

卫星通信手册

WEI XING TONG XIN SHOU CE

卫星固定业务

郭良 李华芳 等 译

杨千里 陈吉斌 李道本 校



30884503

T0027-62
01

卫星通信手册

(卫星固定业务)

国际无线电咨询委员会 编

郭良 李华芳 等译

杨千里 陈吉斌 李道本 审校



C0064228

登记证号 (京) 1435

HANDBOOK ON SATELLITE COMMUNICATIONS
(FIXED-SATELLITE SERVICE)

1985.

内 容 提 要

本书以清晰易懂的笔法全面阐述了卫星通信系统的技术基础、应用和设计方法,并从工程角度给出了系统分析、设计数据和技术规范。全书共分七章和三个附件,内容包括卫星通信基本原理,基带处理、调制和多址方式,卫星和地球站技术,干扰协调以及卫星通信系统管理等。且各章都收集了大量数据、图表,是系统设计的重要依据。

本书宜用作卫星通信系统工程设计、网路管理以及教学参考,是一本很好的技术手册。

卫星通信手册
(卫星固定业务)

国际无线电咨询委员会 编
郭 良 李华芳 等译
杨千里 陈吉斌 李道本 审校
责任编辑: 李小曼

*

人民邮电出版社出版发行
北京东长安街27号

人民邮电出版社河北印刷厂印刷
新华书店总店科技发行所经销

*

开本: 850×1168 1/32 1991年12月 第一版
印张: 22 16/32 页数: 360 1991年12月河北第1次印刷
字数: 597 千字 印数: 1 — 3 000 册

ISBN7-115-04528-3/TN·466

定价: 16.80 元

译 者 序

这本手册是CCIR第四研究组下设的‘卫星通信业务手册’（卫星固定业务）专门工作组编写的。参加手册编写工作的国家有：巴西、加拿大、法国、国际卫星组织（INTELSAT）、印度、意大利、日本、巴布亚—新几内亚和美国。

手册收集了大量资料，对CCIR第四研究组的建议和报告做了进一步的补充说明，在卫星通信技术基础、调制和多址方式、卫星及其发射、地球站配置、干扰协调、网络管理以及线路设计计算等方面作了较详细的论述。

编制手册的目的是向第三世界各国提供一个发展本国卫星通信业务、制定网络规划、设备规范、进行系统设计、施工等比较完整的技术依据。它适合从事网络规划、工程设计、教学和系统管理的工程技术人员使用。

本手册第一章由张曙野翻译，第二章由戈丽达翻译，第三、四章由李华芳翻译，第六章是杨怡元翻译，第五、七章、附件、缩写词和索引由郭良翻译。此外，郭良还对全书作了修改和整理。本书出版过程中，得到张诚、蒋同泽、李普成、童卫平等同志的大力支持，谨此表示谢意。

译 者

1990年9月

前 言

国际电信公约(内罗毕, 1982)规定“各咨询委员会(CCIR和CCITT)在其各自的研究活动中, 对于那些与建立、发展、以及改善发展中国家区域通信、国际通信直接有关的研究课题和建议都应予以足够的重视”。为了贯彻这一宗旨, CCIR(国际无线电咨询委员会)33-4号决议指出, 在CCIR的其它活动中, 她“…还应积极编写和出版符合发展中国家实际利益的有关课题的专门手册, 特别是GAS(特别工作组)手册”。

自从发明无线电和电视以来, 在扩大人类通信的范围和距离方面, 任何技术都不及卫星。现在, 许多国家的经济、社会发展都与通信卫星密切相关。首先是卫星通信的国际网络和不断增长的国内业务。

根据国际电信联盟(ITU)技术协作精神, CCIR于1982年出版了《卫星广播系统手册》。CCIR第4(固定卫星业务)研究组于1980年根据巴布亚·新几内亚代表的提议决定编写出版一本固定业务卫星系统手册。为此, 专门成立了一个由各相关主管部门和国际组织指派的专家组成的编写小组。在1983年至1984年期间, 编写小组召开了三次会议, 审查整理了各参加编写者分写的材料, J·萨洛蒙先生自始至终担任这个小组主席。巴西、加拿大、法国、印度、意大利、日本、巴布亚·新几内亚、英国、美国以及国际通信卫星组织(INTELSAT)的代表参加了编写。苏联主管部门提供了有关“国际卫星”(INTERSPUTNIK)的数据。当时的CCIR第4研究组主席澳大利亚的E·克雷格先生及其继任者瑞士的E·霍克先生始终支持编写小组的工作, 并提出过许多有益的建议。本手册提供的是经过精选和评审的资料, 以有助于发展中国家。参加编写工作

