

通 信 卫 星 系 统

J. Martin 著

“空间电子技术”编辑组译

一九八〇年九月

译者说明

本书系美国 Prentice-Hall 图书公司“自动化计算丛书”之一，1978年出版。作者 James Martin 是美国国际商业机器（IBM）公司纽约系统研究所的著名科学家。他著有关于计算机系统和电信工程方面书籍达13本。本书介绍了卫星通信系统的空间和地面两大部分的有关技术问题。可供该专业技术人员阅读。为此，本编辑组译出全文，供从事通信卫星设计的工程技术人员、科研管理人员和学员作参考书。本书第1、2、3、9章由汪一飞翻译，第4、5、6、23、24章由杜树新翻译，第7章由章祖全、共田翻译，第8、14、15、16、17、18章由共田翻译，第10、11、12、13、20、21、22章由季荣昌翻译，第19章由李力田翻译，第25章和后记由汤国璋翻译。由汪一飞、共田校对。张传华作了大量插图描绘，本书由兰州军区步校印刷厂印刷，在此表示感谢。

“空间电子技术”编辑组

目 录

第1部分 空 间 部 分

第1章 空间的前途.....	(1)
第2章 卫星通信线路.....	(8)
第3章 轨道和倾角.....	(21)
第4章 卫星结构.....	(34)
第5章 空间环境.....	(54)
第6章 传输损耗.....	(59)
第7章 噪声.....	(70)
第8章 频率.....	(77)
第9章 卫星设计中的权衡.....	(91)

第2部分 地 面 部 分

第10章 多路复用	(101)
第11章 调制	(109)
第12章 脉码调制和增量调制	(122)
第13章 数字信道的利用	(132)
第14章 多址和按需分配	(140)
第15章 频分多址	(146)
第16章 时分多址	(153)
第17章 传输中的差错	(161)
第18章 用于数据传输的卫星线路	(175)
第19章 卫星在交互计算方面的应用	(185)
第20章 ALOHA 信道	(202)
第21章 分组无线电终端	(210)
第22章 脉冲串预定系统	(214)
第23章 可利用率	(220)
第24章 保安	(227)
第25章 系统设计中的权衡	(233)
后记: 卫星的未来潜力	(244)

第1章 空间的前景

通信卫星的概念很简单,但有时简单的概念使世界发生巨大的变化。我们经过很长时间才渐渐认识到卫星的潜力。

通信卫星本质上是在空中的—个无线电中继站。由地面天线向卫星发射信号,它将信号放大并发送回地面。卫星的本领在于能传送大量信息,并将它们送到地球上的大部分地区,三颗卫星几乎可以覆盖地球上全部有人居住的地区。卫星信道费用下降的速度惊人,在技术上正在出现新方向。一个主要努力是设法在公司或政府所在地设置卫星天线,在那里可以更好地利用卫星信道。

在二十世纪的最后二十五年中,通信工具(如电视、个人之间通信、人与计算机之间通信、计算机网络、教学设备、工业管理设备,大型数据库、电子汇兑存款、军事指挥控制系统等),将使不同社会发生深刻变化(变好或变坏)。无论国内或国际上,卫星有望成为最有效力的成本—效果好的通信工具之一。

自从人类发射第一颗卫星以来,对通信卫星价值的理解有很大的变化。最初,主要把卫星看成与孤立地区取得联系的手段。世界上大多数人口尚无电话和电视网可供利用,而电话和电视网对西方社会有极大的影响。若将非洲和南美洲用贝尔电话系统联系起来,其工程的造价是令人难以设想的。所以卫星被看作一种抗衡的技术,而且在世界最远的地方开始出现地面站。那些只有最原始的电信设备的国家也将卫星印在它们的邮票上。

在发展中的国家,交通设施建立的顺序与西方的不同。西方先有铁路,其次公路,然后飞机。在巴西许多城镇只能靠飞机才能到达那里,然后有公路修到那里。最后,如果当真的话,才是铁路。同样,卫星可以在不用电话干线情况下与城镇建立文化和商业联系。到八十年代末,巴西可能拥有比欧洲更好的卫星设施。

当卫星造价从其初期的极高成本降下来时,认识到它们可以与世界的海底电缆相竞争,卫星在工业园中占一定地位,把各洲大陆联系起来。海底电缆的业主在损害卫星的情况下采取政治手段来保护他们的投资,但不久通过卫星进行越洋电话通信比通过海底电缆的更多。利用卫星的横跨大洋的电视中继已成为很平常的事情,因为六十年代时的电缆的容量不足以传送实况转播的电视。

