



电工基础知识

第1章 电工与电子基础

- 深刻理解电流、电压、电位、电动势电阻等物理量。
- 理解电路的组成及各部分的作用；
- 理解电路的状态；理解电阻串并联的特点。
- 深刻理解基尔霍夫两定律。
- 电磁感应产生的条件、方向判断、大小的计算及依据。
- 理解交流电概念、表示方法；理解纯负载电路的特点；理解提高功率因数的意义及方法。
- 理解三相负载的连接方法及特点。
- 理解二极管、三极管、场效应管的特性及参数。

第1章 电工与电子基础

1.1 电的基本概念

1.2 直流电路

1.3 电磁感应

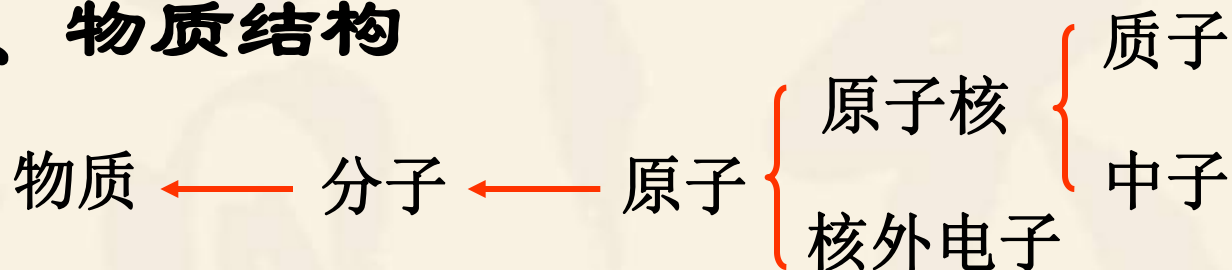
1.4 单相交流电路

1.5 三相交流电路

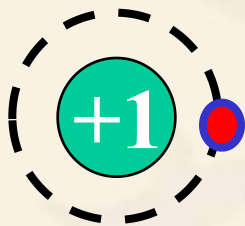
1.6 晶体管与晶闸管

1.1 电的基本概念

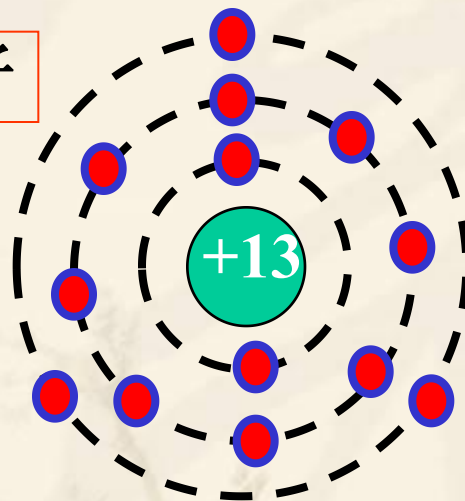
一、物质结构



氢原子



铝原子



当物体由于某种原因使得核外电子数目增多或减少时，物体内部的正负电荷数量不再相等，显示出带电性来——**物体带电**。

1.1 电路及其基本物理量

二、电流

1. 定义：电荷有规则的定向移动。

2. 大小：用电流强度来衡量。

即：单位时间内通过导体横截面的电量。

$$I = \frac{Q}{T}$$

电流的单位： A（安培）、kA（千安）、mA(毫安)、
 μA （微安）

$$1 \text{ kA} = 10^3 \text{ A}, \quad 1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}, \quad 1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A}$$

3. 电流方向：正电荷运动的方向或负电荷运动的反方向(客观存在)

4. 电流种类：交流和直流

1.1 电路及其基本物理量

三、电压（又称电位差）衡量电场力做功本领大小的物理量。

1. 定义： 电场力把单位正电荷从一点移到另一点所做的功。

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{Q}$$

单位： V（伏特）、kV（千伏）、mV(毫伏)

$$1 \text{ kV} = 10^3 \text{ V}, \quad 1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V}, \quad 1 \mu\text{V} = 10^{-6} \text{ V}$$

2方向： 实际方向：高电位→低电位

1.1 电路及其基本物理量

四、电位

1.定义: 电场力把单位正电荷从一点移到参考点所做的功。

单位: V (伏特)、kV (千伏)、mV(毫伏)

方向: 无

2.电位与电压的异同:

(1) 电位值是相对的, 参考点选取的不同, 电路中各点的电位也将随之改变;

(2) 电路中两点间的电压值是固定的, 不会因参考点的不同而变, 即与零电位参考点的选取无关。

1.1 电路及其基本物理量

五、电动势

1.定义：电源力把单位正电荷从“-”极板经电源内部移到“+”极板所做的功。

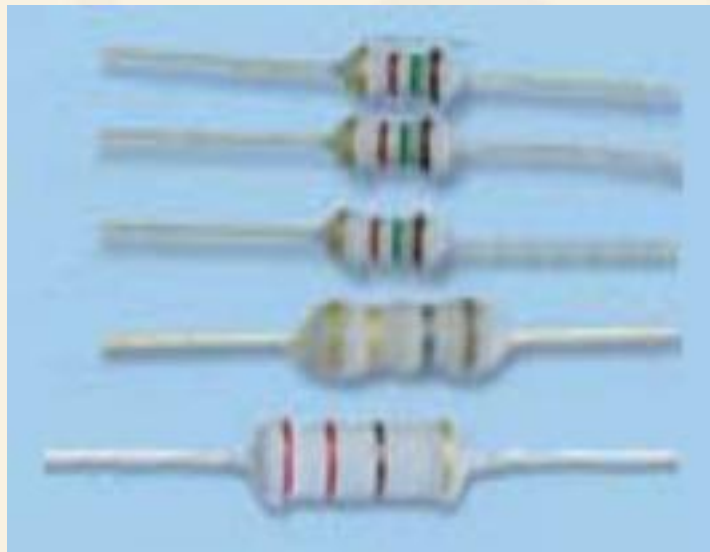
2.大小：
$$E = \frac{W}{Q}$$

单位：伏特（同电压）

3.方向： $\left\{ \begin{array}{l} \text{实际方向（低电位 高电位）} \\ \text{参考方向（任选）} \end{array} \right.$

1.1 电路及其基本物理量

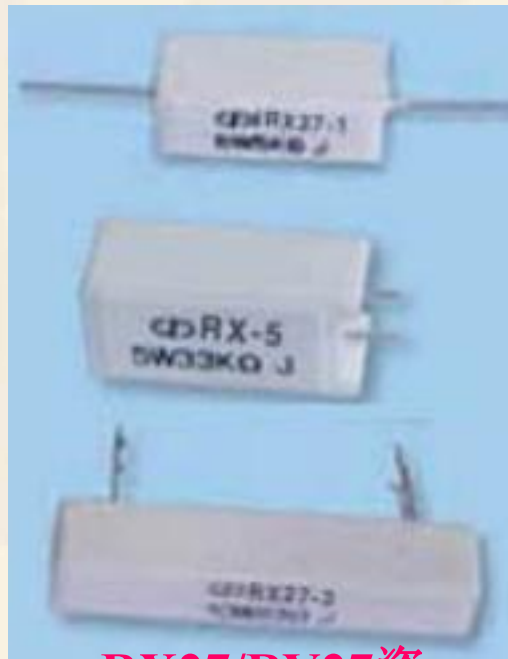
六、电阻



R_Y型金属氧化膜电阻器

广泛应用于彩色电视机，计算机显示器、新电源和其他家用电器等高温条件下要求稳定性高的电路中

特点：小型、优质、阻燃、低噪音、质量一致、长期稳定



R_{X27}/R_{Y27}瓷壳型水泥固定电阻器

特点：高可靠性、耐高温、耐电脉冲冲击、抗浪涌能力强、阻燃性好。



R_{X21}涂覆型线绕固定电阻器

特点：高可靠性、功率范围大、耐潮湿、绝缘性好、抗浪涌能力强、阻燃性好。

1.1 电路及其基本物理量

六、电阻

1.定义：导体对电流的阻碍作用。

2.大小： $R = \rho \frac{L}{S}$ ——电阻定律。

单位： 欧姆(Ω), 千欧($K\Omega$), 兆欧($M\Omega$),

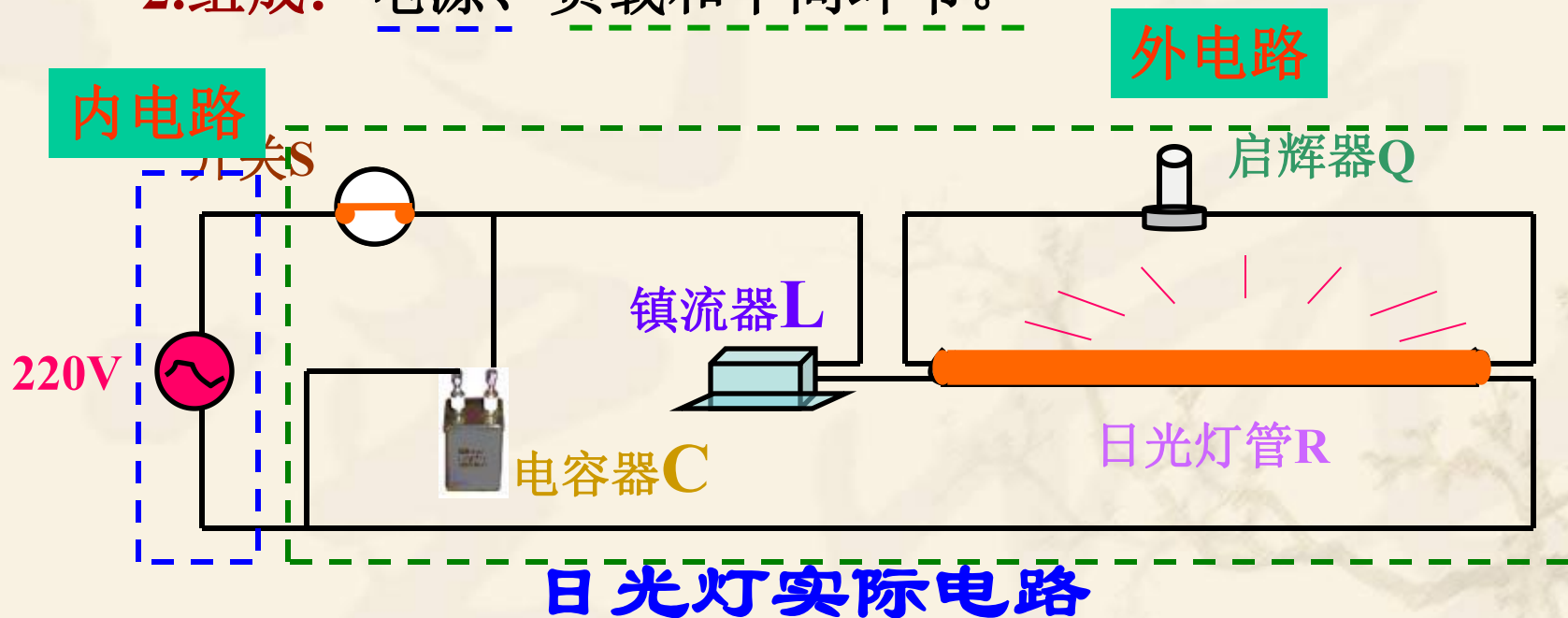
$$1 k\Omega = 10^3 \Omega, \quad 1 M\Omega = 10^3 K\Omega$$

1.2 直流电路

一、电路

1.电路：由电气器件或设备，按一定方式连接起来，完成能量的传输、转换或信息的处理、传递。

2.组成：电源、负载和中间环节。

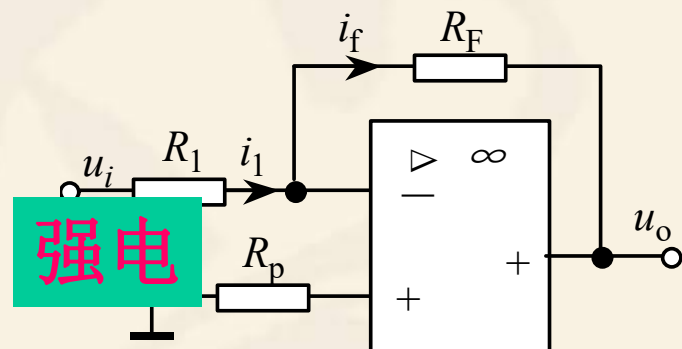


1.2 直流电路

一、电路

3. 电路的主要功能

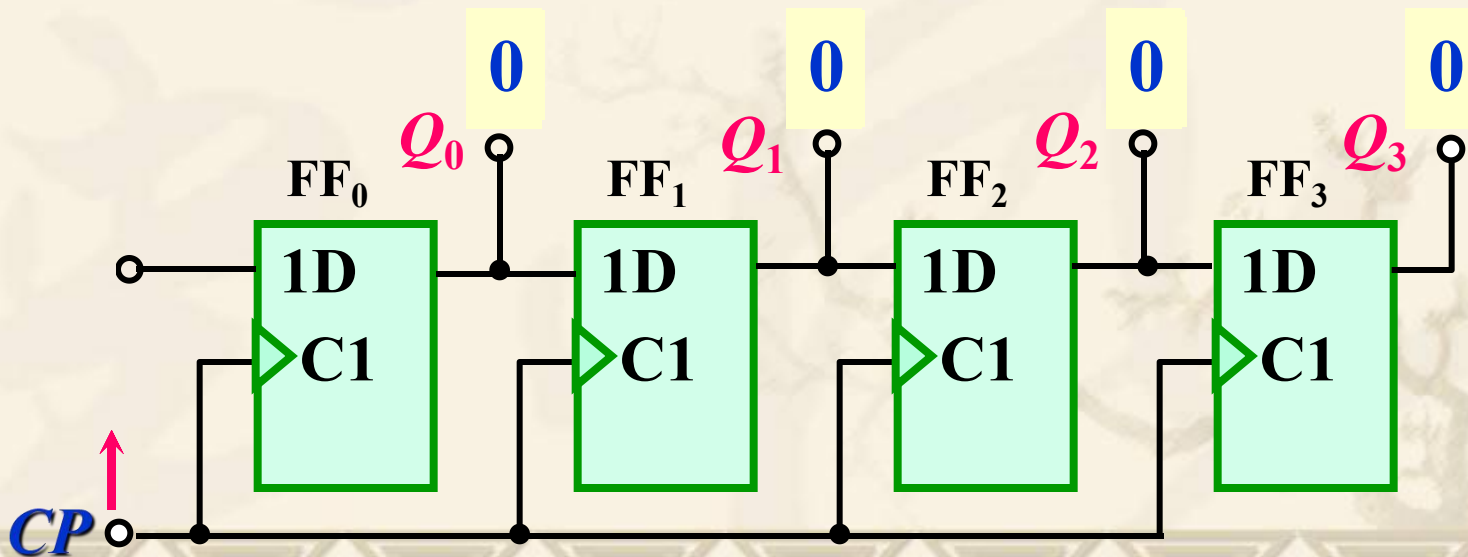
- (1) 进行能量的转换、传输和分配
- (2) 实现信号的传递、存储和处理



强电

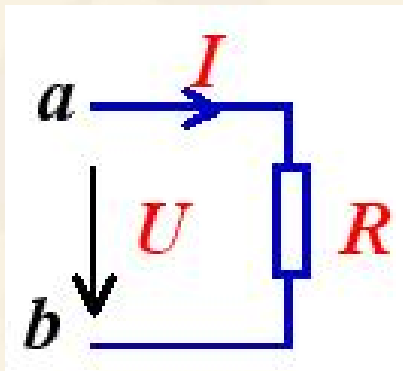
弱电

$$u_o = -\frac{R_F}{R_1} u_i$$

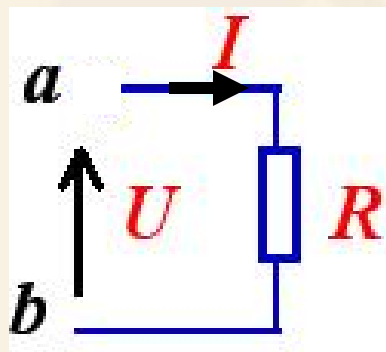


1.2 直流电路

二、电路的欧姆定律



$$U=RI$$



$$U=-RI$$

还可表示为： $I=GU$ G 表示传导电流的能力，
单位： S （西门子）

注意：用欧姆定律列方程时，一定要在图中标明参考方向！

1.2 直流电路

三、电路的功与能

1. 电功率

电场力在单位时间内所做的功称为**电功率**，简称功率。

$$P = UI = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

功率的单位：W（瓦）、kW（千瓦）

2. 电能： $W = Pt = UIt$

$P > 0$ ，即 $W > 0$ ，说明元件吸收功率（能量）；否则释放。

1.2 直流电路

三、电路的功与能

例：有220V, 100 W灯泡一个, 其灯丝电阻是多少? 每天用5h, 一个月(按30天计算)消耗的电能为多少度?

解：灯泡灯丝电阻为:

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{100} = 484\Omega$$

一个月消耗的电能为:

$$W = Pt = 100 \times 10^{-3} \times 5 \times 30 = 15kW \cdot h = 15度$$

1.2 直流电路

三、电路的功与能

3.焦耳—楞次定律

电流的热效应:

如果电阻元件把接受的电能转换成热能, 则从 t_0 到 t 时间内。电阻元件的热 [量] Q , 也就是这段时间内接受的电能 W 为:

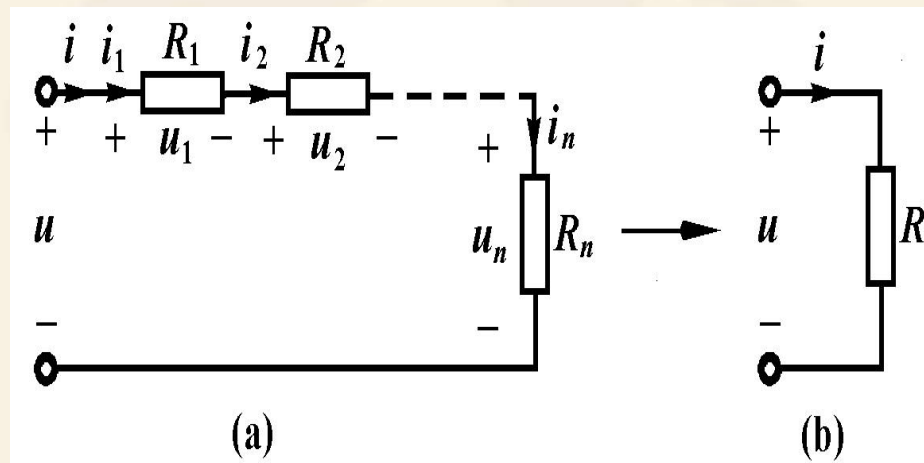
$$Q = WPt = RI^2t = \frac{U^2}{R} \cdot t \quad \text{焦耳}$$
$$= 0.24I^2Rt \quad \text{卡}$$

1.2 直流电路

三、电路的功与能

4. 电阻的串联电路

两个电阻首尾相联，各电阻流过同一电流的连接方式，称为电阻的串联。



(1) 串联的各电阻的电流相等，即：

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n$$

(2) 串联电路的总电压等于各电阻的电压之和。 $U = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$

(3) 串联电路的总电阻等于各电阻的阻值之和。 $R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$

(4) 串联电路中各电阻的电压与其阻值成正比：即 $\frac{u_1}{u_k} = \frac{R_1}{R_k} (k = 1, 2, 3 \dots n)$

1.2 直流电路

三、电路的功与能

4.电阻的串联电路 应用： (1)分压；(2)限流 (3)开关

例：两只额定电压都为220V的白炽灯，额定功率分别为100W

和15W，串联在照明电路中。求两灯实际的功率比为多少？

[解] 额定功率为100W、额定电压为220V的白炽灯的电阻为：

$$R_1 = \frac{U_1^2}{P_1} = \frac{220^2}{100} = 484(\Omega)$$

15W、220V的白炽灯的电阻为： $R_2 = \frac{U_2^2}{P_2} = \frac{220^2}{15} = 3226.7(\Omega)$

由于串联，所以，串联后的等效电阻为： $R_{\text{总}} = R_1 + R_2 = 3710.7(\Omega)$

通过两灯的电流 $I = \frac{U}{R_{\text{总}}} = \frac{220}{3710.7} = 0.06(A)$

R_1 的功率为：

R_2 的功率为：

$$\frac{P_1}{P_2} = 0.15$$

$$P_1 = I^2 R_1 = 1.7 W$$

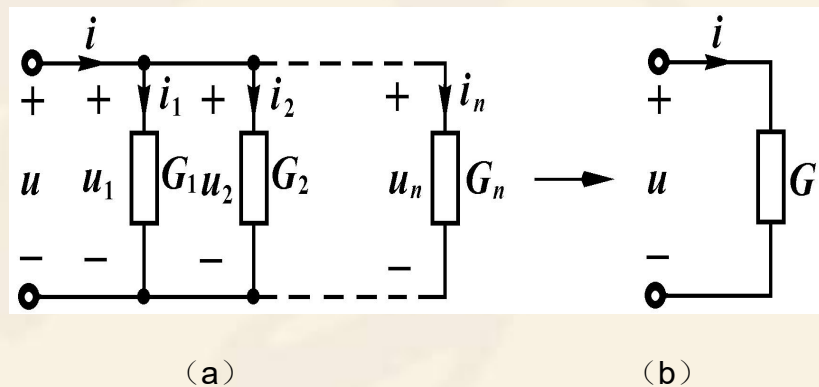
$$P_2 = I^2 R_2 = 11.6 W$$

1.2 直流电路

三、电路的功与能

5. 电阻的并联电路

两个二端电阻首尾分别相联，各电阻处于同一电压下的连接方式，称为电阻的并联。



(1) 并联的各电阻的电压相等，即 $U = U_1 = U_2 = U_3 = \dots = U_n$

(2) 并联电路的总电流等于各电阻的电流之和 $I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$

(3) 并联电路的总电导等于各电阻的电导之和，即：

$$\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} = \sum_{k=1}^n \frac{1}{R_k}$$

(4) 并联电路的各电阻的电流与其阻值成反比 $\frac{I_1}{I_k} = \frac{R_k}{R_1} \quad (k=1,2,3,\dots,n)$

1.2 直流电路

三、电路的功与能

5.电阻的并联电路

例：两只额定电压都为220V的白炽灯，电阻值分别为484 Ω 和3226.7 Ω ，并联在照明电路中。求两灯实际的功率比为多少？

[解] 因为两个灯泡在电路中并联，有：

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{R_2}{R_1} = \frac{3226.7}{484} = 6.7$$

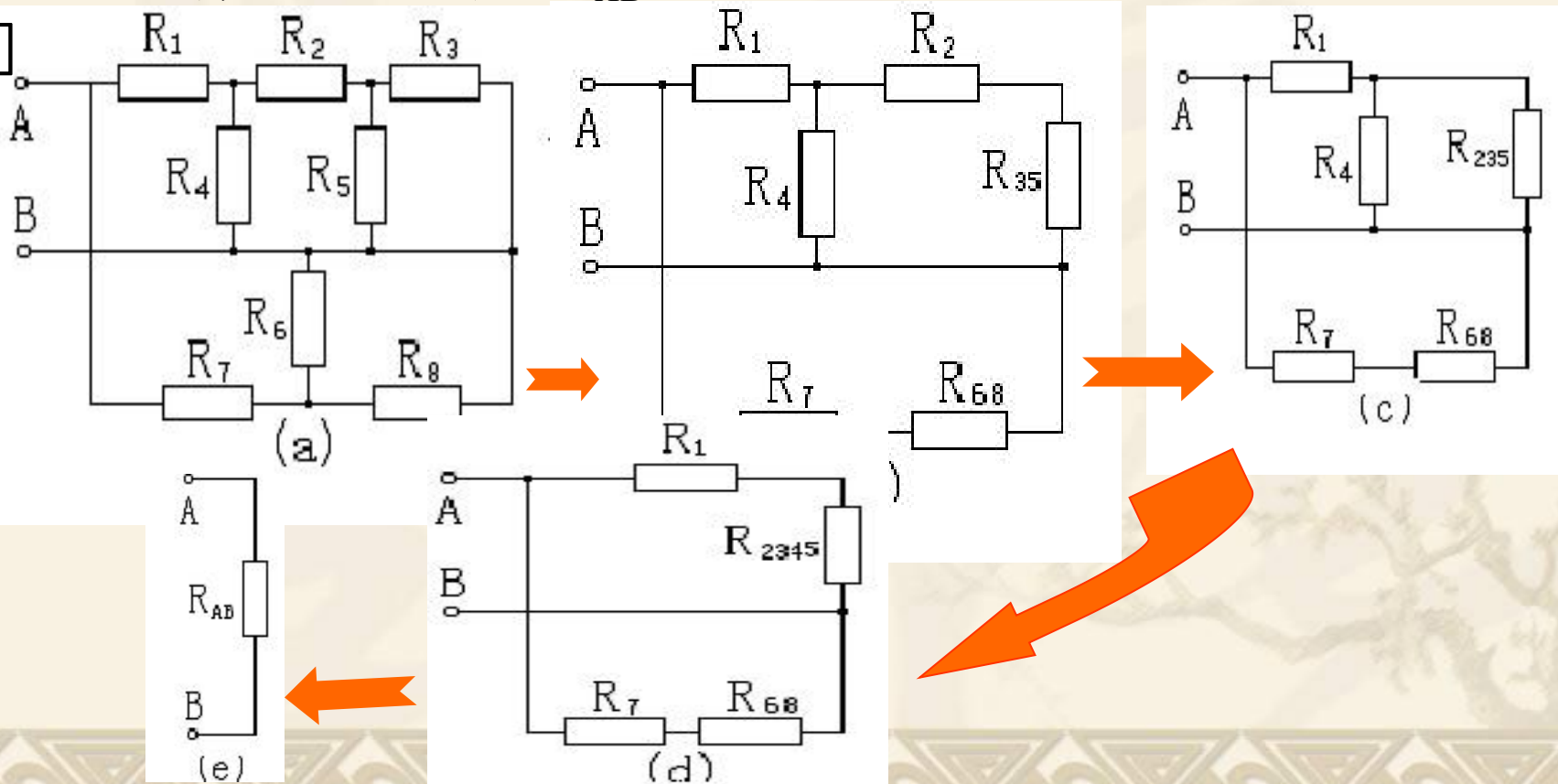
1.2 直流电路

三、电路的功与能

5. 电阻的并联电路

例：在图（a）中， $R_1 = R_2 = R_7 = 30\Omega$ ， $R_3 = R_4 = R_5 = R_6 = R_8 = 60\Omega$
求A、B端口的总电阻 R_{AB} 。