的每一位专家都为本手册作出了巨大的努力，花费了许多时间。1984年编写小组举行最后一次会议，会上认真细致地审查了本手册内容，从而保证手册内容的完整、各部分比例恰当以及材料最新。1985年1月底，编写小组对本手册做进一步修改和补充。因要赶时间出版，CCIR第4研究组没有对手册做正式审查和在其会议上通过。因此，除CCIR秘书处所做的最后说明外，本手册在内容上均由特别编写小组负责。

本手册主要供规划、建立和操作卫星通信系统的工程技术人员使用。它着重论述了卫星通信系统的原理及其建立和维护方面的问题。其中包括有助于掌握链路预算、计算方法以及信号处理（复接、调制、多址技术等）方面的内容。此外，本手册还论述有关空间技术、通信卫星的详细技术特性以及空间段运行等方面的问题。其中最主要的章节是关于地球站的介绍，这些内容也是从事将卫星网路用于地面通信系统的工程技术人员所最关心的部分。本手册还着重介绍了数字通信技术。并论述了有关频率共用和干扰问题，介绍了有关规章方面的材料。应该认识到，这类无线电规则对于卫星系统的任何详细规划和实施都是不可少的参考依据。最后一章是关于各种卫星系统的管理问题。几个附件则提供了手册出版时现有卫星系统的传播、链路预估的计算和特性等方面的详细资料。

CCIR 主任

R.C. 科尔比

目 录

第一章 绪论	(1)
1.1 引言	(1)
1.1.1 手册编写说明	(2)
1.1.2 历史背景	(3)
1.1.3 手册简介	(6)
1.2 卫星固定业务 (FSS) 的定义	(9)
1.3 卫星固定业务的特点及业务范围	(10)
1.3.1 卫星通信系统的主要组成部份	(10)
1.3.2 频段	(13)
1.3.3 系统类型	(13)
1.3.4 卫星固定业务通信的基本特征	(17)
1.3.5 业务范围	(23)
1.4 现有系统概况介绍	(28)
1.5 FSS的系统实现和管理规章制度	(28)
1.5.1 引言	(28)
1.5.2 管理	(44)
1.5.2.1 概要	(44)
1.5.2.2 现有卫星系统	(45)
1.5.2.3 新的卫星系统	(48)
1.5.3 新系统的实施	(50)
1.5.3.1 经济、技术的初步考虑	(50)
1.5.3.2 初始规划	(51)
1.5.3.3 详细规划	(51)

1.5.3.4	安装	(53)
1.5.3.5	操作与维护	(53)
1.6	国际电信联盟(ITU)文献目录	(54)
1.6.1	引言	(54)
1.6.2	国际电信公约(内罗毕 1982)	(54)
1.6.3	无线电规则(日内瓦 1982)	(54)
1.6.4	国际无线电咨询委员会(CCIR)(日内瓦 1982)	(55)
1.6.5	国际电报电话咨询委员会(CCITT, 马拉加—托里莫里斯1984)	(64)
1.6.6	特别工作组(GAS)手册(CCITT, CCIR)	(66)
第二章	基本原理	(67)
2.1	空间链路的特性	(67)
2.1.1	天线辐射功率和接收功率	(67)
2.1.2	天线增益和有效口径面积	(69)
2.1.3	附加损耗	(70)
2.1.4	接收链路的噪声功率	(70)
2.2	链路估算	(73)
2.2.1	质量指标	(73)
2.2.2	可用度指标	(75)
2.2.3	链路估算	(75)
2.2.3.1	上行线 $(C/T)_u$ 值	(75)
2.2.3.2	下行线 $(C/T)_d$ 值	(77)
2.2.3.3	转发器互调噪声 $(C/T)_i$	(77)
2.2.3.4	估算链路总 $(C/T)_t$	(78)
2.2.3.5	评论	(79)
2.3	轨道频谱资源的利用	(81)
2.3.1	引言	(81)

