

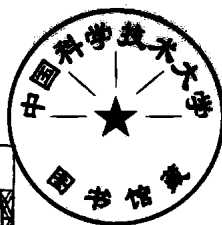
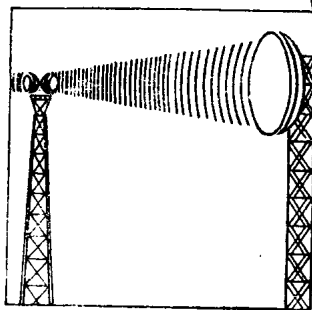
多路无线电接力通信

中国科学院
电子学研究所

59

多路无綫电接力通信

徐世疆 著



國防工業出版社

內容簡介

本書系以通俗的形式讲解无綫电接力通信的原理。
书中讲多路載波設備（頻率調制和脉冲調制）和高頻設備两部分。
本書可供一般初級或中級专业水平的讀者閱讀。

著者：徐世疆

*

國防工業出版社

北京市書刊出版業營業許可証出字第 074 号
机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

*

787×1092 1/32 17/16印張 29千字

1960年4月第一版

1960年4月第一次印刷

印数：0,001 - 2,330 册 定价：(10-7)0.22元

NO. 3047 統一書号 15034·444

目 录

| | |
|------------------|----|
| 一、 緒論 | 1 |
| 二、 多路載波設備 | 6 |
| 1. 多路頻率調制 | 6 |
| 2. 多路脈沖調制 | 10 |
| 三、 高頻設備 | 17 |
| 1. 超短波用電子管 | 17 |
| 2. 發射設備 | 25 |
| 3. 接收設備 | 32 |
| 4. 中間轉播站 | 38 |
| 5. 天綫設備 | 40 |

一 緒 論

无綫电接力通信是在无綫电通信基础上发展起来的一种新型通信方法。它可以在中間設立轉播站，以“接力”的方式将信号一站一站地依次傳遞下去来进行远距离通信。因和接力賽跑相类似，故而叫做接力通信。多路接力通信的頻率几乎都选择在超短波波段；原因是超短波波段的頻率范围較寬（从30~30000兆周），可以适当地解决多路接力通信所需較寬頻带的要求。同时在超短波波段中没有严重的外界干扰；并有可能架設效率較高的定向天綫，这就使得在超短波段中进行高质量傳輸时能够保証可靠的通信。

但由于超短波傳播的特性使得无綫电通信的距离有了一定的限制。我們知道：頻率愈高的电波，电离层对它的折射角亦愈小。因此超短波就不能由电离层而被反射回地面上来。由于折射角較小而穿透电离层。所以超短波无綫电通信的距离决定于視綫距离。实际上，依靠无綫电波对地面繞射的結果，即使在視綫距离以外較远的地方亦能收到信号，但这时电磁場的强度随距离的增加而迅速衰減，通信就不可靠了。由于存在以上这些特点，所以超短波长途通信只有在利用轉播的情况下才能实现；并且每个中間轉播站間的距离應該小于視綫距离。

因此超短波多路通信綫路，應該是由若干个相隔視綫距离的中間轉播站所組成。每个轉播站将接收下来的前一站信号加以放大，然后再把它轉播到下一站去（參看圖1）。



图1 无线电接力通信示意图。

无线电接力通信可以用来传递多路的电报、电话、或是传真电报和电视。它的构造主要是由下列几部分组成：

1. 多路载波设备。
2. 高频收发信机。
3. 定向天线及电源供给系统。
4. 辅助设备（包括业务通信、监察、测量设备等）。

现在我們来看看图2所示的A、B两地间的无线电接力通信工作过程简图：电话站把N个电话话路信号输送到终端站A的多路载波设备中，然后，由多路载波设备把N个电话变为总合信号送入高频发射机用来调制高频电波。这些由终端站发射天线发出的电波被中间转播站的接收天线所接收。收到的电波在接收机中被放大和检波。由接收机选出的信号，进入发射机去重新调制高频电波，而高频电波则被输送到下一中间转播站去。这样一直继续下去，最后，从终端站B的接收机中检出的总合信号进入多路载波设备，在这个设备里，各个电话话路被分开了，以后各个电话话路都被通到B端电话站。

