

Zaibo Tongxin Yuanli

载波通信原理 下

北京邮电学院多路通信教研室编

人民邮电出版社

内 容 提 要

本书主要通过对国产晶体管60路对称电缆载波系统的分析讨论,介绍载波通信系统及其主要部件的工作原理及分析方法。全书共十二章,分为上、中、下三册,每册都有相对的独立性。

这是本书的下册,包括最后三章,分别介绍长途电话网、载波电话通路的传输质量、大容量通信系统等。

本书适用于高等院校多路通信专业作为教学用书,也可作为电信工程技术人员参考用书。

载 波 通 信 原 理

下 册

北京邮电学院多路通信教研室编

•

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

轻工出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

•

开本: 787×1092 1/32 1979年5月 第 一 版

印张: 12 12/32 页数: 198 1983年5月北京第2次印刷

字数: 283 千字 印数: 20,001—28,700册

统一书号: 15045·总2282-有5115

定价: 1.00元

目 录

第十章 长途电话网	1
第一节 长途电话网的结构形式.....	1
第二节 长途电路的构成.....	10
第三节 长途电话交换的接续制度和接续方式.....	12
第四节 长途电话网的编号.....	16
第五节 长途电话网的电路衰减分配和电路 的分路和转接.....	20
参考书目.....	29
第十一章 载波电话通路的传输质量	30
第一节 表征载波电话通路传输质量的电气特性.....	31
第二节 传输电平.....	34
2.1 机内传输电平	34
2.2 通路净衰减	40
第三节 通路净衰减频率特性.....	47
3.1 电话通路的有效传输频带	47
3.2 对通路净衰减频率特性的要求	48
3.3 调幅载波电报对电话通路净衰减频率 特性的要求.....	53
3.4 传真对电话通路净衰减频率特性的要求	55
3.5 广播通路的净衰减频率特性	56
第四节 通路振幅特性.....	58
4.1 对通路振幅特性的要求	58
4.2 音量限幅器	62
4.3 通路振幅特性的测试	64

4.4	通路非线性失真的测试	66
第五节	通路稳定度	68
5.1	振鸣的产生	68
5.2	对通路稳定度的要求和测试方法	69
5.3	转接对通路稳定度的影响	73
第六节	回输失真、回音和相位失真	80
6.1	回输失真	80
6.2	回音	82
6.3	相位失真	83
第七节	通路中杂音的衡量和杂音定额	85
7.1	杂音的来源	86
7.2	杂音的杂音计值和有效值, 杂音计电动势	89
7.3	载波通信系统的模拟电路和杂音定额	98
7.4	信号对杂音干扰的防卫度	107
第八节	明线载波电话通路的外线杂音	109
8.1	外线杂音定额	110
8.2	一个增音段的杂音电平	111
8.3	明线载波系统终端机及增音机的附加衰减	112
8.4	杂音的累积	115
第九节	机械固有杂音	119
9.1	电阻热杂音	120
9.2	杂音指数、等效输入杂音电阻、等效 输入杂音温度	125
9.3	晶体管产生的杂音	138
9.4	无源和有源网络链接产生的杂音	148
9.5	热杂音的累积	156
9.6	固有杂音和杂音指数的测量	165

第十节 非线性杂音	171
10•1 单个放大器非线性产物的计算	172
10•2 非线性杂音的累积	195
第十一节 发送电平预斜	205
第十二节 载波通信设备的负荷取值	218
12•1 单路负荷取值	219
12•2 群路负荷取值	224
12•3 群路峰值负荷与最大不失真输出功率电平	228
12•4 线性串音负荷	231
第十三节 线性串音	232
13•1 串音防卫度	234
13•2 近端串音	236
13•3 远端串音	238
13•4 等效远端串音	240
13•5 对称电缆的远端串音	241
本章小结	244
习题	248
参考书目	252
第十二章 大容量通信系统	253
第一节 多路通信系统中的通路编组	253
1•1 通路编组的一般方法	253
1•2 编组的原则	292
1•3 通路编组应用举例	305
1•4 大容量通信系统的分路和转接	311
第二节 大容量载波通信系统	329
2•1 Z-1800 型载波通信系统	329
2•2 10800路载波通信系统	334

