

电子文库2

卫星电视接收

曾令儒 编著

科学出版社

1987

内 容 简 介

这是一本阐述利用卫星转播由地面发射的电视信号的卫星电视接收技术的书籍。前三章介绍了与接收有关的广播卫星的构造和功能、卫星电视广播电波和信号传输的基本知识,第四章为本书重点,较系统地介绍接收系统工作原理和性能指标。本书第五章叙述接收系统的测试。书末附有具体设备的电路图等实用资料。

本书适于从事广播电视工作的技术人员及无线电爱好者阅读。

电子文库2 卫 星 电 视 接 收

曾令儒 编著

责任编辑 陈 忠

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 新华书店经销

*

1987年4月第一版 开本:787×1092 1/32
1987年4月第一次印刷 印张:4 3/4 插页:1
印数:0001—12,400 字数:105,000

统一书号:15031·802

本社书号:5523·15—7

定价:1.05元

前 言

大家知道，对于距离电视发射台愈远的地方就愈难看好电视或看不到电视。特别是偏远地区、多山区、多湖泽、多岛屿、多沙漠的地方，尤其如此。在这种情况下，利用卫星转播电视是最好的解决办法。

转播电视信号的卫星必须是同步卫星；即从地球上任何一点看上去它都是静止不动的。这种同步卫星只能处于地球赤道上空大约三万六千公里（35860 公里左右）的最佳轨道上，与地球同步运动。同步卫星居高临下，利用它转播电视，覆盖面积大，图像质量高。同步卫星又分通信卫星和广播卫星。通信卫星主要用于通讯，也可传送电视信号，它的转发器功率较小，只有数瓦至数十瓦，到地面的场强不过数微伏/米，地面接收站必须用口径几米至 10 米的大天线，传送的电视节目仅供集体接收。广播卫星主要用于电视广播，也可传送其它信息，它的转发器的功率一般在 100W 以上，地面接收的场强可达 $10-100 \mu\text{V}/\text{m}$ ，地面接收机的天线可用口径 $0.76\sim 3\text{m}$ 的小型天线，接收机的要求相应放宽，设备价格可降至个人能购买的水平。它有利于普及到个人接收。

利用卫星转播地面发射的电视信号的系统，叫卫星电视系统；不经地面接收站转播、直接供个体用户收看电视的卫星电视系统，叫卫星直播电视系统。通过通信卫星传送电视信号，经地面接收站转播的电视，一般称卫星电视。接收通信卫星传送电视信号的接收设备，叫卫星电视接收站。直接接收广播卫星电视信号的接收机，叫卫星直播电视机。

六、七十年代通信卫星技术的惊人发展和应用，促使进行广播卫星实验，七十年代中、后期的广播卫星实验，确认了技术的可能性和效果，使卫星电视广播计划渐渐具体化，导致了八十年代的实用兴起和发展。

我国为解决边远地区、少数民族地区、多山地区和老革命根据地的人民能及时收看中央电视台节目，以迅速提高文化教育水平和加速经济发展，已于1985年8月开始利用通信卫星进行C波段卫星电视广播，1986年7月开始增加一套教育节目频道。不久的将来，我国还将发射较大功率的通信广播卫星和Ku波段广播卫星。卫星电视广播正以惊人的速度发展着，但至今仍无一本较完善的卫星电视接收方面的参考书，有必要将卫星电视接收技术知识加以系统化和完善，向广大用户和有关技术人员提供参考。为此，我们撰写了这本书。

本书内容：第一章，介绍卫星电视广播的发展和国际组织对频段的划分，主要技术指标的规定及各种电视制式标准；第二章，概括地介绍广播卫星的构造和功能；第三章，叙述卫星电视广播电波和信号传输；第四章，是本书的重点，全面系统地叙述接收系统各主要部份的基本原理和性能、主要技术参数的计算及影响因素等；第五章，较详细地叙述接收设备的主要技术指标的测定。附录给出了许多有实用价值的资料和数据资料和线路图。

