

职业资格培训教材
社会力量办学培训教材

(高级)



办公设备维修工

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

职业资格培训教材
社会力量办学培训教材

办公设备维修工

(高级)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

办公设备维修工：高级/赵士滨主编. —北京：中国劳动社会保障出版社，2002.12
职业资格培训教材. 社会力量办学培训教材

ISBN 7-5045-3891-4

I. 办… II. 赵… III. 办公室-设备-维修-职业技术培训-教材 IV. C931.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第109355号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码：100029)

出 版 人：张梦欣

*

煤炭工业出版社印刷厂印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 12.75印张 318千字

2004年1月第1版 2004年1月第1次印刷

印数：3000册

定价：22.00元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64911190

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64911344

前 言

《劳动法》和《职业教育法》明确规定，在全社会实行学历文凭和职业资格证书并重的就业制度。在国家劳动和社会保障行政管理部门的大力倡导下，取得职业资格证书已经成为劳动者就业上岗的必备的前提，同时，作为劳动者职业能力的客观评价，已经为人力资源市场供求双方普遍接受。取得职业资格证书不但是广大从业人员、待岗人员的迫切需要，而且已经成为各级各类普通教育院校、职业技术教育院校毕业生追求的目标。

开展职业资格培训教材建设十分重要。为此，劳动和社会保障部教材办公室、中国劳动社会保障出版社组织编写了《职业资格培训教材》，用于规范和引导职业资格培训教学。第一批组织编写的有：制冷设备维修工、冷作钣金工、制冷空调工、家用视频设备维修工、汽车修理工、客房服务员、电工、办公设备维修工、电梯安装维修工、计算机操作员、计算机调试工、计算机维修工 12 个职业的教材。其他职业（工种）的教材将分期分批地组织编写。

职业资格培训教材的主要特点是：

1. 最大限度地体现技能培训的特色。教材以最新国家职业标准为依据，以职业技能鉴定要求为尺度，以满足本职业对从业人员的要求为目标。凡《标准》中要求的技能和有关知识，均作了详细的介绍。

2. 以岗位技能需求为出发点。按照“模块式”教材编写思路，确定教材的核心技能模块，以此为基础，得出完成每一个技能训练单元所需掌握的工艺知识、设备（工具）知识、相关知识和技能、专业知识、基础知识，并根据培训教学的基本规律，按照基础知识、专业知识、相关知识、设备（工具）知识、工艺知识、技能训练的次序组成教材的结构体系。

3. 服务目标明确。从教学形式上，主要服务于教育、劳动社会保障系统，以及其他培训机构或社会力量办学所举办的各种类型的培训教学，也适用于各

级各类职业技术学校举办的中短期培训教学，以及企业内部的培训教学；从培训教学时间上，服务于3~6个月不同等级（300~600授课学时）的培训教学。

4. 在强调实用性、典型性的前提下，充分重视内容的先进性。尽可能地反映与本职业相关联的新技术、新工艺、新设备、新材料和新方法。

本书单元1、2、5、9由张进编写，单元3、4、8由李玉忠编写，单元6由刘井利编写，单元7由李豪彦编写（以上均为广东技术师范学院），赵士滨（广东技术师范学院）主编。符曦（广东工业大学）主审。在编写过程中，得到了广东省劳动和社会保障局的大力支持，在此一并致谢。

编写职业资格教材是一项探索性的事业，尽管参与编写的专家已经为此付出了艰苦的努力，但是由于缺乏可以借鉴的成功经验，加之时间仓促，存在缺点和不足在所难免，恳切希望广大读者提出宝贵意见和建议，以便今后修订，逐步完善。

劳动和社会保障部教材办公室

目 录

基础知识部分

单元 1 电动机原理	(1)
1.1 变压器	(1)
1.2 单相异步电动机	(5)
1.3 直流电动机	(6)
1.4 步进电动机	(6)
单元 2 放大器基础	(8)
2.1 基本放大电路	(8)
2.2 放大电路中的负反馈	(12)
2.3 运算放大器基础知识	(15)
单元 3 机械基础知识	(28)
3.1 平面机构的运动简图	(28)
3.2 平面连杆机构	(30)
3.3 螺纹及螺旋传动	(36)
3.4 带传动和链传动	(42)
3.5 齿轮传动	(44)
3.6 蜗杆传动	(48)
3.7 摩擦的基本概念	(51)
3.8 弹簧	(54)

专业知识部分

单元 4 静电复印机的结构和原理	(58)
4.1 数字式静电复印机的结构和原理	(58)
4.2 彩色静电复印机的结构和原理	(63)

