

# 第一章 电话机

通信的历史已相当久远，古代的烽火传“信”、快马传“书”给人们留下了许多脍炙人口的故事。电报、电话、广播电视以及计算机通信等现代化的通信方式则标志着人类社会的文明与进步。通信的方式可谓种类繁多，但我们可将其分为电通信与非电通信两大类。顾名思义，电通信就是用电的方法来进行通信。就电通信来讲，又有电报、电话、数据、图像等多种通信业务，但无论是过去还是现在，电话通信一直是应用最广泛和最重要的一种通信方式。电话通信实现了人们在异地进行语言交流的愿望，即使通话双方远隔千山万水，话音信号瞬间即到，大大缩短了时间与空间距离。

电话机是电话通信网的终端设备，故也称电话（用户）终端，用以完成话音与电信号之间的转换。

## 第一节 电话机的基础知识

英语“Telephone”（电话）的原意是指远距离通话。但声音在空气中传播的距离是有限的，即使大声喊叫，一般也只能传送几十米，达不到远距离通话的目的。那么用什么媒介能把人们说话的声音传送的更远呢？在电话通信里是用“电”。电话机就是实现这种通信方式的终端设备。为了便于了解电话机的通信原理，以下介绍一些声学的基本知识。

### 一、声学概说

声音是物体振动产生的。例如，人们讲话时，声带振动发出话音，电话机中的极化铃是由于铃碗受到铃锤的敲击发生振动而产生声音。物体在空气中振动时，会激起它周围空气分子的振动，使空气分子产生疏密的变化，即在空气中形成疏密交替变化的空气波。这种疏密波是由于空气分子振动与振动的传播方向一致而形成的，所以这种疏密波又叫纵波。空气的这种疏密变化的波进入人耳中，使人耳膜也产生振动。耳膜的振动传给听觉神经，使人听到声音。这种使人能感觉为声音的空气波叫作声波。

声音的传播必须有媒介，空气、水、固体都是传播声音的媒介。在真空中，声音是不能传播的。声音在各种媒介里的传播距离都有一定限度，距声源越远，媒介质点振动越弱，弱到一定程度时人耳就听不到了。质点振动越强，振动幅度就越大，人耳听到的声音就越响。物体振动有快有慢，描述振动快慢用物体每秒钟振动的次数——频率表示，频率的单位名称是赫兹（Hz）。反映在听觉上，频率高的声音则音调高，频率低的声音则音调低。人耳能听到的声音频率范围约从 20Hz 至 20 000Hz。

如果声波的疏密变化符合正弦规律，就称这种声音为纯音。如果一种声音是由很多纯音组成，则叫复音。人的说话声音就是复音。一般话音的频率范围为 80Hz 至 8 000Hz。

声波在空气中传播时，如何描述空气分子振动的强弱呢？这可以用声压来表示。由于声波引起空气分子的疏密变化，因而大气压力出现了波动变化，我们可以把大气压力波动变化的

成分看成是声压。声音越大空气分子振动的幅度越大，声压就越大，声压可以用转换器检测出来。

人耳对于声音的感觉除了音调的高低之外，还有声音的大小，这就是响度。响度是一种主观感觉，除了与声压的大小有关外，还与声音的频率有关。一般人的感觉是，对同样声压的纯音来说，人耳对 2 000~4 000Hz 的声音觉得更响些。由于语言声音是复音，所以对语言的响度不能直接用声压来表示，在电话机中描述语言响度通常用响度评定值（或参考当量），而对于振铃的响度则用声压级来表示。

声压的单位名称是帕 [ 斯卡 ]，用 Pa 表示， $1\text{Pa} = 1\text{N/m}^2$ 。人耳可听到的最低声压约为  $2 \times 10^{-5}\text{Pa}$  所以用 Pa 描述声压显得单位太大。而且由于人耳对于声音大小的感觉不与声压大小成正比，而是与声压变化的对数成正比，因此通常用声压级描述声压。即某一声压相对于参考声压的对数

$$\text{SPL} = 20 \lg \frac{P}{P_0}$$

式中  $P$  为某一声音的声压， $P_0$  为参考声压，通常取  $P_0 = 1\text{Pa}$ ，SPL 就是声压级，单位是分贝，用  $\text{dB}_p$  来表示。如果取  $P_0 = 2 \times 10^{-5}\text{Pa}$  则声压级的单位用 dB 表示。

人耳对于声音的感觉还有以下几个特性。

#### 1. 声音的掩蔽现象

当两个响度相差较大的声音同时作用于人耳时，较强的声音能压倒较弱的声音，使人耳听不到较弱的声音，好像弱的声音被掩蔽起来了。

#### 2. 听觉的疲乏现象

当声音长时间作用于人耳时，听觉灵敏度会下降；当声音停止时，听觉疲乏现象不能立即消失。

#### 3. 听觉的非线性失真

当响度太大的声音作用于人耳时，人耳感觉到的声音会发生变化，这种变化就叫做非线性失真。我们在说话时，说话声音太响，有时对方反而会听不清，就是这种原因引起的。

### 二、能量、清晰度与电话传输频带

电话的主要用途是传递语言，即将双方讲话声音以一定的能量及清晰度传到对方，使对方既听懂又听清即可。所以没有必要将整个话音频带的声音都传递过去。因为传输 80~8 000Hz 宽频带，就会使通信硬件设备复杂，成本提高。因此，在保证一定的通信质量前提下，可通过压缩传输频带方法来传递信息。压缩传输频带要考虑能量、清晰度及音色三个因素。

#### 1. 响度

响度是指受话端听到的声音大小。这不仅与发话端发出的语言能量大小有关，还与压缩频带后的传输频带有关。

通过“电话传输频带与能量和清晰度关系”曲线得知，语音频带范围 500Hz 以下所携带能量约占整个频带范围能量的 50%~60%，说明低频段包含能量较多，对响度影响也较大。

#### 2. 清晰度

清晰度是指受话端能准确听懂发话端讲话的程度。其定义是：发话端发出声音（无连贯意义的字母、音节或单字）在受话端可听懂的百分数（准确程度）。

清晰度可以比较客观地判断电话传输系统的质量。实验证明，在电话通信中，清晰度若大

于 85%，则有相当高的可懂度；若清晰度低于 70%，电话传输的质量就比较差。

通过“电话传输频带与能量和清晰度关系”曲线得知，若滤去 1 000Hz 以下全部低频时，清晰度仍可达到 85%，说明高频段决定清晰度。

### 3. 电话传输频带的确定

上述分析表明，人类话音频率范围 80~8 000Hz 中的低频部分包含能量较多，而话音频谱中的高频部分对清晰度比较重要。特别是 1 000~2 000Hz 是保证清晰度必须传输的部分。压缩后的电话传输频带，既要保证一定的能量，又要兼顾清晰度，故最初电话传输频带确定为 300~2 700Hz。随着通信技术的不断发展和社会生活的实际需要，电话用户对电话通信中的“逼真度”的要求越来越高，使其具有足够的音色。实验证明，电话频谱中 2 500Hz 以上频率虽然对清晰度作用不大，但对音色的表现十分重要，故现代通信电话传输频带扩展为 300~3 400Hz 作为世界各国电话传输频带统一标准。其 800Hz 或 1 000Hz 作为通话频带的参考频率。

## 第二节 电话机通信原理及命名方法

### 一、电话机通信原理

电话通信是通过声能与电能相互转换来达到传输语言的一种通信技术。当发话者对着送话器说话时，由于声带的振动而产生了声波，声波作用于送话器，使送话器电路内的电流随声波作用作相应的变化。变化的话音电流沿着导线传送到对方电话机的受话器后，使受话器内的膜片随话音电流振动而产生声波。声波通过空气的传播，作用在听话者的耳膜上，使听（受）话者听到对方发话者的相似声音。如图 1-1 左上角发话者的“原始话音”、二线线路、右上角受话者听到的“还原话音”所示。

