

电 话 学

中国人民解放军第二地面炮兵学校训练部

目 录

第一章 电话通信概念

一、电话通信简述	(1)
二、电话通信的种类	(1)
三、电话通信的基本原理	(1)
四、声的产生和传播	(2)
五、声的特征	(2)
六、听觉的特征	(3)
七、语言	(4)
八、清晰度和电话的传输频带	(5)

第二章 电话单机的机件

第一节 炭精送话器的构造和工作原理	(8)
一、炭精送话器的基本零件及作用	(8)
二、炭精送话器的工作原理	(8)
三、炭精送话器的基本性能	(10)
第二节 受话器的构造和工作原理	(15)
一、电磁受话器的基本结构和工作原理	(15)
二、受话器永久磁铁的作用	(17)
三、对受话器的要求	(18)
四、21型受话器的构造	(18)
五、电磁式受话器使用与维护	(19)
六、受话器作送话器使用时的的工作原理	(19)
第三节 感应线圈的构造及其作用	(20)
一、感应线圈的构造	(20)
二、感应线圈的基本作用	(22)
第四节 手摇发电机的构造和工作原理	(26)
一、手摇发电机的组成和工作原理	(26)
二、发电机的基本性能	(28)
三、对手摇发电机的要求	(28)
四、手摇发电机检查修理	(29)
第五节 交流电铃的构造和工作原理	(29)
一、交流电铃(又叫极化铃)的构造和工作原理	(29)
二、对交流电铃的要求	(31)

三、交流电铃的调整	(32)
四、交流电铃的故障检修	(32)

第三章 磁石电话单机

第一节 电话单机的概述	(33)
一、电话单机的分类	(33)
二、电话单机的装置与元件	(33)
三、电话单机的电路要求和组成	(33)
第二节 0743型磁石电话单机	(36)
一、主性能	(36)
二、结构特点	(36)
三、电路原理	(38)
四、0743型单机的工作性能检查	(40)
第三节 65—1型 磁石电话机	(41)
一、主要性能	(41)
二、电路原理	(41)
三、布线图	(43)
第四节 磁石电话单机维护与修理	(43)
一、磁石单机的维护	(43)
二、磁石单机的检查	(43)
三、磁石单机故障检修	(45)
四、永久磁铁充磁方法的介绍	(47)

第四章 磁石交换机

第一节 电话交换机的概念	(49)
一、电话交换机的作用	(49)
二、电话交换机的分类	(49)
三、人工电话交换机的基本性能	(50)
四、人工电话交换机的组成	(50)
第二节 磁石交换机的主要机件	(51)
一、塞子、塞孔、塞绳	(51)
二、扳键(电键)	(52)
三、号牌(吊牌)、夜铃、蜂鸣器	(55)
四、铃流发生器、氛灯、隔幅器	(58)
第三节 10JCX—1 型磁石交换机	(62)
一、主要战术技术性能	(62)
二、主要结构特点	(62)
三、开设、检查和使用	(63)

四、电路原理	(64)
第四节 20JCX—1 型磁石交换机	(66)
一、主要战术技术性能	(66)
二、主要机件结构特点	(68)
三、开设、检查与使用	(69)
四、电路原理	(70)
五、注意事项	(72)
第五节 磁石交换机的维护修理	(72)
一、检修故障举例	(72)
二、维护事项	(74)

第五章 共电与自动电话

第一节 共电电话概述	(75)
一、什么叫共电、自动电话	(75)
二、共电电话单机与磁石电话单机比较	(75)
三、共电电话单机基本组成部分	(76)
四、采用共电式电路的优缺点	(76)
第二节 共电电话单机的使用及基本工作电路	(77)
一、共电电话单机的使用	(77)
二、共电电话单机的电路	(77)
三、共电电话单机的消侧音性能	(78)
四、共电电话单机简单检查	(79)
第三节 自动电话单机	(79)
一、拨号盘	(79)
二、号盘结构与工作原理	(80)
三、自动单机拨号盘的装置要点	(81)
第四节 共电与自动两用桌机电路介绍	(82)
一、C—24型共电与自动两用桌机	(82)
二、HZ—1、HG—1 型电话机介绍	(85)
第五节 JGL—7型共电交换机介绍	(88)
一、主要性能	(89)
二、电路元件代号与名称	(91)
三、JGL—7 型共电交换机水平面板上元件简介	(91)
四、JGL—7 型共电交换机的使用	(92)
五、JGL—7 型共电交换机电路说明	(93)
六、JGL—7 型共电交换机正常工作检验方法	(104)
七、JGL—7 型共电交换机常见故障检修	(108)
八、使用共电交换机一般常识	(113)

第六章 保安设备与配线架

一、避雷器	(115)
二、熔丝管	(116)
三、热线圈	(116)
四、保安器电路的连接	(117)
五、配线架	(118)

