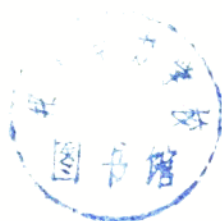


中等专业学校教材

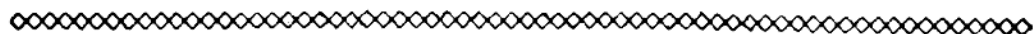


电话与交换

南京电力高等专科学校 徐善新 编



中等专业学校教材



电 气 工 学

南京电力高等专科学校 徐善新 编

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书根据能源部中等专业学校电力系统通信专业《电话与交换》教学大纲编写。全书共分为八章，主要包括：电话机、电话交换基础、纵横制自动电话小交换机、电力线载波机自动交换系统、电力系统长途通信网。

本书是中等专业学校电力系统通信专业教材，也可供有关专业的技术人员自学和参考。

中等专业学校教材

电 话 与 交 换

南京电力高等专科学校 徐善新 编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

北京市地矿局印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 15.25印张 344千字 4插页

1994年6月第一版 1994年6月北京第一次印刷

印数 0001—2040册

ISBN7-120-01695-4/TM·507

定价 7.10 元

前 言

本书是在能源部内各中等专业学校电力系统通信专业多年试用讲义的基础上, 根据部中等专业学校电力系统通信专业《电话与交换》课程教学大纲编写的。

《电话与交换》内容分为电话机、电话交换基础、纵横制交换机、电力线载波机自动交换系统和电力系统长途通信网等几个部分。在纵横制交换机部分, 以局、厂常用的HJ905型纵横制小交换机为主; 对于电力系统通信中所独有的电力线载波机自动交换系统作了较详细的讨论; 并对电力系统长途通信网的网络结构、编号方案、信令方式、自动接续机和调度总机也作了适当的介绍。

本书由沈阳电力专科学校顾洪有主审, 他对全书进行了认真细致的审阅, 并提出了许多宝贵的意见, 编者对此表示衷心的感谢。

由于编者水平所限, 书中难免有不妥之处, 恳请广大读者批评指正。

编者

1993年3月

目 录

前言

第一章 电话机	1
第一节 送话器	1
第二节 受话器	4
第三节 消侧音电路	7
第四节 电话机电路	12
第五节 按键式电话机	14
第二章 电话交换基础	20
第一节 交换的概念	20
第二节 电话交换的发展及分类	20
第三节 人工电话交换	23
第四节 集中控制自动交换的概念	26
第五节 话务量基础知识	27
第三章 纵横制基础	35
第一节 继电器的工作原理和特性	35
第二节 缓动继电器	40
第三节 消火花电路	44
第四节 纵横接线器的工作原理	45
第五节 纵横接线器的组合连接	51
第四章 典型纵横制小交换机中继方式和中继组合	57
第一节 HJ905型200门小交换机中继方式	57
第二节 小交换机中继组合原理	61
第三节 HJ905型200门小交换机中继组合	65
第四节 HJ905型小交换机的容量扩充	68
第五章 纵横制小交换机单元电路和局部电路	74
第一节 分配器电路	75
第二节 互斥电路	80
第三节 查定电路	82
第四节 链路选试电路	85
第五节 吸磁铁电路及 α 线测试	94
第六节 号盘脉冲接收、计数和储存电路	107
第七节 信号传送与译码	113
第六章 典型小交换机的主要电路和主要接续	116
第一节 用户电路	116
第二节 绳路	118
第三节 绳路连接电路	123
第四节 用户记发器	125
第五节 本组交接电路	127

第六节	用户标志器.....	130
第七节	出中继电路.....	141
第八节	入中继电路及其相关电路.....	145
第七章	电力线载波机自动交换系统.....	158
第一节	电力线载波机自动交换系统的基本原理.....	158
第二节	用户电路.....	161
第三节	绳路.....	163
第四节	发送电路.....	164
第五节	接收电路.....	166
第六节	信号音和铃流控制电路.....	170
第七节	复原电路.....	172
第八节	普通用户的动作程序.....	175
第九节	优先用户.....	183
第十节	音频转接.....	187
第十一节	程控自动交换系统.....	191
第八章	电力系统长途通信网.....	204
第一节	长途通信网.....	204
第二节	编号方案.....	207
第三节	信令方式.....	208
第四节	自动接续机.....	221
第五节	调度总机基本原理.....	223
第六节	DYD-1型调度通信总机.....	226
参考文献		237

第一章 电 话 机

电话机是通信系统中最常用、数量最多的一种终端设备。由于电话通信是利用电信号实现互通语言的一种通信方式，因而电话机是电话通信中必不可少的终端设备。一部实用的电话机中，最基本、最重要的组成部分是通话机件，它包括：送话器、受话器和消侧音电路。

本章重点介绍常用送话器、受话器、消侧音电路的工作原理，以及几种实际的电话机电路。

第一节 送 话 器

要利用电信号实现互通语言的目的，首先必须具有将声能转换为电能的转换器件，即所谓的送话器。现在，能够实现声—电转换的器件较多，但在实际电话机中使用最多的还是炭精式送话器。这是由于炭精送话器是一种有源器件，它在实现声—电转换时，具有几十分贝的增益，并且价格也很便宜。