[解]



1.2 直流电路

四、基尔霍夫定律

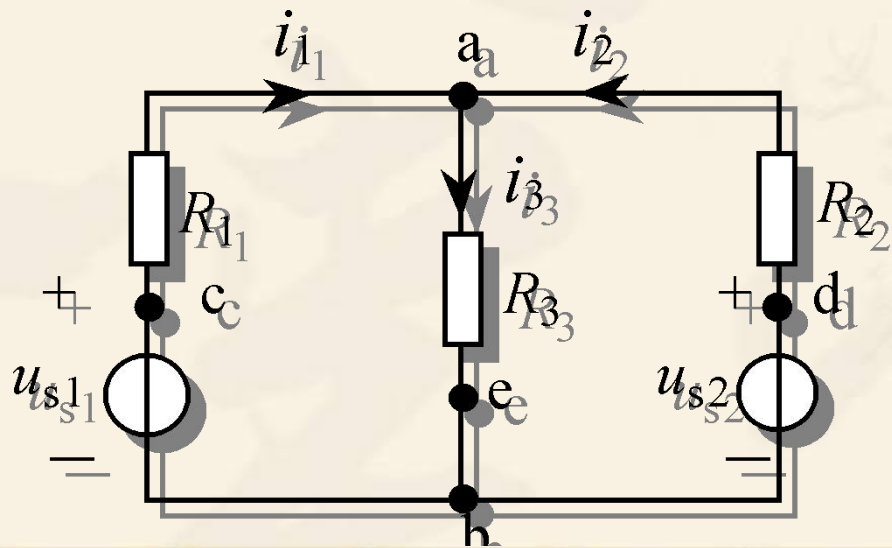
1. 有关电路结构的一些名词

支路：通以相同的电流无分支的一段电路叫支路。

节点：三条或三条以上支路的连接点称为节点。

回路：电路中任一闭合路径称为回路。

网孔：不含交叉支路的回路称为网孔。



3条支路

2个节点

3个回路

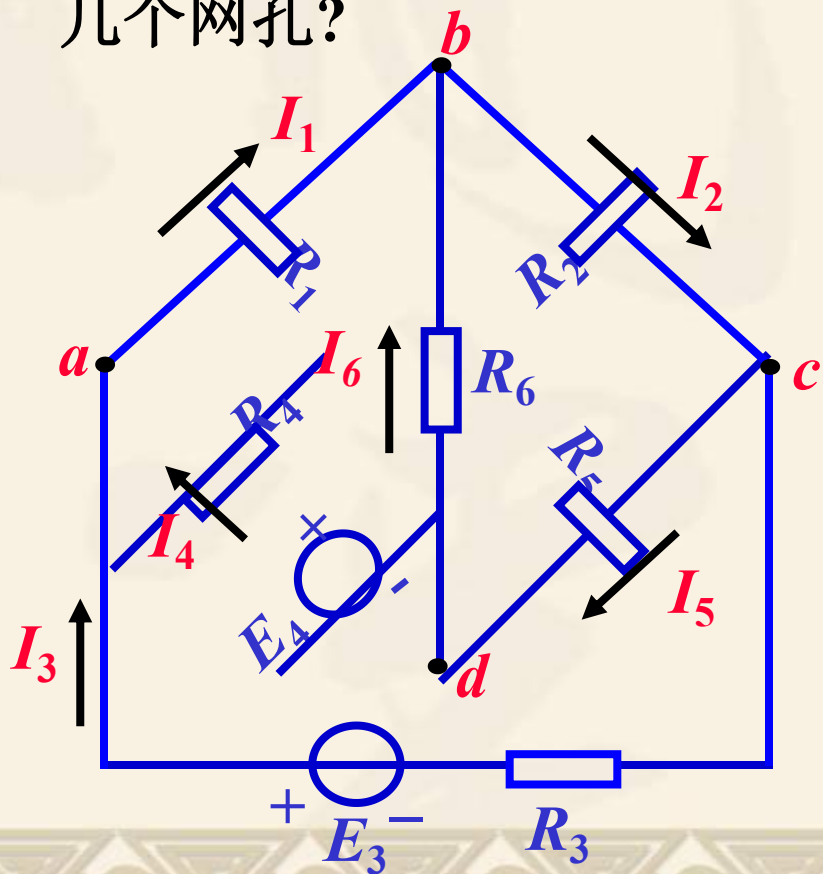
2个网孔

1.2 直流电路

四、基尔霍夫定律

1. 有关电路结构的一些名词

练习: 试判断下列电路图有几条支路? 几个结点? 几个回路? 几个网孔?



支路: ab 、 ad 、... (共6条)

节点: a 、 b 、 c 、 d (共4个)

回路: $abda$ 、 $bcdb$... (共7个)

网孔: $abdca$ 、 $bcda$... (共3个)

1.2 直流电路

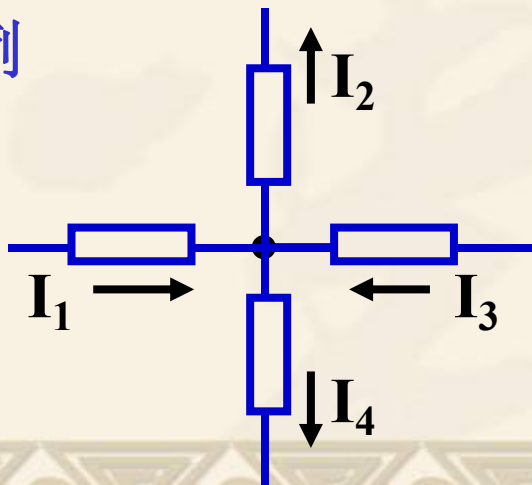
四、基尔霍夫定律

2.基尔霍夫定律

(1)基尔霍夫电流定律 (**KCL**)(基尔霍夫第一定律)

内容为:对于电路中任何一个节点, 在任一瞬间流入节点的电流等于由节点流出的电流。或者说, 在任一瞬间流入(或流出)该节点的电流的代数和恒为0。 $\sum i_{\text{入}} = \sum i_{\text{出}}$ 或 $\sum i = 0$

例



$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4 \quad \text{或:} \quad I_1 + I_3 - I_2 - I_4 = 0$$

定律的依据: 电流连续性原理
电荷守恒法则

1.2 直流电路

四、基尔霍夫定律

2.基尔霍夫定律

(2)基尔霍夫电压定律 (KVL) (基尔霍夫第二定律)

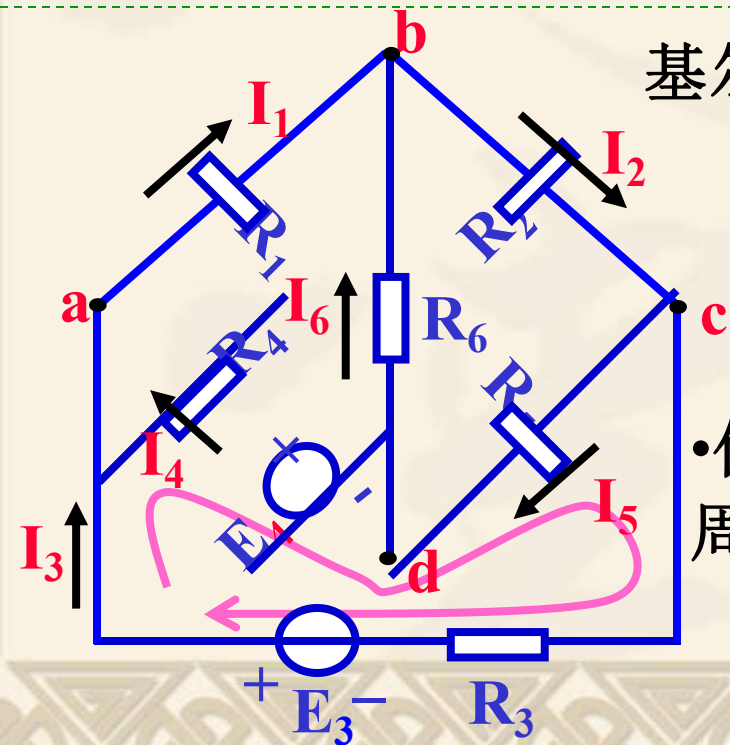
内容为:对于电路中的任一回路,在任一瞬时,沿任意循行方向转一周,各段电压的代数和为 0。 $\sum u = 0$

基尔霍夫电压定律 (另叙)

•对于电路中的任一回路,在任一瞬时,沿任意循行方向转一周,所有电位升高恒等于电位降落。 $\sum u_{升} = \sum u_{降}$

•任一回路,任一瞬时,沿任意循行方向转一周,电阻上的电压和恒等于电源电动势和。

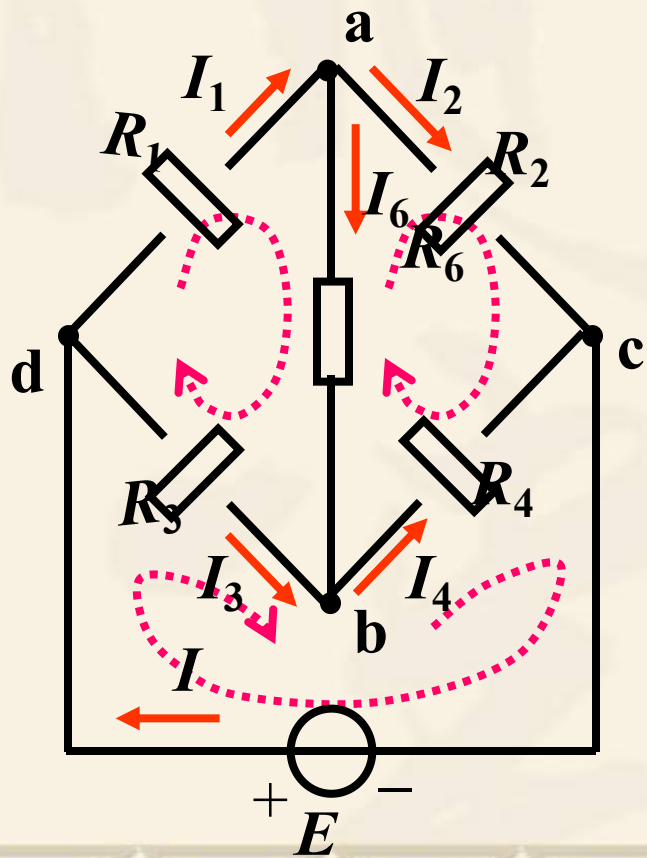
$$\sum IR = \sum E$$



1.2 直流电路

四、基尔霍夫定律

例：应用 $\sum IR = \sum E$ 列方程



对网孔 abda:

$$I_6 R_6 - I_3 R_3 + I_1 R_1 = 0$$

对网孔 acba:

$$I_2 R_2 - I_4 R_4 - I_6 R_6 = 0$$

对网孔 bcdb:

$$I_4 R_4 + I_3 R_3 = E$$

对回路 adbca, 沿逆时针方向循行:

$$-I_1 R_1 + I_3 R_3 + I_4 R_4 - I_2 R_2 = 0$$

对回路 cadc, 沿逆时针方向循行:

$$-I_2 R_2 - I_1 R_1 = -E$$

1.2 直流电路

四、基尔霍夫定律

例3: 已知: $R_1 = 10\Omega$ 、 $R_2 = 20\Omega$ 、 $R_3 = 30\Omega$ 、 $I_S = 5A$ 、 $U_S = 10V$ 。
求图示电路中 R_3 的端电压 U_3 和功率。

解: 选定电流 I_1 、 I_2 、 I_3 的参考方向如图。

对于B节点, 根据KCL有:

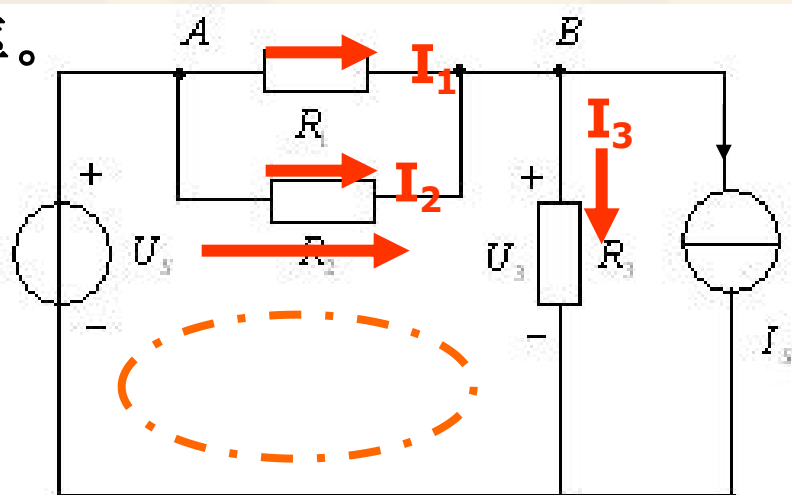
$$I_1 + I_2 - I_3 - I_S = 0$$

因为 R_1 、 R_2 为并联关系, 有:

$$U_2 = I_1 R_1 = I_2 R_2$$

选定回路1的绕行方向及 U_2 的参考方向如图, 对回路1根据KVL得到

$$I_2 R_2 + I_3 R_3 = U_S$$



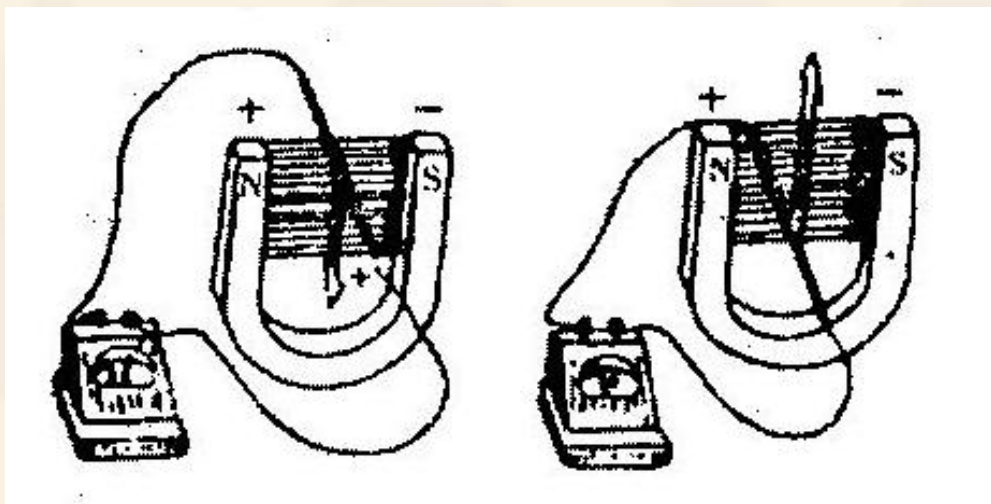
解得: $I_3 = -1A$

$$U_3 = 30I_3 = -30V$$

$$P_3 = I_3 U_3 = 30W \text{ (吸收功率)}$$

1.3 电磁感应

一、直导体产生的感生电动势



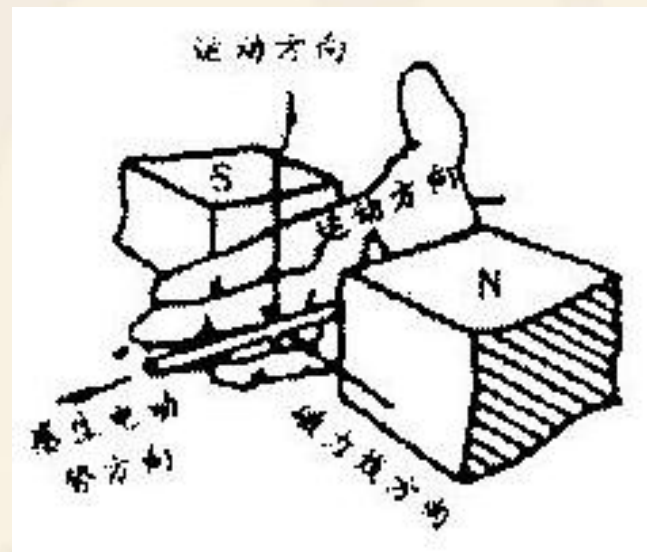
产生感生电动势的条件:

导体作切割磁力线的运动。

感生电动势的大小: $e = Bvl \sin \alpha$

垂直切割时, 感生电势达到最大值:

$$e = Bvl$$



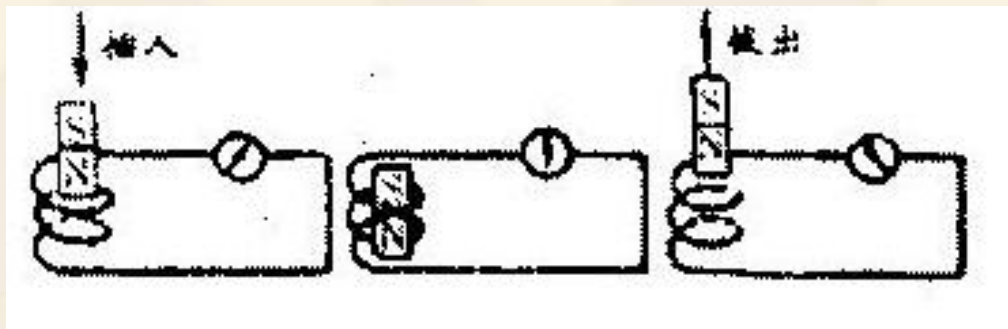
感生电动势的方向:

右手定则判断

即: 平伸右手, 拇指与四指垂直, 磁力线穿过手心, 拇指指向运动方向, 其余四指为感生电动势的方向。

1.3 电磁感应

二、闭合线圈中的感生电动势



产生感生电动势的条件：**线圈中的磁通量发生变化。**

闭合线圈中感生电动势的方向判断：**楞次定律。**

楞次定律：感生磁场总是阻碍原磁场的变化。

用楞次定律判断感生磁场的步骤：

- (1)首先判断原磁通的方向及其变化趋势；
- (2)根据感生电流的磁场方向永远和原磁通变化趋势相反的原则确定感生电流的磁场方向；
- (3)根据感生电流磁场的方向，用安培定则判断出感生电流的方向。

1.3 电磁感应

三、法拉第电磁感应定律

$$e = -N \frac{\Delta \phi}{\Delta t}$$

计算感生电动势的大小

四、自感

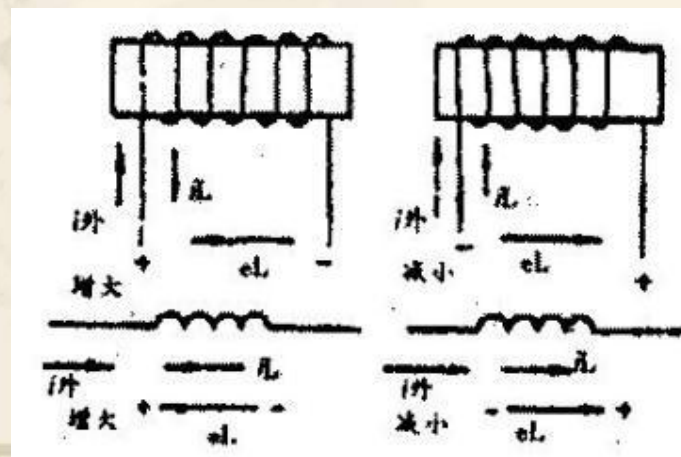
由于流过线圈本身的电流发生变化而引起的电磁感应。

电感量：线圈中每通过单位电流所产生的自感磁通数称作自感系数，也称电感量，简称电感。

$$L = \frac{\phi}{i} \Rightarrow \phi = Li \quad \therefore e_L = -\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

自感电动势的方向是：流过线圈的外电流*i*增大时，感生电流*i_L*的方向与*i*的方向相反；反之相同。

涡流是电磁感应的另一种特殊形式。



1.3 电磁感应

五、互感

由一个线圈中的电流发生变化在另一个线圈中产生的电磁感应叫互感现象，简称互感。由互感产生的电动势称互感电动势。

互感电动势的大小：正比于另一个线圈中电流的变化率（较复杂）。

当第一个线圈的磁通全部穿过第二个线圈时，互感电动势最大；当两个线圈互相垂直时，互感电动势最小。

互感的应用：变压器、电动机等。

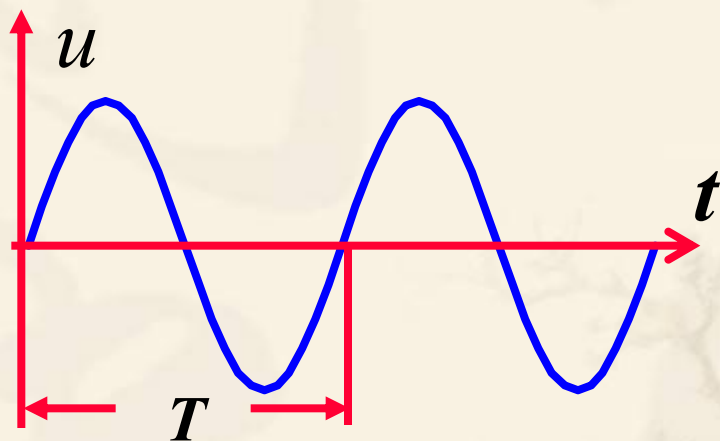
互感的危害：电子线路中，若线圈的位置安放不当，各线圈产生的磁场会相互干扰，严重时会使整个电路无法正常工作（解决办法：线圈的间距拉大或将两个线圈垂直安放，有时还进行磁屏蔽）。