单元 5 静电复印机的电气系统	(69)
5.1 键盘输入电路	(69)
5.2 原稿尺寸和图像浓度检测电路	(71)
5.3 高压控制电路	(73)
5.4 显影偏压控制电路	(75)
5.5 光学扫描架和镜头控制电路	(78)
5.6 定影温度控制电路	(79)
5.7 纸张检测电路	(80)
5.8 交、直流驱动电路	(81)
单元 6 静电复印机的光学系统	(83)
6.1 复印机的曝光系统	(83)
6.2 变倍原理	(90)
6.3 常见光导体结构简介	(93)
6.4 双面复印机简介	(97)
单元 7 微处理器的工作原理	(103)
7.1 复印机中的微处理器	(103)
7.2 软件功能及其系统功能的利用	(113)

技能操作部分

单元 8 静电复印机的调试和检修	(121)
8.1 复印机的安装和调试	(121)
8.2 故障分析与检测方法	(123)
8.3 静电复印机常见故障的排除	(124)
8.4 典型静电复印机的自诊显示和检修	(143)

通信设备部分

单元 9 传真机的结构与工作原理	(154)
9.1 传真机的结构	(154)
9.2 传真机的工作原理	(156)

基础知识部分

单元1 电动机原理

变压器和电动机是工业应用的主要电气设备。据估计，电动机的装机总容量大约占整个工业用电量的 40% 左右。变压器更是电力输送必不可少的设备，其装机总容量更是数倍于工业用电总量。

1.1 变压器

(1) 变压器的种类与用途

变压器的用途十分广泛。变压器一般按用途分类，常见的有下列几类：

① 电力变压器 供输电系统中升压或降压用，这类变压器在工矿企业中用得最多，是常见而又十分重要的电气设备。

② 特殊用途变压器 如电弧炉变压器、电焊变压器及整流变压器。

③ 仪器用互感器 供测量和继电保护用，常见的有电压互感器与电流互感器。

④ 试验变压器 供电气设备作耐压试验用的高压变压器。

⑤ 控制变压器 用于自动控制系统中的小功率变压器。

(2) 变压器的结构

变压器的基本结构示意图如图 1—1 所示。变压器的主要组成部分是铁心和线圈。由于线圈套入铁心的情况不同，又有壳式和心式之分。图 1—1a 所示为壳式变压器，图 1—1b 所示为心式变压器。小功率变压器（多用于电子设备）和特殊用途变压器通常采用壳式结构。这种结构中的高、低压线圈都套在中间的铁心柱上，铁心包围着部分线圈，机械强度高，可不设专门外壳，而且铁心的散热也较好。电力变压器通常采用心式结构，即绕组包围着铁心柱。这种铁心的结构较简单，绕组也较容易安装，装设绝缘的位置也较多，故适用于工作电压较高的电力变压器。

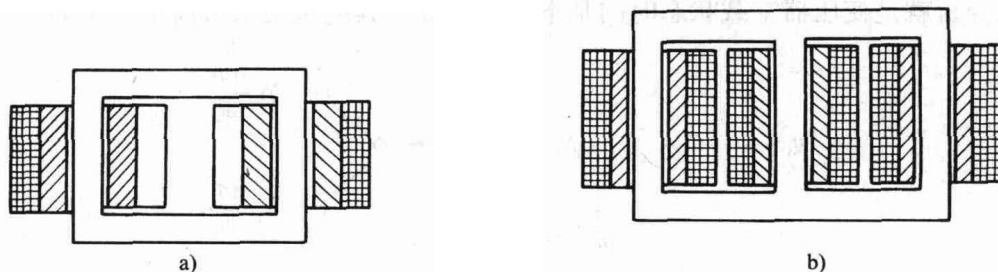


图 1—1 变压器的基本结构

(3) 变压器的工作原理

图 1—2 所示为变压器的工作原理图。两个线圈分别套在两个铁心柱上。其中，与电源相连的绕组称原绕组（又称一次绕组或初级绕组）；与负载相连的绕组称副绕组（又称二次绕组或次级绕组）。两绕组之间以及绕组与铁心之间是绝缘的。

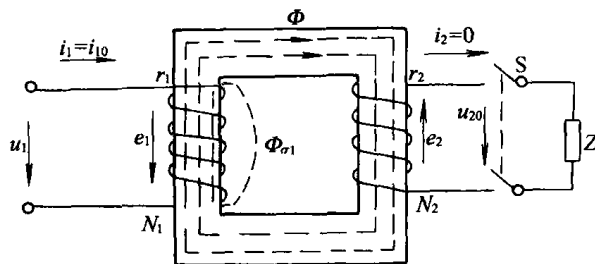


图 1—2 变压器的空载状态

1) 电磁关系

变压器原绕组接交流电源，副绕组开路时，叫做变压器的空载。此时原绕组电流 $i_1 = i_{10}$ ，叫做空载电流。副绕组电流 $i_2 = 0$ ，负载不消耗功率，变压器处于空载状态。