炭精送话器的基本结构如图1-1所示，各部分的名称、构成等简介如下。

(1) 振动膜片。一般用质量较轻的圆形薄铝片制成，它可以随着声波做前、后弯曲振动。

(2) 前电极。一般用黄铜片压制成碗形，碗口与振动膜片固定连接在一起，成为一个导电的整体，碗底与炭精砂接触。

(3) 炭精杯。用绝缘材料制成，杯底中心开有小孔，以便装入后电极。

(4) 后电极。一般用黄铜制成，其带有螺纹的长脚伸出炭精杯底的中心小孔，并用螺母固定。

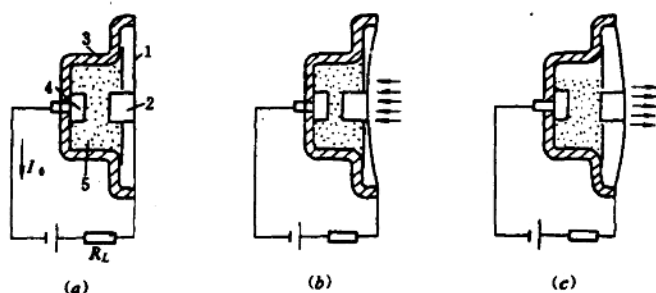


图 1-1 炭精送话器

(a) 结构示意图；(b) 声波的密波部分到达膜片前的情况；

(c) 声波的疏波部分到达膜片前的情况

1—振动膜片；2—前电极；3—炭精杯；4—后电极；5—炭精砂

(5) 炭精砂。一般是用碾碎的无烟煤加工制成细小的颗粒，被装入炭精杯中，但并不装满，而是稍微留有一点空隙。

一、炭精送话器的工作原理

由于炭精砂本身具有一定的电阻，而且装在炭精杯内的炭精砂之间，炭精砂与前、后电极之间，具有一定的接触电阻，因此在没有声波作用时，前、后电极之间具有一个静态电阻 R_0 。在图1-1(a)所示的回路中，有一个直流电流 I_0 ，这个电流即为炭精送话器的偏置电流，一般称为供电电流。

当对着炭精送话器讲话时，在声波的作用之下，振动膜片将发生振动。

当声波的密波部分到达振动膜片前时，振动膜片前的空气压力大于振动膜片后的空气压力，迫使振动膜片的中心部分向内弯曲，如图1-1(b)所示。这样，就使得炭精砂被压紧接触电阻减少，使回路的总电阻减小，因而回路的电流增大。

当声波的疏波部分到达振动膜片前时，振动膜片前的空气压力小于振动膜片后的空气压力，迫使振动膜片的中心部分向外弯曲，如图1-1(c)所示。这样，炭精砂就松散开，接触电阻增大，使回路的总电阻增大，因而回路电流减小。

讲话的声音越大，产生的声压就越大，振动膜片的振幅也就越大，炭精送话器电阻的变化也就越大，因而回路电流变化的幅度也就越大。

当声波不断地作用于炭精送话器的振动膜片上时，将使振动膜片不断地振动，回路电流也随着不断地变化，其变化的幅度和频率，都与作用于振动膜片上的声波相对应。这就是声能转换为电能的物理过程。

从图1-1可以看出，炭精送话器回路中的电流，在声波的作用之下，只有大小的变化而没有方向的改变，因此它是一种脉动电流。即在一个较大幅度的直流电流之上，叠加了一个较小的交变电流。

二、话音电流的产生

以上从物理概念上介绍了炭精送话器的工作原理。下面再用图解分析的方法，进一步分析炭精送话器话音电流（也可简称话流）的产生过程。

为了简化分析，假设：

(1) 作用于送话器振动膜片上的声波是一个正弦波；

(2) 负载 R_L 是一只纯电阻。在图1-2中： $p = p_m \sin \omega t$ 是作用于送话器上声波的声压； R_0 是送话器的静态电阻； $r = r_m \sin \omega t$ 是送话器在声波作用下的动态电阻。

当 $t = t_0$ 时，声压 $p = 0$ ，送话器的振动膜片处于静止位置，此时回路内的电流就是送话器的供电电流 I_0 ，其值为

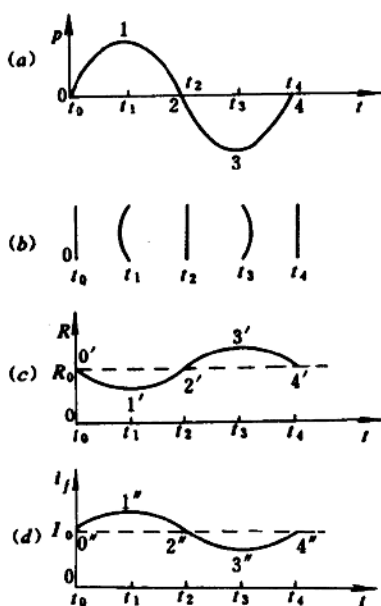


图 1-2 话流的产生过程

(a) 作用在送话器上的声压；(b) 振动膜片
(c) 送话器的电阻；(d) 回路电流

$$I_0 = \frac{U}{R_L + R_0}$$

在 $t = t_0 \sim t_1$ 这段时间里, 声压沿曲线 0—1 逐渐上升, 送话器的振动膜片逐渐向里弯曲, 送话器的电阻值沿曲线 $0'—1'$ 逐渐下降, 而回路电流则沿曲线 $0''—1''$ 逐渐上升。当 $t = t_1$ 时, 声压增加至最大值 p_m , 振动膜片向里弯曲到最大位置, 送话器的电阻减小到最小值, 而回路电流则增加到最大值, 此时回路的电流为

$$I_0 + I_{fm} = \frac{U}{R_L + R_0 - r_m}$$

在 $t = t_1 \sim t_2$ 这段时间里, 声压沿曲线 1—2 逐渐下降至 0, 送话器的振动膜片逐渐回到静止状态, 送话器的电阻值沿曲线 $1'—2'$ 逐渐上升到 R_0 , 而回路电流则沿曲线 $1''—2''$ 逐渐下降到 I_0 。