上述只是一方发话另一方听话的情况，要使双方交谈必须再设置一套相同的设备，如图 1-1 右下角发话者“原始话音”、二线线路、左下角受话者听到的“还原话音”所示。考虑到传输线路设备的经济性，电话系统多数采用一对导线的二线传输线路来实现话音信号的双向传输。

图中送话器的作用是完成声/电转换，受话器的作用是完成电/声转换，二线线路电信线的作用是完成电信号传输，混合电路的作用是完成二/四线转换，把送话电信号送往线路上，把线路上来的电信号送往受话器。由于混合电路上接有消侧音电路，可大大减少侧音效应。所谓侧音是指本方发出的声音通过送话器转换成电信号后，不仅可以通过二线线路送往对方，而且还会送到本方受话器中，产生很大的声音一侧音。这种侧音会使人耳产生疲劳现象而影响收听对方的话音。所以现代电话机均设有较好的消侧音电路。在实际电话机中，混合电路可以是变压器，也可以是电子元件和集成电路组成的电路。

上面只是扼要介绍电话机的通话原理。实际的电话机电路还要考虑直流供电问题，呼叫对方和接收对方呼叫的信号发送设备和信号接收设备以及通话、信号的转换设备等。

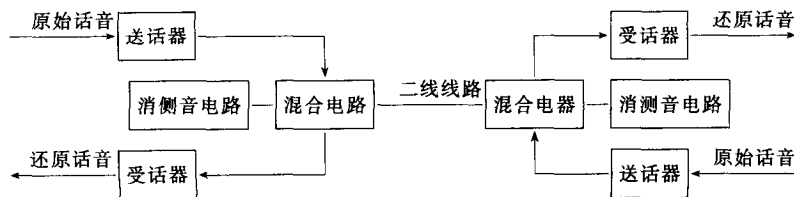


图 1-1 二线双向电话电路框图

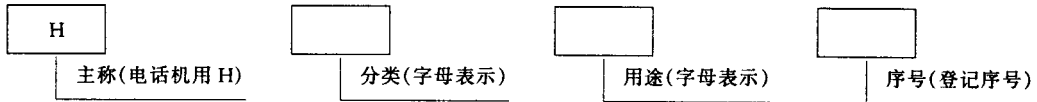
## 二、电话机的命名方法

我国电话机型号命名方法有两种，即原机械电子工业部的命名方法和原邮电部关于进网电话机编号管理暂行办法。

### （一）原机械电子工业部命名方法

#### 1. 型号组成

电话机型号由四部分组成：即主称、分类、用途和序号。前三项均用简化名称汉语拼音的第一个字母表示，当相互间有重复时，则取汉语拼音的第二个字母，序号用阿拉伯数字表示如图 1-2 所示。



#### 2. 分类代号如下表

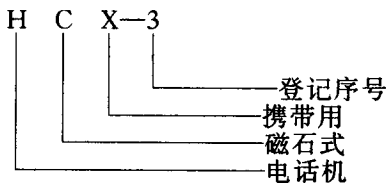
| 名 称 | 磁 石 | 共 电 | 自 动 | 声 力 | 扬 声 | 调 度 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 代号  | C   | G   | Z   | L   | A   | I   |

#### 3. 用途代号表

| 名 称 | 代 号 | 名 称 | 代 号 | 名 称  | 代 号 |
|-----|-----|-----|-----|------|-----|
| 墙挂用 | G   | 潜水用 | S   | 农村用  | N   |
| 携带用 | X   | 矿 用 | K   | 专用   | Z   |
| 防爆用 | B   | 铁路用 | L   | 无人管理 | W   |
| 船舶用 | C   | 企业用 | Q   |      |     |

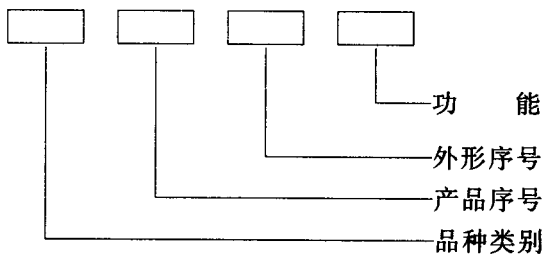
#### 4. 命名举例

如 HCX-3 型磁石电话机



### （二）原邮电部进网电话机编号管理暂行办法

#### 1. 电话机编号由 4 部分组成（型号）



#### 2. 编号中各符号及其含义

（1）品种类别：由两个汉语拼音字母组成，具体规定如下：

“HC”表示磁石电话机；

“HB”表示拨号盘式自动电话机；

“HG”表示共电式电话机；

“HA”表示按键式自动电话机；

“HL”表示自动录音电话机；

“HW”表示无绳电话机；

“HT”表示投币电话机；

“HK”表示磁卡电话机；

“HE”表示光卡电话机。

(2) 产品序号：原则按厂家进网登记的顺序排列，由 2~3 位阿拉伯数字组成。

(3) 外形序号：用加括号的罗马数字表示。

(4) 功能：用英文字母表示，规定如下：

P——脉冲拨号；

T——双音频拨号；

D——免提；

S——号码存储记忆；

P/T——脉冲、音频拨号兼容；

L——锁号功能；

d——扬声功能。

(5) 举例 HA998(Ⅲ)P/TSD 多功能电话机

HA——按键式自动电话机；

998——产品进网登记序号；

(Ⅲ)——第三种外形，即三型机；

P/TSD——具有脉冲、音频兼容拨号、存储、免提功能。

### 第三节 电话机部件

#### 一、受话器

受话器的功能是将话音电流转换为相应的语音，故也称为电/声转换器件。电话机中常用的受话器按其阻抗可分为中阻和高阻。按能量转换原理可分为电磁式、动圈式和压电式。共电及自动电话机中多采用中阻式、电磁、动圈及压电式受话器，磁石式话机多使用高阻式受话器。

##### (一) 电磁式受话器

电磁式受话器的基本原理，是在一个恒定磁场中利用话音信号交变电流产生一个交变磁场，由两种磁场的共同作用使振动膜片振动。如图 1-3 所示。

双极式受话器的工作原理是：当无语音电流流过线圈时，振动膜片在永久磁铁的作用下呈向下弯曲状态（图中实线位置）。当电流从 *a* 端流入 *b* 端流出时，根据右手法则，电流产生磁场与永久磁场方向相同，所以磁场加强，对膜片吸力加大，吸力越大，膜片弯曲越厉害，如图 1-3 中虚线 1 所示。反之，膜片如图中虚线 2 所示。当线圈中流入大小变化的交变电流时，膜片随电流的方向和大小不断振动而发出声音。

双极式受话器的振动膜片既是导磁体，又是振动体，故受话器效率较低，频响较差。

图 1-4 为差动式受话器结构示意图。与双极式受话器相比，差动式受话器具有效率高、寿命长、灵敏度高等优点。

差动式受话器的工作原理是：当交变的话音电流为零时，只有永久磁铁产生恒定磁场，其磁通路如图 1-4 中实线所示，此时处于力的平衡状态，衔铁与铁心之间左右间隙基本相同，振动膜处于原始位置。当有话音电流从  $a$  流入  $b$  流出时，话流产生的磁场方向如图中虚线所示。从图中看出这个磁场在左间隙处与永久磁铁磁场方向相反，在右间隙处方向相同，于是左间隙处磁场减弱，吸力减小，右间隙处磁场增强，吸力增大，破坏了原来的平衡状态，于是衔铁以中间支点为轴，右边向下转动，左边向上转动，向下拉动振动膜的力加大，振动膜上方的空气被放松。反之，当话流反方向流入时，产生反向磁场，衔铁反向转动，振动膜底部向上移动，振动膜上方的空气被压缩。当线圈中流入交变话音电流时，振动膜就会上下振动，膜片上方空气放松、压缩、发出声音。

