

第1章 电动机基础知识

学习完本章之后，你将能够：

- ❖ 了解电动机维修常用工具和仪表的组成、结构，掌握其使用方法；
- ❖ 认识电动机维修时常用的维修材料，学会其选用；
- ❖ 掌握与电动机原理相关的电磁基础知识；
- ❖ 知道电动机维修常用工具和仪表的使用。

1.1 电磁基础知识

【任务】了解与电动机有关的电路、磁路、单相交流电、三相交流电理论知识。

1.1.1 电路

1. 电路的基本概念

电路是把各种电气设备和元器件按一定的连接方式构成的电流通路，以实现电气设备的预定功能。通常由电源、负载装置、导线和控制元器件构成。最基本的电路如图 1-1 所示。

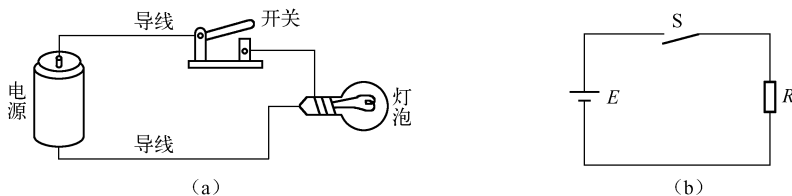


图 1-1 电路和电路图

(1) 电源

把其他形式的能转为电能的装置叫电源，它是电路中的能源。常见的电源有干电池、蓄电池和交、直流发电机等。

(2) 负载

通过作功把电能转变成其他形式的能的装置叫负载装置，也叫用电器。如电灯、电铃、电炉、电扇、电动机等。

(3) 导线

连接电源与负载装置的金属线叫导线。常用铜或铝材料制成，它是电能的传输通道。



(4) 控制元件

控制电路接通和断开的装置称为控制元件，又叫开关。常用开关有拉线开关、刀开关、按钮开关等。



注意

某些电路中根据需要还装配有其他辅助设备，如测量仪表用来测量电路中的电量，熔丝用来执行保护任务。

2. 电路图

图 1-1 (a) 所示是用电气设备的实物图形表示的实际电路。它的优点是直观，但画起来很复杂，不便于分析和研究。因此，在分析和研究电路时，总是把这些实际设备抽象成一些理想化的模型，用规定的图形符号表示，如图 1-1 (b) 所示。这种用统一规定的图形符号画出的电路模型称为电路图。

3. 电路的状态

电路的状态通常有三种，即通路、断路和短路。

通路也叫闭路，在这种状态下，控制元件将电路接通，电路中有电流通过。必须注意：处于通路状态的各种电气设备的电压、电流、功率等数值不能超过其额定值。

断路也叫开路，是指电路断开，没有电流通过。分为两种情况：一是将电路的控制元件人为分断，这种是正常断路；二是在电路上不应分断部位断开，使电路不通，这属于故障状态。

短路也叫捷路，可分为两种情况：一是电源的两极被一导线连接而直接形成回路；二是电路中某一部分负载两端被导线连接而使该部分短路。无论哪种短路，都会导致电路中电流比正常时大得多，可能烧坏电源和其他设备，甚至会造成火灾。因此，在电路中必须装有熔丝等保护设施，防止短路事故，确保用电安全。

1.1.2 磁路

1. 磁路的概念

磁通经过的闭合路径称为磁路。由于磁场的磁感线是闭合曲线，所以，磁路可由不同介质或真空构成。变压器中的硅钢铁心磁路如图 1-2 所示，当线圈中通以电流时，主磁通通过铁心、衔铁和工作气隙构成回路；而漏磁通可通过空气自成回路。

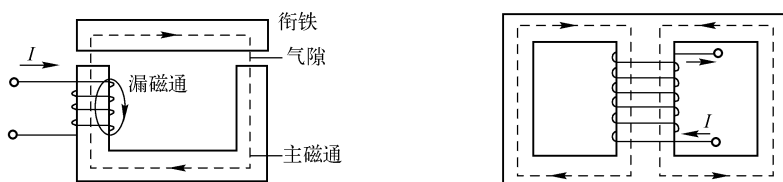


图 1-2 硅钢铁心磁路



2. 磁路的欧姆定律

通过磁路的磁通与激发磁通的磁动势成正比，与磁阻成反比，这一规律称为磁路的欧姆定律。用公式表示为

$$\Phi = E_m / R_m$$

式中 E_m ——激发磁通的磁动势 (A)，其大小等于线圈的匝数与线圈中的电流的乘积；

R_m ——磁阻 (1/H)，其大小与磁路的尺寸及铁磁性物质的磁导率有关；

Φ ——磁通 (Wb)。



注意

磁路的欧姆定律与电路的欧姆定律相似，磁通对应于电流，磁动势对应于电动势，磁阻对应于电阻。

1.1.3 电与磁

1. 电流的磁场

1820 年丹麦物理学家奥斯特从实验中发现，放在导线旁边的磁针，当导线通入电流时，磁针会受到力的作用而偏转。这表明通电导线的周围存在着磁场，电与磁有密切联系。

(1) 通电直导线周围的磁场

通电直导线周围磁场的磁感线是一些以导线上各点为圆心的同心圆，这些同心圆都在与导线垂直的平面上，如图 1-3 (a) 所示。

实验表明，改变电流的方向，各点磁场方向都随之改变。

磁感线的方向与电流方向之间的关系可用安培定则（又称右手螺旋定则）来判断，如图 1-3 (b) 所示，用右手握住通电直导线，让拇指指向电流方向，则四指环绕的方向就是磁感线的方向。

(2) 通电线圈的磁场

通电线圈表现出来的磁性类似条形磁铁，一端相当于 N 极，另一端相当于 S 极，如果改变电流的方向，它的 N 极、S 极随之改变。通电线圈的磁感线是一些穿过线圈横截面的闭合曲线，在线圈外部从 N 极指向 S 极，在线圈内部从 S 极指向 N 极。其磁感线方向与电流方向之间的关系仍可以用安培定则来判定，如图 1-4 所示。用右手握住线圈，弯曲四指指向线圈电流环绕方向，则拇指方向就是线圈内部磁感线的方向。

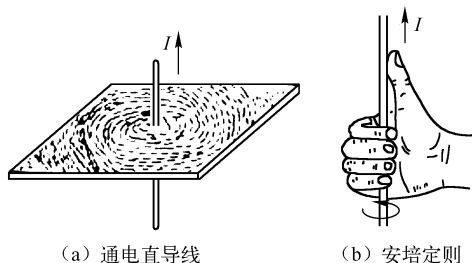


图 1-3 通电直导线磁场

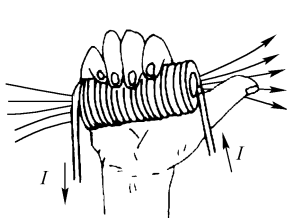


图 1-4 通电线圈磁场



2. 磁场对载流导体的作用

(1) 磁场对载流直导体的作用

将一长度为 L 的导线垂直放入一匀强磁场中, 当导线中通以电流 I 时, 该导线将受到磁场对它的作用力, 称为安培力。安培力的大小可通过安培定律来描述: 载流导线在磁场中所受到的安培力与磁场的磁感应强度 B 、导线的有效长度 L 和导线内部的电流 I 这三者的乘积成正比, 这一结论称为安培定律, 用公式表示为

$$F=BIL$$

式中 B ——磁感应强度 (T), 也叫磁通密度;

I ——电流 (A);

L ——导线的有效长度 (m);

F ——导线所受的安培力 (N)。

安培力的方向可用左手定则来判断: 伸开左手, 拇指与其他四指垂直, 并与手掌在同一平面内, 让磁感线垂直穿过手心, 四指指向电流方向, 此时拇指所指的方向就是安培力的方向。

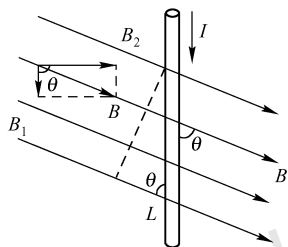


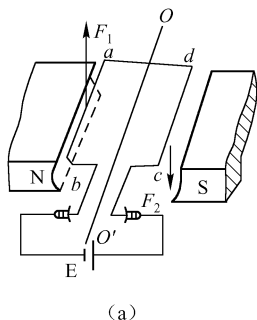
图 1-5 载流导体在磁场中受力

必须指出: 式中 L 为导线的有效长度, 其有效二字的含义有两点: 一是导线必须完全处在磁场中; 二是导线必须与磁场方向垂直, 若二者不垂直, 而呈角度 θ , 如图 1-5 所示, 则有效长度为导线 L 在垂直于磁场方向上投影的长度 $L\sin\theta$, 所以, 安培定律的一般形式为

