

77.15/29

高頻热处理設備 基本知識

皮克-摩哈米托夫著

王志云 洪瑾芬譯

崔光傑校

中国工业出版社

63.1.10于塘沽

目 录

緒論	3
电路	6
交流电	13
电感的概念	16
电容的概念	19
交流电路	26
振荡迴路	28
电流諧振	29
变压器	31
感应加热的物理基础	34
电子管	36
两极整流器	39
三极电子管	42
充气管	46
閘流管	49
整流管和振荡管的一般运用条件	52
电子管振荡器綫路	55
电子管振荡器的控制	61
寄生振荡的消除及对无线电干扰的防护	66

电子管振荡器的高频设备.....	67
灯丝和阳极电压稳压器.....	75
Г3-46型电子管振荡器的现代化.....	85
电子管振荡器的使用规则及安全技术.....	89
举例.....	92
附录.....	99

緒 論

金屬零件的感應加熱是熱處理中最先進的加熱方法。蘇聯的學者和工程師們沃洛格金 (В. П. Вологдин)、洛金斯基 (М. Г. Лозинский)、巴巴特 (Г. И. Бабат) 等曾對感應加熱作了深入地研究並將它應用到實際生產中去。

在工業中，對於零件的表面淬火及回火、金屬熔煉、沖壓、鍛造、焊接、輾壓和其它工藝中都廣泛地應用着各種頻率電流的感應加熱。

應用高頻加熱，尤其是对表面淬火，使零件的加工大大簡化，並且使製造成本降低。同時可在金屬表面上獲得高的硬度，而在零件的內部仍能保留韌性。因此，這種方法能增加零件的工作壽命和提高機器的使用性能。

高頻淬火以後，沒有氧化皮和變形很小，使工件可以在精密機械加工以後進行淬火。在多數情況下，感應加熱和淬火是提高零件表面局部硬度的唯一方法。在加熱和冷卻的過程中可以採用自動的方法進行控制，在某些情況下能使零件在淬火後自行回火，從而可使熱處理的週期縮短到為原來的幾十分之一。

在工業上，如有色金屬和黑色金屬的熔煉、機器零件表面的強化、鍛件的加熱、刀具的焊接、回火、正火、鋼管的焊接、滲碳、鑄鐵的焊接等主要生產中以及在工具和修理工作中的輔助生產中，都廣泛地應用着這種先進方法。

要了解任何装置的工作原理，都必须知道它的原理线路图。在原理线路图中，用符号表明了装置的所有元件及元件之间的电气连接，而不考虑元件在设备中的位置。在多数情况下，在线路图中指出各个元件的基本电量及它们的连接次序。电阻、电容、电子管、变压器、抗流圈都是电子管振荡器线路中的元件，并在电路上互相连接。电路元件的符号列在附录中。

熟悉了在电子管振荡器线路中常见的各种元件的符号、用途和作用原理，就可以学会对原理线路图的分析。分析原理线路图可以熟悉装置的工作

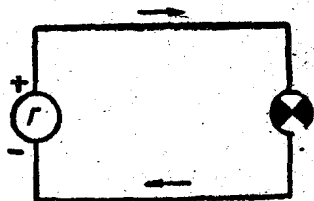


图1 电路。

原理，并使工作人员在多种情况下便于寻找及消除各种装置的元件在运转中可能发生的工作毛病。

安装线路图与简略表示的原理线路图不同，它指出各个环节的所在位置，并用来表示设备结构的特征。

最简单的电路是由电源（例如发电机）、连接导线和接受器（例如电灯）形成的闭合回路（图1）。在回路内发生着电荷的不断运动（即电流）。电流的方向习惯上假定为正电荷运动的方向。

发电机的两端被标明（+）号和（-）号，这样，电流在外电路由正端流向负端。

感应加热用的电子管振荡器线路就是一直流的和交流的、工业频率的和高频率的以及由欧姆电阻、容抗、感抗和电子管所组成的电路。电子管振荡器线路的元件都具有一定的电性能。

要正确地理解电路元件的相互作用，就必须首先知道后面所述的电流的基本物理性质。

没有感应加热的初步概念，或不知道电工学和无綫电工学的物理基础，以及设备基本元件的作用原理和特性，要领会线路元件及振荡器的工作情况是不可想像的。为了要熟悉电子管振荡器线路的工作必须具有感应加热、电流的物理性质、基本元件的特性和电子管振荡器作用原理等的概念。

