

卫星电视接收 与转播系统



责任编辑: 王蜀瑤

特约编辑: 张敬祥

封面设计: 邱荣松

技术设计: 王蜀瑤

卫星电视接收与转播系统

刘 嘉 兴 等 编 著

四川科学技术出版社出版发行

(成都盐道街三号)

新华书店重庆发行所经销

784 印刷厂印刷

ISBN 7-5364-0887-0/G·125

1988年12月第1版 开本 787×1092毫米 1/16

1988年12月第1次印刷 字数464千

印数1—9000册 印张21.5 插页: 3

定 价: 7.30元

前言

在人们正式开发利用宇宙的今天，卫星电视广播正以惊人的速度进入千家万户。我国自1985年8月租用国际通信卫星V号（IS—V号）进行卫星电视广播以来，成千上万的卫星电视接收站如雨后春笋般地出现在祖国的大地上。1988年3月，我国东方红—Ⅰ号静止卫星的上天，标志着我国卫星电视广播进入了一个新的发展阶段，这不仅因为它是我们自力更生、振兴中华的奋斗结晶，而且还因为这个卫星转发器的有效全向辐射功率比“IS—V”号大了3倍多，从而使卫星电视接收站的天线直径可减小到2~3米，价格可大大下降，从而为卫星电视广播的普及开辟了美好的前景。今后，卫星辐射的功率还要进一步加大，“八五”期间还要发射Ku波段的大功率卫星，那时天线可减至更小，卫星电视接收站的售价将会更进一步降低，因此在社会应用上和技术开发上都是具有光明前途的。面对这种形势的发展，客观上需要编写出一些书籍以配合卫星电视广播事业发展和满足使用维护人员和设计制造技术人员的要求。

由于工作的需要，作者曾经参加了全国第一批53套站任务中的研制和建站工作，以后又进行了全套站的小批量生产、通过了部级鉴定，并担负了一些短期学习班的教学工作。在实际工作中深感有必要编写一本较系统的、较实用的、能理论联系实际的书。因此，在接到有关部门的约稿后，便利用在学习班上讲课的部分讲稿为基础，总结了在研制、建站工作中的经验，搜集了部分国内外有关资料，编写了本书。由于在我国目前的情况下，卫星电视的接收和转播总是作为一个系统联在一起的，因此书中还包括了“转播”部分。为了使读者易于理解，本书内容的阐述着重于物理概念，数学则作为工具用到解决问题而止，一般只给出结果，阐明其物理意义而不作推导。

由于本书的很多资料来自于电子工业部第十研究所研制的“WDS—Ⅰ”型卫星电视接收站（包括：天线、高频头、接收机和功分器），因此，本书包含了参加研制工作的全体同志们的辛勤劳动成果，故应当说，本书是集体劳动的结晶。

还必须指出，本书的另一个基础是四川省广播电视厅情报站汇编的“卫星广播与接收专题情报”，在该成果的鉴定会上，同行们提出了把该资料扩展成一本书的希望，作者受四川省广播电视厅情报站之约，对于该资料中的部分内容进行了加工，用于了本书中。因此，在这里谨向四川省广播电视厅情报站的同志们致以谢忱！

本书的出版发行，得到了多方面的帮助和支持。中国宇航学会理事钱毋荒兼职教授，在百忙中为本书作序，四川省广播电视厅肖雨总工程师、成都电讯工程学院杨国雄教授详细地审阅了原稿、叶正华副教授也提出了宝贵意见。参加本书编写工作的尚有张兆安、罗先俊、费铸林、柯贞忠等同志。由于作者水平有限，加之时间仓促，因此书中错误与不妥之处在所难免，望广大读者批评指正。

编著者 1988·8

序

卫星电视广播是迅速、方便、生动、形象的传播音象信号的信息载体，可以直接向亿万人民群众进行两个文明建设的宣传教育以提高大家的文化、科学、技术水平，丰富人民群众的精神文化生活，推动我国社会主义现代化建设，也是信息社会里信息传输的工具。对于幅员广大的我国是提高电视覆盖面的好方法，它得到了党和政府极大的重视和支持。我国从1985年8月开始进行卫星电视广播以来，卫星电视接收及转播站，象雨后春笋般地在各地建立起来，而卫星电视广播发展的最终目标是使卫星电视接收直接进入家庭，那时的产量将会产生一个飞跃。

目前迫切需要这方面的技术书刊，但国内已发行的这类书籍，大多是在我国卫星电视广播之前编写的，一般是介绍原理性的多、知识性的多、Ku波段的多、对卫星和整个卫星广播系统的叙述占的篇幅较多，而对实用的卫星电视接收、转播系统和设备的论述则显得不够，因此，为了尽快适应我国卫星电视广播事业的迅速发展，针对从事卫星电视接收、转播设备的设计、制造和维护使用技术人员的实际需要，电子工业部第十研究所的研制人员，根据他们在研制生产卫星电视接收天线、高频头、接收机、转播设备及其建站、维护中的经验和体会，特编写了《卫星电视接收与转播系统》一书，该书是一本系统地、理论联系实际地论述C波段卫星电视接收、转播的基本理论、工作原理、电路、调试、测量、安装、维护使用的书籍，并注意内容实用、深入浅出、表达准确、文字流畅，由于卫星电视广播是一门发展迅速的新技术，书中还专门编写了名词术语浅释，搜集了较多的、实用的国内外电路资料，最新的我国国家技术标准、测量标准以供读者查阅与参考，因此本书亦可作为大专院校有关专业的教师和同学参考。相信该书的及时出版会有益于卫星电视广播事业的发展，并产生相应的技术、经济和社会效益而做出应有的贡献。

