

电视传输与测量

张家谋等 编著

人民邮电出版社

电视传输与测量

张家谋等编著

罗惠明等审

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书包括两部分内容：电视传输和电视测量技术。电视传输主要介绍微波、卫星、同轴电缆等大容量干线通信系统的基本原理，讲述它们用于传输广播电视信号的技术特征和有关的理论与实际问题，并提出基本性能参数。电视测量着重讲述为保证电视传输质量所需的技术指标的测量技术和基本理论与实际方法，介绍国内、外典型通信系统的视频技术指标，与其电视图象质量的关系，以及在一个传输链路中指标分配的理论及计算。最后介绍校正有关失真和抑制干扰的一些方法。

本书作为广播电视和通信技术专业的大专院校教材，也可供从事电视工程的技术人员使用。

电 视 传 输 与 测 量

张家谋 等编著

罗惠明 等 审

人民邮电出版社出版

北京东长安街27号

河北省邮电印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

开本：850×1168 1/32 1984年3月第 一 版
印张：10 24/32 页数：172 1984年3月河北第一次印刷
字数：281千字 印数：1—7,000册

统一书号：15045·总2799-无6263

定价：1.70元

前 言

近年来电视技术领域发展迅速，国际国内电视节目的交换与长距离传输日益频繁，作为大容量通信手段的微波、卫星和同轴电缆的干线传输系统负担了大量的视频信息传输业务。与此同时，为保证传输质量发展了相应的专门测量技术，并在国际上协议了统一技术标准。目前，电视传输与测量技术已经发展成广播与通信技术中的一个分支。为供广播电视和通信技术专业的高年级大、专学生学习之便，作者于三年前编写了电视传输与测量讲义，经过三年的试用，在教学实践中不断修改和补充而写成了这本书。最近，光通信技术迅猛发展，但尚未成为实用的体系，故本书暂未列入。

本书用作大、专院校广播电视和通信技术专业的教材。也可供从事电视技术工作，特别是电视传输工程技术人员使用。

先后参加编写本书的还有白金榜、张冰青、林继佑、王德跃等同志，并经罗惠明、张洪珊审校。

由于水平有限，不妥和错误之处难免，欢迎读者给予批评指正。

张 家 谋

一九八二

目 录

第一章 大容量通信的基本原理	(1)
§ 1.1 大容量通信的基本思想	(1)
§ 1.2 频分多路通信	(2)
§ 1.3 频分多路电话信号频谱的组成	(4)
§ 1.4 时分多路通信	(6)
§ 1.5 大容量通信传输的特点	(10)
§ 1.6 大容量通信方式	(11)
§ 1.7 大容量通信手段的综合利用	(13)
§ 1.8 电视传输网	(15)
1.8.1 视传输方式	(15)
1.8.2 电视网的组成	(16)
§ 1.9 电视信号的波形和特点	(17)
1.9.1 电视信号的波形	(18)
1.9.2 电视信号的特点	(20)
第二章 微波中继电视传输	(22)
§ 2.1 微波通信的特点	(22)
§ 2.2 微波中继通信系统的组成	(25)
§ 2.3 微波站上主要设备的作用和工作电平	(29)
2.3.1 微波站上的主要设备	(30)
2.3.2 电平	(31)
§ 2.4 微波通信中的频率分配	(33)
2.4.1 频率分配应考虑的原则	(33)
2.4.2 二频制和四频制	(34)
2.4.3 多波道微波中继系统的频率分配	(36)
§ 2.5 微波的产生、传输和辐射	(38)

2.5.1	微波振荡源	(38)
2.5.2	微波的传输	(40)
2.5.3	微波天线	(44)
2.5.4	微波传播	(45)
§ 2.6	电视信号的微波调频传输	(47)
2.6.1	单正弦波调制时的调频波特性	(47)
2.6.2	电视信号的调频波带宽	(52)
2.6.3	调制—调频	(53)
2.6.4	解调—鉴频	(57)
2.6.5	调频与鉴频的非线性	(62)
§ 2.7	调频传输中热杂波的影响	(63)
2.7.1	单正弦波对载波的寄生调相和干扰作用	(63)
2.7.2	均匀频谱杂波干扰对解调信号的影响	(66)
2.7.3	视频频带内的热杂波及信杂比的计算	(67)
2.7.4	多个微波站串联的信杂比	(70)
2.7.5	微波收发信机输入、输出电平的确 定	(71)
2.7.6	加重技术	(73)
第三章	同步卫星电视传输	(75)
§ 3.1	概述	(75)
§ 3.2	同步卫星的特点	(76)
3.2.1	同步轨道	(76)
3.2.2	卫星蚀	(78)
3.2.3	轨道位置及姿态控制	(79)
§ 3.3	卫星信号传输系统	(81)
3.3.1	通信卫星	(81)
3.3.2	广播卫星	(84)
§ 3.4	卫星电视传输系统的性能	(88)
3.4.1	等效全向辐射功率 (EIRP)	(88)
3.4.2	门限扩展技术	(90)
3.4.3	地面站的性能指数 (G/T)	(94)
3.4.4	能量扩散技术	(95)