由于铁心具有很强的导磁能力，磁阻很小，尽管原绕组电流 i_{10} 数值不大，也能产生足够强的磁场。绕组外面是空气，非磁性物质，磁阻很大。因此，原绕组产生的磁感应线绝大部分通过铁心而闭合，把原、副绕组耦合起来，这部分磁通叫主磁通（或工作磁通），用 Φ 表示。只有少数磁感应线经过原绕组附近空气而闭合，不参与原、副绕组的耦合。这一小部分磁通不是工作磁通，叫做遗漏磁通，用 $\Phi_{\sigma 1}$ 表示。

实际上，原绕组电流越大，匝数越多，产生的磁通越强。一般情况下，磁通的强弱正比于绕组电流与匝数的乘积。因此，可以认为主磁通 Φ 与遗漏磁通 $\Phi_{\sigma 1}$ 是由 $i_{10} N_1$ 产生的，我们把原绕组电流 i_{10} 与匝数 N_1 的乘积 $i_{10} N_1$ 叫做原绕组空载时的磁动势。

在一般变压器中，漏磁通 $\Phi_{\sigma 1}$ 比主磁通 Φ 小得多，尤其是大型变压器的漏磁通更小，因而可以忽略漏磁通的影响。

变压器空载时，副绕组电流为零，无功率输出，此时原绕组电流 i_{10} 的作用只是用来产生磁通 Φ ，因此，电流 i_{10} 叫做变压器的励磁电流，其数值很小，约为额定电流的 3% ~ 8%。电源电压是交变的，励磁电流及其产生的主磁通也是交变的。根据电磁感应原理，原副绕组将分别产生感应电动势 e_1 和 e_2 ，即

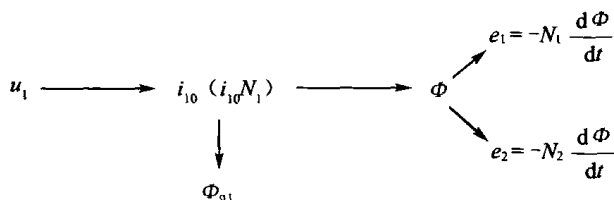
$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

$$e_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt}$$

在图 1—2 中， i_{10} 与 Φ 的方向按右手定则确定； Φ 与 e_1 、 e_2 的方向按右手螺旋定则确定。

由于变压器原、副绕组的电阻 r_1 与 r_2 数值很小， i_{10} 通过 r_1 的电压降可以忽略不计。

以上分析就是变压器空载状态时的基本物理过程，其电磁关系可简单表示如下：



2) 变电压

若忽略原绕组漏磁通 $\Phi_{\sigma 1}$ 的影响和原绕组电阻 r_1 上的压降, 原绕组回路电压方程为

$$u_1 + e_1 \approx 0$$

$$e_1 \approx -u_1$$

以上两式表明: 加于原绕组的电源电压被其产生的感应电动势所平衡。

以上两式用相量表示为

$$\mathbf{E}_1 \approx -\mathbf{U}_1$$

它表明主磁通在原绕组产生的感应电动势的有效值等于电源电压的有效值, 即

$$E_1 = U_1$$

副绕组虽然有感应电动势 e_2 产生, 但由于副绕组开路, 故 i_2 等于零, 不产生磁通, r_2 上也没有电压降。副绕组的开路电压用 u_{20} 表示, 则有

$$u_{20} = e_2$$

用相量表示

$$\mathbf{U}_{20} = \mathbf{E}_2$$

此式表明, 变压器副绕组的开路电压的有效值等于它的感应电动势的有效值。即

$$U_{20} = E_2$$

原、副绕组的电压变换作用是通过主磁通实现的。主磁通按正弦规律变化, 即

$$\Phi = \Phi_m \sin \omega t$$

$$e_1 = -N_1 \frac{d\Phi}{dt} = -N_1 \frac{d(\Phi_m \sin \omega t)}{dt} = -\omega N_1 \Phi_m \cos \omega t = \omega N_1 \Phi_m \sin(\omega t - 90^\circ)$$

式中, Φ_m 为主磁通最大值, ω 为电源的角频率 ($\omega = 2\pi f$)。所以, 原绕组的感应电动势

$$\begin{aligned} E_1 &= \frac{E_{1m}}{\sqrt{2}} = 4.44fN_1\Phi_m \\ &= E_{1m} \sin(\omega t - 90^\circ) \end{aligned}$$

式中,

$$E_{1m} = \omega N_1 \Phi_m = 2\pi f N_1 \Phi_m$$

e_1 的有效值为

$$E_1 = 4.44fN_1\Phi_m$$

同理, 可得副绕组的感应电动势的有效值

$$E_2 = 4.44fN_2\Phi_m$$

于是, 我们可以得到原、副绕组电压的变换关系:

因为

$$U_1 \approx E_1$$

$$U_{20} \approx E_2$$

所以

$$\frac{U_1}{U_{20}} = \frac{E_1}{E_2} = \frac{4.44fN_1\Phi_m}{4.44fN_2\Phi_m} = \frac{N_1}{N_2} = k$$

式中, k 为原、副绕组的匝数比, 称为变压器的变比。一般变比是一个常数, 匝数多的绕组

电压高，匝数少的绕组电压低。如果电源电压 U_1 一定，只要改变匝数比，就可得出不同的输出电压 U_{20} 。

例：一台变压器，原绕组匝数为 825 匝，接在 10 000 V 高压输电线上，副绕组开路电压为 400 V。试求变压器的变比和副绕组的匝数。

解：变压器的变比

$$k = \frac{U_1}{U_{20}} = \frac{10\,000}{400} = 25$$

副绕组的匝数

$$N_2 = \frac{N_1}{k} = \frac{825}{25} = 33 \text{ 匝}$$

3) 变电流

变压器空载和有载时，原绕组电压都有如下关系，即

$$U_1 \approx E_1 = 4.44fN_1\Phi_m$$

所以
$$\Phi_m \approx \frac{U_1}{4.44fN_1}$$

由此可以看出，当电源电压 U_1 和频率 f 不变时， Φ_m 是个常数。就是说无论负载怎样变化，铁心中主磁通的最大值 Φ_m 基本保持不变。

根据这个结论可以认为：变压器有载时产生主磁通的磁动势 ($i_1 N_1 + i_2 N_2$) 与空载时产生主磁通的磁动势 $i_{10} N_1$ 基本上是相等的。即

$$i_1 N_1 + i_2 N_2 \approx i_{10} N_1$$

由于变压器空载时的励磁电流 i_{10} 很小，与有载状态时的电流 i_1 和 i_2 相比，可以忽略。因而上式

$$i_1 N_1 + i_2 N_2 \approx 0$$

$$i_1 N_1 \approx -i_2 N_2$$

用相量表示

$$I_1 N_1 \approx -I_2 N_2$$

式中负号表明，变压器原、副绕组的磁动势 $I_1 N_1$ 和 $I_2 N_2$ 在相位上接近于反相。这就是说，变压器带负载后，副绕组的磁动势 $I_2 N_2$ 对原绕组的磁动势 $I_1 N_1$ 有去磁作用。

由上式可知，原、副绕组电流有效值之比

$$\frac{I_1}{I_2} \approx \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{k}$$

此式表明了变压器的电流变换作用。即：原、副绕组电流有效值之比等于原、副绕组匝数的反比。匝数多的绕组电流小，匝数少的绕组电流大。

4) 变阻抗

把一个阻抗为 Z 的负载接到变压器的副绕组一边，如图 1—3 所示。负载阻抗模值可以表

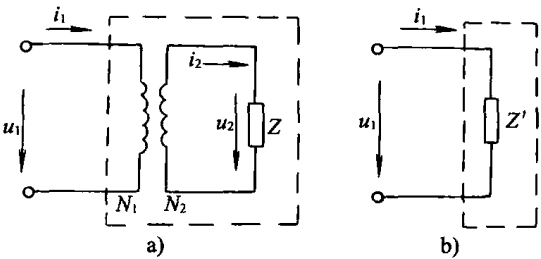


图 1—3 变压器的阻抗变换作用

示为

$$|Z| = \frac{U_2}{I_2}$$

从原绕组一边来看,如图 1—3b 所示,原先的负载阻抗就变为 Z' ,其模值为

$$|Z'| = \frac{U_1}{I_1} = \frac{kU_2}{\frac{1}{k}I_2} = k^2 |Z|$$

此式说明,一个阻抗为 Z 的负载,可以用变压器将它的阻抗增大 k^2 倍。这就是变压器的阻抗变换作用。

1.2 单相异步电动机

单相异步电动机是各种家用电器(包括复印机)经常使用的单相交流电动机。

(1) 单相异步电动机的构造

单相异步电动机主要由定子、转子组成。定子是单相异步电动机的静止部分,主要由定子铁心和定子绕组两部分组成。当绕组通以交流电时产生交变磁场,把电能传递给转子,使转子旋转。转子是单相异步电动机的转动部分,它在定子的磁场作用下获得能量而转动。转子一般由铁心、绕组和转子轴组成,如图 1—4 所示。