由B端到A端的反向电话传输也是同样进行的：即经过B站的多路载波设备及发射机，经过一系列的中间转播站的第二套接收-发射设备，最后经过A站的接收机及多路载波

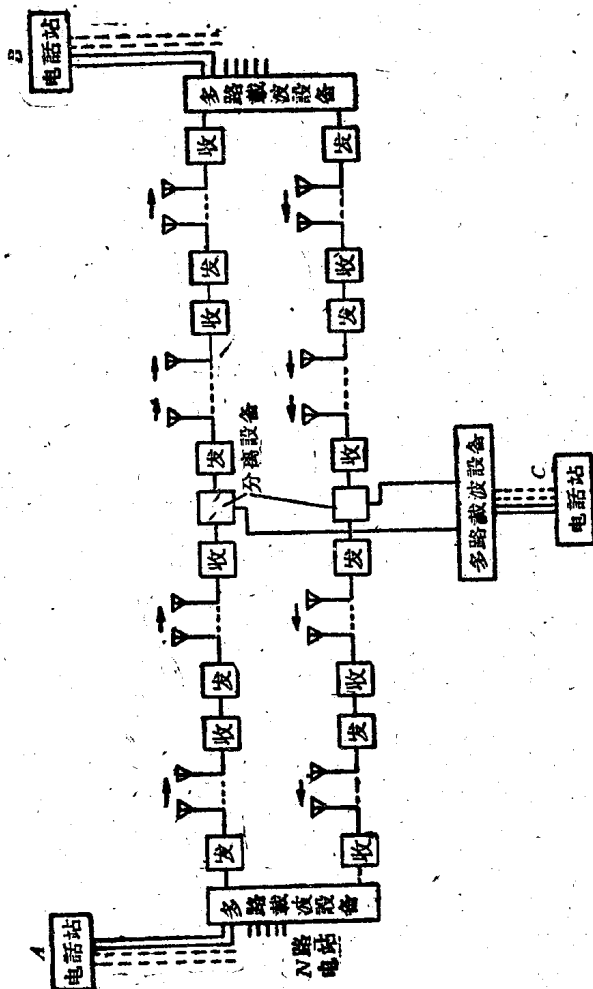


图 2 无线电接力通信工作过程简图。

设备而至电话站。

如果A站不仅需要与B站之间建立通信，而且还需要与位于线路上的C站建立通信，那一部分话路（譬如说N个话路中的一部分）就应在C站分出去。

因此，在中間轉播站C中除了有接收-發射設備以外，還須設置用以分出部分話路的特殊設備，它的用途是分出來自A站信號中一組話路，不讓它繼續沿着線路通向B站。除此而外，對來自B站的部分話路亦採取同樣的措施。

無線電接力通信不僅能夠有效地應用於遠距離多路通信，而且能夠有效地應用於遠距離電視傳輸。這時，調制高頻振蕩的電視信號就代表了多路信號而在線路上傳送。因為這種線路是一個寬頻帶的雙向電路，所以電視可以同時在兩個方向上傳送，也就是說，可以在線路的終端站之間交換電視節目。

無線電接力通信還廣泛地在軍事上獲得運用，它在軍事上運用的特點是：

1. 建立聯絡迅速；便於機動；通信穩定可靠，不易受時間季節變化的影響。

2. 由於使用接力通信的結果節省了大量線路器材；並不易遭受敵炮火破壞而中斷通信聯絡。

3. 保密性能較好，不易被敵方截收。

4. 可代替有線電線路跨越河川、海峽等建立聯絡。

但此亦有設備複雜，技術性高，維護不易等缺點。

在現代戰爭中，由於各種新式武器的使用（特別是核武器及彈道火箭等），戰爭是在寬大正面，深遠的縱深內高速度進行的。因而軍隊指揮大大地複雜了，這就不僅要求建立指揮用的通信聯絡須迅速及時，穩定可靠，而且還要作到不泄密。為此，有線電通信聯絡在若干場合下就難以滿足上述要求。而無線電通信工具雖然基本上能達到上述要求，但由於指揮任務的複雜，在每個通信方向上只建立單路的無線電通

