

284871

高等学校教学用书

电 话 学

(上 册)

原編者：北京邮电学院电话学教研組

审校者：邮电学院电话学教材选編組



人民邮电出版社

高等学校教学用书

电 话 学

(上册)

原編者：北京邮电学院电话学教研组

审校者：邮电学院电话学教材选編組

人 民 邮 电 出 版 社

內 容 提 要

本书是按照邮电学院报話通信专业教学大纲編写的,共分十二章。主要内容有:送受話器工作原理及其音响系統的改进,电话机电路的分析及晶体管話机,人工交换机原理,继电器特性的分析及設計,47式自动交换机的基本电路动作原理,步进制自动电话局的信号設備和測試設備,市内电话网的設計原理,纵横制交换机和电子式交换机的基本原理及电路分析,长途接續設備和长途接續的自动化,以及接点电路的理論等。

本书适用于高等学校通信类专业的教学用书,也可作一般参考书。

电 話 学 (上册)

原 編 者: 北京邮电学院电话学教研組

审 校 者: 邮电学院电话学教材选編組

出 版 者: 人 民 邮 电 出 版 社

北京东四六条13号

(北京市书刊出版业营业許可証出字第〇四八号)

印 刷 者: 北 京 新 华 印 刷 厂

发 行 者: 新 华 书 店

开本 850×1168 1/32

1961年8月北京第一版

印张 9.30/32 頁数 318

插頁 4 1961年8月北京第一次印刷

印刷字數 267,000字

印数 1—2,450册

統一书号: 15015·总 1256—市 78

定价: (10) 1.50 元

序 言

在教学改革中，为贯彻党的教育为无产阶级政治服务、教育与生产劳动相结合的方针，我们在党委领导下，师生结合，编写了“电话学讲义”，本书是在这本讲义的基础上改编而成的。在编写和教学实践中，我们力求理论结合实际，符合电报电话专业教学大纲的要求，并且使内容尽可能有系统，重点能突出。但是由于经验不足，时间也比较短促，虽然经过修改，也还有不完善之处，特别是与生产实际密切结合方面还有些不够。希望读者，特别是使用本书的教师和同学积极提出批评和改进意见，以便以后进行修订。

本书内容主要是以交换系统为中心，因此把长途电话交换技术也包括在内。在叙述中，以基本原理、典型交换机的运转和电路分析、计算和设计为主。此外，在介绍步进制自动电话交换机时，着重于维护、设计；对纵横制交换机，则着重于典型电路分析；对继电器和市内电话网，则着重于设计方法；对电子式交换机、接点电路理论，则着重于启发，为读者在这方面作进一步研究提供初步基础知识。必须指出，在教学中使用这本书时，还要深入了解生产实际需要，斟酌取舍，对内容适当增减。

参加原稿编写的是北京邮电学院张家兴、王书钰、杨再同、王蔚允、吴景棠、吴永寿、盛友招、贾锐、叶敏、张富、江又鹏、殷敏叔等同志。原稿出版前，在北京邮电学院负责主持下，经邮电学院电话教材选编组进行审校，作为通信类专业的教学用书。这次教材选编组的成员是北京邮电学院教师张家兴、张富，西安邮电学院教师侯楷，南京邮电学院教师陈仲津，重庆邮电学院教师张云麟，武汉邮电学院教师黄天德等同志。此外，北京邮电学院工程画教研组的教师和在校的一部分同学，协助本书的绘图、繕稿及校对等工作，对这本书能尽快出版，起了很大作用。