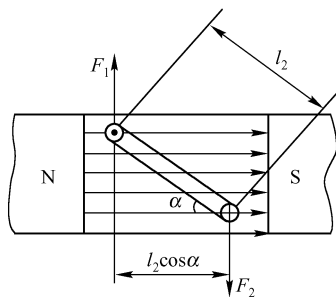
$$F=BIL\sin\theta$$

(2) 磁场对通电矩形线圈的作用

如图 1-6 (a) 所示, 在均匀磁场中放置一通电矩形线圈 $abcd$, 当线圈平面与磁感线平行时, 由于 ad 边和 bc 边与磁感线平行而不受磁场的作用力, 但 ab 边和 cd 边因与磁感线垂直将受到磁场的作用力 F_1 和 F_2 , 而且 $F_1=F_2$, 受到作用力的两个边叫有效边。



(a)



(b)

图 1-6 磁场对通电线圈的作用

两有效边所受到的作用力不仅大小相等而且根据左手定则可知, 受力方向正好相反, 形成力偶矩将使线圈绕轴线做顺时针方向转动, 电动机就是根据这一原理旋转起来的。

在图 1-6 (a) 中, 设: $ab=cd=l_1$ $ad=cb=l_2$, 则此时的转矩为

$$M=F_1l_2=BIl_1l_2=BIS$$

式中 B ——均匀磁场的磁感应强度 (T);

I ——线圈中的电流 (A);



S ——线圈的面积 (m^2), $S=l_1l_2$ 。

如图 1-6 (b) 所示, 若线圈在转矩 M 的作用下顺时针旋转, 当线圈平面与磁感线的夹角为 α 时, 线圈的转矩为

$$M=BIS\cos\alpha$$

由上式可知: 当线圈平面与磁感线平行时, $\cos\alpha=1$, 这时转矩达到最大值, $M=BIS$ 。当线圈平面与磁感线垂直时, $\cos\alpha=0$, 这时的转矩最小为零。

若矩形线圈由 N 匝绕制, 则转矩为

$$M=NBIS\cos\alpha$$

3. 电磁感应

由于磁通变化而在导体或线圈中产生感应电动势的现象称为电磁感应, 也称“动磁生电”。由电磁感应产生的电动势称为感应电动势, 由感应电动势产生的电流叫感应电流。产生电磁感应的条件是通过线圈回路的磁通量发生变化。

(1) 法拉第电磁感应定律

法拉第电磁感应定律用于判定产生的感应电动势的大小。

在图 1-7 所示的实验中, 当条形磁铁插入或拔出线圈的速度越快时, 检流计指针偏转角度越大, 说明线圈中产生的感应电动势就越大; 当插入或拔出线圈的速度越慢时, 检流计指针偏转角度越小, 说明线圈中产生的感应电动势就越小。

上述实验现象可总结为: 线圈中感应电动势的大小与穿过线圈的磁通量的变化率 (即变化快慢) 成正比, 这一规律就叫做法拉第电磁感应定律。

设 Δt 时间内通过线圈的磁通量为 $\Delta\Phi$, 则单匝线圈中产生的感应电动势的平均值为

$$|e|=|\Delta\Phi/\Delta t|$$

对于 N 匝线圈, 其感应电动势为

$$|e|=|N\Delta\Phi/\Delta t|$$

式中 e ——在 Δt 时间内产生的感应电动势 (V);

N ——线圈的匝数;

$\Delta\Phi$ ——线圈中磁通的变化量 (Wb);

Δt ——磁通变化 $\Delta\Phi$ 所需要的时间 (s)。

(2) 楞次定律

楞次定律可以判定线圈中感应电动势或感应电流的方向。其内容是: 在电磁感应中, 感应电流产生的磁通总是阻碍原磁通 (即产生感应电流的磁通) 的变化, 即当原磁通增加时, 感应电流产生的磁通与原磁通方向相反, 阻碍原磁通的增加; 当原磁通减少时, 感应电流产生的磁通与原磁通方向相同, 阻碍原磁通的减少。



注意

利用楞次定律判断感应电流方向的方法是: 首先判明闭合回路的原磁通量方向, 是否发生着什么变化 (增加还是减少); 然后, 根据楞次定律确定感应电流所产生的磁场方向 (与原来的磁场方向相同还是相反); 最后, 根据安培定则确定感应电流方向。

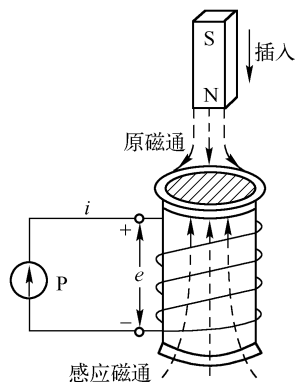


图 1-7 电磁感应现象



例如，原磁通方向如图 1-8 所示，当把磁铁插入线圈时，线圈中方向向下的磁通的变化趋势是增加的。根据楞次定律可知感应电流所产生的磁通与原磁通方向相反，其方向向上，如图 1-8 (a) 所示。再根据安培定则判断出感应电流方向即感应电动势的方向，在线圈中由上端指向下端。

当把磁铁拔出线圈时，线圈中方向向下的磁通的变化趋势是减少的。根据楞次定律可知感应电流所产生的磁通与原磁通方向相同，如图 1-8 (b) 所示，再根据安培定则可知，此时感应电动势的方向在线圈中由下端指向上端。

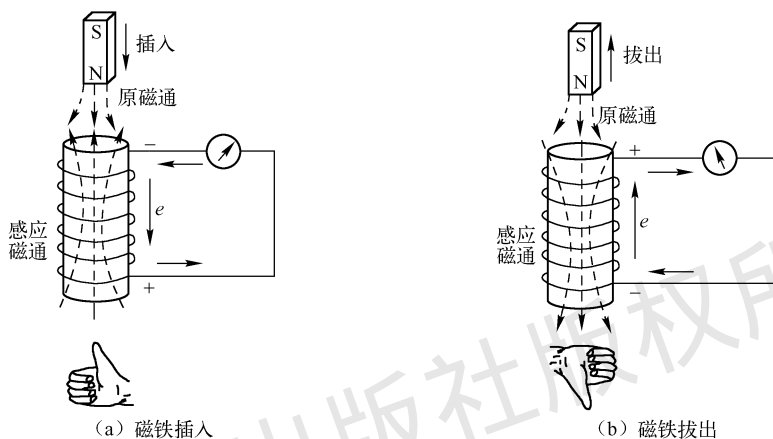


图 1-8 应用楞次定律判断感应电流方向

如图 1-9 所示，直导体切割磁感线运动产生的感应电动势的方向，可以用楞次定律来判定，也可用右手定则判定，方法如图 1-10 所示：伸出右手，拇指与四指垂直，让磁感线垂直穿过手心，拇指指向导体的运动方向，此时，四指的方向便是感应电动势或感应电流的方向。