本书在写作过程中，得到了组织的支持和刘秀琴、姜晓丽、张桂英等同志的帮助。特此致谢！

曾令儒

一九八六年九月

目 录

| | |
|--------------------------------|----|
| 第一章 卫星电视广播概况 | 1 |
| 一、卫星通信和电视广播的发展..... | 1 |
| 二、广播卫星与地球的相对位置关系..... | 3 |
| 三、卫星电视广播频带和广播卫星的轨道位置..... | 5 |
| 四、卫星电视广播的主要技术指标..... | 7 |
| 五、各种电视标准制式..... | 9 |
| 六、我国广播卫星系统(计划)概况..... | 12 |
| 第二章 广播卫星的构造和功能 | 21 |
| 一、卫星组成系统..... | 21 |
| 二、卫星形状和姿态稳定方法..... | 21 |
| 三、轨道位置稳定..... | 24 |
| 四、卫星功率(电源系统)..... | 24 |
| 五、广播卫星的发射天线..... | 25 |
| 六、卫星转发器..... | 25 |
| 七、卫星遥测控制..... | 27 |
| 八、卫星温度控制..... | 27 |
| 九、卫星转发器构成的实例..... | 29 |
| 第三章 卫星电视广播电波和信号传输 | 30 |
| 一、地面发射系统和接收系统组成..... | 30 |
| 二、电波频率..... | 35 |
| 三、电波极化..... | 37 |
| 四、电波强度..... | 38 |
| 五、信号传输方式..... | 40 |
| 六、微分增益和微分相位..... | 45 |

| | |
|---|-----------|
| 第四章 卫星电视接收 | 51 |
| 一、基本接收系统..... | 51 |
| 二、接收系统的基本性能..... | 54 |
| (一) 信号噪声比 (S/N) 和载波噪声比 (C/N)..... | 54 |
| (二) 品质因素 (G/T) 和载波噪声比 (C/N)..... | 56 |
| 三、接收天线和接收信号功率..... | 59 |
| (一) 抛物面天线 | 60 |
| (二) 标准卡氏(卡塞格伦)天线 | 61 |
| (三) 接收功率和天线增益及口径尺寸 | 63 |
| (四) 接收天线的方位和俯仰指向角计算 | 68 |
| 四、极化波变换器..... | 71 |
| 五、高频头..... | 73 |
| 六、卫星电视接收机..... | 75 |
| 1. 选频解调分系统..... | 76 |
| 2. 图像信号处理分系统..... | 77 |
| 3. 声音信号解调分系统..... | 78 |
| 七、接收天线的设置和接收设备的调试..... | 81 |
| 八、接收电平变化的原因..... | 84 |
| 九、卫星电视接收机与中频调制器和差转机的配合使用..... | 86 |
| 第五章 卫星电视接收设备的主要性能测量 | 89 |
| 一、概述..... | 89 |
| 二、品质因素(增益噪声温度比 G/T) 测量 | 89 |
| (一) 接收系统噪声温度测量 | 92 |
| (二) 天线增益测量 | 93 |
| 三、噪声系数 (N) 测量..... | 96 |
| 四、载波噪声比(C/N)测量 | 98 |
| 五、非线性畸变测量、微分增益和微分相位测量..... | 100 |
| 六、图像信号噪声比(S/N)测量..... | 103 |
| 七、交扰调制测量..... | 105 |
| 八、选择性特性测量..... | 106 |

| | |
|--|-----|
| 九、能量扩散信号抑制制度测量 | 107 |
| 附录 1. 我国电视广播频道的频率分配 | 108 |
| 附录 2. 世界各国电视制式 | 110 |
| 附录 3. 广播卫星性能参考统计表 | 114 |
| 附录 4. 全国各市、县人民政府所在地经纬度 | 116 |
| 附录 5. 日本卫星电视广播的传送方式及技术条件 | 134 |
| 附录 6. 六米(标称)卫星电视接收站主要技术要求 | 136 |
| 附录 7. 我国目前卫星电视广播的主要参数 | 143 |
| 附录 8. DSB-600A 部分改制参考电路 | 144 |
| 附录 9. 国际 V 号星在我国的全向辐射功率图 | |
| 附录 10. 指向国际 V 号星的天线方位和俯仰角计算曲线 | |
| 附录 11. GCI-8300 卫星电视接收机电路图 | |
| 附录 12. DSB-600A 卫星电视接收机电路图 | |