在六年中,Comsat(通信卫星公司)发射了四代通信卫星。晨鸟卫星是第一颗在空间的固定位置上转发信号的商业卫星,继而在1967年发射国际通信卫星(INTELSAT)Ⅰ号,1968年发射INTELSAT-Ⅱ号,1971年发射INTELSAT-Ⅲ号。七十年代后五年带来了INTELSAT-ⅣA号和INTELSAT-V号。图1、2(见原书)示出了INTELSAT通信网。

当第一颗INTELSAT卫星与海底电话电缆竞争时,国内电话网似乎未受到威胁。早期卫星的每路电话的费用很高,而且美国通信卫星法规定只有Comsat公司可以经营

卫星，而这些卫星只能用于国际通信。

和往常一样，技术的变化比法律快得多，1972年加拿大发射了第一颗北美国内卫星。原先把它看成与在东北北方的加拿大人通信的工具，称它为ANIK，在爱斯基摩语中的意思是“兄弟”。但很快认识到ANIK卫星能比现有的通信手段提供更为廉价的长途电话或电视线路。在美国建立了利用ANIK卫星的天线，这些卫星在轨道上头两年就收回了投资，这在电信工业中实际上是空前的。

1972年一阵立法风导致了美国联邦通信委员会（FCC）的天空开放政策，它鼓励私人工业提出发射和经营通信卫星的建议。第一个利用空间开放政策获益的美国公用事业公司是西联公司，它在1974年发射两颗最早的美国内通信卫星——西联星（WESTAR）。

接着爆发了租用远距离通信通路的价格战。租用通过WESTAR的在东西海岸间的电话线路只占向地面公用事业公司租用同样地面通路费用的几分之一。很明显，采用先进的设备时，价格可以进一步下降。

很显然，在卫星中有重要的经济效果问题。一个大卫星可以提供更多信道，因而其每个信道的费用比小卫星的低。利用经济效果的优点，卫星应该用在通信业务量最大的地区。没有比美国国内电信的业务量更大的地方了，因而开始看出来国内卫星比国际卫星有更大的利润。这和早先的观点正相反。

第一颗商业通信卫星，电星卫星（TELSTAR），的诞生地——贝尔实验室对上述的问题理解得最清楚。贝尔实验室的一项研究表明，设计先进的几个强有力的卫星能够传送比整个美国电话电报公司（AT&T）的远距离通信网还要大的通信量。这些卫星的费用只占同等效用的地面设施费用的几分之一。但是，当时政府法令不让AT&T公司研制卫星，而该公司比任何其它单位能更好地利用卫星。听任这个领域自由竞争，于是许多公司宣布它们将经营卫星，但它们与AT&T公司相比都相形见绌的，而AT&T公司却只能继续每年化费几十亿美元来扩充其地面设施。

对WESTAR的用户来说，卫星的概念现已成为联系美国五个地面站的通信渠道。还可能将发生新的概念性变化。

虽然公司和计算机用户把卫星看成是在较少几个地面站之间提供双向通路的手段，广播人员和未来的广播人员则把它看成是一种分送单向信号的潜在的理想方法。送到卫星的电视或音乐可在很大地区内接收到。若卫星的部分信道用于传递声音以进行教学或新闻广播，就会有許多信道可用于广播。向卫星发射信号的地面站很大而且昂贵，但接收天线可以很小，而且为数众多。Musak公司设想了一种能装在他们用户屋顶上的小型接收天线。卫星提供了向目前尚无电视的广大地区进行电视广播的可能性。若发射更强大的卫星，可以直接向工业国几亿户的家庭广播电视。日本广播卫星计划向日本家庭直接广播，他们可以用较贵的家用接收机。卫星功率较小时，电视可以分发给几百个地区站，以便通过目前的发射机或电缆电视线路转播。

电视利用得好可以是一个极强有力的教学工具。但是大多数电视对这个用途来说一直利用得很差。美国数以千计的教室或讲堂其电视机已被折走或未利用起来。尽管如此，最好的例子还是非常好的。在有些教室中，教师利用电视很有效地丰富他们的教学。英国的开放大学，一个大规模的电视大学，有一个值得在全球范围用多种语言收听的教学大纲。

对大多数人来说，学历史有什么比根据如阿利斯泰尔·柯克的“美国”这样教学大纲更好的方法？总有一天可能实现通过卫星这极妙的教育设施的梦想，但要实现它单靠先进技术还是不够的。

