

中同轴电缆  
1800路载波通信设备  
总体介绍

YN916.5  
=2  
:1

## 内 容 提 要

本书对中同轴电缆1800路载波通信设备做了总体介绍。主要内容是概要地介绍终端设备;线路设备,转接、调线、分路和告警;串杂音;设备组成和主要技术性能和全线开通测试等。本书可供需要了解1800路设备总体概况的工人,工程技术人员、技术管理人员、通信院校学生和教师阅读参考

### 中同轴电缆1800路载波通信设备

#### 总体介绍

(修订本)

邮电部眉山通信设备厂 编

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: 787×1092 1/16

1984年12月第 二 版

印张: 3 4/16 页数: 26

1984年12月河北第2次印刷

字数: 72 千字

印 数: 8,001—12,000 册

统一书号: 15045·总2051—资415

定 价: 0.55 元

## 修 订 版 说 明

为了配合中同轴电缆载波通信网的建设和适应广大邮电职工学习和了解1800路载波通信设备的需要,我们请邮电部眉山通信设备厂杨明佐同志对一九七六年我社出版的《中同轴电缆1800路载波通信设备——总体介绍》一书做了修订。在内容上除有些指标需要改动外,对调线转接、遥测和业务通信部分做了较大的改动。该书可供需要了解1800路设备总体概况的工人、工程技术人员、技术管理人员、通信院校学生和教师阅读参考。

---

# 目 录

|                 |        |
|-----------------|--------|
| 第一节 应用          | ( 1 )  |
| 第二节 电缆特性        | ( 3 )  |
| 2.1 同轴电缆结构      | ( 3 )  |
| 2.2 同轴管的电特性     | ( 4 )  |
| 第三节 终端设备        | ( 6 )  |
| 3.1 线路频谱        | ( 6 )  |
| 3.2 调制程序        | ( 7 )  |
| 3.3 调制和滤波       | ( 9 )  |
| 3.4 载供系统        | ( 11 ) |
| 3.5 主振和谐波       | ( 13 ) |
| 3.6 主备用转换       | ( 15 ) |
| 3.7 监频调节        | ( 16 ) |
| 第四节 线路设备        | ( 17 ) |
| 4.1 增音系统        | ( 17 ) |
| 4.1.1 沿线电平图     | ( 18 ) |
| 4.1.2 外界危害的保护   | ( 19 ) |
| 4.1.3 无人增音机     | ( 20 ) |
| 4.1.4 有人增音机     | ( 22 ) |
| 4.2 均衡和调节       | ( 23 ) |
| 4.2.1 衰减均衡      | ( 23 ) |
| 4.2.2 地温调节      | ( 24 ) |
| 4.2.3 导频调节      | ( 25 ) |
| 4.3 远距离供电       | ( 27 ) |
| 4.3.1 远供系统      | ( 27 ) |
| 4.3.2 电源接收和发送   | ( 28 ) |
| 4.4 遥信、遥测和业务通信  | ( 29 ) |
| 4.4.1 遥信系统      | ( 29 ) |
| 4.4.2 遥测系统      | ( 30 ) |
| 4.4.3 业务通信      | ( 31 ) |
| 第五节 转接、调线、分路和告警 | ( 32 ) |
| 5.1 高频转接        | ( 32 ) |
| 5.2 高频调线        | ( 33 ) |
| 5.3 线群分路        | ( 33 ) |
| 5.4 告警          | ( 34 ) |
| 第六节 串杂音         | ( 36 ) |

|                              |        |
|------------------------------|--------|
| 6.1 全程串杂音限额 .....            | ( 36 ) |
| 6.2 串杂音积累 .....              | ( 36 ) |
| <b>第七节 设备组成和主要技术性能</b> ..... | ( 39 ) |
| 7.1 终端调制设备 .....             | ( 39 ) |
| 7.2 增音设备 .....               | ( 39 ) |
| 7.3 主要技术性能 .....             | ( 39 ) |
| <b>第八节 全线开通测试</b> .....      | ( 43 ) |

## 第一节 应 用

1800路长途同轴电缆载波机是全晶体管化的通信系统，能在一对2.52/9.4mm (2.6/9.5mm)的中同轴管上同时传输1800路电话。它们是按频率划分、多路复用的原理传输的，它们经过沿线增音和转接，通信距离可达7500km。整个系统包括终端、增音和附属设备。除了电话通信外，还可用来传送电报、传真、广播和数据，并有可能发展成电视节目传输的线路。在目前，这是国内最新的大容量长途电缆通信系统，可供国内通信网的重要干线使用。

本系统使用的同轴电缆通常称为中同轴，其尺寸简称2.52/9.4 (2.6/9.5mm)，即每个同轴管的内导体铜线直径为2.52mm (2.6mm)，外导体铜管的内直径为9.4mm (9.5mm)。一套1800路系统需要一根同轴电缆中的两个同轴管，分别供来去两方向传输之用，即一管发送，一管接收。也就是说，本系统工作于四线一频制，来去方向在两个不同的同轴管上传输（每个同轴管相当于二线，两管就相当于四线），但使用同一的传输频谱。本系统传输1800路电话，不论发送或接收，线路频谱都是从308kHz至约9MHz，所以1800路系统有时也称作9MHz系统。

本系统1800路电话的线路频谱，是由标准的12路基群60~108kHz，60路超群312~552kHz，300路主群812~2014kHz，经过多级调制程序而组成的。本系统一次直达通信距离，即每一个转接段的距离，可达1500km，经转接段连通运用，通信距离可达7500km。在一个音频转接段内，可按实际通信网的业务规划和调度，容许一定次数的高频转接或分路。这种分出和接入若干群路，或直通转接，可在沿线的高频转接站或有人增音站实现。

每一电话通路的有效传输频带是从300Hz至3400Hz，简称4kHz频带。每路振铃信号是带内2100Hz。在包含四个同轴管的同轴电缆中，含有四个高频四线组，各有两对对称电缆线对，可以从每一高频组取一对按单电缆的二线二频制开放12路载波电话，其频谱一方向为12~60 (36~84) kHz，另一方向为72~120 (92~143) kHz (与明线12路载波电话相同)，另一对则用于业务通信。还有一个供业务通信用的低频四线组。电缆中还有六根信号线，可供遥信告警之用。