1.4 单相交流电路

一、交流电概念

1. 交流电概念

(1)交流电：大小和方向都周期性变化、在一个周期上的平均值为零。

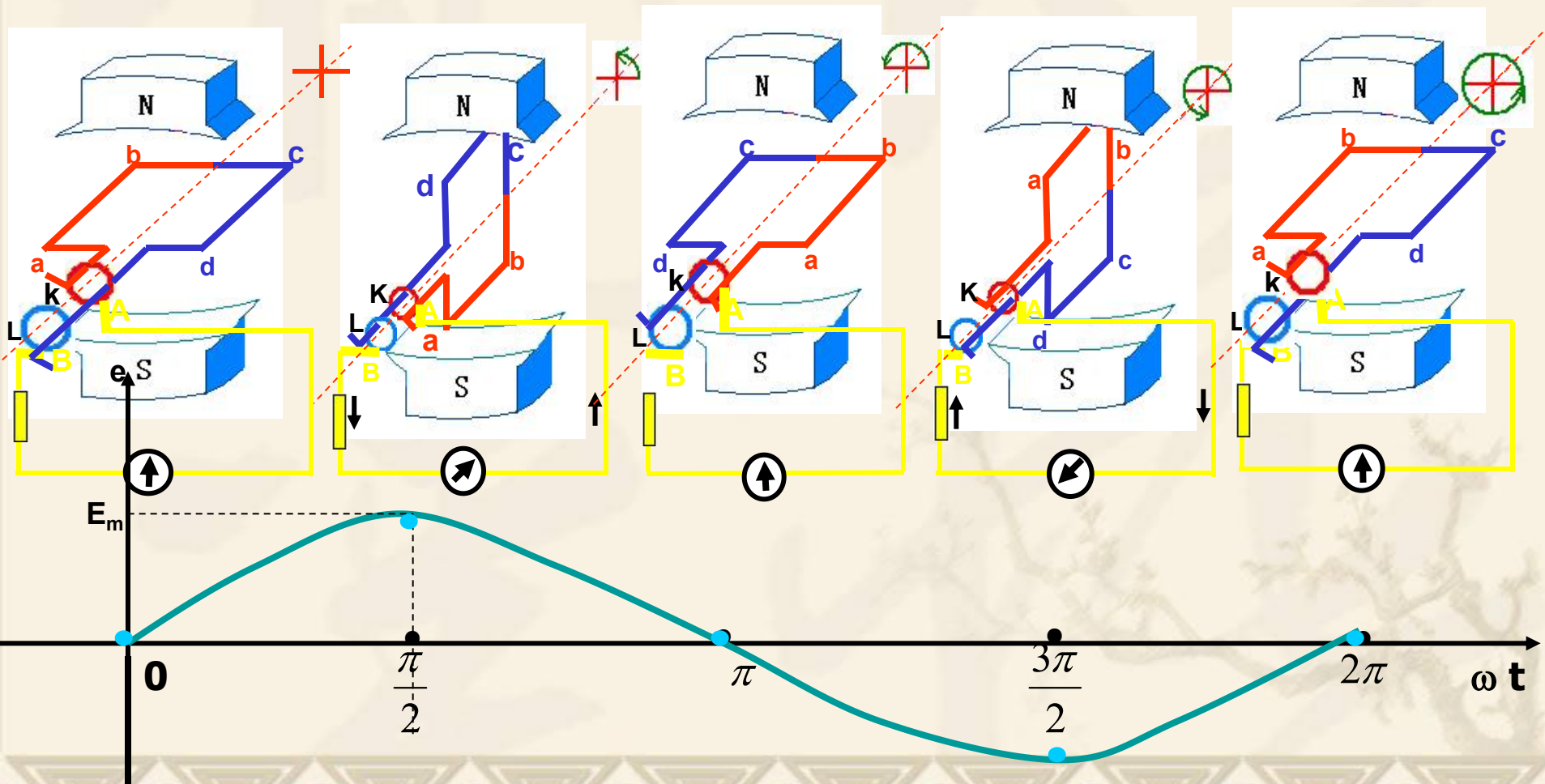


正弦交流电：按正弦规律变化的交流电。

1.4 单相交流电路

一、交流电概念

2. 正弦交流电动势的产生 [交流发电机的工作原理.swf](#)



1.4 单相交流电路

一、交流电概念

2. 正弦交流电动势的产生

线圈相对磁极作切割磁感线转动，产生感生电动势。

$$B = B_m \sin \alpha$$

$$e = NB_m v l \sin \alpha = E_m \sin \alpha$$

1.4 单相交流电路

一、交流电概念

2. 正弦交流电动势的产生

线圈相对磁极作切割磁感线转动，产生感生电动势。

$$B = B_m \sin \alpha$$

$$e = NB_m v l \sin \alpha = E_m \sin \alpha$$

1.4 单相交流电路

一、交流电概念

3. 正弦交流电的几个基本物理量

(1) 正弦交流电的三要素

正弦交流电表达式为：

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$$

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$$

$$e = E_m \sin(\omega t + \varphi_e)$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi)$$

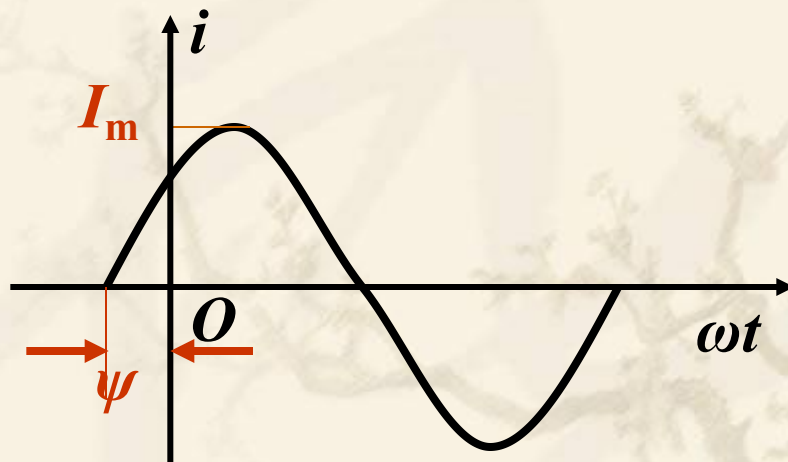
瞬时 最大 角频率 相位

最大值

角频率

初相位

正弦交流电的三要素



1.4 单相交流电路

一、交流电概念

3. 正弦交流电的几个基本物理量

(1) 正弦交流电的三要素

① 交流电的周期、频率、角频率（变化快慢）

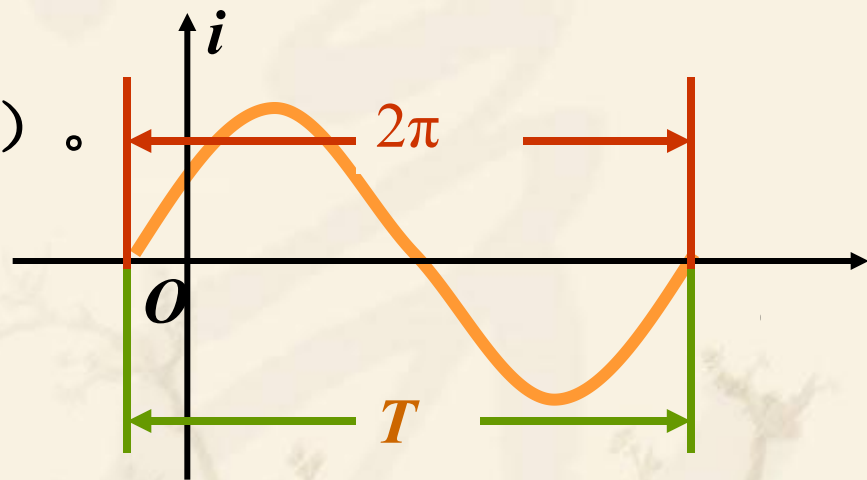
周期 T ：变化一周所需要的时间（s）。

频率 f ：1s 内变化的周数（Hz）。

$$f = \frac{1}{T}$$

角频率 ω ：正弦量 1s 内变化的弧度数。

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T} \text{ (rad/s)}$$



1.4 单相交流电路

一、交流电概念

3. 正弦交流电的几个基本物理量

常见的频率值

各国电网频率： 中国 和欧洲国家 50 Hz， 美国、日本 60 Hz

有线通信频率： 300 ~ 5 000 Hz；

无线通讯频率： 30 kHz ~ 3×10^4 MHz

高频加热设备频率： 200 kHz ~ 300 kHz。

[例] 我国和大多数国家的电力标准频率是50Hz（工频），试求其周期和角频率。

[解] $T = \frac{1}{f} = 0.02\text{S}$ $\omega = 2\pi f = 2 \times 3.14 \times 50 = 314\text{rad/s}$

1.4 单相交流电路

一、交流电概念

3. 正弦交流电的几个基本物理量

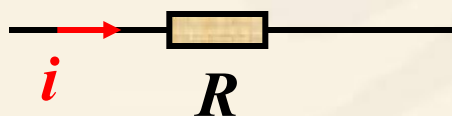
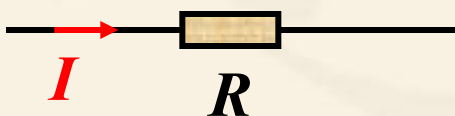
(1) 正弦交流电的三要素

e, i, u \longrightarrow 瞬时值

② 瞬时值、最大值、有效值
(变化大小)

E_m, I_m, U_m \longrightarrow 最大值

E, I, U \longrightarrow 有效值



$$W_d = RI^2T$$

$$W_a = \int_0^T Ri^2 dt$$

如果热效应相当 $W_d = W_a$ 则 I 是 i 的有效值。

$$RI^2T = \int_0^T Ri^2 dt \longrightarrow I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt}$$

正弦电量的有效值:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} \quad E = \frac{E_m}{\sqrt{2}}$$

1.4 单相交流电路

一、交流电概念

3. 正弦交流电的几个基本物理量

(1) 正弦交流电的三要素

③ 相位、初相位、相位差（变化进程）

$$i = 10 \sin (1000 t + 30^\circ) \text{ A}$$

$$u = 311 \sin (314 t - 60^\circ) \text{ V}$$

初相位

相位

相位: $\omega t + \psi$

初相位: $t=0$ 时的相位

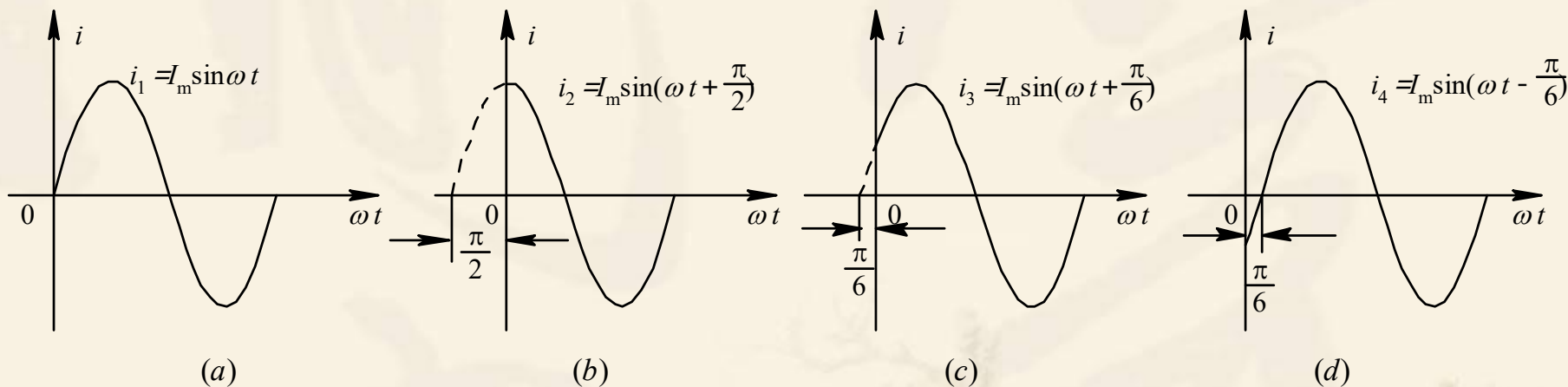
$$\psi_i = 30^\circ, \quad \psi_u = -60^\circ$$

1.4 单相交流电路

一、交流电概念

3. 正弦交流电的几个基本物理量

(1) 正弦交流电的三要素



相位差:同频率的正弦电量的初相位之差。

$$i = 100 \sin (314 t + 30^\circ) \text{ A}$$

$$u = 311 \sin (314 t - 60^\circ) \text{ V}$$

$$\varphi = \psi u - \psi i = -60^\circ - 30^\circ = -90^\circ$$

1.4 单相交流电路

二、正弦交流电的四种表示方法

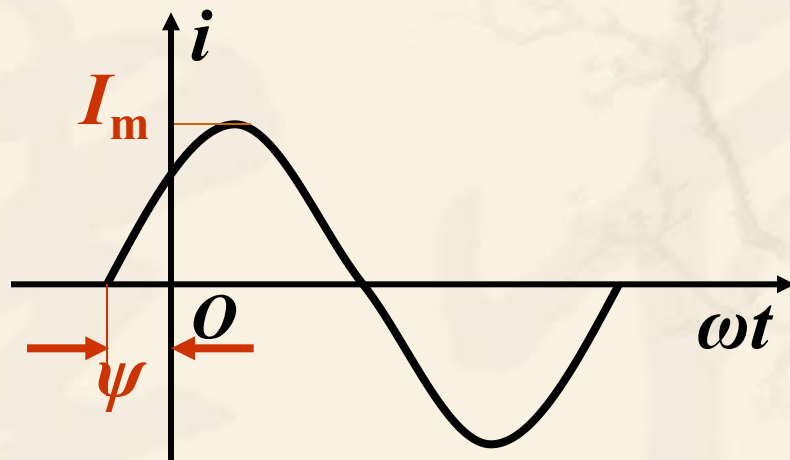
1. 解析法 用三角函数式表示正弦交流量的方法。

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$$

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$$

$$e = E_m \sin(\omega t + \varphi_e)$$

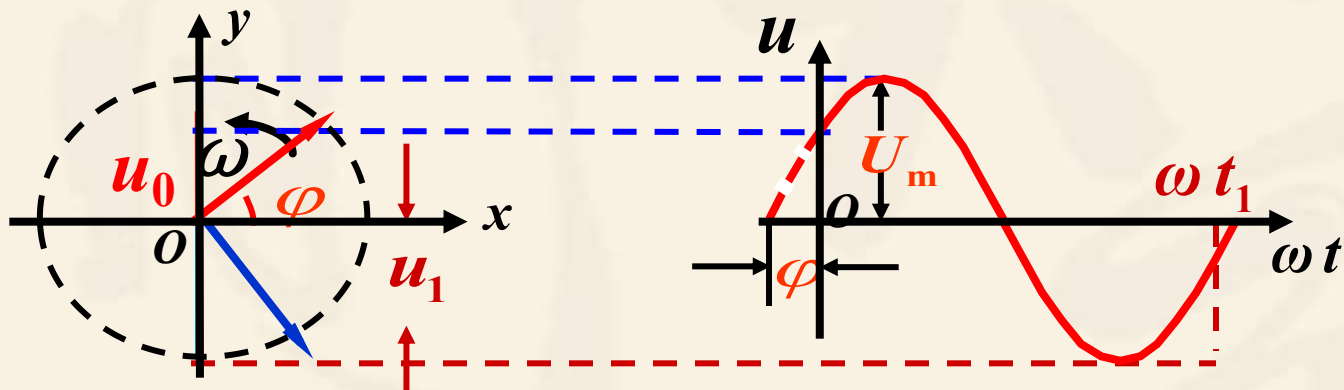
2. 曲线法 用正弦曲线表示交流电的方法。



1.4 单相交流电路

3. 旋转矢量法

用一个在直角坐标中绕原点作逆时针方向不断旋转的矢量来表示正弦交流电的方法。



设正弦量: $u = U_m \sin(\omega t + \psi)$

若: 有向线段长度 = U_m

有向线段与横轴夹角 = 初相位 φ

有向线段以速度 ω 按逆时针方向旋转

则: 该旋转有向线段每一瞬时纵轴上的投影即表示相应时刻正弦量的瞬时值。

1.4 单相交流电路

二、正弦交流电的四种表示方法

4. 相量法 用复数表示正弦交流电的方法。

设正弦量: $u = U_m \sin(\omega t + \varphi) = \sqrt{2}U \sin(\omega t + \varphi)$

相量表示:

$$\dot{U} = U e^{j\varphi} = U \angle \varphi \left\{ \begin{array}{l} \text{相量的模} = \text{正弦量的有效值} \\ \text{相量辐角} = \text{正弦量的初相角} \end{array} \right.$$

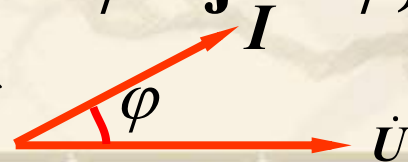
或:

$$\dot{U}_m = U_m e^{j\varphi} = U_m \angle \varphi \left\{ \begin{array}{l} \text{相量的模} = \text{正弦量的最大值} \\ \text{相量辐角} = \text{正弦量的初相角} \end{array} \right.$$

相量的两种表示形式:

相量式: $\dot{U} = U e^{j\varphi} = U \angle \varphi = U(\cos \varphi + j \sin \varphi)$

相量图: 把相量表示在复平面的图形



1.4 单相交流电路

二、正弦交流电的四种表示方法

4. 相量法 用复数表示正弦交流电的方法。

例: 将 u_1 、 u_2 用相量表示, 并判断二者相位关系。

$$u_1 = 220\sqrt{2} \sin(\omega t + 20^\circ) \text{ V}, \quad u_2 = 110\sqrt{2} \sin(\omega t + 45^\circ) \text{ V}$$

解: (1) 相量式

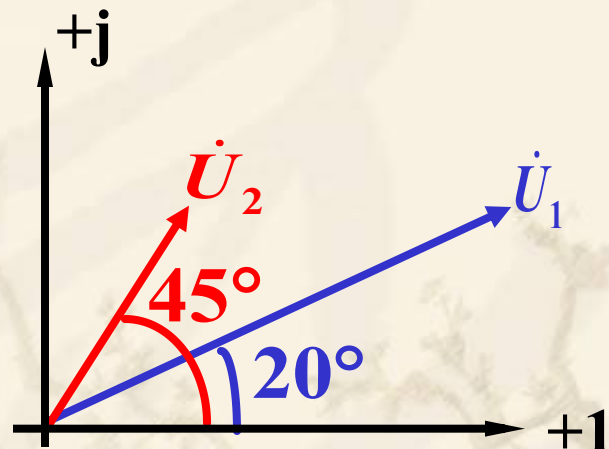
$$\dot{U}_1 = 220 \angle +20^\circ \text{ V}$$

$$\dot{U}_2 = 110 \angle +45^\circ \text{ V}$$

(2) 相量图

$$\varphi = \psi_1 - \psi_2 = 20^\circ - 45^\circ = -25^\circ$$

u_1 落后于 u_2 25°



1.4 单相交流电路

三、单一参数的交流电路

1. 纯电阻电路

(1) 电阻元件

金属导体：
$$R = \rho \frac{l}{S}$$

线性电阻：当 u_R 与 i 取关联参考方向时

$$u_R = iR$$

1.4 单相交流电路

三、单一参数的交流电路

1. 纯电阻电路

(2) 电压、电流的关系 $u = Ri$

设 $i = I_m \sin \omega t = \sqrt{2} I \sin \omega t$,
 则 $u = RI_m \sin \omega t = U_m \sin(\omega t)$

a. 频率：同

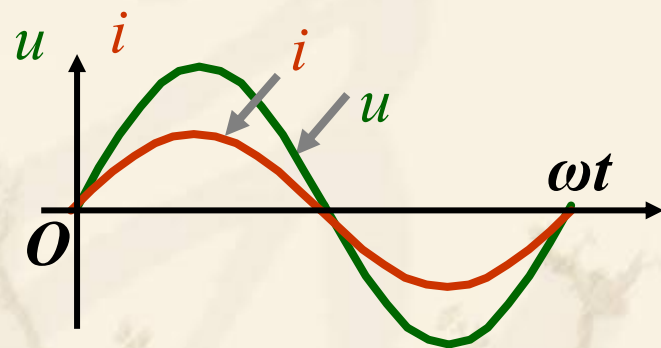
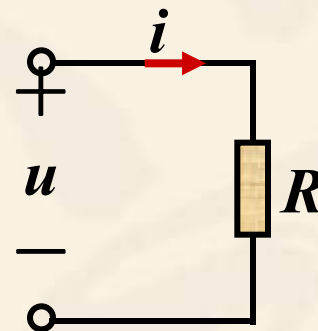
b. 相位：同

c. 大小关系： $U = RI$, $U_m = RI_m$

d. 相量表示： $\dot{U} = R \dot{I}$

如： $\dot{U} = U \angle 0^\circ$

则： $\dot{I} = I \angle 0^\circ$



1.4 单相交流电路

三、单一参数的交流电路

1. 纯电阻电路

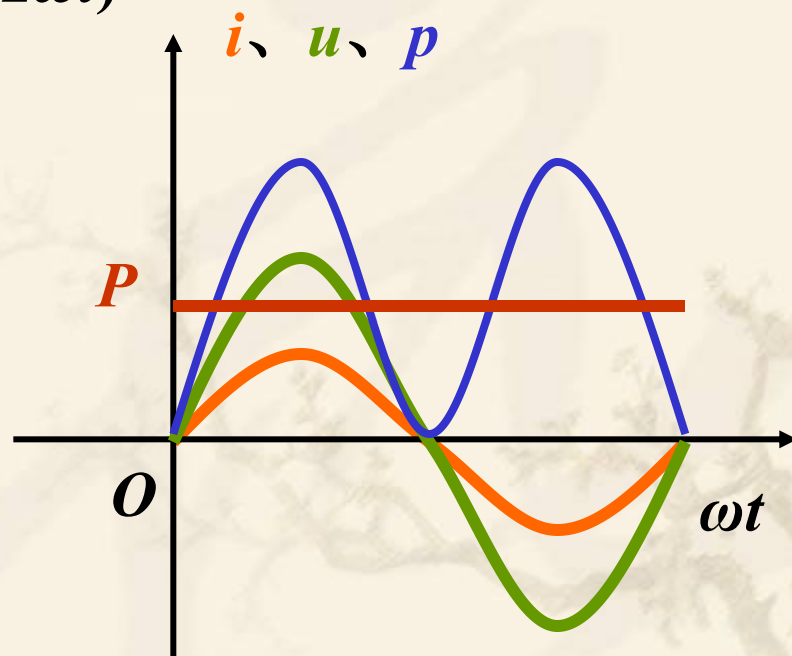
(3) 功率关系

a. 瞬时功率: $p = ui = U_m \sin\omega t I_m \sin\omega t = U_m I_m \sin^2\omega t$
 $= UI(1 - \cos 2\omega t)$

$p \geq 0$ —— 耗能元件。

b. 平均功率 (有功功率):

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p_0 dt = UI \text{ (W)}$$



1.4 单相交流电路

三、单一参数的交流电路

2. 纯电感电路

(1) 电压、电流的关系 $u = L \frac{di}{dt}$

设 $i = I_m \sin \omega t = \sqrt{2} I \sin \omega t$,

则 $u = \omega L I_m \cos \omega t = \omega L I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

a. 频率关系: 同

b. 数量关系: $U_m = \omega L I_m$ $U = \omega L I$

感抗: $X_L = \omega L \propto \omega (\Omega)$

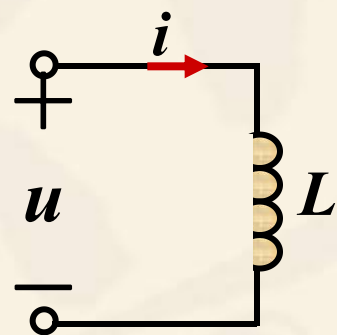
$$U = X_L I$$

c. 相位关系: $\varphi = \psi_u - \psi_i = 90^\circ$

d. 相量表示: $\dot{U} = j X_L \dot{I}$

$$\dot{I} = I \angle 0^\circ = I$$

$$\dot{U} = U \angle 90^\circ = jU$$



纯电感电路

1.4 单相交流电路

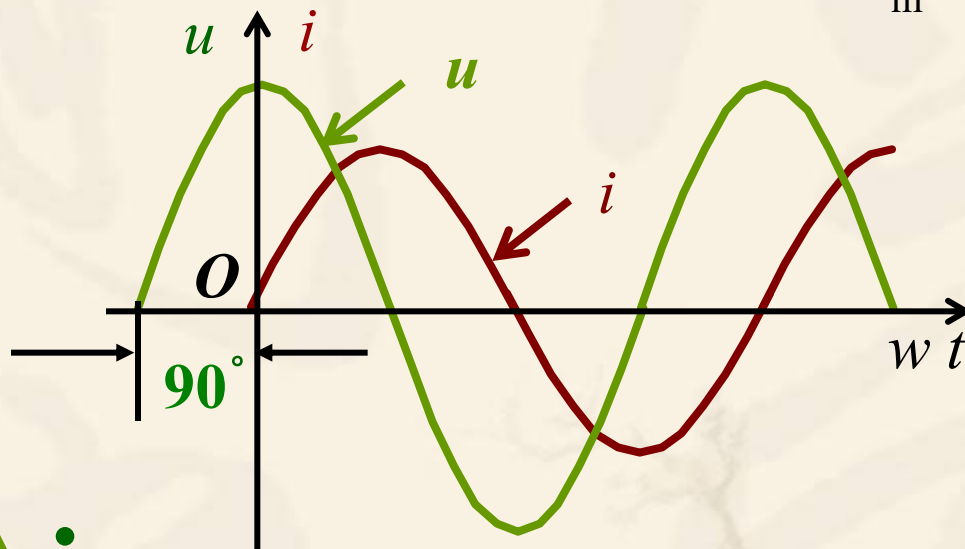
三、单一参数的交流电路

2. 纯电感电路

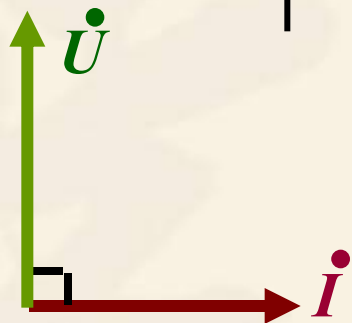
$$i = \sqrt{2}I \sin \omega t,$$

$$u = \omega L I_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

e. 波形图:



f. 相量图:



如 $\dot{I} = I \angle 0^\circ$

则 $\dot{U} = U \angle 90^\circ$

1.4 单相交流电路

三、单一参数的交流电路

2. 纯电感电路

(2) 功率关系

a. 瞬时功率: $p = ui = UI \sin 2\omega t$

$p > 0$ — 电感储存磁场能量

(电能 → 磁场能量)

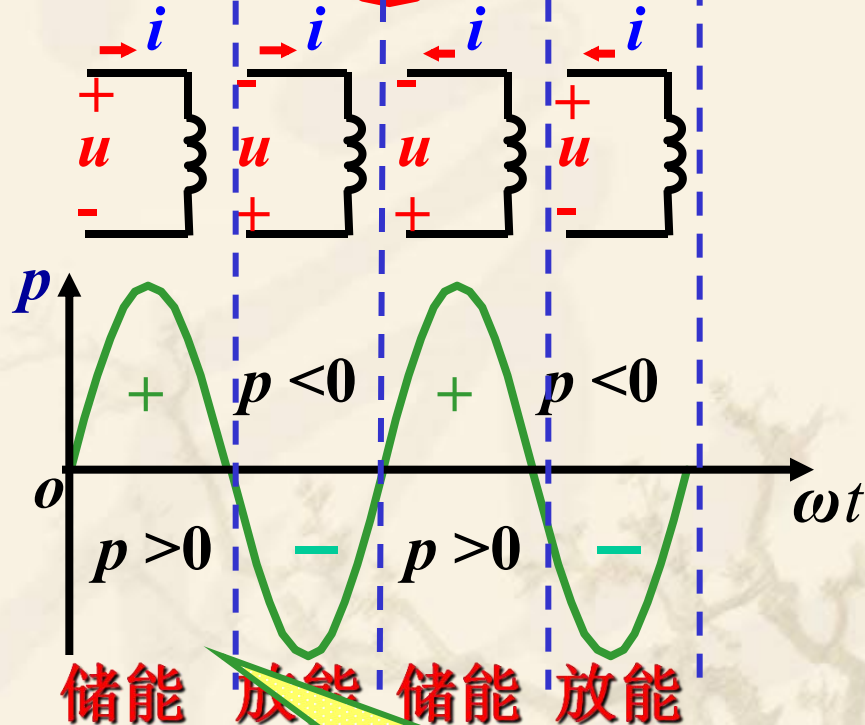
$p < 0$ — 电感释放磁场能量

(磁场能量 → 电能)

b. 平均功率(有功功率):

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p \, dt$$

$$= \frac{1}{T} \int_0^T UI \sin(2\omega t) \, dt = 0$$



L是非耗能元件

1.4 单相交流电路

三、单一参数的交流电路

2. 纯电感电路

(2) 功率关系

c. 无功功率：描述电感与电源之间的双向能量交换，衡量能量交换的规模，

无功功率等于瞬时功率达到的最大值。

$$Q = UI = I^2 X_L = \frac{U^2}{X_L}$$

单位：乏尔 (var)

1.4 单相交流电路

三、单一参数的交流电路

3. 纯电容电路

(1) 电压、电流的关系 $i = C \frac{du}{dt}$

设 $u = U_m \sin \omega t = \sqrt{2}U \sin \omega t$,

则 $i = \omega C U_m \cos \omega t = \underline{\omega C U_m} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

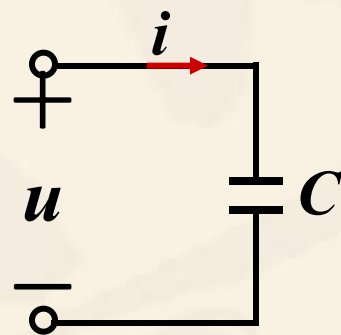
a. 频率关系：同频率的正弦量；

b. 大小关系： $U_m = \frac{1}{\omega C} I_m$ 容抗： $X_C = \frac{1}{\omega C} \propto 1/\omega$

$$U = \frac{1}{\omega C} I \qquad \dot{U} = U \angle 0^\circ = U$$

c. 相位关系： $\varphi = \psi_u - \psi_i = -90^\circ$ $\dot{I} = I \angle 90^\circ = jI$

d. 相量表示： $\dot{U} = -j X_C \dot{I}$ $\dot{I} = j \omega C \dot{U}$



纯电容电路

1.4 单相交流电路

三、单一参数的交流电路

3. 纯电容电路

(1) 电压、电流的关系

e. 波形图:

$$u = \sqrt{2}U \sin \omega t$$

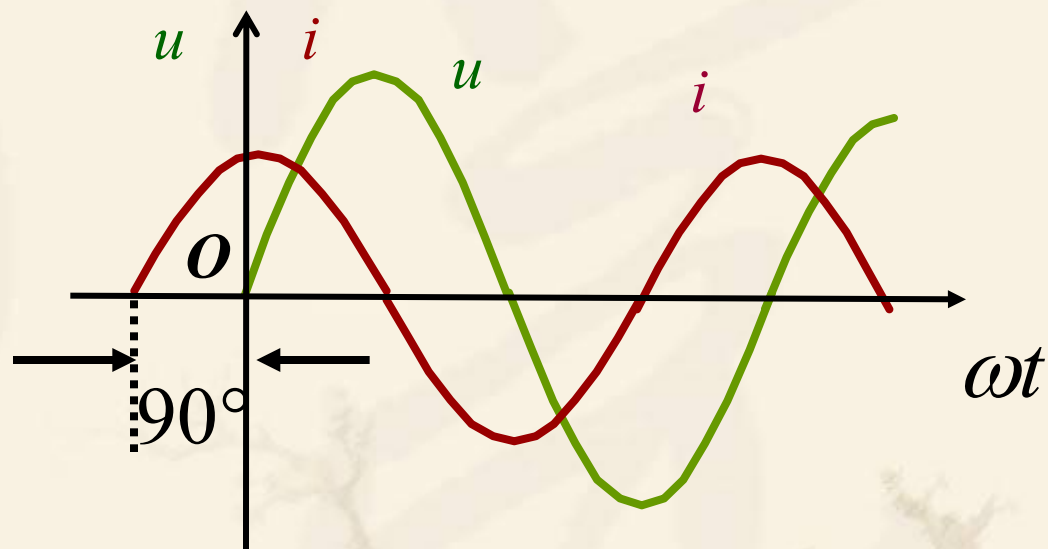
$$i = \omega C U_m \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

f. 相量图:



如 $\dot{U} = U \angle 0^\circ$

则 $\dot{I} = I \angle 90^\circ$



如 $\dot{I} = I \angle 0^\circ$

则 $\dot{U} = U \angle -90^\circ$

1.4 单相交流电路

三、单一参数的交流电路, i

3. 纯电容电路

(2) 功率关系

a. 瞬时功率: $p = ui = UI \sin 2\omega t$

$p > 0$ — 电容储存电场能量

(电能 → 电场能量)

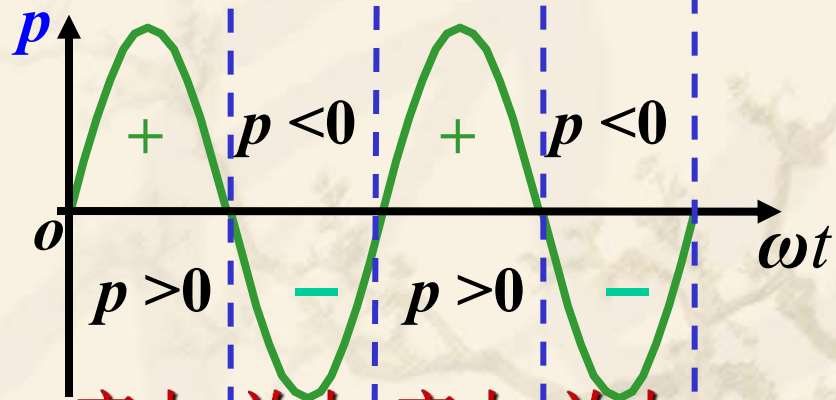
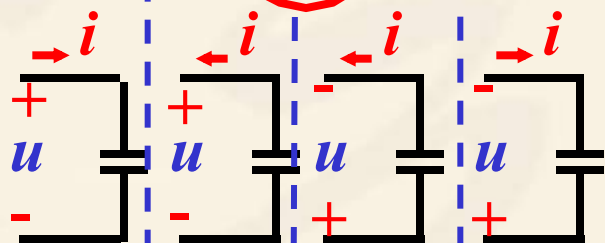
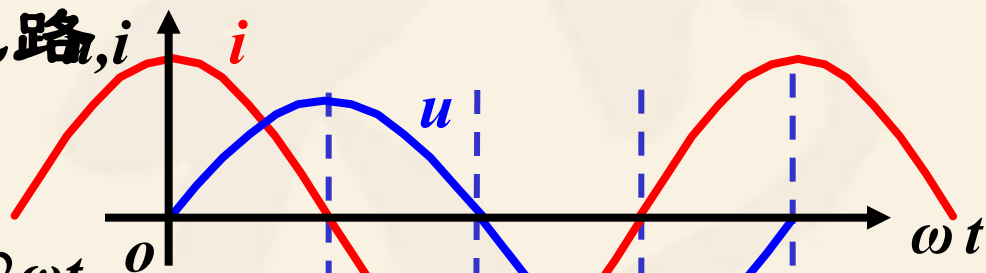
$p < 0$ — 电容释放大电场能量

(电场能量 → 电能)

b. 平均功率(有功功率):

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p \, dt$$

$$= \frac{1}{T} \int_0^T UI \sin(2\omega t) \, dt = 0$$



充电 放电 充电 放电

C 是非耗能元件

1.4 单相交流电路

三、单一参数的交流电路

3. 纯电容电路

(2) 功率关系

c. 无功功率：描述电容与电源之间的双向能量交换，衡量能量交换的规模。

无功功率等于瞬时功率达到的最大值。

$$Q = UI = I^2 X_C = \frac{U^2}{X_C} \quad \text{单位: var}$$

为了同电感电路的无功功率相比较，设

$$i = \sqrt{2} I \sin \omega t$$

$$\text{则: } u = \sqrt{2} U \sin (\omega t - 90^\circ)$$

$$\text{所以 } p = -UI \sin 2 \omega t$$

$$Q = -UI = -I^2 X_C = -\frac{U^2}{X_C}$$

1.4 单相交流电路

四、电阻、电感、电容串联电路

1. 电压与电流间的关系

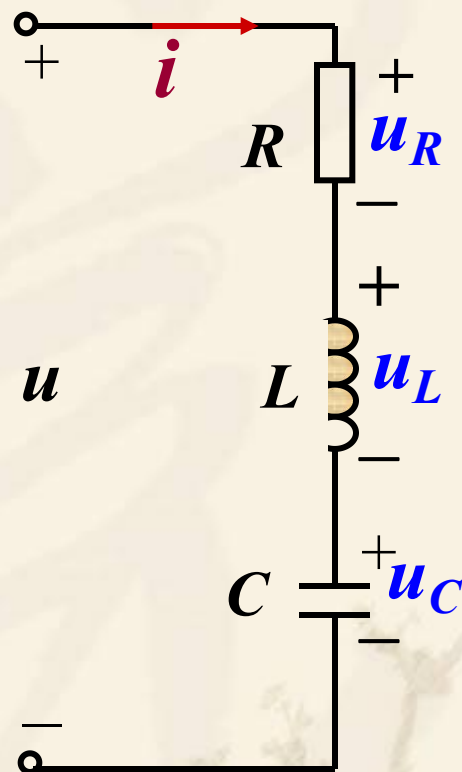
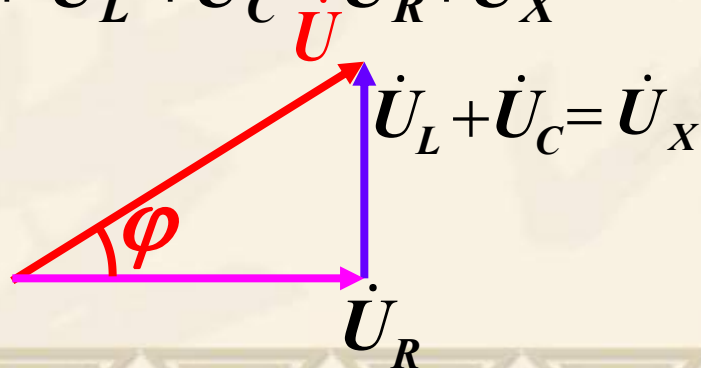
$$\text{设: } i = \sqrt{2} I \sin \omega t$$

$$\text{则 } u_R = \sqrt{2} IR \sin \omega t$$

$$u_L = \sqrt{2} I(\omega L) \sin(\omega t + 90^\circ)$$

$$u_C = \sqrt{2} I\left(\frac{1}{\omega C}\right) \sin(\omega t - 90^\circ)$$

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C = \dot{U}_R + \dot{U}_X$$



1.4 单相交流电路

四、电阻、电感、电容串联电路

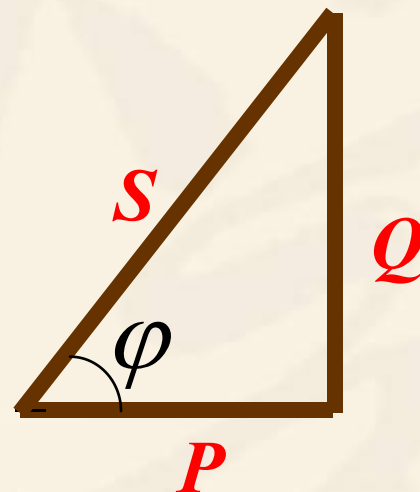
2. 电路的功率及功率因数

有功功率 $P = UI \cos \varphi$

无功功率 $Q = UI \sin \varphi$

视在功率 $S = UI$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$



功率因数：有功功率与视在功率的比值

$$\cos \varphi = \frac{P}{S}$$

1.4 单相交流电路

四、电阻、电感、电容串联电路

2. 电路的功率及功率因数

例：一台单相电动机由220V电源供电，电路中电流是11A， $\cos\varphi=0.83$ ，试求电动机的实在功率、有功功率和无功功率。

解： 视在功率为：

$$S = UI = 220 \times 11 = 2420(VA) = 2.42(VA)$$

有功功率为：

$$P = S \cos \varphi = 2420 \times 0.83 = 2008(W) \approx 2(KW)$$

由 $\cos \varphi = 0.83$ 可求知： $\varphi = 34^\circ, \sin \varphi = 0.56$

无功功率为：

$$Q = S \sin \varphi = 2420 \times 0.56 = 1355(Var) = 1.355(KVar)$$

1.4 单相交流电路

五、并联电路与功率因数的提高

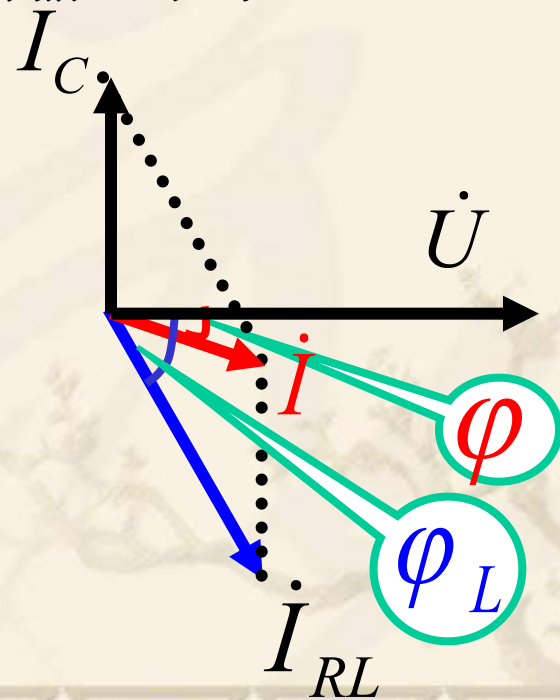
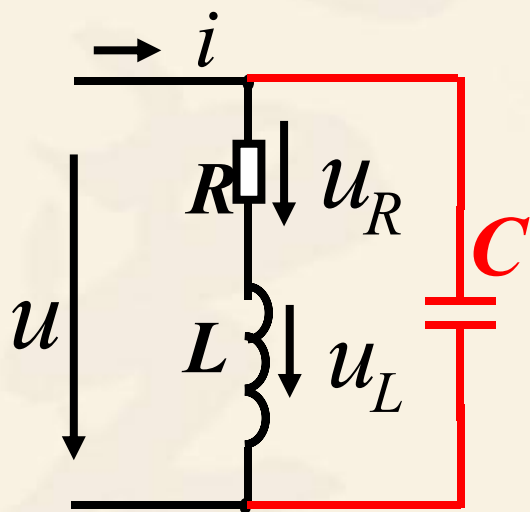
1. 造成功率因数低的原因

很多负载为感性的，如日光灯电路、电动机，无功功率多。

2. 提高功率因数的意义

(1) 提高负载对供电设备的利用率 (2) 提高输电效率

3. 提高功率因数的方法：并联补偿法



1.5 三相交流电路

一、三相交流电

1. 三相制

由三个幅值相等、频率相同彼此之间相位互差 120° 的正弦电压所组成的供电相系统。

前面讲的交流电路，实际是三相电路的一相，因而称单相交流电路。

另一方面，三相电路也可看作按一定规律组成的复杂交流电路，因而前面讨论的交流电路的一般规律和计算方法，在此仍然适用。

1.5 三相交流电路

一、三相交流电

2. 三相制供电比单相制供电优越

在发电方面：三相交流发电机比相同尺寸的单相交流发电机容量大。

在输电方面：如果以同样电压将同样大小的功率输送到同样距离，三相输电线比单相输电线节省材料。

在用电设备方面：三相交流电动机比单相电动机结构简单、体积小、运行特性好等等。

因而三相制是目前世界各国的主要供电方式。

1.5 三相交流电路

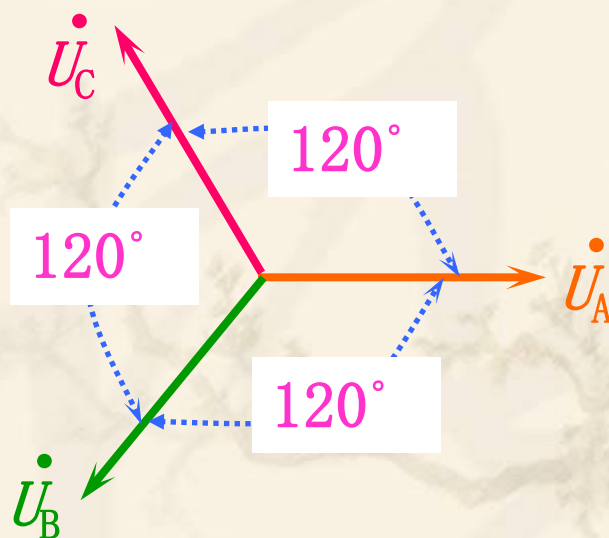
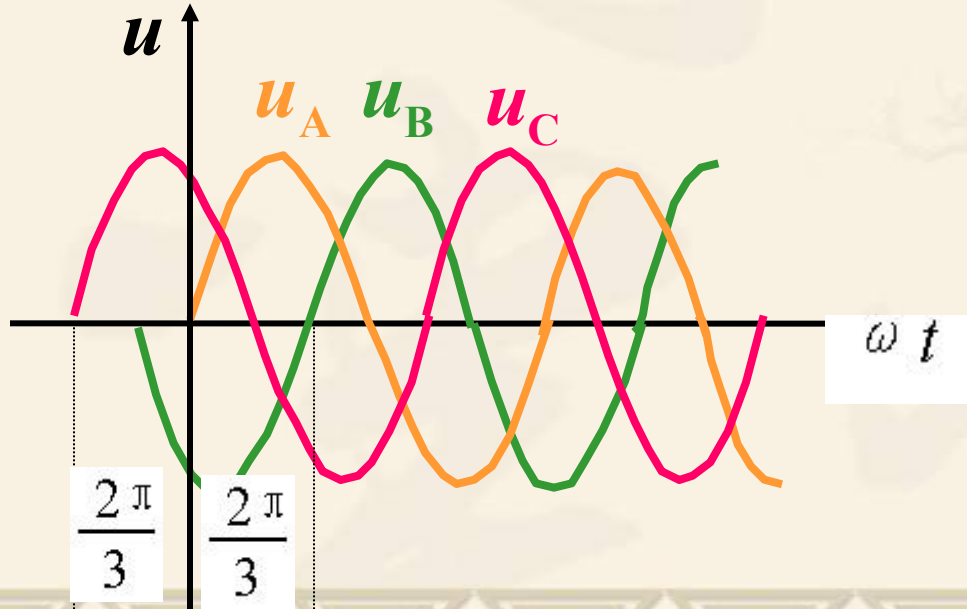
一、三相交流电

3. 三相交流电的产生 三相交流发电机

$$e_A = U_m \sin \omega t$$

$$e_B = U_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_C = U_m \sin(\omega t - 240^\circ) = U_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$



1.5 三相交流电路

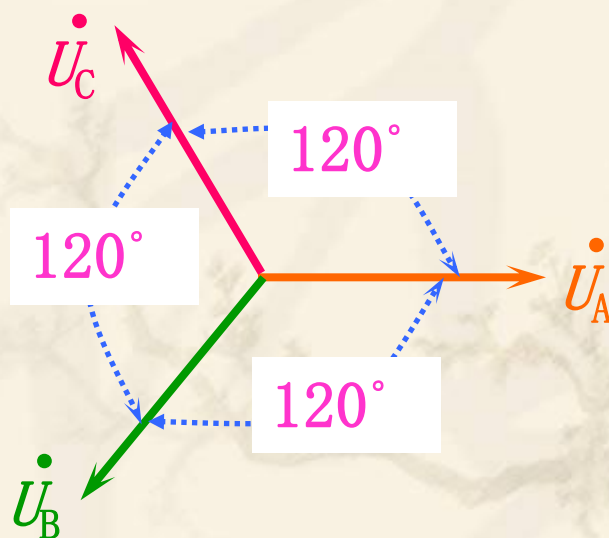
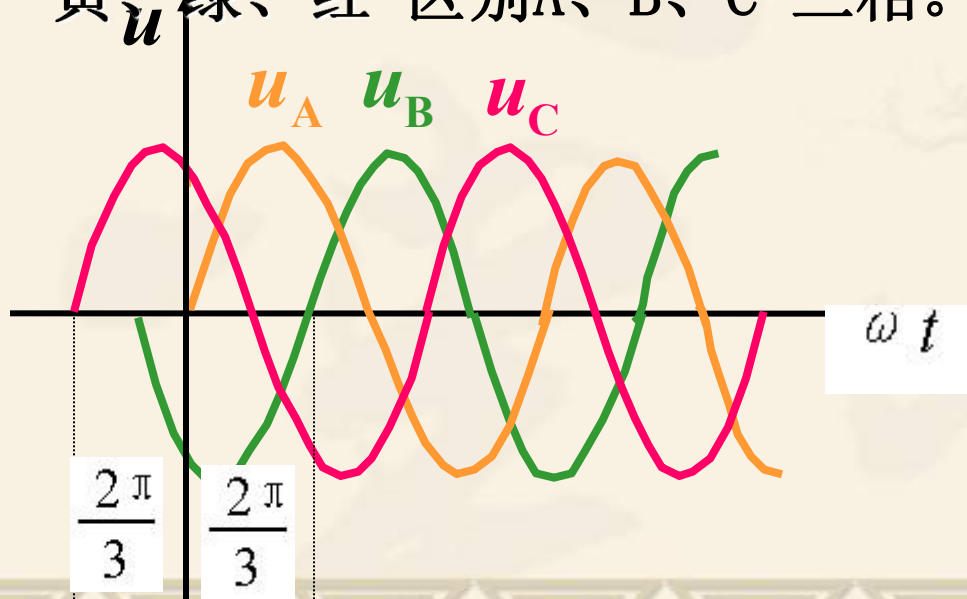
一、三相交流电