通常认为广播是有一个发射机和许多接收机，但是当卫星用于双向信号，出现了有许多发射机的一种广播形式。实际上，各个地面站是一个广播发射机，因为它的信号可以到达所有其它地面站，不管这些地面站要不要它的信号。象收音机一样，各个地面站只调谐到它要接收的信号频率。

由于卫星这种广播特性，而局限于把卫星看作是空中的传输线，但它远不止此。送到卫星上去的信号传下来时可到达很大地区中的每一点，为了使卫星对无线电通信的用途为最大，这地区的任何用户在任何时刻应能申请使用卫星很大容量中的一小部分，而且若在该时刻有空闲容量的话，则将它分配给使用用户。正象电话网一样，要使它真正有用，任何用户在不需时应能呼叫任何其它用户。但是不希望把电话交换机放在卫星上，至少目前不希望这样做。卫星上的设备必须简单而且可靠，因为设备发生故障时无法修理。此外，还必须尽可能轻和功耗小。为了获得所要求的多址能力，必须设计出将卫星容量分配给地理上分散的用户的方法，以允许他们相互通信。

在通信卫星工作的头十年中，卫星的大部分容量用于电话业务和电视。但是技术已有很大发展，所以在这个意义上，卫星对在计算机和计算机用户之间或电报机之间传输数据更有功效，以数字形式传送电话业务，也许还有电视，在技术上是很理想的，这一问题我们将在后面进行讨论。当电话语音以简单方式数字化时，它变成每秒64千比特。当用有更大压缩的方式进行数字化时，可用更少的比特。数字化的电视要求比特率为每秒 40×10^6 和 92.5×10^6 比特，视所用的技术而定。用这样的比特率可以传送大量的数据。与作为发送信息方法的数据传输相比，这样大的比特率使语音显得很贵。需要几兆比特传送的语音消息的言语内容只等效于需要一千比特的一个电报。

卫星对计算机工业的潜力可以用简单的计算来说明。当一个人在使用计算机终端时，他并不是连续地以与该终端相联的传送信息传输线的最大速率发送的。他发送一些字符，阅读其响应，对它进行思考，然后又用键盘输入更多的字符。终端用户和计算机之间的对话导致在它们之间传送信息传输线上传递的是猝发的数据群，通常是很短的数据群，在数据之间有间歇。在大多数情况下，大多数情况下在这间歇中可以传送的数据比实际传送的数据多得多。如后面将说明那样，大多数的人一终端对话导致平均往返比特率小于10比特/秒，虽然在某些秒内，传送的比特数要大得多。

目前的国内卫星装有若干几个称为转发器的分开装置，每个转发器可以中继一路电视节目或等效的话路数。美国无线电公司（RCA）的SATCOM卫星用户通过一个转发器能发送60兆比特/秒的数据。这个卫星共有24个转发器，因而它的总通过量为 24×60 兆比特/秒。若这个容量完全用于交互式终端用户的话，就不可能得到100%的效率。一个保守的设想是可以达到15%效率（比目前的组织良好的终端传输线的等效值低得多）。15%效率给出的可用容量为216兆比特/秒。

美国和加拿大合在一起的人口约2.4亿。为了说明问题起见，让我们假设每个人每天使用计算机终端。平均有工作的人每天用一小时，无工作的人每天用半小时。这样每天终

端利用率总共为1.6亿小时。我们又假设每日高峰小时的利用率为每日平均值的三倍,则高峰小时的总数据率为:

$$\frac{160 \times 10^6 \times 3 \times 10}{24} = 200 \text{兆比特/秒}$$

换句话说,采用目前技术水平的卫星有足够的传输容量可为美国和加拿大的每个男人、妇女和小孩提供一个计算机终端。此外,象邮件这样可以延迟到非高峰时间发送的数据来说,同样卫星的传送能力可以增加一倍。

正如其有关卫星功率的讨论一样,这个计算假设可以以适当方式为卫星信道组织地面设施。在上述例子中,人们怎样使得极大量的用户共用同一个信道而不发生过分的相互干扰呢?如我们以后将看到,有很多种体制可以很好做到这一点的。但是当大量用户共用可资利用的很大容量时,设计不象定点间通信线路那样仅受卫星中继设备本身支配,而且还受允许对卫星进行多址通信的地面设施的结构所支配。