第七章 载波电话

第一节 有线传输原理基本知识	(120)
一、均匀线路电气特性	(120)
二、四端网路	(121)
三、衰耗器	(124)
第二节 载波电话基本概念	(125)
一、载波电话概况	(125)
二、载波电话单向通话过程	(125)
三、载波电话双向通话过程	(126)
第三节 通话回路主要部件	(126)
一、差分系统	(126)
二、发送变频器与接收变频器	(128)
三、载频振荡器	(130)
四、发送放大器	(131)
五、接收放大器	(132)
六、低频放大器	(133)
七、滤波器	(133)
第四节 振铃设备	(138)
一、500周振荡器	(138)
二、500周收铃器	(138)
三、25周振荡器	(140)
第五节 电源供给	(140)
一、直流供电	(140)
二、交流供电	(140)
第六节 B—845C单路载波机	(141)
一、性能	(141)
二、操作使用	(142)
三、电路	(143)
四、简单故障判断与排除	(143)
第七节 多路载波通信介绍	(144)

第一章 电话通信概念

一、电话通信简述

电话学是研究如何利用电流将人类语言传送到远方去的一门科学。电话通信比所有其他通信设备优越之处就是可以代替人们的当面交谈，因而不论在社会生活中，或是在军事上都在广泛的使用。由于电话具有保密可靠的优点，因此，电话通信在军队中成为很重要的通信手段。

二、电话通信的种类

我们在日常生活当中，都知道电话是最方便、最迅速、而且是最可靠的通信工具之一，任何两个用户，不管是同一城市或不同城市，甚至于世界上任何两个地方，都可以用一定的连接方法，互相接通而进行通话，通常我们将同一城市中的电话通信叫市内电话，城市与城市间的远距离电话通信叫长途电话。

城市中的任何两个用户电话连接，是通过电话局的交换机来完成的。由于城市用户较多，所以市内电话在安装时着重考虑交换设备，如何能使用户通话更方便，而且设备维护费用最经济。市内电话交换制式，依照机件的种类来分，则有人工、自动、和半自动三种，依照局所的多少来分，则有单局制及多局制两种。

人工电话是由守机员在人工交换机上完成接线任务的。通常根据电源供给方式的不同又分磁石制和共电制两种。磁石制的电话机中装有电池及手摇发电机，在呼叫及通话时，电源由本机供给，共电制的单机中没有电池及手摇发电机，在呼叫和通话时，电源由交换机统一供给；自动电话的接续是依靠自动电话交换机机件的机械动作来完成的，它的制式很多，如有步进制，机动制，全继电器制和交叉制等；半自动电话的连接过程，一部分是由自动机件接续的，另一部分则是人工接续的。

一般较小城市由于用户数量较少，而且用户间的距离较近，可在市内设置一个电话局，借局内的人工交换机或自动交换机来完成接线，大城市地区辽阔而且用户较多，一个话局不能应付，同时为了经济起见，可以在市内划分地区，设立几个分局，彼此之间以中继线相互连系，任何两个用户通话，如果是在同一个局内，就可以由这个局内的守机人员在人工交换机上完成接线手续，或者是由局内的自动机件自动接线；如果在不同的两个局内，则可以由各个局内的两个守机员来完成接线手续，或者由两个局内的自动机件顺序接通。

长途电话通信，依照地区来分，有国际长途电话和国内长途电话两种；按照设备来区分，可以分为无线和有线电话两种，长途电话由于通话距离较远，在安装时，着重考虑如何提高通信线路的利用率，目前通常是采用载波机。

三、电话通信的基本原理

电话通信的技术任务，就是利用电流在两地间传输人类的语言，当发话者在送话器

前讲话时，人声带的振动激励空气产生振动——声波，声波作用于送话器上，在送话器内产生相应的电流变动，就是产生相应的说话电流，即话流。于是，话流沿导线传送到远地的受话器。受话器接收话流后，又变电流的变动为声振动，受话器再产生的声振动——声波——传播于空气中，并作用于听者的耳膜上，于是听到讲话声。这样，在发送端通过送话器在声波作用下产生话流，而在接收端又通过受话器在话流作用下产生声波，就是电话传输的主要过程。如图1—1。

由上可知：电话通信实际上就是一个能量变换和能量传输的过程。在这个传输过程中，能量不可避免的会损耗掉一部分，传送的语言也会有一定程度的失真。因此我们对电话回路元件的主要要求是：

1. 在能量变换和能量传输的时候，损耗非常小。
2. 传送的语言不失真。实际上要使语言传送完全不失真也是不可能的，只能够保证有足够的可懂度的范围就可以了。可以允许语言在传输的时候有一定程度的失真。