在 $t = t_2 \sim t_3$ 这段时间里, 声压沿曲线 2—3 逐渐下降到 $-p_m$, 振动膜片逐渐向外弯曲到最大位置, 送话器的电阻沿曲线 $2'—3'$ 逐渐增加到最大值, 而回路电流则沿曲线 $2''—3''$ 逐渐下降到最小值, 其值为

$$I_0 - I_{fm} = \frac{U}{R_L + R_0 + r_m}$$

在 $t = t_3 \sim t_4$ 这段时间里, 声压沿曲线 3—4 逐渐上升到 0, 振动膜片逐渐回复到静止状态, 送话器的电阻值沿曲线 $3'—4'$ 逐渐减小到 R_0 , 而回路电流则沿曲线 $3''—4''$ 逐渐增加到 I_0 。

以上是炭精送话器在正弦声波一个周期作用下, 话流的产生过程, 继续下去只是上述过程的不断重复。

从图 1-2 (d) 可以看出, 当有声波作用在送话器上时, 送话器回路中的电流为

$$i = I_0 + i_f$$

其中交流成分 i_f 的波形与作用在送话器上声波的波形相似, 因此被称为话音电流。

三、等效话流电动势

从以上的分析已经知道, 炭精送话器在声波的作用下, 可以输出一个与声波波形相似的话音电流, 因此可以将送话器的等效电路用图 1-3 来表示。

在图 1-3 中, e_s 为等效话流电动势, R 是等效电阻, $R = R_0 + r$ 。话流可以表示为

$$\begin{aligned} i_f &= i - I_0 \\ &= \frac{U}{R_L + R_0 - r} - \frac{U}{R_L + R_0} \\ &= \frac{U_r}{(R_L + R_0 + r)(R_L + R_0)} \\ &= \frac{I_0 r}{R_L + R_0 - r} \end{aligned} \quad (1-1)$$

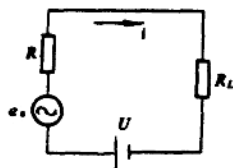


图 1-3 送话器的等效电路

假设在正弦声波的作用之下, 炭精送话器的动态电阻也是正弦变化的, 即

$$r = r_m \sin \omega t$$

则

$$i_f = \frac{I_0 r m \sin \omega t}{R_L + R_0 - r m \sin \omega t} \quad (1-2)$$

由式 (1-2) 可以看出, 当正弦声波作用于炭精送话器上时, 炭精送话器所产生的话音电流并不是一个正弦波。也就是说, 炭精送话器在进行声—电转换时, 产生了失真。但是, 由于炭精送话器的动态电阻 r , 远小于炭精送话器的静态电阻与负载电阻之和 $R_0 + R_L$ 。因此式 (1-1) 可以简化为

$$i_f \approx \frac{I_0 r}{R_L + R_0} \quad (1-3)$$

式 (1-3) 中的分子为等效的话流电动势, 即

$$e_s = I_0 r \quad (1-4)$$

从式 (1-4) 可以得出以下两点重要结论:

(1) 炭精送话器等效话流电动势的大小正比于供电电流 I_0 的大小。因此, 适当地增大炭精送话器的供电电流 I_0 , 可以提高炭精送话器等效话流电动势的大小, 从而增加话音电流的输出。然而炭精送话器的供电电流只能在一定限度内增大, 如果供电电流太大, 炭精砂将由于发热而被烧坏, 使炭精送话器的性能变坏。

(2) 炭精送话器等效话流电动势的大小正比于声强的大小。因此, 适当地增大声音的强度, 可以增加炭精送话器话音电流的输出。但是, 声音过强将使炭精送话器输出话流的失真严重, 反而使受话者听不清楚讲话的内容。

在使用炭精送话器时, 应避免振动和受潮。因为振动会使送话器内部回路发生中断, 在中断处因高压而产生火花, 从而烧坏炭精砂和电极。而受潮后会炭精砂粘结在一起。以上情况的出现, 均会使炭精送话器的性能变坏。