第一章 卫星电视广播概况

一、卫星通信和电视广播的发展

1945年英国学者克拉克(Clark)提出一种利用宇宙站进行电视中继或广播的设想。从1957年苏联发射世界上第一颗人造地球卫星和1958年美国发射了世界上第一颗实验通信卫星以来,卫星技术在近30年的时间里,出现了极为迅速的发展。

最初几年,通过实验对预计可能使用的各类通信卫星,包括无源卫星、低轨道延迟转发式有源卫星、低轨道实时转发式有源卫星和同步卫星,做了系统的试验。最后,肯定了同步轨道通信卫星的实用性和优越性,积累了发射同步通信卫星和研制通信卫星及地面站设备的经验。

鉴于卫星通信有着传输距离远、通信质量好、容量大、能全天候通信、沟通成通信网快等优点,它首先被用于国际通信中,以弥补短波、海缆国际通信之不足。1965年,国际通信卫星组织发射了第一颗国际通信卫星,标志着卫星通信进入了实用阶段。

随着卫星通信技术的发展,卫星通信被纳入到国内通信系统中。苏联由于幅员辽阔、北部及远东地区难于用传统手段解决通信问题,故首先考虑把卫星用于国内的电话和电视的传输上,于1965年发射了“闪电”1号通信卫星。七十年代,加拿大、美国等也先后建立了国内卫星通信系统。我国于1970年发射了东方红1号卫星,此后进行过数十次卫星回收,1984

表 1.1 直播卫星系统的典型参数值和发展概况

| 卫星名称 | 国 家 | 发射日期 (年) | 转发器数 | 总带宽 (MHz) | 下行频率 (GHz) | 转发器功 率(W) | 全向辐射 功率 (dBW, 边缘) | 轨 道 位 置 (经度) | 寿 命 (年) |
|-------------|---------|-------------|------|--------------|---------------|--------------|----------------------------|------------------------|------------|
| ATS-6 | 美 国 | 1974 | 2 | 30 | 2.6, 0.86 | 15, 80 | 52.6 | | 2 |
| 屏 幕 | 苏 联 | 1976+ | 1 | 24 | 0.714 | 200 | 57 | 东经 99 | 2+ |
| BSF | 日 本 | 78 | 2 | 25 | 12 | 100 | 55 | 东经 110 | 2 |
| BS-2A | 日 本 | 84 | 2 | 70 | 11.7—12.2 | 100 | 55 | 东经 110 | 4—5 |
| BS-3 | 日 本 | 88 | | | 11.7—12.2 | 100 | 55 | 东经 110 | |
| Anik-C 1, 3 | 加 拿 大 | 82 | 16 | 864 | 11.7—12.2 | 16×15 | 48 | 西经 107.5, 112.5, 117.5 | 8 |
| Aussal-1-3 | 澳 大 利 亚 | 85, 86 | 4 | 675 | 12 | | 47 | 东经 156, 160, 164 | 7 |
| TV-SAT 1, 2 | 西 德 | 86, 87 | 3 | 81 | 12 | 230 | 65.6 | 西经 19 | 7 |
| TDF-1, 2 | 法 国 | 86, 87 | 3 | 81 | 12 | 230 | 63.9 | 西经 19 | 7 |
| STC-1, 2 | 美 国 | 86, 87 | 3 | 72 | 12.2—12.7 | 200 | 57 | 西经 101, 148 | 7 |
| L-sat | 欧洲空间组织 | 86 | 2 | 27 | UHF, 12.2 | 230 | 63 | 西经 19 | 5 |