2.3 小同轴电缆载波通信系统·····	341
第三节 多种信号同时传输时的通路编组 ·····	346
3.1 广播信号的传输·····	346
3.2 电视信号的传输·····	350
3.3 传真信号的传输·····	361
第四节 海底电缆载波通信系统 ·····	364
4.1 系统构成·····	366
4.2 通路编组的特点·····	371
4.3 远距离供电·····	378
4.4 时间插空装置·····	380
4.5 中日海缆载波通信系统简介·····	381
参考书目 ·····	388

第十章 长途电话网

长途通信是为社会主义现代化建设以及为广大人民群众服务的重要通信工具之一。特别是我国幅员辽阔，长途通信的作用就更为重大。为此，它必须满足准确、安全（包括保密）、迅速、方便等要求。

长途通信的具体任务，在于使全国范围（或国际范围）内任何两地用户，不受距离的限制，进行良好的通信。为了完成这一任务，就必须具有线路（有线线路或无线线路），并设置一定数量的长途局站，从而就形成了长途通信网。长途通信网就是长途机械设备和线路设备的统一体。

长途通信网又按其传递信号的不同而分类。如传输语言信号称为电话网，传递电报信号为长途电报网，传送照片和新闻图片的为长途传真网，传送数据信号的为数据传输网。

长途电话网的电话接续还要经过市内电话才能接到用户线上，因此长途电话局和市内电话局之间设有中继线，称为长市中继线，并在长话局装设长途交换设备，以实现长途电路和市内中继线之间，或和另一条长途电路之间的连接。

第一节 长途电话网的结构形式

与市内电话网相比较，长途电话网有一个主要特点，这就是长途线路的距离长，线路的设备投资和维护费用都很大。因此，提高线路的利用率，对于长途通信来说，具有特殊重要的意义。

采用多路通信是提高利用率的一种方法。在采用同轴电缆、微波和卫星通信等以后，多路通信得到了发展。例如，一条中同轴电缆可提供数千路至10800个长途电话通路。

另一种方法，就是根据具体情况，采用适当的长途电话网的结构方式，来合理使用长途电话通路，以此来提高每一条长途电路的利用率，从而提高长途线路的利用率。

建立长途电话网时，必须考虑距离最短的线路和价值最经济的设备来保证长途电话用户能迅速而不间断的连接，并保证通信网的任何部分有障碍时，有建立迂回接续的可能性等。这些都是建立长途电话网时所必须考虑的重要原则。

长途电话网的基本结构形式通常有三种：（1）直达式；（2）辐射式；（3）汇接辐射式。

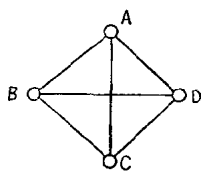


图 10·1 直达式长途电话网结构形式

1. 直达式长途电话网

直达式长途电话网也称网形电话网，它的结构形式示于图10·1。它的特点是任何两个长话局之间都设有直达电路，通话时一般不需要其他长话局进行转接，接续最迅速。如两局中间发生了故障，只要经过一次转接，就可以完成迂回电路，不会使通信停顿。因此，这种长途电话网在电路调度方面最灵活，能确保通信可靠。

但是，这种连接方式是不经济的，如果国家很大，长话局站数目很多，就需要很多条线路将全部局站连接起来。若长途局数为 n ，两局间直达线路数量等为 N ，则
$$N = \frac{n(n-1)}{2}$$
。当 $n = 4$ 时， $N = 6$ 条线路；当 $n = 29$ 时， $N = 406$ 条线路。可见直达式长途电话网需要的线条数很多。这样，每一条线路的负载