为了克服同轴电缆的线路衰减和保证满足长途通信质量指标，1800路载波系统沿线路每隔6km设置一增音站（这种增音站间隔距离的确定，是考虑到将来发展的。就是说，如将来将1800路的9MHz载波系统扩建为3600路的18MHz载波系统，只须在每6km中间加设一增音站，即每隔3km设置一增音站。又如将来再扩建至10800路的60MHz载波系统，只须在每3km中间加设一增音站，即每隔1.5km设置一增音站）。这种每隔6km设置的增音站，都是安装在地下人孔中，平时无人维护，简称无人站。其设备足供两对同轴管，即两套1800路系统的增音需要。沿同轴电缆线路每隔216km，设置有人增音站，这些增音站安装在房屋建筑内，平时有人维护管理。因此，有人增音站间隔的线路段内，即每一有人段内，约有35~36个无人增音站。

为了克服地下温度变化引起线路衰减变化的影响和保证沿线传输电平恒定而不超越容许变化范围，增音系统和终端设备都装有自动调节电平设备。增音系统自动调节电平采用两种方法，一是地温调节，每隔6km的无人增音站装有地温调节设备，自动调节每一无人站的电

平。其二是利用导频调节，由发送终端经常发出恒定电平的导频：8.5MHz、4.287MHz和308kHz。导频调节又分单导频和三导频两种，沿线路每隔50km的无人增音站装有单导频8.5MHz的自动调节设备，而每一有人增音站和接收终端站则装有三导频的自动调节设备。终端设备每一基群各有监频104.08kHz，超群各有监频547.92kHz，每一主群各有监频1552(2052)kHz的自动调节设备，在各群频段传输不正常时发出指示信号，使维护工作得以及时进行。

地下无人增音站都不设置电源设备，它们所需电源是从有人增音站和终端站的电源设备远距离供给，并且是在传输1800路信号的两根同轴管内导体上传送恒定的直流电流。有人增音站和终端站各设置直流电源设备，电压约1000V，其容量足以供给两边线路的每一无人增音站，每边最多可供给18个串联的无人增音站的电源需要，保持恒定的直流电流120mA。

在增音系统中，每一增音站还附有遥信、遥测和业务通信设备。遥信设备是用直流法确定电缆漏气地点，使有人段内各无人站能经过业务线或信号线向有人站发出告警信号。遥测设备则是用来判断高频设备偶然发生的障碍，向有人站发出告警信号。每一有人段内35~36个无人增音站，每站各有自己的频率，从8.9MHz开始，逐站差3kHz。业务通信是为了适应安装维护人员测试和检修时通信联络的需要。三条业务电路，供1500km转接段内终端站间与216km有人增音站间值机人员通信联络时使用。

本系统各项设备包含的各种晶体管电路和各种无源网络，不论电路网络或工艺结构都经过精心设计，所用元件，特别是关键性元件，经过了严格筛选，以期满足预定质量指标和长时期可靠使用。此外，还采取各项必要的保护措施，借以预防设备受到损害，例如终端机中主振器的主用备用自动转换，增音机中线路放大器输入输出的多重保护等等。另外，设备中又采取了各种必要的告警信号，帮助值机人员注意设备运用情况，便于及时维修，保证通信畅通无阻。

本系统设备需用的直流电源电压，在有人站为-24V，无人站为-20V，电源电压变化 $\pm 5\%$ 时保证满足指标。设备的正常环境工作条件是：温度在有人站 $+5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$ ，在无人站 $0^{\circ}\text{C} \sim +35^{\circ}\text{C}$ 。相对湿度不大于80%，电源电压变化不大于 $\pm 5\%$ ，在这种使用条件下可保证满足全部质量指标。温度 $0^{\circ}\text{C} \sim +45^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度95%，电源电压变化 $+10\% \sim -20\%$ ，在这样的不良情况下，仍能短期内保持通话，设备无损坏。

## 第二节 电 缆 特 性

全国范围的有线通信网是由电缆和明线组成的，电缆有同轴电缆和对称电缆，而陆地同轴电缆又有中同轴（ $2.6/9.5\text{mm}$ ）和小同轴（ $1.2/4.4\text{mm}$ ）。目前国内，明线有相当多的3路、12路和高12路载波系统，电缆则有对称电缆60路载波系统，小同轴300路、960路载波系统，中同轴1800路、4380路载波系统，都是全晶体管化的。这些有线载波系统在国内通信和国防通信都起着应有的作用。本书介绍的1800路载波通信系统是工作于中同轴电缆，为国内长途通信的大容量骨干线路服务。这种中同轴电缆将来还要发展至载 荷 3600 路、4380 路，甚至10800路载波电话，所以它是极其重要且有很大发展前途的。

### 2.1 同轴电缆结构

目前使用的中同轴电缆包含四个（或两对）同轴管，最近将来的中同轴电缆可能包含八个同轴管。图2.1为目前中同轴四管电缆的截面示意图，该同轴电缆中四个同轴管，以 上 下 两管为一对，左右两管为另一对。从A端看如顶上一管标记为Ⅰ，则顺钟方向各管的标记为Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ。从图上可见，电缆的中心有一个四线组，为低频四线组，其周围与四个同轴管间隔的是四个高频四线组。同轴管和四线组间的空隙有六根单导线，称为信号线。同轴电缆有包带，又有护套，前一时期是皱纹铝管护套，最近用铅包，最外层是坚韧塑料的保护层。使电缆直接埋在地下不易受到损伤腐蚀，同时又容许在施工敷设时能够适当弯曲。电缆每段制造长度为250m，在包带层中放有尺码带作为电缆长度的参考。