3. 三相交流电的产生 三相交流发电机

对称正弦量特点为： $\dot{U}_A + \dot{U}_B + \dot{U}_C = 0$ $u_A + u_B + u_C = 0$

4. 正弦量的相序 三相交流电在相位上的先后次序称为相序。

上述的三相电源的相序为A→B→C。在电力系统中一般用黄、绿、红 区别A、B、C 三相。



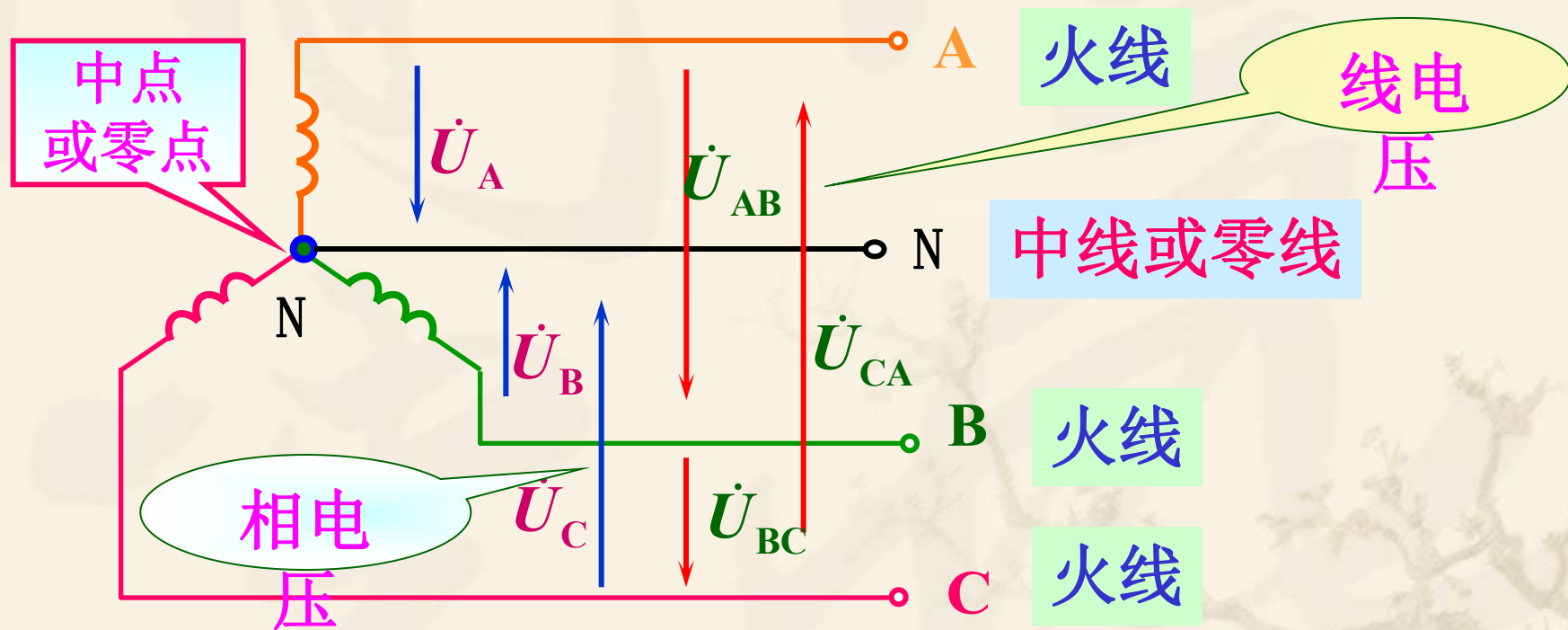
1.5 三相交流电路

二、三相电源的接法

1. 电源的星形连接

三相四线制

$U_l = \sqrt{3}U_p$ 线电压超前于对应的相电压30度。



我国供电系统线电压 380V，相电压220V。

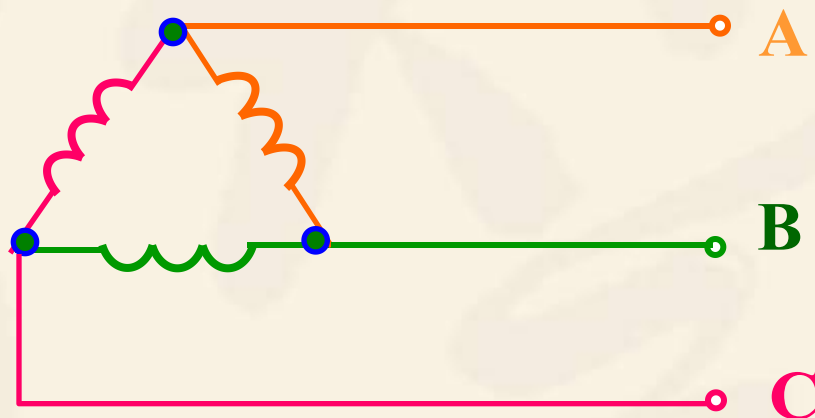
1.5 三相交流电路

二、三相电源的接法

2. 电源的三角形连接

$$U_l = U_p$$

一般不用

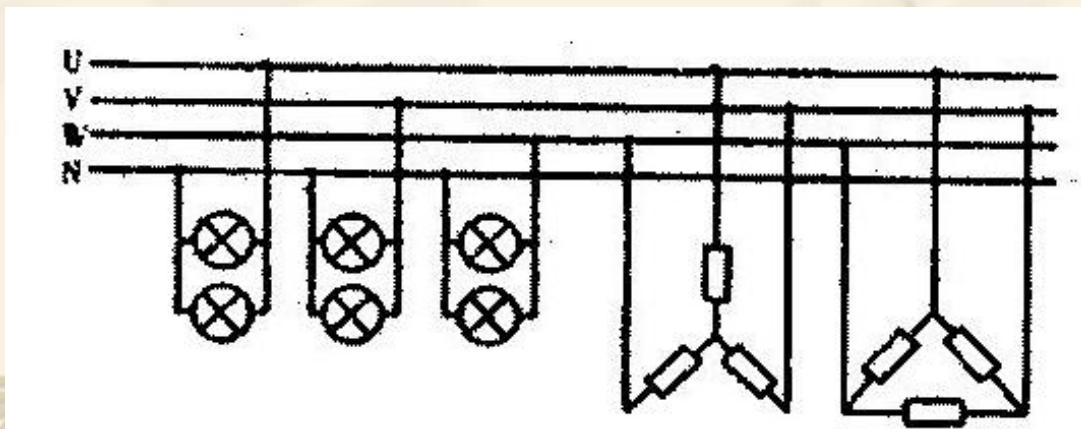
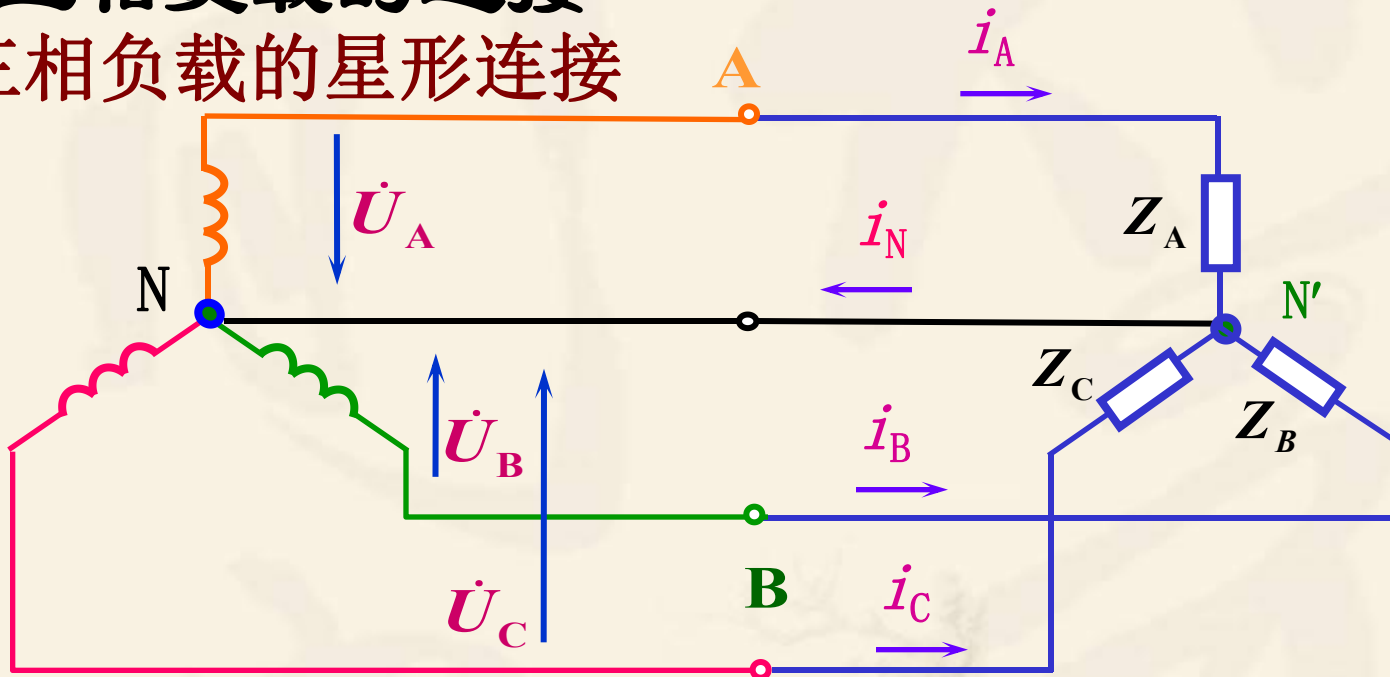


问题：实际上电源内部有环流，加速电源绕组的老化；如果一相接反，环流会很大，烧毁电源。

1.5 三相交流电路

三、三相负载的连接

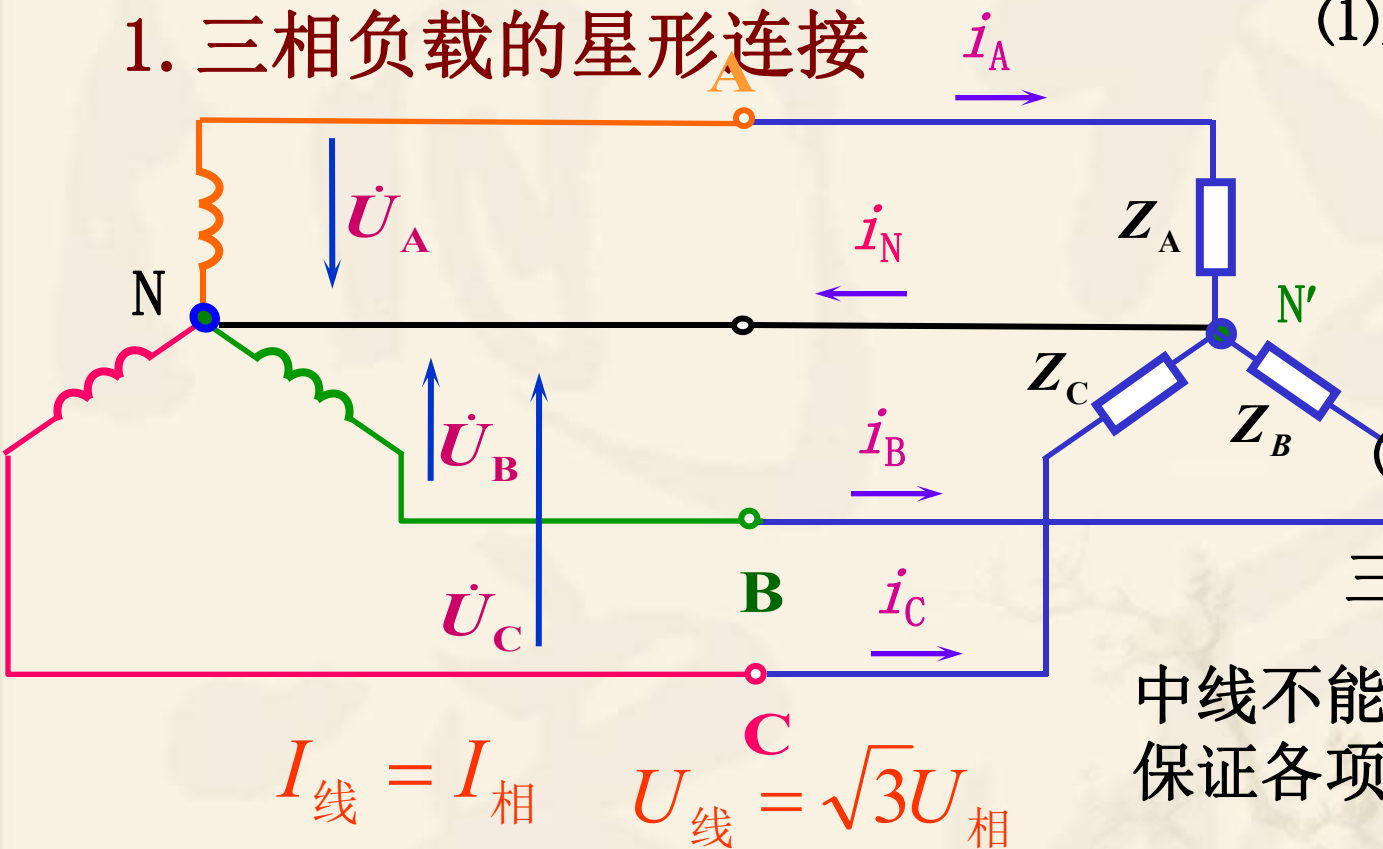
1. 三相负载的星形连接



1.5 三相交流电路

三、三相负载的连接

1. 三相负载的星形连接



$$I_{\text{线}} = I_{\text{相}} \quad U_{\text{线}} = \sqrt{3}U_{\text{相}}$$

(1) 对称三相负载:

$$Z_A = Z_B = Z_C$$

三个相电流对称

$$i_N = i_A + i_B + i_C = 0$$

(2) 三相不对称负载:

三个相电流不对称

中线不能去掉，这样才能保证各项负载正常工作。

中线的作用在于使星形连接的不对称负载得到相等的相电压。

为了确保安全，其上不允许接保险丝也不允许接刀闸。

1.5 三相交流电路

三、三相负载的连接

1. 三相负载的星形连接

例：有一台三相异步电动机为星形接线。接到线电压为380V的三相对称电源上。当电动机在额定负载下运行时，他的每相等效电阻为8欧，等效电抗为6欧，试求电动机的电流和功率因数。

解：因负载和电源都是对称的，可以按一相计算。

$$U_{\text{相}} = \frac{U_{\text{线}}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{1.73} = 220(V)$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10(\Omega)$$

相电流为：

$$I_{\text{相}} = \frac{U_{\text{相}}}{Z} = \frac{220}{10} = 22(A)$$

星形接法时线电流等于相电流

$$I_{\text{线}} = 22(A)$$

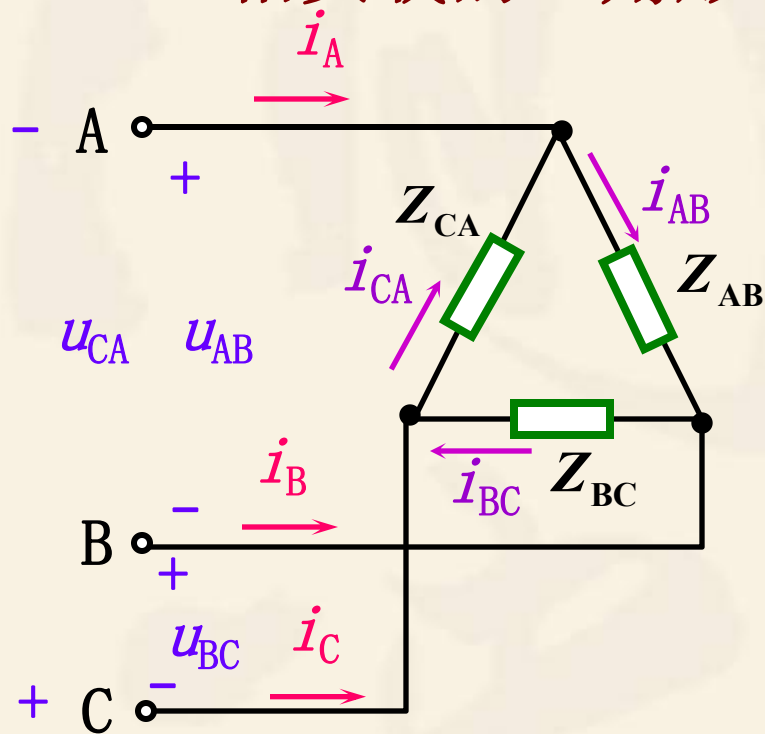
电动机的功率因数：

$$\cos \varphi_{\text{相}} = \frac{R}{Z} = \frac{8}{10} = 0.8$$

1.5 三相交流电路

三、三相负载的连接

2. 三相负载的三角形连接



$$U_{\text{线}} = U_{\text{相}}$$

$$I_{\text{相}} = \frac{I_{\text{线}}}{\sqrt{3}}$$

线电流滞后于对应的相电流30度。

当三相负载对称时，三个相电流对称，只要计算其中的一相电流，其他两项可按对称关系写。

1.5 三相交流电路

三、三相负载的连接

2. 三相负载的三角形连接

例：有一台三角形接法的三相异步电动机。满载时每相电阻为 $R=9.8\Omega$ ，感抗 $=5.3\Omega$ ，并由线电压为 $380V$ 的三相电源供电，试求电动机的相电流和线电流。

解：因负载和电源都是对称的，可以按一相计算。

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{9.8^2 + 5.3^2} \approx 11.1(\Omega)$$

三角形接法时的相电压等于线电压，则相电流为：

$$I_{\text{相}} = \frac{U_{\text{相}}}{Z} = \frac{380}{11.1} \approx 34.2(A)$$

线电流为： $I_{\text{线}} = \sqrt{3}I_{\text{相}} = \sqrt{3} \times 34.2 \approx 59.1(A)$

1.5 三相交流电路

四、三相电路的功率

三相电路中，负载消耗的有功功率等于各相有功功率之和。若三相负载对称，则各相功率相等。三相总有功功率为：

$$P = 3U_{\text{相}} I_{\text{相}} \cos \varphi$$

在三相对称电路中，不论负载星连还是三角连，其三相电路的功率还可根据线电压和线电流来计算：

有功功率： $P = \sqrt{3}U_l I_l \cos \varphi$

无功功率： $Q = \sqrt{3}U_l I_l \sin \varphi$

视在功率： $S = \sqrt{3}U_l I_l$

1.5 三相交流电路

四、三相电路的功率

例：有一台星形接法的三相异步电动机，接到相电压为220V的三相电源上，其每相电流是10A，电动机的功率因数为0.72，试求电动机的有功功率和无功功率。

解：三相对称的有功功率为：

$$P = 3U_{\text{相}} I_{\text{相}} \cos \varphi = 3 \times 220 \times 10 \times 0.72 = 4752(\text{W})$$

功率因数角为： $\varphi = \arccos 0.72 = 44^\circ$

无功功率为： $\sin \varphi = \sin 44^\circ = 0.69$

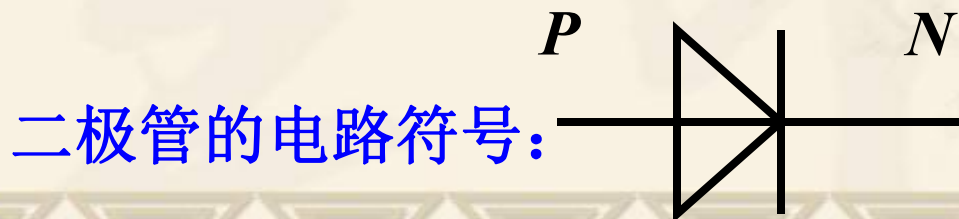
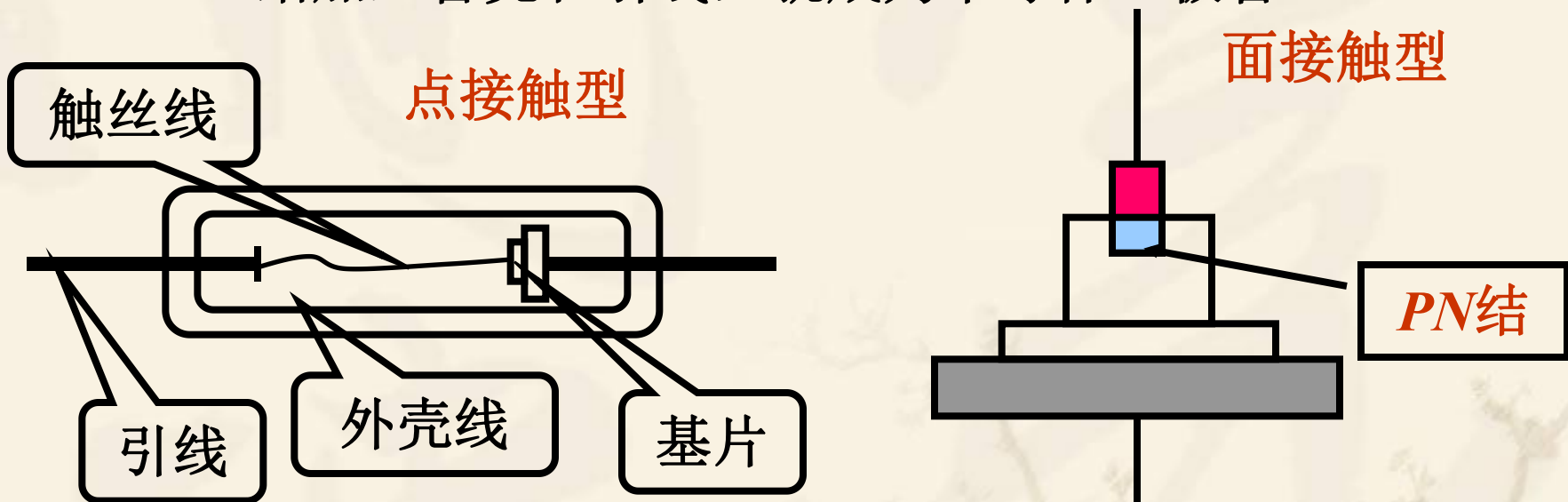
$$Q = 3U_{\text{相}} I_{\text{相}} \sin \varphi = 3 \times 220 \times 10 \times 0.69 = 4585(\text{Var})$$