錢毋荒 1988年8月

目 录

序

前 言

第一章 绪 论	1
第一节 何谓卫星电视接收.....	1
第二节 卫星电视广播系统的组成和特点.....	2
第三节 卫星电视广播的发展现状及其发展趋势.....	5
第二章 卫星电视信号的传输	12
第一节 电视信号与电视制式.....	12
第二节 图象视频信号的传输方式.....	16
第三节 伴音音频信号的传输方式.....	21
第四节 星载转发器和上行发射站.....	22
第三章 卫星电视接收的性能评价	28
第一节 电视图象质量的评价标准.....	28
第二节 主要的五项视频指标.....	35
第三节 卫星电视接收站的技术要求和设计制造中的主要技术问题.....	41
第四节 卫星电视接收信道的计算.....	57
第四章 噪声与失真	61
第一节 门限噪声与调幅噪声.....	63
第二节 幅——相变换噪声与组合噪声.....	69
第三节 失真与视频传输特性的关系.....	74
第四节 调频传输通道的幅、相频率特性与视频——视频幅、相频率特性的关系.....	78
第五节 调频传输系统的小反射所产生的失真.....	87
第五章 卫星电视接收设备	92
第一节 卫星电视接收站总体方案的选择.....	92
第二节 接收天线与馈线系统.....	101
第三节 高频头(室外单元).....	122
第四节 卫星接收机(室内单元).....	137
第五节 门限扩展解调器.....	151
第六章 测量与调试	161
第一节 主要的测量仪器和电视测试信号.....	161
第二节 卫星电视接收系统和各分机主要指标的测量方法.....	176

第三节	几种简单、实用的测量方法	197
第四节	接收机、高频头、天线的调试	202
第五节	卫星电视接收站的总调试	214
第七章	地面电视信号的传输	218
第一节	收转系统的配套方案	218
第二节	地面电视信号的传输方式	220
第三节	地面电视发射的覆盖面积	226
第四节	发射功率和台址选择	227
第五节	小功率发射机的技术要求	228
第八章	小型卫星电视转播设备	231
第一节	方案的选择	235
第二节	小功率线性放大器	235
第三节	射频和中频调制器	239
第四节	天线及其波束赋形	249
第五节	常见故障及其维修	265
第六节	主要指标的测量方法	267
第九章	卫星电视收转站的建设与维护	271
第一节	站址选择	271
第二节	卫星电视收转站的避雷	275
第三节	卫星电视接收设备的选择和安装	278
第四节	卫星电视接收站的常见故障	284
第五节	常见故障的修理和修理流程图	290
第十章	名词术语浅释	312
附 录		324
附录A	对群时延/频率特性和振幅/频率特性的要求	324
附录B	视频线性失真样板卡	325
附录C	卫星电视图象预加重、去加重网络	326
附录D	用于伴音噪声测量的加权网络	327
附录E	伴音预加重特性	329
附录F	C波段电视卫星分布图	330
附录G	常用公式符号及单位	331
附录H	国内外产品介绍	332
附录I	东芝“TSR—C ₂ ”接收机电路图	336
附录J	万视宝“SRE—80L”接收机电路图	336
附录K	伴音去加重网络电路图	336
附录L	“UT—50”射频调制器电路图	336

第一章 绪 论

卫星电视广播作为一门高技术，正进入千家万户。两年以前，在我国的“老、边、山、少”地区，若提到接收卫星电视节目，那意味着“遥远”和“神秘”。如今，这些地区的各族人民已经收看到了卫星广播的中央电视台节目。仅仅两年多的时间，全国成千上万个卫星电视接收站如雨后春笋般地出现在中国的大地上，它极大地丰富了全国人民的精神生活，极大地推动了电视广播事业的发展，促进了电子工业的进步，普及了电视教育事业。而且，卫星电视作为信息传输的一种手段，在当今信息社会中，正发挥着愈来愈大的作用。

在人们正式开发利用宇宙的今天，卫星电视广播技术显示了它无与伦比的优越性和蓬勃向上的生命力，它发展的最终目标将是卫星电视接收机进入家庭。在我国，它的发展正方兴未艾！在社会应用、技术开发和市场开拓上都是大有可为的！

第一节 何谓卫星电视接收

所谓卫星电视接收，就是在地面上直接接收卫星转发出的电视信号，卫星作为一个宇宙台进行着电视广播。相对而言，目前人们用电视机收看的电视，则是由地面电视台发射出的电视信号，故称为地面电视。作为宇宙电视台的卫星有两种，一种是通讯卫星，一种是直播卫星，前者主要作通讯用，故用来转发电视信号的功率较小，相应的地面接收站的天线口径就较大，价格和基建投资较高，个人难于购买，通常为集团购买，然后再将卫星电视信号变换成和地面电视相同的信号转播出去。这种工作方式称为集体接收方式，又称转播型，其地面接收站是一种投资类产品。另一种直播卫星则是专作电视和广播用的，星上的转发器功率较大，地面上可用小的天线（如，1米左右）接收，这时，每个家庭就有可能自己购买一个卫星电视接收装置来直接收看卫星电视，这种方式称为个体接收方式，又称直播型，其地面接收装置已逐渐变为一种消费类产品。

要实现卫星电视广播，要求广播卫星必须相对地球不动，称之为静止卫星，就如同在天空中挂上一个静止不动的探照灯，用波束覆盖着大地。所谓“静止”是相对的，实际上卫星是围绕着地球作圆周飞行，其圆周运动的角速度与地球自转的角速度是相等的，即它们作同步运动，故又称“同步卫星”。要实现同步，则卫星运行的轨道必须有严格要求，要求在该轨道上运行时，卫星对地球的离心力，和地球对卫星的吸引力必须大小相等，方向相反，这时卫星既不会掉下来，也不会远离地球飞去宇宙，而是与地球保持一个不变的距离，永久地同步运行，这个距离是35,860km，这个圆轨道位于赤道的上空，称之为同步轨道。这个轨道上可每隔3度布置一个卫星，即共布置120个同步卫星（随着技术的进步，相隔角度还可减小，还可布置更多的卫星）根据国际电联的统一管理，统一向世界各国分配卫星位置，共同享受这一宇宙资源，当卫星上的设备已失效时，要