尽管卫星在传输数据方面有很大功能,单为计算机的数据传送而发送一个卫星不是一个妥当的事情。在卫星可能传送的所有信息量中,计算机的信息只占很小一部分。不论将来由那些信息混合在一起,今天大多数的信息是“普通而古老的电话业务”。为使卫星的潜在利益为最大,卫星应能传送许多不同类型的信号—实时的和非实时的语音、数据、传真和图象信号。对所有这些信号来说,卫星应看成是从其下面任何地方来的信号都能通过的广播装置,而不是看成空中的一组电缆。

总起来说,对什么是通信卫星的理解已有很大改变,不同的理解有:

- 1、与地球上孤立地区取得联系的手段。
- 2、海底电缆的替换手段。
- 3、远距离国内电话和电视线路。
- 4、电视和音乐广播设施。
- 5、能与任何地方的计算机终端相互连接的数据设施。
- 6、在按需基础上传送各类信号的多址通信设施。

对卫星潜力的这种不断变化的理解是与卫星的造价分不开的,这给人们深刻的印象。

头四代INTELSAT卫星载有的信道数不断增大,并且设计寿命越来越长,见图1.3。因而每年每路卫星话音信道的费用显著下降。这种趋势在INTELSAT-V号中仍将继续下去。

图1.3的最下面的一行示出了每年每路卫星话音信道费用的下降情况。图1.4示出了其发展趋势。图中示出了卫星的投资和它们的发射费用。由于必须把地面站和与它联接的通信线路包括进来,以及考虑到信道平均利用率可能很低,用户收费要高得多。

如果有足够的信息量送到卫星以允许可以得到最好的经济效果,图1.4示出的异乎寻常的费用下降将继续发展下去。若发送比目前容量更大的卫星,则可使每路话音信道费用大幅度下降。在八十年代,空间飞机及相联系的设备将大大降低发射的费用。

人们把卫星和它的发射费用归入卫星通信的空间部分。系统设计工作者中不时有这样的看法,空间部分的费用降低到很低了,使得整个卫星通信系统的费用取决于地面设施的体制。

名 称	Intelsat I (晨鸟)	Intelsat II	Intelsat III	Intelsat IV	Intelsat V
发 射 年 代	1965	1967	1968	1971	≈ 1979
直 径 (英 寸)	28	56	56	93	60 (包括帆板)
高 度 (英 寸)	23	26	78	111	261
轨道上重量(磅)	85	192	322	1517	3200
天 线 数 目	1	1	1	3	6
一 次 电 源 (瓦)	40	75	120	400	1000
转 发 器 数 目	2	1	2	12	27
转发器带宽(兆赫)	25	130	225	36	
卫星的费用(万美元)	360	350	450	1400	≈ 2500
发射的费用(万美元)	460	460	600	2000	≈ 2300
设 计 寿 命 (年)	1.5	3	5	7	10
总费用/年(万美元)	547	270	190	485	≈ 180
最 大 话 音 路 数	240	240	1200	6000	≈ 2400
费用/话路/年(美元)	23000	11000	1600	810	≈ 20000

图 1.3 国际通信卫星(前六年中有四代)

但是，地面站费用下降比卫星费用下降更惊人。第一个COMSAT地面站费用超过1千万美元（TI. STAR的第一个贝尔系统地面站费用为它的几倍。）地面站费用下降到目前如图2.3所示的大功率的收发设备，售价约10万美元。单频接收的设备仅这价格的几分之一。同时，家卫星容量增大一倍一个地面站所能传递的信息量正在增加。这两个趋势结合在一起，每个地面站每个信道的投资额正在下降，见图1.4。

地面部分总费用下降不象图1.5所示那么迅速，因为为了增大对卫星通信联接能力，正在建造许多地面站。在1973年以前，美国只有很少几个地面站。现在有许多地面站正在建造中。有些公司在建造他们自己的卫星天线，我们可以期待着有许多小型私人地面站的时代到来。六十年代地面站费用主要取决于具有自动跟踪设备的30米直径的大型可控天线和高灵敏的低温度冷却接收机。小型的团体地面站将使用较廉价的非跟踪的天线和较廉价的非致冷接收机，它们的费用取决于它能否与许多其它地面站共用一个卫星的设备。费用较少的地面站不一定是意味着每个信道费用较低，因为该地面站也许用于只占用信道很少的地方。

在卫星费用和其地面站费用之间要进行权衡。若卫星拥有大天线和相当大的功率，则可以使用较小的地面站。若卫星更有效地利用其频率分配，则每个信道的费用较低。卫星的效率有一极限，因而增大卫星费用的主要意义是减小地面天线尺寸和降低地面天线的成本。