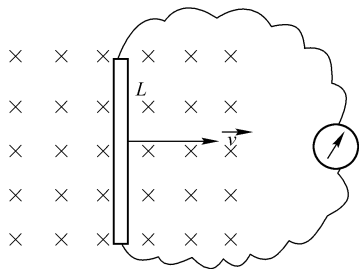


图 1-9 导体切割磁力线运动

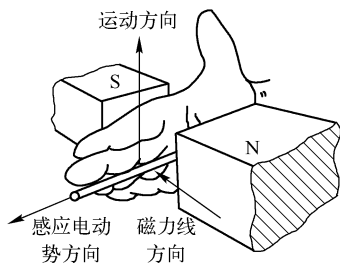


图 1-10 右手定则

导体切割磁感线所产生的感应电动势为

$$|e| = |BLv \sin \alpha|$$

式中 α ——速度方向与磁场方向之间的夹角；

$v \sin \alpha$ ——导线切割磁感线的有效速度。

在实际应用中，各量均采用国际单位： B ——特 (T)； L ——米 (m)； v ——米/秒 (m/s)。



注意

直导体是线圈相当于一匝的特殊情况；右手定则是楞次定律的特殊形式； $e=BLv\sin\alpha$ 是法拉第电磁感应定律的特殊形式。

1.1.1.4 单相正弦交流电

1. 正弦交流电的概念

在图 1-11 所示的实验中，当矩形线框在匀强磁场中以角速度 ω 沿逆时针方向匀速转动时，线框中便产生感应电动势。电动势的表达式为

$$e=2BLv\sin(\omega t+\varphi)$$

式中 e ——感应电动势的瞬时值。

设 $2BLv=E_m$ ，则上式变为

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

该电动势是按正弦规律变化的，称为正弦交流电动势。而 E_m 称为电动势的最大值。

矩形线框内产生感应电动势后，便形成一个电源，若与负载 R 构成闭合回路，则电路中便产生电流：

$$i=e/R=E_m/R\sin(\omega t+\varphi)$$

设 $E_m/R=I_m$ ，则电流表达式为

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

该电流在负载电阻两端产生的电压降为

$$u=iR=I_mR\sin(\omega t+\varphi)$$

设 $I_mR=U_m$ ，则电压表达式为

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

因此，电动势、电压和电流都是按正弦规律变化的，称为正弦交流电，正弦交流电的电流波形图如图 1-12 所示。

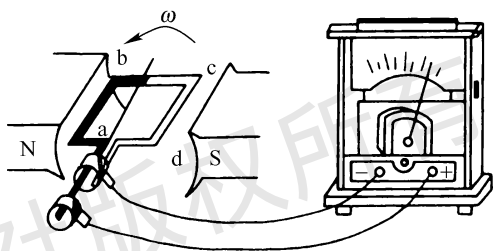


图 1-11 正弦交流电的产生

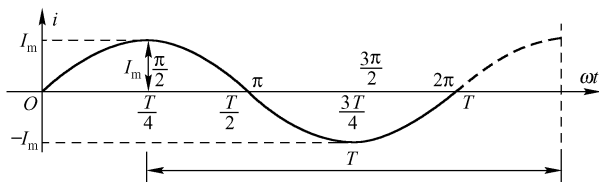


图 1-12 正弦交流电的电流波形

2. 正弦交流电的基本物理量

(1) 有效值

交流电的大小和方向均随时间作周期性变化，在实际中常用有效值来表示交流电的大



小。有效值是根据电流的热效应来规定的, 让一个交流电和某一数值的直流电分别通过两个阻值相等的电阻, 如果在相同的时间内两电阻产生的热量相等, 那么就把该直流电的数值叫做这一交流电的有效值。

交流电动势、电压和电流的有效值分别用 E 、 U 和 I 表示。

交流电的有效值与最大值的关系为

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

通常所说的交流电动势、电压、电流的值, 凡没有特别说明的, 都是指有效值。例如, 照明电路的电源电压为 220V, 动力电路的电源电压为 380V 及用交流电工仪表测量出来的电流值、电压值都是指有效值; 交流电气设备铭牌上所标的电压、电流的数值也是指有效值。

(2) 周期和频率

交流电是按正弦规律变化的, 交流电完成一次周期性变化所需要的时间叫做一个周期, 用 “ T ” 表示, 单位是秒 (s), 显然, 一个周期就是矩形线框在匀强磁场中旋转一周所用的时间。交流电的周期越小说明它变化越快。

交流电在 1s 内完成的周期性变化的次数叫做交流电的频率, 用 f 表示, 单位是赫兹 (Hz), 显然, 交流电的频率越高, 说明它变化越快。

周期与频率是从不同角度反映交流电的变化快慢同一特性, 它们的关系为

$$T = 1/f \text{ 或 } f = 1/T$$

在交流电的表达式中, ω 叫做交流电的角频率, 是指交流电每秒变化的电角度, 即矩形线框匀速转动的角速度, 其单位为弧度/秒 (rad/s), 角频率与频率、周期的关系为

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$$

在工农业生产中, 通常所使用的工频交流电的周期为 0.02s, 频率为 50Hz, 角频率为 314rad/s。

(3) 相位和相位差

在交流电的表达式中, $(\omega t + \varphi)$ 叫交流电的相或相位, 用 Φ 表示。实际上这个角度即为发电机线圈平面在该时刻与中性面的夹角, 用来比较交流电的变化步调。

$t=0$ 时的交流电的相位叫做初相位, 它对应着发电机线圈平面在起始时刻与中性面的夹角, 反映了该正弦交流电起始时刻的大小和方向。

两个同频率的交流电的相位之差叫做相位差。例如两个正弦交流电动势分别为

$$\begin{aligned} e_1 &= E_{1m} \sin(\omega t + \varphi_1), \\ e_2 &= E_{2m} \sin(\omega t + \varphi_2), \end{aligned}$$

它们之间的相位差为

$$\Delta\Phi = \Phi_1 - \Phi_2 = (\omega t + \varphi_1) - (\omega t + \varphi_2) = \varphi_1 - \varphi_2$$

可见: 两个同频率的交流电的相位差即为它们初相位之差, 与时间变化无关。相位差的意义在于比较同频率交流电的步调。在实际应用中, 相位与初相位都用绝对值小于 π 的角度表示。

若 $\Delta\Phi > 0$, 则 $\Phi_1 > \Phi_2$, 说明 e_1 超前 e_2 一个 $(\varphi_1 - \varphi_2)$ 角度, 即 e_1 达到最大值较 e_2 早, 如图 1-13 (a) 所示。

若 $\Delta\Phi < 0$, 则 $\Phi_1 < \Phi_2$, 说明 e_1 落后 e_2 。

若 $\Delta\Phi = 0$, 则 $\Phi_1 = \Phi_2$, 说明二者同相, 即二者同时达到最大值, 如图 1-13 (b) 所示,



这种情况称为两交流电同步。

若 $\Delta\Phi=\pi$ ，则二者反相，如图 1-13 (c) 所示。

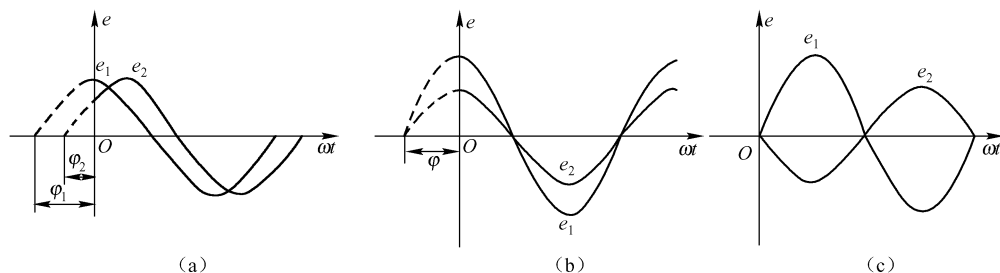


图 1-13 相位关系



注意

正弦交流电的有效值（或最大值）、周期（或频率）、初相位这三个参数能够分别反映正弦交流电的特征：变化幅度、变化快慢、起始状态、故将其称为正弦交流电的三要素。

1.1.5 三相交流电

在图 1-14 (a) 中，当三个完全相同且彼此相差 120° 的矩形线框（绕组），在匀强磁场中以角速度 ω 逆时针方向匀速旋转时，各线框中产生的感应电动势分别为

$$e_U = E_m \sin \omega t$$

$$e_V = E_m \sin(\omega t - 120^\circ)$$

$$e_W = E_m \sin(\omega t - 240^\circ) = E_m \sin(\omega t + 120^\circ)$$

这就是三相正弦交流电的电动势，一般是由发电厂中的三相交流发电机产生的。其波形图如图 1-14 (b) 所示。

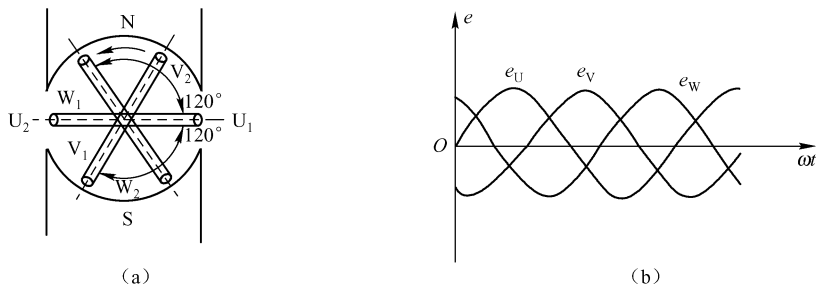


图 1-14 三相交流电

1. 三相电源的连接

在实际应用中，三相交流电源常用两种连接方式，即星形联结和三角形联结，如图 1-15 和图 1-16 所示。

(1) 三相电源的星形联结

在图 1-15 中，将发电机三相绕组的末端 U_2 、 V_2 、 W_2 连于一点，始端 U_1 、 V_1 、 W_1 分



别与负载相接,这种连接方式就是星形联结,三相末端的连接点叫零点或中性点,用 O 表示。由中性点引出的一根导线叫中性线,俗称零线;由 U_1 、 V_1 、 W_1 三个始端引出的三根线叫相线,俗称火线。工程上, U 、 V 、 W 三根相线分别用黄、绿、红颜色来区别。