(2) 工作原理

单相异步电动机的启动转矩等于零,不能自行启动。为此,对单相异步电动机结构加以

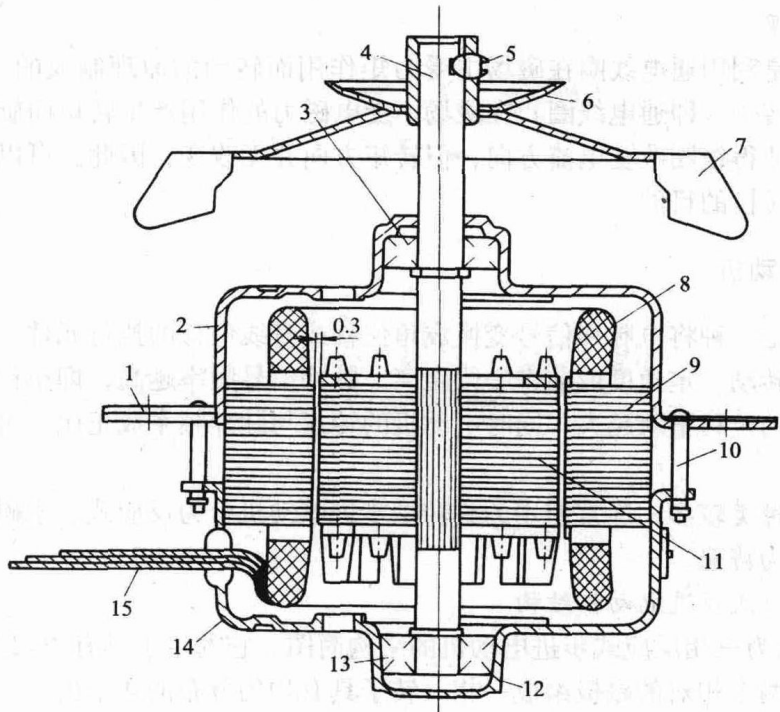


图 1—4 单相异步电动机构造图

- 1—安装孔 2—前端盖 3—前轴承 4—转轴 5—紧固螺钉 6—小带轮 7—风扇 8—定子绕组
9—定子铁心 10—前、后盖紧固螺钉 11—转子 12—波形簧片 13—后轴承 14—后端盖 15—电源线

改造，通常是在其定子上另设一个副绕组 L2，再串接一个电容，称其为电容分相式电动机。工作原理如图 1—5 所示。

当 Q 闭合时， i_A 和 i_B 分别流过 L1 和 L2。由于电容 C 的作用， i_A 和 i_B 的相位差为 90° ，所以，当 i_A 和 i_B 流入 L1 和 L2 时，便产生了旋转磁场，转子则在旋转磁场的作用下，得到启动转矩而自行转动起来，当转速接近额定转速的 70% ~ 80% 时，离心力使 Q 断开，启动结束，电动机正常运行。

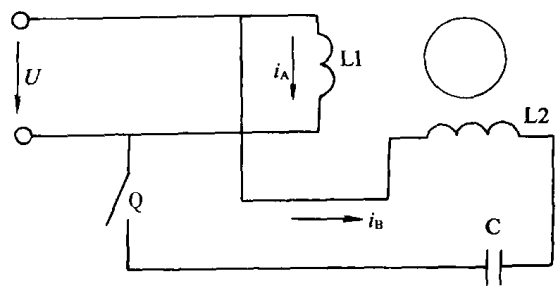


图 1—5 电容分相式电动机

1.3 直流电动机

利用直流电源将电能转换为机械能的电动机称为直流电动机。

(1) 直流电动机构造

直流电动机均由定子、转子、换向器和电刷装置组成。定子是用来产生磁场的，也称磁极，家用电器中多采用电磁铁式磁极，通过控制电磁线圈电流大小来控制磁场强弱，从而控制电动机的转速。转子是直流电动机的转动部分，它由圆形铁心、线圈绕组和转子轴组成。当直流电通过绕组后，定子磁场对其作用，使它转动，通过转子轴即可向负载输出机械能。换向器和电刷装置的作用是实现电枢电流的换向，使电枢连续地旋转。

(2) 工作原理

直流电动机是利用通电线圈在磁场中受力矩作用而转动的原理制成的。图 1—6 是其工作原理示意图。转子（即通电线圈）在磁场中受电磁力的作用产生转矩而旋转起来，换向器和电刷互相配合使得线圈改变电流方向，但转矩方向并无改变，因此，可以使线圈连续转动起来，达到能量转换的目的。

1.4 步进电动机

步进电动机是一种将电脉冲信号变换成角位移或直线位移的执行元件，每输入一个脉冲信号，电动机就转动一定角度或前进一段距离。脉冲信号频率越高，即单位时间输入脉冲个数越多，电动机的位移量就越大。同时电动机的转速与脉冲频率成正比，可以通过改变脉冲频率来实现调速。