第二节 受话器

受话器是一种能将话音电流转换为声音的电—声转换器件。现在能够实现这种转换的器件也较多, 在实际电话机中使用较多的是电磁式受话器。

电磁受话器的基本结构如图1-4所示, 各部分的名称、作用如下。

(1) 线圈。用于接受输入的话音电流。

(2) 铁质振动膜片。在输入话流的作用下, 发生前后振动, 从而再生出声波。

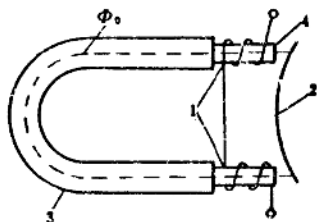


图 1-4 电磁受话器的基本结构

1—线圈; 2—铁质振动膜片;
3—永久磁铁; 4—极靴

(3) 永久磁铁。是电磁式受话器中不可缺少的部分, 用于保证其工作质量。

(4) 极靴。是永久磁铁的延长部分, 用以改善受话器的性能, 线圈框架套在极靴上。

一、受话器的工作原理

当线圈中没有话流流过时, 永久磁铁所产生的恒定磁通 Φ_0 沿极靴、振动膜片和空气隙构成一个闭合回路, 如图1-4中的虚线所示。由恒定磁通 Φ_0 对振动膜片所

产生的吸力，使振动膜片的中心部分向永久磁铁方向弯曲。此时振动膜片因弯曲而具有的弹性恢复力与永久磁铁对它的吸力相等，使振动膜片处于一种平衡状态。

当话流流过受话器的线圈时，将产生一个附加的话流磁通 ϕ_f 。由于话流磁通的大小和方向都随着输入的话流而不断地变化，从而使铁芯对振动膜片的吸力不断地改变，振动膜片便随着发生振动。振动膜片的振动激励膜片前的空气发生振动，从而还原出声波。

下面再用图解的方法，进一步分析电磁受话器将话音电流转换为声波的过程。

为了简化分析，假设流入线圈的话流为一个正弦波，即

$$i_f = I_{fm} \sin \omega t$$

设永久磁铁所产生的恒定磁通 ϕ_0 的方向为磁通的正方向，且在 i_f 的正半周；由 i_f 所产生的话流磁通 ϕ_f 与 ϕ_0 的方向相同，则

$$\phi_f = \phi_{fm} \sin \omega t$$

由图1-5可以看出，在 $t = t_0$ 时，话流 $i_f = 0$ ，话流磁通 $\phi_f = 0$ ，振动膜片处于静止平衡位置。

在 $t = t_0 \sim t_1$ 这段时间里，话音电流 i_f 由零逐渐上升到最大值 I_{fm} ，话流磁通 ϕ_f 也由0逐渐上升到最大值 ϕ_{fm} ，使得振动膜片与极靴之间空气隙的总磁通 ϕ_1 也由 ϕ_0 逐渐上升到 $\phi_0 + \phi_{fm}$ ，因而铁芯对振动膜片的吸力也随着逐渐增加到最大，使振动膜片从静止平衡位置逐渐被吸向离极靴最近处。

在 $t = t_1 \sim t_2$ 这段时间里，话音电流由 I_{fm} 逐渐下降到0，话流磁通也由 ϕ_{fm} 逐渐下降到0，总磁通由 $\phi_0 + \phi_{fm}$ 逐渐下降到 ϕ_0 ，因而对振动膜片的吸力也逐渐减小，结果振动膜片在其弹性恢复力的作用之下，逐渐回到静止的平衡位置。

在 $t = t_2 \sim t_3$ 这段时间里，话音电流由0逐渐下降到 $-I_{fm}$ ，话流磁通也由0逐渐下降到 $-\phi_{fm}$ ，总磁通由 ϕ_0 逐渐下降到 $\phi_0 - \phi_{fm}$ ，因而对振动膜片的吸力也逐渐减小，结果振动膜片在其弹性恢复力的作用之下，逐渐伸直到离极靴最远处。

在 $t = t_3 \sim t_4$ 这段时间里，话音电流由 $-I_{fm}$ 逐渐回升到0，话流磁通也由 $-\phi_{fm}$ 逐渐回升到0，总磁通逐渐由 $\phi_0 - \phi_{fm}$ 回升到 ϕ_0 ，因而对膜片的吸力也逐渐回升，结果振动膜片又逐渐被吸回到静止平衡位置。