年4月成功地发射了实验同步通信卫星,又于1986年2月成功地发射实用通信广播卫星,“八五”计划期中还将发射Ku波段广播卫星。由于卫星通信的建网速度快,通信比较落后的一些第三世界国家也纷纷计划采用租星,并建立自己的或地区性的卫星通信系统。

卫星通信的实践又促进了它本身的进一步推广应用。用卫星转播电视是非常理想的传输方式。初期,它们都是由较大的地面站接收通信卫星转播的电视,经过微波线路送到电视中心,再由地面网向用户播发。直播卫星系统则是用户用简易的集体或个体家庭接收设备直接接收卫星电视节目的大型广播卫星系统。一般说来,集体接收和个体家庭接收所需的功率通量密度约有10分贝之差。

1971年,世界无线电管理会议第一次分配广播卫星业务用的频率。1977年,规定了家庭接收的12吉赫(GHz)频带卫星电视广播的频道和卫星轨道位置分配。与此同时,卫星直播电视试验开始于美国在1974年5月发射的ATS-6卫星,此后在苏联、加拿大、日本也相继发射了试验性直播卫星。通过试验,确认了技术的可能性和效果,卫星电视广播计划渐渐具体化,导致八十年代实用的兴起和发展。表1-1列出了世界直播卫星系统的几个典型参数值和发展概况。

二、广播卫星与地球的相对位置关系

广播卫星与通信卫星一样,位于地球赤道面上35,860公里高度的圆形轨道,运行周期 $T = 24$ 小时,卫星相对于地球来说,是处于同步静止状态。因而,地面上的接收天线可以相对固定方向、始终对准着广播卫星,接收电视信号。要实现全球通信和电视广播,卫星与地球地面上的基本几何关系应如