2.3.2	轨道利用和地球覆盖区的种类	(84)
2.3.2.1	利用对地静止卫星进行地球覆盖	(84)
2.3.2.2	地球覆盖区类型	(85)
2.3.2.3	卫星位置保持和天线指向精度	(92)
2.3.2.4	多颗卫星: 卫星应用的未来趋势	(93)
2.3.3	频段分配	(94)
2.3.3.1	引言	(94)
2.3.3.2	卫星固定业务频率分配简表	(95)
2.3.4	频率再用	(95)
2.3.5	轨道/频谱利用的其它课题	(99)
2.3.5.1	调制技术	(99)
2.3.5.2	系统间干扰	(100)
2.3.5.3	各网路间的一致性	(102)
2.4	业务的可用性	(103)
2.4.1	业务质量	(103)
2.4.2	卫星的可用性	(105)
2.4.3	地球站可用性	(105)
附录2-I	多址通信卫星行波管中的互调干扰	(109)

第三章 基带处理、多路复用、调制及多址技术 (117)

3.1	概述	(117)
3.2	基带处理	(117)
3.2.1	模拟信号处理(语音)	(118)
3.2.1.1	按信道进行音节压扩	(118)
3.2.1.2	语音激活	(120)
3.2.2	数字处理(语音)	(120)
3.2.2.1	模/数转换编码	(120)
3.2.2.2	差错控制编码	(128)
3.2.2.3	其它信号处理技术	(130)

3.2.3	图像处理	(131)
3.2.3.1	模拟电视信号	(131)
3.2.3.2	电视信号的数字处理	(133)
3.3	多路复用技术	(135)
3.3.1	频分多路复用	(135)
3.3.2	时分多路复用	(137)
3.3.3	其它多路复用技术	(137)
3.4	调制技术	(139)
3.4.1	频率调制 (<i>FM</i>)	(139)
3.4.1.1	频分多路复用-调频 (<i>FDM-FM</i>)	(139)
3.4.1.2	单路单载波-调频 (<i>SCPC-FM</i>)	(141)
3.4.1.3	系统设计 (电话)	(142)
3.4.1.4	调频电视	(142)
3.4.2	单边带 (<i>SSB</i>) 调制	(143)
3.4.3	相移键控	(145)
3.4.4	其它调制方式	(149)
3.5	多址技术	(150)
3.5.1	频分多址 (<i>FDMA</i>)	(151)
3.5.1.1	频分多路-调频-频分多址 (<i>FDM-FM-FDMA</i>)	(152)
3.5.1.2	单路单载波 (<i>SCPC</i>)	(153)
3.5.1.3	时分多路-移相键控-频分多址 (<i>TDM-PSK-FDMA</i>)	(154)
3.5.2	时分多址 (<i>TDMA</i>)	(155)
3.5.2.1	系统结构	(156)
3.5.2.2	<i>TDMA</i> 系统的同步	(158)
3.5.2.3	<i>TDMA</i> 系统参数	(159)
3.5.2.4	频分多址-时分多址 (<i>FDMA-TDMA</i>)	(160)

3.5.3	码分多址 (CDMA)	(160)
附录3-I	各种复用-调制-多址技术方案之间的容量 比较	(164)
附录3-II	纠错编码	(166)
附录3-III	电视信号的数字处理——比特率压缩及在电 视会议中的应用	(187)
附录3-IV	单边带 (SSB) 技术	(195)

第四章 空间段 (199)

4.1	通信卫星概述	(199)
4.1.1	结构	(199)
4.1.2	温控系统	(200)
4.1.3	姿态与轨道控制系统 (参见546-2报告)	(203)
4.1.3.1	姿态控制	(203)
4.1.3.2	轨道控制	(206)
4.1.4	电源 (参见673-1报告)	(209)
4.1.5	遥测、指令、测距	(212)
4.1.6	远地点发动机	(212)
4.1.7	某些通信卫星的有效载荷特性	(215)
4.2	通信卫星的有效载荷	(215)
4.2.1	天线分系统	(216)
4.2.2	转发器	(217)
4.2.2.1	概述	(217)
4.2.2.2	接有单个发射波束的转发器	(219)
4.2.2.3	接有多个波束的转发器	(225)
4.3	发射、定点和定位保持	(226)
4.3.1	发射	(226)
4.3.2	定点到对地静止轨道	(231)
4.3.3	定点 (站位) 保持与有效载荷工作状态的监	