当话流不断地流经受话器的线圈时，振动膜片就不断地按照话流的变化规律而产生相

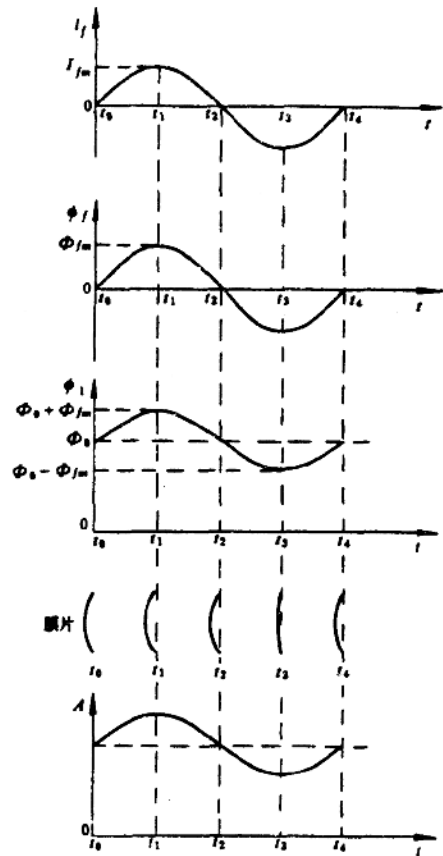


图 1-5 受话器变话流为声振动的过程

应的振动,使得振动膜片前的空气也随着振动,从而还原出相应的声波。

二、永久磁铁的作用

由于电磁吸力是与磁极和被吸物体之间所穿过的有效磁通的平方成正比,即

$$F = K \Phi^2$$

当受话器的线圈中没有话流流过时,穿过极靴与振动膜片之间空气隙的有效磁通 $\phi = \Phi_0$,因而振动膜片所受到的吸力 F_0 为

$$F_0 = K \Phi_0^2$$

当有一正弦话流流过受话器线圈时,有效磁通 $\phi_1 = \Phi_0 + \phi_f$,此时振动膜片所受到的吸力 f_1 为

$$f_1 = K (\Phi_0 + \phi_f)^2 = K (\Phi_0 + \Phi_{fm} \sin \omega t)^2$$

显然,使受话器振动膜片产生振动的力 f 应该是 f_1 与 F_0 之差,即

$$\begin{aligned} f &= f_1 - F_0 \\ &= K (\Phi_0 + \Phi_{fm} \sin \omega t)^2 - K \Phi_0^2 \\ &= K (2\Phi_0 \Phi_{fm} \sin \omega t + \Phi_{fm}^2 \sin^2 \omega t) \\ &= K (2\Phi_0 + \Phi_{fm} \sin \omega t) \Phi_{fm} \sin \omega t \end{aligned} \quad (1-5)$$

由上可见,虽然输入受话器线圈中的话流是一个正弦波,但是引起振动膜片产生振动的力是非正弦的,因此还原出来的声音也就有了一点失真,除了具有与话流频率相同的基波分量外,还含有两倍频的谐波成分。

如果由永久磁铁所产生的恒定磁通 Φ_0 远大于由话流所产生的话流磁通的最大值 Φ_{fm} ,即 $\Phi_0 \gg \Phi_{fm}$,则式 (1-5) 可以近似写为

$$f \approx 2K \Phi_0 \Phi_{fm} \sin \omega t \quad (1-6)$$

式 (1-6) 说明:当 $\Phi_0 \gg \Phi_{fm}$ 时,振动膜片所受到的振动力的波形近似地与话流磁通波形相同,因而也可以认为振动膜片的振动曲线与话音电流的波形相同,即受话器再生出的声波几乎没有失真。

从式 (1-6) 还可以看出,当永久磁铁的恒定磁通 Φ_0 愈大,振动膜片的振动力和振幅就愈大,因而还原出的声音愈大。即增强永久磁铁的恒定磁通 Φ_0 ,可以提高受话器的灵敏度。

当电磁式受话器中没有永久磁铁,即 $\Phi_0 = 0$ 时,振动膜片所受到的振动力 f 为

$$\begin{aligned} f &= K \Phi_{fm}^2 \sin^2 \omega t \\ &= \frac{1}{2} K \Phi_{fm}^2 (1 - \cos 2\omega t) \end{aligned}$$

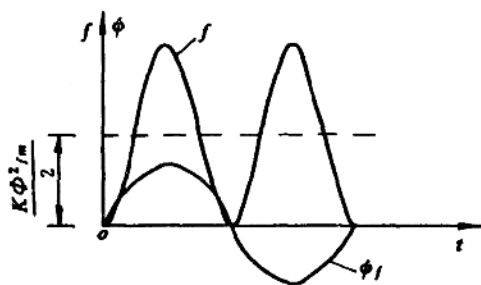


图 1-6 $\Phi_0 = 0$ 时 ϕ_f 与 f 的曲线

此时振动膜片振动的频率是输入话流频率的两倍,因而受话器再生出的声音完全失真了,如图 1-6 所示。

从以上的讨论可以看出,永久磁铁是电磁式受话器中不可缺少的重要零件,并且要求 $\Phi_0 \gg \Phi_{fm}$ 。

三、使用中应注意的几个问题

(一) 振动膜片与极靴之间要有适当的空气隙

当振动膜片与极靴之间的空气隙增加时，磁回路的漏磁和磁阻将增大，因而有效磁通 Φ_0 与 Φ_{fm} 的乘积减小。反之，当空气隙减小时，漏磁和磁阻将减小，因而 Φ_0 与 Φ_{fm} 的乘积增大，也就使得振动膜片所受到的振动力 f 增大。也就是说，减小空气隙可以提高受话器的灵敏度。

然而，空气隙的减小也有一定的限制。因为空气隙太小将使振动膜片在振动时撞击极靴，从而使受话器再生出的声音失真和伴随有金属撞击声。若空气隙过分小，则振动膜片可能被吸住而不再振动。

因此，振动膜片与极靴之间要有适当的空气隙，一般约为0.2~0.4mm。

(二) 应避免磁路饱和

如前所述，增加永久磁铁的恒定磁通，可以提高受话器的灵敏度，并且减小失真。但是永久磁铁的恒定磁通的增大，受到磁路饱和的限制。在发生饱和时，话流磁通的变化与话流的变化将不成正比，这就使得受话器的失真大大增加，而受话器的效率则大大降低。

受话器中的线圈，不是直接套在永久磁铁的磁极上，而是套在由电工钢材料制成的极靴上，再与磁极相连，就是为了避免磁路发生饱和。

(三) 受话器的线圈中不宜通过直流电流

在受话器的线圈中若有直流电流通过，则由其产生的磁通可能与永久磁铁的恒定磁通方向相同，也可能和它的方向相反。由以上的讨论可以知道，无论是哪一种情况出现，都将使得受话器的效率降低和失真增大。因此，在实际的电话机电路中，都采取了隔直流的措施，以避免直流电流流经受话器的线圈。

第三节 消侧音电路

一、感应线圈的应用

将炭精送话器 S 、电磁受话器 SH 、电源和电话线按照图1-7所示线路连接，即可构成最简单的通话电路。

电源同时向 A 、 B 两端的送话器提供供电电流。发话者的讲话声音通过自己的送话器所产生的话音电流，沿电话线路传到对方；而受话者则经受话器再生出发话者的讲话声音。