1.6 晶体管与晶闸管

一、晶体二极管

1. 基本结构

PN 结加上管壳和引线，就成为半导体二极管。

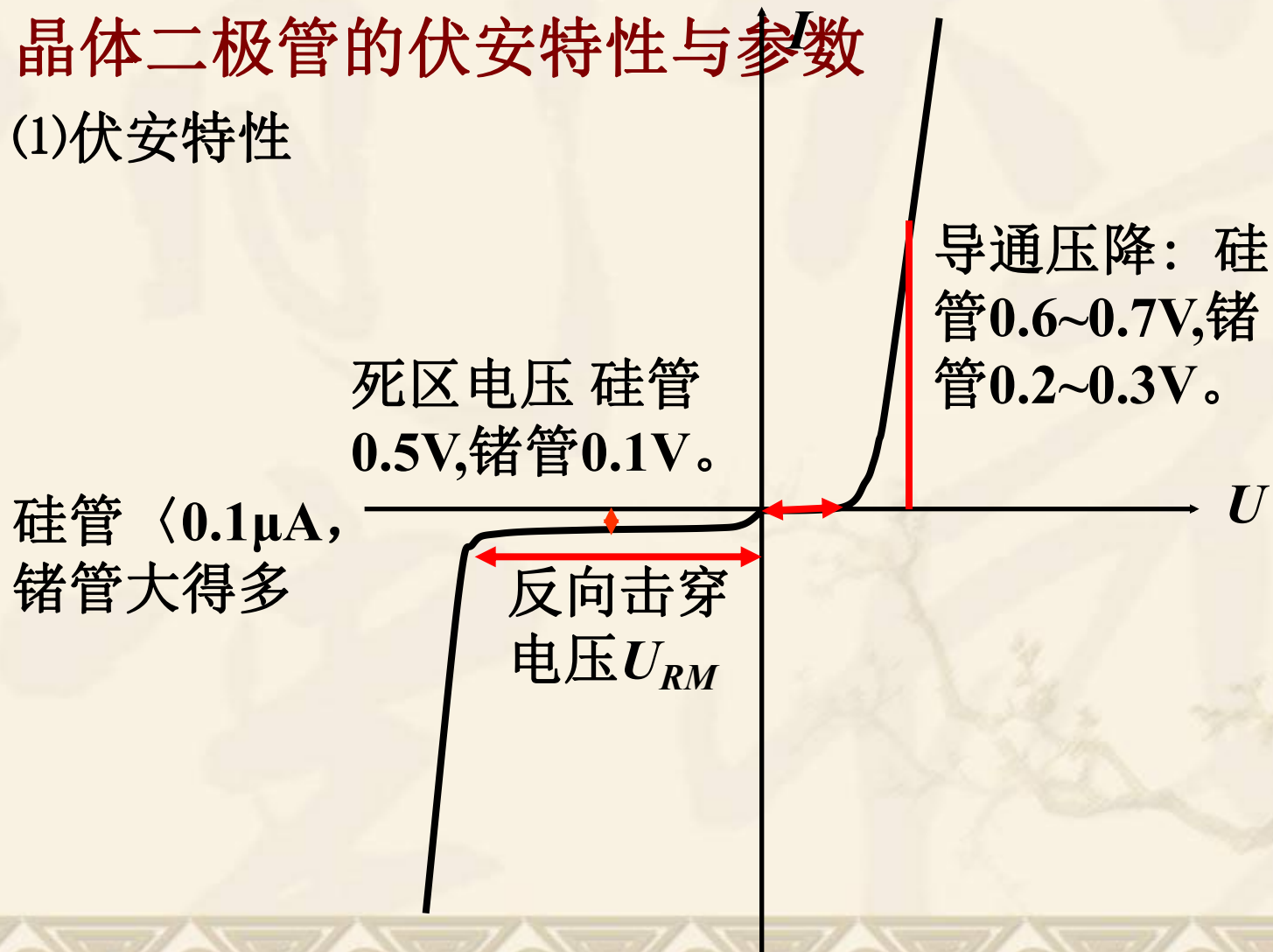


1.6 晶体管与晶闸管

一、晶体二极管

2. 晶体二极管的伏安特性与参数

(1) 伏安特性



1.6 晶体管与晶闸管

一、晶体二极管

2. 晶体二极管的伏安特性与参数

(2) 参数

额定正向电流：长期使用时，允许流过晶体二极管的最大正向平均电流。如果正向电流太大，PN结就会因温度过高而烧毁。

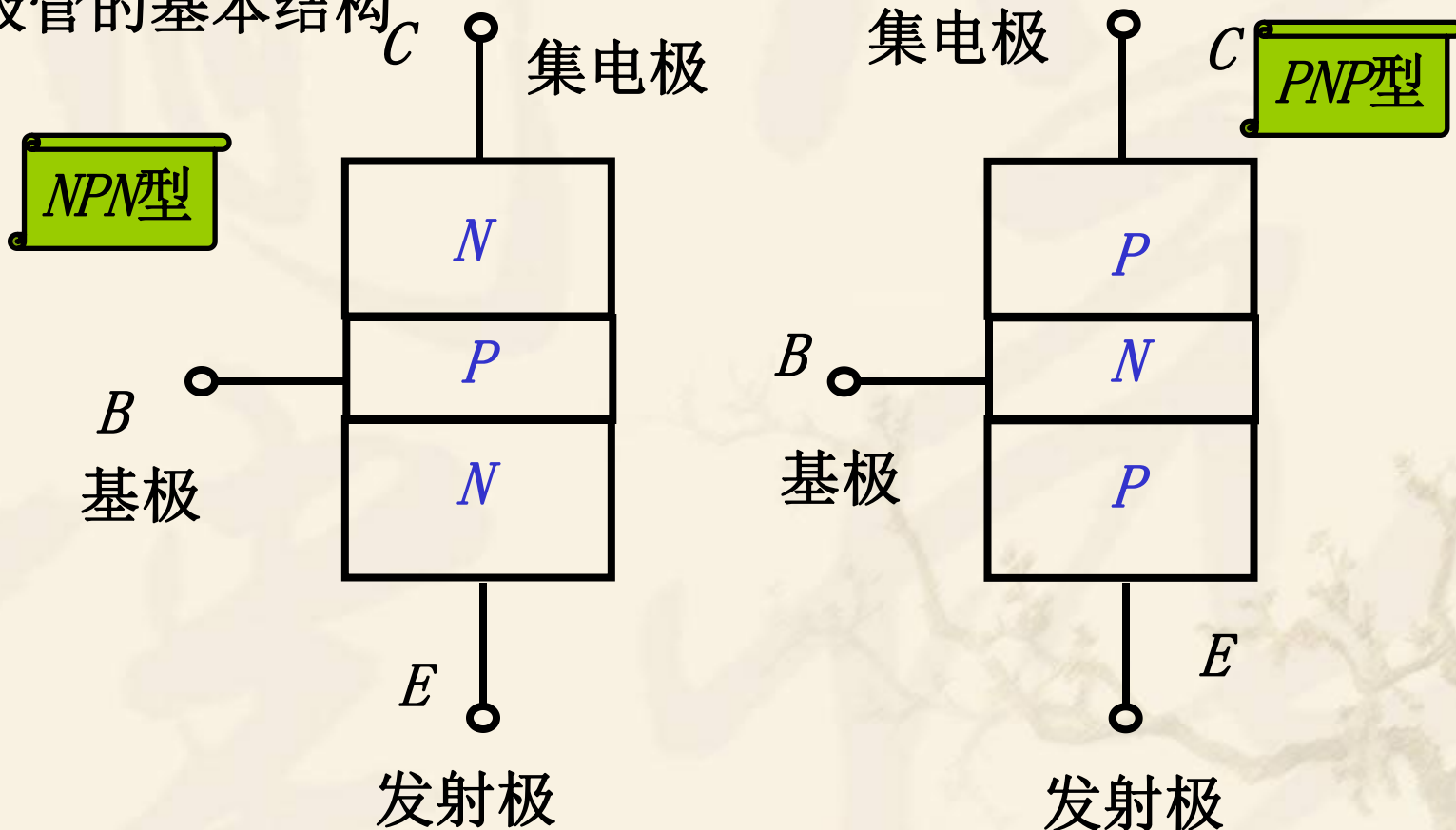
最高反向工作电压：二极管所能承受的最高反向工作电压（最大值）。若超过此值，二极管有被反向击穿的危险。

1.6 晶体管与晶闸管

二、晶体三极管

1. 晶体三极管的结构和工作原理

(1) 三极管的基本结构



1.6 晶体管与晶闸管

二、晶体三极管

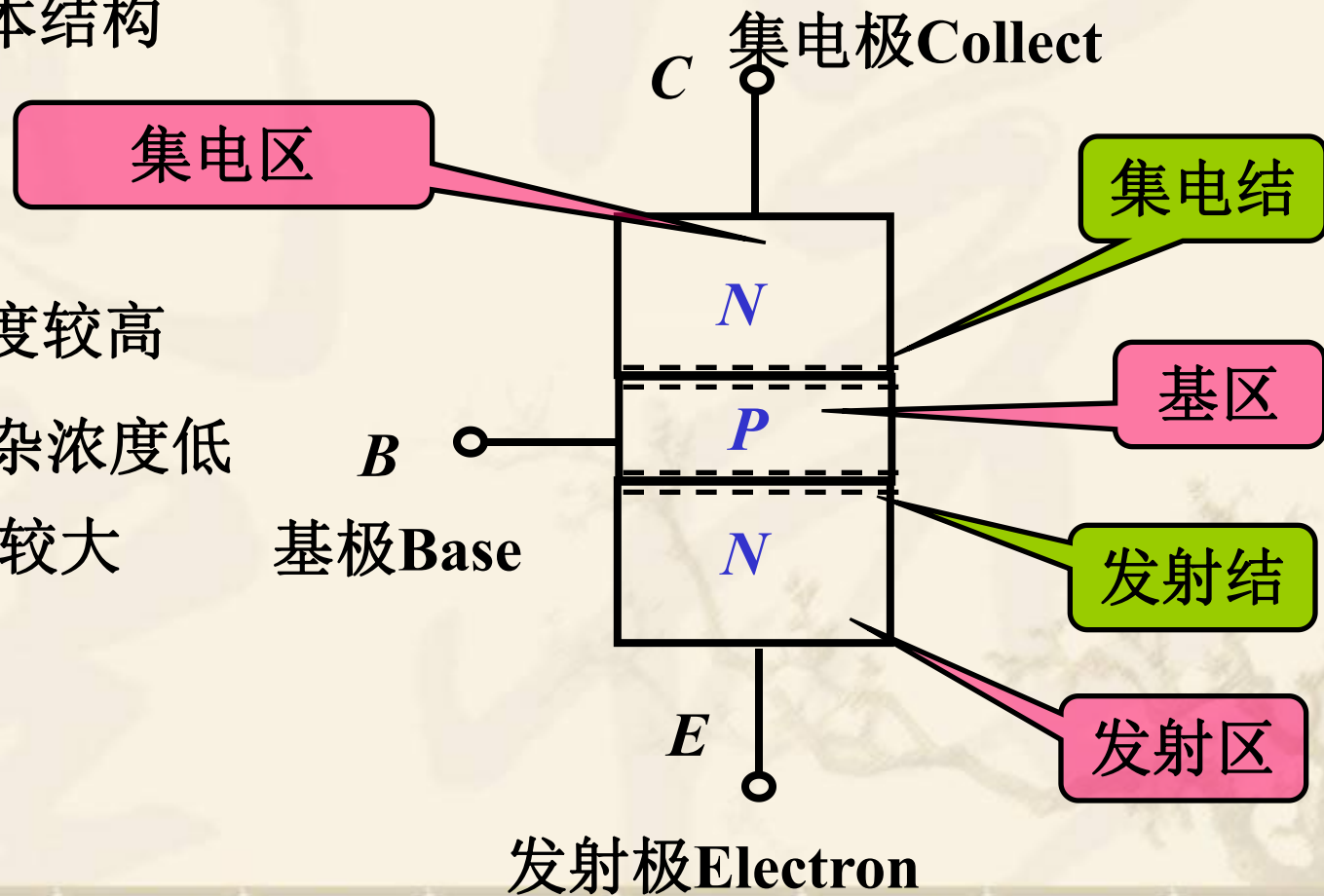
1. 晶体三极管的结构和工作原理

(1) 三极管的基本结构

发射区：掺杂浓度较高

基区：较薄，掺杂浓度低

集电区：结面积较大



1.6 晶体管与晶闸管

二、晶体三极管

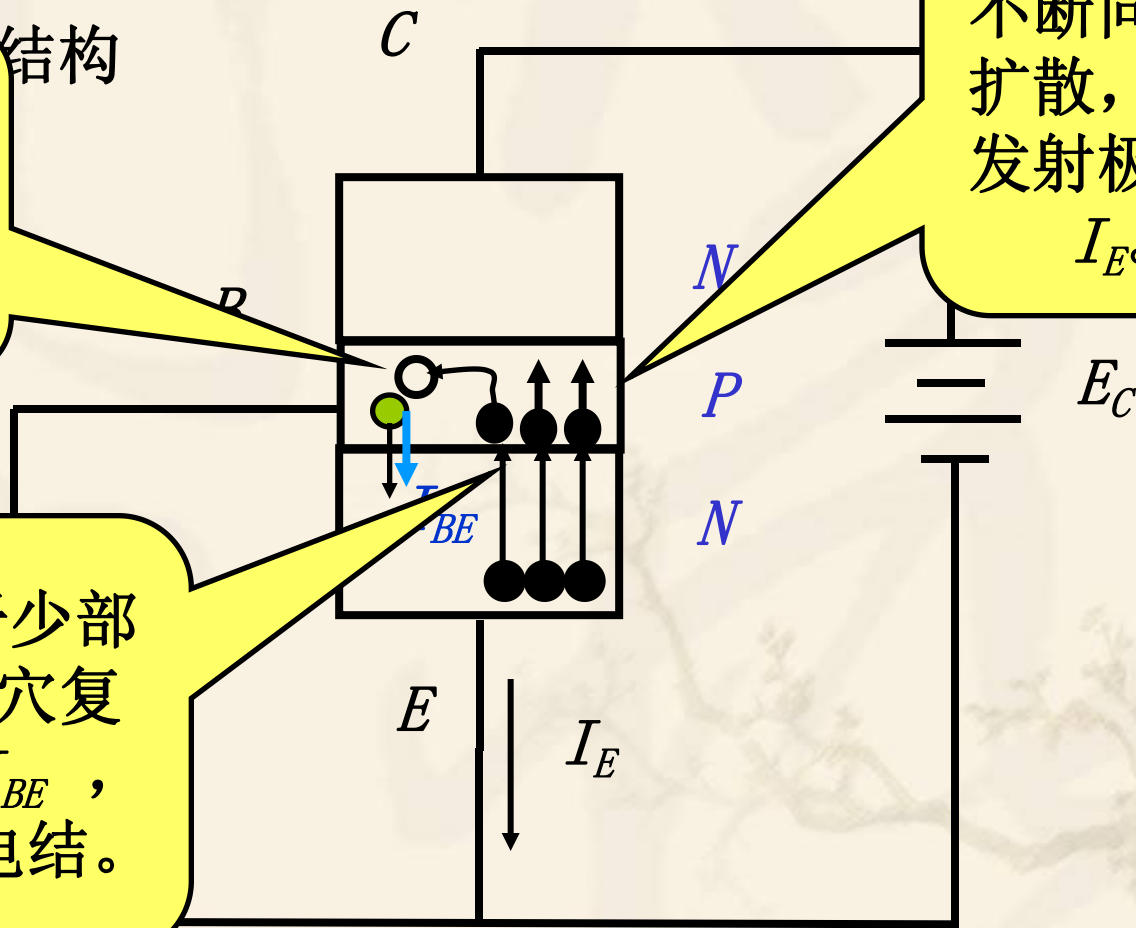
1. 晶体三极管的结构和工作原理

(2) 晶体管结构

基区空穴
向发射区
的扩散可
忽略。

发射结正偏，
发射区电子
不断向基区
扩散，形成
发射极电流
 I_E 。

进入P区的电子少部
分与基区的空穴复
合，形成电流 I_{BE} ，
多数扩散到集电结。

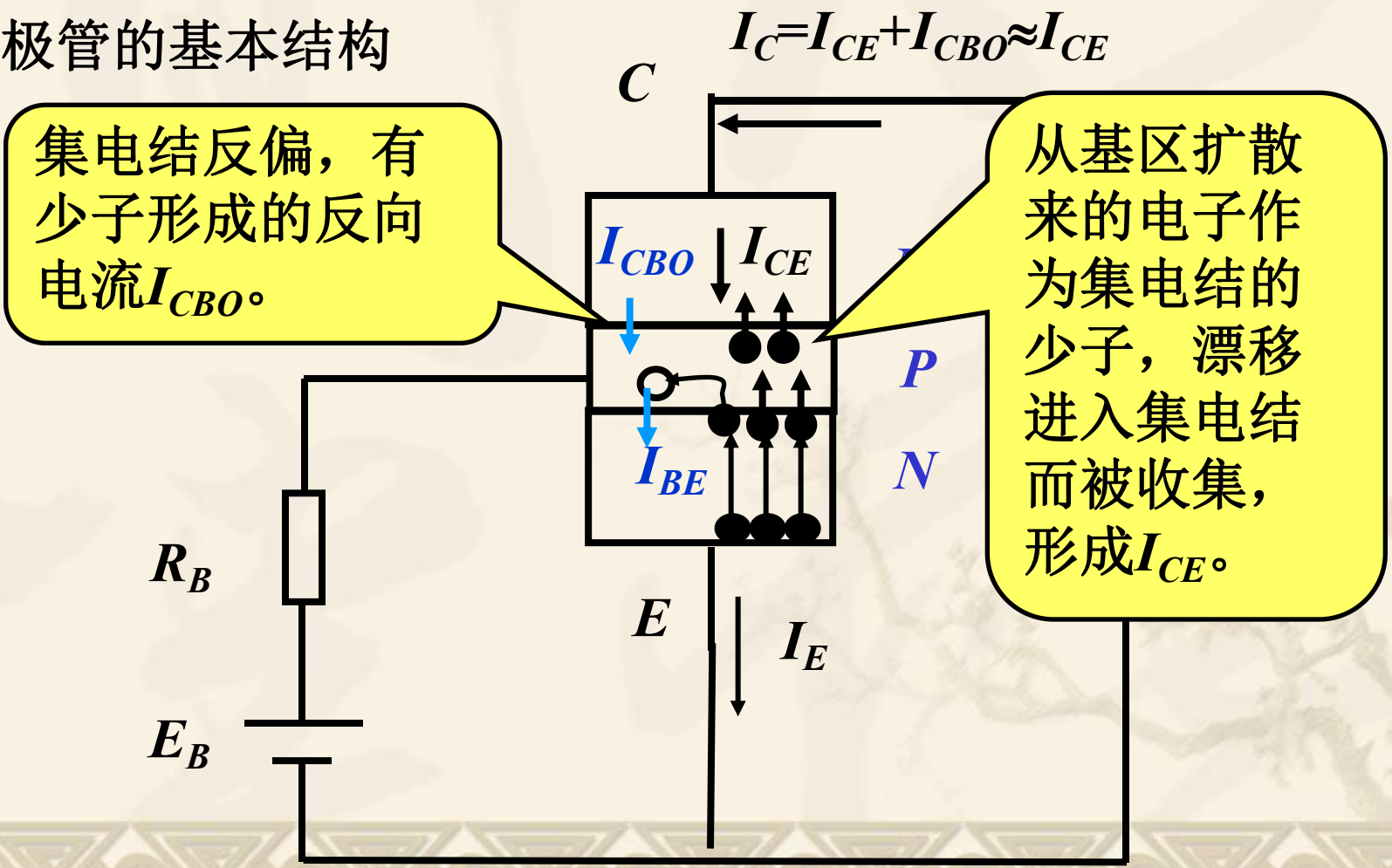


1.6 晶体管与晶闸管

二、晶体三极管

1. 晶体三极管的结构和工作原理

(2) 三极管的基本结构

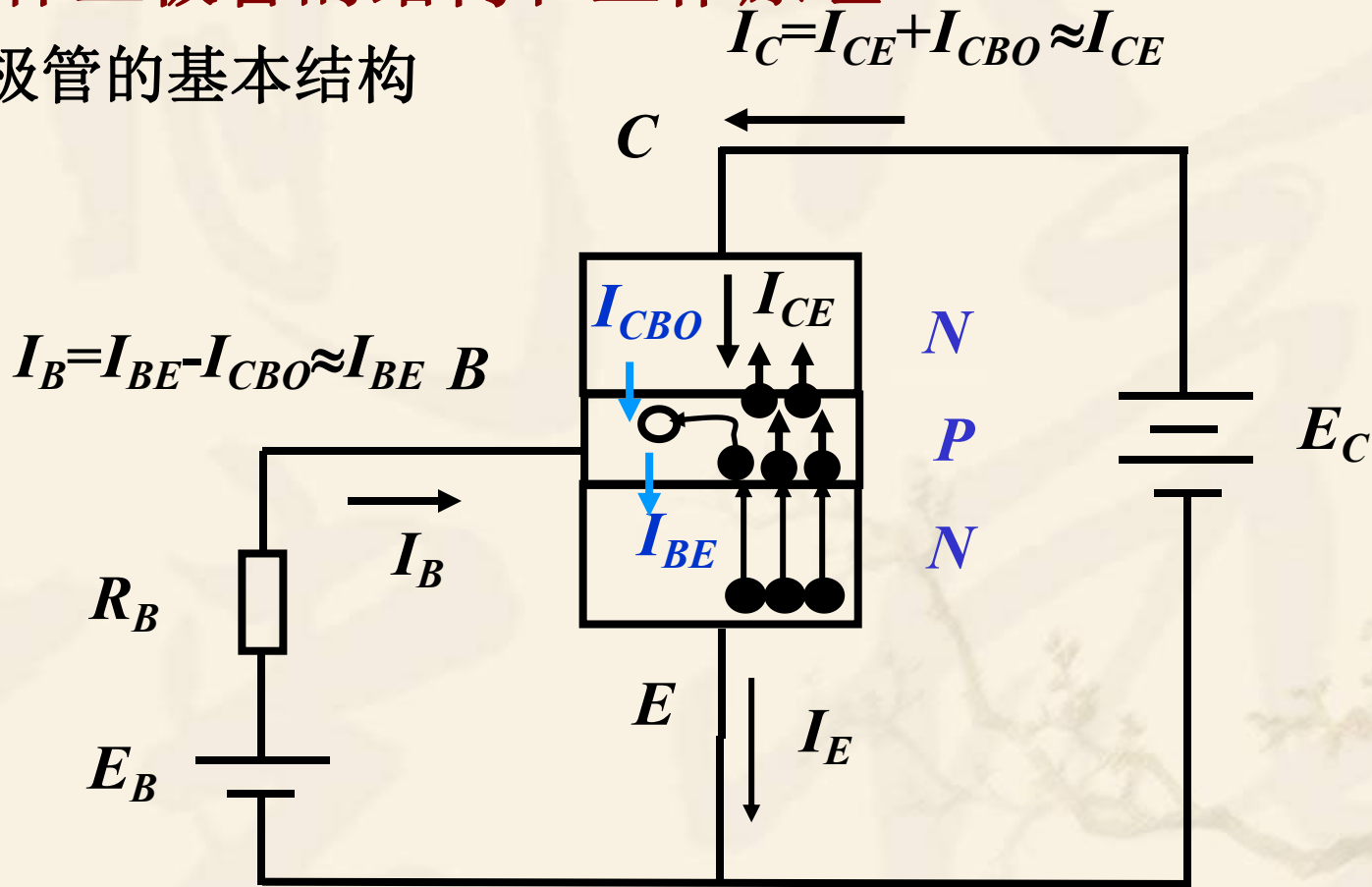


1.6 晶体管与晶闸管

二、晶体三极管

1. 晶体三极管的结构和工作原理

(2) 三极管的基本结构



1.6 晶体管与晶闸管

二、晶体三极管

2. 晶体三极管的主要参数

(1) 共发射极电流放大倍数 β 通常在20~200之间

β 值太小，电流放大作用差；但太大，将使晶体管性能不稳定。

(2) 集电极反向饱和电流 I_{cbo}

发射极开路， U_{cb} 为规定值时，集电结反向电流。

在室温下，小功率锗管约为10微安，小功率硅管小于1微安。

I_{cbo} 越小，工作稳定性越好。

(3) 穿透电流 I_{ceo}

基极开路、 U_{ce} 为规定值时，集电极与发射极之间反向电流。

I_{ceo} 越小，工作稳定性越好。

1.6 晶体管与晶闸管

二、晶体三极管

2. 晶体三极管的主要参数

(4)集电极最大允许电流 I_{CM}

三极管正常工作时，所允许的最大集电极电流。

(5)集电极最大允许耗散功率 P_{CM}

三极管正常工作时，所允许的最大集电极耗散功率。

环境温度越高 P_{CM} 越小，手册中给的是25度时的值。

(6)反向击穿电压 BV_{ceo}

基极开路时，加在集电极与发射极之间的最大允许电压。

使用时，保证 $U_{ce} < BV_{ceo}$ ，否则三极管损坏。

1.6 晶体管与晶闸管

二、晶体三极管

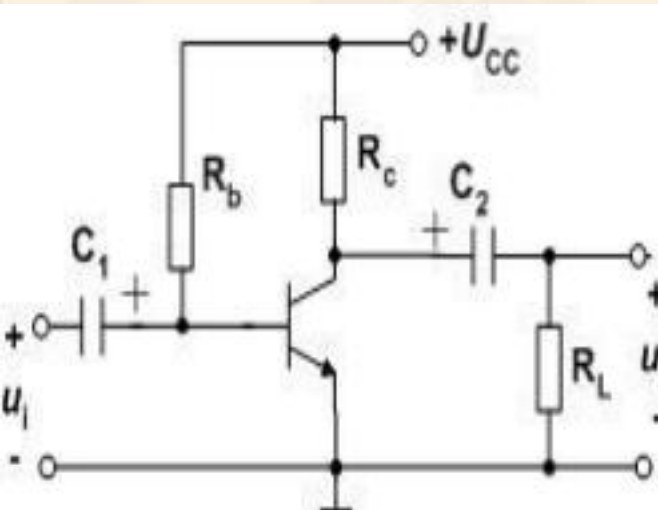
3. 晶体三极管的型号

第一部分 (数字)		第二部分 (拼音)		第三部分 (拼音)		第四部分	
电极数目		材料和极性		晶体管类型		晶体管序号	
3	三极管	A	PNP 型锗	X	低频小功率管	1、2	表示某些性能与参数上的差别
		B	NPN 型锗	G	高频小功率管	3、4	
				D	低频大功率管	
		C	PNP 型硅	A	高频大功率管		
		D	NPN 型硅	T	可控整流器	
				K	开关管		
				CS	场效应管		
				FH	复合管		
			β	雪崩管			