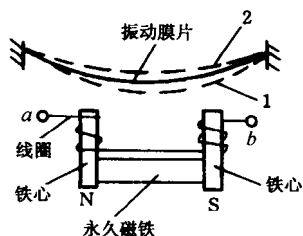


图 1-3 双极式受话器结构示意图

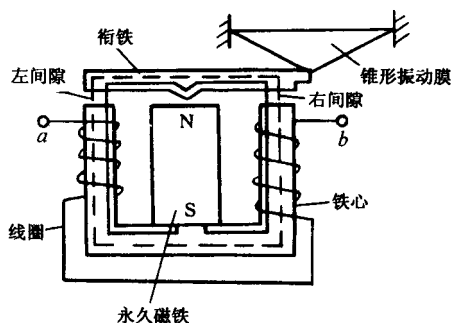


图 1-4 差动式受话器结构示意图

由差动式受话器结构图分析看出，由于交变话音电流产生的磁场不经过永久磁铁，所受磁阻小，所以产生的磁场较强。另外，衔铁受力是右边加大左边减小（或受力相反），相当于一推一拉的作用，使差动式受话器比双极式受话器的灵敏度要高出两倍以上。再者，差动式受话器结构的衔铁与振动膜分开设置，分别采用良好的导磁材料及优良的振动膜物质，既增强了磁场，也提高了受话器的频响。

电磁式受话器里永久磁铁的存在可以大大提高受话器的灵敏度，一般来说，永久磁铁的磁场越强，受话器的灵敏度越高。

## （二）动圈式受话器

动圈式受话器是把一个线圈与振动膜片紧密的粘结在一起，放在一个恒定磁场中，当线圈有电流流过时，线圈将垂直于磁场方向运动，运动的线圈带动振动膜片一起振动。当外线送来对方的话音电流流过线圈时，线圈和振动膜片将同时按话音电流的频率和变化规律作振动。

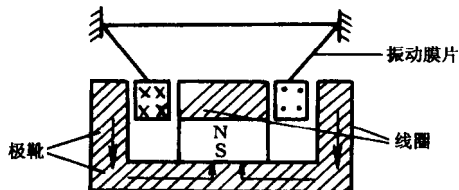


图 1-5 动圈式受话器结构图

动圈受话器的结构示意图如图 1-5 所示。

图中箭头所示方向为磁力线方向，当线圈内流有话音电流，若某一瞬间话音电流从左边流入，用  $\otimes$  符号表示，从右边流出用  $\odot$  表示，根据左手定则，线圈将向上运动。同理，话音电流反向流入时，线圈将向下运动，线圈上下移动，带动振膜一起振动，发出声音。

动圈式受话器是近几年才发展起来的。它的主要特点是音质好，阻抗接近纯阻。

### (三) 压电陶瓷受话器

#### 1. 压电效应

压电陶瓷受话器是由于采用了具有压电效应的陶瓷片来实现电/声转换功能而得名。所谓压电效应,即对压电材料施加压力时会在相对的两个表面产生极性相反的电荷效应,如充电放电,这称之为正压电效应;反之,如在压电材料表面施加电场时,压电体的体积就会产生与电场强度成比例的形变,如伸长、收缩,这称之为逆压电效应。

具有压电效应的电介质称之为压电材料。受话器里用的压电材料叫酞钛酸铅,一般是把它的粉末压制成 0.2mm 厚的薄片,经高温烧结后成为陶瓷片。这种陶瓷片还必须在高压电场中进行极化处理,才能变成具有正负极性和压电性能的极化体。

陶瓷片平时不显示极性,这是因为它的电极表面吸附着一部分外界的自由电荷,屏蔽了电极对外界的作用,所以平时不显示极性。

如给极化处理后的陶瓷片加一压力,使之形变,则它内部晶体结构发生变化,极化强度变小,使一部分被吸附的自由电荷释放出来而产生放电现象;压力消失后,陶瓷片恢复到原来的极化强度,电极表层又吸附一部分外界电荷而出现充电现象,此称正压电效应,如图 1-6 所示。

如给极化处理后的陶瓷片加一外电场,当电场方向与陶瓷片自身极化方向相同时,可使极化强度增强,陶瓷片内晶体结构发生变化,陶瓷片沿径向伸长;电场方向与极化方向相反时,陶瓷片沿径向缩短,此称逆压电效应,如图 1-7 所示。

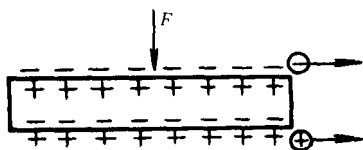


图 1-6 在外力作用下陶瓷片正压电效应

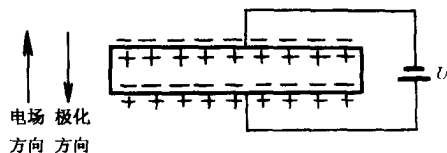


图 1-7 在电场力作用下陶瓷片逆压电效应

#### 2. 压电受话器结构及工作原理

压电受话器是利用陶瓷片的逆压电效应构成的。由于压电陶瓷片又薄又脆,使用时通常是把它粘在一个弹性很强的薄金属片上,为了提高灵敏度并降低阻抗,在金属片两侧各粘一块陶瓷片,粘贴两块陶瓷片的极化方向及外导线连接方法,如图 1-8(a) 所示。图 1-8(b) 为压电陶瓷式受话器结构图。

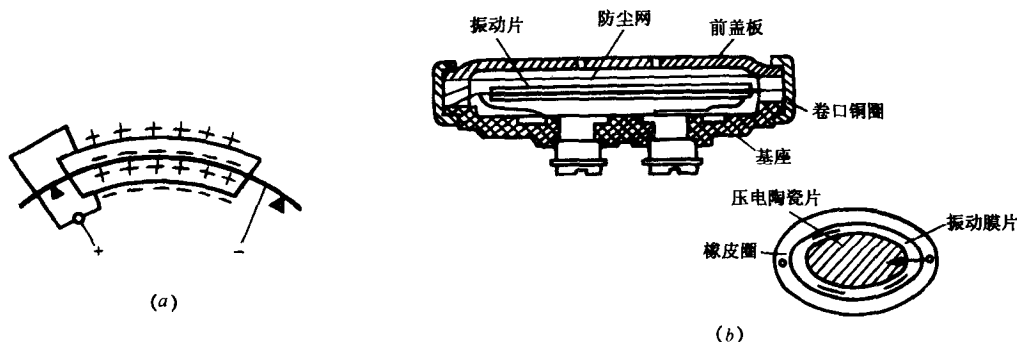


图 1-8 压电式受话器结构及工作原理

(a) 压电式受话器原理 ; (b) 压电式受话器结构图。

如无话音电流流入时（无外电压）则陶瓷片处于平直状态。如有瞬时话音电流流入（有外加电压）而且外加电压极性如图 1-8(a) 所示时，外加电压方向与金属片上端陶瓷片极化方向相同，则径向伸长；外加电压方向与金属片下端陶瓷片极化方向相反，则径向收缩。但因二块陶瓷片均已粘固在金属片上，不能按径向伸长或收缩，只能使金属片向上弯曲，压缩上端空气；当瞬时话音电流方向与图示方向相反时，金属片向下弯曲，放松上端空气。当交变的话音电流流入受话器时，金属薄片振动而发出声音。