步进电动机种类较多，通常使用的旋转型步进电动机分为反应式、永磁式和感应式，其中反应式用得最为普遍。

(1) 三相反应式步进电动机结构

图 1—7 所示为三相反应式步进电动机的结构简图。它的定子具有均匀分布的 6 个磁极，磁极上有绕组，两个相对的磁极组成一相。转子具有均匀分布的 4 个齿。

(2) 工作原理

控制转子转动的方式很多，这里仅介绍“单三相控制”方式。

当 U1 相绕组加入脉冲信号时，V1 和 W1 相绕组不通电，这样，绕有 U1 相绕组的一对磁极被磁化。将转子 1、3 两个齿位拉到与 U1 相磁极相对齐的位置，使磁路中磁阻最小，即

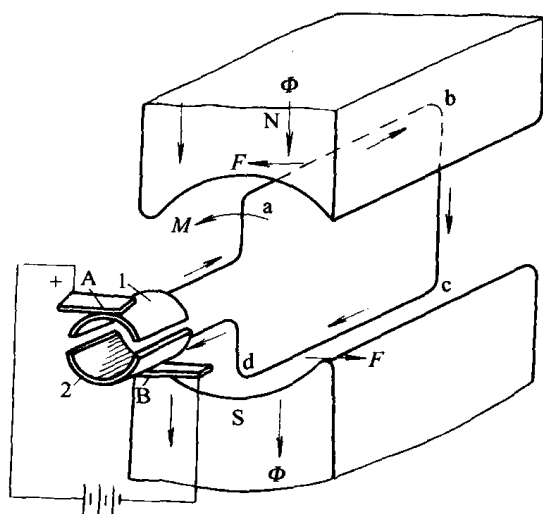


图 1—6 直流电动机工作原理图

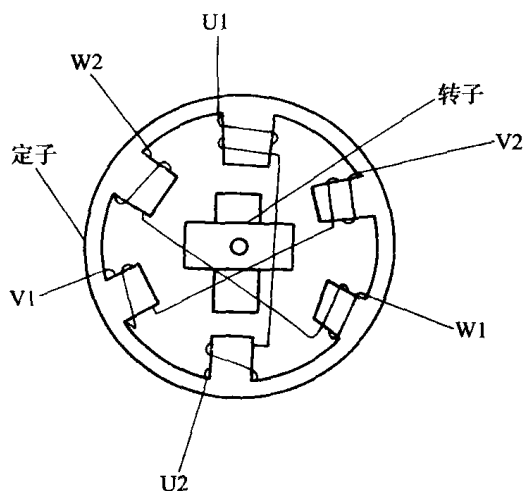


图 1—7 三相反应式步进电动机

转子转动到如图 1—8 所示位置。U1 相通电结束后，V1 相通电，转子 2、4 齿与 V1 相定子磁极对齐，转子逆时针方向转过了 30° ，V1 相通电结束后，W1 相通电，转子又逆时针转过 30° ，旋转情况如图 1—8 所示。

如果按照 $U1 \rightarrow V1 \rightarrow W1 \rightarrow U1 \rightarrow \dots$ 顺序通电，则转子按逆时针方向一步一步转动。

(3) 步进电动机在复印机中的应用

步进电动机可以直接将电脉冲信号变换成相应的机械位移，符合数字控制系统的要求，故被广泛应用于机电一体化系统中。在复印机中，通过改变镜头位置和反光镜之间的距离的方法来改变复印倍率，而这些位置的变化要靠步进电动机来实现。

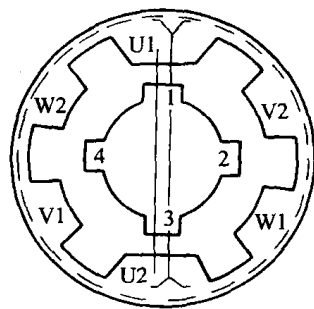


图 1—8 步进电动机工作原理图

单元2 放大器基础

2.1 基本放大电路

我们以共发射极基本放大电路为例,介绍放大电路的组成与分析方法。

(1) 基本放大电路的组成及静态工作点

图 2—1 所示是共发射极基本放大电路,VT 是 NPN 型三极管,是整个电路的核心, R_L 是负载, u_i 是输入信号, u_o 是输出信号。偏置电阻 R_B 提供基极直流电流 I_B 。集电极电阻 R_C 可将集电极电流 i_C 的变化转化为电压 u_{CE} 的变化,从而实现电压的放大。耦合电容 C1、C2 用来隔离直流,传递交流信号。

当输入信号 $u_i = 0$ 时,该电路由电源 $+E_C$ 提供了一组直流电流、电压值,分别用 I_{BQ} 、 I_{CQ} 、 U_{BEQ} 、 U_{CEQ} 表示,由于这组直流量代表输入、输出特性上的一个点,所以,称之为静态工作点。