电 路

电流强度 电流就是电荷（电子）的有向运动。要使电荷运动，必须要有电能和闭合的电路。电路内电流的大小可由串接在这个电路中的安培计来测量。在图 2 *a* 上是接有安培计的电路。电流的大小决定于在单位时间内通过导体截面积的电量，其单位为安培（*a*），电流用字母 *I* 表示。在单位时间内通过导体截面的电子数为 6.28×10^{18} ，即 1 库仑电量时的电流为 1 安培。

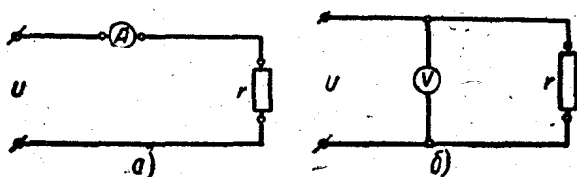


图 2

a—接有安培计的电路；*b*—接有伏特计的电路。

导体的电阻 所有电流导体都是电流通过的电阻。假使在电路内接入一定的电阻，则它在电路内就要引起功率损失，并以热能的形态发散出来。电阻的单位为欧姆（*ом*），相当于在直径为 1 毫米、长度约为 6 米的铁丝上所有的电阻。有时在电路中遇有较大的电阻。这样的电阻以兆欧计量，并用 *мгом* 表示。导体对直流电呈现的电阻称为欧姆电阻，用字母 *r* 表示。电阻的倒数称为电导，用字母 *g* 表示：

$$g = \frac{1}{r}。$$

导体的电阻与导体的长度、截面积以及制造它的材料有关。这个关系用公式表示即为：

$$r = \rho \frac{l}{S},$$

式中 r ——电阻 (欧姆)；

ρ ——电阻率 ● $\left(\frac{\text{欧姆} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}}\right)$ ；

l ——导体长度 (米)；

S ——导体截面积 (毫米²)。

电阻率就是长度为 1 米、截面积为 1 平方毫米的导体在温度 +20°C 时的电阻。电阻率可说明导体材料的特性。例如 ρ ：

对铜.....	0.0175
对铝.....	0.028
对锡.....	0.056
对铁.....	0.132
对镍铬合金.....	1.100

由电阻的公式 $r = \rho \frac{l}{S}$ 可知：导体的电阻正比于导体的电阻率和长度，反比于导体的截面积。导体的电阻是随温度而变化的。这个关系用公式表示即为：

$$r_2 = r_1 [1 + \alpha (t_2 - t_1)],$$

式中 r_2 ——热导体的电阻；

r_1 ——导体在起始温度下的电阻；

α ——温度系数；

t_2 ——最终温度；

● 电阻率或称电阻系数。——译者

t_1 ——起始溫度。

在电子管振蕩器綫路中，广泛应用改变电阻的大小来調节加热规范。电阻的大小可以用电阻的不同連接方法来改变（見书末例 3）。

电势和电压 电子在电路中产生运动的原因是电源造成一种电的推动力，叫电势。电势的数值以字母 E 表示，单位为伏特。在 1 欧姆的电阻中通过 1 安培电流时的电压定为 1 伏特。1 伏特的 1 仟倍称为仟伏 (kV)。电路中的电压用伏特計测量。伏特計的接入方法如图 26 所示。电势与电源端电压不同的地方是在于电源內电压降的数值。

$$E = U + Ir_0,$$

式中 r_0 ——电源內电阻。

欧姆定律 电流的大小与电源的电压和导体的电阻有关。电压愈高，电阻愈小，則电流就愈大。这个关系称为欧姆定律，用公式表示即为：

$$I = \frac{U}{r},$$

式中 I ——电流（安培）；

r ——电阻（欧姆）；

U ——电压（伏特）。

根据欧姆定律：改变电压或电阻的大小，可以使电流的强度在广闊的範圍內得到变化。在电阻为 r 两端的电压差 ΔU 称为該段电路上的电压降，按照欧姆定律它等于：

$$\Delta U = Ir.$$

由公式知：电阻愈大，电压降也愈大。

电路的連接法 在电路中，电阻可以串联、并联和复联。

电阻的串联接法如图 3 所示。当电阻串联时，电路的等值电阻等于各个电阻的总和，即 $r_s = r_1 + r_2$ ；在任何情况下电流都是相同的，而电压降是相加的，即 $U = I(r_1 + r_2)$ （见书末例 1 及例 2）。