压电式受话器阻抗在频率 1 000Hz 时，约为  $1\ 300\Omega$ ，呈容性阻抗。极间电容为  $600 \sim 8\ 000 \times 10^{-12}\text{F}$  左右。

压电式受话器虽具有成本低、结构简单、重量轻、耗电少、灵敏度较高等优点，但它的频率响应与装配工艺密切相关，具有容性阻抗，导致音质较差等缺点。

#### （四）受话器的主要指标

##### 1. 受话器的阻抗

各种受话器的阻抗特性比较复杂，实际的阻抗与频率有关，信号频率不同时，呈现的阻抗也不同。因此描述受话器的阻抗时用标称阻抗。标称阻抗的定义是当受话器输入频率为 1 000Hz 功率为 1mW 的正弦电信号时，其输入电压与电流的比值。

##### 2. 受话器的灵敏度

受话器的灵敏度表征了受话器把电信号转换为声音的能力，我国用功率灵敏度表示。功率灵敏度就是把受话器接在一个内阻等于该受话器阻抗（模值）的信号源上，受话器获得 1mW 电功率时在仿真耳中测得的声压级（dB）。由于频率不同时该值不同，所以一般是指 1 000Hz 时测得的声压级。平均功率灵敏度是指在受话器工作的频带内（300~3 400Hz）各频率的功率灵敏度的算术平均值。一般各种受话器的平均功率灵敏度不小于 110dB。

##### 3. 受话器的频率响应

受话器的频率响应是指在输入各种频率的信号时，受话器的灵敏度高低变化情况。理想的受话器频响在 300~3 400Hz 的频率范围内灵敏度均相同，在这一频带之外灵敏度尽量低，但实际上无法作到。一般动圈式和差动式电磁受话器频响较好，而压电式和双极式受话器较差。

## 二、送 话 器

送话器又称发话器，它的作用是把声音转变成电信号（话音电流）。目前在按键电话机中常用的送话器有驻极体式送话器、动圈式送话器和电磁式送话器。过去某些话机中，也采用炭精电式送话器。

#### （一）驻极体送话器

##### 1. 驻极体送话器工作原理

驻极体送话器又称驻极体电容传声器。它具有体积小、频带响应宽、噪声低、保真度高、耐振性强及成本低等优点。

某些电介质在受到高压电场作用进行极化处理后，去掉外加电场仍能在介质表面永久性地保存正负表面电荷。具有这种特性的电介质就称之为驻极体材料。如聚脂薄膜或聚氟塑料薄膜。送话器就是采用这些极化处理后的薄膜紧贴在金属环上作为振动膜片。在膜片的两面用真空镀膜机镀上一层金属层作电极，两电极间形成一小电容。通过静电感应，在薄膜上驻留大量静电荷。膜片的内侧靠近一个金属后电极，其间距离为  $10 \sim 20\mu\text{m}$  如图 1-9 所示。在金

属镀层与后电极金属板之间构成一个约 30pF 左右的小电容器，并受驻极体薄膜的静电感应而充电。当人们对着膜片讲话时，膜片振动使其电容  $C$  随声波而变化，膜片与后电极间的电压  $U = \frac{Q}{C}$  也随之变化，从而完成了声 / 电变换。式中的  $Q$  为膜片上驻留的静电荷， $C$  为膜片镀层内侧与后电极间电容。由于电容很小（ $C = 30\text{pF}$ ），送话器的输出阻抗高达几十兆欧，所以它产生出来的话音电压不能直接输出到下一级放大器中。通常是用一只场效应管接成漏极输出电路以进行阻抗变换，并把这个场效应管一并封装在送话器中，如图 1-9(a) 虚线框所示。为方便，封装后的驻极体送话器引出三个端子 D、S、G 如图 1-9(b) 所示。

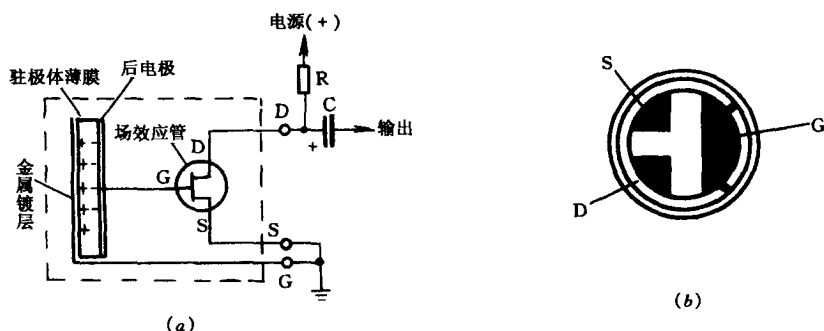


图 1-9 驻极体送话器原理及示意图  
(a) 送话器原理, (b) 引出端。

## 2. 驻极体送话器的阻抗变换电路及特性

驻极体送话器（电容传声器）的输出阻抗变换电路有两种，如图 1-10 所示。其中图 1-10(a) 为源极输出阻抗变换电路，场效应管 G-S 间所接二极管，主要起“抗阻塞”作用。D 端接工作电压（3~12V），S 端与 G 端之间接偏置电阻，此电路无电压放大作用，但电路稳定性好。图 1-10(b) 为漏极输出阻抗变换电路，有一定电压放大作用，但稳定性不如前者。两种阻抗电路在电话机中均有使用，但由于受到四线话机绳的限制，手柄送话时通常采用漏极输出方式。

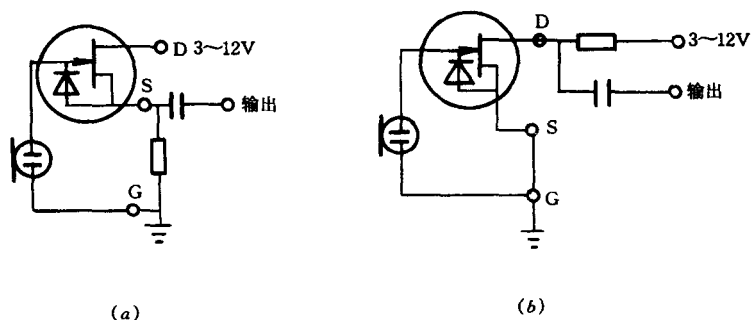


图 1-10 电容传声器的两种阻抗变换电路  
(a) 源极输出; (b) 漏极输出。

一般电容式传声器的频率范围约 50~10 000Hz，在 1 000Hz 时输出阻抗一般为 1~3kΩ，外形呈圆柱形，直径约 10mm，长约 6~8mm。

## (二) 动圈式送话器

动圈式送话器是目前电话机所用各种送话器中综合评估性能最好、最有发展前途的一种

声 / 电转换器。它的工作原理和动圈式受话器一样。所不同的是：作送话器时是将声能换为电能。由于动圈送话器输出功率小，灵敏度低，一般只有  $1 \sim 3 \text{ mV/Pa}$ ，一定要经过微音信号放大器放大后才能送到线路上去。如图 1-11。

### （三）电磁式送话器

电磁式送话器与双极型电磁受话器在结构上相似，其作用正好相反，它起着将声能转换成电能的作用。对着电磁送话器振动膜片讲话时，膜片振动，改变振动膜与铁心

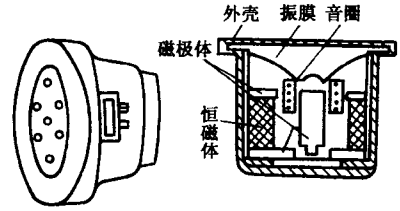


图 1-11 动圈送话器结构图

磁极间空气隙长度，空气隙长度变化必然会引起磁路磁阻变化及磁通变化，从而在线圈里感应出交变的电动势，即交变的话音电压。电磁送话器的优点是寿命长、性能稳定、噪音小和线性较好，但也存在着灵敏度低，必须经话音信号放大器放大后，才能把话音电流送到线路上去。