§ 3.5	卫星电源系统	(97)
第四章	同轴电缆电视传输	(100)
§ 4.1	概述	(100)
§ 4.2	同轴电缆	(101)
4.2.1	同轴电缆的结构	(101)
4.2.2	同轴管内的电磁场	(102)
4.2.3	同轴电缆的传输特性	(106)
§ 4.3	同轴电缆电视传输系统	(113)
4.3.1	增音机	(114)
4.3.2	加重技术的应用	(117)
4.3.3	调制解调方式	(120)
4.3.4	频谱位置	(124)
4.3.5	均衡	(125)
4.3.6	阻抗匹配	(126)
§ 4.4	同轴电缆传输系统的远距离供电	(127)
第五章	电视传输系统的基本指标测量	(129)
§ 5.1	概述	(129)
§ 5.2	回波损耗	(131)
§ 5.3	回波对电视图象的影响	(133)
§ 5.4	回波损耗的测量	(135)
5.4.1	延时电缆法	(135)
5.4.2	阻抗电桥法	(137)
§ 5.5	匹配状态的改善	(140)
§ 5.6	端接点的其它指标	(141)
§ 5.7	视频信号电平测量	(142)
5.7.1	概述	(142)
5.7.2	方波叠加法	(143)
§ 5.8	插入增益	(147)
第六章	线性失真	(151)
§ 6.1	概述	(151)

§ 6.2	频率特性	(154)
6.2.1	幅频特性的测量	(157)
6.2.2	时频特性的测量	(162)
§ 6.3	正弦平方波	(168)
6.3.1	正弦平方脉冲的波形与频谱	(168)
6.3.2	正弦平方阶跃的波形与频谱	(170)
6.3.3	正弦平方波的产生	(170)
6.3.4	正弦平方波通过线性网络的失真	(172)
§ 6.4	亮度信号的短时间失真	(179)
6.4.1	短时间失真现象	(179)
6.4.2	短时间失真的测量	(181)
§ 6.5	亮度信号的行时间失真	(184)
6.5.1	行时间失真现象	(184)
6.5.2	行时间失真的测量	(186)
§ 6.6	亮度信号的场时间失真	(186)
6.6.1	场时间失真现象	(187)
6.6.2	场时间失真的测量	(188)
§ 6.7	亮度信号的长时间失真	(189)
6.7.1	长时间失真现象	(189)
6.7.2	长时间失真的测量	(192)
§ 6.8	色度亮度增益差和时延差	(192)
6.8.1	色度亮度增益差和时延差现象	(192)
6.8.2	色度亮度增益差和时延差的测量	(193)
§ 6.9	色度信号的测量	(198)
第七章	非线性失真	(202)
§ 7.1	概述	(202)
§ 7.2	亮度信号的非线性失真	(203)
7.2.1	行时域非线性失真的性质	(203)
7.2.2	行时域非线性的测量	(204)
7.2.3	平均图象电平的影响	(208)
§ 7.3	色度信号的非线性失真	(209)