图2.2为每一同轴管的剖视，也是示意图。同轴管的内导体是硬铜线，外导体是由铜带纵包成的圆管，内导体在圆管内由间隔的聚乙烯塑料绝缘圆片支持。内导体直径为2.52m

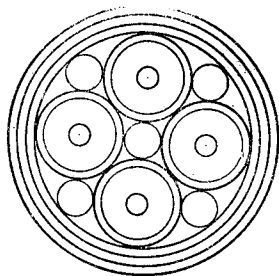


图 2.1



图 2.2

m，外导体圆管内直径为 $9.4\text{mm}$ ，圆管厚度约 $0.25\text{mm}$ ，聚乙烯绝缘片厚度约 $2.1\text{mm}$ ，间隔距离约 $30\text{mm}$ 。为了保证外导体形状稳定和加强每一同轴管的屏蔽作用，在外导体外面还包有相反绕向的两层钢带。

高频四线组和低频四线组中的导线，都是由泡沫聚乙烯绝缘的软铜线星绞而成。软铜线直径为 $0.9\text{mm}$ 。四线的绝缘颜色为红、白、蓝、绿，各四线组外面分别绕以纱带，颜色为红、棕、桔、绿。信号线采用实心聚乙烯绝缘的软铜线，线的直径为 $0.6\text{mm}$ 。电缆的两端分别称为A端和B端。它们的区别主要取决于高频四线组的排列顺序。如高频四线组纱带颜色按

红、绿、桔、棕顺时针排列，就称为A端。红、绿两高频四线组之间的同轴管为I管，棕、红两高频四线组之间的同轴管为IV管。

## 2.2 同轴管的电特性

一般传输线的电特性，根据结构和导线及介质材料，可以求得四个原参数，即每公里线路长度的电阻、电感、电容、电漏导，分别写成 $R(\Omega/km)$ 、 $L(mH/km)$ 、 $C(\mu F/km)$ 、 $G(\mu S/km)$ ，它们的数值与频率间存在或多或少的关系。对于现在这种结构和材料的同轴管，在频率60kHz以上，电感抗远大于电阻，电容抗远大于电漏导。即 $\omega L \gg R$ 、 $\omega C \gg G$ ，从这些原参数可以导出传播常数，包括每公里衰减和相移，即 $\beta(mN/km)$ 、 $\alpha(rad^\circ/km)$ 以及特性阻抗 $Z_c(\Omega)$ 。

计算衰减的公式为：

$$\beta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

这同轴管的每公里衰减值与同轴管外导体内径 $d_b$ 与内导体直径 $d_a$ 之比有关，又与频率有关。当 $d_b/d_a=3.6$ 时，每千米衰减 $\beta$ 值最小，所以选用的同轴管尺寸 $9.4/2.52 \approx 3.6$ 。对于现在的同轴管结构和材料，在频率约200kHz以上，衰减公式可写成： $\beta = 271.674\sqrt{f} + 0.428f$  mN/km，式中 $f$ 单位为MHz。

图2.3(甲)为现用2.6/9.5中同轴电缆在传输频率308kHz至9MHz范围内和在国内常用地下温度 $13^\circ C$ 的每千米衰减—频率特性。这当然是一条极其重要的电特性曲线，因为它的纵坐标刻度乘以增音段长度（千米数），就成为增音机需要均衡和放大的频率特性。上列衰减公式右边有两项，第一项代表金属能量损耗，第二项代表介质能量损耗。实际的同轴管，聚乙烯绝缘片的介质损耗远小于内外导体的金属损耗。所以说，同轴电缆衰减频率特性主要依照 $\sqrt{f}$ 的规律变化。图(乙)为现用同轴管 $\beta/\sqrt{f}$ 的频率特性曲线，可以看出，除了较低频率外，这曲线是近于平均。同轴管的衰减又与温度有关，温度升高，衰减就加大。衰减随温度加大的程度，由衰减的温度系数 $K_{\beta 13^\circ C}$ 表达。知道了常温 $13^\circ C$ 的每千米衰减 $\beta_{13^\circ C}$ 就可以用这温度系数通过简单计算，求得任一实际温度 $t^\circ C$ 的每公里衰减 $\beta t^\circ C$ 。图(丙)为现用同轴管在常温 $13^\circ C$ 每变化温度 $1^\circ C$ 的衰减温度系数 $K_{\beta 13^\circ C}$ 的频率特性曲线，可以看出，除较低频率外，衰减温度系数近于常数，约为 $1.85^\circ \times 10^{-3}$ 。

计算特性阻抗的公式为：

$$Z_c = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

既然在频率60kHz以上， $\omega L \gg R$ ， $\omega C \gg G$ ，上述公式则可简化为：

$$Z_c \approx \sqrt{\frac{L}{C}}$$

同轴管每公里的电感和电容随频率的变化不大，因而同轴管的特性阻抗可近似地认为是定值电阻，一般采用 $Z_c \approx 75\Omega$ 。当然，从精确的计算和测量，特性阻抗也是随频率变化，在较高频率才趋于恒定。

\*rad (radin) — 弧度

图2.4为同轴管的特性阻抗频率特性曲线。

由于同轴管的结构本身有屏蔽作用，电磁波在管内传播，产生外界的电磁场很弱，各个同轴管之间的串音干扰不会严重的。当频率升高时，电流流经导体的集肤效应显著，同轴管圆管的电流集中于内层，各同轴管之间的耦合减小。而在低频时，集肤效应不如高频时那样显著，各同轴管之间的耦合较大，就是说，低频的串音衰减较高频的小。图2.5为同轴电缆中各同轴管之间在增音段远端的串音衰减一频率特性曲线。近端串音衰减较远端的大，问题不如远端严重。如果要提高低频的串音衰减，则必须加大同轴管的外导体圆管厚度，这将使同轴电缆制造困难，成本必然提高。因此，中同轴电缆传输1800路载波通信使用的频率范围是从312kHz开始约至9MHz（小同轴300路载波系统使用的频率从60kHz开始）。顺便指出，明线和对称电缆的结构和同轴电缆根本不同，它们的线对间串音衰减随频率升高而减小，因而它们的载波电话路数受到限制，大容量载波通信只有同轴电缆才能实现。