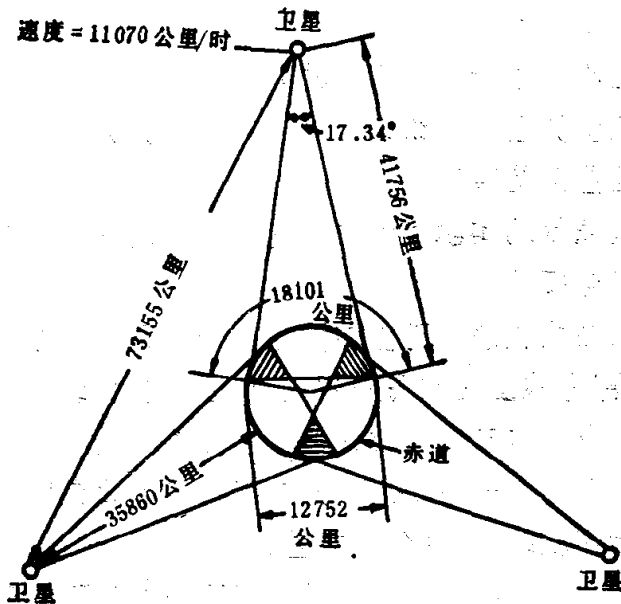


图 1.1

图 1.1 所示配置。从卫星向地球引两条切线，切线间的夹角约为 17.34° ，其可通信和广播区域的边界对地心夹角约为 152° （仰角 5° 以上）。

图 1.2 是卫星与地球的几何关系图。卫星的覆盖范围是卫星高度与地球上接收站天线可接收电视信号的最低仰角的函数，其表示式如下：

$$\frac{r}{r+h} = \frac{\cos(\beta + \theta)}{\cos \theta} \quad (1.1)$$

式中 r ——地球半径；

h ——卫星在赤道上空的高度；

θ ——天线最低仰角；

β ——覆盖范围中心角。

卫星在地球上覆盖范围，是决定可广播或（可通信）区域和可广播（或可通信）时间的基础。

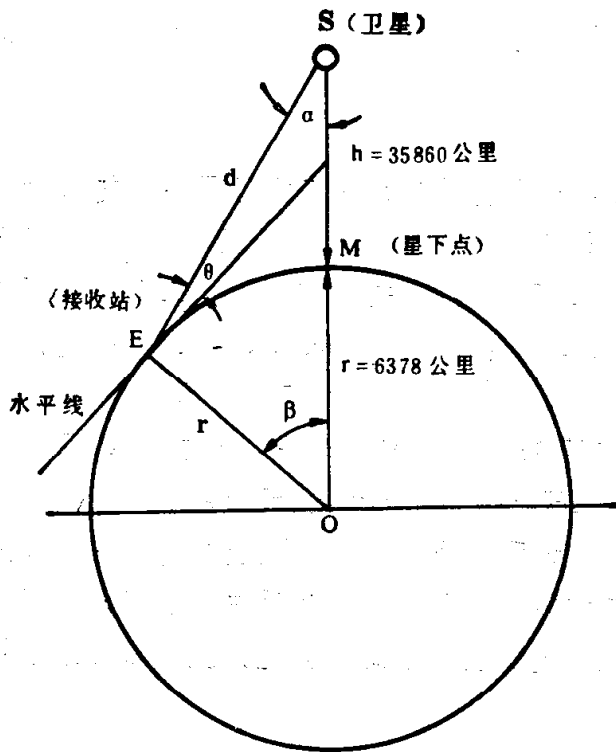


图 1.2

从图 1.2 看出,对一定的 θ 值, h 越大,覆盖范围越大. 但 h 增大时,必然引起 d 增大. d 增大到一定程度时,电波的传播时间就会大到不可忽视的程度.最大传输延迟时间 τ_{\max} 可由下式给出:

$$\tau_{\max} = \frac{2d}{c} = \frac{2(r+h)}{c} \frac{\sin \beta}{\cos \beta} \quad (1.2)$$

式中, $c = 3 \times 10^8$ 米/秒! ——光速.

三、卫星电视广播频带和广播卫星的轨道位置

1971 年召开了世界无线电管理会议 (WARC-ST), 研究

讨论了卫星电视广播使用的无线电频率和广播卫星的轨道位置，以及各国广播和通信频率间的相互干扰问题。该世界组织(WARC-BS)于1979年对12吉赫(GHz)频带和轨道位置进行了分配。

表1.2给出了世界各地广播卫星使用的频带，属于第三区域的我国应使用12GHz频带的卫星广播。图1.3给出了第三地区的12GHz频带的频道配置，每个频道所占带宽为27MHz，频道间隔为19.18MHz，共分24个频道。从第1到第15的奇数频道分配给中国和日本。我国计划使用第1和第5、第9和第13频道。我国根据自己的条件，目前已使用C波段(3700MHz~4200MHz)进行卫星电视广播。

