

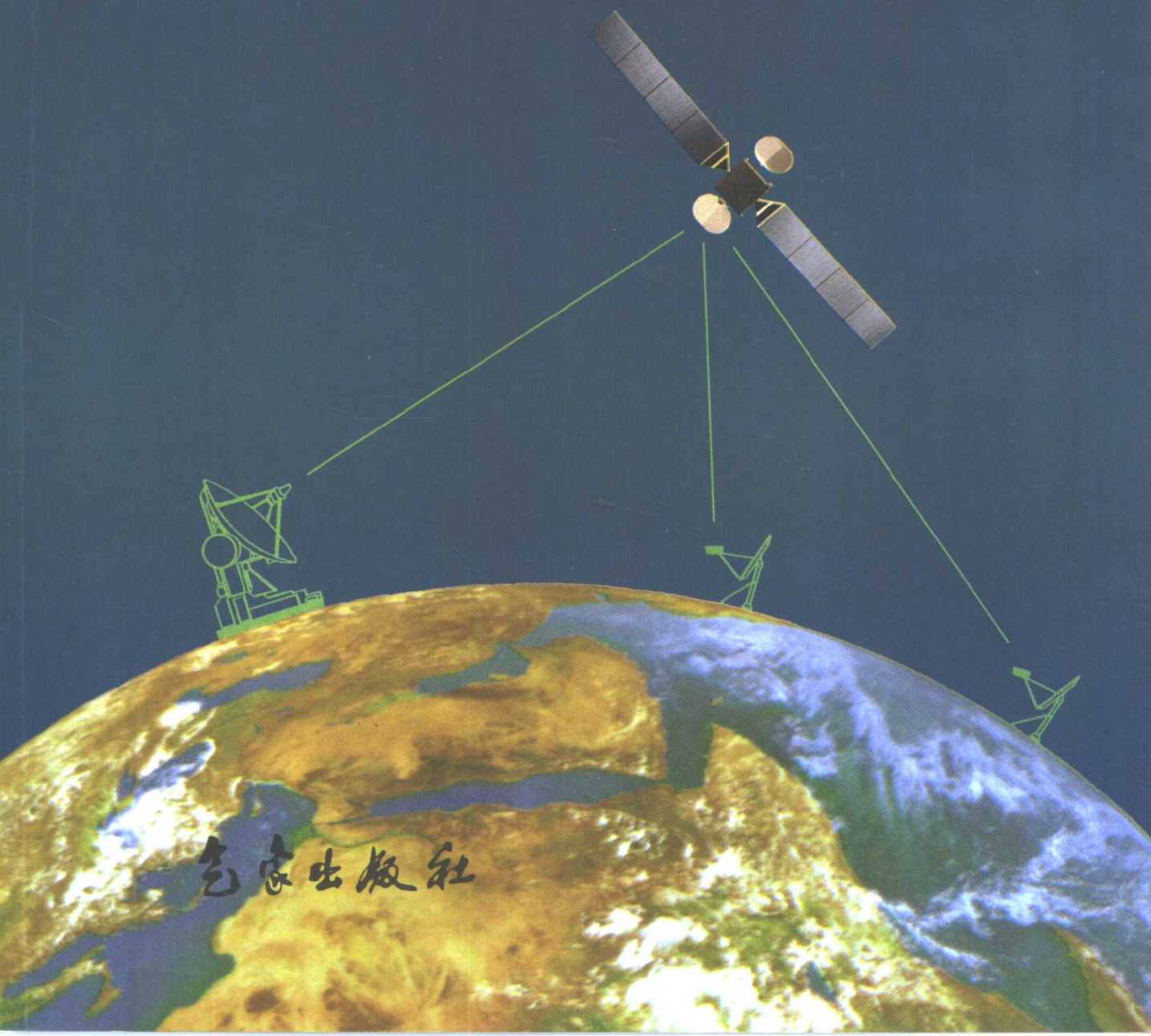
休斯网络系统公司VSAT 卫星通信小站技术手册

第一分册

基本原理、系统概述和建站准备

美国休斯网络系统公司 华云信息技术工程公司 编译

主编 徐建平 副主编 龚理藩



气象出版社

休斯网络系统公司 VSAT 卫星通信小站技术手册

第一分册 基本原理、系统概述和建站准备

美国休斯网络系统公司 编译
华云信息技术工程公司

主 编：徐建平

副主编：龚理藩

气象出版社

(京)新登字 046 号

内 容 简 介

本书详细叙述了休斯网络系统公司(HNS)的 VSAT 卫星通信小站的安装和使用。全书共分三个分册。第一分册介绍了 VSAT 卫星通信基本原理、HNS-HUGHES 公司产品、中国气象局 VSAT 卫星通信系统等。第二分册重点介绍 PES 数据地球小站的设备安装和使用方法。第三分册重点介绍 TES 电话地球小站的设备安装和使用方法。本书具有内容全面、资料齐全、叙述详尽、实用性强等特点,对安装和使用 VSAT 小站的工程技术人员是必不可少的参考资料,对于开发 VSAT 地球站技术的科研人员也极具参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

休斯网络系统公司 VSAT 卫星通信小站技术手册/徐建平
主编. —北京:气象出版社,1996. 1
ISBN 7-5029-2085-4

I. 休… II. 徐… III. 卫星通信系统地面站, 休斯网络
系统公司-技术-手册 IV. TN927-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 23189 号

休斯网络系统公司 VSAT 卫星通信小站技术手册

第一分册 基本原理、系统概述和建站准备

美国休斯网络系统公司

华云信息技术有限公司

编译

主 编: 徐建平

副主编: 姜理德

责任编辑: 陶国庆 终审: 周诗健

责任校对: 奚福群 责任技编: 席大光 封面设计: 施志军

* * *

气象出版社 出版

(北京海淀区白石桥路 46 号 邮政编码: 100081)