由于地面设施费用下降，将建造更多的天线和传送更多的信息量，使得采用更强大的卫星变得很经济，这又使地面站费用进一步下降。然而，若卫星使用大量的小型地面站，则这些地面站共用这卫星的整个系统结构是极重要的，而且它最终确定卫星系统的费用。

方框1.1给出了主要的通信卫星类型。它们用途不同，而且地面站费用也大不相同。

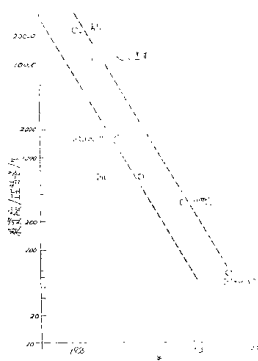


图 1.4 卫星费用下降情况，若能利用卫星经济效果，这种趋势将继续下去。

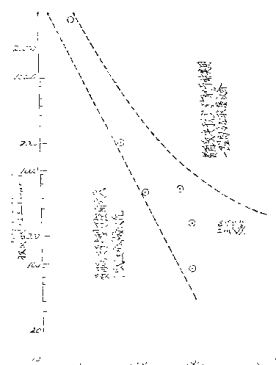


图 1.5 卫星地面站费用下降的情况

方框1.1 主要通信卫星类型

卫星类型	实 例	主要用途	特 点
国际卫星	· 烽火 · INTELSAT-I · INTELSAT-II · INTELSAT-III · INTELSAT-IV · INTELSAT-IV A · INTELSAT-V · 苏联的闪电(MOLNIYA) · 和静止(STATSIONAR) · 卫星 · 欧洲的交响乐(SYMPHONIE)	· 大型、昂贵、高容量、设计来与各国电话管理局的电话互连	· 提供全球范围内的公用事业公司电话和载频线路 · 定点间的电视中继
传统的公用事业公司的国内卫星	· 加拿大的ANIK · 西联公司的WESTAR · RCA公司的SATCOM · AT&T和GT&TE公司的COMSAT · 印尼的帕拉帕(PALAPA) · 阿拉伯卫星(ARABSAT)	· 大型公用事业公司地面站 · 中等大小的私人地面站 · 10和1.5米天线的地面站 · 只接收电视的地面站	· 增加传统公用事业公司的电话网 · 以较低价格提供出租长途通信电路 · 定点间电视中继 · 电视广播到当地发射站或公用天线电视系统 · 音乐广播(Musak公司)
国内多址卫星	· 卫星商业系统(SBS)	· 5或7米、12/14千兆赫、可装在城市房屋屋顶上和公司建筑物上。	· 为公司和政府提供私人通信网, 中继电话、数据、和图象
电视广播卫星	· 日本广播卫星(JBS) · 加拿大的实验通信技术卫星(CTS) · 美航宇局的实验ATS-6	· 大型发射站 · 廉价的只接收的地面站, 天线很小可在家庭和学校中使用	· 空播向家庭和学校广播电视
移动终端卫星	· MARISAT · MAROTS · (以上二卫星用于舰船)	· 很小的舰载或轻便的地面站, 利用特高频、超高频频段可得到廉价、低容量地面站	· 为舰船、车辆、遥远地点、或流动部队
专用卫星	· 军用卫星 · 航空 · 业余爱好者卫星	· 飞机天线 · 家庭用天线	· 飞机通信和导航 · 业余无线电爱好者通信和实验
研究卫星	· 美航宇局的ATS卫星 · 加拿大的CTS	· 各类地面站, 通常是小型地面站	· 研究更高频率传输 · 研究新的卫星结构 · 研究卫星新的应用

第2章 卫星通信线路

象在穿过乡间的塔上装有天线的微波中继站一样，卫星接收给定频段的信号，变换其频率，并再发射。无线电信号带宽很宽（即频率散布较宽），而这很重要，因为信号传送信息的容量和其宽带成正比。

许多卫星使用与地面微波中继所用相同的频率。有些天线大小也相同，虽然许多卫星的天线要小一些。主要差别在于地面上微波中继站之间的距离一般为30英里，而通信卫星的距离约为25000英里。无线电信号强度的递减与其传播距离的二次方成正比，所以当来自卫星的信号到达地球时已很弱。空间通信中所关心的大部分工作是克服信号功率中这一巨大损耗的影响。

延迟

卫星传输的一个缺点是由于信号必须很远处传送到空间并返回而发生的延迟。信号传播时间约270毫秒，由于地面站位置不同该时间略有不同。如果通信时双向都经过卫星，则打电话人要得到与它通话人的回答就要额外等待540毫秒时间。