§ 7.4	微分增益与微分相位失真	(210)
7.4.1	微分增益与微分相位失真的性质	(211)
7.4.2	微分增益与微分相位失真的测量	(212)
§ 7.5	色度——亮度互调	(214)
§ 7.6	同步信号的幅度失真	(215)
第八章	调频电视信号的传输失真	(217)
§ 8.1	概述	(217)
§ 8.2	调频波通过线性电路的不失真条件	(217)
§ 8.3	调频通道线性失真对调频波频偏的影响	(220)
§ 8.4	调频通道传输视频信号的频率特性	(224)
§ 8.5	调频通道线性失真造成视频线性失真的分析	(227)
§ 8.6	调频通道引起的非线性失真	(230)
8.6.1	调频通道线性失真产生的微分增益	(231)
8.6.2	调频通道线性失真产生的微分相位	(233)
§ 8.7	电视传输中的加重技术	(236)
8.7.1	加重技术的必要性	(236)
8.7.2	加重网络及其特性	(237)
第九章	干扰和杂波	(242)
§ 9.1	概述	(242)
§ 9.2	连续随机杂波	(243)
9.2.1	分支滤波器和低通滤波器	(245)
9.2.2	加权和加权滤波器	(247)
9.2.3	色度信号通道的加权	(250)
9.2.4	连续随机杂波的目视波形测量	(253)
9.2.5	连续随机杂波的直读电表测量	(255)
9.2.6	连续随机杂波的选通测量	(256)
§ 9.3	周期性杂波	(259)
9.3.1	电源交流杂波	(259)
9.3.2	电源变换器杂波	(260)
9.3.3	单频干扰杂波	(261)

§ 9.4	脉冲性杂波	(262)
§ 9.5	串扰	(263)
第十章	插入测试信号	(265)
§ 10.1	概述	(265)
§ 10.2	插测信号的位置选择	(267)
§ 10.3	国际插测信号	(269)
§ 10.4	国内插测信号	(274)
§ 10.5	插测信号的应用和测量	(276)
第十一章	电视图象质量的主观评定和指标分配	(278)
§ 11.1	概述	(278)
§ 11.2	电视图象质量的主观评定	(278)
§ 11.3	电视传输假想(模拟)参考电路	(281)
§ 11.4	失真及杂波的叠加规律	(282)
11.4.1	一般叠加规律	(283)
11.4.2	失真和串扰的叠加规律	(284)
11.4.3	连续随机杂波的叠加规律	(287)
11.4.4	多段传输电路串接的总指标	(289)
11.4.5	由参考电路总指标求视频调制段指标	(290)
第十二章	视频电路的校正	(293)
§ 12.1	概述	(293)
§ 12.2	交流干扰的抑制	(293)
§ 12.3	线性失真的校正	(297)
12.3.1	基本的幅度均衡器	(298)
12.3.2	电缆均衡器	(303)
12.3.3	波特可变均衡器	(308)
12.3.4	群时延均衡器	(310)
12.3.5	回波校正	(318)
12.3.6	自动均衡器	(320)
§ 12.4	非线性失真的校正	(322)
附 录		(327)

第一章 大容量通信的基本原理

§ 1.1 大容量通信的基本思想

人类表达思想的主要方法是语言、文字、图象，因此通信手段应为传输语言、文字、图象服务。最基本的通信工具之一是电话，根据对人类语言大量统计分析的结果，虽然各民族语言不同，又有男女老少之分，但只要能传输300~3400赫的频率范围，就可以有足够的声音清晰度，并比较充分地反映语言的特色。因此，传输一路电话的通频带定为300~3400赫。这是电话信号的基本频带，又叫基带。凡未经调制等手段改变其频率的信号叫基带信号。众所周知，电视信号的基带为0~6兆赫（在本书中均指广播电视信号而言）。

利用一条通信线路同时进行多路通信称为多路复用，可分为按频率分路的复用系统和按时间分路的复用系统两类。前者称为频分多路(FDM)，后者称为时分多路(TDM)。在电话传输中实现频分多路的设备即有线通信中的载波电话，它不仅广泛应用于有线电缆长途通信线路，也同样应用于无线微波通信线路和卫星通信线路。时分多路通信随着脉码通信、数据通信与计算机技术的发展，也正在迅速成长起来。

衡量通信线路能力的是通信容量。在信息论中，通信容量的定义为单位时间内所可能传输的最大信息量。通信容量 C 可表为下列公式

$$C = B \lg(1 + S/N) \quad (1-1)$$

式中 B 指信道的频带宽度， S/N 指信号功率与杂波功率之比。即信杂比。由式可见，通信容量与信道的频带宽度成正比，要想通信容量大，就要频带宽，这是很容易理解的。另外，信杂比越高，通