编者 1961年5月

目 录

序言

緒論	1
----	---

第一章 电话学的物理基础	6
--------------	---

§ 1.1 声場	6
----------	---

§ 1.2 听觉器官及其特性	11
----------------	----

§ 1.3 声的强度和响度	13
---------------	----

§ 1.4 声音的掩蔽作用	17
---------------	----

§ 1.5 語言	17
----------	----

§ 1.6 評定語言清晰度的方法	18
------------------	----

第二章 电话机	20
---------	----

§ 2.1 概述	20
----------	----

§ 2.2 电话机的质量指标	22
----------------	----

§ 2.3 电话机的基本元件	24
----------------	----

§ 2.4 电话机电路	38
-------------	----

§ 2.5 送受話器音响系統的改进	45
-------------------	----

§ 2.6 具有晶体管放大器的电话机	63
--------------------	----

第三章 电话继电器	68
-----------	----

§ 3.1 概述	68
----------	----

§ 3.2 继电器的時間特性	71
----------------	----

§ 3.3 用等效負載法和表解法确定安匝数	85
-----------------------	----

§ 3.4 跨接在恒压电源上继电器綫圈的計算	94
------------------------	----

§ 3.5 各种电路中继电器綫圈的計算	104
---------------------	-----

§ 3.6 继电器的磁路与簧片	113
-----------------	-----

第四章 人工交换机	133
-----------	-----

§ 4.1 人工交换的概念	133
---------------	-----

§ 4.2 磁石式交换机的原理	134
-----------------	-----

§ 4.3 复式共电交换机	135
---------------	-----

§ 4.4 多局交换制	140
§ 4.5 共电制中用户话机发话器电路的电源供给方法	143
§ 4.6 中央电池的正极接地	145
§ 4.7 通话回路的平衡	146
第五章 步进制自动电话	149
§ 5.1 步进制自动电话交换的概念	149
§ 5.2 预选和选组	161
§ 5.3 47 式自动电话交换机各级机键电路	182
§ 5.4 47 式自动电话交换机主要电路工作的分析	223
§ 5.5 47 式自动电话交换机的信号设备	275
§ 5.6 自动电话交换机的测试设备	288
§ 5.7 步进制市内电话网	300

緒 論

(一) 電話通信在國民經濟中的作用

電話能够迅速地把人們的語言傳送到远方，从而相对地縮短了空間和時間。利用電話通信，可以把党的方針政策和指示及时地傳達到全国各地，使之成为全國人民的行动。因此，不論在革命斗争中，或是在經濟建設中，電話通信都是党掌握情况，领导工作，动员群众的有力工具。特别是从1958年我国社会主义建設大跃进以来，工农业生产大发展，对電話通信的需要日益增长，電話通信在支援农业，全面組織生产建設和领导协同动作，以及配合文化革命和技术革命等方面，日益起着重大的作用。

提到電話通信的重要性，我們都会想起偉大的革命导师列宁的一句名言：“大生产，机器，铁路，电话——有了这一切就有充分可能把組織起来的工人的工作時間縮短到现在的四分之一而保证他們享受到等于現在四倍的福利”。（列宁全集第27卷第190頁，人民出版社出版）。这句话充分說明了電話通信对节省時間，提高劳动生产率的重要意义。

至于電話通信在国防上的重要作用，那就更明显了。在战斗中爭取時間，及时正确地指揮战斗，取得胜利，常常要利用电话。

由于電話通信的重大作用，党和政府十分重视電話通信的发展。我們应当認真学好这門专业，使電話通信更好的为党的中心工作服务，为社会主义建設服务，更好的为廣大人民的物质、文化生活服务。

(二) 電話通信的特点

電話通信的基本特点，和邮电通信中的其它部門一样，是生产有益效应，而且这种有益的效应就在生产过程中体现。此外，一次通話，要通过很多分散在各地的人員、設備来完成。由于这些特点，要使電話通信真正成为党的有力工具，發揮以上所述的作用，就必

須要求我們的電話通信工作人員具有高度的政治責任感，堅強的整體觀念，把質量擺在第一位，把發信者需要傳遞的消息準確、可靠、迅速地傳送到收信者。因此，在電話通信工作中，做好使用維護工作，保證機綫設備正常運轉，提高通話質量，深入開展技術革命，搞好協作，充分發揮設備潛力等等，有特別重要的意義。

電話通信在國民經濟中的作用和它的特点，對未來的電話工作者提出了嚴格的要求。我們必須努力學習政治，提高思想覺悟，刻苦鑽研科學技術，把自己培養成黨和人民所期望的又紅又專的人材。

(三) 電話通信的分類

按照電話通信網的應用範圍及其運營特点，大致可以分為下列三類：

1. 市內電話：供城市區域範圍內通話使用，其特點在於用戶多，密度大，距離較短，一個市內電話網視其市區的大小和地形，以及行政劃分等情況，可以設立一個或幾個電話局，它們之間用中繼綫聯繫。