(2) 基本放大电路的分析

放大电路的基本分析方法有三种:即估算法、图解法和微变等效电路法。

1) 估算法

对一个放大电路进行分析,包括两个方面:一是静态分析,即确定静态工作点的各直流电压、电流值;二是动态分析,计算放大电路在有输入信号时的放大倍数、输入阻抗、输出阻抗等。静态分析是针对直流量,把电容看成开路。而动态分析是针对交流量,故电容应考虑阻抗。通常,对理想的电源、大电容(容抗很小)均可看成短路。这样,对图 2—1 所示的电路,静态和动态分析时的电路形式是不一样的,静态分析时为直流通路(如图 2—2a 所示),动态分析时为交流通路(如图 2—2b 所示)。

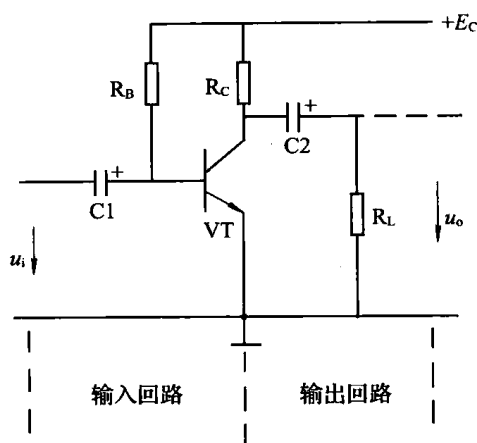


图 2—1 共发射极基本放大电路

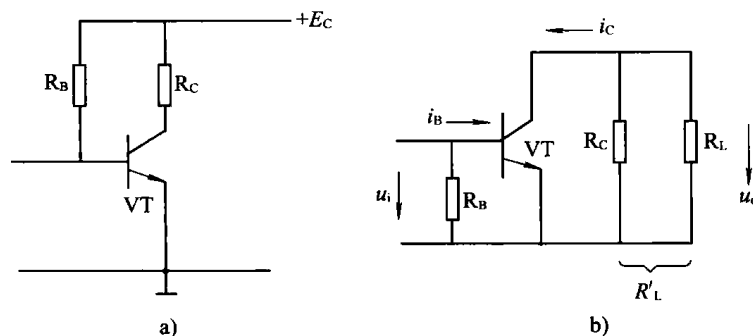


图 2—2

a) 直流通路 b) 交流通路

①静态分析 静态分析时,假设 $\beta = \bar{\beta}$, 且发射结压降 U_{BE} 是已知的 (硅管为 0.6 ~ 0.8 V, 锗管为 0.1 ~ 0.3 V), 由图 2—2a 所示的直流通路, 可得:

$$\begin{cases} I_{BQ} = \frac{E_C - U_{BE}}{R_B} \approx \frac{E_C}{R_B} \\ I_{CQ} = \beta I_{BQ} \\ U_{EQ} = E_C - I_{CQ} R_C \end{cases}$$

由这组公式即可确定电路的静态工作点参数。

②动态分析 在图 2—2b 所示的交流通路中, 当有一输入信号 u_i 时, 负载上就有一输出信号 u_o 。我们把 u_o 与 u_i 之比定义为放大倍数, 用 A_u 表示:

$$A_u = \frac{u_o}{u_i}$$

又因为

$$i_B = \frac{u_i}{R_{BE}}, i_C = \beta i_B, u_o = -i_C R'_L (R'_L = R_C // R_L)$$

负号表示输出信号与输入信号相位相反。

由上述公式得:

$$u_o = -\beta \frac{u_i}{R_{BE}} R'_L$$

$$A_u = \frac{u_o}{u_i} = -\beta \frac{R'_L}{R_{BE}}$$

通常 $\beta \gg 1$, $R'_L > R_{BE}$, 故放大倍数是很高的。式中 R_{BE} 称为半导体管的输入电阻。该电阻定义为: 当输出端交流短路时, 半导体管输入端电压 u_{BE} 的变化量 Δu_{BE} 与由它引起的基极电流 i_B 的变化量 Δi_B 之比, 即

$$R_{BE} = \left. \frac{\Delta u_{BE}}{\Delta i_B} \right|_{U_{CE} = \text{常数}}$$

2) 图解法

图解法是根据三极管的特性曲线和外部电路所确定的负载线, 利用作图的方法做出分析解答的。

①静态分析 (直流负载线) 如图 2—3 所示的电路图, 对于直流通路, $U_{CE} = E_C - I_C R_C$, 令 $I_C = 0$, 得

$$U_{CE} = E_C = 12 \text{ V}, \text{ 标于图 2—3d 中 M 点; 令 } U_{CE} = 0, \text{ 得}$$

$I_C = E_C / R_C = 12 / (1.5 \times 10^3) = 8 \text{ mA}$, 标于图 2—3d 中的 N 点。连接 M、N 得到一条直线, 即为所求直流负载线。