信容量也越大。这是因为信杂比高时，容许的信息密度（或称信息速率）就可以高，通信容量自然也就大了。

在实用中，通信容量以话路为单位。一般把超过240路电话或一路以上电视的通信能力叫做大容量通信，因为它们都要占据很宽的频带。所以多路数与大容量是同意语。但是由于传输信息品种的日益多样化，大容量的涵义比多路数要更广泛些，因而目前通称为大容量通信。另外，大容量又与通信的高速度联系着，信号变化的速度快，频谱就宽，只有容量大了才有可能提高通信速度。因此，当前对通信手段的要求可归结为提高它的通信容量。最近发展起来的光通信技术，它的传输频带很宽，是大容量通信的新方向。

§ 1.2 频分多路通信

频率复用的基本原理是利用载波的办法在发信端把基带信号搬到各个不同的载频上形成载波来传输，到了收信端再将基带信号从载波上卸下来。也就是说，频分多路的实质在于按频率的高低来划分电路。

图1-1示出了多路载波电话复用设备的简单方框图。左边是发

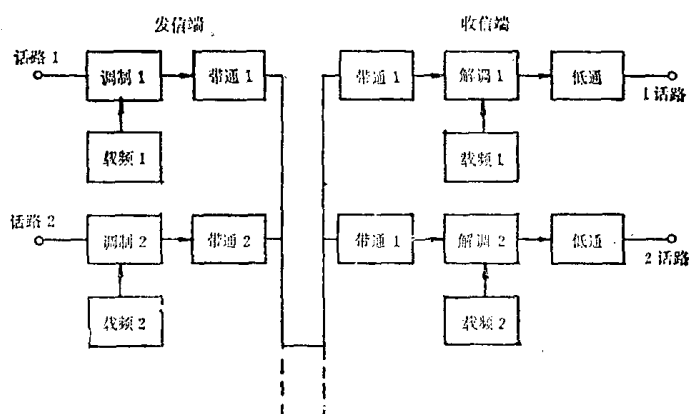


图 1-1 频分多路电话传输系统原理

信端，右边是收信端。在发端，话路1的基带信号加到调制器1上，对载频振荡进行调幅并抑制其载频，在调制器输出端得到残余载频和上、下两个边带。再用带通滤波器1取出一个边带，可以是上边带也可以是下边带，从而得到单边带信号。同理可将话路2、3……得到相应的居于不同频带的单边带信号。由于话路频带取为300~3400赫，故取各路载频间隔为4千赫，以便于多路信号之间的分离和处理。即一个话路占用频带4千赫，然后将各话路的单边带信号合并起来，就成为载波多路电话信号，通常又称为群路信号。它们的频谱分布如图1-2 a。

在收信端，先由带通滤波器从群路信号中分离出各话路的高频边带信号，然后送到解调器，与各路相应的载频差拍变频，还原出

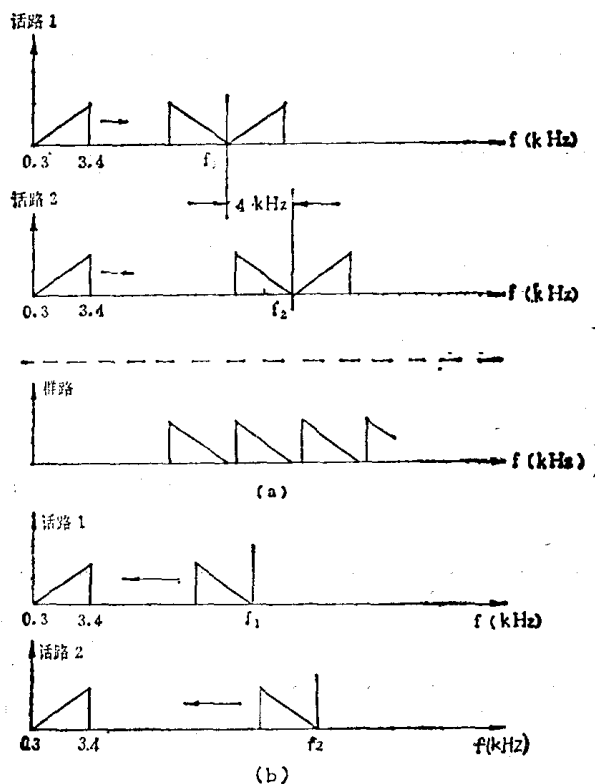


图 1-2 发、收信端群路信号的频谱

各个话路的基带信号，并用低通滤波器滤出。见图1-2b。

在图1-2中，习惯上将话音信号的频谱用三角形表示，使话音中频率较高的成分有较大的纵坐标幅度，因此上、下两个边带的斜率相反。

由上述可见，无论是调幅或者解调，其实质都是一种频率变换。经过变频后的信号有时发生频谱反转，有时不反转。在上变频（即进行调幅）时，如果变频后取上边带，信号频谱不发生反转，如果变频后取下边带，则频谱反转。在下变频时，如果载频低于信号频率，则频谱不反转，如果载频高于信号频率，则频谱反转。在载波通信和微波通信中，频谱反转问题对信号的正确传输和传输特性好坏都有重要影响。