2. 長途電話：供城市間通話，它可以使一個城市的用戶和另外一個城市的用戶實現通話。

3. 縣內電話：供縣以下鄉村地方通話使用，其特點是服務面積大而分散，用戶綫路長。

按照電話通信所用的交換機的制式，可以分為下列兩類：

1. 人工電話：有關電話交換過程中的接綫、拆綫等動作，完全由話務員的人工操作來進行和完成的。

人工電話按其電源供給方式，又可分為下列兩種：

① 磁石式電話：電源由各個電話機自備。

② 共電式電話：各個電話機的電源都集中由電話局供給。

2. 自動電話：有關電話交換過程的接綫、拆綫等動作完全由用戶控制電話交換機，自動進行和完成，它的電源也是集中由局內供給的。自動式電話又可分為很多種類，如步進制、旋轉制、升降制、

机制、全继电器制、纵横制、半电子制、全电子制等等。

(四) 电话通信的发展简史

人类利用电话通信只是最近一百年内的事。

大约八十余年前人们根据电磁感应作用的原理试制成功了可以通話用的送受話器，人工接綫的电话就得到了实际的应用。

当电话被应用后，很快地产生了自动接綫的要求和設想，因此自动技术的研究，几乎是同人工电话同时开始的。第一次提出自动接綫概念的是俄国工程师莫斯齐茨基，这是 1887 年的事。至 1889 年，出现了史端乔式步进制自动交换机，1905 年制成了旋轉制自动交换机，1913 年又相继发明了全继电器制和纵横制等自动交换机。近年来，电子制交换机的研制工作，也有很快的发展。

虽然自动电话局较人工电话局在技术上完善和在經濟上有利，可是，在资本主义制度下，它们的实际采用却长时期地被资本家人为地延迟了。自动电话虽然早在 19 世紀末即已发明，但在资本主义国家内由于失业者众多，使用人工电话对资本家进行剥削有利，资本家不但不願采用这项新技术，而且收买了这方面的专利权，进行壟断。例如美国壟断资本家就把自动电话的生产一直延迟到 1920 年。

(五) 我国电话发展简史

我国电话通信事业开创于 1881 年，直到解放前，长期处于极端落后的状态。市内电话绝大部分操纵在外国资本家和反动统治阶级手里。由于程式杂乱，号码系统不統一，使电话网的发展受到很大的限制。就是这些极简单而又陈旧的通信工具，也只集中在少数大城市和沿海各省，全国大部分地区，则是一片空白。就是在城市里，由于电话通信資費昂貴，所以实际上只能是为帝国主义的利益，为反动统治阶级和大资本家的利益服务的。对广大人民群众而言，是既不可能使用，同时也是使用不起的。

解放以前我国几乎没有自己的电话工业，在那时所有的电话工厂实际上只是一些装配工厂，差不多所有电信设备的主要零件和机

件都是靠外国輸入的。

在解放以后，自 1949 年至 1952 年的三年經濟恢复期間，在党的正确领导下，和全国邮电工作者的努力下，建立了以北京为中心的，沟通各大行政区和省会間的邮电通信網路，并对原有通信網路和设备重点地进行了技术改造，适应了国民經济恢复时期发展的需要。

从 1953 年起，我国开始了第一个五年计划的經濟建設，随着国民經济有计划地迅速发展，我国邮电通信網路和设备得到了逐步改进和不断扩大。由于在党的正确领导下，全国邮电职工忘我的劳动，和苏联及各兄弟国家的巨大援助，在邮电事业方面和其它建設事业一样超额完成了第一个五年计划的任务。

在第一个五年计划期內，我国不仅建立了以首都北京为中心的全国邮电通信網路，保证了北京和省中心、大城市、新兴工业城市間的直接联系，此外还建立了以北京和上海为中心的国际无綫电通信网。

党和政府非常重視电话工业建設和电话技术人員的培养。到完成第一个五年计划的时候止，我国即已建立了大規模的电话工业，无论人工电话或自动电话设备都能由我国自己的工厂制造了。在邮电教育方面，几年来邮电院校有很大的发展，为国家培养了大批的专业人材，充实了邮电生产、科学研究的新生力量。