北京科技印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

* * *

开本: 787×1092 1/16 印张: 6 字数: 150 千字

1996 年 1 月第一版 1996 年 1 月第一次印刷

印数: 1—5000

ISBN 7-5029-2085-4/TN · 0016

(全套)定价: 100.00 元

授权书

美国休斯网络系统有限公司(下称“休斯公司”),依美国特拉华州法律成立,营业地址为:美国马里兰州 20876,德国镇,探索路 11717 号,特此授权华云信息技术工程公司,依中华人民共和国法律成立,营业地址为:中国北京西郊白石桥路 46 号,在双方合作编辑“VSAT 小站技术手册”过程中,翻译并利用部分休斯公司提供的技术资料。

此证

美国休斯网络系统有限公司

1995 年 8 月 23 日

第一分册 基本原理、系统概述和建站准备 编译说明

本分册由下列人员译校：

第一章由杨家仕编，徐建平和龚理藩初审。

第二章由唐卫东编，徐建平初审。

第三章由徐建平编，龚理藩初审。

第四章第一至第四节由邹安华编，第五节由张建国编，

全章由奚福群初审。

全书由徐建平总校。

前 言

近年来我国不少部门引进了美国休斯网络系统公司(HNS)的 VSAT(小型卫星通信地球站)卫星通信小站,包括 TES 电话地球小站和 PES 数据地球小站。为了帮助我国工程技术人员安装、使用 and 开发 VSAT 卫星通信小站,HNS 公司和中国气象局华云信息技术工程公司共同编译了这套由三个分册组成的技术手册。本手册所引用的 HNS 公司技术资料均已受 HNS 公司授权许可,符合知识产权保护法规要求。

第一分册介绍卫星通信的基本原理、系统概述和场地准备,详细叙述了 VSAT 卫星通信的基本知识、美国休斯网络系统公司(HNS)VSAT 卫星通信系统简介和中国气象局 VSAT 卫星通信系统和建站准备等。第二分册为 PES 数据地球小站的设备安装和使用手册,内容来自 HNS 公司的“Installation and Service Manual for Personal Earth Station General Reference Including PES Model X000 Series”,详细地介绍了 PES 的设备安装、操作、维护和测试等实用知识。第三分册是 TES 电话地球小站设备安装和使用手册,内容来自 HNS 公司的“Telephony Earth Station (TESTM) Remote Installation and Operations Manual”,是安装和使用 TES 小站必不可少的工具手册。

为了编译好这套书,美国休斯网络系统公司(HNS)和中国气象局华云信息技术工程公司专门组织了编委会,其组成为:

主任委员:孙观忻(HNS 公司)、吴贤伟(华云信息技术工程公司)

副主任委员:龚理藩(华云信息技术工程公司)、吕克明(HNS 公司)

委员:徐建平、喻纪新、钱寿宇(中国气象局)

容 皓、孙世豪、童卫平(HNS 公司)

在编委会指导下,设立编译组,具体负责本手册的编译和审校工作,其成员为:

主 编:徐建平

副主编:龚理藩

编 译:王春芳、宁江涛、任朝江、郎安华、杨家仕、张建国、欧震华、胡光华

真福群、徐正明、徐海燕、钱寿宇、唐卫东、蓝孝葵、鄢 薇

我们期待这套书对中国从事 VSAT 通信技术的工程技术人员有所帮助,错误之处也欢迎指正。

美国休斯网络系统公司

中国气象局华云信息技术工程公司

1995 年 7 月

目 录

前 言

第一章 卫星通信基本知识	(1)
§ 1.1 卫星通信系统概述	(1)
§ 1.2 数字卫星通信传输技术	(18)
§ 1.3 常用多址技术	(28)
§ 1.4 VSAT 系统基本概念	(36)
第二章 休斯网络系统公司 VSAT 产品简介	(40)
§ 2.1 PES 数据地球小站简介	(40)
§ 2.2 TES 电话地球小站简介	(43)
§ 2.3 混合地球小站简介	(46)
§ 2.4 综合业务数字网地球站简介	(46)
§ 2.5 9100 通用调制解调器	(46)
第三章 中国气象局 VSAT 卫星通信网络系统	(50)
§ 3.1 概述	(50)
§ 3.2 网络总体结构和布局	(51)
§ 3.3 VSAT 卫星通信网	(53)
§ 3.4 计算机网络系统	(57)
§ 3.5 对外服务	(58)
第四章 建站准备	(60)
§ 4.1 环境要求	(60)
§ 4.2 接地	(62)
§ 4.3 避雷	(73)
§ 4.4 交流不间断电源系统	(75)
§ 4.5 VSAT 小站设置申请	(80)

第一章 卫星通信基本知识

§ 1.1 卫星通信系统概述

1.1.1 卫星通信的一般概念

1.1.1.1 什么是卫星通信

简单地说,卫星通信就是地球上(包括地面、水面和低层大气中)的通信站之间利用人造地球卫星作中继站进行的空间微波通信。

卫星通信是地面微波接力通信的继承和发展。我们知道,微波信号是直接传播的,只有当两通信站能相互“看得见”时,才能实现微波通信。为了增大通信距离,可在微波通信线路中设立若干个中继站,把微波信号一站传一站地传送到远方。中继站一般设置在高山上,或把天线放置在较高的铁塔上。很显然,天线越高,它所能“看得见”的距离越远,即中继距离越远。