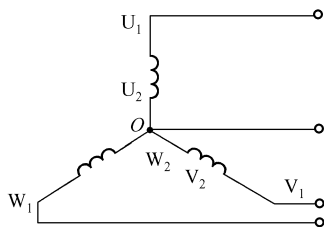


图 1-15 三相电源的星形联结

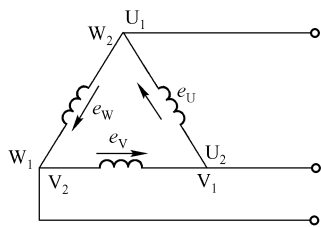


图 1-16 三相电源的三角形联结

在电源的星形联结方式中,由三根相线、一根中性线构成供电系统为三相四线制。无中性线的三相制叫做三相三线制。电源每相绕组两端的电压为 U_U 、 U_V 、 U_W ,称为相电压,用 $U_{\text{相}}$ 表示。有中性线时,各相线与中性线的电压就是相电压。任意两相绕组始端的电压(即两相线之间的电压) U_{UV} 、 U_{VW} 、 U_{WU} ,称为线电压,用 $U_{\text{线}}$ 表示。可以证明:在电源的星形联结中,对负载提供的两种电压(相电压和线电压)的数值关系为

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



注意

在相位上,线电压超前相电压 30° 。

在我国的低压供电系统中,三相电源的星形联结大量使用,相电压为 220V,线电压为 380V。

(2) 三相电源的三角形联结

如图 1-16 所示,将发电机一相绕组的末端与另一相绕组的始端依次连接,形成一个三角形闭合电路。从三个连接点向外送电,这种电源的连接方式称为三角形联结。可以看出:在这种连接中,线电压与相电压相等,即用这种连接方式只能提供一种电压。在工程技术上,三相电源的三角形联结使用很少。

2. 三相负载的连接

三相负载分为对称负载和不对称负载。若各相负载大小和性质完全相同,称为三相对称负载,如三相电动机、三相电阻炉等。若各相负载不同,则称为三相不对称负载,如三相照明电路即为典型不对称三相电路。

在用电系统中,三相负载的连接方式也分为星形联结与三角形联结两种接法。

(1) 三相负载的星形联结

负载的星形联结如图 1-17 所示。设三相负载的阻抗分别为 Z_U 、 Z_V 和 Z_W ,若导线阻抗不计,则负载线电压等于电源线电压,负载相电压等于电源相电压,且

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

因此,相线中的电流(线电流)等于通过负载的电流(相电流)。即

$$I_{\text{线}} = I_{\text{相}}$$



若三相负载对称, 即 $R_U=R_V=R_W$, $X_U=X_V=X_W$, 则三相电流也是对称的, 即

$$I_U=I_V=I_W$$

且彼此之间相位相差 120° 。可以看出: 此时三个电流的矢量和等于零, 即在星形联结中, 如果三相负载对称, 则中线没有电流。此时中线可以省去, 电路变为三相三线制, 如图 1-18 所示。

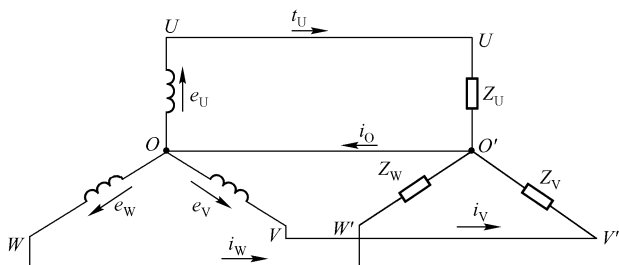


图 1-17 负载的星形联结

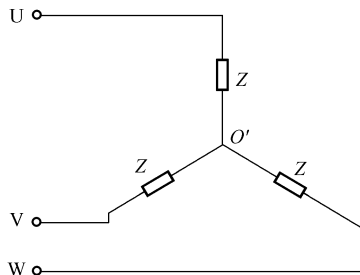


图 1-18 三相三线制



注意

如果三相负载不对称, 则中线电流不为零, 此种情况下绝对不能省略中线, 否则, 会使三相电压不对称, 造成有的相电压高于负载额定电压使设备损坏; 有的低于额定电压使设备不能正常工作。

(2) 负载的三角形联结

负载的三角形联结如图 1-19 所示。在这种连接中, 负载相电压等于线电压。由于三相电源的线电压对称, 所以, 负载接成三角形时, 不论负载对称与否, 其相电压是对称的, 均等于三相电源的线电压。可以证明: 当三相负载对称时, 线电流与相电流的关系为

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

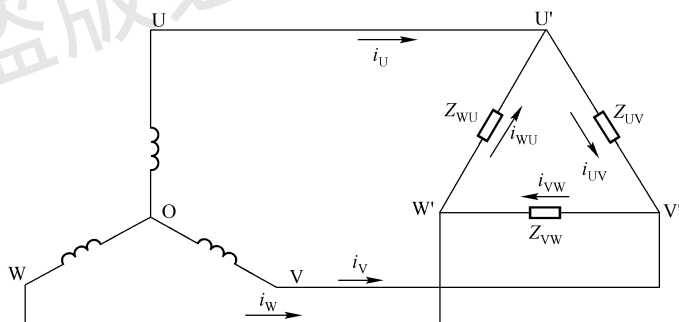


图 1-19 三相负载的三角形联结



注意

三相负载既可接成星形, 又可接成三角形, 如何连接应根据电源电压和负载额定电压值来确定, 例如: 三相电源的线电压为 380V, 当电动机每相绕组的额定电压为 220V 时, 电动机应采用星形联结; 当电动机每相绕组的额定电压为 380V 时, 则应采用三角形联结。

1.2 常用维修工具与仪表

【任务】 了解与电动机维修有关的常用工具和仪表的结构, 掌握其使用方法。
维修电动机的电工工具, 可分为通用电工工具和专用电工工具两大类。



1.2.1 通用电工工具

通用电工工具是指维修电工常用的工具，通常有验电笔、钢丝钳、旋具、电工刀、活络扳手和电烙铁等。

1. 验电笔

验电笔是一种检查线路和电气设备是否带电的工具，按工作场合不同可分为高压型和低压型两种。低压型验电笔通常制成钢笔式和螺丝刀式两种，其结构如图 1-20 所示，由氖管、电阻、弹簧和笔身等部分组成。低压验电笔的测试范围为 $60\sim 500\text{V}$ ，使用时，手指必须接触金属笔挂或验电笔顶部的金属螺钉，观察时应将氖管窗口背光面向操作者，如图 1-21 所示。

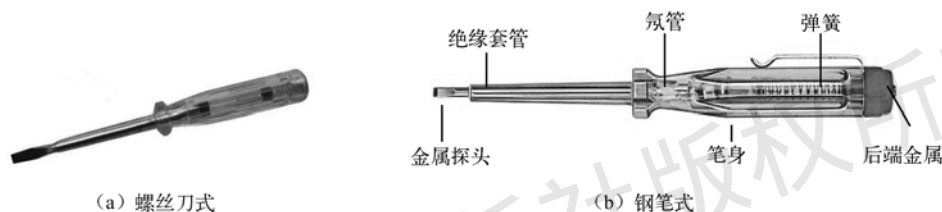


图 1-20 低压验电笔



图 1-21 低压验电笔握法



注意

- ① 使用验电笔时要防止笔尖金属体触及人手造成触电，螺丝刀式验电笔的金属杆上必须套上绝缘套管。
- ② 每次使用验电笔前，应在带电体上对验电笔进行检验，看其是否工作正常。
- ③ 验电笔平时要防止受潮，不要随意拆卸，探头不能承受大的扭矩。
- ④ 验电笔只能进行单端测试，因此无法直接确定电路的通断情况。

2. 电工钳

(1) 钢丝钳

钢丝钳是电工用于剪切或夹持导线、金属丝、工件的钳类工具，其外形结构及使用方法如图 1-22 所示，分为钳头和手柄两部分。其中，手柄必须带有塑料绝缘套。电工常用的钢丝钳规格有 175mm、200mm 两种。