信往往还不能满足指挥的需要。因此为了通信联络组织的稳定可靠，就有必要使用无线电接力通信以建立稳定的、多路的、保密性能较好的通信线路以补有线电和无线电通信的不足。

所以自第二次世界大战以后，各国都广泛地运用了这种通信方法。由于超短波，脉冲技术的飞跃发展，使无线电接力通信设备的体积愈来愈小，且使用日益方便，全部器材可以安装在一部中型吉普车上；因此开设、撤收、转移都很方便。特别是最近苏联对新型接力机的研究试验获显著成效，其直达距离将不再限制在视线距离以内。如利用“对流层散射”原理[●]制出的接力机，两机之间的直达距离可达600公里以上，还有利用“电离层散射”传播信号的接力器材，其距离更可远达1000多公里。这必然将使中间转播站的数量大为减少，而且受地形条件限制的问题亦可得到适当的解决。由此可见，无线电接力通信工具愈来愈适合现代战争的要求，将会更广泛地运用到各级军队中去，逐渐代替有线电长途线路以建立坚固可靠的通信联络。

● “对流层散射”：“对流层”是指离地球表面10~20公里的低气层。过去认为超过30兆周的无线电波其传播距离限于视线距离。但近年来发现可远达600公里以上。其原因是由于对流层因热的不平衡使气体发生对流，除了有规则的对流外，还有湍流运动，故大气层可认为是一团不宁静的湍流。当无线电波作用到上面时，便受到辐射而指向绕射区，从而反射到地球表面，因而加大了通信距离，此现象叫做“对流层散射”。目前已经利用此原理制成了新型的接力机，但由于散射的距离受频率高低，对流层湍流的速度等因素影响很大，故通信颇不稳定。目前尚在继续试验研究中，但估计离实用阶段为期当不会远。

二 多路載波設備

这一节主要来談談多路載波設備的构造及原理；亦就是說怎样来把許多单个信号变成一个总合信号的道理。

为了要在一个电路上传輸多路信号，就必須在高頻調制前，先采取适当措施把它們变成一个总合信号，而在接收时，亦必須把檢波后的总合信号还原成各个单路信号；不然的話，必定使各路信号由于頻率相同（因每路信号的話音頻率都是相同的）而相互混淆起来。以上这种措施称为多路調制，它是由多路載波設備来完成的。目前最常用的多路調制方法有两种：一是多路頻率調制。二是多路脉冲調制。

1. 多路頻率調制 所謂多路頻率調制的方法就是說：把各个信号分別調制（調幅）在不同頻率的載波上，然后把它們混合起来組成一个总合信号进行高頻調制。在接收时，亦同样由于各个信号的載波頻率不同而可以被鉴别到各自的电路，这种鉴别手續是由滤波器来完成。

現在我們来看看最簡單的多路頻率調制的工作原理图（參看图 3）：两路信号分別进入調制器与自己載波进行調制；混合后的合成信号即进入发射机去調制高頻載波。滤波器在这里是限制每一电路中已調制波的頻带，同时亦防止各路信号的相互回輸。在接收时，經過檢波后的合成信号，从接收机的輸出端加到各个滤波器，此时各个滤波器对自己这路信号的載波及相应頻带諧振，于是信号即被分开了。但这还不够，各路信号还必須通过反調制器后才能恢复成話音頻率。