### （四）压电式送话器

压电式送话器正好是压电受话器的逆效应。它是利用压电陶瓷材料的正压电效应制成的。所以它的工作原理与受话器相似，当作送话器时，话音产生的声压作用于陶瓷片上，使它产生形变，并在相对的两个表面产生极性相反的电荷，此电荷随着声音的大小而改变，在有回路的条件下产生感应电流。这种电流的频率和幅度与话音频率和强弱成正比。由于产生的感应电流较弱，所以必须设置专用的微音放大器与其配合，对话音信号进行放大后才能使用。

压电送话器也存在着音质差，容性阻抗影响输出阻抗不稳定等因素，所以已被其他新型声 / 电换能器所替代。

### （五）送话器的特性指标

特性指标主要有两个，即灵敏度和频率响应。灵敏度是指送话器的声 / 电转换效率。送话灵敏度可用声压灵敏度衡量。声压灵敏度是指送话器膜片上所受声压  $1 \text{ Pa}$  时，送话器的输出电压。由于灵敏度一般与声音的频率有关，频率变化时，灵敏度也发生变化，所以一般送话器的频率响应也是一条曲线。

## 三、电话机消侧音电路

本章第二节曾指出，考虑到传输线路设备的经济性，电话传输系统多采用二线线路来实现

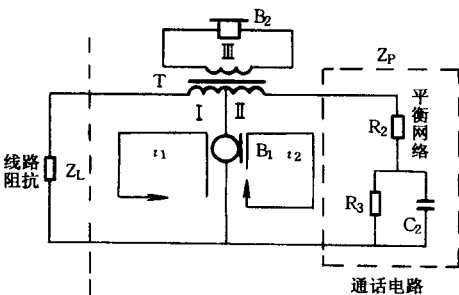


图 1-12 变压器桥式消侧音电路图

话音信号的双向传输，但这种电话传输方式在发话者将话音信号送往对方的同时，也会在自己的受话器内产生侧音效应。为此，在电话二线双向传输系统中增加“混合电路”及“消侧音电路”以便达到二 / 四线转换及消侧音的目的。本节着重讨论消侧音电路及其工作原理。

### （一）用变压器组成的桥式消侧音电路

#### 1. 消侧音电路组成

用变压器（或称变量器）组成的桥式消侧音等效电路如图 1-12 所示。图中变压器  $T$  由线圈  $I$ 、线圈  $II$ 、线圈  $III$  三个绕组组成，其中线圈  $I$  和线圈  $II$  匝数相等，绕制时线径一样； $Z_L$  为线路阻抗，为从电话机接线端向线路侧看过去的阻抗的总和，它包括对方电话机阻抗和线路阻抗， $Z_P$  为  $R_2$ 、 $R_3$ 、 $C_2$  组成的三元件平衡网络； $B_1$  为送话器， $B_2$  为受话器。

## 2. 消侧音工作原理

对送话器  $B_1$  发话, 话音电流瞬时值  $i_1$  将流过变压器 T 线圈 I、线路阻抗  $Z_L$  回至  $B_1$  构成回路。同时, 话音电流瞬时值  $i_2$  也流经变压器 T 线圈 II、平衡网络  $Z_P$  回至  $B_1$  构成回路。由于变压器 T 中线圈 I 与线圈 II 匝数相等、线径相同直流电阻相等, 线路阻抗  $Z_L$  等于平衡网络  $Z_P$ , 所以由送话器产生的话音电流  $i_1$  和  $i_2$  也相等。但  $i_1$ 、 $i_2$  流经变压器 T 线圈 I、II 的方向相反, 分别产生大小相等、方向相反的磁通, 使变压器 T 线圈 III 中无交变的磁通变化, 自然也就不会产生感应电势及感应电流。受话器  $B_2$  不会发生声音, 从而达到消侧音的目的。由此得出变压器桥式消侧音的主要条件是  $Z_L$  等于  $Z_P$ 。实际上, 侧音是不可能完全消除的, 这是由于讲话语言是一个频带而  $Z_L$ 、 $Z_P$  阻抗均随频率而变化, 而且线路阻抗  $Z_L$  还随气温变化、对方话机阻抗值及不同线路类型阻抗值而变化。经验证明, 只要把侧音限制到一定程度就可以了。剩余的一点侧音, 还可以利用它来检查话机送受话电路和电声部件的好坏。

### (二) 有源网络桥式消侧音电路

某些按键式自动电话机的二 / 四线变换及消侧音电路, 是利用晶体三极管集电极和发射极输出信号相位相差  $180^\circ$ , 并配合阻容元件组成桥型平衡网络来达到消侧音的目的。由于电路简单、效果好, 所以被普遍采用。其原理如图 1-13 所示。

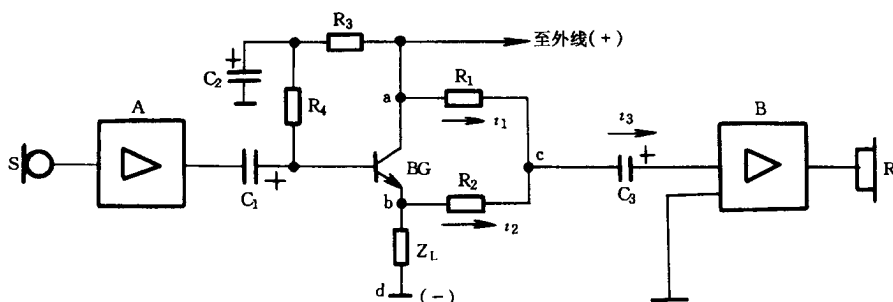


图 1-13 有源网络送受话电路

图中 S 是送话器, R 是受话器, A 和 B 是话音信号放大器。发话者对 S 讲话, 经过放大后的话音信号经电容器  $C_1$  加至三极管 BG 基极, 进行功率放大。功率放大后的话音电流一方面送到外线传送到对方话机, 另一方面从  $R_1$  和  $R_2$  输出并汇总送至受话器。由于 BG 输出的话音电流  $i_1$  和  $i_2$  其相位相差  $180^\circ$  正好相反, 所以互相抵消。如调节电路有关元件参数, 使  $i_1 = i_2$ 。则  $i_3 = 0$ , 达到消侧音的目的。要做到这些, 必须调节  $Z_C$  网络元件值, 使线路阻抗  $Z_L$  与  $R_1$ 、 $R_2$  和  $Z_C$  组成的桥路平衡, 如图 1-14 所示。电桥平衡时  $Z_L/Z_C = R_1/R_2$  这时的  $i_3 = 0$ 。c、d 两点间无电位差。

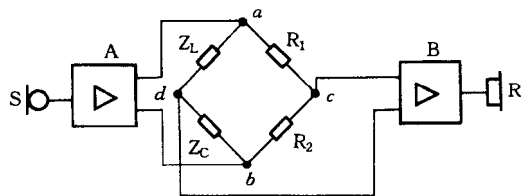


图 1-14 有源网络桥式消侧音原理图

## 四、发号器

发号器又称选呼设备。目前普遍应用的选呼设备是按键号盘和少量仍在应用中的旋转式拨号盘。

### (一) 按键号盘

按键号盘应用于各种按键电话机中。其作用是与相应的发号集成电路相配合, 发出直流

脉冲信号或双音多频 (DTMF) 信号, 控制自动电话交换机接续。

## 1. 按键号盘结构及工作原理

### (1) 按键盘

按键盘作为电话机发号时的人机接口部件, 给拨号集成电路提供输入信号。按键盘一般由 12 个按键和开关接点组成。除 10 个 (0~9) 数字键外 还有 \*、# 键。用按键盘发脉冲信号时, 数字键用来发相应数量的直流脉冲, \*、# 键作为功能键用, 如重拨、暂停、闭音等。在发送双音频信号时, 12 个键均用来发双音频信号, 若增加其他功能应另加键。按键盘的排列有标准和非标准两种, 标准排列如图 1-15 所示。