图 1—1

为使分散在各处的电话用户能够互相通话，每个用户的电话机都各有单独的电话线（双导线）连在电话局，两用户间的连通，则电话局按照用户的要求，用一种称为电话交换机的设备来完成。电话交换机有人工电话交换机和自动电话交换机两大类。

四、声的产生和传播

声波：声音是由振动着的物体发出的。当物体连续进行振动时，就会迅速引起紧邻它的空气质点进入振动状态，而且这种振动状态，将向各方传播出去，形成一系列行进着的稠密和稀疏状态，这种振动状态只是一种运动状态的有向移动，而不是介质本身的有向移动。在空气中行进着的稠密和稀疏状态称为空气波。空气波的稠密部分称为密波，稀疏部分称为疏波，能被人感觉为声音的空气波，称为声波。

声波在其行程中碰到人耳的耳膜也随之振动。耳膜的振动通过耳核刺激神经，听神经又把这种刺激传达大脑，于是人在主观上把此种刺激感觉为声音。

五、声的特征

声波在客观上的物理特征是振幅、频率和振动的波形。声波的振幅决定于空气质点的振动的幅度，它确定声压和声强的大小。频率决定于空气质点每秒钟内振动的次数，

以“赫芝”作为单位来测量。若以 f 表示频率， T 表示振动一个周期的时间，则 $f = \frac{1}{T}$ 。

振动的波形决定于同基波同时发生谐波的数目、频率和振幅，而谐波是由于发声体所特有的附加振动而产生的。人在意识上把声波感觉为声音，而人在主观感觉上以辨别声音的特征是：响度、音调和音色。

响度决定于声波对神经刺激的大小，在同一频率下，刺激的大小，又决定于声波振幅的大小或作用于耳膜的声压，声强的大小。音调决定于声波的频率，频率愈高，音调愈高；频率愈低，音调愈低。例如女声的音调高，男声的音调低。音色是各种声音特有的品质。同声波振动的波形有关。例如：两种乐器所发的声音，尽管它们的响度和音调相同，但人耳仍可把它们区别开来，就是由于它们的音色不同。音色决定于同基音同时发生而且混合在基音内的泛音数目、响度和音调，而泛音是由谐波产生的。

六、听觉的特征

1. 听觉范围

人耳对声音的感受有一定的范围，实验证明，人耳的可闻频带约在16赫芝到20,000赫芝之间。频率过低或过高的振动，无论声强或声压多大，都得不到声音的感觉。就是在可闻频带内，若声强或声压过大又会引起痛苦的感觉，而这种声强或声压的最低可闻限值和最高的痛苦感觉限值，又随各个振动频率而所不同。

图1—2是听觉的频率特性曲线，横坐标表示以赫芝为单位的振动频率；纵坐标表示以尔格/(厘米)²秒为单位的声强或以巴为单位的声压。下曲线表明人耳所感到的每一频率的最低声强和声压值，这曲线称为可闻限，若声强或声压低于可闻限值，就不能感觉为声音。某些频率的可闻限值愈小，表示对那种频率的听觉愈灵敏。上曲线表明人耳所能承受的每一频率的最大声强或声压，这曲线称为痛苦感觉限。若声强或声压高于痛苦感觉限时。会使耳膜感到疼痛。

介于两曲线之间的面积，称为听觉区域。

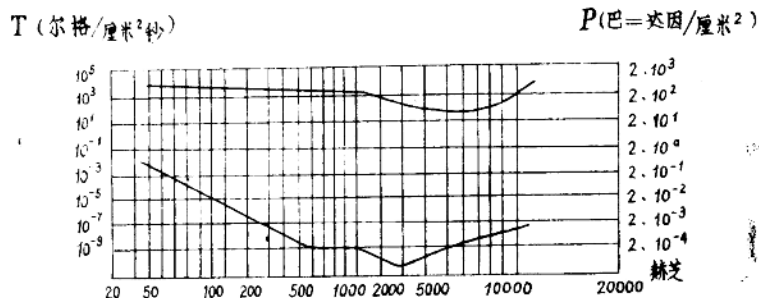


图1—2

应该指出，每个人对声音的主观感受范围是不同的。例如，对于同一频率同一声强的声音，正常耳朵感觉够响了，而另一些听觉不够敏锐的人就感觉弱一些，甚至听不到，又如，可闻频带的上限和下限的数值，将随年龄的增大而变得愈狭窄。

