫上将声称,“优先发展空间信息支援系统,确保有效地支持部队行动,是俄罗斯国家安全利益和维护世界战略稳定所必需的。”苏联是世界上第一个发射卫星的国家,冷战时期,在与美国争夺军事空间霸权的竞争中一直处于势均力敌的地位。

俄罗斯“闪电-1K-3”战略通信卫星,分别于 2001 年 7 月 20 日、2001 年 10 月 24 日发射。此外,俄罗斯较为著名的卫星通信系统还包括“宇宙”(2384、2385、2386)战术通信卫星、“急流(Potok)”战术通信卫星、“宇宙”转储型卫星,以及“虹”、“地平线”、“荧光屏”等军民合用通信卫星。

GLONASS 是苏联从 20 世纪 80 年代初开始建设的与美国 GPS 系统相类似的卫星定位系统,也由空间卫星星座、地面监测控制站和用户设备三部分组成,现由俄罗斯空间局管理。俄罗斯在 2007 年成功发射了 6 颗最新的 GLONASS 改进型导航卫星,并计划在 2009 年使 GLONASS 系统的卫星数量达到 24 颗,能为全球各地的用户提供服务。

1.1.2.3 日本

日本拥有为数众多、性能先进的通信卫星和科学实验卫星,也拥有先进的气象卫星和对地观测卫星。

日本以侦察卫星为先导,大力发展空间信息系统。1998 年 11 月,日本内阁会议正式决定,在 2003 年发射 4 颗“情报搜集”卫星(侦察卫星),其中 2 颗为光学成像侦察卫星,另外 2 颗为 SAR 成

像侦察卫星。日本的侦察卫星可以对全球事态进行监视,除了盯防朝鲜之外,包括中国台湾在内的中国和俄罗斯都是重点监控对象,侦察任务除了搜集“可能对日本造成国家安全威胁”的信息,还包括周边事态信息,我国的广大沿海地区每天将至少受到一次日本卫星的地毯式侦照。日本军事已经完成从陆地到海洋,从海洋到大气层,从大气层到外层空间的扩展过程,已经具备争夺外太空的能力。日本正在考虑建设侦察能力更强的第二代侦察卫星系统,第二代侦察卫星系统也由4颗卫星组成,分辨率更高。日本的GPS应用水平很高,为了弥补美国GPS的不足,在GPS基础上开发了性能先进的配套系统,作为对GPS的补充。

到2007年2月,日本已成功发射了2颗光学成像卫星和2颗雷达成像卫星,从而构建完成了其第一代军用侦察卫星星座“情报搜集卫星”(IGS)。根据日本“内阁卫星情报中心”的计划,日本将于2009年发射第三颗光学卫星,2011年发射第四颗光学卫星和第三颗雷达卫星等新一代情报侦察卫星,以替代目前在轨工作的卫星。届时,日本将拥有世界水平最先进的侦察卫星系统。

1.1.2.4 印度

由于空间在印度大国战略中的独特地位和作用,印度历来十分重视发展空间技术和系统,已经成为世界上主要的航天国家。

2001年10月22日,印度政府宣布在南部沿海安得拉邦的斯里哈里科塔航天基地成功发射了一枚极地卫星运载火箭,上载3颗卫星,其中一颗是印度自制的“遥感技术实验卫星”。伴随这颗卫星的升空,印度已经成为世界上为数不多的几个拥有侦察卫星的国家之一。虽然印度航天研究组织主席在此次发射后对外宣称该实验卫星是以民用为目的,但由于卫星上搭载了一架能精确到1m的高分辨率照相机,它实质上已具备了军事侦察的功能。这颗卫星除了为印度军方监控阿富汗战事、伊拉克战事及巴基斯坦军队部署外,还肩负着为印度军方提供印度海岸及印中、印巴边境区域地图的职责。卫星每隔2天~3天观测地球表面同一地区一次,然后将图像传回位于新德里的国防图像处理与应用中心。印