及时由地面测控站，指令控制卫星移开，以免占用位置。静止卫星及其同步轨道的示意图如下图示：

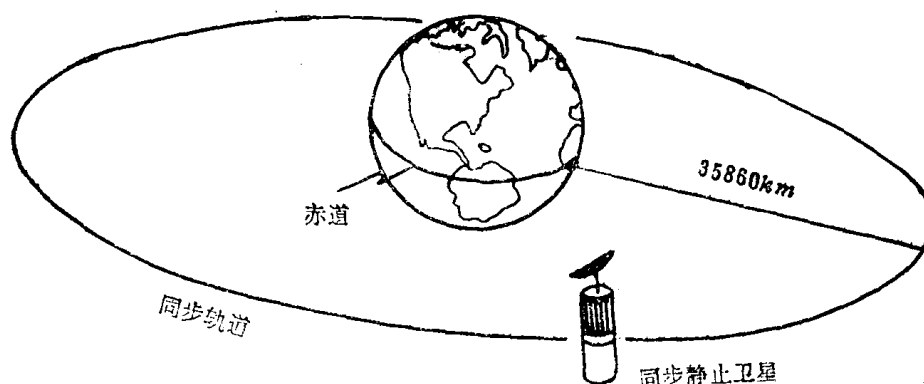


图1-1 同步轨道图

第二节 卫星电视广播系统的组成和特点

卫星电视广播系统由五大分系统组成，见图1-2。

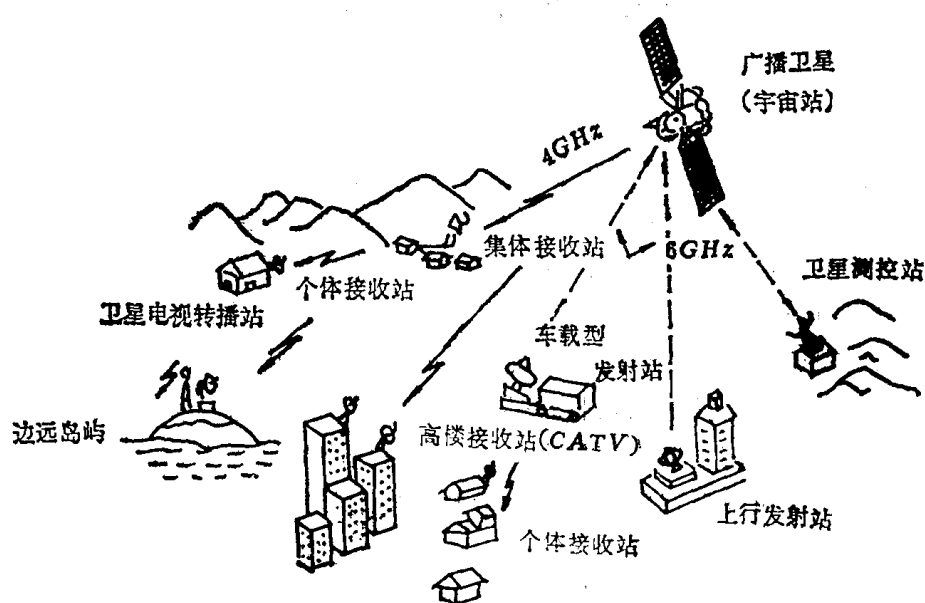


图1-2 卫星电视广播示意图

一、卫星电视广播系统的组成

1. 宇宙站 即电视广播卫星(通讯卫星或直播卫星)，它的功能类似于一个电视“差转机”，它接收设置在全国主要城市的上行发射站的电视载波信号，将此收到的微弱信号经放大和频率变换后，再向所服务的覆盖区域转发。工作频率，在C波段，下行频率为4GHz频段，上行频率为6GHz频段。在Ku波段，上行频率为14GHz频段，下行频率为12GHz频段。

2. 上行发射站 全电视信号对上行6GHz或14GHz载波调频,再经高功率放大和天线定向发射至同步电视广播卫星中的转发器。此外,上行站也要接收转发器发回的卫星电视信号,以便监示上行发射的质量。上行发射站有固定式和活动式两种,后者用于现场的实况转播。

3. 下行电视接收站 大量的只供接收卫星电视的接收站(TVRO),它在下行载波频率上接收卫星转发的卫星电视调频载波信号,经解调后送出电视视频信号和伴音音频信号。

4. 电视转播台、站 将TVRO站送来的视频和伴音信号,在地面电视的VHF或UHF频道上进行残留边带调幅,再经高功率放大和天线发射出去,从而转变成了地面电视接收机能收看的电视信号。

5. 卫星测控站 经常测量、控制卫星的轨道和姿态,以保证卫星相对于地球静止,并使卫星天线波束对地球表面的覆盖图保持不变以确保广播的质量。同时,它还通过遥测系统,测量星体和星上设备的工作情况,一旦有不正常情况,即令遥控系统发出指令,调整其至正常工作或令其切换至备份设备上工作。

二、卫星电视广播的特点

1. 覆盖面积大且能量分布均匀 不受地理交通环境的限制,对于解决边远地区,山区的电视覆盖是一个最好的解决办法,特别是对于我国如此地域宽广,传输距离远,利用卫星广播,更为有利。对于我国来讲,在C波段,只要用一个转发器,其卫星天线就能较均匀地覆盖整个国土。故能量利用合理。目前利用“IS—V”卫星转播就是如此。如用广播台站则要成千上万个。