在上述簡图中具有兩級調制：即对单个信号載波进行調

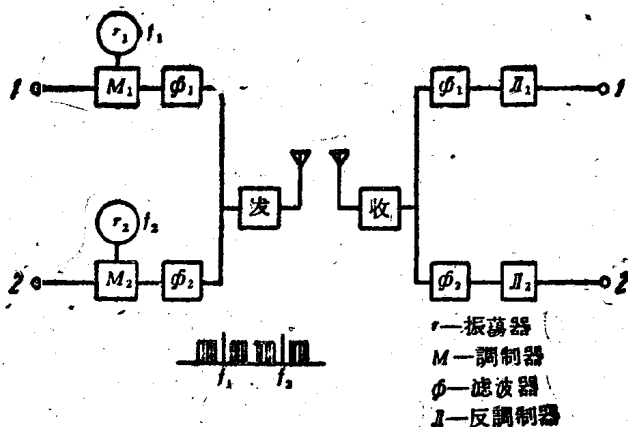


图 3 多路频率调制工作原理图。

制和对发射机的高频进行调制。为了区别起见，我们称前者为多路调制，后者为高频调制。

多路频率调制通常都采用调幅制而不采用调频（调相）制；因为采用调频制后会使每一路信号的频带加宽，这样，如果总的频谱是固定的话，则通话的路数就无形中减少了。

但有时调幅制还不能满足我们扩张通话路数的要求。于是就产生了单边带调幅方法。通常信号与载波调幅后即产生三种频率：一是载波本身。二是比载波频率高同时包含信号的上旁频带（亦称上边带）。三是比载波频率低同时包含信号的下旁频带（下边带）。所谓单边带调幅，就是指对载波进行调幅后，将调幅器输出的载波及一个边带加以抑止，只允许另一边带传输。在接收时，单边带信号借晶体带通滤波器来从总频谱中分出，经反调制时则可借相应的载波来把信号还原成音频信号。

由于载波本身的幅度、频率或相位，都不代表信号的内

容，因此它的发射与否，对于传递信号没有关系。如果载波抑止了不传输仅让边带传出去，则需要传输的功率大可节省。同样两个边带包含同样的信号，因此一个边带的传输就可使频带宽度节省一半；或者说：在某一频率范围内如果每一电路仅使用一个边带，那末可使通信的电路数目比每一电路使用两个边带时多一倍，对于通信容量是很有利的。

在接收时，由于信号频带宽度减半，亦可使接收机输出中噪声能量减少一半。所以不论在能量、频率或质量的观点来说，单边带调制方法是合乎经济原则的。不过使用了单边带调制后，接收机在反调制时必须自行产生一个载波频率。理论上应该与发射机所产生的载波频率完全同步。但实际上两个地方振荡器分别产生的频率不可能绝对相同，但最低限度两者相差不大于 ± 20 周。通常补救的方法是：从发射机

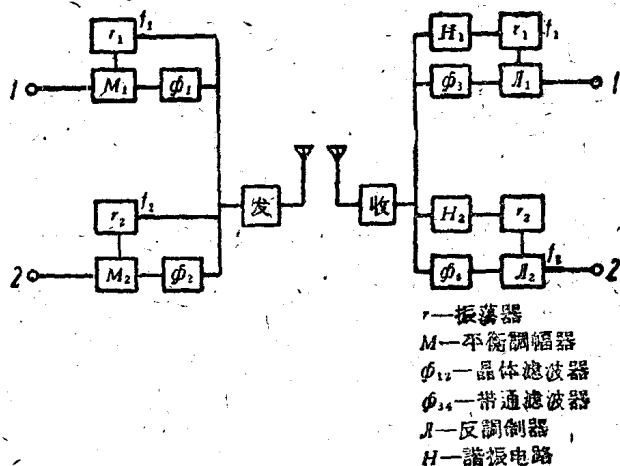


图 4 多路单边带调制的工作过程图。

发送一个指示频率来控制接收机中载波频率，使与发射机的载波频率同步。或者发射机的载波频率并不完全抑止，故意让载波发射一小部分，这样在能量上仍可节省不少，而对于接收机载波频率的同步却大有帮助。

下面来看一下多路单边带调制的工作过程（参看图4）：音频信号通过平衡调幅器与振荡器的载波进行调幅。平衡调幅器的作用是把调幅后的载波成分加以抑止。它的简单原理可参看图5：音频信号由输入变压器初级接入平衡的推挽式电路，而载波则由输入变压器次级的中点和偏压间串联接入之；如是在变压器次级上有两种电压相合，由于音频信号加在两管栅极的相位相反，故屏路输出则相加，而载波信号加在两管栅极的相位相同，故屏路输出则抵消[●]。因此经屏路变压器后只剩双边带输出。平衡调幅器的输出，进入晶体带通滤波器滤去其一边带，即可输入发射机。

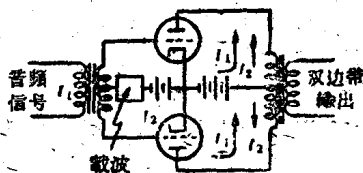


图5 平衡调幅器。

在接收时，带通滤波器即可从总频谱中分出自己一路的频带，然后经反调制器后恢复成音频信号。

这里收发双方载波频率的同步方法是这样的：由发方的两载波频率 f_1 、 f_2 与各信号频带混合，一并经高频调制后发送。接收时，经谐振电路与反调制器的振荡器同步，这样即