1958 年，我国社会主义建設开始全面大跃进，全国邮电职工在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，热烈响应党在八大二次會議上提出的在全国範圍內建立一个以現代工具为主的四通八达的邮电网的偉大号召，鼓足干劲，使邮电事业突飞猛进，电话方面也取得了新的成就。这一年，邮电网路的发展都超过或接近第一个五年计划期間增加数量的总和。到 1959 年庆祝建国十周年的时候，与 1949 年比較，长途电信綫路的总长度增加了 1.5 倍，市內电话交换机总容量增加了 135%。随着新设备的采用，技术和操作方法的改进，通信效率也大为提高。在农村中，随着人民公社化运动的高

潮，农村电话通信取得了飞跃的发展。到1958年，就基本上完成了1956—1967年全国农业发展纲要内规定的乡乡通电话的任务。电话事业这样迅速的发展，充分显示了总路线、大跃进、人民公社三面红旗的伟大力量。

目前全国邮电工作者，正在党的领导下，继续高举总路线、大跃进、人民公社三面红旗，坚持鼓足干劲、力争上游的革命精神，发扬艰苦奋斗的优良传统，贯彻党提出的“调整、巩固、充实、提高”的方针，为夺取新的胜利和更大的成就，为实现党在八大二次会议上提出的在全国范围内建立一个以现代工具为主的四通八达的邮电网的号召而奋勇前进。因之，我国的电话通信事业不久也将出现一个崭新的局面。

第一章 电话学的物理基础

§1.1 声 場

声音，从物理方面看，是由于物质振动的结果。当弹性媒质分子的振动频率在人们的听觉器官可以感觉的范围内时，这种振动在媒质内的传播过程就叫作“声波”。凡具有声波的空间即称为“声场”。当声波传播时，在声场中每一点的压力依时间而变化，而且也依赖于从声源到该点的距离而变化。在声场中任何点在某一瞬时所存在的压力 P_1 和当没有声波时存在于同一点的静态压力 P_0 的差值就称为“瞬时声压”。如果瞬时声压值系按照谐波规律而变化，那末它的均方根值就叫作“声压”。

设声压的振幅为 P_m ，则它与声压均方根值 P （又称声压）之间的关系是：

$$P = \frac{P_m}{\sqrt{2}} \quad (1.1.1)$$

测量声压所用的单位称为“巴”1巴等于在1平方厘米的面积上受1达因的力。

理论证明，声波传播的速度，决定于媒介质的特性，对气体的媒介质而言，可以下式表示：

$$C = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho_0}} = \sqrt{\frac{E}{\rho_0}} \quad (1.1.2)$$

式中： C ——气体中的声速；

γ ——气体在定压下的热容量和它在定容下的热容量的比值
(对空气而言 $\gamma=1.4$)；

P_0 ——气压；

ρ_0 ——气体的密度，对空气而言， $\rho_0=1.2 \times 10^{-3}$ 克/(厘米)³；

E ——气体的杨氏模量。

在空气中，声波传播的速度，在 20°C 和一个大气压的情况时为 3.4×10^4 厘米/秒。

由于声压的存在，使得媒质的质点振动。这种在声场中媒质分子的运动速度我们称为音响速度，它与声波的速度是不相同的。

设我们取振动中心作为坐标原点，那末在平面波的情况下，声场中，原点处媒质分子将依照下面的规律振动：

$$a = A_m \sin \omega t, \quad (1.1.3)$$

式中： a ——表示媒介质分子离开平衡位置的位移；

A_m ——是振动的振幅，也即是最大的位移；

$\omega = 2\pi f$ ——是圆频率；

t ——是从振动开始时刻算起的时间。

沿直线传播的波（设不减幅），到达任意一点时，由该点离开平衡位置的位移 a 可由下式表示：

$$a = A_m \sin (\omega t - Kx), \quad (1.1.4)$$

式中： $K = \frac{\omega}{C}$ ， ω 为圆频率， C 为声波速度；

x 是该点至坐标原点的距离；

A_m 是振动的振幅。

有了媒质分子振动的位移，则音响速度只要取 (1.1.3) 或 (1.1.4) 式对时间的一次导数即得，即：

$$\left. \begin{aligned} v &= \frac{da}{dt} = \omega A_m \cos \omega t \\ \text{或} \quad v &= \omega A_m \cos (\omega t - Kx) \end{aligned} \right\} \quad (1.1.5)$$