同轴管结构如不均匀，将产生反射电流。二次反射电流和主波电流同方向传输，但时间上有延迟，这将对传输图象产生不良影响。

同轴管内外导体间的介质强度达二分钟3000V以上，保证远距离供电可采用较高电压传输。

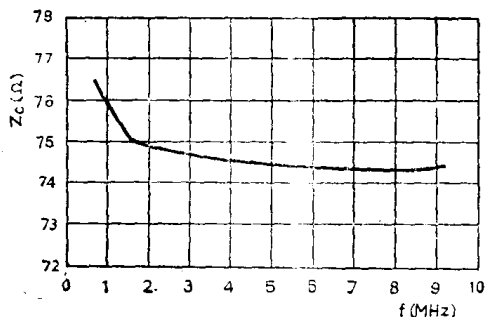


图 2.4

同轴电缆现在采用铅包，比过去的铝包有更好的屏蔽作用，可以更有效地防止外界干扰，电缆敷设于地下，一般埋深1.5m。电缆采用充气维护，既可保证电缆的电特性不受损害，又使电缆维护检测方便。电缆与电缆的接续，需要预先进行配盘，以取得较好的增音段电特性。电缆与增音机的接续，需要通过预制的尾巴电缆，借以便于施工，并保证电缆和增音机有良好的气闭性能。

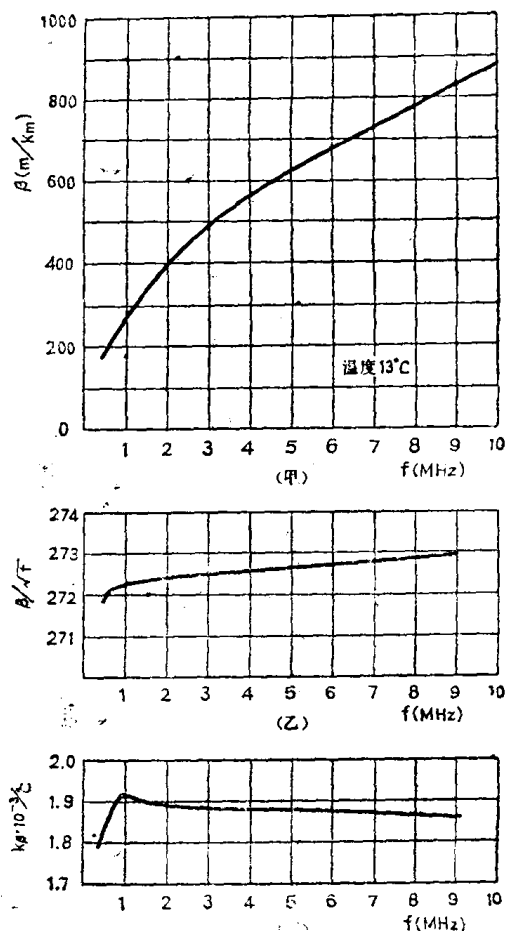


图 2.3

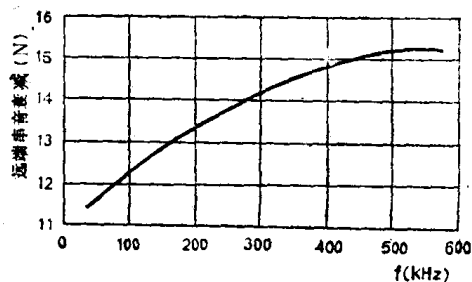


图 2.5

## 第三节 终端设备

### 3.1 线路频谱

1800路载波通信系统在同轴电缆上传输使用的频率范围,即所谓线路频谱,是从308 kHz至9MHz。图3.1是它完全的线路频谱。

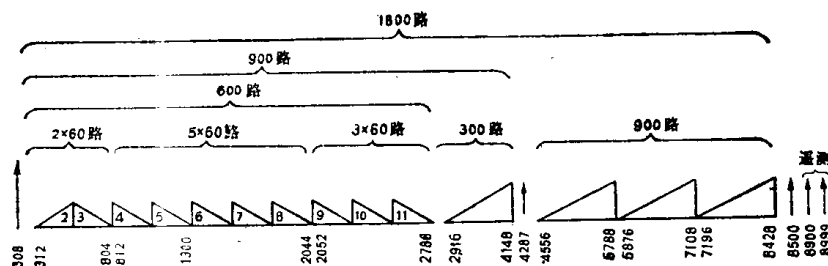


图 3.1

详细地说,1800路电话信号实际占用的频谱是从312kHz至8.428MHz。其中包括10个60路超群,占用频谱从312kHz至2.788MHz,4个300路主群,占用频谱从2.916MHz至8.428MHz。前600路和前300路合成下900路,占用频谱从312kHz至4.148MHz。后三个主群合成上900路,占用频谱从4.556MHz至8.428MHz。由于载波电话是按频率划分、多路复用的原则,每一话路的4千赫频带在线路频谱上依次排列,不相重叠,故每一60路超群本身的频段恰是由60路频带紧密排列所合成,即 $4 \times 60 = 240\text{kHz}$ ,但各个60路超群之间留有空隙。同样,各个300路主群之间也留有空隙。

由于同轴电缆的衰减频率特性在308kHz以下,即60~300kHz衰减随频率的变化较为急剧,不利于与高频一同作衰减均衡,又由于各同轴管间的串音衰减在低频时过小,对外界干扰的衰减在低频时不够,再由于传输频带的最高与最低频率的比值如过大,将使线路放大器和变量器设计变得困难,所以308kHz以下的低频,在1800路中同轴载波系统内没有被采用。

1800路系统共用三个线路导频,即308kHz、4.287MHz、8.5MHz,都在线路频谱图上画出。其中8.5MHz位于传输信号频谱最高端之上,它的传输电平变化可以反映全部信号频谱的电平变化情况,所以选它为自动调节电平设备的主导频,凡是有导频控制器的无人站和有人站都使用它。其余两个导频,308kHz和4.287MHz,供有人站的自动调节电平使用。