2. 电视广播质量高 这是因为:(1)无地面电视广播系统多次转接(如,微波中继站传输)和变换而带来的失真,清晰度下降,干扰和信噪比下降;(2)波束窄,而且接收是直接视线接收,可避免多径效应引起的图象重影,并且信号阻挡也小。波束窄还可有效地削弱其它方向上来的干扰信号;(3)采用调频制,因而抗干扰能力强,且输出信噪比高,具有调频制制度的好处;(4)工作频段高,在此频段内的工业干扰、无线电干扰、汽车火花干扰等都较小,而且频率高可实现较宽的工作频段,从而易实现高质量的宽频带信号传输,同时传输的容量也大。今后,可传输高清晰度电视;(5)信号比较稳定。

3. 广播的信道多 Ku波段的卫星转发器可达800MHz使用带宽,即使在C波段的卫星转发器也有500MHz可用带宽,其中用频率分隔的办法可安排12个频道(每40MHz间隔一个),再用极化分隔的办法(垂直极化与水平极化,或左旋圆极化与右旋圆极化分隔,实现频率复用),可再将信道数增加一倍,即由12个增加到24个。再加上同步轨道上可安排很多个卫星,每个卫星都可广播24个节目,而卫星电视接收站的窄波束天线,只有当对准该卫星时才能接收到来自该卫星的电视节目,这样用空间分隔的办法又可将信道数增加n倍(n为卫星数)。目前已经做到,一个卫星电视接收站能接收上百套的节目。

4. 节省投资 与微波中继接力传输相比,投资少、维护人力少,过去我国的电视传输主要依靠微波中继接力,但是一条微波接力干线的建立耗资巨大,维护人员众多。而

采用卫星传输时,按目前国内的市场价格估计,一个6米的标准型卫星电视接收站,加上50W米波差转机、差转机天线、中频调制器、监视器等全套收转站设备,约需设备费8万元左右,如果用3米普及站和10W差转机,则约需设备费3万元左右,这比之微波中继站的建立,投资大为减少。至于光纤传输,目前尚只适于短途的,如由电视中心向上行地面站之间的传输。

三、卫星电视广播与地面电视广播的主要区别

1. 采用调频制 以宽频带来换取星上的小功率发射,只需调幅制的百分之一以下功率,从而减小卫星上设备的制作难度并减轻了重量。调频制时,各个卫星传输系统之间的保护率也要求较低,因而对卫星之间的轨道间距也要求较小。由于采用调频制,因而要采用一系列的调频接收技术,如:门限扩展解调技术,加重与去加重,调幅抑制制度高的限幅器,以及卫星通信中所特有的能量扩散技术与箝位技术等。此外,调频制本身尚具有接收输出信噪比高,抗干扰能力强、接收设备较简单、及发射机输出的饱和功率较调幅的线性功率大很多的优点。

2. 信号弱 由于卫星上辐射的功率小,而卫星离地面的距离又远达35,860km,因此到达地面的场强要比一般的地面电视广播弱30dB以上,故要用大口径的天线和低噪音的高频头,卫星电视广播能进入实用阶段,极大程度地依赖于低噪音场效应放大器进入了实用化和天线价格的降低,而今后要进入家庭,则要依赖于天线口径的进一步减小。

3. 电波频率高 因而对器件要求高,制作难度大,维修困难多,从而价格高。与VHF, UHF频段比较,路径损耗大,雨衰也较大,冰雪对天线增益也有一定的影响。卫星电视广播的频段,1979年世界无线电行政会议(WARC—BC)曾进行了频段分配,规定采用以下六个波段: L (0.62~0.79GHz), S (2.5~2.69GHz), K₁(11.7~12.5GHz), K₂(22.5~23GHz), Q (40.5~42.5 GHz)和(84~86GHz)。我国将来将采用K₁波段进行卫星电视广播,目前是采用C波段(3.7~4.2GHz)进行过渡,在此频带内共容纳24个频道,其频道划分列于表1—1。

表1—1 C波段卫星电视频道表

频道数	1	2	3	4	5	6	7	8
频率(MHz)	3727.48	3746.66	3765.84	8375.02	3804.2	3823.38	3842.56	3861.74
频道数	9	10	11	12	13	14	15	16
频率(MHz)	3880.92	3900.1	3919.28	3938.46	3957.64	3976.82	3966	4015.18
频道数	17	18	19	20	21	22	23	24
频率(MHz)	4034.36	4053.54	4072.72	4091.9	4111.08	4130.26	4149.44	4168.62

截至1987年10月,我国采用了三个频道广播三套节目,它们是:三频道(中央二台)、七频道(教育频道)、十一频道(中央一台)。

第三节 卫星电视广播的发展现状及其发展趋势

一、国外卫星电视广播的发展情况

我们主要以美国为例介绍国外卫星电视广播的发展情况，它的发展经历了三个阶段：

1. 低功率卫星 在起步阶段，美国采用上行频率为6GHz频段，下行频率为4GHz频段的C波段卫星，其卫星上发射的等效全向辐射功率（EIRPs）为33dBW，这和目前我国的情况接近。它的地面TVRO站天线口径为10英尺（3.3米）。尽管目前美国、东南亚国家等仍在采用，但由于价格较高，且安装架设一个3.3米站，对站址有一定要求，所以要把它推广到个体接收，有一定困难。

