



· 总装部队军事训练“十二五”统编教材 ·



试验任务卫星通信系统

SHIYAN RENWU WEIXING TONGXIN XITONG

3

梁前熠 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

总装部队军事训练 一二五 武器装备

试验任务卫星 通信系统

梁前熠 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

试验任务卫星通信系统 / 梁前熠主编. — 北京:
国防工业出版社, 2016. 7
ISBN 978 - 7 - 118 - 11015 - 9

I. ①试... II. ①梁... III. ①试验卫星-卫星通信系
统 IV. ①V474

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 175218 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 880 × 1230 1/32 印张 8 5/8 字数 244 千字

2016 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 31.00 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

总装备部军事训练统编教材
编审委员会
(2014)

主任委员 张学宇

副主任委员 王福通 蔡洙虎

委 员 钟方平 张海洋 刘卫东

李恒年 王泽民 姚志军

吴颖霞 汪连栋 单志伟

康建勇 姜国华 真 溱

童 斌

秘 书 石根柱 欧阳黎明

试验任务卫星通信系统

主 编 梁前熠

副 主 编 马立波

编写人员 马立波 王晓婷 杨雪梅

张仲明 郭强华 梁前熠

董行健 童咏章

主 审 何平江

前 言

试验任务卫星通信系统是试验任务的重要信息传输手段,承担了关键、实时信息传输任务。由于试验任务卫星通信系统具有组网灵活、传输可靠性高的特点,在跨场区、远距离机动应用场合,发挥着不可替代的作用。卫星通信系统主要由地球站、通信卫星组成。在试验任务中,使用的通信卫星相对固定,地球站具有车载站、船载站、机载站等多种形式,应用需求灵活多变。因此,面向试验卫星通信的工程应用需求,本书主要围绕地球站,介绍试验任务卫星通信系统的设计、建设与测试方法。

全书共分8章。第1章主要介绍试验任务卫星通信系统的概念、组成和功能,以及卫星通信发展现状与趋势。第2章主要介绍试验任务卫星通信系统的网络结构、技术体制、通信频段以及设计要求。第3章主要介绍天线分系统的天线面、馈源网络、天线座架、跟踪设备的基本原理和功能特性。第4章主要介绍高功放、变频器、低噪声放大器、室外单元等射频设备的主要工作原理、典型设备及主要技术特性。第5章主要介绍调制解调器的系统组成,QPSK、8PSK、QAM、APSK等调制方式的技术原理,以及Turbo码、低密度奇偶校验码等编码原理。第6章主要介绍网管分系统组成和主要功能以及各级中心、网管站的组成和主要性能。第7章主要介绍卫星通信系统的测试原理、测试方法、测试步骤。第8章主要介绍海事卫星通信系统组成、主要功能,以及海事B站、C站、F站和BGAN站应用。

本书第1章由马立波、梁前熠编写,第2章、第3章由童咏章编写,第4章由董行健、王晓婷编写,第5章由张仲明编写,第6章、第8章由郭强华、马立波编写,第7章由杨雪梅编写。梁前熠、马立波对全书进行了统稿,何平江对全书进行了审定。

本书读者对象是卫星通信系统总体论证、工程设计和应用的技术人员和管理人员,以及高等院校卫星通信技术、通信与电子工程等专业的教师及学生。

本书在编写过程中得到了中国电子科技集团公司第五十四研究所的李晓芳研究员、张文静研究员,以及河北神舟卫星通信股份有限公司梁金山高工、柳梅树高工等专家的大力帮助,得到总装教材办李国华高工的具体指导。在此表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2015 年 10 月

内 容 简 介

本书系统介绍了试验任务卫星通信系统组成、系统设计、天线分系统技术、射频分系统、调制解调器、网管分系统、系统测试、海事卫星通信以及卫星通信新技术等内容。在讲述卫星通信系统基本概念和基本原理的基础上,本书结合工程实际,着重讲述试验任务卫星通信系统各分系统的原理、系统测试、最新技术及发展情况。

本书可作为从事试验任务卫星通信专业技术人员的培训教材,也可以作为工科通信专业的教学参考书和工程指导教材。

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 卫星通信	1
1.1.1 卫星通信概念	1
1.1.2 卫星通信特点	2
1.1.3 卫星通信分类	3
1.1.4 卫星通信业务	3
1.2 试验任务卫星通信	4
1.2.1 系统组成	4
1.2.2 站型设计	6
1.2.3 主要功能和性能	7
1.3 发展现状与趋势	10
1.3.1 卫星通信发展现状	10
1.3.2 卫星通信发展趋势	12
1.3.3 试验任务卫星通信技术发展需求	12
第 2 章 试验任务卫星通信系统设计	19
2.1 网络结构	19
2.2 网络协议	20
2.2.1 卫星通信协议与标准	20
2.2.2 TCP/IP 协议的改进	23
2.3 通信体制	23
2.3.1 多址方式	23
2.3.2 调制方式	25
2.3.3 纠错编码方式	27