遥测信号占据8.900~8.999MHz,逐个站差3kHz,共33~34个频率,还有9.002~9.008MHz3个频率,位于整个线路频谱的最高部分,不与通信信号的频谱重叠。

### 3.2 调 制 程 序

电话信号的音频频带原为300~3400Hz, 简称话路4kHz频带。从1800个话路频带, 按频率划分、多路复用原则, 搬移至同轴电缆传输的线路频谱, 必须经过系统性频率变换过程, 即多级调制程序。现在, 大、中容量的各种载波机采用的多级调制程序有一定的共同性, 便于互相转接运用, 便于通信网灵活调度。尤其是12路基群60~108kHz, 60路超群312~552kHz, 300路主群812~2044kHz, 都已成共用的标准。所以, 调制程序的第一级, 是把12个音频频带搬移至12路基群60~108kHz, 称为**通路调制**。第二级是把5个12路基群搬移至60路超群312~552kHz, 称为**基群调制**。第三级是把5个60路超群搬移至300路主群812~2044kHz, 称为**超群调制**。第四级是把若干个300路主群搬移至线路上传输的频段, 称为**主群调制**(实际上也有部分超群直接搬移至线路传输频段)。

图3.2为通路调制的频率变换, 这在国内不同载波机实际使用的有两种方式。其一是图(甲)所示的一步子调制, 利用13个不同的载波频率、利用一种衰减特性陡峭的带通滤波器, 把12个音频频带搬移至12路基群60~108kHz。其二是图(乙)所示的前群调制, 先是把12个音频频带分成4个3路组, 利用3个不同的载波频率12、16、20kHz, 和三种不同的、衰减特性陡峭的带通滤波器, 即LC滤波器, 经过第一步调制, 组成4个3路前群12~24kHz。再利用4个不同的载波频率84、96、108、120kHz, 和4种不同的、衰减特性要求不高的LC滤波器, 经过第二步调制, 组成12路基群60~108kHz, 这后一步调制常称**前群调制**。

图3.3为基群调制的频率变换。5个标准的12路基群60~108kHz, 利用5个载波频率420、468、516、564、612kHz, 经过调制过程, 组成标准的60路超群312~552kHz, 全用LC滤波器, 这种调制程序也可说是普遍采用的标准程序。

1800路载波通信系统共有30个60路超群, 频带都是312~552kHz, 要把它们搬移至线路上传输的频谱, 必须经过适当安排的超群调制和主群调制。就是说, 部分超群将经过一次

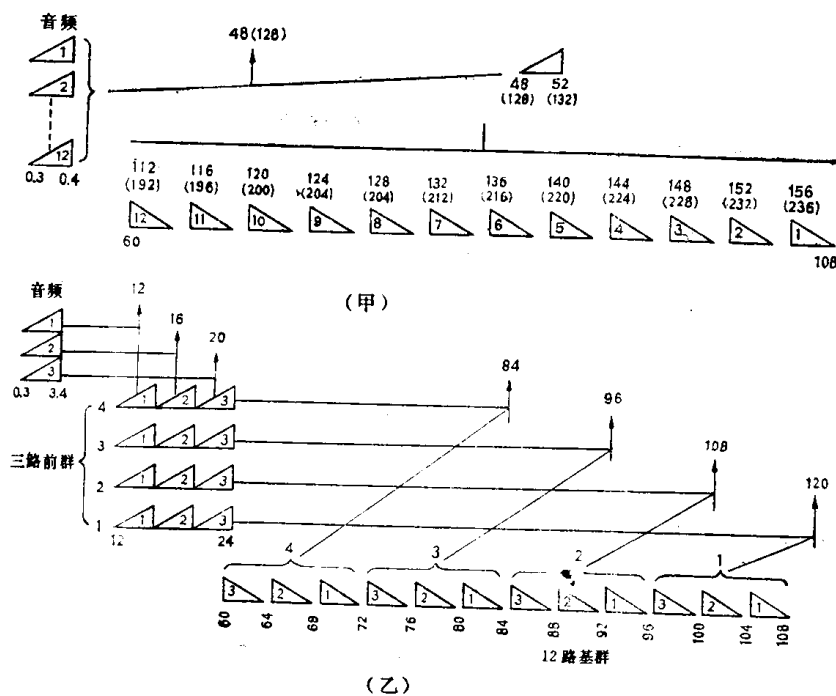


图 3.2

调制就搬移至线路频谱, 另一部分超群则先经过超群调制, 组成300路主群, 再经过主群调制, 搬移至线路频谱。

图3.4为超群调制的频率变换。5个标准的60路超群312~552kHz, 利用5个载波频率1.364、1.612、1.860、2.108、2.356MHz, 经过调制过程, 利用LC滤波器, 组成300路主群812~2044kHz。从图上看, 在这300路主群的频段中, 5个60路频段不是紧密排列, 而是相互间有空隙的。

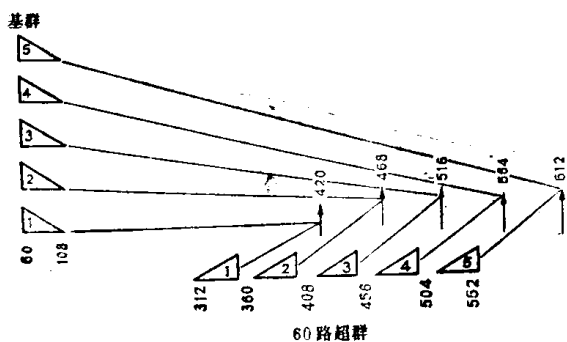


图 3.3

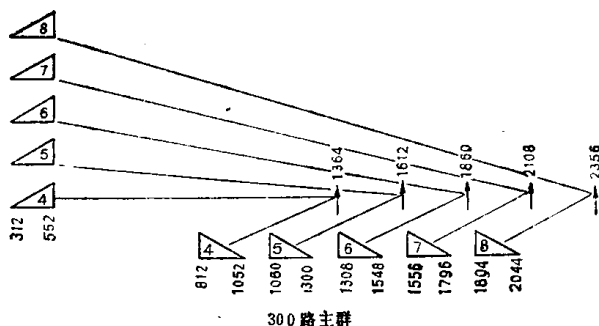


图 3.4

1800路系统中有30个60路超群, 其中25个超群是以每5个为一组, 标为第4、5、6、7、8超群, 经过上述超群调制过程, 组成5个300路主群812~2044 kHz。其余5个60路超群, 则不组成这样的300路主群812~2044kHz, 而是采取其它方式, 搬移至线路频谱上适当位置。