- （参看图5）推挽式平衡电路的特点是：当真空管栅极电压增加时，则屏流自电源流入屏极；栅压减少时，则屏流自屏极流出。由于载波电压加在两管栅极的电压相位永远相同，在屏路变压器中流过的屏流恰是方向相反磁通抵消，故次级无输出；而调制电压则不然，它加在两管栅极电压方向永远相反，流经屏路变压器的屏流方向相同；故有输出。

可保證反調制的高度質量。

當然亦可採用第二種同步方法：即稍為破壞一下平衡調幅器的平衡性，使其有少量載波輸出。這樣作雖然能使設備稍為簡便，但信號的質量不免遭受損失。

2. 多路脈沖調制 多路脈沖調制的原理是這樣的：開始傳送第一個電路的信號，然後傳送下一電路的信號，直到傳送最後一個電路的信號為止；此後又重新接通第一個電路。此過程周期性地被重復着，這樣一來，各個電路的信號就輪流地被傳送着，而被很短暫的時間間隔所分開。顯而易見，此時每一電路中的信號不是像在多路頻率調制中那樣連續地被傳送，而是以周期性脈沖的形式來傳送。如果脈沖的周期相當短，則信號的傳輸質量是完全可以保持的。

為了分開電路，在接收時，必須使各電路也輪流地依發送電路的次序接通。任一電路都應當只在傳送該電路信號時接通，而在所有其他時間內斷開。

這種周期性斷續傳輸的過程，最初是由機械轉換器來完成。在收發雙方都裝置有同步同相旋轉的機械轉換器，將發方的電路輪流地接通到收方的有關電路中去。但這種方法對於較多路數的電話通信是不適用的。因為它不能保證以足夠快的速度來轉換電路，否則將影響到信號的傳輸質量。

目前差不多都以電子轉換器來代替落后的機械轉換器了。電子轉換器的構造與陰極射綫管相似；亦有電子槍，水平及垂直偏轉屏板…等設置，不過是以信號轉換板來代替螢光屏（參看圖6）。信號轉換板是一塊雲母絕緣介質，其上排列有繞以圓周的金屬信號膜（此金屬信號膜的數量取決於通話的路數），每一信號膜與自己電路相連接。

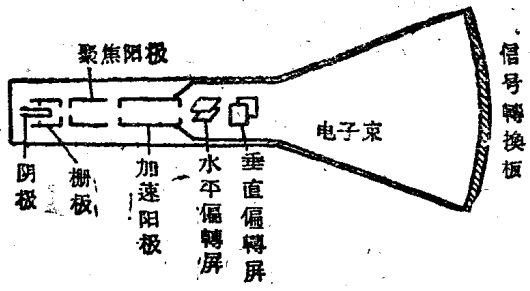


图 6 电子转换器的结构。

假如我們使电子射綫呈圓周軌迹扫描，則任一信号膜当一与电子束接触时就使該电路自动接通。由于电子扫描的頻率可增至極高，故可保證信号的傳遞质量。在接收时，則要使电子轉換器与发送机同步同相工作。此同步信号通常是選擇在电子轉換器中某一路来进行傳遞。

为了使电子射綫呈圓周軌迹扫描，可在水平与垂直偏轉屏极上分別加上大小相同相位差为 90° 的正弦波电压来完成。图 7 为产生相位差 90° 的相移电路。若使 $R = \frac{1}{\omega C} = XC$ ，則电压 E_{23} 与 E_{13} 大小相同，相位相差 90° 。