2.4	通信频段	30
2.5	通信卫星	32
2.5.1	亚太Ⅵ号卫星	32
2.5.2	中星十号	33
2.5.3	INTELSAT 国际卫星	34
2.6	工程设计基本要求	34
2.6.1	可靠性	34
2.6.2	维修性	36
2.6.3	保障性	36
2.6.4	安全性	37
2.6.5	测试性	38
2.6.6	环境适应性	38
2.6.7	电磁兼容性	39
2.7	链路预算	39
2.7.1	卫星链路构成	39
2.7.2	主要参数	40
2.7.3	卫星转发器参数	40
2.7.4	地球站参数	42
2.7.5	传输载波参数	46
2.7.6	透明转发器链路预算	50
第3章	天线分系统	55
3.1	组成与功能	55
3.2	天线面	56
3.2.1	前馈天线	56
3.2.2	偏馈天线	57
3.2.3	后馈天线	61
3.3	馈源网络	65
3.3.1	馈源	65
3.3.2	微波网络	68

3.4	天线座架	79
3.4.1	方位—俯仰两轴座架	79
3.4.2	方位—俯仰—交叉三轴座架	86
3.5	伺服跟踪设备	87
3.5.1	步进跟踪	88
3.5.2	程序引导跟踪	89
3.5.3	波束扫描跟踪	89
3.5.4	单脉冲跟踪方式	92
3.6	辅助设备	93
3.6.1	波导充气机	93
3.6.2	馈源口面除冰装置	94
3.6.3	航空灯	94
第4章	射频分系统	95
4.1	组成与功能	95
4.2	高功率放大器	95
4.2.1	行波管放大器	96
4.2.2	固态功率放大器	99
4.2.3	主要技术特性	104
4.2.4	常用设备技术指标	109
4.2.5	高功放的散热及备份	111
4.3	变频器	112
4.3.1	工作原理	113
4.3.2	变频器的组成	113
4.3.3	主要技术特性	118
4.3.4	常用设备技术指标	119
4.3.5	变频器的工作频段及备份	123
4.4	低噪声放大器	125
4.4.1	工作原理	125
4.4.2	低噪声放大器的组成	126

4.4.3	低噪声放大器的级联	128
4.4.4	主要技术参数	130
4.4.5	典型设备技术指标	132
4.4.6	低噪声放大器的备份及优化	133
4.5	室外单元	134
4.5.1	工作原理	134
4.5.2	典型设备及主要指标	135
4.5.3	室外单元的应用场合	137
第5章	调制解调器	138
5.1	组成与功能	138
5.1.1	调制器组成与功能	138
5.1.2	解调器组成与功能	139
5.2	数字载波调制及解调	140
5.2.1	基本原理	141
5.2.2	载波相位调制	145
5.2.3	正交幅度调制	149
5.2.4	幅度相位调制	151
5.2.5	性能比较	153
5.2.6	同步技术	155
5.3	信道纠错编码	163
5.3.1	卷积码	164
5.3.2	里德—索罗蒙码	170
5.3.3	Turbo 码	174
5.3.4	低密度奇偶校验码	180
5.4	典型设备	187
5.4.1	CDM - 625 调制解调器	187
5.4.2	SCMM - 630 调制解调器	189
第6章	网管分系统	191
6.1	组成与功能	191

6.1.1	系统组成	191
6.1.2	主要功能	192
6.1.3	工作流程	193
6.2	管理协议	194
6.2.1	级间专用协议	195
6.2.2	SNMP 协议	196
6.2.3	设备监控协议	197
6.3	编址及标识	197
6.3.1	编址规范	198
6.3.2	卫星通信地球站点名称规范	199
6.4	一级网管中心	200
6.4.1	硬件组成	200
6.4.2	管理规模	200
6.4.3	软件框架	201
6.4.4	主要功能	204
6.5	二级网管中心	205
6.5.1	硬件组成	205
6.5.2	软件框架	206
6.5.3	主要功能	207
6.5.4	虚拟二级网管中心与远程操作终端	208
6.6	网管站	209
6.6.1	硬件组成	209
6.6.2	软件框架	210
6.6.3	主要功能	212
6.7	网管信道	213
第7章	卫星通信地球站测试	215
7.1	天线分系统测试	215
7.1.1	馈源网络驻波比测试	215
7.1.2	馈源网络端口隔离度测试	216

7.1.3	天线发射方向图测试	217
7.1.4	天线接收方向图测试	219
7.1.5	天线增益测试	220
7.1.6	天线发射极化隔离度测试	221
7.1.7	指向精度测试	222
7.1.8	跟踪精度测试	224
7.2	高功率放大器测试	225
7.2.1	饱和输出功率和增益测试	225
7.2.2	幅频特性测试	227
7.2.3	三阶互调测试	227
7.2.4	杂散测试	228
7.2.5	相位噪声测试	229
7.3	低噪声放大器测试	230
7.3.1	增益及增益平坦度测试	230
7.3.2	1dB 压缩点输出功率测试	231
7.3.3	噪声温度测试	232
7.4	上/下变频器测试	232
7.4.1	增益测试	233
7.4.2	增益调节范围测试	233
7.4.3	相位噪声测试	234
7.5	调制解调器测试	234
7.5.1	输出电平测试	234
7.5.2	输入电平测试	235
7.5.3	杂散测试	235
7.5.4	误比特率测试	236
7.6	地球站系统测试	237
7.6.1	上行系统电平调整	237
7.6.2	上行系统杂散测试	237
7.6.3	上行系统三阶互调测试	238