图3.5的左部所示标号为第2~11的10个60路超群, 没有组成主群而直接搬移至线路频谱。其中第2超群不需要经过调制, 因为在线路频谱上分配给它的位置正好是超群频带312~552 kHz。第三超群利用载波频率1116kHz, 经过调制过程, 搬移至线路频谱的564~804kHz, 第9、10、11超群分别利用载波频率2604、2852、3100kHz, 经过调制过程, 分别搬移至线路频谱2052~2788kHz。812~2044kHz这一个主群在图上仍画作5个超群, 标为第4、

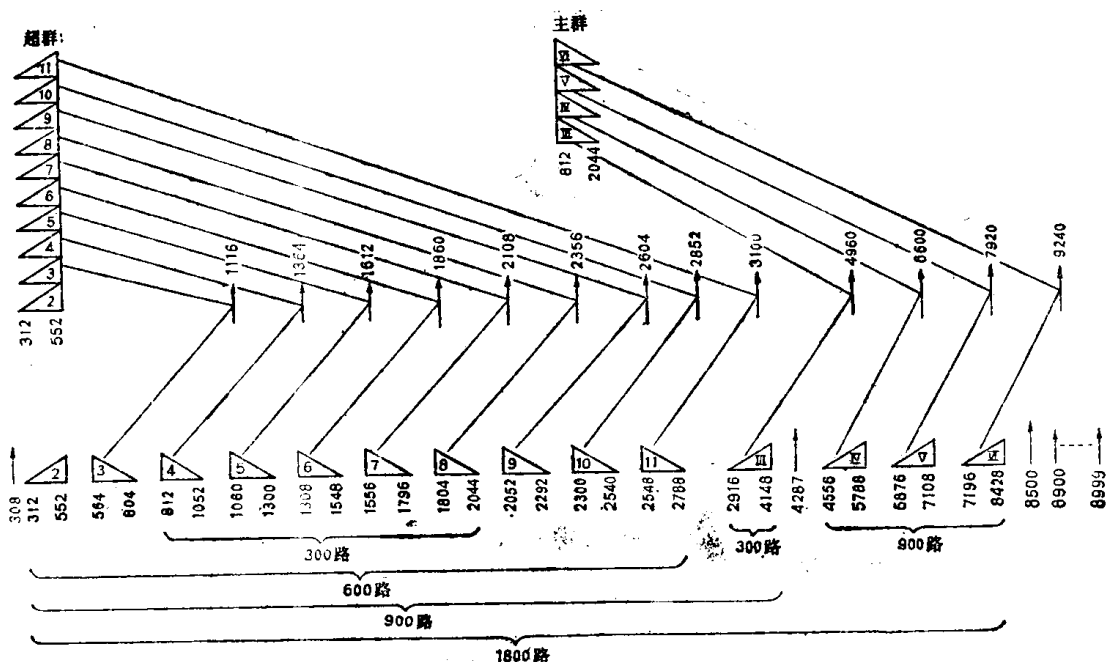


图 3.5

5、6、7、8超群，组成的300路主群频段812~2044kHz正好符合线路频谱需要，所以这一主群也不再需要主群调制。这样，图上标为第2、3、9、10、11超群合成的300路，和第4、5、6、7、8超群组成的300路主群，汇合而成600路，从312kHz至2.788MHz。

图1.3.5的右部所示其余四个300路主群，812~2044kHz，标为Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ，利用4个载波频率4.960、6.600、7.920、9.240MHz，经过调制过程，搬移至线路频谱上分配给Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ4个主群的位置。从图上看，这4个主群调制产生的4个频段也不是紧密排列，而是相互间有空隙的。其中第Ⅲ主群的300路在线路上的频段2.916~4.148MHz，将与前面的600路频段汇合而成900路，从312kHz至4.148MHz。其余第Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ主群合成上900路，从4.556至8.428MHz。最后，两个900路汇合，成为1800路，线路频谱从312kHz至8.428MHz。

### 3.3 调制和滤波

载波通信的基本原理是频率划分、多路复用，调制器和滤波器是基本设备。调制器是平衡调幅器，它由载波电压控制。当平衡调幅器加上某一频带的输入信号时，其输出端就出现调幅后的上、下边带，即载波与输入信号频带相加和相减的两个频带，但遏止载波及输入信号本身。于是，由带通滤波器通过一个需要的边带，而阻止另一个不要的边带。所以说调制和滤波的作用是载波遏止的单边带传输。多路载波通信就是利用不同的载波频率进行调制，和利用不同频带的带通滤波器，使调制和滤波获得的单边带在频谱上依次排列，即所谓频率划分。

图3.6是以超群调制为例，画出发送的调制和接收的反调制主要方框图，用来说明频率变换是怎样实现的。超群调制的作用可联系前面的图3.4中5个标为第4、5、6、7、8的60路超群312~552kHz各自经过调制，合成一个300路主群812~2044kHz发送出。同时，从接收进来的一个300路主群812~2044kHz分5个频带各自经过反调制，变为5个60路超群312~552kHz。每一超群各有一个调制支路和一个反调支路，它们的设备是类似的，主要是各有一个平衡调幅器，一个带通滤波器，和一个低通滤波器。平衡调幅器的作用由载波频率