这种延迟的坏效果被经营地面长途通信线路的机构大大夸张了。经常听见这样的怨言：在电话对话中这种延迟在心理上是有害的，并使卫星通信线路变得对交互数据传输毫无价值。有些通信公司（它们没有希望能拥有任何卫星的）断言这种延迟是电话用户无法接受的。A.C.克拉克，一位标准的对技术抱最乐观的作者，有一次建议卫星用户在他们每一段对话完结时加一声“完了”[1]。实际上，打电话的人肯定注意到这一延迟，但若他多次利用卫星通话，他很快就习惯了，这比使用吵闹的本地电话的那种讨厌情况要好多了。不应根据人们第一次打电话来评价心理影响（在一些出版的论文中犯了此错误）。一份给联邦通信委员会的有关在国际商用机器（IBM）公司电话网中试用卫星线路的报告中，该公司对延迟作如下评论[2]：“大多数情况是一个通话者并不知道接入了卫星通路（发端通话者知道这事，并对这个预料中的事作了准备），对话只是开始时感到有些别扭，因为要更加注意间歇时间以适应这种延迟效应而作的这种迅速调整。几个参与这项工作的人说，广泛地使用卫星连通，将逐渐使电话的对话更斯文”。

目前许多跨越大西洋的电话，在一个方向上用卫星传输，在另一个方向上用海底电缆。结果是总延迟略大于1/4秒。有时也造成这样一种讨厌效应：A听B的谈话很清楚，好象B就隔壁房间里；而B听A说话很不清楚，使他认为必须大声喊叫。越清楚地听到对方大声叫喊，于是对对方的大声叫喊回答的声音越轻，叫喊的人对对方的轻声回答则是叫喊得越响；等等。

越洋线路中，双向延迟对于一个习惯于这种延迟的人来说，其害处比语音插空技术（TASI）少。TASI技术是当人们在讲话间歇期间将信道断开，而且可能分配给另一个通话人。这个措施增加了线路总的利用率。当线路十分忙时，通话者可能在他重新说话时

不能迅速地分配到信道，所以有时他讲的头几个音节丢失了。打洲际电话者有时把TASI技术的影响和卫星延迟的影响弄混淆了。

对于打电话的人来说，消除卫星信道中的回声特别重要。当送话者在540毫秒后听到反射回来自己讲话的回声，这引起很大干扰。回声可通过回声抑制器来消除，该抑制器在讲话时在反向路径中插入一个阻抗；而当他停止讲话时这一阻抗就消失。

尽管打电话的人可以学会对对话中回答延迟一个或二个270毫秒忽略不管，但四个这样的延迟（1080毫秒）会使人受不了，因而希望应这样来接电话，使得通话不会包括二个或二个以上的通过卫星的来回。在卫星用来补充地面长途电话网的地方，通常可以这样进行转接，使延迟仅限于270毫秒。

延迟对数据传输的影响

在通过卫星的交互数据传输中，终端用户会遇到响应时间约恒定地增长500毫秒。系统设计人员在设计整个系统响应时间时必须考虑到这一点。在许多交互系统中，希望平均响应时间不大于2秒。日前在许多利用卫星的交互系统中成功地做到了这一点。

当使用为几乎没有什么传播延迟的地面线路设计的规约和装置时，卫星延迟对数据传输有严重影响。系统设计者常用卫星线路代替地面电话线路，因为它比较便宜。有时他们发现这种替代严重地降低了通信量。如果使用探测，可使响应时间长得无法接受。有些情况下，象打印机这样远程终端设备无法正常工作。

我们将在18章中讨论这个重要问题。结论可简明扼要地概括出来。如果适当地设计用户器件的控制装置和规约，卫星对数据传输极有效。若在卫星线路中使用未经修改的某些地面规约，传播延迟可能使性能严重变坏，使用设备中的软件或硬件所需进行的改变通常很简单。但是，有时当这些设备与通过卫星的线路连接时并未进行修改。