测.....	(232)
4.4 可靠性与可用性考虑	(234)
4.4.1 卫星的可靠性	(234)
4.4.2 卫星的可用性	(236)
4.5 各种现有运载工具的数据	(237)
4.5.1 运载工具的选择	(237)
4.5.2 运载工具和系统种类	(237)
4.5.3 可用的运载工具	(238)
第五章 地面段.....	(248)
5.1 地球站的配置和一般特性	(248)
5.1.1 配置及其主要功能	(248)
5.1.1.1 天线系统	(249)
5.1.1.2 低噪声放大器	(250)
5.1.1.3 功率放大器	(252)
5.1.1.4 电信设备	(253)
5.1.1.5 多路复用和解复用设备	(255)
5.1.1.6 与陆上通信网的连接设备	(257)
5.1.1.7 附加设备	(258)
5.1.1.8 电源设备	(259)
5.1.1.9 一般土建设施	(260)
5.1.2 INTELSAT系统国际业务站	(261)
5.1.3 区域或国内系统地球站	(263)
5.1.4 小站	(264)
5.2 天线系统	(265)
5.2.1 天线的基本参数	(265)
5.2.1.1 天线增益	(265)
5.2.1.2 天线的有效口径面积和增益的计算式 (参看第2.1,2节)	(266)

5.2.1.3	辐射方向图和波束宽度	(268)
5.2.1.4	天线旁瓣	(269)
5.2.1.5	极化	(271)
5.2.1.6	天线噪声温度	(274)
5.2.1.7	接收时的品质因数(G/T)	(278)
5.2.1.8	宽带特性	(280)
5.2.2	天线设计	(280)
5.2.2.1	天线的主要类型	(280)
5.2.2.2	馈源系统	(286)
5.2.2.2.1	组合馈源系统	(286)
5.2.2.2.2	一次辐射器	(287)
5.2.2.2.3	极化器工作原理	(287)
5.2.3	天线的机械设计	(291)
5.2.3.1	概述	(291)
5.2.3.2	天线机械精度	(291)
5.2.3.3	天线可控能力和底座系统	(292)
5.2.3.4	驱动和伺服分系统	(294)
5.2.3.5	典型实例 (INTELSAT A 标准站天线 系统)	(296)
5.2.4	天线波束定位—跟踪系统	(296)
5.2.4.1	概述	(296)
5.2.4.2	自动跟踪系统	(296)
5.2.4.3	天线波束的定向误差	(303)
5.2.5	小型地球站天线	(306)
5.2.6	结论	(309)
5.3	低噪声放大器	(310)
5.3.1	概述	(310)
5.3.2	低噪声参量放大器	(311)
5.3.3	场效应晶体管 (FET) 低噪声放大器	(314)

5.3.4	低噪声放大器目前状况	(316)
5.3.5	结论	(318)
5.4	功率放大器	(318)
5.4.1	概述	(318)
5.4.2	微波管基本工作原理	(319)
5.4.3	速调管	(320)
5.4.4	行波管	(321)
5.4.5	高功率放大器的一般性能要求	(325)
5.4.6	高功率放大器设计	(328)
5.4.6.1	行波管电源	(328)
5.4.6.2	速调管电源	(331)
5.4.6.3	高压电源种类	(331)
5.4.6.4	管子的保护	(331)
5.4.6.5	推动放大器(前置放大器)	(332)
5.4.6.6	逻辑单元	(332)
5.4.7	功率放大器中的非线性效应	(333)
5.4.7.1	互调	(334)
5.4.7.2	非线性对数字传输(TDMA)的影响	(337)
5.4.7.3	线性化器	(339)
5.4.8	输出耦合系统和合路器	(341)
5.4.8.1	高功率放大后耦合系统(POST-HPA)	(341)
5.4.8.2	高功率放大前(Pre-HPA)耦合系统	(347)
5.4.8.3	混合耦合系统	(349)
5.4.8.4	耦合系统与合路器的比较	(349)
5.4.9	固态功率放大器	(349)
5.4.10	结论	(351)
5.5	通信设备(模拟制)	(353)
5.5.1	概述	(353)
5.5.2	频率变换器	(355)