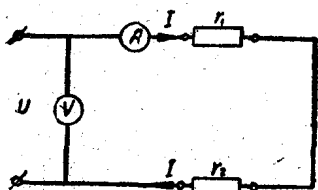


图 3 电阻的串联。

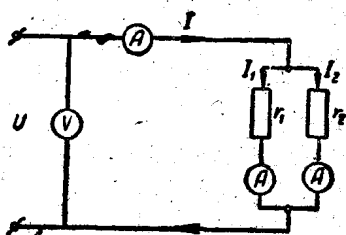


图 4 电阻的并联。

电阻的并联接法如图 4。当电阻并联时，它们以倒数相加，也就是电路的等值电导等于各个电导的总和 $\frac{1}{r_s} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots$ ，对于两个并联接入的等值电阻可用下式表示：

$$r_s = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2},$$

式中 r_1 和 r_2 ——各支路的电阻。

在特殊情况下，当各支路电阻相等 ($r_1 = r_2$) 时，等值电阻可用下式表示：

$$r_s = \frac{r_1}{n},$$

式中 n ——电阻个数。

当电阻并联时，等值电阻总比接入到这个电路中最小的电阻要小。并联时的总电流等于各支路电流的总和，即 $I = I_1 + I_2$ （克希荷夫第一定律）并按反比于这个支路的电阻来分配，即 $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2}{r_1}$ ；而所有支路上的电压是相同的。

电阻的复联接法如图 5。

复联就是电阻串联和并联的结合。当电阻复联时，须随它们在各段电路上的连接方法进行相加。图 5 所示的等值电阻可用下式求出：

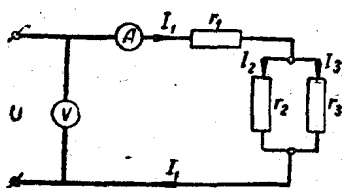


图 5 电阻的复联。

$$r_s = r_1 + \frac{r_2 r_3}{r_2 + r_3},$$

式中 r_1, r_2, r_3 ——各支路中的电阻。

为了改变电路中的电流大小，除了接入固定电阻以外，还接有可变电阻。可变电阻的大小可用改变可动触点的方法由零调至最大值。可变电阻的符号列在附录中，其可动触点用箭头表示。

功率和能量 电流的功率等于电压和电流的乘积，用公式表示即为：

$$P = UI,$$

式中 P ——功率（瓦特）；

U ——电压（伏特）；

I ——电流（安培）。

功率的单位为瓦特 (W)，它就是当电压为 1 伏时 1 安培电流的功率。瓦特的 1 仟倍称仟瓦：1000 瓦 = 1 仟瓦。

根据欧姆定律可将功率的公式改写成下式：

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

由上式可知：消耗在加热上的功率正比于电流的平方和电阻，若当电压一定时，则正比于电压的平方和反比于电阻。

电流发出的能量 A 等于功率 P 和时间 T 的乘积，即 $A =$

PT, 它的单位为瓦特小时 (em- μ) 或仟瓦小时 (kcm- μ), 而 1 仟瓦小时 = 1000 瓦特小时。

感应加热是利用电流的热效应。当导体内通过电流时发出的热量与电流的平方、导体电阻以及通电流的时间成正比, 并可由楞次-焦耳定律来表示:

$$Q = 0.24 I^2 r T,$$

式中 Q —— 热量 (小卡);

I —— 电流 (安培);

r —— 电阻 (欧姆);

T —— 时间 (秒): 1 瓦特秒 = 0.24 小卡; 1 仟瓦小时 = 860 大卡 (1 大卡即是 1000 小卡)。

任何机器的质量和经济性能可由效率来表示, 效率也就是获得的功率与消耗功率的比值:

$$\eta = \frac{P_n}{P_c},$$

式中 P_n —— 输到载荷上的功率;

P_c —— 由电源输入的功率。

在电子管振荡器中, 振荡器输给载荷的有用功率与从电源输入的功率之比称为全效率, 其值不超过 50~60% (见书末例 4 及例 5)。

磁场 磁场就是呈现有磁现象的空间。作用在一定方向上的磁场力称为磁力线。通常认为磁力线由北极出发进入南极。并规定如下:

1) 所有磁力线都是闭合的, 永不相交叉并且力图走最短的路径;

2) 相同极性的磁力互相排斥, 而不同极性的磁力互相吸引;

3) 磁力綫与构成它的电流方向垂直。

通电流体周围的磁力綫方向可按右旋螺钻規則定出(图6), 若电流从我們出发, 磁力綫則沿順时針方向环行; 当电流方向改变时, 磁力綫的方向也跟着改变。

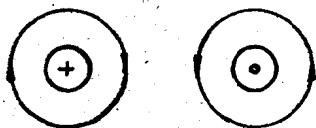


图6 通电流导体周围的
磁力綫方向。

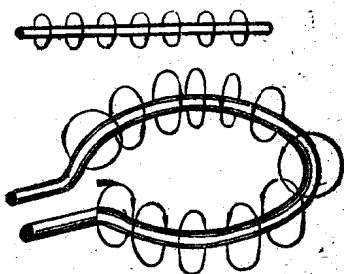


图7 直导綫及一匝环形
导綫的磁場。

磁場强度 H 可表示出磁場的特性, 其衡量单位为安培/厘米或奥斯特 (1 奥斯特 = 0.8 安培/厘米)。假使在磁場中移入一种磁性材料, 則在这个磁性材料內的磁場强度将比周围空气中的大得多。表示磁性材料內磁場密度的量叫做磁感应 B , 其单位为高斯 (G),

$$1 \text{ 高斯} = 10^{-8} \frac{\text{伏特} \cdot \text{秒}}{\text{厘米}^2}。$$

磁場强度和磁感应之間有一定的比例, 此比例称为磁导率●,

$$\mu = \frac{B}{H},$$

式中 B ——高斯 (G);

H ——奥斯特 (O);

μ ——抽象数, 对空气等于 1。

用来会聚磁場的材料称为磁路。假使认为磁路的截面积

● 磁导率或称磁导系数。——譯者

为 S ，则它与磁感应的乘积称为磁通：

$$\Phi = BS.$$

磁通量的单位为麦克斯韦 (MKS)，1 麦克斯韦 = 10^{-8} 伏特秒。

因为金属在高频设备上加热是依靠电能经过磁场的转换而进行的，所以采用感应器有效部分的磁路，可以将磁通集中在需要的方向上，这样，可使感应器的效率提高几倍。

当导体弯曲成环状时，环内的磁场就能汇聚起来(图7)。这种现象叫做线圈效应，并能使环内(感应器内)磁场输出能量集中在一起。

交 流 电

当一闭合的导体在磁场内旋转时就产生交流电，也就是大小和方向都随时间作周期性变化的电流(图8)。电流方向的变化符合楞次定律，它告诉我们：当导体切割磁场时感应的电势方向是阻碍所发生的运动的。

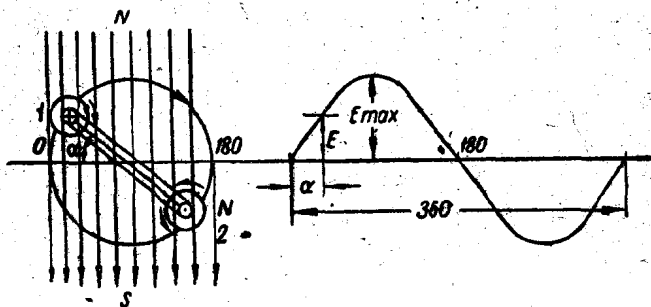


图8 在磁场内旋转的单匝线圈。

如当导体 1 (图 8) 自左向右运动时, 則从导体的右面形成較密的磁力綫。运用右旋螺钻規則, 我們可知: 导体內的电流从我們离去。某时, 当导体 1 占据导体 2 的位置, 导体 1 将自右向左运动, 則在这个磁場方向下, 从导体的左面将形成較密的磁力綫。这时电流的方向則改变, 它指向我們。这样, 电源的电势就按照下面的規律在变化:

$$E = E_0 \sin \alpha,$$

式中 E ——任意瞬时的电势值;

E_0 ——电势的最大值;