图 1.1 是一个简单的卫星通信系统示意图。它只有一颗通信卫星,卫星天线的波束覆盖了全部通信站所在的区域,各通信站的天线均指向卫星。因而,各通信站都可利用卫星中继来进行通信。

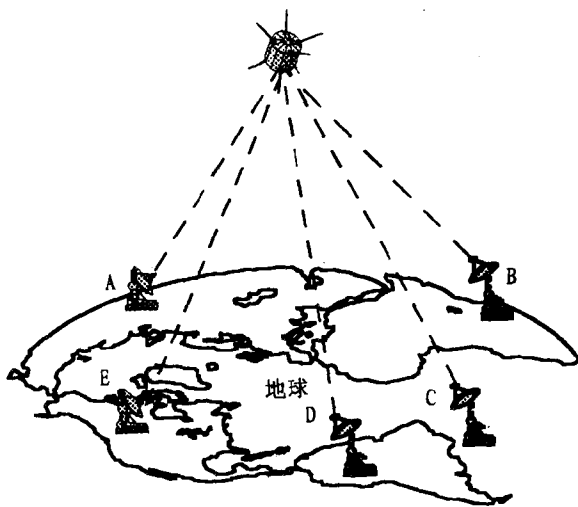


图 1.1 简单的卫星通信系统示意图

1.1.1.2 卫星通信的特点

与其它通信方式相比较,卫星通信具有下列特点:

(1)卫星通信覆盖区域大,通信距离远。因为卫星离地面很远,一颗地球同步卫星便可以覆盖地球表面的三分之一,因而利用三颗适当分布的地球同步卫星即可实现除两极以外的全球通信。卫星通信是目前远距离越洋电话和电视广播的主要手段。

(2)卫星通信具有多址联接能力。卫星所覆盖的区域内所有地球站都能利用同一卫星进行相互间的通信,即可多址联接。

(3)卫星通信的频带宽、容量大。卫星通信采用微波频段,频带宽、每个卫星上可设置多个转发器,故通信容量很大。比如,国际卫星六号(IS-VI)可用来传送 36000 路电话和 2 路电视。

(4)卫星通信机动灵活。地球站的建立不受地理条件的限制,可建在边远山区、岛屿、汽车、飞机和舰艇上。

(5)卫星通信的质量好,可靠性高。卫星通信的电波主要在自由空间传播,噪声小,故通信质量好。就可靠性而言,正常运转率达 99.8% 以上。

(6)卫星通信的成本与距离无关。地面微波中继系统或电缆载波系统,其建设投资和维持使用费用都随距离的增加而增加。而卫星通信的地球站至卫星转发器之间并不需要线路投资,因而其成本与距离无关。对国际通信或远程通信而言,按每话路、每公里的费用比较,卫星通信系统是最便宜的。

以上特点也就是卫星通信系统所具有的优点,但卫星通信也有不足之处,主要表现在:

(1)传输时延大。在地球同步卫星通信系统中,通信站到同步卫星的距离最大可达 40000km,电磁波以光速($3 \times 10^8 \text{m/s}$)传输,这样,路经地球站→卫星→地球站(称为一个单跳)的传播时间约需 0.27s。如果是利用卫星通信传电话的话,由于两个站的用户都要经过卫星,因此,打电话者要得到对方的回答,必须额外等待 0.54s,这会给人不习惯的感觉。

(2)回声效应。电话机中的混合线圈不平衡等因素将产生“回声效应”。在地面通信线路中,通常也或多或少地存在回声,但由于回声的时延小,只会使发话者在讲话同时或几乎同时听到一种“侧话音”(即从听筒中听到自己的声音)。在卫星通信中,由于回声(若存在的话)是在约 0.54s 之后才传回讲话者,这将成为一种令人讨厌的干扰,这就是“回声效应”。因此,卫星电话通信系统中要增加一些设备,专门用于消除或抑制回声干扰。

(3)存在通信盲区。当采用地球同步卫星作通信卫星时,由于地球两极附近区域“看”不见卫星,因而不能利用地球同步卫星实现对地球两极的通信。

1.1.1.3 卫星通信系统的工作过程

卫星通信系统的组成是复杂的,仅就通信传输部分而言,一条通信线路总要有发端地球站、上行线路、卫星转发器、下行线路和收端地球站组成。其中的上行线路和下行线路就是无线电波的传播路径。从地球站到卫星转发器的传播路径称为上行线路,反之则为下行线路。为了进行双向通信,每一地球站均应包括发射和接收系统。卫星转发器的作用是接收地面站发来的信号。并经变频、放大后再转发给其它地球站。

图 1.2 是卫星通信线路的构成示意图(图中只画了一个方向,另一方向完全相同)。下面简单说明卫星通信的工作过程。首先,发端用户设备的信号进入发送站的基带处理器,经处理(复

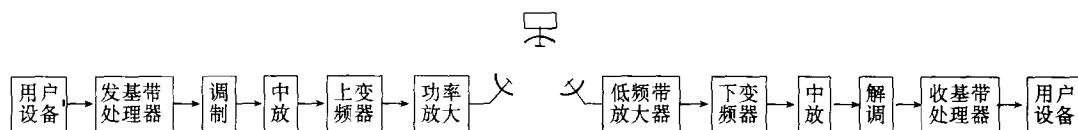


图1.2 卫星通信线路的构成示意图

接、编码等)后,送入中频调制器,然后已调制中频载波经中频放大送到上变频器,变换为上行载波频率(C 波段约为 6GHz,Ku 波段约为 14GHz),最后经功率放大后通过天线发向卫星。卫星转发器接收到上行载波后,经过低噪声放大、下变频和功率放大后,通过天线以下行载波频率(C 波段约为 4GHz,Ku 波段约为 12GHz)发往地球站。地面上的接收站接收到卫星转发来的下行载波后,首先进行低噪声放大,然后经过下变频器把载波变换到中频频率(一般为