也不均匀，电路的利用率将很低，不符合经济原则。因此，只有在各长话局之间业务量很大的情况下，才宜采用这种方式。

2. 辐射式长途电话网

辐射式长途电话网也称星形电话网，它的结构形式示于图10·2。它的特点是从大区中心(或省中心)向其他各长话局站作辐射式连接。这样就显著减少了线路数目和全部线路的总长度。所有的接续都由中心局转接，电路利用率充分得到提高(和直达式比较而言)。

但是，辐射式长途电话网也存在着很大的缺点，即所有通话都必须由中心局接续，没有其它路由可供迂回接续。因此，一旦中心局发生故障，将使整个电话网陷于停顿。

当某一地区内有一个较大的长话局，而在它的周围有一些较小的长话局时，采用辐射式长途电话网比较适宜。

3. 汇接辐射式长途电话网

汇接辐射式长途电话网常简称为汇接式长途电话网。其结构形式如图10·3所示。建设这种电话网时，应参照行政区域，

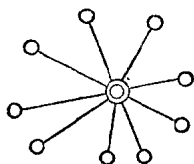


图 10·2 辐射式长途电话网结构形式

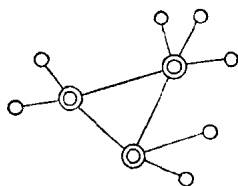


图 10·3 汇接辐射式长途电话网结构形式

如大区、省(市)地、县,设立等级不同的中心局,并以每一中心汇接局为中心,构成该区域内的一个辐射式长途电话网,而较大的中心局如大区中心(或称省间中心)之间,又设有直达的长途

电路。这样就能以较少的线路设备，获得较好的服务质量，其长途电路利用率也相应地得到了提高。当汇接局较多时，可以方便地进行迂回转接，仍能使电路具有适当的灵活性。因此，这种长途电话网较为经济合理。

汇接式长途电话网不但可以在各地行政区域内建立，而且也能以二级、三级或更多的汇接方式建立全国范围内的长途通信网。

我国幅员广大，通信点和居民点多。为了用最经济的投资、有计划地发展电信事业和适应社会主义政治、军事的需要及经济协作区的划分，我国目前采用四级汇接辐射制，其结构如图10·4所示。

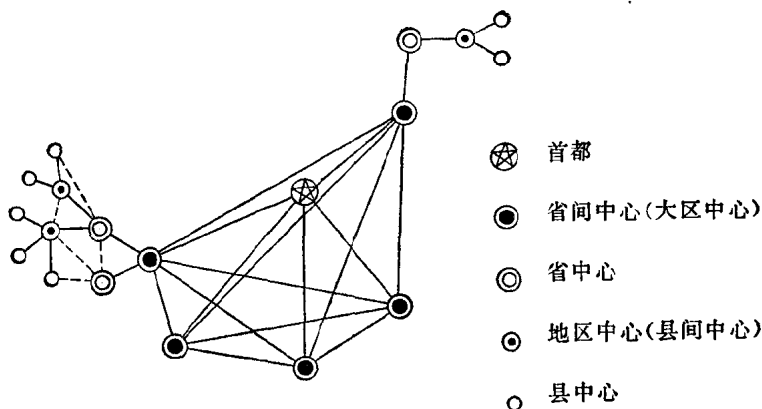


图 10·4 四级汇接辐射制长话网平面图

第一级为首都和省间中心(大区中心)。省间中心是一个大区内的各省(自治区)之间的汇接中心。各省间中心(包括首都)之间个个相连,接成网形结构。首都和某些省间中心除了是国内长