图1-7所示的通话电路，有以下几个缺点：

(1) 由电源提供给送话器的直流供电电流，也要流过受话器的线圈。从上一节的讨论可知，此时受话器的效率降低，并且失真增大。

(2) 由于送话器的阻抗总是小于它的等效负载阻抗，因而送话器不可能在输出最大功率的条件下进行工作。

(3) 随着通话距离的增加，电话线路的电阻增大，使得送话器的供电电流减小，因

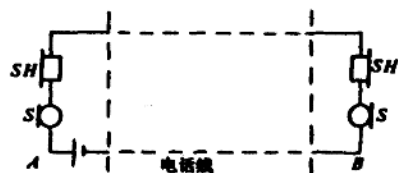


图 1-7 简单的通话电路

而送话器的效率降低, 送话器输出的话音电流减小。

(4) 发话者在自己的受话器内能听到自己讲话的声音, 这种现象叫做侧音效应。侧音效应会引起人耳听觉的疲乏, 因而降低收听来话时的灵敏度。尤其是在线路较长的时候, 来话声音比侧音还要小, 侧音效应对通话效果的影响更严重。

以上所述的4点共同限制了此种通话电路的通话距离。

为了克服最简单的通话电路的缺点, 在电话机中采用了感应线圈。感应线圈实际上就是一种铁芯变量器, 又称为电话变量器。图1-8是采用了感应线圈的基本通话电路。

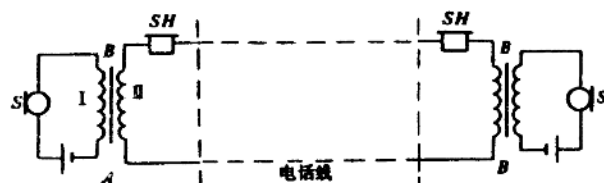


图 1-8 采用感应线圈的通话电路

从图1-8可以看出, 直流电源经线圈 I 为送话器提供供电电流。这样, 一方面接在线圈 II 一侧的受话器中不再有直流电流通过, 避免了受话器的效率降低和失真增大; 另一方面, 送话器供电电流的大小不再受电话线路长短的影响, 从而保证送话器获得一个合适的供电电流。

另外, 采用了感应线圈之后, 只要其线圈 I、II 的匝比选择合适, 即可以做到送话器的阻抗与等效负载阻抗相匹配, 从而获得最大的话流功率输出。

由上可见, 采用了感应线圈之后, 克服了最简单的通话电路4个缺点中的3个, 因而图1-8所示的通话电路的通话距离大大延长了。但是, 该电路仍然存在侧应效应, 需进一步采取措施加以克服。

二、桥式消侧音电路

桥式消侧音电路就是在图1-8所示通话电路的基础上, 增加一个平衡线圈 III 和一只平衡阻抗 Z_N , 如图1-9所示。

(一) 消侧音原理

当对着送话器讲话时, 由送话器产生的话音电流 $\dot{I}_s$ 流过线圈 I, 因而在线圈 II、III 中分别产生感应电动势 $\dot{E}_2$ 、 $\dot{E}_3$, 如图1-9所示。感应电动势 $\dot{E}_2$ 在负载阻抗 Z_L 、受话器 SH 和线圈 II 的回路中, 产生一个电流 $\dot{I}_L$; 而感应电动势 $\dot{E}_3$ 在平衡阻抗 Z_N 、受话器 SH 和平衡线圈 III 的回路中, 产生一个电流 $\dot{I}_N$ 。从图1-9可以看出, $\dot{I}_L$ 与 $\dot{I}_N$ 的方向相反。如果适当地设计和选择感应线圈以及平衡阻抗的参数, 使得 $\dot{I}_L$ 与 $\dot{I}_N$ 的大小相等, 则流经受话器支路的电流 $\dot{I}_{SH} = 0$, 因此从自己的受话器中就不会再听见自己讲话的声音, 即达到了消侧音的目的。

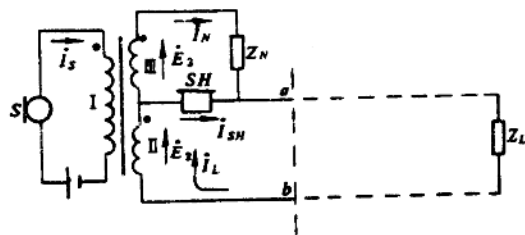


图 1-9 桥式消侧音电路

由于图1-9所示的电路实际上是一个电桥电路，因而被称为桥式消侧音电路。

(二) 消侧音条件

下面讨论桥式消侧音电路的消侧音条件。

对于图1-9所示电路，可以列出以下的回路方程

$$\begin{cases} \dot{I}_S(Z_1 + R_S) + \dot{I}_L Z_{12} + \dot{I}_N Z_{13} = \dot{E}_S \\ \dot{I}_L(Z_2 + Z_L) + \dot{I}_{SH} Z_{SH} + \dot{I}_N Z_{23} + \dot{I}_S Z_{12} = 0 \\ \dot{I}_N(Z_3 + Z_N) - \dot{I}_{SH} Z_{SH} + \dot{I}_S Z_{13} + \dot{I}_L Z_{23} = 0 \\ \dot{I}_{SH} = \dot{I}_L - \dot{I}_N \end{cases} \quad (1-7)$$