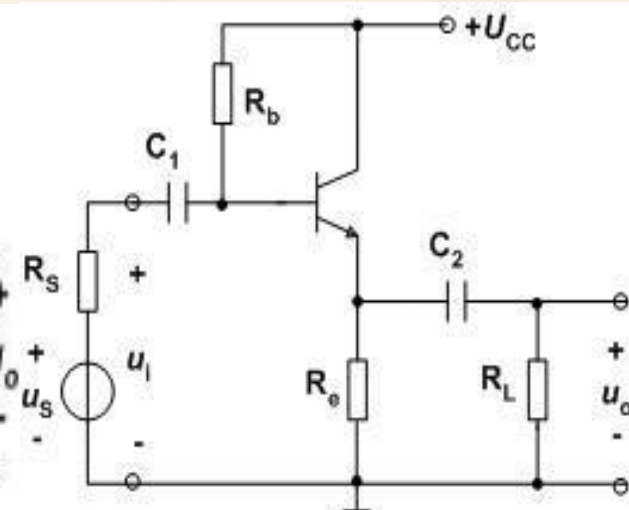
1.6 晶体管与晶闸管

二、晶体三极管

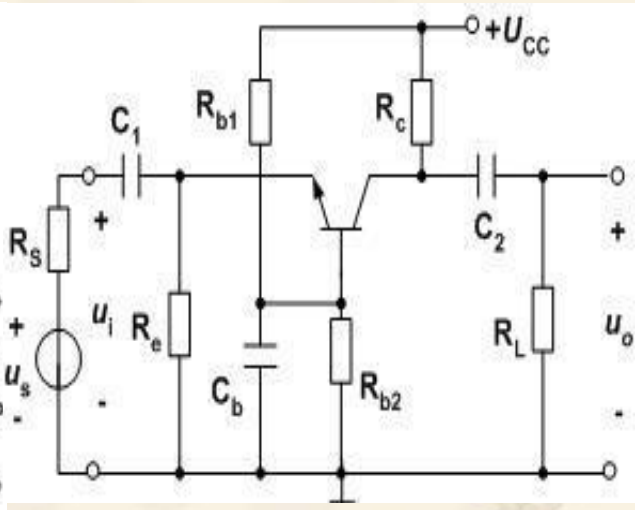
4. 三极管的三种基本接法



共射极放大电路



共集电极放大电路



共基极放大电路

三种组态放大电路性能参数的比较表

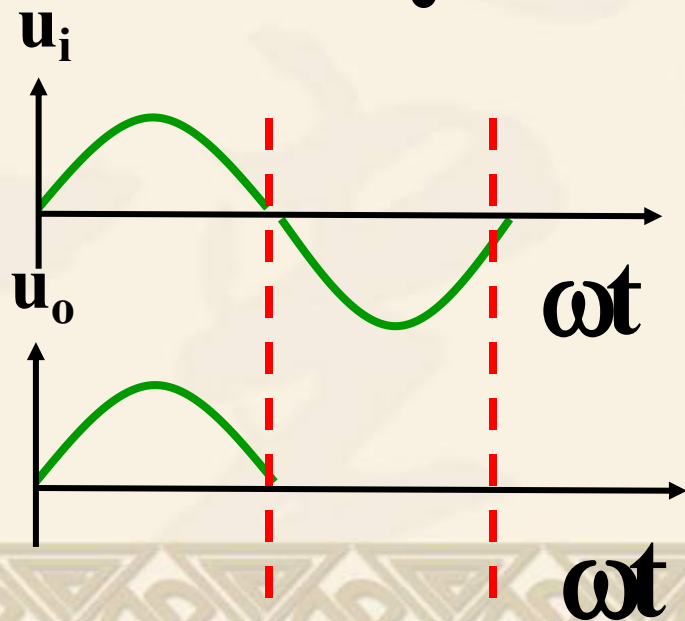
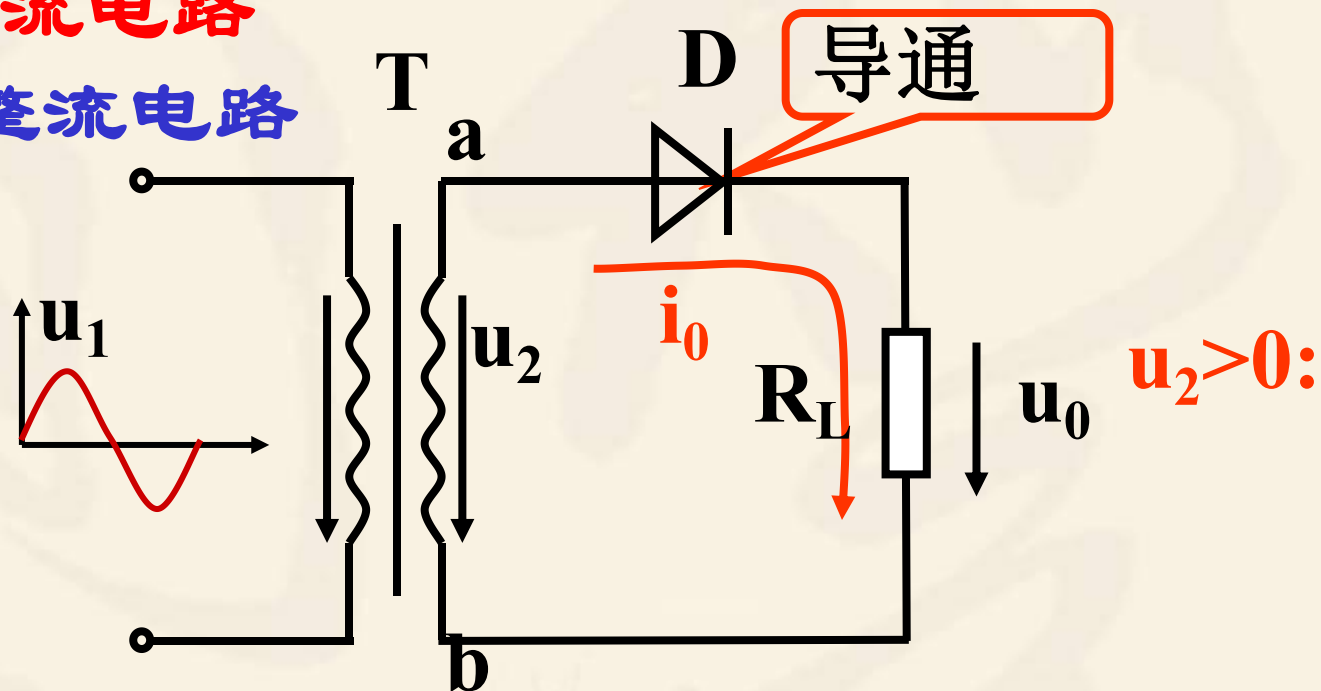
	共射极放大电路	共集电极放大电路	共基极放大电路
放大电路			
A_u	$A_u = -\frac{\beta R'_L}{r_{be}}$ <p>有电压放大作用， u_o与u_i反相位。</p>	$A_u = \frac{(1+\beta)R_e // R_L}{r_{be} + (1+\beta)R_e // R_L}$ <p>无电压放大作用， u_o与u_i同相位。</p>	$A_u = \frac{\beta R_c // R_L}{r_{be}}$ <p>有电压放大作用， u_o与u_i同相位。</p>
R_i	$R_o \approx R_c$ <p>输出电阻中。</p>	$R_o = R_e // \frac{r_{be} + R_s // R_b}{1+\beta}$ <p>输出电阻小。</p>	$R_o \approx R_c$ <p>输出电阻大。</p>

三种组态放大电路性能参数的比较表(续)

	共射极放大电路	共集电极放大电路	共基极放大电路
R_o	$R_i = R_b // r_{be}$ 输出电阻中。	$R_o = R_e // \frac{r_{be} + R_s // R_b}{1 + \beta}$ 输出电阻小。	$R_o \approx R_c$ 输出电阻大。
应用	多级放大电路的中间级，实现电压、电流的放大。	多级放大的输入级、输出级或缓冲级。	高频放大电路和恒流源电路。

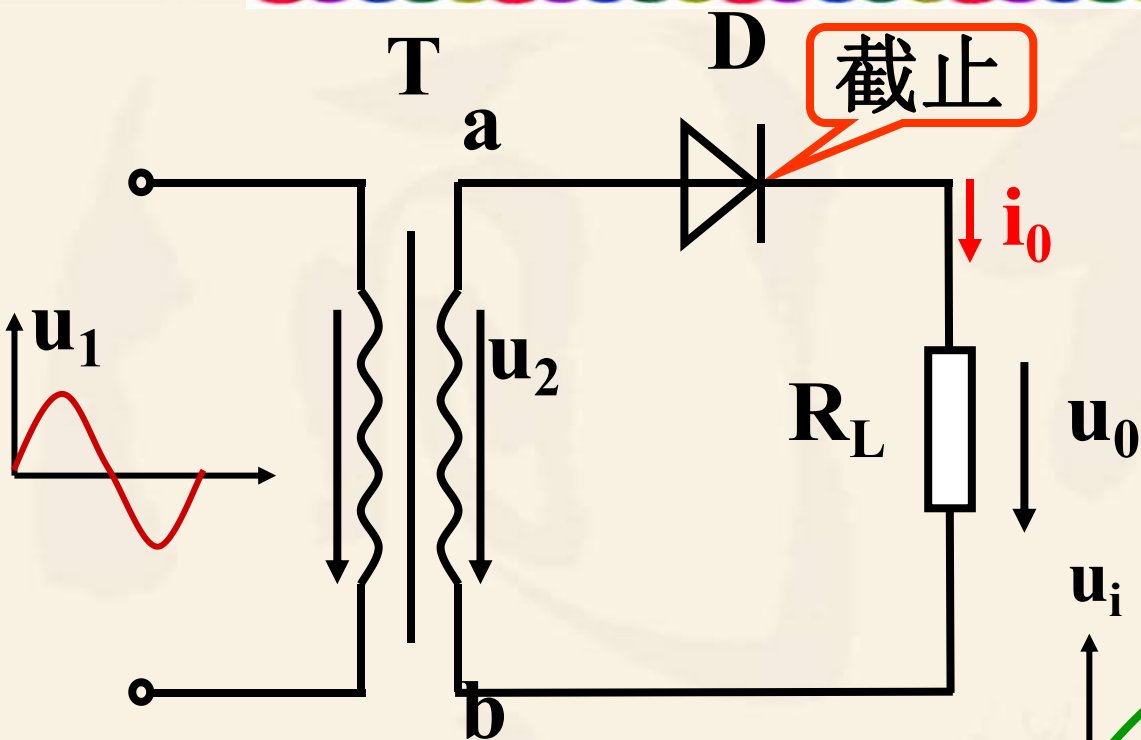
三、晶体整流电路

1. 单相半波整流电路



忽略二极管正向压降:

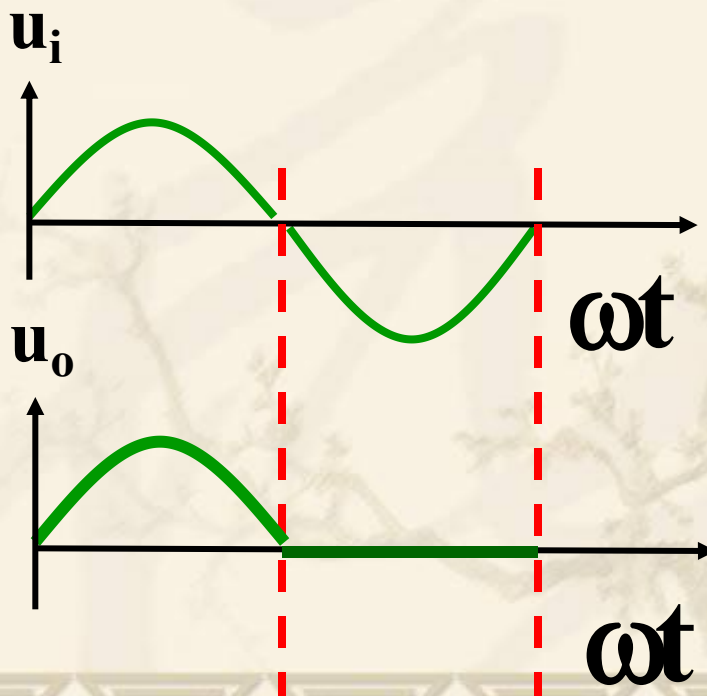
$$u_0 = u_2$$
$$i_0 = u_0 / R_L$$



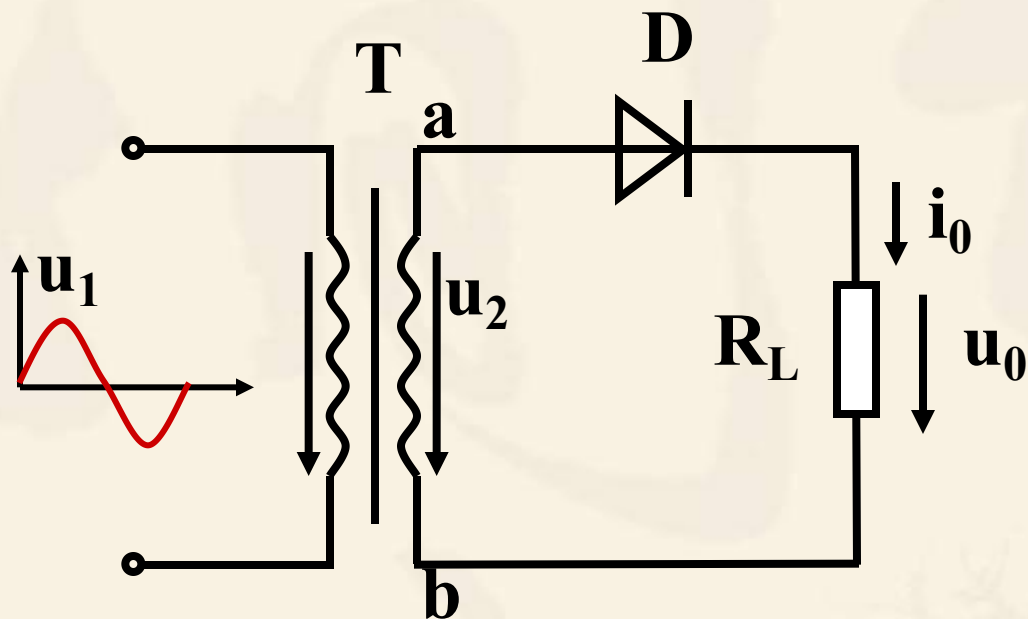
$u_2 < 0$ 时，二极管截止，输出电流为0。

$u_0 = 0$

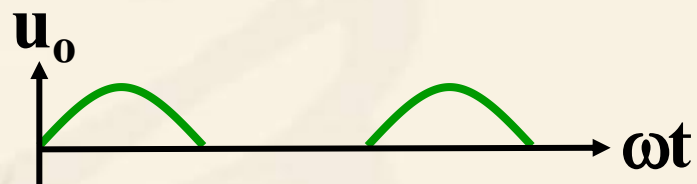
$i_0 = 0$



输出电压波形与大小



输出电压波形:

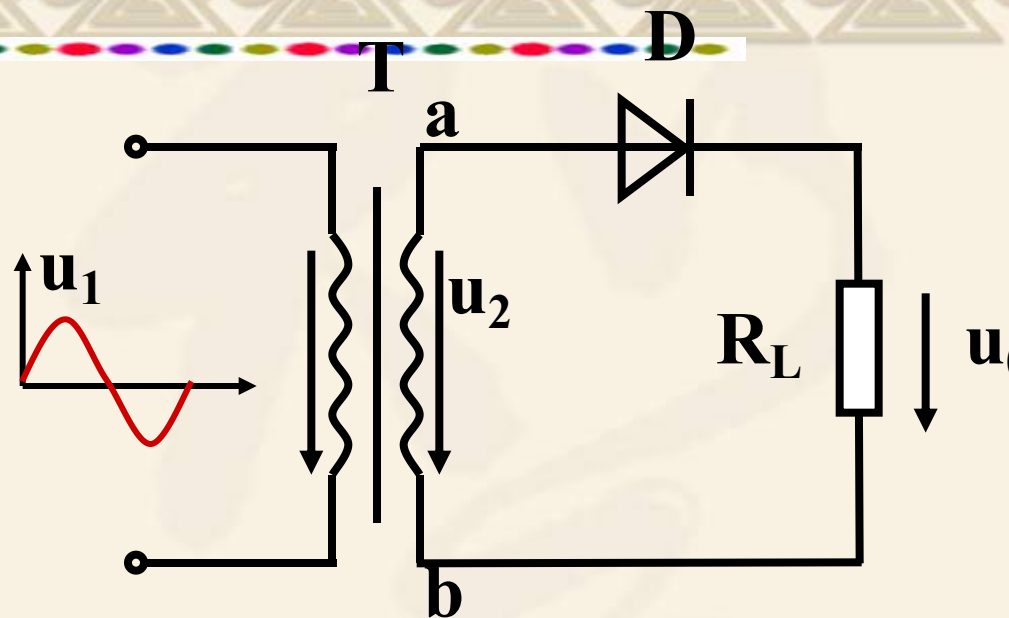


输出电压平均值 (U_0):

$$U_0 = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_0 d(\omega t) = \frac{\sqrt{2}U_2}{\pi} = 0.45U_2$$

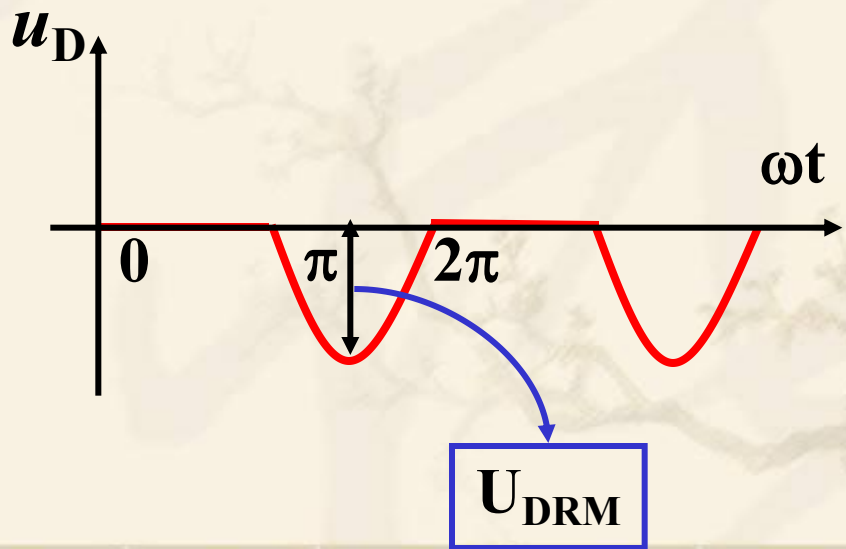
二极管上的平均电流:

$$I_D = I_0$$



二极管上承受的最高电压:

$$U_{DRM} = \sqrt{2}U_2$$

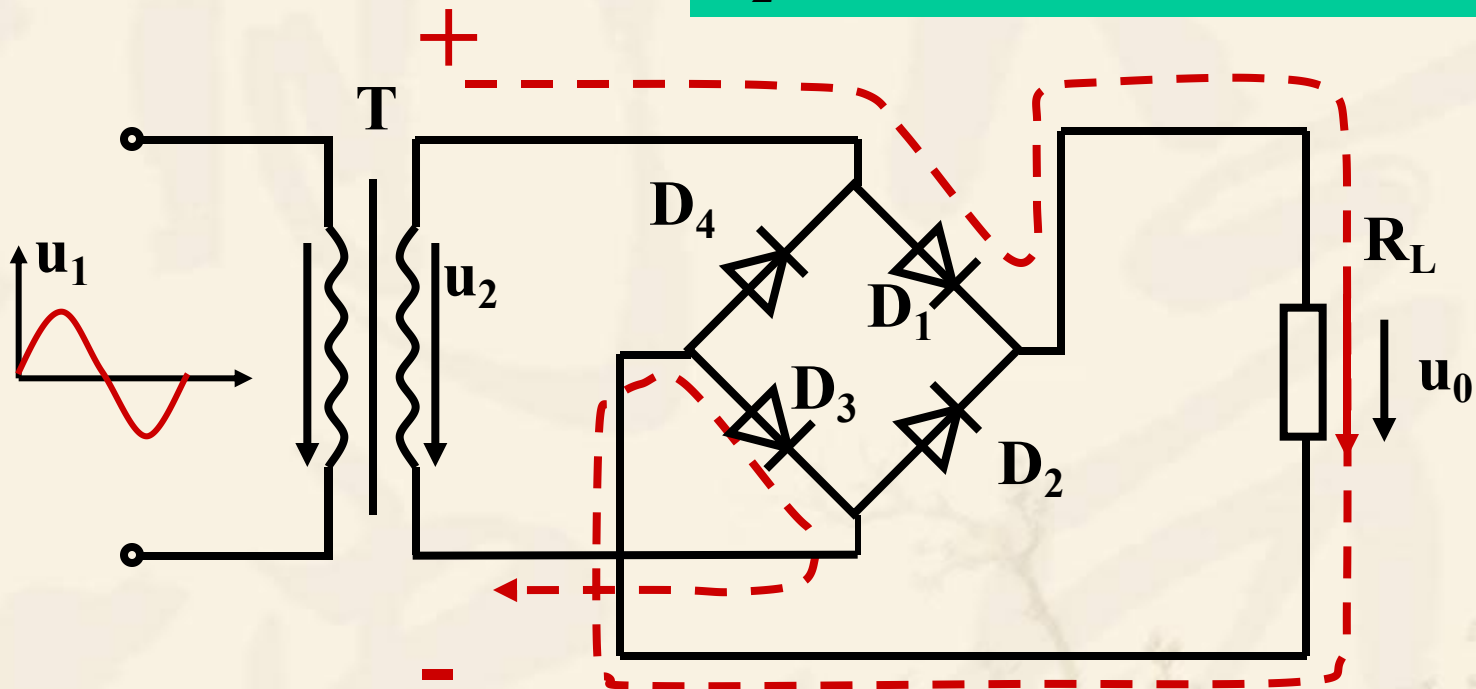


1.6 晶体管与晶闸管

三、晶体整流电路

2. 单相桥式整流电路

u_2 正半周时电流通路



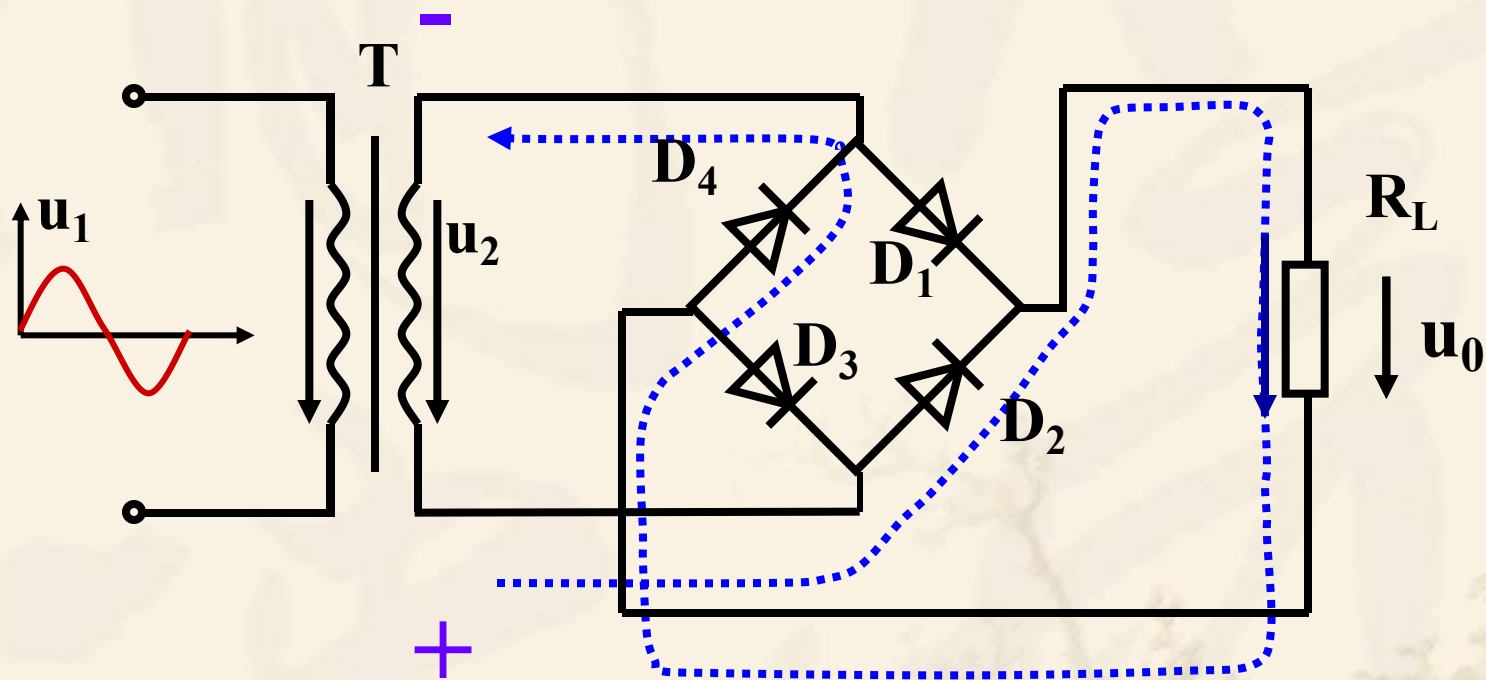
桥式整流电路

1.6 晶体管与晶闸管

三、晶体整流电路

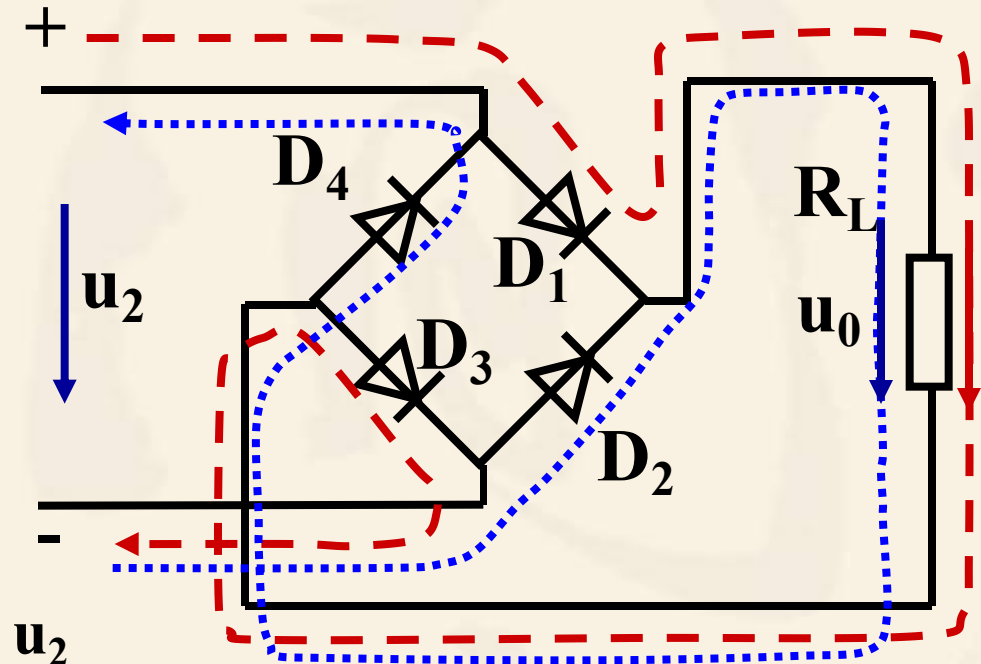
2. 单相桥式整流电路

u_2 负半周时电流通路

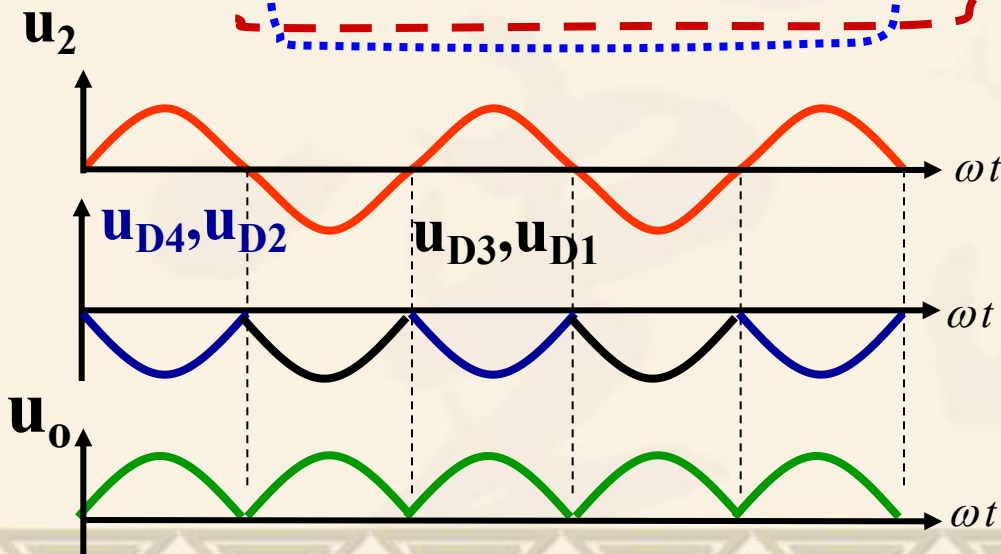


桥式整流电路

桥式整流电路输出波形及二极管上电压波形



$u_2 > 0$ 时	$u_2 < 0$ 时
D_1, D_3 导通 D_2, D_4 截止 电流通路: 由+经 D_1 → R_L → D_3 →-	D_2, D_4 导通 D_1, D_3 截止 电流通路: 由-经 D_2 → R_L → D_4 →+
输出是脉动的直流电压!	