2. 听觉的特性

(1) 声的掩蔽现象：当两个响度不同的声音同时作用于人耳时，弱声会受到强声的压抑，这种由于另一声音的存在而使人耳对某一种声音灵敏度降低的现象，称为声的掩蔽现象。弱声在强声的掩蔽下，可能全部被压抑而完全听不到，也可能部分被压抑而使弱声的可闻性降低。若要弱声在强声存在时也能听得见，则需要弱声具有比没有强声存在时更大的强度（相当于弱声的可闻限值提高），当弱声和强声的强度相差不大时，弱声也可干扰强声的收听而使强声的清晰度降低。掩蔽效应在下列情况下表现得特别强：①在起掩蔽（或干扰）作用的声音和被掩蔽声音的频率很相近；②在频率不同的情况下，而起掩蔽作用的声音频率低于被掩蔽的声音频率时。声的掩蔽现象在电话中具有很大意义，电话机附近的干扰声，例如房屋里有其他人谈话，放音乐……等，都会使发话或受话的清晰度大受影响。若要使这些干扰显不出显著的效应，则声音的声强级必须超过干扰声的声强级约15—20分贝。

(2) 听觉的疲乏：当一个连续不断的声音长时间地作用于人耳时，人耳听觉的灵敏度就会由于听觉神经终端的疲乏而降低，此种现象称为听觉的疲乏。声音停止后，听觉的灵敏度才能在3—5秒内逐渐恢复。

这种现象在电话学中也具有很重要的意义。如果通话时在受话器能很响地听到自己的说话声，那么就会使用户由于听觉的疲乏现象而使收听来话大感困难（特别是来话声音强度不大时）。因此，讲话者发话时，在他自己的受话器内，最好听不到或几乎听不到本人的发话声，以免引起听觉疲乏而降低收听来话的效率。

(3) 声强对低频听觉的影响，观察图1—2可以看出：

若声强在 10^{-3} 尔格/(厘米) 2 ·秒（相当于声强级60分贝）以上，从30—40赫以上的声音，都在可闻限以上，因而都可以听见，若把声强降到例如说 10^{-5} 尔格/(厘米) 2 ·秒（相当于声强级40分贝），一切低于100赫的频率都会听不见。由此可见，若把声强均匀降低，将有害于对低频率声音的听觉。

(4) 强声在听觉器官内引起的畸变，具有很大声强的（即是以引起很大振幅的）声波作用于听觉器官时，人耳内会产生许多所谓本身的泛音，这些额外的泛音振动混合在原有音振动内，使原有音振动的波形发生改变，因而引起了畸变；这时人耳所感到的已不是原有声音，这就是当讲话者在送话器前过于高声说话，而受话者从受话器所听到的语言反而模糊不清的原因之一。

七、语言

说话或唱歌时，肺内流出的空气通过声带，并迫使声带发生振动。声带的振动在空气中引起声波，于是被人感觉为声音。人的声器官，可以由声带和气流运动的变化，以及口腔和嘴唇形态的变化，使得声强、音调和音色在一定范围内变化。

语言的频带：人的语言可以分析为：一种能单独发声的母音；一种不能单独发声的

子音，每一个母音都是复杂的周期性振动。人的基本频率如下：

男低音	80~320赫芝
男中音	100~400赫芝
男高音	180~480赫芝
女低音	160~600赫芝
女高音	260~1200赫芝

从以上数字可以看出，人声的基本频率只限于不大的频带内，约在80~1200赫芝间。但是，人声除基本频率外，还包含了决定音色的泛音的高频率以及使子音字母发音的高频率。

人声声波的功率；人声声波的功率，可以从下列数据中得到一个概念：

耳语时： 10^{-3} 微瓦 = 10^{-2} 尔格/秒

通常讲话时： 10 瓦微 = 10^2 尔格/秒

高声喊叫时： 10^3 瓦微 = 10^4 尔格/秒

一百万人同时说话所发出声波的功率，只相当于燃一只10瓦特电灯的功率；一个人连续用普通强度说话300年，或连续高声喊叫3年所发出的声波能量才等于煮沸一杯水所费的能量。

八、清晰度和电话的传输频带

电话通信的目的是传递语言，因此，一方面要求电话能把语言以一定的强度从一处传到另一处；另一方面也要求它能保证一定的传输质量，否则，电话通信就不能完成任务，在电话通信里，主要是要求能听懂所传递的语言，而不是要求能毫不失真地重复产生原声波的波形。因此，电话传输的质量是以所谓清晰度和可懂度来评定的。

清晰度和可懂度：清晰度是通过传输没有意义的音节，用在受话端能正确记录的音节数的百分率来表示。例如，在发话端传输50个无连贯意义的音节，在受话端能正确接收

了45个，那末，清晰度是 $\frac{45}{50} \times 100\% = 90\%$

可懂度是通过传输有意义的语句，由受话端正确接收的百分率来表示，清晰度和可懂度相比较，前者可以客观地判断电话传输的清晰程度，经实验表明，清晰度高于85%，相当于良好的可懂度若低于70%，在电话传输的质量上，就被认为不够令人满意了。