由于 $I_B = (E_C - U_{BE}) / R_B = E_C / R_B = 40 \mu\text{A}$, 直流负载线与 $I_B = 40 \mu\text{A}$ 输出曲线上的交点即是电路的静态工作点 Q, 如图 2—3d 所示。由图中 Q 点可读得 I_{CQ} 与 U_{CEQ} 的值。

②动态分析 (交流负载线) 如图 2—3a 所示的电路图, 由于隔直电容 C_1 的作用, 电路加上交流负载时, 负载电阻对静态工作点无影响, 此时 R_C 和 R_L 是并联关系, 则 $R'_L = R_C R_L / (R_C + R_L) = 1.25 \text{ (k}\Omega\text{)}$ 。因为交流信号在变化过程中必然要经过零点, 在经过零点

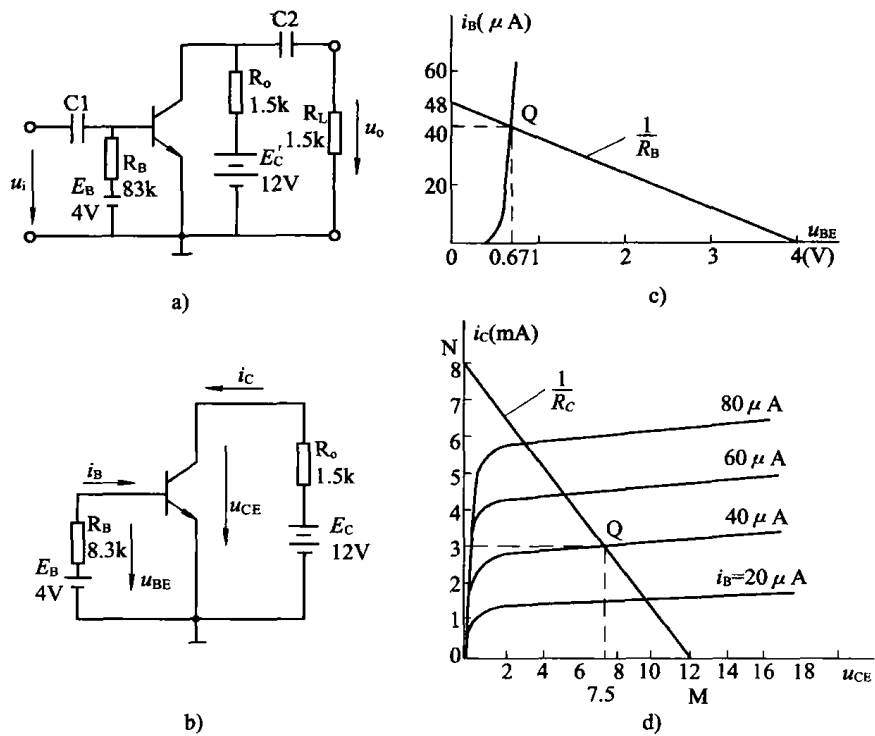


图 2—3 用图解法确定静态工作点

的瞬间，相当于静态工作情况，所以交流负载线也必定经过 Q 点。由于交流负载线的斜率为 $\tan\alpha = -1/R'_L$ ，且经过 Q 点，所以可以做出交流负载线，如图 2—4 所示。利用交流负载线可以分析放大电路的电压放大倍数、波形失真情况等。

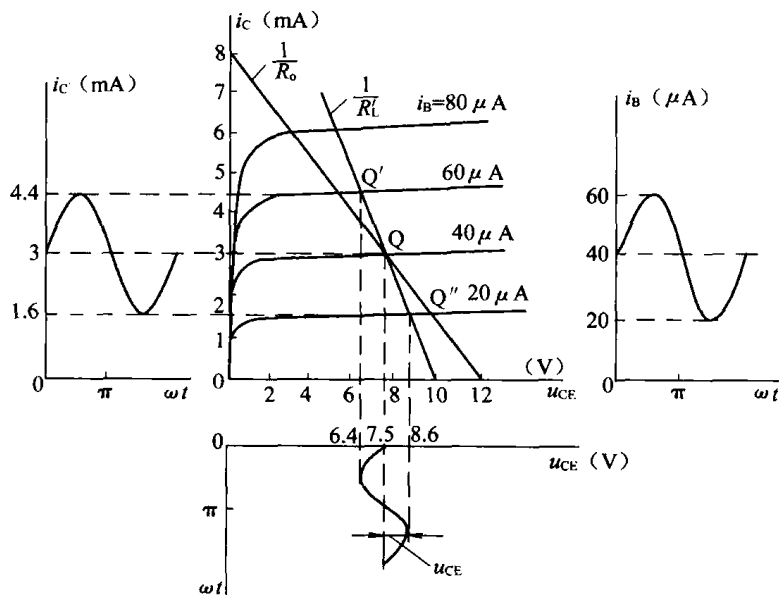


图 2—4 u_{CE} 、 i_C 波形图