70MHz),经中频放大后,对其进行解调,还原为基带信号,基带信号经接收基带处理器处理(译码、分接等)后,把信号送给相应的用户设备。

由于空间线路太长,对信号的衰减太大,接收机(无论是卫星接收机还是地球站接收机)接收的信号非常微弱,为了获得足够的载波噪声功率比,接收机中首先必须用一个低噪声放大器对微弱信号放大。上行载波频率和下行载波频率分开是为了避免通信过程中的相互干扰。对于大型的卫星地球站,可同时支持大量的用户,并且地球站一般远离用户。因此,用户设备(如电话)要通过地面公共网络(如公共电话系统)与地球站相连。对于小型卫星地球站系统,卫星地球站可直接安装在用户处,与用户设备直接相连。

多个地球站间相互通信的工作过程与上述情况相类似。

1.1.1.4 卫星通信网络的结构

每个卫星通信系统都有一定的网络结构,使各地球站通过卫星按一定形式进行联系。由多个地球站构成的通信网络,可以是星形的,也可以是网状的。在星形网络中,外围各远端站仅与一个中心站直接发生联系,各远端站之间不能通过卫星直接相互通信。若必要,需经过中心站转接才能建立联系,此时,信号要经过卫星线路的两“跳”传输。在网状网络中,各站彼此可通过卫星直接沟通。除此以外,也可以是上述两种网络的混合形式。

1.1.2 卫星转发器与地球站的组成

一个卫星通信系统通常由空间分系统、通信地球站群、跟踪遥测及指令分系统和监控管理分系统等四大部分组成。其中有的直接用来进行通信,有的用来保障通信的进行。本小节仅对与通信直接有关的卫星转发器和通信地球站作一简单介绍。

1.1.2.1 转发器

转发器是通信卫星中直接起中继作用的部分。一个通信卫星上有多个转发器。每个转发器是一套高灵敏度、宽频带的收、发信设备。转发器的主要作用是接收地球站发来的信号(上行载波),经放大、变频或处理,功率放大后再发向地球站(下行载波)。为了便于信号隔离,上行载波频率和下行载波频率是不相等的。对转发器的基本要求是:以最小的附加噪声和失真,以足够的工作频带和输出功率为各地球站有效而可靠地转发无线电信号。

(1)卫星波束的分类。卫星天线发往地球的波束,按其覆盖范围的大小可分为全球波束、点波束和区域波束,如图 1.3 所示。

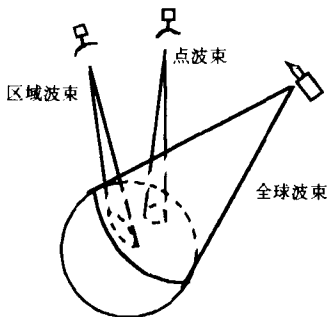


图 1.3 卫星波束示意图

全球波束将覆盖卫星对地球的整个视区。对静止卫星而言,全球波束半功率宽度为 17.4° 。

点波束将覆盖地球上较小的区域,一般为圆形。由于波束比全球波束窄很多,因而能把辐

射的能量集中于预定的较小区域。

赋形波束所覆盖的区域形状不规则,视服务的边界而定。它可把辐射能量分布于所希望的区域内。为了使波束成形,有的是通过修正天线反射器形状来实现,更多的是利用多个馈源从不同方向经反射器产生多波束的组合来实现。

(2)转发器的 G/T 值与 EIRP。在卫星通信中,一般用 G/T 值(dB/K)表示接收系统(卫星上的或地球站的)接收微弱信号的能力,它也称为接收系统的品质因数;一般用 EIRP 表示发射机的有效辐射功率。 G/T 值是接收系统的增益与等效噪声温度之比。其中, G 表示接收天线的增益, T 表示了接收机内部噪声的大小。显然, G/T 值越大,接收微弱信号的能力就越强(以保证一定的输出信噪比为条件)。值得指出的是, G 和 T 是折合到接收系统同一点来计算的(一般折合到接收系统输入点)。由于卫星接收天线指向地球不同地方的角度是不一样的,因而对来自地球不同地方的信号的增益是不相等的,因而卫星转发器的 G/T 值对地球不同地方也是不一样的。图 1.4 是亚洲卫星二号 Ku 波段 G/T 值覆盖图。