负载电压 U_o 的平均值:



$$U_o = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} u_o d(\omega t) = \frac{2\sqrt{2}U_2}{\pi} = 0.9U_2$$

负载上的(平均)电流: $I_o = \frac{0.9U_2}{R_L}$

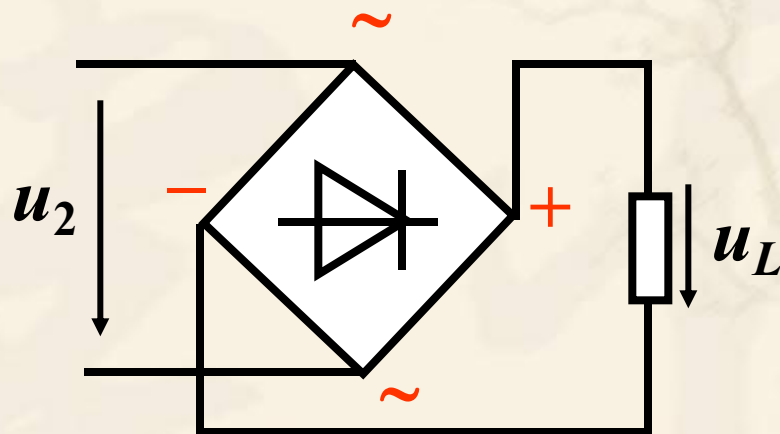
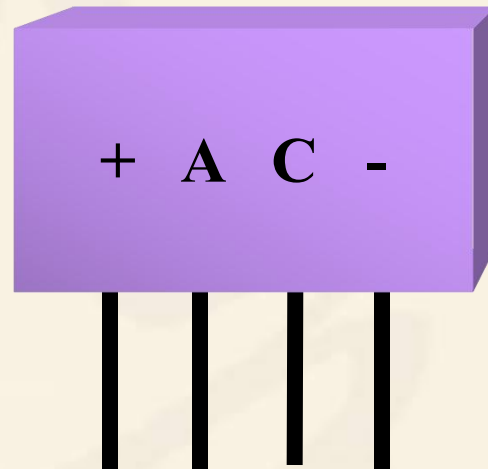
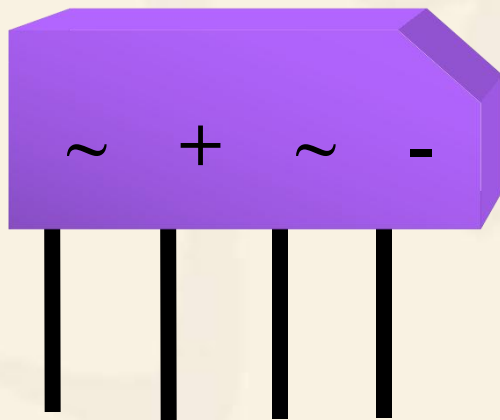
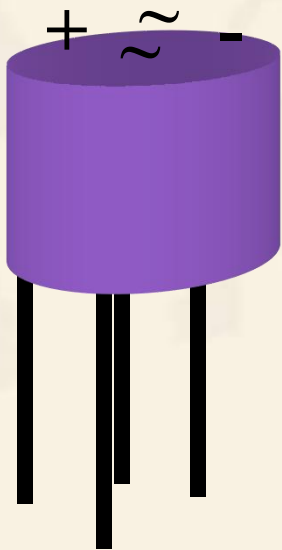
每个二极管只有半周导通。流过每只整流二极管的平均电流 I_D 是负载平均电流的一半。

$$I_D = \frac{1}{2} I_o = 0.45 \frac{U_2}{R_L}$$

二极管截止时两端承受的最大反向电压:

$$U_{DRM} = \sqrt{2}U_2$$

几种常见的硅整流桥



1.6 晶体管与晶闸管

四、晶闸管基础知识及其应用

它是一种大功率半导体器件，出现于70年代。它的出现使半导体器件由弱电领域扩展到强电领域。

特点

体积小、重量轻、无噪声、寿命长、容量大（正向平均电流达千安、正向耐压达数千伏）。

1.6 晶体管与晶闸管

四、晶闸管基础知识及其应用

应用领域:

- 整流 (交流 → 直流)
- 逆变 (直流 → 交流)
- 变频 (交流 → 交流)
- 斩波 (直流 → 直流)

此外还可作无触点开关等

四、晶闸管基础知识及其应用

● 常用晶闸管的结构



螺栓型晶闸管



晶闸管模块



平板型晶闸管外形及结构

1.6 晶体管与晶闸管

四、晶闸管基础知识及其应用

1. 晶闸管的结构与工作原理

(1) 基本结构

四层半导体

(2) 工作原理

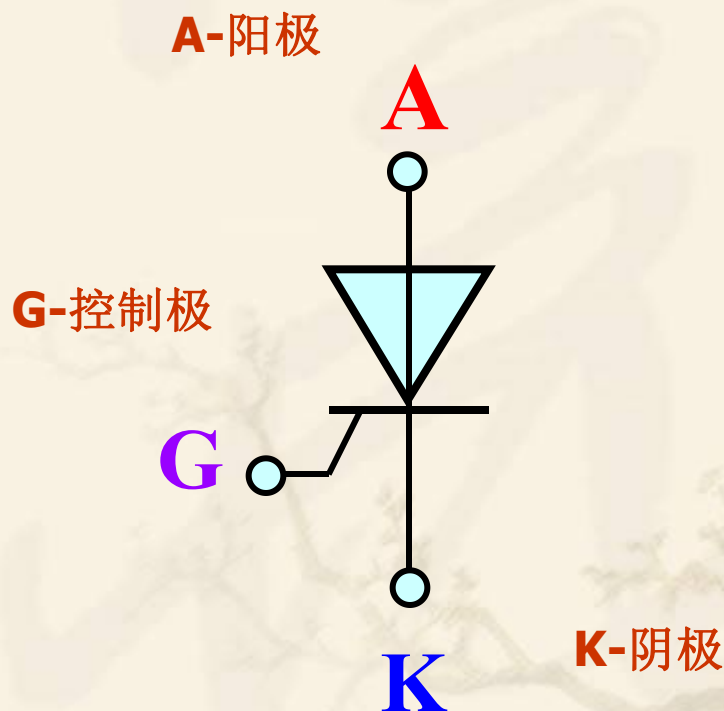
(a) 晶闸管导通条件

$$u_A > 0, u_G > 0$$

(b) 晶闸管导通后控制极将失去作用

(c) 晶闸管截止条件

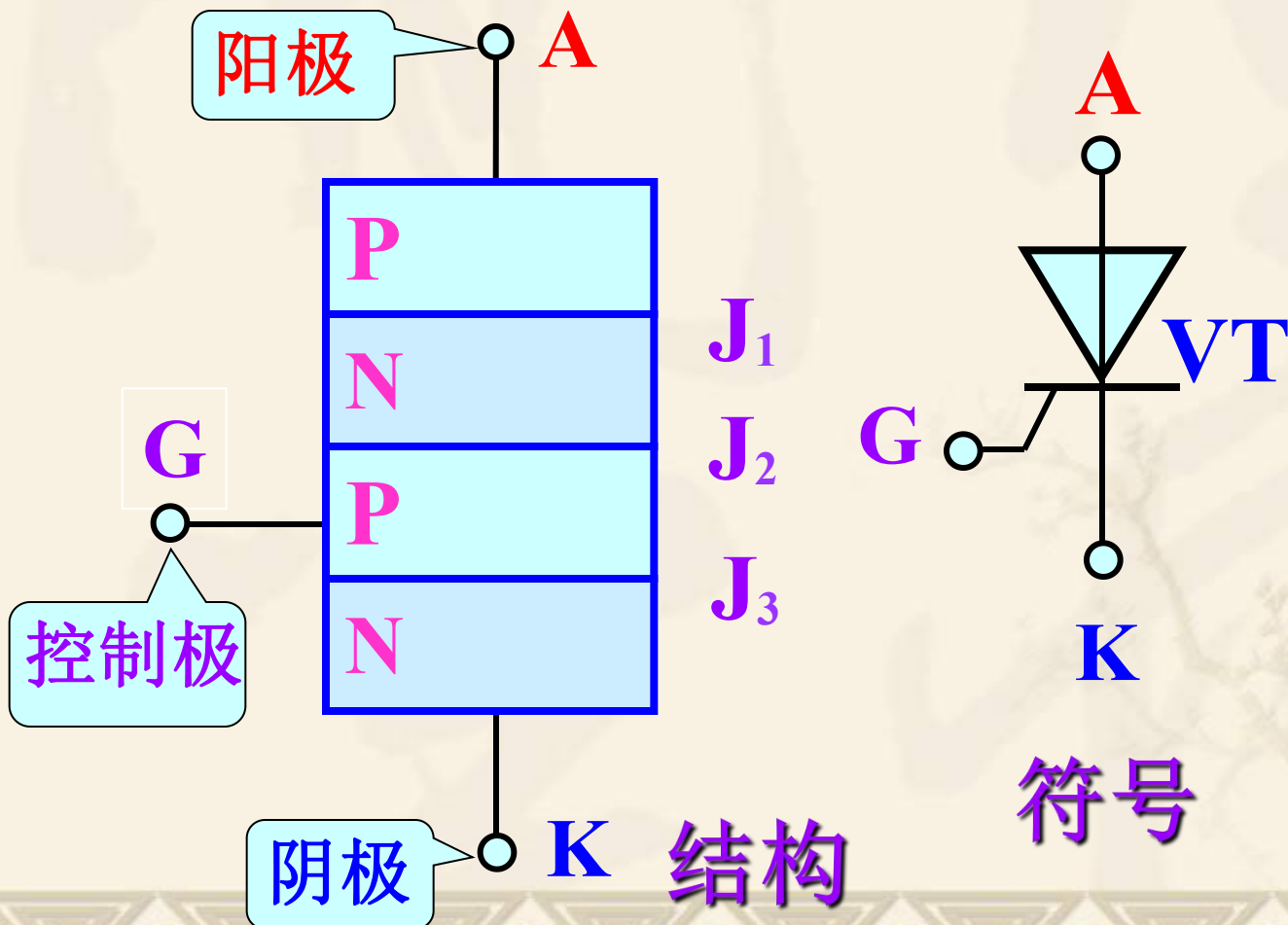
$$u_A \leq 0 \quad \text{或} \quad i_A \leq I_H$$



1.6 晶体管与晶闸管

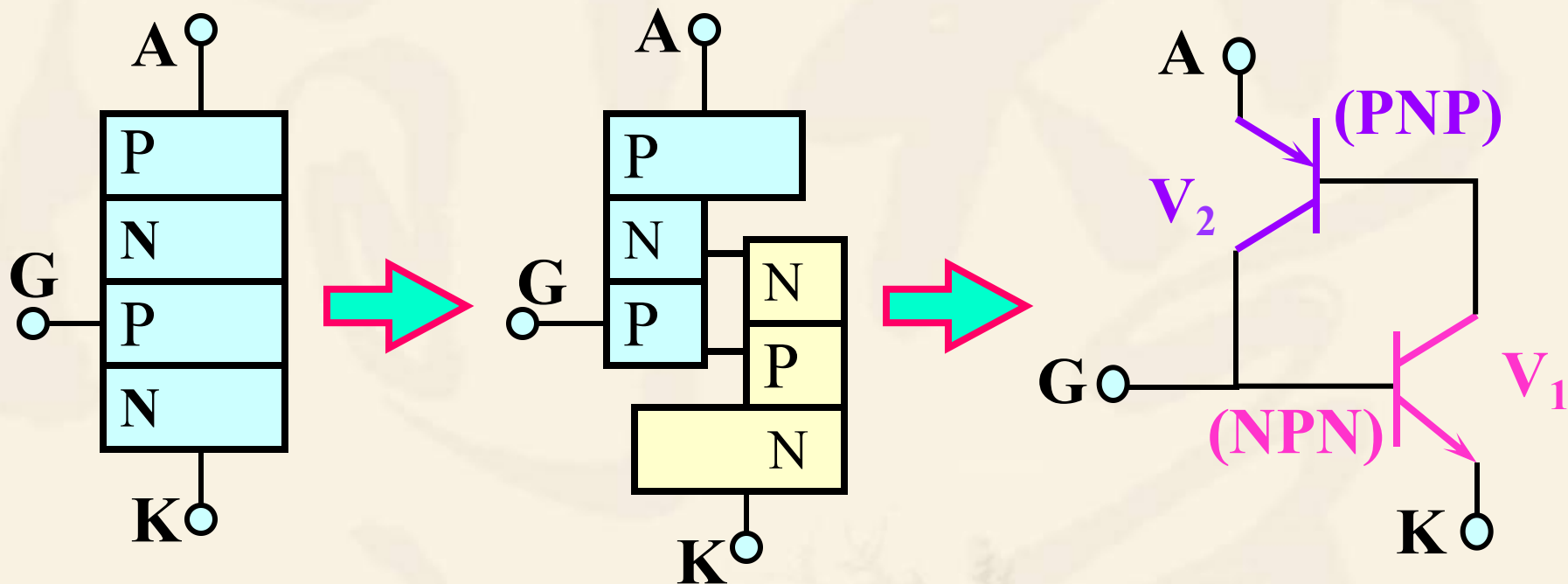
四、晶闸管基础知识及其应用

1. 晶闸管的结构与工作原理



晶闸管是一种大功率的半导体器件。其内部结构为：四层半导体，三个PN结。文字符号为VT

1. 晶闸管的结构与工作原理



为了说明晶闸管的导通原理, 将晶闸管等效为由 V_1 (NPN型) 和 V_2 (PNP型) 两个三极管联接而成, 每个三极管的基极与另一个三极管的集电极相联。从中可以看出无论A, K之间如何加电压, 晶闸管都不通。

1.6 晶体管与晶闸管

四、晶闸管基础知识及其应用

2. 晶闸管的主要参数

(1) 额定正向平均电流

在规定的环境温度标准散热条件和元件全导通的情况下，可连续通过的工频半波电流的平均值。

(2) 最小维持电流

维持晶闸管导通所需要的最小阳极电流。

(3) 正向阻断峰值电压

断开控制极后，能保证晶闸管不导通而允许重复加在阳极与阴极间的正向峰值电压。

(4) 反向峰值电压

断开控制极后，可重复加在阳极与阴极间的反向峰值电压

(5) 控制极触发电压和电流

在规定的环境温度和一定的正向电压条件下，使晶闸管从从管断到导通，控制极所需要的触发电压和电流。

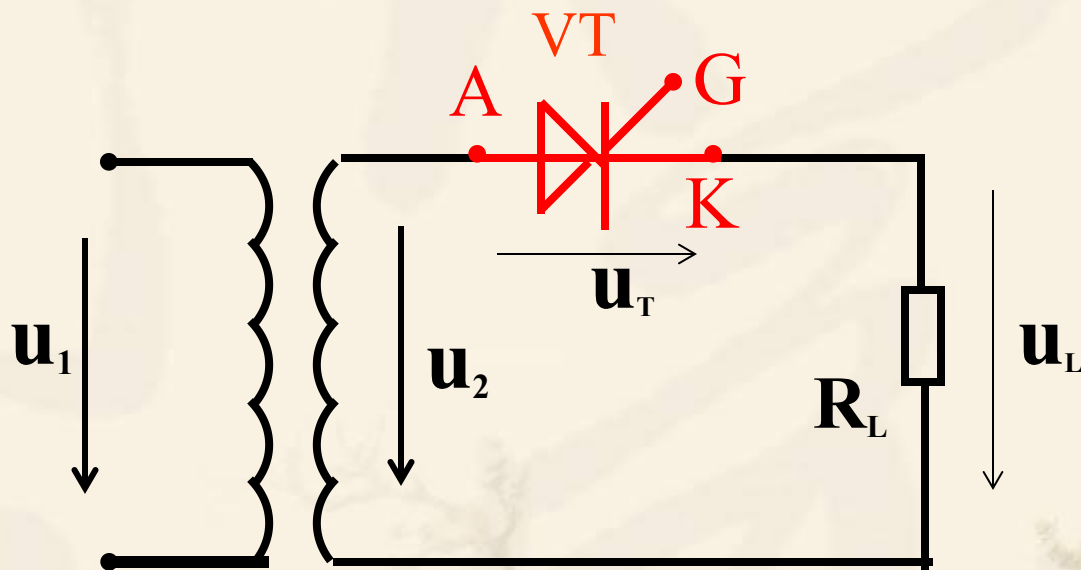
1.6 晶体管与晶闸管

四、晶闸管基础知识及其应用

3. 晶闸管整流电路

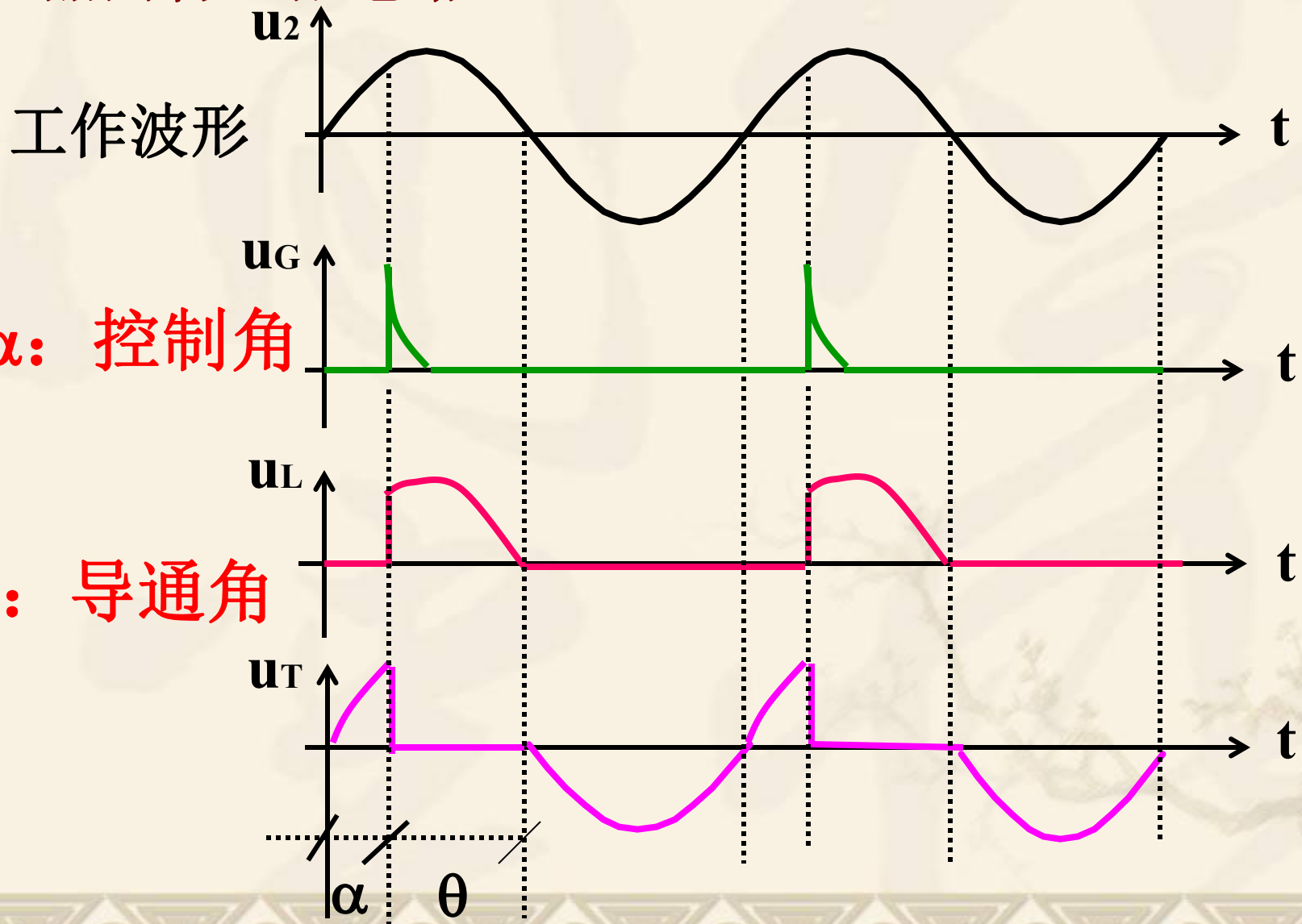
设 u_1 为
正弦波

$$U_L = 0.45U_2 \left(\frac{1 + \cos \alpha}{2} \right)$$



$u_2 > 0$ 时，加上触发电压 u_G ，晶闸管导通。且 u_L 的大小随 u_G 加入的早晚而变化； $u_2 < 0$ 时，晶闸管不通， $u_L = 0$ 。故称可控整流。

3. 晶闸管整流电路 1.6 晶体管与晶闸管



课堂小结

- 1.掌握电路中常用的物理量；
- 2.掌握电路的组成及各部分的作用；
- 3.理解掌握基尔霍夫两条定律；
- 4.会解电阻串、并联电路；
- 5.理解电磁感应，掌握相关定律；
- 6.理解电阻、电感、电容元件在交流电路中的特点，会解简单的单相交流电路及三相交流电路；理解提高功率因数的意义及方法。
- 7.理解二极管、三极管及场效应管的特性及参数；



作业：P66 习题一

谢谢大家！