① 钢丝钳使用时刀口置于内侧，如右手执钳则刀口位于左方，而左手执钳则刀口位于右方。

② 钢丝钳使用前要检查手柄绝缘套是否完好，如有破损应及时更换。

③ 钢丝钳在切断带电导体时，不能将相线和中线放于钳口同时剪切，以防短路。

④ 不可用钢丝钳钳头代替手锤作敲打工具使用，以免损坏。

(2) 尖嘴钳

如图 1-23 所示，尖嘴钳除头部与钢丝钳不完全相同外，其功能相似，主要用于切断较小的导线、金属丝、夹持小螺钉、垫圈，并可将导线端头弯曲成型。

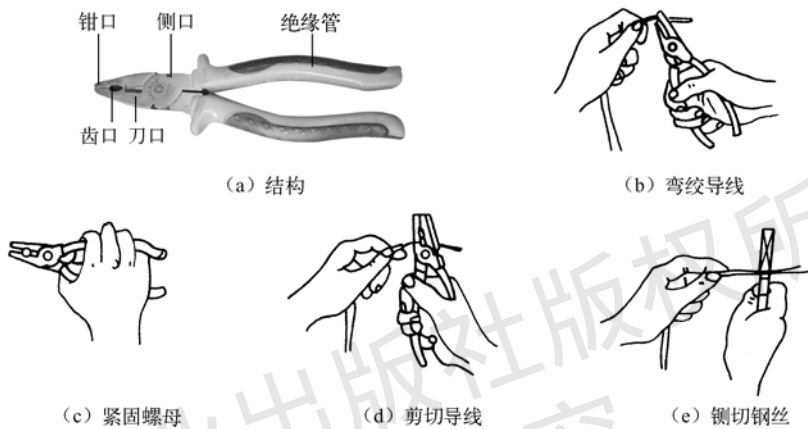


图 1-22 钢丝钳的构造及使用

(3) 断线钳

如图 1-24 所示，断线钳又名斜口钳、扁嘴钳，专门用于剪断较粗的电线和其他金属丝，其柄部有铁柄和绝缘管套。电工常用的是绝缘柄断线钳，其绝缘柄耐压在 1 000V 以上。



图 1-23 尖嘴钳



图 1-24 斜口钳

3. 旋具

旋具又名螺丝刀、改锥或起子，是拆卸和紧固螺钉的工具。通常有平口式和十字花式两种，其手柄又分为木制手柄和塑料手柄两种，如图 1-25 所示。为避免旋具的金属杆触及皮肤及临近的带电体，应在金属杆上穿套绝缘管。



(a) 平口式



(b) 十字花式

图 1-25 旋具



旋具使用时，手不能触及旋具的金属杆，更不能使用金属杆直通手柄顶端的旋具在电气设备上操作。使用旋具扭动螺钉时，应按螺钉规格选用适合的刀口。以小代大或以大代小均会损坏螺钉或电气元件。

4. 电工刀

电工刀在电气操作中主要用于剥削导线绝缘层和削制木棒等，其外形如图 1-26 所示。有的电工刀还带有手锯和尖锥，用于电工器材的切割和扎孔。

电工刀使用时应使刀口向外进行操作，用毕随时把刀身折入刀柄。电工刀应在单面刀口上磨出圆弧状，在剥削导线绝缘层时，使圆弧状刀刃贴在导线上，刀面与导线成较小的锐角，这样不易削伤导线。



图 1-26 电工刀



注意

电工刀手柄不带绝缘装置，不能进行带电操作。

5. 活络扳手

活络扳手的钳口可在规格所定范围内任意调整大小，是用来旋动螺杆螺母的一种专用工具，其结构如图 1-27 所示。

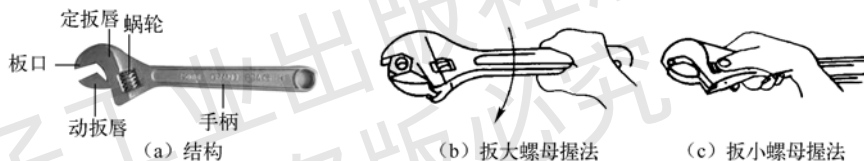


图 1-27 活络扳手

使用时，旋动蜗轮使扳口卡在螺母上，然后扳动手柄即可把螺母紧固或旋松。扳动大螺母时，需用大力矩，手应握在手柄尾部；扳动小螺母时，需要力矩小，且容易打滑，因此，手应握在靠近头部的位置，且用拇指随时调节和稳定蜗轮，随时收紧扳口并防止打滑，如图 1-27 (c) 所示。



注意

活络扳手使用时

- (1) 旋动螺杆、螺母时，必须把工件的两侧平面夹牢，以免损坏螺杆或螺母的棱角；
- (2) 旋动螺杆、螺母时，不能反方向用力，否则容易扳裂活络扳唇；
- (3) 不准用钢管套在手柄上作加力杆使用；
- (4) 不准作撬棍撬重物或当手锤敲打。

6. 电烙铁

电烙铁是手工焊接的主要工具，常用电烙铁有内热式和外热式两种，如图 1-28 所示。其中，外热式电烙铁一般在 25~300W 之间，功率大但效率低，适用于大型工件和粗径导线以及金属底板接地焊片的焊接。内热式电烙铁效率较高但功率较小，一般在 20~75W 之间，适用于无线电元器件的焊接，其烙铁头的形状如图 1-29 所示。

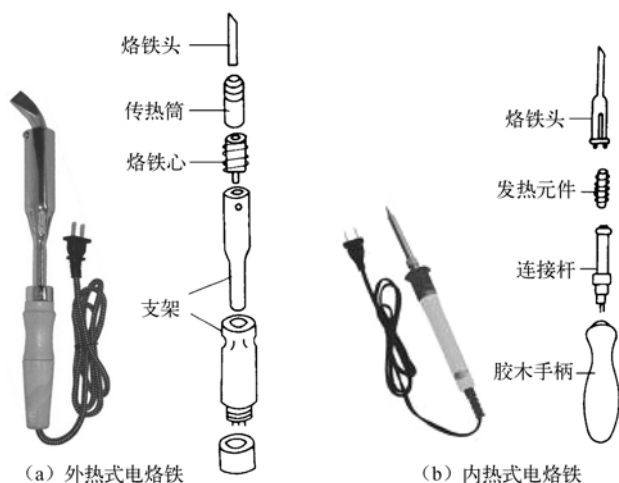


图 1-28 电烙铁

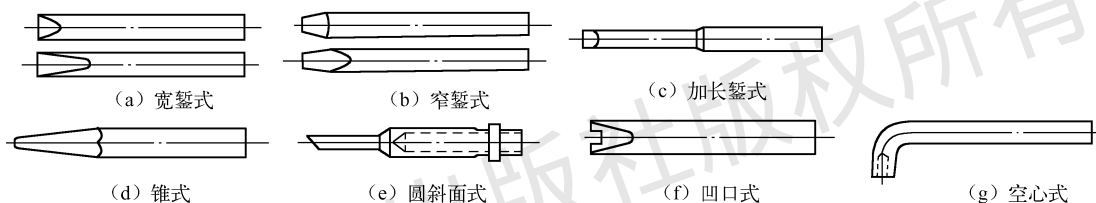


图 1-29 烙铁头外形

1.2.2 专用电工工具

专用电工工具是指电动机维修中需用的工具，包括嵌线工具、拆卸工具和测量工具等。

1. 嵌线工具

在嵌线过程中必须使用专用工具，才能保证嵌线质量。常用的嵌线工具有以下几种：

(1) 划针

划针的形状如图 1-30 所示，划针尖端部分略薄而尖，表面光滑，用来在线圈和导线嵌好后卷包绝缘纸。

(2) 划线片

划线片的形状如图 1-31 所示，一端略尖，呈刺刀状。划线片一般用毛竹或压层塑料板削制而成，也可用不锈钢在砂轮上磨制而成。划线片的作用有两个：一是嵌线时将导线划入铁心线槽；二是用来整理槽内的导线。

(3) 压线板

压线板用来压紧嵌入槽内线圈的边缘，把高于线圈槽口的绝缘材料，平整地覆盖在线圈上部，以便穿入槽楔。压线板的压脚宽度一般比槽上部的宽度小 0.5mm 左右，而且表面光滑，如图 1-32 所示。



图 1-30 划针

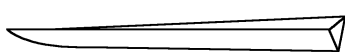


图 1-31 划线片



图 1-32 压线板



2. 拆卸工具

（1）拉具

拉具又叫拉机、拉扒、拉钩、拉模或扒子。在机电维修中主要用于拆卸电动机的轴承、联轴器和皮带轮等紧固件。拉具按结构不同，又分为三爪式和两爪式两种。

使用拉具拆卸皮带轮和轴承时，拉具的抓勾要抓住工件的内圈，顶杆的轴心线与工件轴心线对齐，然后转动扳手用力要均匀，如图 1-33 所示。并注意抓钩和工件的受力情况，拉不动时不要硬拉，可在工件连接处滴些煤油或用喷灯加热后乘热拉下。

（2）喷灯

喷灯是利用喷射火焰对工件加热的工具。在电气维修中，通常用作钎焊热源，有时也辅助设备的拆装。其外形结构如图 1-34 所示。

喷灯使用前，注意加油不能超过筒体体积的 $\frac{3}{4}$ ，先预热，即在预热烧盘注入适量燃油，点燃后让其预热火焰喷头，在燃油尚未燃完时即可向贮油筒打气 $3\sim 15$ 次，然后拧松放油阀，让油雾喷出着火，继续打气，直至火焰正常。熄火时关闭放油阀，使火焰熄灭，放出贮油筒内的压缩空气。