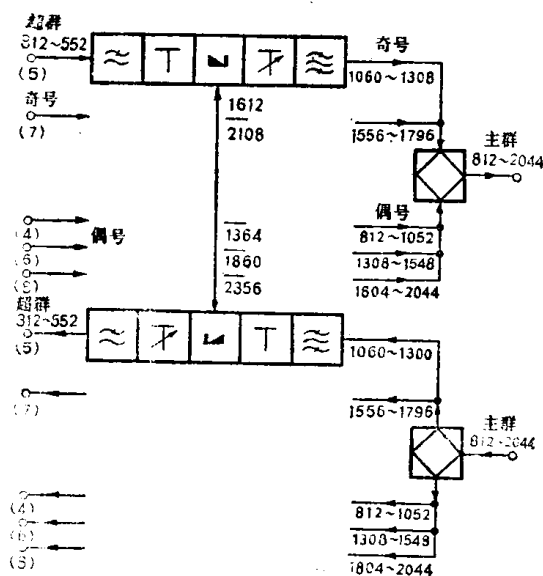


图 3.6

电压控制。图3.6上画的是第5超群的调制和反调，载波频率为1.612MHz。在发送支路，输入频带312~552kHz经过低通滤波器，进入平衡调幅器，调制作用产生的上下两边带，即上边带 $1612 + (312 \sim 552) = 1924 \sim 2164$ kHz和下边带 $1612 - (312 \sim 552) = 1060 \sim 1300$ kHz，但没有载波本身1612kHz，也没有输入信号频带312~552kHz。调制器输出端的带通滤波器仅通过下边带，即1060~1300kHz，而上边带相隔几百千赫，滤波器的衰减很容易把它阻止，如图3.7(甲)所示。

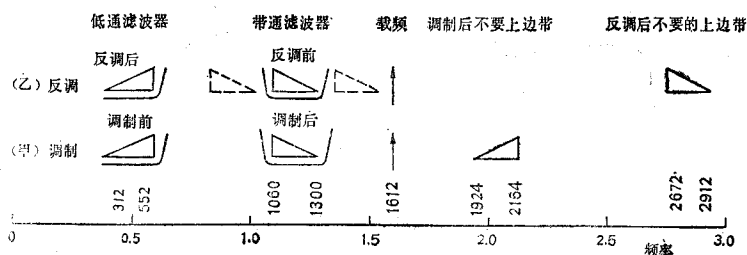


图 3.7

在接收支路，情况正好相反。首先是经带通滤波器，从主群812~2044kHz频段中选出1060~1300kHz频带，进入由载波1612kHz控制的平衡调幅器，反调作用产生的上、下两边带，即上边带 $1612 + (1060 \sim 1300) = 2672 \sim 2912$ kHz，和下边带 $1612 - (1060 \sim 1300) = 312 \sim 552$ kHz，但没有载波本身1612kHz，也没有输入频带1060~1300kHz。所以，反调制器输出端只需使用低通滤波器，选出下边带，即超群频带312~552kHz，而上边带离开极远，滤波器衰减能有效地把它阻止，如图3.7(乙)示。

图3.6只画出一个超群的调制支路和反调支路，其实其余四个超群的调制支路和反调支路方框图完全相同，仅载波频率不同和带通滤波器的通带不同。发送支路5个频带合成一个主群，接收支路从一个主群频段分为5个频带，都有5个带通滤波器并联，而它们的通带在频谱上是依次相连的。为了避免邻近频带的带通滤波器的阻抗干扰，采用混合线圈（即差接变量器），将奇号(5)、(7)超群支路的带通滤波器并联，接于混合线圈的一边，偶号(4)、(6)、(8)超群支路的带通滤波器并联，接于混合线圈的另一边。混合线圈处于平衡状态，使连接混合线圈两边的带通滤波器不互相影响，但发送支路连接混合线圈两边的带通滤波器都能够同样通过混合线圈输出，所以混合线圈起了汇合作用，并避免了邻近频带的滤波器的阻抗干扰。同样，在接收支路，进来的信号通往连接混合线圈两边的带通滤波器，由它们选择各自的频带通过，同时避免了邻近频带的滤波器的阻抗干扰。图上示出调制器与带通滤波器之间，和调制器与低通滤波器之间，都接有电阻组成的衰减器，目的是起缓冲作用，并可视需要用来调整电平。

图3.8是更全面地画出了1800路系统终端机发送超群和主群调制设备的组合方框图。此图与前面关于超群和主群调制程序的说明完全一致。图上所示第2超群没有调制，和第3、9、10、11超群经过调制和滤波后的频带，通过混合线圈的汇合，组成312~804和2052~2788kHz两个频段，它们与第4、5、6、7、8超群经过标准的超群调制而组成的主群812~2044kHz相汇合，组成600路，312~2788kHz。它与主群Ⅲ，2916~4148kHz相汇合，组成900路，312~4148kHz。同时，3个主群Ⅳ、Ⅴ、Ⅵ，各自经过主群调制后相汇合，组成900路，4556~8428kHz。两个900路，分别通过低通和高通滤波器，合成1800路，312~8428kHz，即整个线路频谱。不言而喻，1800路系统终端机接收主群和超群反调设备的组