清晰度、声能同电话传输频带的关系

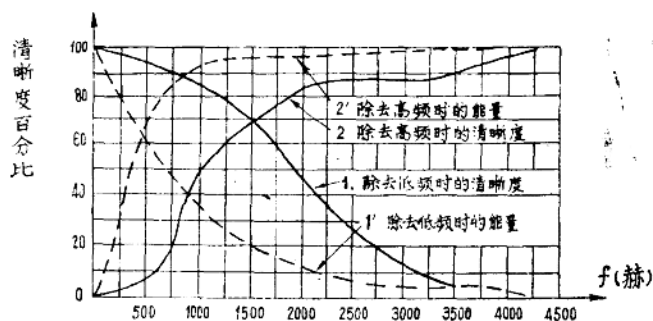


图 1—3 清晰度、声能同所通过频带的关系

图 1—3 的曲线表明清晰度，声能同传输频带的关系，横坐标表示频率，纵坐标表示清晰度或声能的百分率。上述曲线是在高度传输质量的电话电路内，插入一种高通滤波器（除去低频率）或低通滤波器（除去高频率），进行实验而得出的。

实曲线 1 表示截除低于某一频率以下的全部频率时，所测得的清晰度；虚曲线 1' 表示同一情况下所余留声能的百分率。

实曲线 2 和虚曲线 2' 表示截除高于某一频率以上的全部频率时的清晰度和声能百分率。观察曲线 1 和 1'，可以看出：截除低频率时，声能虽急速下降，而清晰度则变的很小。例如，当截除 500 赫芝以下频率时，声能虽减少了 60%，而仅余 40%，而清晰度则仍为 96%。观察曲线 2 和 2'，可以看出：截出 1000~2000 赫芝以上的高频率时，声能虽下降很小，而清晰度则下降很快，但是，若频带的上限扩大到 2500 赫芝以上时，清晰度却又提高的很慢。例如，当截除 1550 赫芝以上的频率时，声能虽仅减少 8% 而余留 92%，但清晰度已降低到 65%，即已在标准值 70% 以下。又如，若把频带的上限从 2500 扩大到 3000~3500 赫芝，清晰度才不过从 82% 提高到 85~87%。

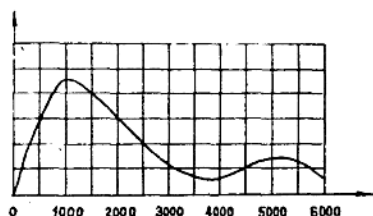


图 1—4 各频率对语言清晰度的相对重要性

图 1—4 所示的曲线，表明各频率对语言清晰度的相对重要性。曲线说明，对语言清晰度最重要的频带是 500~2000 赫芝。因此，在有关电话传输问题的计算中，通常采用 800 赫芝（相当于角频率 $\omega = 5000$ ）或 1000 赫芝作为代表性的平均计算频率。

通频带愈狭窄，则传输畸变愈大，因而转变为声音的自然程度也愈小，传输频带愈宽，则传输质量愈好，但是对技术设备就有更高的要求，因而使设备成本提高。

根据上述理由，目前对于传输频率的规定如下：

对于电话传频带 300~2700赫芝

对于满意的音乐和歌唱传输频带 100~5000赫芝

对于高度艺术的音乐和歌唱传输频带50~10000赫芝

响度对清晰度的影响，语言的清晰度在很大程度上又同响度有关，如前所说，经过轻或过响的语言都会变成听不清楚，相当对说话平均响度的声压，约等于1巴（相当于声强级74分贝）。若声压提高10倍或减小到1/10（相当于 74 ± 20 分贝）对清晰度尚无影响；若减小声压到1/100（相当于声强级 $74 - 60 = 14$ 分贝）则清晰度将降低到60%，实验证明，减小响度时，子音的畸变要比母音畸变厉害得多。

噪音对清晰度的影响：

噪音干扰对电话传输质量的影响也很大，噪音可以掩蔽语言中的微弱部分，因而将降低通话的清晰度。噪音干扰可以由于各种各样的原因产生。属于电来源的有：照明、电车和高压等电力线路对电话线的感应作用，附近电气设备的火花以及雷电等；属于声来源的，有电话机使用地点的环境嘈杂声等。

第二章 电话单机的机件

第一节 炭精送话器的构造和工作原理

一、炭精送话器的基本零件及作用

送话器的作用：是一种将声波转换成话音电流的机件。送话器的基本零件：

1. 振动板：随声波变化而产生相应的振动。一般由铝片制成。
2. 前后电极：深入炭精室与炭精砂接触起导电作用，其前电极固定在振动板上。（前后电极一般是铜质镀金）。
3. 炭精室：内装炭精砂，一般用浸渍过的丝绸制成。
4. 炭精砂：随着振动的振动而松紧不同的变化起变阻作用。
5. 金属盒：盛装固定上述元件起导电作用。