途电话网的重要汇接中心外，并且也是与国外进行国际通信的汇接中心。

第二级为省中心。省中心是省(自治区)内各地区之间的汇接中心，一般都设在省会所在地。

第三级为地区中心。地区中心是本地区内各县之间的汇接中心，往往设在地区行政公署所在地。

第四级为县中心。县中心是汇接本县内各城镇、人民公社之间的通信中心，均设在县级领导机关所在地。

由四级汇接辐射制组成的长途电话网称为基干路由网，基干路由在图10·4中以实线表示。由上下级之间组成的路由，以及各省间中心之间的路由均属基干路由。

基干路由网的结构基本上是和我国行政区和经济协作区的划分相配合的，同时也适合我国幅员广大和线路设备最为经济的要求。但是，这种结构形式的长途电话网转接次数比较多。例如某大区内的一个县和另一个大区内的某个县通长途电话，如果如图10·5所示全部由基干路由组成的电路进行连接，需要经过六次转接，占用七段长途电路。

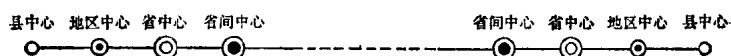


图 10·5 不同大区两县通话过程

当两个城市或两个地方之间通话业务量足够多，并且地理环境也合理的情况下，可以适当加设直达电路，以减少转接次数。两地之间的长途话务量首先经过直达电路疏通，所疏通的话务量可占全部话务量的大部分。因直达电路的利用率比较高，故这种直达电路又称为高利用率直达路由（一般称为直达路由），在图10·4中用虚线表示。

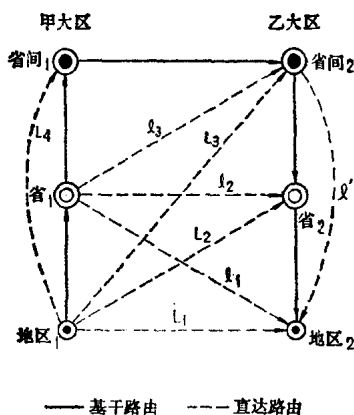


图 10·6 长途电话迂回接续方式

直达路由可以在同级之间建立（例如省中心至另一省中心，或不经省间中心转接而至另一大区的省中心），也可以在不同级之间建立（例如省间中心至地区中心而不经省中心转接）。在同一大区内，各省中心之间原则上也是个相连，接成网形；而省中心以下，则以星形的辐射式连接为主。

利用直达路由连系基于路由网可组成较灵活的迂回路由系统。

例如图10·6表示长途电话的迂回接续方式。若甲大区某省（省₁）某地区（地区₁）欲呼叫乙大区某省（省₂）某地区（地区₂），它首先选择此两地区中心之间的直达路由，即地区₁……地区₂，图上表示为 L_1 。

若 L_1 全忙，则选择由地区₁……省₂——地区₂组成的迂回路由，图上表示为 L_2 ；

若 L_2 也全忙，则选择由地区₁……省间₂……地区₂组成的迂回路由，图上表示为 L_3 ；

若 L_3 以及 L_4 也全忙，则最后选择地区₁——省₁的基于路由。故选择顺序为 $L_1 \rightarrow L_2 \rightarrow L_3 \rightarrow L_4 \rightarrow$ 基于路由；

若已接到省中心1，则由省₁至地区₂的路由选择顺序为 $l_1 \rightarrow l_2 \rightarrow l_3 \rightarrow$ 基于路由；

若已接到省间中心1，若省间₁至省₂、至地区₂无直达路由

的话，则由省间₁至地区₂的路由只有经省间₁——省间₂的基于路由；

若已接到省间中心₂，则由省间₂至地区₂的路由选择顺序先为_{1'}，然后为省间₂——省₂——地区₂的基于路由；

若已接到省中心₂，则省₂至地区₂的路由只有基于路由省₂——地区₂可供选择。

由于采取了迂回路由系统，使地区₁至地区₂除了可经直达路由连接外，还可以经过一些迂回路由进行连接。其中全部由基于路由组成的路由即地区₁——省₁——省间₁——省间₂——省₂——地区₂，称为最终路由。