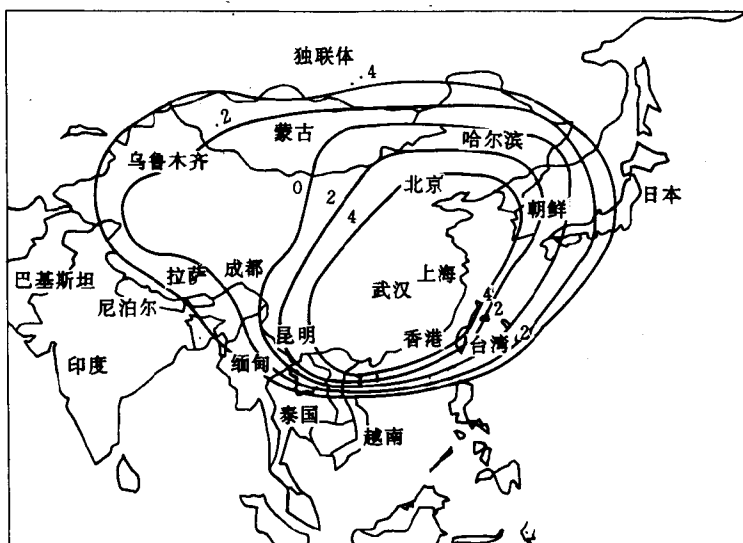


图 1.4 亚洲卫星二号 Ku 波段 G/T 值覆盖图

EIRP(有效全向辐射功率)表示卫星转发器的发射能力。EIRP 等于转发器输出功率与发射天线增益的乘积。同样,EIRP 对地球覆盖区内不同地方的值也是不相等的。图 1.5 是亚洲卫星二号 Ku 波段 EIRP 覆盖图。值得指出的是,转发器的 EIRP 是指功率放大器工作于单载波饱和状态时的下行有效功率。

表 1.1 给出了亚洲卫星二号 Ku 波段对我国部分城市的品质因数(G/T)和 EIRP。

1.1.2.2 地球站

地球站是设立在地球表面(包括陆地、水上或大气层中)的微波无线电收、发信台(站),用户设备通过它们接入卫星线路,进行通信。图 1.6 是典型的地球站组成方框图。地球站大体上可分为:天线、馈线设备(简称天馈设备)、接收设备、发送设备、信道终端设备、电源设备。

(1)天馈设备。天馈设备的基本作用是将发射机送来的射频信号变为对准卫星的定向电磁波;同时收集卫星发来的电磁波,转变的电信号送到接收设备。通常,地球站的天线是收、发共用的,因此要有收、发开关(或称双工器),从双工器到收、发信机之间有一定长度的馈线连接,它起传输能量的作用。为了使天线的波束始终对准卫星,对于大型标准地球站,通常还应有关

线跟踪设备。

表 1.1 亚洲卫星二号 Ku 波段 EIRP 与 G/T 值

城 市	EIRP(dBW)	G/T(dB/K)
上海	52	5.0
广州	52	5.5
福州	52	5.5
贵阳	52	5.5
武汉	52	5.5
衡阳	52	5.5
香港	52	5.0
台北	50.5	3.5
北京	50	3.0
成都	50	3.0
昆明	50	3.0
海口	50	3.0
三亚	46	0.0
哈尔滨	46	-1.0
乌鲁木齐	44	-4.0
拉萨	43.5	-3.5

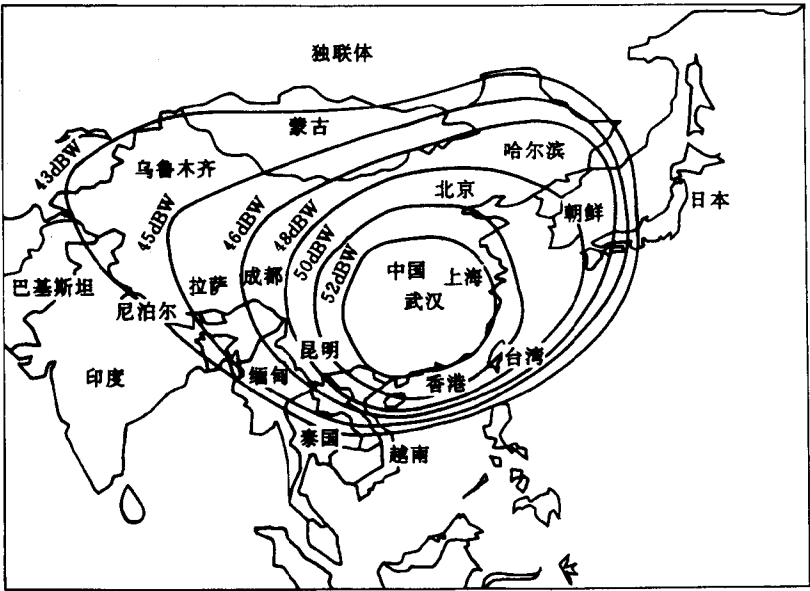


图 1.5 亚洲卫星二号 Ku 波段 EIRP 覆盖图

①天线。由于卫星通信大都工作于微波波段，因此地球站天线通常是面天线。小型地球站常采用“偏馈天线”。

图 1.7 是抛物面天线原理示意图。它由馈源和反射器组成。反射器是一个旋转抛物线形成的抛物面，馈源的相位中心位于抛物面的焦点。发射时，电磁波从馈源辐射到反射器，经反射器反射后聚焦形成窄波束射向卫星。接收时，由反射器接收的信号能量被汇集到焦点处，进入馈源被送到接收设备。抛物面天线结构简单，容易调整，增益和效率适中。其缺点是，当天线仰角较小时，地面噪声很容易从反射器边缘进入馈源（此时，馈源喇叭对着地面），使天线的噪声温度升高。

图 1.8 是卡塞格伦天线原理示意图。它由馈源、抛物面主反射器和双曲面副反射器构成。馈源的“等效辐射中心”与副反射器的共轭焦点 F_1 相重合。发射时，由馈源辐射出来的电磁波首先投射到副反射器上，而副反射器再把电波反射到主反射器上，主反射器便将发散状态的波束变为平行窄波束而发向卫星，于是增强了方向性。在接收时，电磁波路径与上述过程相反，天