### (2) 接点开关

按键盘结构主要由键架、印制板、按键、导电橡胶片等组成。其结构如图 1-16 所示。键盘中的导电接点开关, 目前广泛采用印刷电路板导电橡胶接点开关, 近年来出现了薄膜轻触式开关。

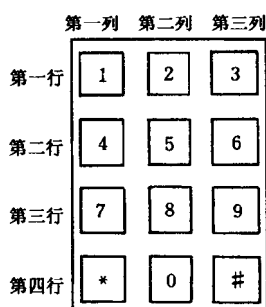


图 1-15 标准键盘的排列

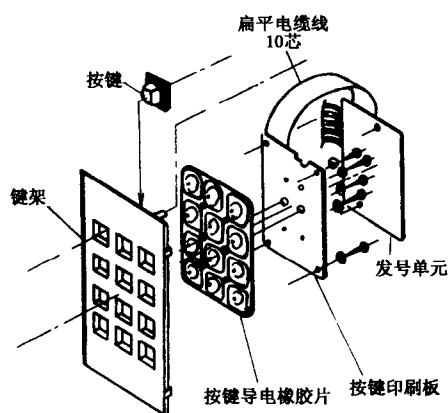


图 1-16 按键盘结构示意图

导电橡胶开关也称导电橡胶触点式按钮开关, 它主要是在橡胶中加入纯度高、粒子细的导电石墨, 经硫化后并与橡胶体一起做成各种形状数目不等的盖帽形接触件。通常称导电橡胶。它的结构剖视图如图 1-17 所示。早期的导电橡胶开关采用硅橡胶作胶体, 由于它接触电阻较大且寿命短 (接触电阻  $\leq 400\Omega$  开关寿命  $\geq 100$  万次), 被后来的丁二烯橡胶 (接触电阻  $\leq 50 \sim 200\Omega$  开关寿命  $\geq 200$  万次) 所代替。

从图 1-17 看出, 当按下字键时, 导电橡胶触点与印制板上的印制线相接触, 起到短路印制板上铜箔的作用。导电橡胶导电虽然不如金属簧片导体, 但因结构简单、装配容易、维修方便、回跳较小、可靠稳定性高、寿命较长和成本较低等优点, 所以在按键电话中得到了普遍应用。

## 2. 按键盘应用举例

图 1-18 为按键盘结构示意图, 该图主要由三个晶体三极管、一块拨号集成电路 MC14419 和 12 个按键组成。1~0 键是用户号码键, # 键是重拨功能键, \* 键是暂停功能键。从图中看出除 \* 键、# 键各出一根线至集成电路 MC14419 的第 9、10 脚外, 其他横向出  $R_1 \sim R_4$  4 条线纵向经  $BG_9 \sim BG_{11}$  三极管集电极出  $C_1 \sim C_3$  3 条线。共出 7 条线接至集成电路 1~7 脚。如纵横向各取一条线进行组合, 称这种组合为 7 中取 2 组合, 这种组合可组成 12 种状态代表 12 种信息。其中前 10 种状态分别代表十进制 1~0 数字信息。从  $R_1 \sim R_4$ 、 $C_1 \sim C_3$  输出的信号又称之 7 中取 2 信号。MC14419 的 1~7 脚, 按键前为高电位  $V_{DD}$  如按下按键 2, 1 脚高电位  $V_{DD}$  经按键 2 接触接点开关, 使  $BG_{10}$  导通。因此  $BG_{10}$  基极、集电极均近似为低电位  $V_{SS}$ 。这

样  $R_1$ 、 $C_2$  输出线同时接通低电位  $V_{SS}$ ，向集成电路发出数字 2 的控制信号。按下 1~0 键输出线发出的控制信号（低电位  $V_{SS}$  如表 1-1 所示）。

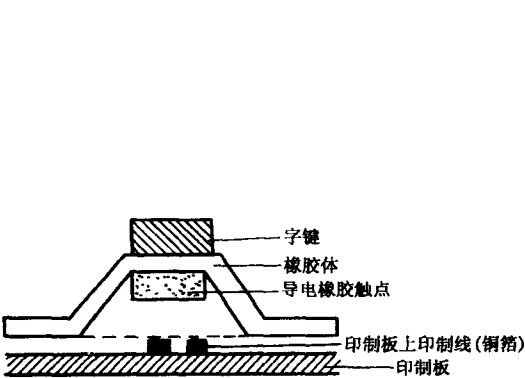


图 1 17 导电橡胶按钮开关剖视图

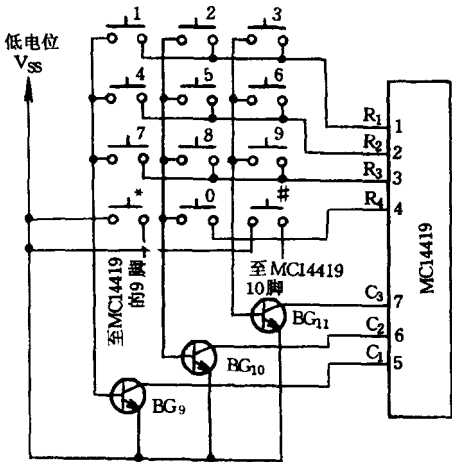


图 1 18 按键盘结构示意图

表 1-1 键 盘 编 码

| 键 号 | 行 输 入 |       |       |       | 列 输 入 |       |       | 输 出   |       |       |       |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|     | $R_4$ | $R_3$ | $R_2$ | $R_1$ | $C_3$ | $C_2$ | $C_1$ | $D_4$ | $D_3$ | $D_2$ | $D_1$ |
| 1   | 1     | 1     | 1     | 0     | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     | 1     |
| 2   | 1     | 1     | 1     | 0     | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 1     | 0     |
| 3   | 1     | 1     | 1     | 0     | 0     | 1     | 1     | 0     | 0     | 1     | 1     |
| 4   | 1     | 1     | 0     | 1     | 1     | 1     | 0     | 0     | 1     | 0     | 0     |
| 5   | 1     | 1     | 0     | 1     | 1     | 0     | 1     | 0     | 1     | 0     | 1     |
| 6   | 1     | 1     | 0     | 1     | 0     | 1     | 1     | 0     | 1     | 1     | 0     |
| 7   | 1     | 0     | 1     | 1     | 1     | 1     | 0     | 0     | 1     | 1     | 1     |
| 8   | 1     | 0     | 1     | 1     | 1     | 0     | 1     | 1     | 0     | 0     | 0     |
| 9   | 1     | 0     | 1     | 1     | 0     | 1     | 1     | 1     | 0     | 0     | 1     |
| 10  | 0     | 1     | 1     | 1     | 1     | 0     | 1     | 0     | 0     | 0     | 0     |

(二) 旋转式拨号盘

1. 旋转式拨号盘简介

旋转式拨号盘在拨号电话机里是作为呼叫设备使用。其主要作用是利用拨号盘中的脉冲接点 MD 以一定速度发出长短一致的不同数量的电流负脉冲，用以控制自动电话交换机接续。另外，在发号过程中利用短路接点簧片 DD，将通话电路短路，一是增强了发往自动电话交换机一侧的电流脉冲幅度（减少电话机内对电流脉冲的衰耗），同时也免除了发号时在受话器内产生刺耳的喀喀声。