同理，不同大区的两个县中心县₁与县₂之间的连接，其选择顺序的规律与上述相似，即：先选直达路由，直达路由没有接通，再选迂回路由，最后选最终路由。

没有上级中心的各省间中心(包括首都)之间的接续，以及上级中心呼叫所属下一级中心，或者下级中心呼叫所属上一级中心的接续，这些情况下只能选择两地之间的直达路由(在此也即最终路由)，别无其它路由可供选择。特别是省间中心，考虑到它们所处地位的重要，以及长途电话业务量也大，若只有一种路由而无其它路由可供选择，就难以确保长途通信安全可靠。为了解决这一问题，对于省间中心之间的呼叫，采取允许同级迂回的方法。即当某省间中心(设为省间₁)欲呼叫另一省间中心(设为省间₂)时，若其间基于路由(在此也即直达路由)全忙或中断时，还允许经由第三个省间中心(设为省间₃)转接，即由省间₁——省间₃——省间₂的迂回路由来完成接续。由于省间₃与省间₁、省间₂为同级，故称此种迂回路由为同级迂回路由。

为避免来回迂回造成长途电路的严重阻塞，采取只允许一

次同级迂回的接续方法。

采用省间中心有一次同级迂回的长途电话网，其所经转接局最多为七个，其转接段数最多为八段，如图 10·7 所示。

在需要的情况下，地区中心或省中心由下而上接续时，允许选择经由同级中心接至上级中心的迂回路由（此种路由也称为同级迂回路由），但也只允许一次，如图 10·8 所示。省间

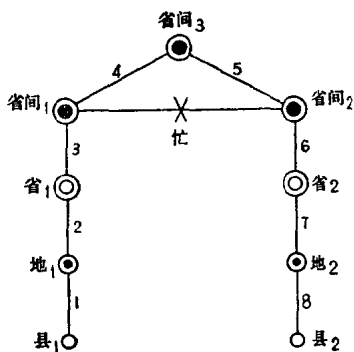


图 10·7 省间一次迂回

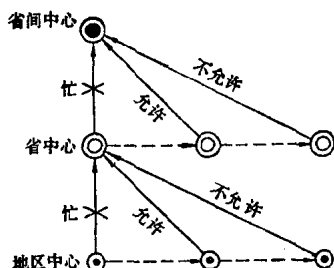


图 10·8 同级迂回路由

中心或省中心或地区中心由上而下接续时，不允许选择如图 10·9 所示的同级迂回路由。其所以这样安排，目的是避免转接段数太多。因为转接段数太多时，不仅占用很多长途电路，且将增加用户拨完号后等待听回铃音或忙音的时间，对信号传递也增加困难。一般规定转接段数最多不超过十段，见图 10·10。

应该指出的是，采取同级迂回路由的长途电话网，其同级迂回的转接中心，（例如地区₁，省₁和省间₃）都不在两个端局（指县₁和县₂。）的最终路由上。

如上所述，在全国长途电话网中，首都和各省间中心处于相同的地位。考虑到首都是中央所在地，为了确保首都与全国

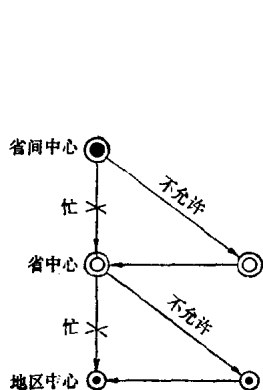


图 10·9 不允许的迂回

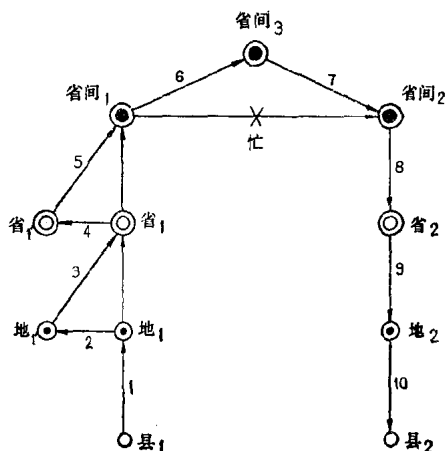


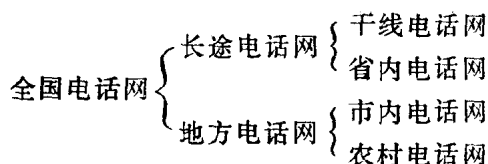
图 10·10 最多的转接次数

各省的长途电话联系，除了按上述四级辐射制可经省间中心转接的路由外，还设有首都至各省中心的直达路由。这样的全国长途电话网，除了原有的四级汇接辐射制长话网外，还有以首都为中心对全国各省的辐射式长途电话网为辅。这就更为安全可靠，也更为灵活。