为获得有广播能力的卫星的全部优越性，通信线路的体制和地面上的数据线路体制完全不同。这将在本书的第二部分中讨论。

转发器

象地面微波中继一样，卫星的接收和发射必须用不同频率，否则强大的发射信号就会干扰微弱的输入信号。接收信号并将它放大、改变其频率然后再发射的设备称为转发器。

卫星通信线路中所用频率为4/6千兆赫、12/14千兆赫和20/30千兆赫。它们中第一个数字指下行线路频率，第二个数字指上行线路频率。

方框2.1示出了射频频段。大多数卫星使用特高频（UHF）和超高频（SHF—微波）频段。商业卫星主要使用4/6千兆赫频段，该频段有时称为C频段，是地面微波传输的主要频率，这样做的好处是对这些频率，设计经验多，但有严重缺点，如我们后面将讨论那样，卫星和地面微波线路会相互干扰。为避免这个问题，新一代卫星技术开始使用12/14千兆赫传输。用UHF时，地面站较小、较廉价、但容量比SHF的小得多。它们用于舰载的移动站、轻便站和军用战场地面站。

大多数卫星有一个以上的转发器。转发器传输的带宽随不同的卫星设计而异。大多数当代卫星（如INTELSAT—NA、ANIK、西联公司的WESTAR、和RCA公司的SATCOM）的转发器带宽为36兆赫。如何利用这个带宽取决于地面设备。WESTAR是个很典型的卫星，一个转发器可以中继下列任一种信息：

方框 2.1 射频频段的符号

频段数*	频段名称	频率范围	米制细分
4	甚低频 (VLF)	3—30千赫	超长波 (万米波)
5	低频 (LF)	30—300千赫	千米波
6	中频 (MF)	300—3000千赫	百米波
7	高频 (HF)	3—30兆赫	十米波
8	甚高频 (VHF)	30—300兆赫	米波
9	特高频 (UHF)	300—3000兆赫	分米波
10	超高频 (SHF)	3—30千兆赫	厘米波
11	极高频 (EHF)	30—300千兆赫	毫米波
12		300—3000千兆赫	丝米波

* 频段数N从 0.3×10^3 到 3×10^8 赫

频段用字母表示如下:

频段	频率范围 (千兆赫)
P	0.225—0.9
J	0.35—0.53
L	0.39—1.55
S	1.55—5.2
C	3.9—6.2
X	5.2—10.9
K	10.9—36.0
Ku	15.35—17.25
Q	36—46
V	46—56
W	56—100

- 1、带节目伴音的一路彩色电视信道。
- 2、1200路话音信道。
- 3、50兆比特/秒的数据率。
- 4、每个频段的中心24兆赫可以中译
 - a. 16路数据率为1,544兆比特/秒的信道, 或
 - b. 400路数据率为64000比特/秒的信道, 或
 - c. 600路数据率为40000比特/秒的信道。

每个WESTA卫星有12个这样的转发器,二个作为其余10个失效时备用的备份。RCA公司SATCOM有24个转发器。一些未来的卫星可能有大量的转发器,计划在1980年发射的SBS卫星有10个43兆赫带宽的转发器和6个备分转发器。卫星商业系统(SBS),由IBM公司、Comsat公司和Aetna(艾特纳)保险公司组成的集团,打算为企业和政府提供保密的转接语音、数据和图象传输。

地面站

卫星地面站由一个如图2.2所示的大型盘形天线组成,该天线以基本上与地面上的微波中继盘形天线指向中继系统中下一个天线塔相同的方式,指向卫星。地面站天线通常较大,以较小的波束角发射。

六十年代的地面站是很笨重的,如图2.2所示。在缅因州安多佛的地面站,原先为AT&T公司的TELSTAR卫星建造的,而后用于“晨鸟”及其后继的卫星,有一个18层楼高的圆顶,里面装有30吨重的巨大的可控转向喇叭形天线。电子设备用液氮冷却。今天的许多地面站,如图2.3中所示的某些站,很小、可以很快地在工厂或办公楼后面的停车场上进行安装。SBS系统将使用5米和7米的抛物面天线,而大型Comsat地面站使用30米直径的抛物面天线。最初只有公用事业公司(和军方)拥有地面站。现在,在规定允许的那些国家里,私人企业团体可以拥有或租用小型地面站并使用公用事业公司的卫星。

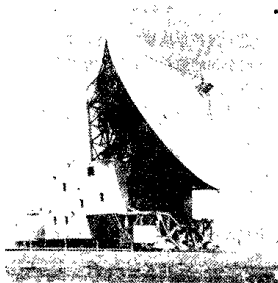
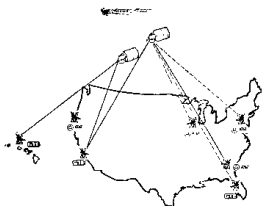
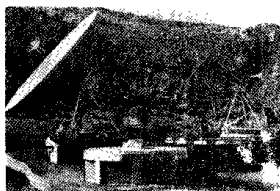