2. 中功率卫星 从1983年起，美国采用了Ku波段卫星，其EIRPs=47dBW，较之以前提高了很多，提高的原因，主要是因为频率升高以后，相同口径的卫星上天线的增益大为提高（天线增益正比于频率的平方）。其下行频率为12GHz频段，地面TVRO站的天线口径可减小到1.2米，价格目前也降到了500美元左右，这就使得个体接收的TVRO大大发展起来，很多私人家庭都装置了TVRO，目前正在形成一个直播卫星电视接收的热潮。1987年在有电视机的家庭中，使用卫星电视者，已占30%。

3. 高功率卫星 目前美国正在研制EIRPs达54dBW的大功率直播卫星，下行频率仍为12GHz，提高EIRPs的主要措施是采用了200W的星上功率放大器。这样一来，使地面TVRO的天线口径可减小到0.6米，这将为卫星电视TVRO进入私人家庭创造了美好的前景。

从美国卫星电视广播发展的历史来看，它经历了从低功率到高功率，从C波段到Ku波段过渡，从“差转型”向“直播型”过渡的过程，天线逐步减小，直至0.6米，价格也逐步降低至私人家庭可承受的水平，终于从集体接收方式发展到了个体接收方式而进入了家庭。

苏联从1976年开始卫星电视广播，用“荧屏”号直播卫星，下行频率714MHz，行波管输出功率为200W，在苏联西伯利亚、北部边远及远东部份地区均可用简单、价廉、小型的TVRO站接收，我国也能收到它的电视。到1977年又发射了C波段电视广播卫星，目前已在试验Ku波段直播卫星。日本从1978年开始Ku波段直播电视试验，到1984年初发射了实用型直播卫星，采用12GHz的三通道发射机，输出功率为100W，发射两个频道的电视节目，并进行过高清晰度电视传输的试验。欧洲卫星电视广播也在蓬勃发展，各国在展开宇宙的竞争。

在第三世界中，比较典型的国家是印度，它主要用来传输全国电视节目，全国的164个VHF电视广播台中，有154个是通过卫星电视接收信号来转播的，只有14个是用微波中继接力传输。它的国内覆盖率达到人口的70%，其频段采用下行频率2.555~2.635GHz，EIRPs为42dBW，地面TVRO站一般采用6.1米口径的天线，但也可用一付价廉的口径为3米的网状天线收看电视节目。

二、我国卫星电视广播发展情况

按照我国的规划、卫星电视广播的发展可概括为以下五个阶段：

1. 试验阶段 70年代末和80年代初，我国曾使用德——法联合研制的“交响乐”试验卫星，和“IS—ⅣA”，“IS—Ⅴ”号通讯卫星进行电视传输等试验，取得了很多试验数据。所用天线大部份在9米以上，采用C波段。试验取得了令人满意的结果。

1984年4月我国发射了第一颗试验通信卫星，其 $EIRPs=22.5\text{dBW}$ ，上行频率为6GHz，下行为4GHz，实现了对新疆、西藏、内蒙等边远地区的电视广播，使之能收看当天的中央电视节目。

2. 租星过渡阶段 从1985年8月，我国租用了印度洋上空的IS—Ⅴ号卫星作电视广播用，之后又陆续租用了两个转发器作电视教育节目和经济信息节目的广播用。其 $EIRPs\approx 31\text{dBW}$ 采用6GHz上行，4GHz下行，标称地面站天线口径为6米，当高频头的噪音温度为85°K以下时，可以获得3.6级左右的电视图象质量。从1985年9月完成了国务院赠送给“老、少、边”的53套TVRO站以后的两年多来，全国几千个TVRO站如雨后春笋般迅速建立起来，超过了预料的发展速度。到目前为止，过去收不到中央台电视节目的县一级广播台、站已基本建站，基本完成了全国电视覆盖。当前建站的单位主要是：过去能收到中央台电视但接收质量较差的县台也在逐步建站，一些较贫穷的地区目前也在积极筹建，一些边远地区、山区的工矿企业和部队，以及电视教育系统。下一阶段发展的重点将转向2~3米天线的小型普及站，使用对象主要是，区乡一级的电视广播站，工矿企业和部队以及电教系统，这是卫星电视广播发展上的一个转折阶段。

3. 采用我国自己的实用广播电视和通信卫星“东方红—Ⅰ甲号”阶段 从1988年开始，我国将发射自己的实用通信卫星东方红—Ⅰ甲号，并用之进行电视广播，它仍采用C波段，其 $EIRPs=34\sim 36\text{dBW}$ ，用线极化波，这时采用3米天线和55°K的高频头，其图象质量可达3.6级左右。

4. 大功率的东方红—Ⅱ号卫星 1991年我国将发射大功率的“东方红—Ⅱ号”卫星，其 $EIRPs=38\text{dBW}$ ，采用C波段，线极化波，这时采用3米天线和55°K高频头，其图象质量可达4分左右。因此，从长远的观点来看，2~3米天线将是发展的主流，目前2~3年内，随着 $EIRPs$ 的逐步加大，将存在一个过渡时期，对于区、乡一级的广播站宜采用3米天线，可以暂时牺牲图象质量作为过渡。

5. 大功率Ku卫星阶段 由于 $EIRPs$ 的限制，C星要发展进入家庭是很困难的。在“八·五”期间，我国将发射Ku波段的广播电视卫星，那时TVRO站的天线将降到0.6米以下而进入发展历史的又一个时期，卫星电视接收机将可步入您的家庭了！

四、卫星电视接收技术的发展趋势

卫星电视接收技术的发展趋势，可简要地概括为以下十个方面：

1. 高清晰度电视（HDTV）的传输 为了使高清晰度电视进入实用阶段，要解决从节目制作的现场摄象、录象直到电视机的整个传输链路的低噪音，小畸变的传输，其中重要的问题是如何实现高质量宽带信号的传输。高清晰度电视标准为：亮度信号带宽为