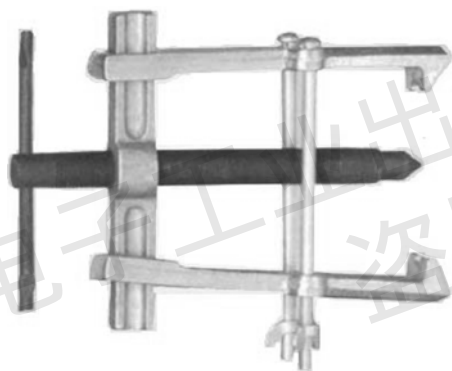


图 1-33 拉具



图 1-34 喷灯

（3）套筒扳手

套筒扳手是由不同规格的套筒和公用手柄组合的旋具套件。主要用于旋动有沉孔或其他扳手不便使用部位的螺栓或螺母。

3. 测量工具（螺旋千分尺）

螺旋千分尺为测微量具，在电动机维修中常用来测量绕组导线的线径。螺旋千分尺的外形如图 1-35 所示，通常采用右旋螺纹，螺距为 0.5mm ，活动套管的锥面上的刻度为 50 格，每格为 $1/100\text{mm}$ 。

（1）测量原理与读数

螺旋千分尺的测量螺距为 0.5mm ，所以活动套管右旋一周，测轴螺杆前进 0.5mm ，即两测量面间的距离减小 0.5mm ，该距离可由固定套管上读出。若旋转不足一周，则两测量面之间距离减小不足 0.5mm ，这种小于 0.5mm 的尺寸只能由活动套管锥面的刻度上读出。因此，螺旋千分尺的读法为：先读出固定套管上的刻度数，再读活动套管上的 $1/100$ 的毫米



数，二者相加即是待测物体的尺寸，如图 1-36 所示。

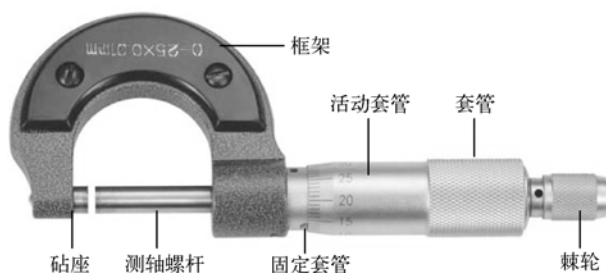


图 1-35 螺旋千分尺

(2) 螺旋千分尺的使用方法

使用前先擦净测量面并转动棘轮，检查两测量面之间有无间隙以及套管刻线是否对准零刻度，将零件毛刺去掉并擦拭干净。测量时用双手操作，如图 1-37 所示。在两测量面接近待测物体表面时，停止转动套管改为旋动棘轮，当棘轮发出“嗒嗒”声时，说明两测量面已与待测零件表面接触，此时方可由刻尺上读出测量数据。注意读数时尽量不要将被测件取下，防止将测量面磨损。

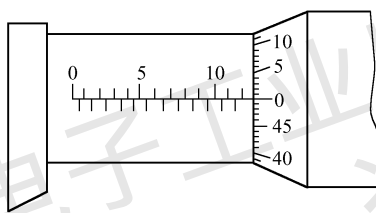


图 1-36 螺旋千分尺刻度的读法

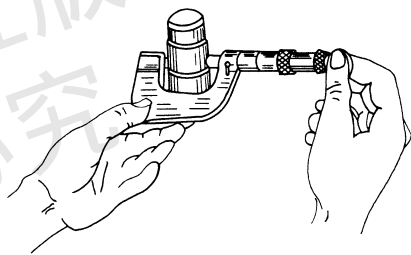


图 1-37 螺旋千分尺的使用

1.2.3 电动机维修常用的仪表

电动机在维修中需要某些仪表来测量它的一些参数，如绕组的直流电阻、绝缘电阻以及起动电流和工作电流等。常用的仪表有万用表、钳型电表和兆欧表等。

1. 万用表

万用表是一种测量多种电学量的可携带式仪表，一般能测量交直流电压、直流电流、电阻和音频电平。有的万用表还能测交流电流、电感、电容和晶体管的电流放大系数等，它是电气工程人员的必备工具。

本节结合 MF47 型万用表介绍其一般使用方法。

MF47 型万用表的面板结构如图 1-38 所示，其测量的参量主要有交直流电压、直流电流、电阻等几项。其表盘结构如图 1-39 所示。主要标度尺有以下几条。

最上面一条非均匀标度尺的右端有个 Ω 符号，这是欧姆挡的测量刻度尺；第二条标度尺为测量交直流电压和直流电流时的公用标度尺，该尺共有两组读数，以便于选择不同量程时进行读数；第三条为测量 10V 交流电压的专用标尺；还有测 h_{FE} 值、负载电压、电流和音



频电平的标准尺。



图 1-38 MF47 型万用表的面板结构

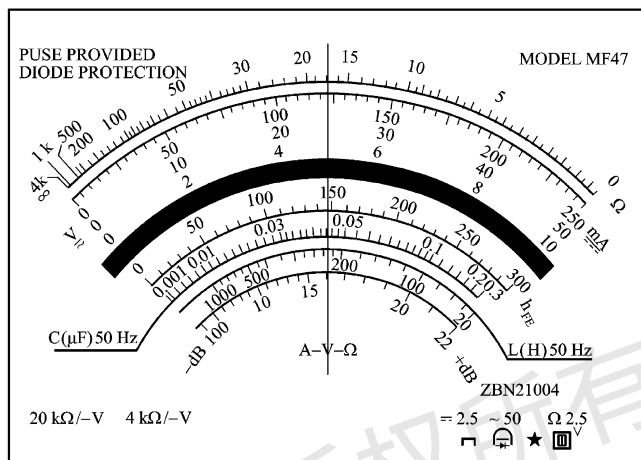


图 1-39 MF47 型万用表表盘

(1) 电阻的测量

① 将转换开关扳至 Ω 挡，将两表笔瞬时短路，调节调零电位器使指针指在 Ω 标度尺的 0 点，如指针调不到零，则说明表内电池电量不足，需更换电池。注意每次换挡后都要重新调零，然后再进行测量。

② 在测量前必须切断电源，严禁在被测电路或设备带电情况下测量电阻（特别严禁直接测量电池的内阻）！电路中如果有大容量电容存在，应先将电容器正负极短接放电。

③ 选择适当的倍率，使表针尽可能指在标度尺几何中心，这样测量最精确。例如，某一待测电阻阻值在 100Ω 左右，若选择 $R\times 1$ 挡，则指针指在刻度 100 处，偏转幅度太小；而选择 $R\times 100$ 挡，则指针指在刻度 1 处偏转角度太大，均会出现较大的测量误差；选择 $R\times 10$ 挡，指针几乎指在标度尺中间，这时测量最精确。

④ 将待测电阻或电路元件串入两表笔之间，观察读数。

(2) 电压和电流的测量

① 按正确的要求进行接线，测电流时，万用表要与电路串联；而测电压时要并联在待测电路或元件两端。在测直流电压和直流电流时，注意正负极不可接错。

② 转动转换开关，选择正确的参数挡位。即：如要测电压，必须选择电压挡，而绝不能选电流挡！不可用直流挡位测量交流电参数。

③ 选择适当的量程，使表针尽可能地指在标度尺的 $2/3$ 处，这样测量最精确。而且选择不同的量程要对应不同的标度尺，如要测 $220V$ 交流电压，应选择交流电压 $250V$ 挡，且观察 $0\sim 250$ 的标度尺。

2. 钳形电流表

钳形电流表是电动机维修中最常用的测量仪表之一，使用方便，测量时，无须断开电路。钳形电流表通常用来测量动力传输线中的载流；在电动机维修领域中，用来测量电动

机的起动电流和工作电流，常用钳形电流表如图 1-40 所示。

使用钳形电流表时的注意事项：

- ① 在测量前首先大体估计待测电流和电压的大小，选择适当量程，以便在测量时使指针超过中间刻度，以减少测量误差。若无法估计则应将量程旋钮置于最高挡，然后再根据指针偏转情况将量程旋钮调整到合适位置。换挡时须退出载流导线，不可在测量中换挡。
- ② 测量时应将钳口紧密切合，减小由于漏磁造成的测量误差。钳口污垢要及时清除，被测导线要尽量位于钳口铁心的中央。
- ③ 在测量较小的电流时，为提高测量精度，可选用倍流测量法。即将绝缘载流导线在铁心上多绕几圈后进行测量，将指针示数除以穿过钳口内导线的根数即得待测电流的实际数值。
- ④ 测量完毕，把量程旋钮旋至最高量程挡，以免再次测量时，不慎损坏仪表。
- ⑤ 钳形电流表是低电压测量仪表，测量范围在 110~600V 之间，切勿用于测量高压设备。