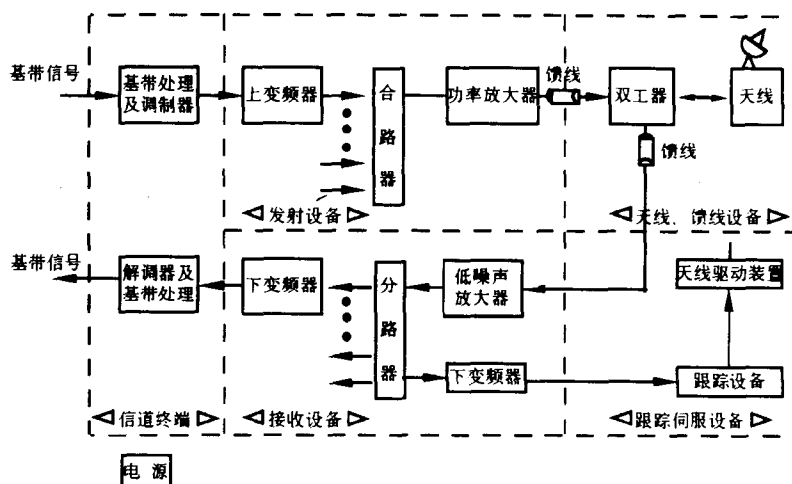


图 1.6 地球站组成的简化方框图

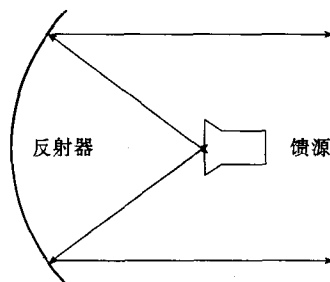


图 1.7 抛物面天线原理示意图

线口面上的电波将在馈源处同相相加，从而增大了接收信号的功率。卡塞格伦天线有许多优点，首先是因为馈源位于主反射器的顶点附近，馈线短，损耗小，且馈源能安装得较稳定，有助于形成指向准确的高增益窄波束天线。其次是地面噪声不易进入馈源（因馈源指向天空）而形成干扰，因此噪声温度很低。

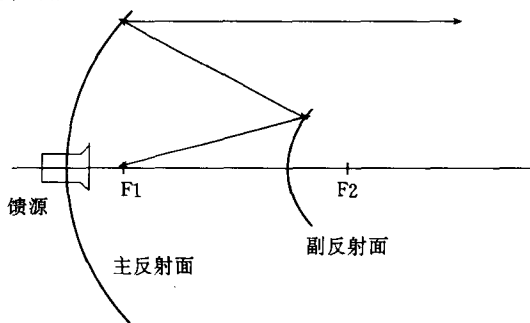


图 1.8 卡塞格伦天线

图 1.9 是应用于小型卫星地球站(VSAT)的偏馈天线示意图。偏馈天线系统中，馈源的放置位置偏离天线反射面的几何对称轴，因而消除了其它形式天线中馈源喇叭或副反射器及其支撑结构所引起的遮挡效应，再加上反射面的优化设计，偏馈天线具有效率高、旁瓣电平低等特点。与普遍抛物面天线相比较，在相同仰角下，偏馈天线的馈源以较高的仰角指向天空，因而

地面反射噪声较小。

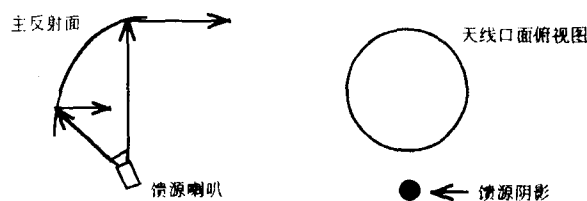


图 1.9 偏馈天线示意图

偏馈天线发射面一般为圆形，但休斯网络系统公司(HNS)的 VSAT 系统中，当天线口径在 1m 以下(含 1m)时，采用矩形反射面。

②馈线设备。如前所述，在收、发共用天线的系统中，馈线设备除包括波导外，主要是一个双工器。它起传输能量和分离收、发信号的作用。图 1.10 是馈线系统组成方框图。

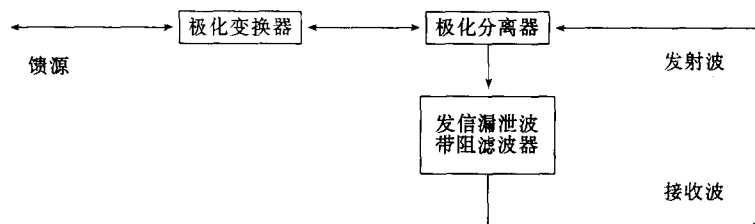


图1.10 馈线系统组成方框图

收、发信号的分离是利用频率和极化方式不同来完成的。上行载波频率和下行载波频率是不相等的，因此可利用滤波器实现信号的分离。图中的发送泄漏波带阻滤波器就是为了防止发送载波信号馈入接收机而设置的。在采用频率再用(Reuse)技术的卫星转发器系统中，上行载波和下行载波的极化方向也不一样，它们相互正交，从而可利用极化分离器实现收发信号的隔离。在 C 波段(上、下行频率分别约为 6GHz 和 4GHz)，多采用圆极化波在空间发送，相互正交的圆极化波是左旋极化波和右旋极化波。在 Ku 波段(上、下行载波频率分别 14GHz 和 11GHz)，则采用线性极化波，相互正交的线性极化波是水平极化波和垂直极化波。图 1.10 中的极化分离器就是利用上、下行波极化方向的正交性，来实现收、发信号分离的。在采用圆极化波的卫星通信系统中，地球站必须把发射机波导送来的线极化波变换为按一定方向旋转的圆极化波发往空间，在接收方向则是把按一定方向旋转的圆极化波变换为线极化波，图 1.10 中的极化变换器就是实现这种线-圆极化变换的。