二、炭精送话器的工作原理

如图 2—1 所示，当振动板处于静止状态时，沿下列电路有一稳定的直流电流。

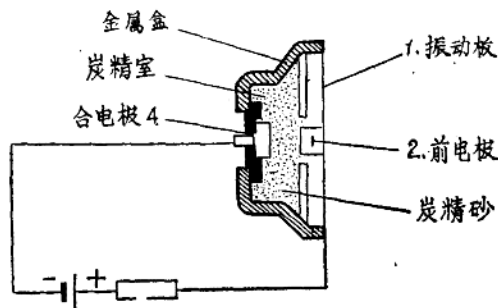


图 2—1

电池（+）—负载电阻—振动板 1—前电极 2—炭精砂—后电极 4—电池（-）。

对送话器讲话时，振动板将在声波作用下，发生振动。当声波到达振动板前时，如振动板前的空气压力大于振动板后的空气压力，此时，振动板中心向内弯曲，如图 2—2（2）所示。这时，炭精砂被挤紧，它们之间的接触电阻减小，使电路总电阻减小，结果电路的电流增大。

当声波到达振动板前时，如振动板前的空气压力小于振动板后的空气压力，使振动板中心向外弯曲，如图 2—2（3）所示。这时，炭精砂松开，它们之间的接触电阻增大，总电路的总电阻增大，结果是电路的电流减小。

交变声压愈大，振动板的振幅愈大，送话器电阻变动的幅度愈大，因此电流变动的幅度也愈大。

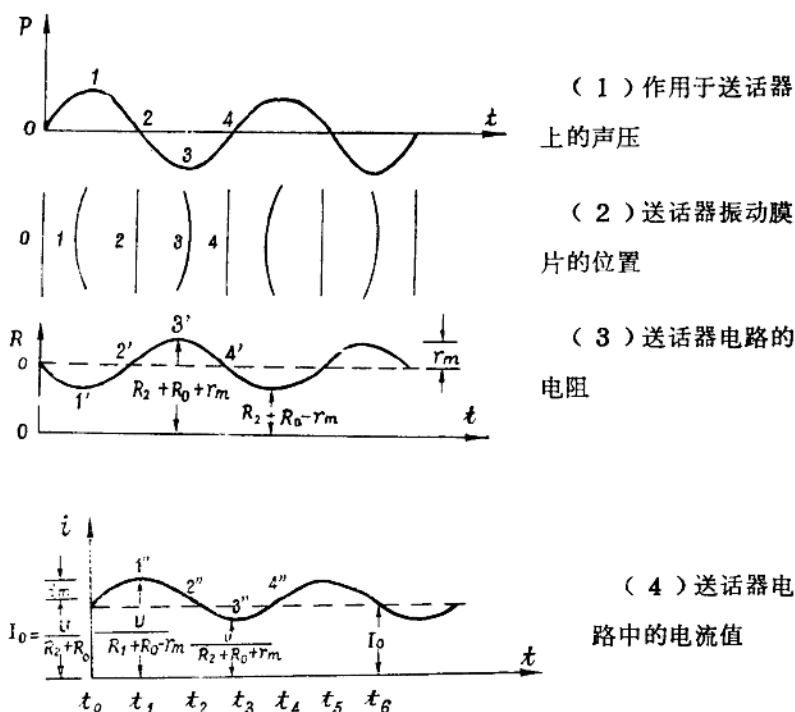


图 2—2 话流产生过程的分析

若声波不停地作用于振动板上，它将迫使振动板随着不停地振动，送话器电路的电流也就随着不停地变动，而且，电流变动的幅度和频率，都遵循着声波振动的规律。

送话器电路的电流，没有改变它的方向，只改变它的大小，所以是一种脉动电流。

话流产生过程的分析：图 2—2 (4) 是送话器在声波作用下产生话流的过程。

设：(1) 作用于振动板上的声压波形是正弦波形（实际上波形是很复杂的）；
(2) 负载 R 是纯电阻（实际上是电感性的）。

$P = P_m \sin \omega t$ 是作用于送话器上声波的声压； R_0 是送话器的静电阻； $\gamma = \gamma_m \sin \omega t$ 是送话器在声波作用下，其电阻增量的瞬时值； R 是负载电阻； U 是电源电压。

当 $t = t_0$ 时，声压 $P = 0$ ，送话器振动板处于静止位置 O ，这时，电路内的电流

$$I_0 = \frac{U}{R + R_0}.$$

在声压波形的正半周内 ($t = t_0 \sim t_2$)，声压沿曲线“0”、“1”、“2”变化，送话器振动板前的空气压力大于振动板后的大气压力，振动板向里弯曲，送话器电路内电阻沿曲线“0”、“1”、“2”变化，电流则沿曲线“0”、“1”、“2”变化，到达 $t = t_2$ 时，声压回复到 0，振动板电阻和电流也回复到静止时的状态。