图2.2 六十年代地面站很大而且昂贵



a. 卫星系统使ATT和GTTE公司的电话网增加远距离线路



b. 105英尺天线的地面站



c. CTS系统的32英寸天线的电视接收地面站



d. 海事卫星 (Marisat) 的装载4英尺直径天线的地面站

图 2.3

虽然大多数地面站用一固定天线简单地接收和发射电信信号，至少有一个地面站必须执行控制卫星的功能。例如西联公司的地面站除了在格伦伍德的地面站外是无人值守的，格伦伍德站监视卫星和其它地面站。

在卫星发射期间，格伦伍德站有一个主要作用，就是一旦卫星与运载器分离后，将卫星机动飞行到指定位置。在发射后7年或更长时间内，必须通过有时起动卫星上的小喷气发动机使卫星保持在正确位置上。它可以给卫星发送指令接通和断开转发器（以节省能量），接通备份设备、控制电池充电和天线波束的对准。

空间的天线

除了最早那些卫星外，卫星天线象所有微波天线一样是定向天线。有些指向整个地球，地球所对的卫星张角 17.34° ，覆盖全球的天线发射的能量分布在这个角度内。许多卫星天线覆盖较小角度，将信号指向地球的一部分地区。INTELSAT-IV号装有两个覆盖全球的天线和二个张角为 4.5° 的窄角天线（图2.1—见原书和2.4）。为加拿大和印尼设计的国内卫星要求能把波束聚集在该国国土上的天线（图2.5）。

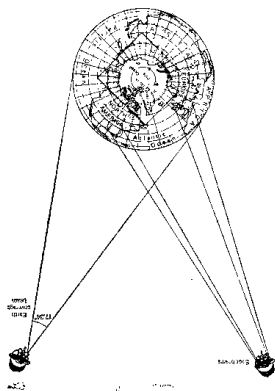


图 2.4 点波束与全球波束

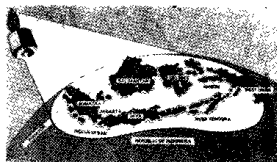
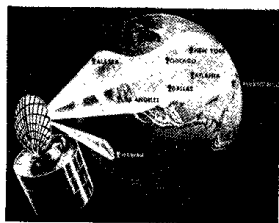


图 2.5 国内卫星系统

图 2.6 示出了设计的SBS信号强度等值线[3]。天线方向图是这样设计的,使美国东海岸接收较强的信号。大部分使用者在图 2.6 上标有区域 1 的地区内,他们接收到的信号强度足够大,使他们可以使用较廉价的 5 米天线;在区域 2 中的用户将使用 7 米天线。

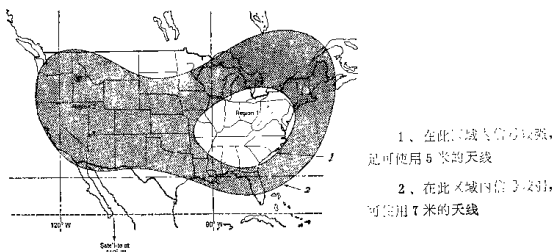
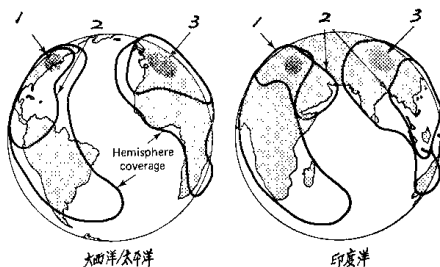


图 2.6 位于西经110°处12/14千兆赫SBS卫星信号强度的等值线。该系统设计不允许东海岸用5米的地面天线，在那里通信量大，气候衰减情况差(3)

对天线反射器赋形，使得地面上信号等值线形状按照要覆盖区域或国家的形状。例如日本的卫星是将其信号等值线形状整形成日本略图的形状。图 2.7 示出了 INTELSAT-V 号的天线覆盖方向图。

还使用覆盖很小地区的锐方向性天线，这些天线的直径比覆盖大面积的天线的直径大。比较窄的波束称为点波束，它们在同等的窄角度上接收。美航宇局的ATS-6卫星的天线波束宽度异常的窄，仅 1° 。



1、西岸波束；2、区域覆盖；3、东岸点波束

图 2.7 卫星天线的反射器的赋形使信号的等值线与所考虑的地理廓线相符。

此图示出了INTELSAT-V号的点波束和大区域波束。

天线覆盖区越小，在其覆盖区内接收到的功率越大。波束宽度为 1° 的天线所发送的信