③天线跟踪设备。由于静止卫星总有一定的漂移，为了保证地球站天线波束始终对准卫星，就需要天线有一定的跟踪能力。地球站天线跟踪卫星的方法有三种：手动跟踪、程序跟踪、自动跟踪。

在大型标准地球站中，通常都以自动跟踪为主，手动跟踪和程序跟踪为辅。在小型卫星地球站(VSAT 站)中，由于天线反射面小，其波束宽度较大，只要安装时调整好了天线的指向，卫星漂移所引起的信号损失不会很大。因此，小型卫星地球站均不采用天线跟踪设备。

(2)发射设备。发射设备的主要任务是将已调制好的中频(一般为 70MHz)信号变换为射频信号(上行载波频率)，并将功率放大到一定水平，经馈线送到天线向卫星发射。

图 1.11 是地球站发射设备的组成方框图，它由上变频器、自动功率控制电路、发射波合成装置、激励器和大功率放大器组成。

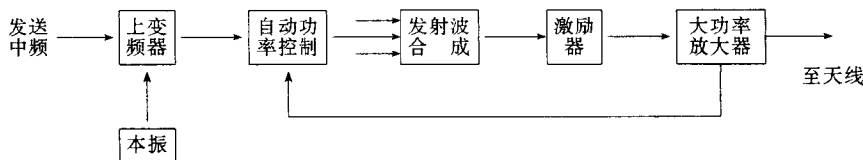


图1.11 地球站发射设备组成方框图

由于技术上的限制,目前在卫星转发器中,还不可能采用高增益天线和低噪声放大器,因而要求地球站能向卫星发射大功率信号,地球站功率放大器的输出功率最大可达数百瓦至数千瓦。

自动功率控制电路的作用是把输出功率的波动限制在额定值的 $\pm 0.5\text{dB}$ 以内。发送波合成装置是将多个已调载波合在一起送到放大器去放大。

(3)接收设备。接收设备的主要任务是把天线收集的来自卫星转发器的有用信号,经变换后,送给解调器解调。图 1.12 是地球站接收设备的组成方框图。它主要由低噪声放大器、下变频器、本振源等组成。

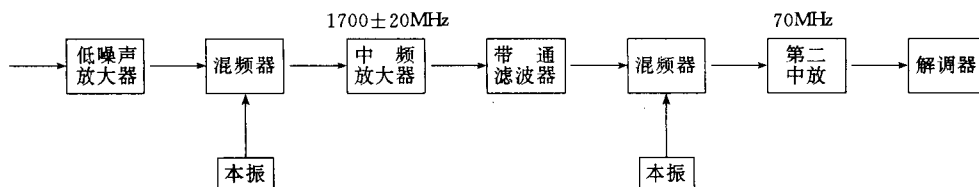


图1.12 地球站接收设备组成方框图

由于从卫星接收到的信号非常微弱,为了减少接收机内部噪声的干扰影响,提高接收灵敏度,接收设备必须首先使用一个低噪声微波前置放大器对接收信号放大。并且,为了减少馈线损耗的影响,该放大器一般安装在天线上。目前,在微波段使用的低噪声放大器有:低温致冷参量放大器(简称冷参)、常温参量放大器(简称常参)和微波场效应晶体管放大器(FETA)。

由低噪声放大器输出的射频信号,经过下变频器变换为中频信号,通常中频为 70MHz 。下变频器既可采用一次变频方式,也可采用二次变频方式。前者电路较简单,但频率灵活性差,对那些仅需接收单个卫星转发器信号的小型地球站比较合适。后者对载波中心频率变化的适应性强,应用较广泛。但由于它在混频前是宽带的,卫星转发器的所有载波均能进入混频器中,这样对混频特性的线性提出了严格要求。采用二次变频方式时,第一中频一般使用 1GHz 、 1.4GHz 或 1.7GHz ,第二中频仍为 70MHz 。

(4)信道终端设备。信道终端设备分为上行和下行两部分。信道终端设备的上行部分位于用户设备和发射设备之间,它将用户送来的基带信号进行处理并调制为中频信号。下行部分位于接收设备和用户设备之间,它把接收设备送来的中频信号进行放大、解调,最后对基带信号处理,并送给用户设备。

(5)电源设备。地球站电源设备要供应站内全部设备的电能,因此电源设备的性能优劣将影响卫星通信的质量及设备的可靠性。现代卫星通信系统,一年中要求 99.9% 的时间不间断地、稳定可靠地工作。电源设备必须满足这一要求。特别是大型地球站,一般要有几种供电电源,即市电、发电机和蓄电池。正常情况下是利用市电,一旦市电中断,即由应急发电机供电。在发电机启动到正常供电期间,由蓄电池加交流逆变器短期供电作为过渡。平时,蓄电池是由市电通过整流器对其进行浮充,以备急用。对于小型地球站,可直接配置不间断电源(UPS),外加发电机。

地球站除了上述五个组成部分外,对于大型的地球站还有控制、监视和测试设备等。

1.1.3 静止卫星及其参数

1.1.3.1 静止卫星

卫星环绕地球一周所需的时间称为卫星的运行周期。由于地球总是在自转,所以一般来说,虽然卫星轨道倾角和运行周期是一定的,但从地球上某一点来观察,间隔一周期后的位置并不相同。