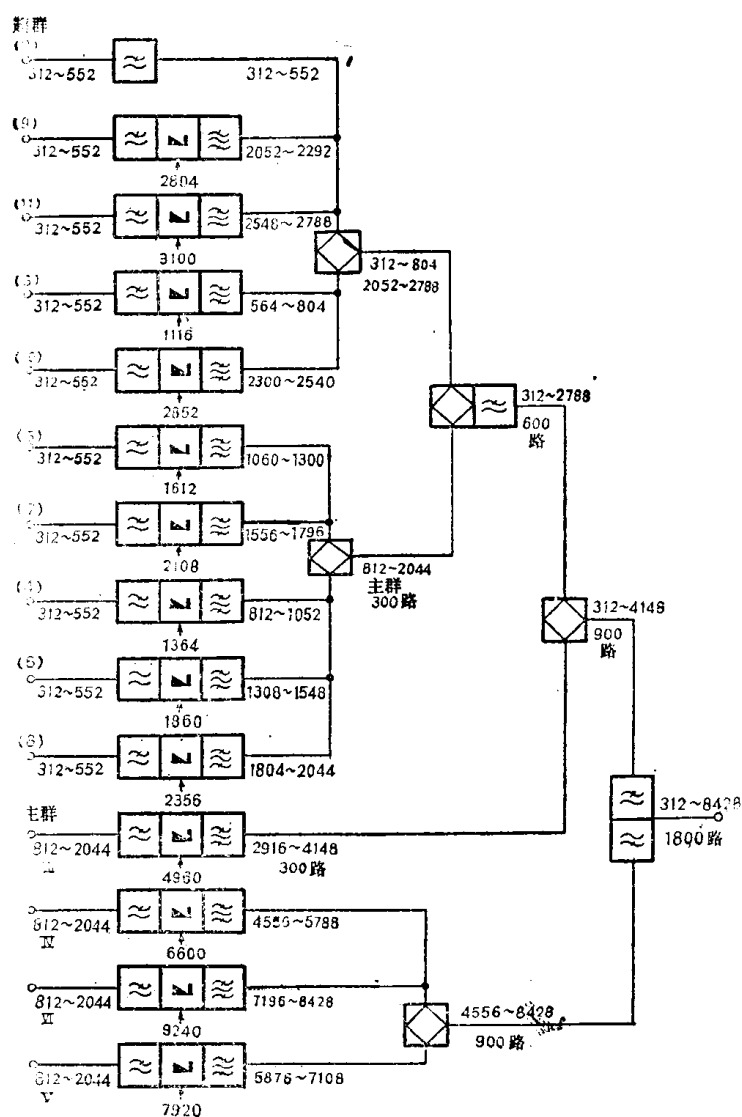


图 3.8

合方框图与发送支路的完全相仿，仅作用相反。

### 3.4 载 供 系 统

按照前节所述的频率变换过程，每一级调制和反调的平衡调幅器都需要载波来控制。1800路载波通信系统采取了多级调制，需要的载波频率数较多。载波频率的精确和稳定，对于各级调制和反调的质量影响极大。因此，每一载波终端机必须有完善的载频供应系统，保证每一级调制和反调的平衡调幅器获得足够功率的载波，而且要求精确和稳定可靠。两个终端机的载供系统还必须取得同步，使一端调制的载波和对方一端反调的载波频率不得超越规定的偏差。

表3.1列举了1800路系统全套终端机中各级调制所需的载频数值。从表上看出，通路调制和基群调制所需的载频，都是基波4kHz和12kHz的谐波。超群调制所需的载频都是基波124kHz的奇次谐波。主群调制所需的载频，有三个是基波440kHz的谐波，只有一个主群载频较特殊。所以，1800路设备中载供系统的特点是利用主振器和谐波发生器的传统方式。

表 3.1

| 调 制 种 类      | 频 率 (kHz)                                                                                                                                                                             | 谐 波 倍 数                   | 备 注 |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|-----|
| 通路调制至基群的载频   | 48(128),<br>192, 196, 200, 204, 208,<br>212, 216, 220, 224, 228,<br>232, 236,<br>(192, 196, 200, 204, 208,<br>212, 216, 220, 224, 228,<br>232, 236),<br>12, 18, 20, 84, 96, 108, 120。 | 4kHz的谐波                   |     |
| 基群调制至超群的载频   | 420, 468, 516, 564, 612                                                                                                                                                               | 12kHz的谐波                  |     |
| 超群调制载频       | 1364, 1612, 1860, 2108,<br>2356, 1116, 2604, 2852,<br>3100                                                                                                                            | 124kHz的谐波                 |     |
| 群监频          | 104.08, 547.92, 1552<br>(2052)                                                                                                                                                        | 104.08单独晶体余交调产生           |     |
| 主群调制至线路频谱的载频 | 4960                                                                                                                                                                                  | 124kHz的5倍谐波×8             |     |
| 主群调制至线路频谱的载频 | 6600, 7920, 9240                                                                                                                                                                      | 440kHz谐波                  |     |
| 导频           | 308                                                                                                                                                                                   | $124 \times 2 + 60 = 308$ |     |
| 导频           | 4287                                                                                                                                                                                  | 独立晶体                      |     |
| 导频           | 8500                                                                                                                                                                                  | 从500kHz方波选17倍谐波           |     |

表 3.2

| 基 波, 千 赫 | 来 源                                                  | 备 注       |
|----------|------------------------------------------------------|-----------|
| 4        | $2500 \div 5 \div 5 \div 5 \div 5 = 4$               | 仅分散载供调制架用 |
| 12       | 从4kHz方波选3倍谐波=12                                      |           |
| 124      | $(2500 \div 5 \div 5) + (\text{从4kHz方波选6倍谐波}) = 124$ |           |
| 140      | $(2500 \div 5) - (\text{从20kHz方波选3倍谐波}) = 440$       |           |

鉴于1800路系统是大容量载波通信系统, 是在全国通信网最重要的干线上运用, 主振器的精确性和稳定度尤其重要, 因此决定采用性能优异的2.5MHz晶体组成主振器。虽2.5MHz频率较高, 但可以经过分频器把频率逐渐降低产生4、12、124、440kHz四个基波, 分别推动各自的谐波发生器, 供给整个终端机各级调制所需的载频, 表3.2列举了产生四个基波的来源。只要保证主振器的频率稳定度, 就能保证整套终端机载供系统中由主振器产生的所有基波以及经过谐波发生器选出的所有载频都达到频率稳定度的要求。

图3.9示载供系统的原理方框图, 1552、104.08、547.92kHz的产生除外, 其中包含主振器、四级分频器、两个谐波发生器、许多窄带滤波器, 以及产生124、440kHz两个基波所需的两个调制器, 还有少数倍频器和调制器, 以及产生导频和监频的方框图。载供系统设备中还有必要的、激励谐波发生器的功率放大器; 以及许多载频窄带滤波器后面的载频放大器; 导频和监频窄带滤波器后面的导频和监频稳幅器; 载频、导频、监频输出应该有的分配电路; 载频转换设备等, 这些在原理图上也都一一略去。

2.5MHz晶体主振器输出的正弦波信号, 应先经过整形电路变成方波, 于是加上四级相同电路的数字式5:1分频器, 逐渐产生500、100、20和4kHz。分频器输出的是方波, 包含