7.6.4	上行系统相位噪声测试	239
7.6.5	上行系统功率稳定度及频率稳定度测试	240
7.6.6	下行系统电平调整	241
7.6.7	下行系统相位噪声测试	241
7.6.8	G/T 值测试	242
7.6.9	站间误比特率测试	243
7.7	入网及开通测试	244
7.7.1	天线入网验证测试	244
7.7.2	系统开通测试	244
第 8 章	海事卫星通信系统	247
8.1	组成与功能	247
8.2	业务电路的技术和现状	250
8.2.1	海事 B 站	250
8.2.2	海事 C 站	251
8.2.3	海事 M4/F 站	252
8.2.4	海事 BGAN 站	254
8.3	几种用户电路的应用	255
8.3.1	海事 B 站信道应用	256
8.3.2	ISDN 信道应用	256
8.3.3	BGAN 信道应用	257
8.4	典型设备	258
8.4.1	车载 BGAN 终端	258
8.4.2	陆用 BGAN 终端	259
8.4.3	船载 BGAN 终端	260
参考文献		261

第1章 绪论

1.1 卫星通信

1.1.1 卫星通信概念

卫星通信是地球上（包括陆地、海洋、大气层和临近外层空间）及空间的通信站之间利用人造通信卫星作中继站而进行的一种通信方式。

卫星通信系统由通信卫星（空间段）、地球站、跟踪遥测指令系统和监测管理系统等组成，如图 1-1 所示。通信卫星主要起通信中继的作用，即所有地球站发出的信号均经过卫星进行中继。卫星通信地球站完成用户与用户间经卫星转发的无线电通信。跟踪遥测指令系统控制卫星准确进入指定轨道，并对在轨卫星的轨道、位置、姿态进行监测及控制。监测管理系统在卫星通信业务开通前对卫星参数进行在轨测试，在卫星通信业务开通后对卫星及地球站参数进行监测、控制及管理。由于跟踪遥测指令系统和监测管理系统不涉及卫星通信具体业务，因此习惯上将由卫星通信地球站和通信卫星组成的通信网络称为卫星通信系统。

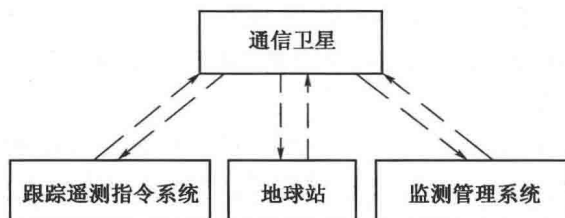


图 1-1 卫星通信系统的基本组成

试验任务卫星通信系统是自建的专用卫星通信系统,包含各种类型的地球站、通信卫星以及支撑全系统正常运行的网管等支撑系统。在试验任务中,为满足任务需求,根据任务信息流程,灵活构建信息传输网络,又称为试验任务卫星通信网,是科研试验任务通信骨干基础网络。

1.1.2 卫星通信特点

卫星通信系统具有很多特点。

1. 覆盖面积大、通信距离远、建站成本几乎与通信距离无关

一颗地球同步轨道卫星的天线波束,可覆盖地球表面积的42.4%,三颗等间隔(120°)的同步卫星可建立除地球两极以外的全球不间断通信。采用地球同步轨道卫星,两个卫星通信地球站之间最大通信距离约达18100km左右。在卫星的覆盖范围内,建站成本及通信质量几乎与卫星通信地球站之间的距离无关。因此,就广域服务和全球通信而言,卫星通信是经济的。

2. 广播特性

卫星通信具有广播特性,在卫星覆盖范围内,利用一个卫星通信地球站发射,所有卫星通信地球站均能接收,较适合广播电视业务。目前试验任务各发射场均建有电视上行站,发射实况电视业务。

3. 机动能力强,布站灵活方便

在卫星所覆盖的区域内,所有卫星通信地球站均可利用卫星作为中继站,进行相互通信,且基本不受地形限制。卫星通信对各种移动载体适应性好,且覆盖范围广,具有优越的机动能力。

4. 通信容量大

卫星通信可使用L、C、Ku、Ka等频段,其中,C、Ku频段一般带宽有500MHz,Ka频段可提供2.5GHz带宽,因此,可实现的通信容量较大。

5. 通信质量好、可靠性高

卫星通信的电磁波主要在真空的外层空间传播,且通常情况下只经过卫星一次转接,噪声影响小,故通信质量好、可靠性高。

基于以上特点,卫星通信在科研试验任务中得到了广泛应用,其应用优势集中在以下几个方面。