20MHz以获得水平的高清晰度,这是普通PAL制电视带宽(5.6MHz)的3.5倍。因此不能用现行地面广播电视标准的VHF和UHF频段传送高清晰度电视,因为这些频段的带宽标准不够,且已很拥挤。如果用UHF以上的频段来传输以解决频段拥挤问题,则由于它们已是视线传播,为实现整个国土的覆盖,需要很多站。因此高清晰度电视广播最好的传输媒介是卫星电视广播,它在技术和经济效益方面都占有优势。日、美、西欧等在高清晰度电视的传输上都采用了卫星电视广播系统。TVRO作为一种新的传输方式,其发展的主要课题,集中于如何发挥其优势。而与现有地面电视接收机兼容的问题,则是下一步研究的内容。

2. “MAC”卫星电视体制 尽管卫星电视传输具有上述的优势,但要充分发挥其潜力,必须要有与之相匹配的电视传输体制。现行的“PAL”,“NTSC”、“SECAM”等电视制式是适合于地面调幅信号传输的体制,而卫星电视采用调频制。采用上述制式会有一些缺点,从而提出了新的传输制式——“MAC”制,又称为复合模拟分量制。

“MAC”制的基本原理是采用了时间轴压缩技术,把一行亮度信号压缩为一行时间的 $\frac{2}{3}$,把一行色差信号压缩为一行时间的 $\frac{1}{3}$,把它们合在一行来传输,而取消了副载波信号。同步信号和伴音信号是数字化的,放在行消隐期间来传送,这样一来,它带来了下述的优点:

(1) 由于取消了伴音副载波,从而也就取消了伴音副载波对亮度信号带宽的限制,因此可加宽图象信号的带宽从而提高图象清晰度。(如:由PAL制的5.6MHz,扩展到MAC制的8.4MHz)。

(2) 色差信号的可能带宽为2.8MHz,在传输过程中,色差信号与其它信号是时间分割的,从而不会产生频分制的缺点——互调制,也不会发生“串色”。

(3) MAC制,不用彩色副载波传送色差信号,因而从原理上解决了微分增益、微分相位畸变和副载波造成的干扰。

(4) 采用PCM的数字伴音,提高了质量,也增加了伴音的路数。采用数字同步信号改善了同步性能。在消隐期间尚可传送其它数据信号,增加了广播业务并便于加密、加扰。

(5) “MAC”制提高了输出信噪比。对于数字伴音的不同方案,又在“MAC”前冠以不同的字母来表示,例如: C—MAC(27MHz带宽,以20.28MHz速率同时传输8路数字伴音), D—MAC(采用增量调制、自适应特性,并将带宽压窄至10.5MHz带宽), D₂—MAC(4路伴音)。

3. 向更高的频段发展和计算机控制平板天线的应用 由于卫星通信技术的发展,使4/6GHz的频段已相当拥挤,因此近年来一直在向12/14GHz(Ku波段)和30/20GHz频段发展,频段升高后的优点是:频带可以增加,可以传输更多的路数,使信道容量增加,而且抛物面天线的增益和频率的平方成正比,如保持天线增益不变,则频段升高可减小天线的口径,这样就可使TVRO站的天线作得小些,使价格降低,也便于安装。而且频率升高,对相同口径天线其波束更窄,空间隔离更好,可以使同步卫星靠得更紧,从而充分地利用轨道资源。目前Ku波段在国外已进入实用阶段,而30/20GHz的频段也在加紧研究和开发。

当前Ku波段发展的两个主要问题是:一为低噪音Ku波段高频头的研制,它主要取决于低噪音放大器件的发展,TVRO进入家庭极大程度地取决于高频头进入实用化和

价格的降低。Ku波段天线的发展，主要有两个方向，一为小口径的抛物面天线，为减小馈源的阻挡，现多采用偏置的前馈天线，另一种天线则为平板天线，它更易安装，可避免大风的影响，对家用TVRO的普及具有重要意义。因为一个家庭，不可能都有一个室外的空间来安装天线，而平板天线则可贴在朝南的墙壁上或开窗户的墙壁上，占空体积小，不受气候的影响，且可设计成各种图案以控制波束方向，以便有效地接收斜射过来的电视载波信号，还有用计算机控制波束的天线阵系统。日本目前研究出一种新的天线，其性能为：天线单元数256个，中心频率11.95GHz，增益31.2dB，圆极化轴比1dB，带宽330MHz，效率47%，印制板尺寸446×436平方毫米，是在低损耗的印制板上用腐蚀方法制成的平面阵列。整个天线是一极薄的平板，可挂在墙上工作。英国BBC公司正研制一种用计算机控制波束指向的平面阵列微带天线，据说成本可以作得较低。

对接收终端天线的基本要求是：简易，体积小，重量轻，近年来相继出现了纤维增强塑料天线（表面敷铝箔）以代替铝板实体天线，以及喷涂金属膜纤维布及伞状支架结构的折迭天线、平面微带天线等。在Ku波段，由于可用带宽扩大为800MHz，所以高频头和接收机的宽频带问题，将是一项新的技术问题。

4. Ku和C波段兼容 其意义有两个方面，一是扩大了所接收频道数，因为现今同步轨道上，既有C星也有Ku星，另一个意义是，将来Ku星上天后，可将现有C波段天线用于Ku信号的接收。Ku和C波段兼容的技术问题主要在馈源上，目前已有Ku和C波段的双频段馈源，它有C和Ku波段的各自高频头接口，可同时接收。输出此二频段的信号，通过各自高频头的放大而送入室内接收机，而室内接收机，目前已经是Ku和C波段兼容的，国际上都采用标准的0.95~1.45GHz或0.95~1.75GHz的标准一中频输入信号。