由上式看出音响速度不是一个恒量，而是一个正弦函数，它的振幅为：

$$V_{\pi} = \omega A_m \quad (1.1.6)$$

在电话学中，当解决发话器和受话器的问题时，常须考虑到体积位移和体积速度，它们的含义可以用下列等式表示：

$$\text{体积位移} \quad X = S a, \quad (1.1.7)$$

$$\text{体积速度} \quad V_A = S v \text{ (简称为声流)}, \quad (1.1.8)$$

式中 S ——是在声场中垂直于声波传播方向的面积(即波障面)。

自声源发出的能量以一定的密度分布在声场中, 声场中的能量密度 E 是指集中在声场中单位体积内的声能量, 通常以尔格/(厘米)³来度量。

声场中的声波功率 W 是指在声场中声波在单位时间内沿其传播方向通过波障面所传播的能量, 通常以尔格/秒来度量。

若声压 P 均匀分布在所考虑的波障面面积 S 上, 则可得:

$$W = P \cdot v \cdot S. \quad (1.1.9)$$

声场中的声强度 J 是指在单位时间内经过单位面积波障面的声能量, 通常以尔格/(厘米)²秒来度量, 即:

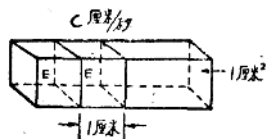
$$J = \frac{W}{S} = P \cdot v. \quad (1.1.10)$$

声强度和声能密度的关系可以寻求如下:

设声速为 C , 而声能量在一立方厘米体积内平均等于 E (见图 1.1.1), 则在一秒钟内通过波障面的每一平方厘米面积的能量显然等于 EC 。但依照上述定义, 在单位时间内通过单位面积的声能量就是声强度 J , 因此

$$J = EC. \quad (1.1.11)$$

图 1.1.1 声强度和声速关系示意



这个定律就称为伍莫夫 (H. A. Умов) 定律, 取名于能量传播学说的创造者伍莫夫。

现在让我们来研究声压 P 与音响速度 v , 和声压 P 与声强 J 的关系。

为了只限于电话学中应用, 我们只来研究平面波的情况。

让我们选择声场中介质的任一很薄的层 (图 1.1.2), 其厚度为 Δx , 其截面积为 1 (厘米)², 并选择此薄层带

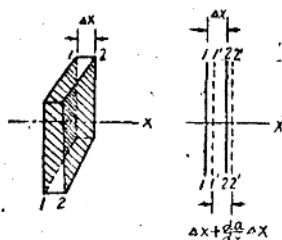


图 1.1.2 平面波研究示意

阴影的两侧面 11 和 22 使垂直于声波传播方向 x 。经过一段时间后，介质质点将由 12 位置移到 1'2' 的位置。但由于这个薄层左侧面上的介质分子和右侧面上的介质分子运动的出发点不同，因而他们的位移也不一样，这两侧面上质点位移之差是：

$$\begin{aligned}\Delta a &= A_m [\sin(\omega t - Kx - K\Delta x) - \sin(\omega t - Kx)] \\ &= A_m [\sin(\omega t - Kx) \cos K\Delta x - \cos(\omega t - Kx) \sin K\Delta x - \sin(\omega t - Kx)],\end{aligned}$$

由于 Δx 很小，故 $\sin K\Delta x \approx K\Delta x$ ，而 $\cos K\Delta x \approx 1$ ，

$$\text{因此} \quad \Delta a \approx -KA_m \cos(\omega t - Kx) \Delta x. \quad (1.1.12)$$

由于两侧面质点位移之差而引起的此薄层体积的变化是：

$$\Delta N = 1 \cdot \Delta a = \Delta a.$$

而此薄层的体积是 $N = 1 \cdot \Delta x = \Delta x$ ，因此，此薄层体积的相对变化是：

$$\frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta a}{\Delta x} = -KA_m \cos(\omega t - Kx). \quad (1.1.13)$$