5.5.2.1	一般说明及其特性	(355)
5.5.2.2	一次变频和二次变频	(357)
5.5.2.3	本机振荡器	(360)
5.5.3	频分多路复用—调频 (<i>FDM-FM</i>) 设备	(361)
5.5.3.1	引言	(361)
5.5.3.2	中频滤波和均衡	(362)
5.5.3.3	调制	(366)
5.5.3.4	解调	(366)
5.5.3.5	其它功能	(370)
5.5.3.6	带有压扩的频分多路复用调频系统 (<i>FDM-FM</i>)	(372)
5.5.4	每载波单信道—调频设备 (<i>SCPC-FM</i>)	(373)
5.5.5	调频电视设备	(379)
5.5.5.1	概述	(379)
5.5.5.2	伴音节目传输	(383)
5.5.5.3	电视载波的调制与解调	(387)
5.5.6	单边带通信设备	(388)
5.6	数字通信设备	(390)
5.6.1	概述	(390)
5.6.2	通信设备 (<i>SCPC</i> 和 <i>TDM</i>)	(393)
5.6.2.1	<i>FDMA-SCPC-PSK</i>	(394)
5.6.2.2	<i>FDMA-TDM-PSK</i>	(401)
5.6.3	通信设备 (<i>TDMA</i>)	(404)
5.6.3.1	<i>TDMA</i> 终端的一般工作原理	(404)
5.6.3.2	高速 <i>TDMA</i> 终端 (<i>INTELSAT/EUTELSAT</i> <i>120兆比/秒,TDMA-DSI</i>)	(404)
5.6.3.3	中速率 <i>TDMA</i> 终端的典型实例 (<i>TELECOM-1</i>)	(412)
5.6.3.3.1	概述	(412)

5.6.3.3.2	TDMA处理单元 (LAPS)	(414)
5.6.3.3.3	陆上通信网连接中心 (CRT) 和陆 上用户连接装置	(415)
5.6.4	供商用通信的其它种类设备	(417)
5.6.5	数字通信的调制解调器	(419)
5.6.5.1	引言	(419)
5.6.5.2	相位模糊的消除	(421)
5.6.5.3	基本调制解调器电路	(422)
5.6.5.4	滤波	(422)
5.6.5.4.1	原理简介	(422)
5.6.5.4.2	滤波的实际应用	(422)
5.6.5.5	载波恢复	(426)
5.6.5.6	时钟恢复	(429)
5.6.5.7	子帧调制解调器的特殊问题	(429)
5.7	地球站监测、告警和控制	(433)
5.7.1	概述	(433)
5.7.2	MAC的主要指标	(435)
5.7.3	MAC的功能安排	(435)
5.7.4	监测、告警、控制 (MAC) 系统	(437)
5.7.5	参数监测	(439)
5.7.6	综述	(442)
5.8	总体设计	(443)
5.8.1	土木工程	(443)
5.8.1.1	大型多天线地球站	(444)
5.8.1.1.1	电信设备区	(445)
5.8.1.1.2	电源设备区	(445)
5.8.1.1.3	机械设备 (采暖、通风、空 调-HVAC)	(446)
5.8.1.1.4	行政管理和后勤保障区	(447)

5.8.1.1.5 辅助设施	(447)
5.8.1.2 大型单天线地球站	(448)
5.8.1.3 较小型地球站	(450)
5.8.2 电源系统	(451)
5.8.2.1 大型地球站	(453)
5.8.2.2 较小型地球站	(455)
5.8.3 天线系统(天线土木工程)	(456)
5.8.3.1 大型天线	(456)
5.8.3.2 中型天线	(457)
5.9 陆上通信链路	(457)
5.9.1 电缆链路	(457)
5.9.2 无线电中继链路	(458)
5.9.3 无线电中继特性	(460)
5.10 陆上接口考虑.....	(461)
5.10.1 地球站多路复用设备.....	(461)
5.10.1.1 模拟信号卫星通信(FDMA-FDM) ...	(461)
5.10.1.2 数字卫星通信.....	(464)
5.10.1.3 SCPC卫星通信(电话)	(467)
5.10.2 勤务信道设备.....	(467)
5.10.3 与陆上通信网的互连.....	(468)
5.10.3.1 回声.....	(468)
5.10.3.2 信令.....	(476)
5.10.3.3 数据传输问题.....	(477)
附录5. I 国际卫星组织 A 标准站性能一览表.....	(478)

第六章 频率共用和干扰..... (511)

6.1 无线电规则条款和国际频率登记委员会(IFRB) 的程序	(511)
6.1.1 引言	(511)