为了有效地利用频率，电波的极化面，取右旋或左旋圆极化、垂直或水平线极化。日本使用右旋圆极化。朝鲜和南朝鲜使用偶数频道、使用左旋圆极化。我国C波段卫星电视接

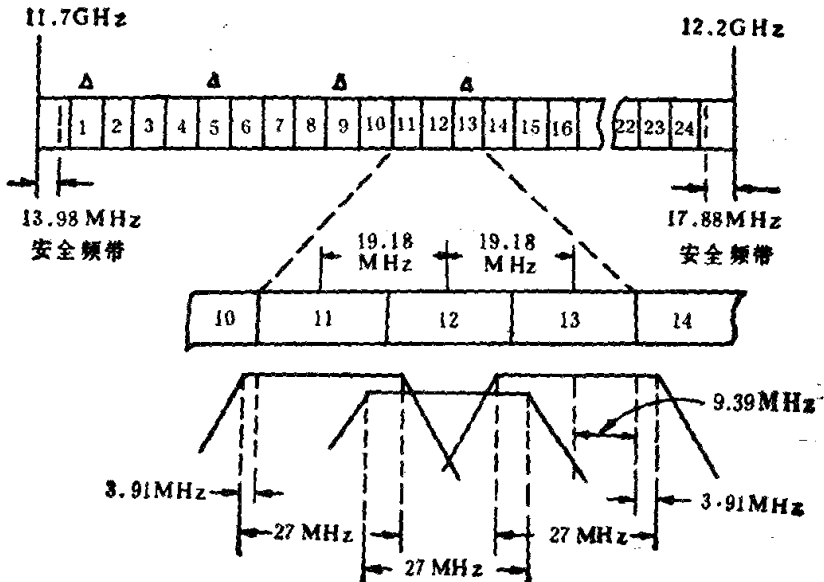


图 1.3

表 1.2 世界地区广播卫星使用的频带

| 波段名称 (吉赫) | 频率范围 (吉赫) | 地区分配 | | | 备 考 |
|--------------|----------------|------------|----------|----------|------------|
| | | 1 区 | 2 区 | 3 区 | |
| | | 欧、非 洲苏联 | 南北 美洲 | 亚洲 澳洲 | |
| L(0.7) | 0.62~0.72 | 0 | 0 | 0 | 与主管部门协商需要 |
| S(2.5) | 2.50~2.69 | 0 | 0 | 0 | 共同接收用 |
| Ku(12) | 11.7~12.2 | | | 0 | 广播卫星业务优先使用 |
| | 11.7~12.5 | 0 | | | 广播卫星业务优先使用 |
| | 12.1~12.7 | | 0 | | 广播卫星业务优先使用 |
| | 12.5~ 12.75 | | | 0 | 共同接收用 |
| Ka(23) | 22.5~23 | | 0 | 0 | 与主管部门协商需要 |
| Q(42) | 40.5~42.5 | 0 | 0 | 0 | 广播卫星业务用 |
| 85 | 84~86 | 0 | 0 | 0 | 广播卫星业务优先使用 |

收,采用右旋圆极化或垂直线极化;Ku 波段卫星电视接收,将采用左旋圆极化。

四、卫星电视广播的主要技术指标

表 1.3 汇总了世界无线电管理会议对卫星电视广播规定的有关主要技术指标。这些技术指标是卫星电视广播系统设计及其运用所必需遵守的项目。

表 1.3 卫星电视广播的主要技术指标规定

| 项 目 | | 技术指标规定 | 备 考 |
|------------------|------|------------------------------------|-------------------------------|
| 卫星轨道间隔 | | 6° | 中国东经 92°, 日本东经 110° |
| 定点位置保持精度 | | 东、西、南、北方向都为 ±0.1° | |
| 天线指向精度 | | ±0.1°(但波束轴旋转的误差 ±2°) | |
| 极化波 | | 圆极化波 | 中国左旋圆极化 日本右旋圆极化 |
| 最小仰角 | | 20° | 山区 30° |
| 所需频带宽 | | 27 MHz | 由图像信号引起的最大频偏 |
| 地面功率 | 个体接收 | -103dB (W)/m ² (覆盖面积边缘) | |
| 通量密度 | 集体接收 | -111dB (W)/m ² | |
| 接收天线 | | 用于干扰评价的个体接收用天线 0.9φ | 波束半功率点宽度 2° |
| G/T | 个体接收 | 6dB/K | |
| (品质因素) | 集体接收 | 14dB/K | |
| C/N(载波噪声比) | | 14dB(最坏月份的时间率 99%) | 上行线引起的 C/N 恶化 ±0.5dB(时间率 99%) |
| 地上固定无线电防护的功率通量密度 | | -125dB(W)/m ² /4kHz | |
| 能量扩散 | | 22dB(600kHz _{P-P} 频偏) | 叠加 12.5~30Hz 三角波 |
| 广播卫星间的干扰 | | 对于同一频道, 31dB | 希望信号 TV/FM |
| 保护比 | | 对于邻近频道, 15dB | 干扰信号 TV/FM |