2. 拨号盘的脉冲特性

以下介绍的“脉冲特性”，既适应于旋转式拨号盘，也适应于按键号盘。

(1) 脉冲频率  $f$

脉冲频率也叫脉冲速度，它是拨号盘每秒发出的脉冲个数。脉冲的标准速度是每秒发出 10 个脉冲，即  $f = 10$ 。脉冲频率的倒数为脉冲周期，用  $T$  表示。则  $T = 1/f = \text{脉冲接点断开时间 } t_d + \text{脉冲接点闭合时间 } t_b$ 。

脉冲周期即发送一个脉冲所需时间，等于脉冲接点断开时间与闭合时间之和。如脉冲频率  $f = 10$ ，则脉冲周期为： $T = 1/f = 1/10(\text{s}) = 100\text{ms}$

### (2) 脉冲系数 $K$

脉冲系数，又称断续比。是指拨号盘脉冲接点每送一个脉冲时，接点断开时间  $t_d$  与闭合时间  $t_b$  的比值。脉冲系数的标准值为 1.66。 $K = t_d/t_b$ 。

### (3) 最小间隔时间

间隔时间是指号盘发送任意两串脉冲之间的间隔时间。通常把前一串脉冲发送完毕，到后一次拨“1”时脉冲开始发出的间隔时间称作最小间隔时间。自动电话机的脉冲最小间隔时间必须大于交换机的最小脉冲间隔时间，一般均在 500ms 以上。

## 五、振 铃 器

### (一) 极化铃

极化铃的用途是接收对端送来的 25Hz、90~110V 的振铃电流（简称铃流），而发出音响信号的部件。极化铃的工作原理图及结构如图 1-19 及图 1-20 所示。

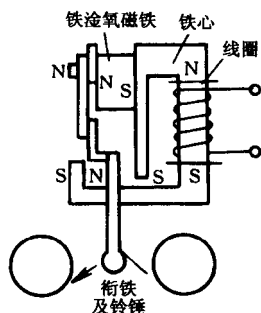


图 1-19 极化铃工作原理图

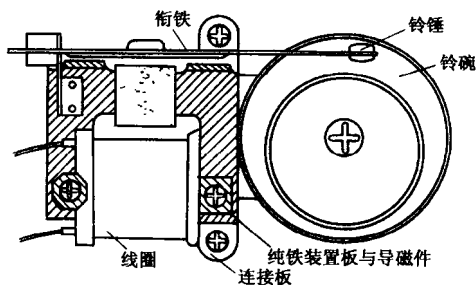


图 1-20 极化铃结构图

极化铃是在铁心上绕一组线圈，铁淦氧磁铁嵌在铁心与衔铁中间。铁心两端磁极均为 S 极，衔铁端为 N 极。

当有铃流入铃流线圈时，产生电磁通。假设铃流如图所示方向流入线圈时，（正半周）线圈产生的电磁通上端为 N 极，下端为 S 极，电磁通与恒磁通相互作用的结果，使右端磁力减弱，铁心左端磁力增强，衔铁被吸向左端，铃锤敲击左侧铃碗。当铃流入方向与图示方向相反时（负半周），线圈产生的磁通方向变化，衔铁又被吸向右侧，铃锤敲击右侧铃碗。铃流每变化一周，铃锤敲击左右铃碗各一次而发出音响信号（铃声）。

### (二) 音调振铃器

音调振铃器又称为电子铃。电子铃是把来自交换机的交流铃流先进行整流滤波转变为 28V 左右直流电压后，使由振铃集成电路及外围电子器件组成的音频振荡器振荡，经电/声换能器，可在扬声器内发出悦耳动听的铃声。

音调振铃器，由隔直流限流电路、整流稳压电路、集成音频电路及电/声换能器四部分组成，如图 1-21 所示。

### 1. 隔直限流电路

隔直限流电路由隔直电容  $C1$  和限流电阻  $R1$  组成。其中  $C1$  隔断由交换机馈送的 48V 直流通话电源，导通铃流。

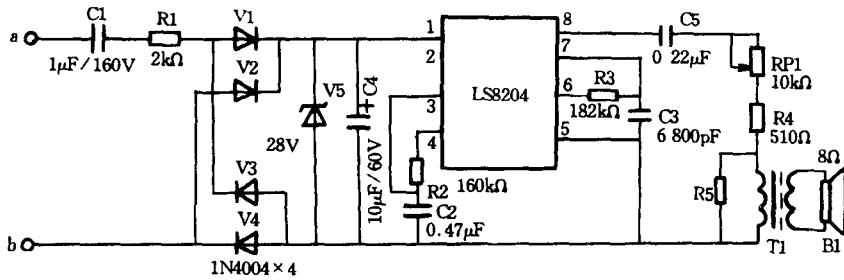


图 1 21 振铃电路

$R1$  的作用，是让流经的 90~110V 铃流产生电压降。

### 2. 整流稳压电路

由  $V1 \sim V4$  组成的桥式整流电路，把来自交换机的交变铃流进行整流，经滤波电容  $C4$  滤波变成比较平滑的直流电压供 LS8204 使用。 $V5$  为保护用稳压二极管，它可以把输送到 LS8204 的直流电压限制在 29V 以下，从而可以保证 LS8204 的工作安全。

### 3. 集成音调电路

由振铃集成电路 LS8204 及低频振荡外接器件  $RL$ 、 $CL$  和高频振荡外接器件  $RH$ 、 $CH$  等组成。LS8204 引脚图及 LS8204 方框图如图 1-22、1-23 所示。

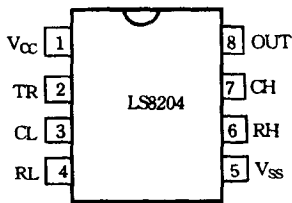


图 1-22 LS8204 引脚图

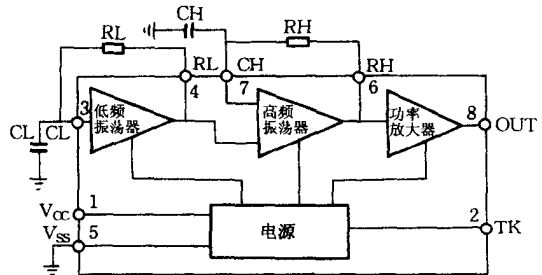


图 1 23 LS8204 方框图

#### (1) LS8204 振铃专用集成电路简介

LS8204 具有功耗低、音调可调，能抑制误触发和并机拨号产生“啾啾”声等特点。其引出脚排列如图 1-22 所示。其中，1 脚（ $V_{CC}$ ）是正电源输入脚，最高工作电压为 29V；2 脚（ $TR$ ）是触发输入脚，一般情况下不用；3 脚（ $CL$ ）是低频振荡器的外接电容脚，改变电容器的容量，可以改变低频振荡频率；4 脚（ $RL$ ）是低频振荡器的外接电阻脚，改变阻值也可改变低频振荡频率；5 脚（ $V_{SS}$ ）是接地脚；6 脚（ $RH$ ）是高频振荡器的外接电阻脚，改变阻值可改变高频振荡器的频率；7 脚（ $CH$ ）是高频振荡器的外接电容器脚，改变电容器的容量也可改变高频振荡器的振荡频率；8 脚（ $OUT$ ）是输出脚。

#### (2) LS8204 方框图简介

LS8204 振铃专用集成电路框图由四部分组成：有滞后作用的电源、低频振荡器、高频振荡器和功率放大器。

当 1、5 脚加上电源电压时，电源电流随着所加电压的升高而增大。当外加电源电压高于

电源启动电压时，振荡器开始振荡，电源的静态电流下降。在此情况下，如果把电源电压降低到启动电压以下时，振荡器并不停振，此即电源电压的滞后作用。由于这种滞后作用，所以启动振荡需要高电压，而维持振荡为低电压，这就能有效地防止误动作，提高抗干扰能力，降低电源消耗，有利于多机并联使用。