式中 Z_1 ——线圈Ⅰ的自阻抗；
 Z_2 ——线圈Ⅱ的自阻抗；
 Z_3 ——线圈Ⅲ的自阻抗；
 Z_{12} ——线圈Ⅰ、Ⅱ的互阻抗；
 Z_{13} ——线圈Ⅰ、Ⅲ的互阻抗；
 Z_{23} ——线圈Ⅱ、Ⅲ的互阻抗；
 R_S ——送话器的电阻；
 Z_{SH} ——受话器的阻抗。

要想达到完全消除侧音的目的，就必须使得发话时流过受话器的电流等于零。因此，联立求解上述回路方程，并令 $\dot{I}_{SH} = 0$ ，即可得出

$$(Z_2 + Z_L + Z_{23}) Z_{13} - (Z_3 + Z_N + Z_{23}) Z_{12} = 0 \quad (1-8)$$

如果不考虑感应线圈的漏磁，则

$$\begin{cases} Z_1 = r_1 + j\omega L_1 \\ Z_2 = r_2 + j\omega L_2 \\ Z_3 = r_3 + j\omega L_3 \\ Z_{12} \approx j\omega \sqrt{L_1 L_2} \\ Z_{13} \approx j\omega \sqrt{L_1 L_3} \\ Z_{23} \approx j\omega \sqrt{L_2 L_3} \end{cases} \quad (1-9)$$

假设感应线圈Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ的匝数比 $w_1 : w_2 : w_3 = 1 : n : m$ ，则

$$\begin{cases} n = \frac{W_2}{W_1} = \sqrt{\frac{L_2}{L_1}} \\ m = \frac{W_3}{W_1} = \sqrt{\frac{L_3}{L_1}} \\ \frac{m}{n} = \frac{W_3}{W_2} = \sqrt{\frac{L_3}{L_2}} \end{cases} \quad (1-10)$$

先将式(1-9)代入式(1-8)中，然后再将式(1-10)代入，即可求得桥式消侧音电路的消侧音条件为

$$Z_N = (r_2 + Z_L) \frac{m}{n} - r_3 \quad (1-11)$$

由于一般情况下，线圈的电阻 r_2, r_3 要比负载阻抗 Z_L 、平衡网络阻抗 Z_N 小得多，因此

式 (1-11) 可以简化为

$$Z_N \approx \frac{m}{n} Z_L \quad (1-12)$$

从式 (1-12) 可以看出, 平衡网络阻抗 Z_N 就是用于模拟等效负载阻抗 Z_L 的。如果 $W_2 = W_3$, 则 $Z_N = Z_L$ 。

(三) 消侧音电路的实际效果

在理想条件下, 桥式消侧音电路是可以完全消除侧音的, 但是, 在实际的应用中则不可能做到完全消除侧音。这是由于等效负载阻抗 Z_L 是由用户线路的分布参数和对方的电话机参数所决定的, 而平衡网络阻抗 Z_N 是由集中参数的元件所组成的, 因此采用简单电路形式的 Z_N 是很难准确地模拟 Z_L 的。另外, 人类的语言具有一定的频带宽度, 即便做到了在某个频率上 Z_N 满足了平衡条件, 而在其它频率上也很难仍然满足平衡条件。

由上可见, 采用了消侧音电路后, 仍然会有一点侧音存在, 不过此时的侧音对通话的影响大大地降低了。另外, 剩下的一点侧音可以用于检查通话机件是否良好, 以及使通话者具有真实感。

(四) 通话情况

发话时, 由送话器产生的话音电流 $\dot{I}_s$ 流过线圈 I, 在线圈 II、III 上产生感应电动势 $\dot{E}_2$ 、 $\dot{E}_3$ 。由于消侧音电路的作用, 流经受话器支路的电流很小, 所以发出的话音电流主要流经 Z_N 、 Z_L 、线圈 II、III, 如图 1-10(a) 所示。

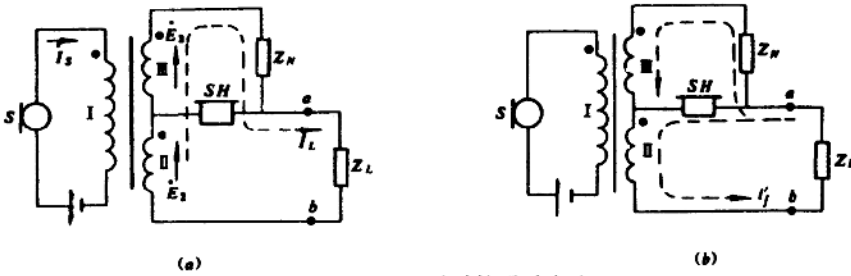


图 1-10 通话时的通话电流
(a) 发话时 (b) 受话时

受话时, 从对方传来的话音电流分别流经受话器和平衡网络支路, 如图 1-10(b) 所示。由于受话器的阻抗小于平衡网络和线圈 III 的阻抗, 因而只有很小一部分话音电流流过平衡网络和线圈 III 支路。

(五) 共电制电话机的桥式消侧音电路

以上讨论的桥式消侧音电路适用于磁石式电话机, 而共电制电话机中送话器的供电电流是由交换机集中供给的, 因此共电制电话机中的桥式消侧音电路与图 1-9 略有不同, 如图 1-11 所示。