§ 1.3 频分多路电话信号频谱的组成

上述频分多路复用原理是载波通信的基础，载波机就是在这个基础上制成的。为了复用更多的话路，只采用一次变频是不行的，必须采用多次变频。因为路数越多，载频频率就越高，频率高了以后相对于4千赫的话路所要求的载频稳定性就太高了，难以实现。相应的滤波器也难做，使相邻话路越难分离。另一方面也不容易实现系列化、标准化。为了制造通用的载波机，使容量不同的载波机的许多基本部件能互相通用，并易于转接，便于生产和维护，载波机的频谱系列和设备制式等都已经标准化了。下面以12路载波机为例来说明群路频谱的组成。

根据上面的讨论，为了组成12个话路的群路信号，必须要有12个载频。每个话路的频带为4kHz，因此，载频选为64、68、72、76、80、84、88、92、96、100、104、108kHz。调制后取下边带，这样可得到频谱为60~108kHz的合成信号，如图1-3所示。

现在的载波机系列都是以12路合成的群路信号作为一个基本单元，称为基群。以基群为基础，组成24路、60路、120路、300路、

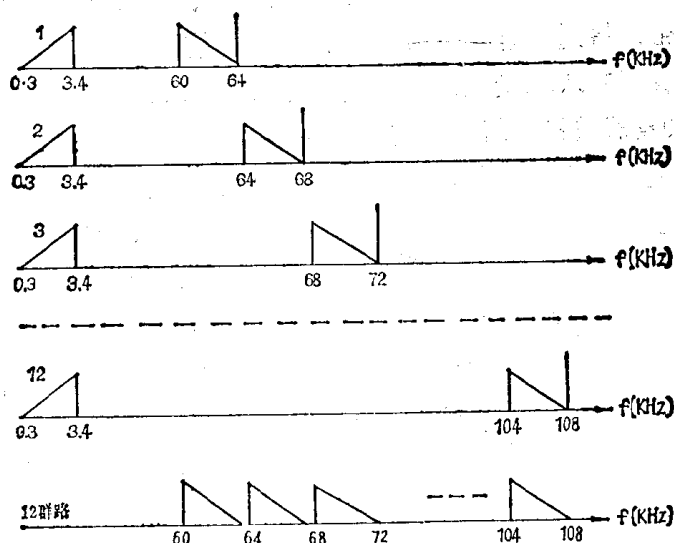


图 1-3 12路群信号频谱

600路、960路、1800路等等。下面介绍一些常用的载波机线路频谱：

24路载波机：线路频谱为12~108kHz。是由一个经过群变频的12路群和一个未变频的12路群组成，如图1-4所示。前者群载频

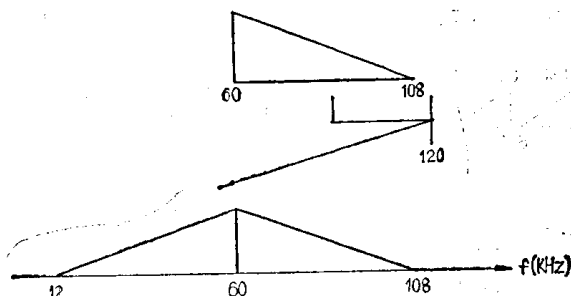


图 1-4 24路载波机线路频谱

为120kHz，它与基群变频后取下边带，频谱为12~60kHz。后者频谱为60~108kHz。

60路载波机：线路频谱为60~300kHz。先由5个基群信号经基

群变频后组成。基群载频为420、468、516、564、612kHz，变频后取下边带，得到频谱为312kHz~552kHz的信号称为超群。再将超群与超群载频612kHz变频，取下边带得到60~300kHz的线路频谱。