低频振荡器的振荡频率由外接电阻  $R_L$  和电容  $C_L$  决定，其振荡频率为： $f_L = 1/1.234R_L \cdot C_L$ 。 $R_L$ 、 $C_L$  参数如按图 1-21 的  $R_2$ 、 $C_2$  值代入。则  $f_L \approx 10\text{Hz}$ 。

高频振荡器的振荡频率，除由外接  $R_H$  和  $C_H$  决定外，还与低频振荡器输出高、低电平有关。其输出振荡频率受低频振荡器输出的高电平（正半周）和低电平（负半周）控制出现两种振荡频率。当低频振荡器输出高电平时，高频振荡器的振荡频率为： $f_{H1} = 1/1.515R_H \cdot C_H$ 。参照图 1-21 的  $R_3$ 、 $C_3$  值 则  $f_{H1} \approx 512\text{Hz}$ 。同理，当低频振荡输出低电平时， $f_{H2} \approx 1.25f_{H1} \approx 640\text{Hz}$  因此，低频振荡器决定两种高频信号的转换速率，而高频振荡器则以这样的速率交替产生两种频率不同的信号，经功率放大器放大，8 脚输出，从而能使扬声器发出悦耳的振铃声。

#### 4. 电 / 声换能器电路

上述高频振荡频率 512Hz、640Hz 交替信号从 LS8204 的第 8 脚输出，经  $C_5$ 、 $RP_1$  和  $R_4$  送到变压器  $T_1$  然后驱动扬声器  $B_1$  发出声音。由于 LS8204 的输出阻抗为  $1\text{k}\Omega$  左右 而扬声器的阻抗仅为  $8\Omega$  为使阻抗匹配 输出变压器  $T_1$  的变比为  $1\ 300:8$ 。图 1-21 中  $C_5$  的作用是避免负载阻抗变化对电源产生影响；电位器  $RP_1$  是用来调节输出音量大小的；电阻  $R_4$  是限流电阻  $R_5$  是阻尼电阻，其作用是当振铃停止时，限制感性负载所产生的反电动势。如采用压电陶瓷蜂鸣器作发声元件，由于压电陶瓷蜂鸣器是容性负载。故耦合电容  $C_5$  可不用。输出变压器  $T_1$  也可不用。

### 六、电话机附件

无论什么样的电话机，不管有多少功能，它们的外型结构都是主要由手柄、线绳、叉簧开关、接插件和机壳及机座组成。对它们的要求总的来说，在满足电气电声指标前提下，作到大小适中，款式新颖、美观大方、耐用和装拆维护方便。

#### （一）手柄

手柄又叫听柄，是电话机主要组成部分。它起着声电和电声转换作用。它是装送、受话器的地方。手柄的形状构造和大小尺寸，对话机发送电平和接收电平及其侧音等指标都至关重要。国家标准规定手柄重量（包括送受话器）与叉簧开关启动压力之比应大于  $1.5:1$ 。手柄用线绳与机座连为一体，完成通话任务。

#### （二）线绳

电话机中的线绳，可分为 II、IV 两种形式，其用途为：

II 线绳作为电话机与电话入线端的连接线。一般长度在  $1.5 \sim 2\text{m}$  左右。

IV 线绳作为手柄与电话机机座之间的连接线，长度  $2\text{m}$  左右。

II、IV 线绳由其内部具有互相绝缘的导线根数而得名。IV 线绳内部的四根导线中，两根接到送话器，另两根接到受话器。IV 线绳一般做成密绕螺旋形，便于伸缩，不易缠绕。

电话机线绳要求柔软，芯线不易折断，所以一般用专用的聚丙烯绝缘电话软线制成。这种软线内部的金属芯线是四根  $\phi 0.1\text{mm}$  的紫铜线分别压制成  $0.03\text{mm}$  厚的金属泊丝绕在锦纶丝芯线上，因此具有较高的抗拉强度。

老式电话机上使用的 II、IV 线绳截面为圆形，强度较高，但较硬。新式电话机中采用椭圆

形截面的线绳，柔韧性更好，更轻便。

### （三）机壳

机壳包括机座和罩壳（或称外壳）两部分。一般说机座是安装电路板、振铃器、叉簧开关、支架等较重的元部件。罩壳除了保护话机内部器件外，主要作安装按键号盘、蜂鸣器、叉簧开关滑块和搁放手柄之用。对机壳的要求除了作到坚固、耐磨、防腐蚀、防老化，能与手柄配合作到正反向挂机切断电路，接收呼叫信号稳定可靠外，还必须考虑美观、光洁和色彩。

### （四）叉簧

叉簧在电话机中完成通话电路和振铃电路与外线的接通、断开转换功能，实际上也是一种开关。由于叉簧开关通过的电流及其耐压均较大。所以叉簧接点的压力及接触面积较大，叉簧易损。老式电话机中的叉簧通常是各个电话制造厂家自行设计的，结构不完全相同，但基本上是金属簧片的组合，体积较大。新式电话机中一般采用几种专门设计的叉簧开关，体积小，便于装配。根据电话机功能需要，可以是一组转换接点或一组转换另加一组动合接点组成。

### （五）开关

新式电话机中使用了多种开关以实现功能和性能的转换，这些开关一般体积较小，便于安装使用。电话机中常用的开关有拨动式和按压式两种。

### （六）接插件

接插件在电话机中完成各种部件之间的连接。老式电话机中的接插件常用接线脚和线端夹，由于体积较大，不适于电话机小型化。新式电话机中采用几种新型的标准接插件，如引脚间距离为 2.5mm 的单列插头插座，使接线整齐，且方便生产。

近年来在电话机 II、IV 线绳的两端使用了标准电话用插头、插座。这种插头、插座体积很小，使装拆手柄和电话机十分方便，为生产和维护提供了便利条件。但如果这种插头、插座质量较差，使用一段时间后会造电话机 II、IV 线接触不良，出现时断时续的现象。

## 第四节 拨号盘式电话机

### 一、拨号盘式电话机电路的组成

拨号盘式电话机电路，主要由叉簧开关  $H_1$ 、 $H_2$ 、极化铃、拨号电路、通话电路和手柄组成。这五部分是任何型号拨号盘式电话机所必不可少的。其方框图如图 1-24 所示。

#### （一）叉簧开关 $H_1$ 、 $H_2$

叉簧开关  $H_1$ 、 $H_2$ ，它的主要作用，用来转换振铃电路和通话电路。因为振铃电路和通话电路是交替工作的，即振铃时不能通话（利用通话手柄重量使叉簧开关  $H_1$ 、 $H_2$  接通振铃电路断开通话电路），通话时不能振铃（手持通话手柄，叉簧开关  $H_1$ 、 $H_2$  接通常话电路断开振铃电路）。这种交替的工作是通过叉簧开关完成的。

#### （二）极化铃

极化铃的用途是接收交换机（或对端）送来的铃流，转换成铃声，起呼唤被叫用户接听电话的作用。其工作原理及结构，详见第三节中介绍。

#### （三）拨号电路

拨号电路部分，主要由旋转式拨号盘的脉冲接点和短路接点组成。它的主要作用是把相

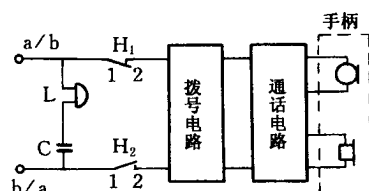


图 1-24 旋转拨号盘电话机电路方框图