5. 多信道化 由于采用了前述的，频率复用、极化复用、空间分割和Ku和C波段兼容等技术措施，接收的信道（电视节目数）可以大大增多，这是任一种地面电视广播无法与之比拟的。目前已有用天线指向位置控制器控制的极轴坐标系天线以实现空间分割，用可控极化器实现极化复用及Ku和C波段兼容天线的TVRO站商品，可接收100个以上的节目。

6. 小型化和微电子化 TVRO要进入家庭必须要作到小型化以便于安装和降低价格，除前述的提高频段，减小天线尺寸外，在有源电路部份，都要作到微电子化，采用集成电路以提高可靠性，降低价格并适应大生产的需要。由于天线逐步减小，使TVRO站的制造工作量和生产成本逐渐由天线（大天线时）而转向了高频头和接收机，由于用户对接收机功能要求的增多和数字电视机的发展，必然对接收机的技术提出愈来愈高的要求，因此，今后TVRO的技术发展重点将逐渐由大天线而转向接收机和高频头，设计、制造有源电子线路的厂家必将承担更重的发展任务。

7. 立体声化和多声道化 立体声化指具有双声道，拥有这种TVRO接收机才能收看立体声电视广播，目前已有模拟的和数字的立体声TVRO接收机。数字PCM立体声信道能实现高保真的传输，并能实现多声道的传输，接收立体声音频广播故是发展的方向，但其缺点是，技术较为复杂，成本较高。目前我国采用的TVRO接收机，都留有“基带复合输出”接口，以备将来加接数字伴音单元时使用。

8. 数字化、多功能化、组合化、长寿命化 多功能化指除能接收电视外尚能接收卫星立体声广播，甚至卫星通讯、卫星数据传输，除作接收站外尚能作小功率发射。组合

化则指将接收机、天线指向位置控制器、极化控制器、卫星立体声广播接收、调制器乃至电视机等组合在一起,数字化是视、音电子设备发展的普遍趋势,要使TVRO与数字电视机相匹配,要研究与地面电视机相兼容的问题,并用数字电路实现高质量的信号处理和多功能,以及发挥数字电路高可靠、大生产容易、成本低的优点。长寿命是指TVRO站的工作寿命长、可靠性高,其关键的部件则是有源的高频头和接收机。

9. 发展C波段的网状天线 对于集体接收,无论从目前还是从长远角度看,用户最多,用量最大的都是普及型接收站,这类普及站要求价格便宜,某些指标可略作牺牲,而以主观评价为主,总的要求是性能/价格比高。而网状天线具有性能/价格比高,节省原材料、节省加工费用,节约用户投资,便于用户安装,加快普及速度等优点,因此具有深远的意义。一般板状天线效率可达70~75%,而网状只能达到55~65%,因此要达到相同增益,网状天线的口径要增大10~15%,但即使如此,价格仍与板状相差1~2倍,且其地基条件要求低、运输安装费用少、抗风能力强,更新换代损失小,所以是有强的竞争能力的。美国和东南亚的C波段卫星电视接收的发展历史也说明了这个问题,目前它的网状天线市场占了绝对的优势。

网状天线的设计指导思想应是:结构简单,安装使用方便,适当降低天线面的精度要求,用合理增大天线口径来补偿,简化加工工艺,降低成本,提高性能/价格比。

目前,国内外尚有一种板、网结合的天线,也是一个值得注意的发展动态。

10. 和共用天线系统和小功率发射机相结合 卫星电视广播的频段较高,是视线传播,在高楼林立的城市内,要直接进入家庭是困难的,和地面UHF电视广播一样,解决的一个途径是采用共用天线系统。对于边远地区的区、乡、安装共用天线则不适宜,而宜用无线传输,采用10W左右的小功率发射机覆盖,这时,卫星TVRO站可组合为“收转站”,一个可以考虑的方案是将共用天线系统延伸,在其末级加接功率放大器,再通过一般的家用室外天线发射出去,它继承了CATV系统的原有成果,具有CATV系统的高可靠性,成本低,维护简单的优点,并能实现一个天线发射多套频率的电视节目。

11. 进一步提高卫星的等效全向辐射功率 卫星的等效全向辐射功率等于发射功率和天线增益的乘积,故必须要有大的发射功率和高增益的天线,而采用大功率的发射机必须要有大功率的太阳能电池及相应的优良散热装置并增加卫星的运载重量,这些就是卫星设备的关键问题,分别简要介绍如下:

(1) 大功率行波管: 由于固体功放输出功率太小,而试用速调管又没有成功,故目前星载转发器中的末级功放仍使用行波管,要求行波管有长的寿命,它的寿命决定于灯丝,目前使用钨浸渍的多孔性钨,其寿命可超过十万小时。

(2) 高增益卫星天线: 要求卫星天线增益高且同时要覆盖一定的服务区域,即要求在所播的区域内能得到较高的场强,而在非服务区(如:大海中)则要求辐射去的电波能量尽量小,以避免能量的浪费,能实现这一点,天线的方向性系数自然也就是在一定覆盖区要求下的最高值,再进一步提高天线的效率就可获得天线的高增益。图1—3表示对一个三角形服务区辐射的卫星天线,其中(b)图虚线所示为三角形的电磁场等场强线,(a)图表示天线和馈源结构,用25个方形喇叭作天线馈源,以形成图(b)所示的三角形等场强线。如用多个馈源喇叭则可形成多个波束的服务区。图1—3中所示的这一类天线,由于能形成所要求的波束形状,故又称赋形波束天线。