120路载波机：线路频谱为60~552kHz。将60路载波机的群信号再加上一个上述的超群信号即可，如图1-5所示。

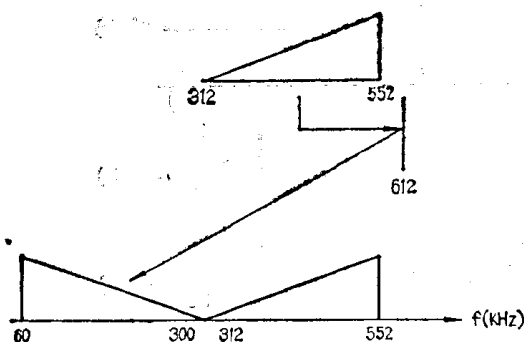


图 1-5 120路载波机线路频谱

600路载波机：线路频谱为60~2540kHz。由120路载波机的信号再加上8个经过变频后的超群组成。超群载频为1116、1364、1612、1860、2108、2356、2604、2852kHz，变频后取下边带。

960路载波机：线路频谱为60~4028kHz。由

16组超群（60路）组成。这16组超群信号除第2组外，其余15组再经过一次超群变频，取下边带组成。超群载频为612、1116、1364、1612、1860、2108、2356、2604、2852、3100、3348、3596、3844、4092、4340kHz。600路与960路载波机的线路频谱，如图1-6所示。

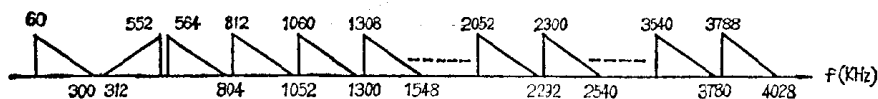


图 1-6 960路载波机线路频谱

为了使几个超群信号容易用滤波器混合或分开，超群与超群之间留有8kHz或12kHz的频率间隔，这可由图1-6中一目了然。

§ 1.4 时分多路通信

模拟信号如语言、图象信号等都是时间的连续函数，可用 $f(t)$

表示,如图1-7所示。但是,由于实际信号的频谱成分有一定限制,例如电话信号的频谱成分基本上限制在300至3400赫范围内,因而在通信系统中并不需要连续地传送这个信号的无穷多个瞬时值,只要在每经过一定时间间隔 Δt 传送其有限个瞬时值就可以无失真地传输这个信号了。当然时间间隔 Δt 不能任意选择,它与信号频谱成分有关,信号中包含的最高频率成分愈高,信号波形随时间的变化也愈快,这时容许的 Δt 就愈小。反之,当信号中包含的最高频率成分很低时,信号波形变化很慢,在相距很近的两个瞬间,信号的瞬时值几乎没有变化,这时 Δt 就容许大一些。

由此可知,在通信系统中可以不必传输连续信号本身,而仅传输一些离散的具有代表性的信号样值,即每隔 Δt 的一个瞬时值,就能代表原信号了。我们把这种从信号中提取样值的过程称为取样,把每秒钟取样传输瞬时值的次数称为取样频率。理论和实践完全证明,只要取样频率 f_s 高于被取样信号频带 B 的2倍,即满足

$$f_s \geq 2B \quad (1-2)$$

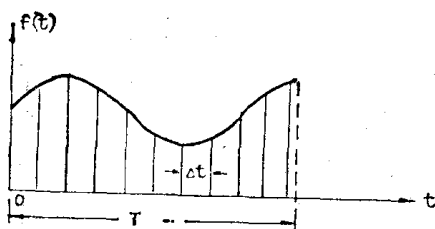


图 1-7 模拟信号取样

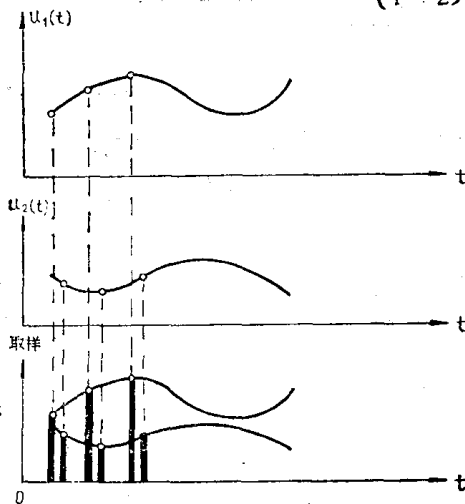


图 1-8 时分多路信号

就可以无失真地传输原信号,这叫做取样定理。例如对于话音信号,它的频率为300~3400赫,则最低取样频率应为6800次/秒,通