当 $t = t_1$ 这一瞬间，声压增至最大值 P_m ，振动片向内弯曲至最里位置 1，送话

器电路的电阻减小至最低值 $R + R_0 - \gamma_m$ ，这时，电流则增到最大值 $I_0 + If_m$ 。

$$= \left(\frac{U}{R + R_0 - \gamma_m} \right) \cdot If_m$$
 表示电流增量的最大值。

在声压波形的负半周期内 ($t = t_2 \sim t_4$) 声压沿曲线 2、3、4 变化，振动板向外弯曲，电阻沿曲线 2'、3'、4' 变化，电流则沿曲线 2'' 3'' 4'' 变化，到达 $t = t_4$ 这一瞬间时，声压又回复到 0，因而振动停止，电阻和电流又回复到其静止时的状态。当 $t = t_3$ 这一瞬间，声压减至最大负值， $-P_m$ ，振动板向外弯曲到最远位置了，送话器电路的电阻增至最高值 $R + R_0 + \gamma_m$ ，这时，电流减至最低值约为 $I_0 - If_m$ 。

$$\left(= \frac{U}{R + R_0 + \gamma_m} \right) \cdot If_m$$

以上所研究的是送话器在声波作用一个周期内的过程，继续下去的过程只是前一周期的重复。

送话器的电流是一种脉动电流，它可以看作是直流 I_0 和交流电流 I_1 两种成分叠加而成。

交流成分的波形 0'' 1'' 2'' 3'' 4'' 和声波形“0”、“1”、“2”、“3”、“4”相似，实际上要做到完全一致是很困难的。

三、炭精送话器的基本性能

1. 电阻特性

(1) 送话器的电阻同倾斜角度的关系：

送话器的炭精砂应松松地接触着，使用振动时的电阻变化较大，因此，炭精室内的炭精砂不应装满垫紧，而应留有一定空隙。

由于空隙存在，送话器的电阻也就同放置的角度有关，为减小不同放置电阻的角度对送话器电阻的影响，采用“浸没式”电极、前后电极大部分浸没在炭精砂中。如图 2—3 所示。不论送话器放置在什么角度都能保持炭精砂同两电极的接触；但抖动送话器时，仍可能发生中断现象。

从图上可以看出送话器电阻同倾斜角的关系，当送话器在垂直位置时，炭精砂和两电极间的接触面积最大，这时送话器电阻最小，在水平位置时，炭精砂同两极间的接触面积最小，这时送话器电阻最大。电阻最大值（水平位置）约为最小值（垂直位置）的 2—3 倍。所以送话器在工作时，应保持在其的最佳位置 45° 位置。

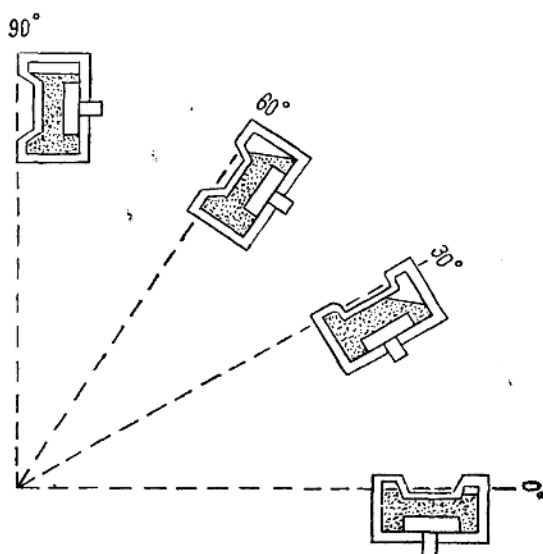


图 2—3

(2) 送话器的静电阻和平均动电阻

炭精送话器处在静止状态时的电阻叫静电阻，但是静电阻也是有一些变化的。其静电阻不稳定的原因是：通过炭精砂的电路是由炭精砂的各颗粒间很多串联并联的接触桥路所组成，由于炭精砂很轻，微小的振动就会改变位置，所以即使送话器不工作的情况下，它的电阻也会发生不规则的变化，这种电阻变化通常称“送话器的噪声”。但这种电阻的变化同对着送话器讲话振动板振动所产生的电阻的变化比要小得多。因此在实用上可以近似地认为送话器的静电阻 R_0 在没有说话时是固定不变的。

当送话器振动板在声波作用下发生振动时，“接触桥路”的相对平衡状态遭到破坏，使“接触桥路”平均数量减小。因此，送话器在讲话时的平均动电阻 R_T 将大于它的静电阻 R_0 ，如图2—4所示是送话器在声波作用下从静电阻 R_0 变到平均动电阻 R_T 的过程。其中，在时间 t 内，送话器的平均动电阻值是一个不稳定的过程。