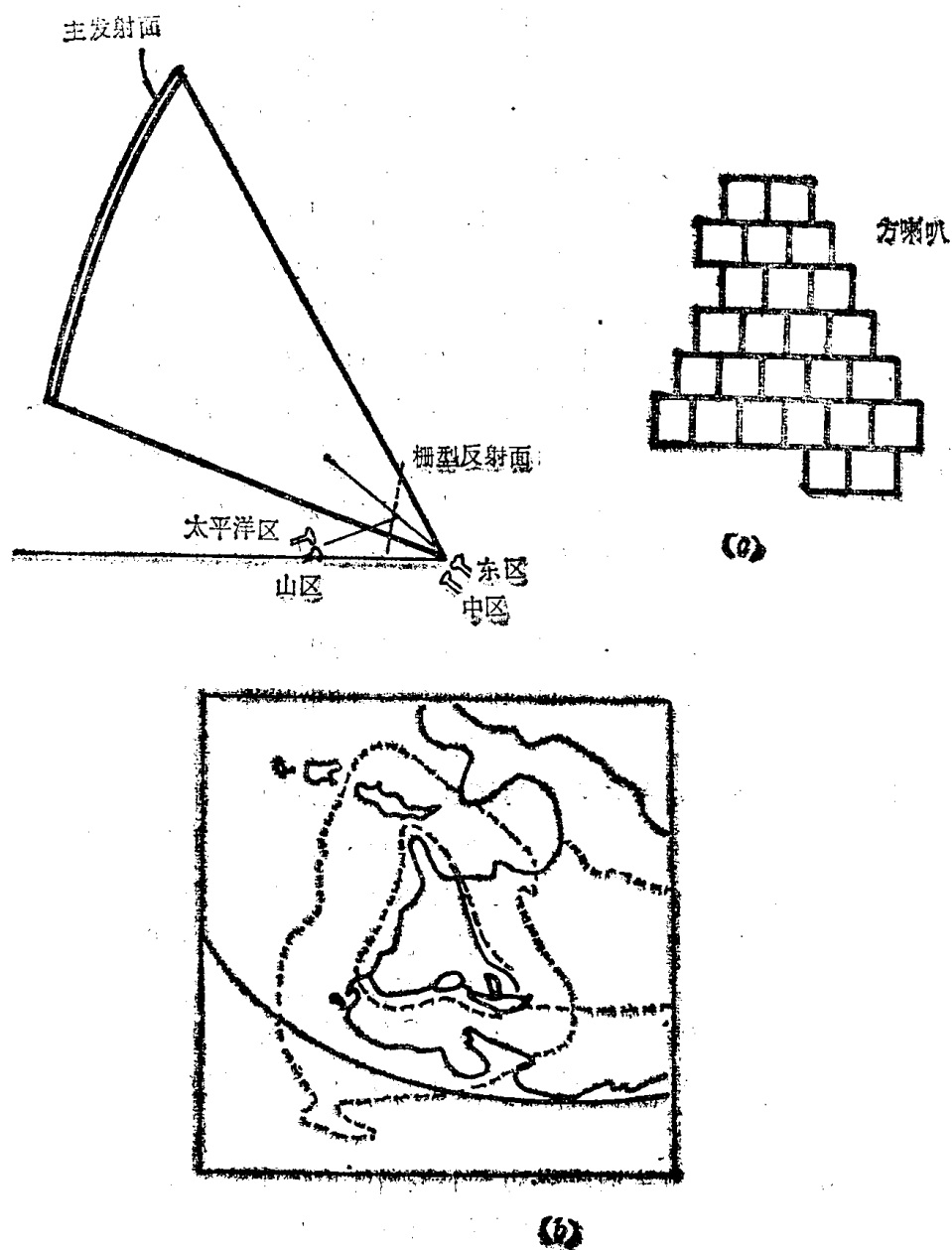


图1—3 赋形波束天线

(a) 天线和馈源结构, (b) 三角形等场强线

(3) 电源箱: 一般认为电源技术简单, 容易轻视它, 但事实上它是十分重要的, 因为它要向行波管输出高电压, 它常是转发器发生故障的重要原因, 国内外都有很多经验教训。

(4) 太阳能电池: 太阳能电池组是供应卫星电能的主电源, 大功率的电源需要有大面积的太阳能电池, 因而要增加卫星重量。因此“比重量”(即, 单位电功率(kW)的重量(kg), 表示为 $\frac{\text{kg}}{\text{kW}}$)是一项很重要的指标。减薄电池的厚度是减轻电池重量的一个重要方向, 此外减小电池功能的退化也能进一步减轻电池重量。

(5) 发热: 由于大功率行波管的电源箱和许多微波元件都需要散热, 只凭每个部

件自己的散热能力是不够的，所以需要采用热导管辐射器散热。散热器本身还要有热调平作用以保证行波管在开动时，其温度不在 -10°C 以下。

12. 超低噪声高迁移率晶体管(HEMT)的应用 HEMT是直播卫星时代的关键器件，特别是工作频段提高以后，低噪声的高频头将是TVRO实用化的主要限制。日本索尼公司从1987年2月开始推出三种商品化的HEMT样品，该公司的2SK878管已在卫星电视广播中应用（低噪声变频器BC-106），工作频段为 $10.95\sim 11.7\text{GHz}$ ，电压驻波比在1.3以下，当噪声系数为1.3dB时，售价1万日元，当噪声系数为1.8dB时，售价6000日元。而且HEMT的输入阻抗和GaAs MES FET易于置换，与使用同一价格的MES FET相比，提高了性能。日本富士通也推出了栅长为 $0.25\mu\text{m}$ 的T型栅HEMT，在20GHz时，最小噪声系数达0.7dB，增益为10.5dB，在 $10\mu\text{A}$ 时，漏电压为6V。