图 1-40 钳形电流表

3. 兆欧表

兆欧表又叫摇表，是一种测量电路和电气设备绝缘电阻的常用仪表，在电动机维修领域中，常用来测量电动机的绝缘电阻和绝缘材料的漏电阻。兆欧表外形如图 1-41 所示，主要由三部分组成：手摇式直流发电机（也有的用交流发电机加整流器）、双线圈磁电式流比计和测量线路及接线端子（L、E、G）。其中，手摇式直流发电机靠人用手臂摇动，可发出数十至数千伏直流电压，它是测量电路的电源；双线圈磁电式流计是测量显示部分；测量线路是为满足测量要求而设计的线路。三个接线端子分别与被测设备的不同部分连接。



图 1-41 ZC25 型兆欧表

兆欧表的常用规格有 100V、250V、500V、1 000V、2 500V 和 5 000V 等几种等级，选用兆欧表时主要考虑它的输出电压及测量范围。选用时要使兆欧表的输出电压稍高于被测设备的额定电压，若高得太多，在测试中可能损坏被测电气设备的绝缘。一般对于测量额定电压在 500V 以下的电路和电气设备，选用 500V 或 1 000V 的兆欧表；而测量母线、瓷绝缘子和刀开关等设备，要选用 2 500V 以上的兆欧表。几种常用的电气设备的测量选择如表 1-1 所示。

表 1-1 兆欧表的选择举例

测试对象	被测设备或电路额定电压（V）	选用兆欧表（V）
线圈绝缘电阻	500 以下	500
线圈绝缘电阻	500 以上	1 000
电机绕组绝缘电阻	380 以下	1 000
变压器、电机绕组绝缘电阻	500 以上	1 000~2 500
电气设备和电路绝缘	500 以下	500~1 000
电气设备和电路绝缘	500 以上	2 500~5 000
母线、刀开关	500 以上	2 500~5 000

选择兆欧表的测量范围时，要使其测量范围适应所需测定的绝缘电阻值，避免读数产生较大误差。在表 1-2 中列举了 ZC25 系列兆欧表的技术数据，可提供选用参考。



表 1-2 ZC25 型兆欧表的技术数据

型 号	额 定 电 压	测 量 范 围
ZC25-1	100V ($\pm 10\%$)	0~100 M Ω
ZC25-2	250V ($\pm 10\%$)	0~250 M Ω
ZC25-3	500V ($\pm 10\%$)	0~500 M Ω
ZC25-4	1 000V ($\pm 10\%$)	0~1 000 M Ω

(1) 兆欧表正确使用

- ① 首先检查被测电路或电气设备是否全部切断电源，绝不允许带电测量。
- ② 检查兆欧表，将兆欧表水平放置，进行开路和短路实验。先将两表笔悬空且分开，摇动手柄，指针应该指 ∞ 处；然后再慢慢摇动手柄，使 L 和 E 两接线瞬间短接，指针应迅速指“0”。注意此时手柄不要摇动过快，且不要短接时间过长，以免造成兆欧表的损坏。
- ③ 在测量具有大电容的电气设备或线路时（如电力电容器和电缆等），应先将待测设备放电后再进行测量，以免损坏兆欧表或造成人身触电事故。
- ④ 兆欧表必须水平放置于平稳牢固的地方，在摇动时要避免抖动和倾斜。
- ⑤ 测量时必须认清接线端子。兆欧表有三个接线端子，E 端子为接地线，L 端子为接待测部分，G 端子为保护环。测量时 E 端子应与待测电器设备的外壳或地线联接；L 端子接电器设备的待测部位；G 端子在测量时与被测物的屏蔽层连接。图 1-42 介绍了几种常见的测量方法，其中图 1-42 (a) 为测量线路绝缘电阻，此时 L 端子接待测线路，E 端子接大地；图 1-42 (b) 为测量电动机绝缘电阻，L 端子接电动机定子绕组的端头，E 端子接电动机外壳；图 1-42 (c) 为测量电缆的绝缘电阻，L 端子接电缆芯线，E 端子接电缆外部的金属屏蔽层，G 端子接屏蔽层与芯线之间的绝缘层。

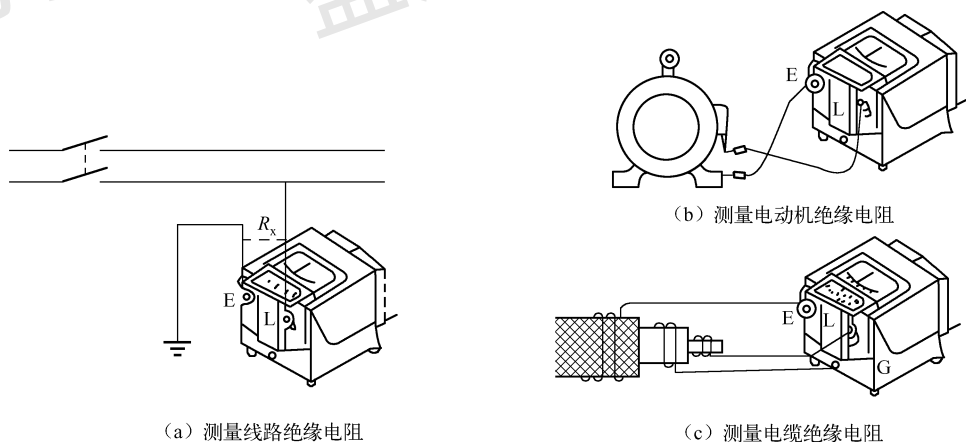


图 1-42 兆欧表的接线

- ⑥ 摇动手柄的转速要均匀，一般规定为 120r/min，允许有 $\pm 20\%$ 的变化范围，通常摇动 1min 后待指针稳定下来再读数。

(2) 使用注意事项

- ① 兆欧表的三个接线端子与被测物之间的连接线，必须采用绝缘良好的单股多芯线，



不能用双股绝缘线，且不得将两根线绞在一起。

- ② 测量前，应将兆欧表与待测电器设备表面擦拭干净，以免漏电影响测量结果。
- ③ 兆欧表在停止转动之前，切勿用手去触及接线桩和设备的测量部分。拆线时不可触及裸线部分，以免遭受电击。
- ④ 禁止在雷电时或附近有高压导体的设备上测量。
- ⑤ 测量完毕应对设备充分放电，否则，容易引起触电事故。
- ⑥ 兆欧表要定期校验，其方法为直接测量有确定值的标准电阻，检查其测量误差。

1.3 常用维修材料

【任务】了解与电动机维修有关的常用材料，掌握选用这些维修材料的方法。
电动机维修常用的材料有电磁线、绝缘材料、电刷、轴承等。

1.3.1 电磁线和引接线

1. 电磁线

电磁线是用以制造电工产品中的线圈或绕组的绝缘电线。

电磁线分为漆包线、绕包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线四大类。漆包线漆膜均匀、光滑柔软，如图 1-43 所示，有利于线圈的自动绕制，目前应用广泛。漆包线的型号、主要用途如表 1-3 所示，其规格如表 1-4 所示。



图 1-43 漆包线

表 1-3 漆包线的型号与主要用途

名 称	型 号	主 要 用 途
Q	油性漆包圆铜线	供制造电机的绕组用
QQ-1 QQ-2	缩醛漆包圆铜线	适用于机械强度较高而不需要纤维材料保护漆层的电机绕组
QQL-1 QQL-2	缩醛漆包圆铝线	
QB	缩醛漆包圆铜线	
QQLB	缩醛漆包圆铜线	
QZ-1 QZ-2	聚酯漆包圆铜线	同上，并有热稳定性及抗溶性的特点
QZL-1 QZL-2	聚酯漆包圆铝线	
QZB	聚酯漆包扁铜线	
QZLB	聚酯漆包扁铝线	
QA-1 QA-2	聚酯漆包圆铜线	同 QQ 型，但不需要去除漆层，可直接用焊锡焊接
QH-1 QH-2	环氧漆包圆铜线	同 QQ 型，耐潮性好，适用于湿热带电机