五、各种电视标准制式

目前世界各国按照自己的标准制式进行电视广播，国际会议认为对电视标准制的统一曾进行过多次努力尚未成功，故现承认多种电视标准制式，如表 1.4 所示。

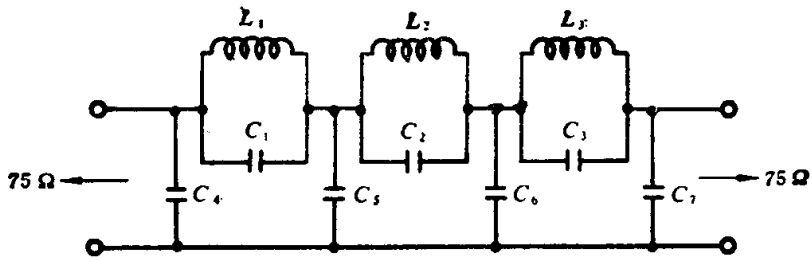
表 1.4 电视标准制式

| 标准制式 | 行数 (行/帧) | 场数 (场/秒) | 图像频带 (MHz) | 注 |
|--------------------------|--------------|------------------------------|--|-----------------|
| A | 405 | 50 | 3 | |
| M | 525 | 60 | 4.2 | 日、美、加拿大 |
| { B.C.D.G.H I.K.K.L.N | 625 | 50 | 4.2~6 | 中国、欧洲各国 采用较多 |
| F. E | 819 | 50 | 5~10 | |
| | 彩色信号 调制方式 | 彩色副载波频 率 (MHz) | 彩色副载频带宽 (MHz) | |
| NTSC | 正交调幅 | 3.58 | +0.6~-1.3 | 日、美 |
| PAL | 正交调幅 | 4.43 | +1.07~-1.3 | 中、英、西德 |
| SECAM | 调 频 | $f_R = 4.41$ $f_B = 4.25$ | $f_R: +0.35 \sim -0.5$ $f_B: +0.5 \sim -0.35$ | 法、苏 |

现行电视标准制式，大体上可归纳为扫描为 525 行的和 625 行的。彩色电视有 NTSC、PAL 及 SECAM 三种制式。

经由卫星的电视广播传输标准，建议如下：

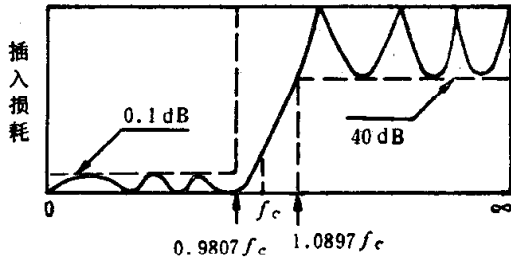
(1) 图像信号的上限频率，525 行制的是 4MHz (彩色电视为 4.2 MHz)，625 行制的是 5~6MHz (彩色电视与此相



| | $L (\mu\text{H})$ | $C (\text{pF})$ | $f (\text{MHz})$ |
|---|-------------------|-----------------|------------------|
| 1 | $14.38/f_c$ | $497.6/f_c$ | $1.8816f_c$ |
| 2 | $7.673/f_c$ | $2723/f_c$ | $1.1011f_c$ |
| 3 | $8.600/f_c$ | $1950/f_c$ | $1.2290f_c$ |
| 4 | | $2139/f_c$ | |
| 5 | | $2815/f_c$ | |
| 6 | | $2315/f_c$ | |
| 7 | | $1297/f_c$ | |

f_c 是各标准制式的图像频率上限 (MHz)

(a) 低通滤波器



| f/f_c | 插入损耗 (dB) | f/f_c | 插入损耗 (dB) |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 0.98 | 0.1 | 1.04 | 14.8 |
| 0.99 | 0.5 | 1.05 | 18.8 |
| 1.00 | 1.8 | 1.06 | 23.0 |
| 1.01 | 4.2 | 1.07 | 27.7 |
| 1.02 | 7.3 | 1.08 | 33.3 |
| 1.03 | 10.9 | 1.09 | 41.0 |

f_c 为各标准制式的图像频率上限 (MHz)

插入损耗是 $Q \rightarrow \infty$ 时的理论值

(b) 插入损耗

图 1.4 电视线路连续随机噪声测试用低通滤波器