发话时, 由送话器所产生的话音电流 $\dot{I}_s$, 分别流经两条支路: 负载阻抗 Z_L 、线圈 I 支路和平衡网络 Z_N 线圈 III 支路, 如图 1-11 所示。流经线圈 I 的电流 $\dot{I}_L$ 在线圈 II 中产生感应电动势 $\dot{E}_{12}$; 流过线圈 III 的电流 $\dot{I}_N$ 在线圈 II 中也产生一个感应电动势 $\dot{E}_{32}$ 。由于 $\dot{E}_{12}$ 与 $\dot{E}_{32}$ 的方向相反, 如果线圈 III 和 Z_N 的参数选择合适, 使得 $\dot{E}_{12}$ 与 $\dot{E}_{32}$ 的大小相等, 则在线圈 II 中

的合成感应电动势为0,受话器中无自己发出的话音电流通过,从而达到了消除侧音的目的。上述的 $\dot{I}_L$ 即为发送至对方去的话音电流。

受话时,从对方传送来的话音电流 $\dot{I}_f$,分别流经送话器和平衡网络支路,如图1-12所示。流经线圈Ⅲ的电流 $\dot{I}_N$ 和流经线圈Ⅰ的电流 $\dot{I}_f$ 分别在线圈Ⅱ中产生感应电动势 $\dot{E}_{32}$ 和 $\dot{E}_{12}$,由于 $\dot{E}_{32}$ 和 $\dot{E}_{12}$ 的方向相同,因此线圈Ⅱ中的合成感应电动势是 $\dot{E}_{32}$ 与 $\dot{E}_{12}$ 之和,因此在受话器中有一话音电流 $\dot{I}_{SH}$ 通过,经受话器再生出对方的讲话声音。

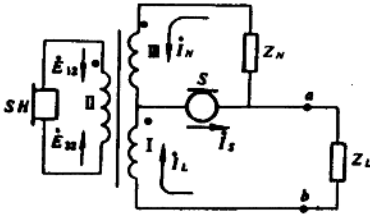


图 1-11 共电制电话机中的桥式消侧音电路

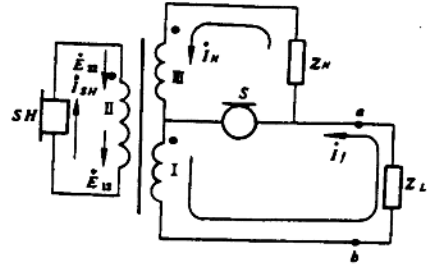


图 1-12 受话时情况

三、补偿式消侧音电路

在实际的电话机电路中,除了桥式消侧音电路之外,补偿式消侧音电路是另一种经常使用的消侧音电路。补偿式消侧音电路如图1-13所示。

当发话者对着送话器讲话时,由送话器产生的话音电流主要流经线圈Ⅰ和线圈Ⅱ回路。流经线圈Ⅰ的电流 $\dot{I}_L$ 和流经线圈Ⅱ的电流 $\dot{I}_2$,分别在线圈Ⅲ中产生感应电动势 $\dot{E}_{13}$ 和 $\dot{E}_{23}$ 。由图1-13可见, $\dot{E}_{13}$ 和 $\dot{E}_{23}$ 的方向相反,若电路参数选择合适,即可做到在数值上 E_{23} 大于 E_{13} ,则线圈Ⅲ中的合成感应电动势 $\dot{E}_3$ 的方向如图1-13所示。由 $\dot{E}_3$ 在受话器中产生的电流 $\dot{I}_N$ 的方向与 $\dot{I}_2$ 的方向相反,若电路参数选择合理,可使得在数值上 I_N 与 I_2 相等,则流过受话器的电流为0,从而达到了消侧音的目的。

由图1-13可以列出以下回路方程

$$\begin{cases} \dot{I}_S R_S + \dot{I}_L (Z_1 + Z_L) - \dot{I}_2 Z_{12} + \dot{I}_N Z_{13} = \dot{E}_3 \\ \dot{I}_S R_S + \dot{I}_2 (Z_2 + Z_L) + \dot{I}_{SH} Z_{SH} - \dot{I}_L Z_{12} - \dot{I}_N Z_{23} = \dot{E}_S \\ \dot{I}_N Z_3 - \dot{I}_{SH} Z_{SH} + \dot{I}_L Z_{13} - \dot{I}_2 Z_{23} = 0 \\ \dot{I}_S = \dot{I}_L + \dot{I}_2 \\ \dot{I}_{SH} = \dot{I}_2 - \dot{I}_N \end{cases}$$

求解上述回路方程后得到 $\dot{I}_{SH}$ 的表达式,由于要消除侧音,因此令 $\dot{I}_{SH} = 0$,即可得出

$$(Z_1 + Z_L + Z_{12})(Z_3 - Z_{23}) = Z_{13}(Z_{13} + Z_{23} - Z_2 - Z_c - Z_{12}) \quad (1-13)$$

式(1-13)即为补偿式消侧音电路的消侧音条件。

图1-13中的 $\dot{I}_L$ 就是发话时发出的有效话音电流。

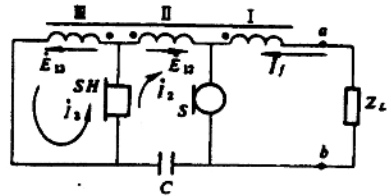


图 1-13 补偿式消侧音电路