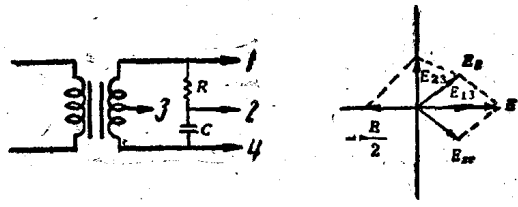


图 7 RC 相移电路。

由此我們可以极为概括地来了解一下采用多路脉冲調制的无綫电接力通信工作过程如图 8 所示（現以 4 路为例）。

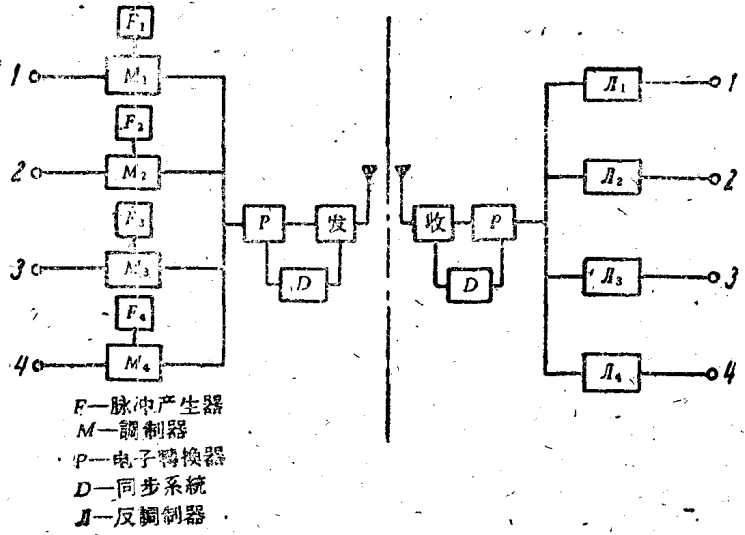


图8 无线电接力通信工作过程图。

在进行多路脉冲调制时，信号是依靠脉冲来传递的。并不像前面所讲的把连续正弦波的幅度或频率（相角）加以调制。由于超短波和脉冲技术的发展，利用脉冲来进行多路脉冲调制已经成为切实可行的方法，它的区分可有下列数种：

- (1) 脉冲相位调制。
- (2) 脉冲频率调制。
- (3) 脉冲幅度调制。
- (4) 脉冲宽度调制。
- (5) 双脉冲间隔调制。
- (6) 脉冲编码调制。

(1) 脉冲相位调制：这种调制方法是目前最常用的。主要原因是它的抗干扰性能比较其他脉冲调制要优越。

它是利用固定幅度的短脉冲的位置随着信号的变化而作前后移动来完成调制的（参看图9）。但此短脉冲的重复频率须比信号中包含的最高频率至少要高数倍。图10显示产生脉冲相位调制的电路，其中 L_1, L_2, C_2 是谐振电路调谐至载波频率谐振，因此产生较大的载波频率电流。 L_1 称为可饱和磁心的电感器，它是特殊构造的线圈，匝数很多，绕在坡莫合金的磁心上。这磁心有一特点：即在很低的磁场强度就发生饱和现象。在流过很小的磁化电流时 L_1 的电感极大，磁化电流如稍增加磁心就饱和，电感数值猛烈下跌，且并不比没有磁心时的电感大。由于电路内载波电流的幅度比饱和值大得多，所以交流电流每一周内的大部分时间内电流增大或减小，磁通没有多大变化，电感保持在很小数值；在每一周交流电流经过零值或近于零值时，电感突然变得很大；这个大电感维持一极短时间，在这时间内，磁通从一个饱和状态跳到反方向的饱和状态，因此在 L_1 两端产生一个强烈的电压脉冲，此脉冲的中心位置恰巧在载波经过零值的时候。当信号电流加在 L_1 上以后情况就不同了。正半周电流通过 L_1 时使 L_1 的饱和值提前到来，亦即使脉冲电压越前；越前时间的长短与信号电流的幅度成正比。

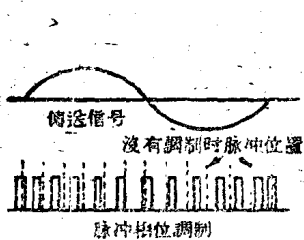


图9 脉冲相位调制。

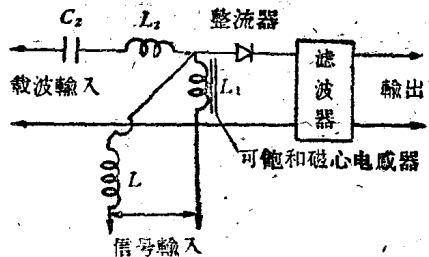


图10 产生脉冲相位调制的电路。