全国电话网还可分为干线电话网、省内电话网、市话网和农村电话网。干线电话网是组织首都与省，省与省和特别重要城市相互之间的电话网。省内电话网是组织一个省内各地区、市、县之间的电话网。由于线和省内电话网共同组成国内长途电话网。

市内电话网是组织一个城市内的电话网；农村电话网是组织县至所属城镇、人民公社之间的电话网。

各种电话网的关系如下：



市内(农村)电话网是一个市(县)内的通信手段,同时也是长途电话的基础。而长途电话网则把分散在全国各地的市内(农村)电话网联结成一个整体,是全国电话网的骨干。

第二节 长途电路的构成

长途电路是长途电话网的重要组成部分。它是由载波终端机通过线路,即明线、电缆、无线电路,以及增音机、微波收发信机、微波接力站、卫星站等设备构成的,如图 10·11 所示。这些设备除了进行长途电话通信外,还可以进行电报、传真、数据传输、广播和电视等信息的传递。

这里仅就这些通信设备构成长途电话电路的几种途径简要说明如下:

1. 用户话机→市内电话交换机→长途电话交换设备→载波通信变频设备→终端增音机→明线或电缆(包括增音设备)→对方局……对方用户。

2. 用户话机→市内电话交换机→长途电话交换设备→载波通信变频设备→微波端站→微波接力站→对方局……对方用户。

3. 用户话机→市内电话交换机→长途电话交换设备→载波通信变频设备→卫星地面站→通信卫星→对方卫星地面站→对方局……对方用户。

长途电话经卫星或微波等空间进行无线通信不甚保密,所

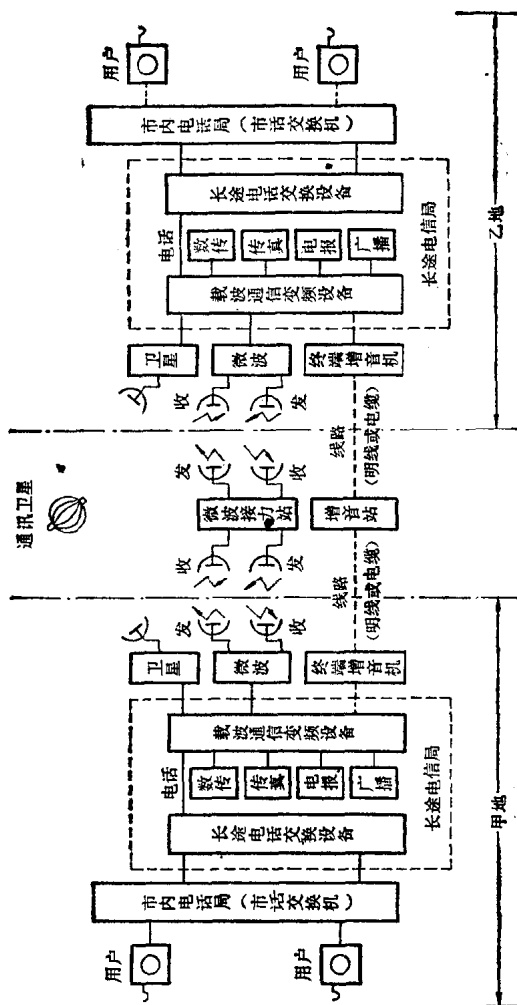


图 10·11 长途电路组织示意图

以在一般情况下，长途电话多数是经过明线或电缆等有线电路进行传送。