将 (1.1.6) 式音响速度的关系式代入上式得：

$$\frac{\Delta N}{N} = -K \frac{v}{\omega},$$

又由于 $K = \frac{\omega}{C}$ ，故上式可写为：

$$\frac{\Delta N}{N} = -\frac{v}{C}. \quad (1.1.14)$$

现在我们再来看声压与介质体积变化的关系。

由于音响现象是以高速进行的，因此压力的变化与介质体积变化的关系可以按绝热压缩的方程式来计算，即：

$$P_0 N^\gamma = (P_0 + P)(N + \Delta N)^\gamma,$$

两边除以 $P_0 N^\gamma$ 得

$$1 = \left(P + \frac{P}{P_0} \right) \left(1 + \frac{\Delta N}{N} \right)^\gamma$$

$$\begin{aligned} \text{或 } \left(1 + \frac{P}{P_0}\right) &= \left(1 + \frac{\Delta N}{N}\right)^{\gamma} \\ &= 1 + \gamma \frac{\Delta N}{N} + \frac{\gamma(\gamma+1)}{2} \left(\frac{\Delta N}{N}\right)^2. \end{aligned} \quad (1.1.15)$$

由于 ΔN 很小, 故可忽略 ΔN 的高次各项
因此, 得

$$P = \gamma P_0 \frac{\Delta N}{N}.$$

将 (1.1.14) 式代入, 得

$$P = \gamma P_0 \frac{v}{C}. \quad (1.1.16)$$

又由 (1.1.2) 式知

$$C = \sqrt{\frac{\gamma P_0}{\rho_0}}.$$

故 (1.1.16) 式变为

$$v = \frac{P}{C \rho_0}. \quad (1.1.17)$$

这样我们就找到了声压 P 与音响速度 v 之间的关系,
由上式可以得出:

$$P_m = \rho_0 C V_m. \quad (1.1.18)$$

将 (1.1.6) 式中 V_m 之值代入上式即得:

$$P_m = \omega \rho_0 C A_m. \quad (1.1.19)$$

于是, 声压为

$$P = \frac{\omega \rho_0 C A_m}{\sqrt{2}} = \omega \rho_0 C A. \quad (1.1.20)$$

又由 (1.1.10) 式得出:

$$J = P v = \frac{\rho_0 C}{2} V_m^2, \quad (1.1.21)$$

和

$$J = \frac{P_m^2}{2 C \rho_0}.$$

用均方根值代入得

$$J = \frac{P^2}{C\rho_0} \quad (1.1.22)$$

由上式看出声强度系与声压之平方成正比，对空气而言，当温度为摄氏 20°C ，大气压力为 760 毫米水银柱时，

$$\rho_0 = 1.2 \times 10^{-3} \text{ 克/（厘米）}^3,$$

而 $C = 3.4 \times 10^4$ 厘米/秒，此时在空气介质中的声强度为：

$$J = 0.024 P^2 \text{ 尔格/（厘米）}^2 \text{ 秒} \quad (1.1.23)$$

§1.2 听觉器官及其特性

人耳大体可分为三部分，即：外耳，中耳和内耳。外耳包括耳的外部 and 耳孔，耳孔末端是鼓膜，鼓膜可随到达的声波而振动。鼓膜之后即为中耳，中耳系由槌骨、砧骨和镫骨三个小骨构成，镫骨后即椭圆窗。中耳的作用是将耳膜所受之力以杠杆方式传达到内耳。内耳是听觉器官最复杂和最重要的部分，内耳中与听觉器官有关的是一个蜗牛式（螺旋式）的圆通道，接收声音感觉的部分是一个有弹性的膜，称为主膜。内耳室内蜗牛管内充满了淋巴液，主膜将内耳分隔成二室，这二室的最内终端处有一蜗孔相通，在主膜的全长上分散着听觉神经的许多末梢，不同位置的神经对于不同频率的声波刺激特别敏感。当声波传入内耳后，引起淋巴液的振动，将使相当于传入声波频率的神经末梢受到刺激最大，再将它传送到专司接收听觉的大脑听觉神经中枢。

人耳的听觉范围可认为是在 16 赫至 20,000 赫的频率内，但并不是对上述频率内各种频率振动的感觉都同样地灵敏，而是最易接受 1000 至 4000 赫范围内的中频音调。

为了使入耳能接受某种音调，则该音调声音振动的强度，不应低于一定的最低值。人耳所能接受的声强度的最低值称为可闻限（单位是尔格/（厘米）²秒）。可闻限随不同音调而有不同，可闻限的倒数称为感觉灵敏度。每个人的可闻限也并不一样，在一定程度上，