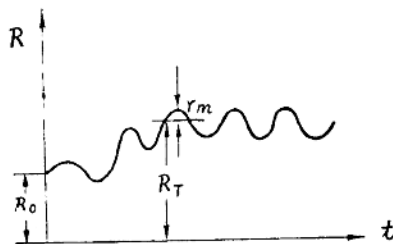


图 2—4

讲话停止时，送话器电阻将回复到 R_0 。

2. 送话器的放大作用：

(1) 送话器输出最大功率的条件：

送话器输送到负载上的话流功率应尽可能地大，以获得良好的传送效果。我们在电工里学到，要使输出负载上得到最大功率其条件必须做到负载阻抗等于电源内阻抗。在送话器电路里，把送话器内阻抗作为等效的电流内阻抗 R_T 和负载阻抗 R 相等时，送话器将输出最大话流功率给负载 R 。

(2) 送话器的放大作用

炭精送话器具有很大的放大作用，它能把输入的声波功率放大为1000倍以上的话流功率送出去。但应在输出最大话流功率的条件下考虑。

令： $P_L = R \cdot i^2$ = 输送给负载 R 的话流功率：

$P_0 = RI^2$ = 消耗于送话器的直流功率。

当 $R = R_T$ 时

$$\begin{aligned}
 P_L &= R \left(\frac{I \cdot \gamma m \sin \omega t}{R + R_T} \right)^2 = R_T \left(\frac{I \cdot \gamma m \sin \omega t}{R + R_T} \right)^2 \\
 &= \frac{R_T I^2}{4} \left(\frac{I \cdot \gamma m \sin \omega t}{R_T} \right)^2 = \frac{1}{4} P_0 \left(\frac{I \cdot \gamma m \sin \omega t}{R_T} \right)^2
 \end{aligned}$$

若以 $\gamma \sin \omega t$ 的均方根值 γ 代入上式、则

$$P_L = \frac{1}{4} P_0 \left(\frac{\gamma}{R_T} \right)^2$$

从上式可知，输送给负载的话流功率 P_L 是由直流电源供给的，一般情况下 P_L 远大于作用于送话器上的声功率，所以送话器具有很大的变声功率为话流功率的放大能力。

例：某一送话器， $R_T = 50$ 欧姆， $\gamma \sin \omega t$ 的均方根值 $= 15$ 欧姆，直流电源电压 $U = 3$ 伏。了送话器的放大能力。

$$\text{解：} P_0 = R_T I^2 = R_T \cdot \left(\frac{U}{R + R_T} \right)^2 = \frac{U^2}{4 R_T} = \frac{3^2}{4 \times 50} = 0.045 \text{ 瓦特} = 45 \text{ 毫瓦}$$

$$\text{根据上式} \quad P_L = \frac{1}{4} P_0 \left(\frac{\gamma}{R_T} \right)^2 = \frac{0.045}{4} \left(\frac{15}{50} \right)^2 = 1.012 \text{ 毫瓦}$$

正常发话于送话器上的声波功率约等于1微瓦，因此，上例中送话器的功率放大倍数是

$$K = \frac{1.012}{0.001} = 1012 \text{ (倍)}$$

说明送话器可以把声波功率放大成约1000倍话流功率输送出去。具有很好的放大能力，因送话器输出功率是取自输入的直流功率，而不是取自声波功率。

3. 送话器效率的频率特性：

送话器的效率是指声波作用于送话器时，送话器将声能变为电能的工作能力。

实验证明：送话器对于不同的声波频率具有不同的效率，因为构成送话器的部件都有本身的自然频率，当输入声波频率同这些自然频率相同时，就会引起谐振现象使振动板振幅骤然加大，因而效率升高

在送话器的结构上加装口承，有收集声波的作用，可以提高送话器的效率，因此，也可以说口承是一种特殊的放大器，口承的放大性能，和它的形状有关。

送话器的效率频率特性是不均匀的，会引起传输的畸变，但正确选择使用频率（选在效率均匀的频带内），能减少畸变，对通话的清晰度是没有影响的。

4. 炭精送话器电阻值的选择：

炭精送话器的电阻值，可分为三类：低阻、中阻和高阻。电阻值的大小取决于炭精砂颗粒的大小和热处理的方法而不同。颗粒较粗的炭精砂，电阻较小，颗粒较细的电阻较大。送话器电阻的分类如下：

分 类	供电电流 (毫安)	送话器电阻 (欧姆)	装在那种电话机内
低阻送话器	20~30	30~65	磁石式电话机
中阻送话器	25~60	65~145	共电式电话机和短距离的 步进制自动话机
高阻送话器	12~25	145~300	机动自动电话机和远距离的 步进制自动电话机