α ——导体运动方向与磁場方向之間的夹角。

当导体在磁場內运动时所产生的感应电势与磁感应 B 、导体长度 l 、位移速度 v 以及与旋轉方向跟磁力綫方向之間夹角的正弦成正比。交流发电机的构造基于这个原理, 即:

$$E = Blv \sin \alpha。$$

交流电路的特点是: 电流的方向每变化一整周期并当电流的数值为零时, 电路就失去了自己的磁性。电流变化的图示与电势变化一样为一正弦曲綫 (图 9)。

振蕩周期就是振蕩一次所經過的时间, 而振蕩頻率就是在—秒钟內完成的振蕩次数, 电流的頻率曲綫如图 10 所示。

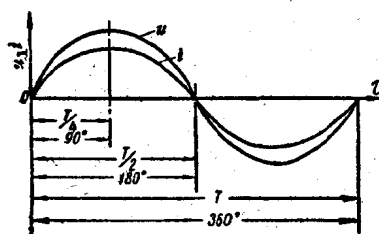


图 9 按正弦变化的电量。

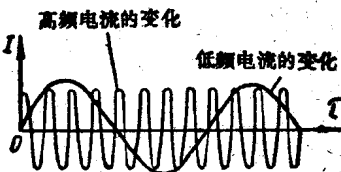


图 10 在已知時間內电流方向变化与頻率之間的关系。

振蕩周期与振蕩頻率之間的关系为:

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

式中 f —— 頻率, 以一秒钟內的周期数来度量, 即赫兹 (Hz), 其 1 仟倍为仟赫 (kHz);

T —— 一个周期的時間 (秒)。

電量的变化可以用矢量表示 (图11)。如假设 i 为某一角度 α 下的电流大小 (整个周期采用 360° 或 2π), 则在矢量图上这个电流的大小可用与电流最大值 $I_{\max}$ 相等的半径在 y 轴上的投影的矢量 i 来表示 (图 11 右)。

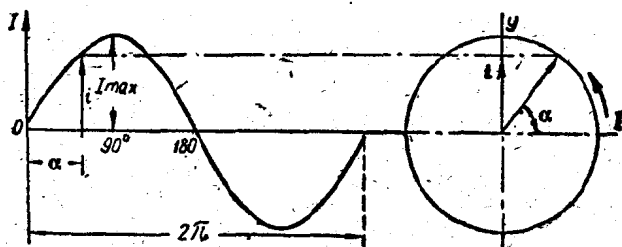


图11 正弦电流的时间图及矢量图。

矢量的旋轉采用逆时针方向。角度 2π 相当于一个周期 T 的持續時間。数值 $2\pi f$ 称为角頻率, 并以 ω 表示。角度 α 称为相位角或相位。

当电流数值变化时, 在电路內所产生的感应电势称为自感现象。如此, 在电路內似乎出现了两种电压源: 加到电路两端并在其内部引起电流的外施电压和由于电流变化而出现的自感电压。自感电势总是指向阻碍基本电流变化的方向。自感好像是交流电通过而引起的附加电阻。

在直流的情况下, 电流的大小和方向是不变的, 磁力綫

的数目在一定的电流下是一恒定值，自感现象除了在接通和断开的瞬间以外是不会产生的。

电感的概念

在电子管振荡器电路中具有电感线圈，例如在阳极和栅极电路中的抗流圈，以及振荡回路中的变压器和感应器等等。下面列举电感线圈的基本性质，使我们明白振荡器的调节和调谐的方法。

已在前面讲过：在导体周围的磁场有任何变化都会在导体内产生电势。同样知道：在导体内的电流有任何变化也会引起导体周围磁场的变化，而磁场的变化就伴随有能使在电路内引起自感电流的电势产生。导体周围的磁场愈强，自感电势也就愈大。

表示电路内电流变化速度和当时产生感应电势之间关系的量称为自感系数，通常也称它为电感。电感以字母 L 表示。计算电感的单位为亨利 (H)。亨利就是这样导体的电感，当在该导体内每秒钟增加或减少 1 安培电流时恰巧引起 1 伏特的自感电势。度量较小的电感采用千分之一亨利即为毫亨 (mH)，或百万分之一亨利即为微亨 (μH)，或厘米电感。并且 1 微亨 = 1000 厘米电感。这样：

$$1 \text{ 亨利} = 10^3 \text{ 毫亨} = 10^6 \text{ 微亨} = 10^9 \text{ 厘米。}$$

卷成螺旋线（或螺旋管）的导体就是电感线圈。常用的电感线圈图示于附录中。

假若在电感线圈内的电流增大，则自感电势与电流成反