在赤道轨道卫星中有一种特殊的卫星——对地静止卫星(简称静止卫星或地球同步卫星)。这种卫星在赤道平面内以地心为中心由西向东作匀速圆周运动,其运行周期恰好等于一个恒星日,即地球的自转周期(23 小时 56 分 4.09 秒),因此,地球上任一点观察(如观察得到的话)卫星都是静止不动的。

地球同步卫星距地球表面的距离 h 满足:

$$T = 2\pi \left[\frac{(R_e + h)^3}{GM} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1.1)$$

式中 G 为万有引力常数($6.67 \times 10^{-20} \text{ km}^3/(\text{kg} \cdot \text{s}^{-2})$); M 为地球的质量($5.977 \times 10^{24} \text{ kg}$); R_e 为地球的半径(6378km); T 为卫星的运行周期。由(1.1)式可算出,地球同步卫星距地球表面的距离为 35786.6km。

由于静止卫星对地“静止不动”,用作通信卫星有许多优点,因而,目前卫星通信大都采用地球同步卫星。其主要优点是:

- ①地球站天线易于保持对准卫星,不需复杂的跟踪系统;
- ②通信连续,不必频繁更换卫星;
- ③卫星的多普勒频移可忽略;
- ④对地面通信覆盖面积大,静止轨道上的一颗卫星可覆盖全球面积的 42.2%,便于实施广播和多址联接;
- ⑤信道的绝大部分为自由空间,传输稳定,通信质量高。

其主要缺点是:

- ①传输损耗和传输时延大;
- ②地球两极附近有通信盲区;
- ③存在日凌中断和星蚀现象;
- ④对地静止轨道只有一条,能容纳的卫星数目有限;
- ⑤在战时易受敌方干扰和摧毁。

目前,同步卫星轨道上的 C 波段(4/6GHz)卫星已相当拥挤了,它们主要集中在欧洲、北美和印度洋的上空。为了减小邻星间的干扰,相邻同步卫星必须保持足够的隔离,以相邻星间隔(以地球中心为圆心所张的圆心角) 2° 计,同步卫星轨道上也只能放置 180 颗同步卫星。

1.1.3.2 静止卫星的观察参数

所谓观察参数是指地球上一点“观察”卫星时的方位角 φ 、仰角 θ 和距离 d 。

静止卫星的观察参数如图 1.13 所示。图中 S 表示静止卫星; O 表示地球中心; M 表示卫星 S 与地球中心 O 的连线在地球表面的交点,称为星下点; D 表示地球站;地球站 D 与星下点 M 的连线称为地球站到卫星的方位线 K ;地球站与卫星的连线称为直视距离 d ,直视线的长度即地球站与卫星间的距离,简称站星距。

静止卫星的方位角 φ 定义为地球站所在经度的正北方向,按顺时针方向与方位线 K 所构

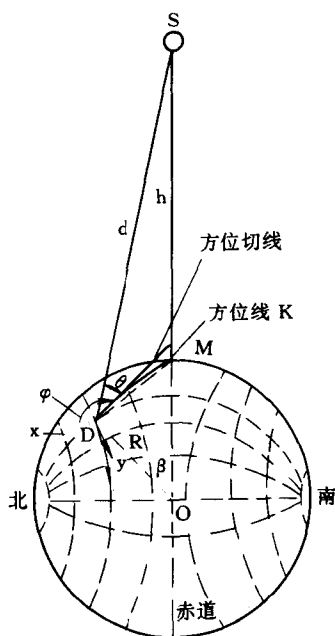


图 1.13 静止卫星的观察参数

成的夹角。地球站指向静止卫星的仰角 θ 定义为地球站的方位线与视线间的夹角(严格地讲,是视线与地球站处地平面间的夹角)。

静止卫星和地球站的位置决定了静止卫星的观察参数。静止卫星的位置用它的星下点经度来表示。地球站的位置用所在地的经度和纬度来表示。假设地球站与星下点的经度差为 λ , 地球站纬度为 φ , 令

$$A = \operatorname{tg}^{-1} \left| \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\sin \varphi} \right| \quad (1.2)$$

$$k = \frac{R_e + h}{R_e} \quad (1.3)$$

则静止卫星的观察参数为

$$\varphi = \begin{cases} 180^\circ - A & \text{地球站在北半球, 且位于卫星以西} \\ 180^\circ + A & \text{地球站在北半球, 且位于卫星以东} \\ A & \text{地球站在南半球, 且位于卫星以西} \\ 360^\circ - A & \text{地球站在南半球, 且位于卫星以东} \end{cases} \quad (1.4)$$

$$\theta = \sin^{-1} \left[\frac{k \cos \lambda \cdot \cos \varphi - 1}{(k^2 + 1) - 2k \cos \lambda \cdot \cos \varphi} \right] \quad (1.5)$$

$$d = R_e \sqrt{(k^2 + 1) - 2k \cos \lambda \cos \varphi} \quad (1.6)$$

例 1.1: 亚洲卫星二号 (Asia Sat-2) 定点于赤道上空东经 100.5° , 北京的经度为东经 116.45° , 纬度为北纬 39.92° , 成都的经度为东经 $104^\circ 05'$, 纬度为北纬 $30^\circ 40'$ 。求北京和成都对亚洲卫星二号的观察参数。

解: 利用 (1.4), (1.5) 和 (1.6) 式可分别求出:

北京: 方位角 $\varphi = 204^\circ$