注：QZ 漆包线的产量占全国漆包线产量的 80%左右，使用面极为广泛。



表 1-4 常用漆包线规格

裸线直径 (mm)	漆包线最大外径 (mm)			漆包线重量 (kg/km)				
	Q	QQ	QZ、QZL QY	Q	QQ	QZ	QZL	QY
0.10	0.120	0.13	0.13	0.072	0.074	0.074	0.00690	0.076
0.11	0.130	0.14	0.14	0.037	0.087	0.087	0.00111	0.092
0.12	0.140	0.15	0.15	0.104	0.104	0.104	0.03721	0.198
0.13	0.150	0.16	0.16	0.120	0.120	0.120	0.04302	0.126
0.14	0.160	0.17	0.17	0.140	0.140	0.140	0.04931	0.145
0.15	0.170	0.19	0.19	0.161	0.161	0.161	0.05913	0.167
0.16	0.180	0.20	0.20	0.183	0.183	0.183	0.06646	0.189
0.17	0.190	0.21	0.21	0.206	0.206	0.200	0.07415	0.213
0.18	0.200	0.22	0.22	0.230	0.230	0.239	0.08222	0.237
0.19	0.210	0.23	0.23	0.256	0.256	0.256	0.09081	0.264
0.20	0.225	0.24	0.24	0.285	0.285	0.285	0.09968	0.292
0.21	0.235	0.25	0.25	0.314	0.314	0.314	0.10916	0.321
0.23	0.255	0.28	0.28	0.376	0.376	0.376	0.1334	0.368
0.25	0.275	0.30	0.30	0.443	0.443	0.443	0.1555	0.454
0.27	0.31	0.32	0.32	0.519	0.519	0.519	0.1793	0.529
0.29	0.33	0.34	0.34	0.598	0.598	0.598	0.2046	0.603
0.31	0.35	0.36	0.36	0.685	0.685	0.685	0.2318	0.693
0.33	0.37	0.38	0.38	0.775	0.775	0.775	0.2604	0.784
0.35	0.39	0.41	0.41	0.871	0.871	0.871	0.2984	0.884
0.38	0.42	0.44	0.44	1.025	1.025	1.025	0.3478	1.04
0.41	0.45	0.47	0.47	1.195	1.195	1.195	0.4012	1.21
0.44	0.49	0.50	0.50	1.374	1.374	1.374	0.4582	1.30
0.47	0.52	0.53	0.53	1.566	1.566	1.566	0.5192	1.53
0.49	0.54	0.55	0.55	1.701	1.701	1.701	0.5618	1.72
0.51	0.56	0.58	0.58	1.846	1.846	1.846	0.6168	1.87
0.53	0.58	0.60	0.60	1.987	1.987	1.987	0.6638	2.02
0.55	0.60	0.62	0.62	2.144	2.144	2.144	0.7114	2.17
0.57	0.62	0.64	0.64	2.302	2.302	2.302	0.7614	2.34
0.59	0.64	0.66	0.66	2.466	2.466	2.466	0.8127	2.50
0.62	0.67	0.69	0.69	2.720	2.720	2.720	0.8935	2.76
0.64	0.69	0.72	0.72	2.897	2.897	2.897	0.9485	2.94
0.67	0.72	0.75	0.75	3.173	3.173	3.173	1.0181	3.21
0.69	0.74	0.77	0.77	3.374	3.374	3.374	1.1080	3.41
0.72	0.78	0.80	0.80	3.637	3.637	3.637	1.2010	3.70
0.74	0.80	0.83	0.83	3.882	3.882	3.882	1.2814	3.92
0.77	0.83	0.86	0.86	4.196	4.196	4.196	1.3821	4.24
0.80	0.86	0.89	0.89	4.427	4.527	4.527	1.4867	4.58
0.83	0.89	0.92	0.92	4.870	4.870	4.870	1.5941	4.92
0.86	0.92	0.96	0.96	5.227	5.227	5.227	1.7059	5.27
0.90	0.96	0.99	0.99	5.721	5.709	5.709	1.8612	5.78
0.93	0.99	1.02	1.02	6.107	6.107	6.107	1.931	6.16

续表

裸线直径 (mm)	漆包线最大外径 (mm)			漆包线重量 (kg/km)				
	Q	QQ	QZ、QZL QY	Q	QQ	QZ	QZL	QY
0.96	1.02	1.05	1.05	6.525	6.493	6.493	2.1055	6.56
1.00	1.07	1.11	1.11	7.069	7.069	7.069	2.3166	7.14
1.04	1.12	1.15	1.15	7.643	7.643	7.643	2.4982	7.72
1.08	1.16	1.19	1.19	8.240	8.240	8.240	2.6850	8.32
1.12	1.20	1.23	1.23	8.860	8.860	8.860	2.8786	8.04
1.16	1.24	1027	1027	9.50	9.510	9.510	3.081	9.95
1.20	1.28	1.31	1.31	10.16	10.161	10.161	3.2893	10.4
1.25	1.33	1.36	1.36	11.02	11.021	11.021	3.5547	11.2
1.30	1.38	1.41	1.41	11.91	11.912	11.912	3.8360	12.1
1.35	1.43	1.46	1.46	12.84	12.832	12.832	4.1262	13.0
1.40	1.48	1.51	1.51	13.81	13.819	13.819	4.4276	14.0
1.45	1.53	1.56	1.56	14.81	14.802	14.852	4.7420	15.0
1.50	1.58	1.61	1.61	15.84	15.847	15.847	5.0617	16.0
1.56	1.64	1.67	1.67	17.13	17.130	17.130	5.4658	17.3
1.62	1.71	1.73	1.73	18.51	18.456	18.456	5.8800	18.6
1.68	1.77	1.79	1.79	19.82	19.843	19.843	6.3123	20.0
1.74	1.83	1.85	1.85	21.22	21.262	21.262	6.7506	21.4
1.81	1.90	1.93	1.93	23.11	23.030	23.030	7.3168	23.3
1.88	1.97	2.00	2.00	24.93	24.845	24.845	7.886	25.2
1.95	2.04	2.07	2.07	26.73	26.730	26.730	8.4626	27.0
2.02	2.12	2.14	2.14	26.77	28.569	28.569	9.065	29.0
2.19	2.20	2.23	2.23	30.88	31.002	31.002	9.820	31.3
2.26	2.36	2.39	2.39	32.37	35.892	35.892	11.324	36.1
2.44	2.54	2.57	2.57	34.64	41.802	41.802	13.161	42.2

2. 引线线

(1) 引线

在电动机中，绕组是电动机电磁部分的主要部件，是电动机的“心脏”。绕组是由多个线圈或线圈组构成的一相或整个电磁电路的组合，而线圈是以绝缘导线按一定形状绕制而成的。每相绕组内的线圈或线圈组连接成一组引线。

由于电动机品种、耐热等级、电压和电流等因素的不同，电动机引线的电气性能必须与之相适应，其绝缘电阻要稳定。正确的引线是保证电动机正常运行的必要条件。

(2) 接线

绕组嵌好后，要进行端部接线。把每组的极相组（在一个极面下属于一相的所有线圈串联在一起称为一个极相组）串联或并联成几条支路，然后把三相绕组的六个首尾端引接线，连接到电动机接线板上。绕组端线的接线方式是根据磁极性来决定的，绕组接线的方向必须符合绕组内的电流方向。若接线不正确，电动机就不能正常运转。



引接线有三种，橡皮绝缘丁晴护套引接线 JQB，耐热等级 E；氯磺化聚乙烯橡胶皮绝缘引接线 JBYH，耐热等级 B；硅橡胶绝缘引接线 JHXG，耐热等级 F。

一般情况引接线都装有套管，套管也分三种等级，分别是油性玻璃漆管 2714 为 E 等级；聚氯乙烯玻璃漆管 2731 和醇酸玻璃漆管 1730 为 B 等级；有机硅玻璃漆管 1750 为 F 等级。

1.3.2 绝缘材料

1. 常用绝缘材料的分类

(1) 无机绝缘材料

有云母、石棉、大理石、电瓷、玻璃、硫磺等，主要用作电动机的绕组绝缘、开关的底板和绝缘子等。

(2) 有机绝缘材料

有虫胶、树脂、橡胶、棉纱、纸、麻、人造纸等。大多用于制造绝缘漆、绕组导线的被覆绝缘物等。

(3) 混合绝缘材料

由无机绝缘材料和有机绝缘材料经加工后，制成的各种成型绝缘材料，用作电器的底座、外壳等。

2. 常用绝缘材料的规格与性能

(1) 常见绝缘材料

常用绝缘材料名称、型号、用途如表 1-5 所示。

(2) 常见绝缘材料的耐热等级

常用绝缘材料耐热等级与配用电磁线如表 1-6 所示。

表 1-5 常用绝缘材料名称、型号、用途

名 称		型 号	主 要 用 途
薄膜	聚酯薄膜	2820	中小型电机槽、匝间、相间绝缘
	聚酯薄膜青壳纸	2920	低压小型电机衬热绝缘
	聚酯薄膜玻璃漆布箔	2252	湿热带用电机衬垫绝缘与槽绝缘
玻璃漆布带	油性玻璃布带	2201 2412	电机衬垫绝缘与线圈绝缘
	黑玻璃漆布带	2430	大型电机衬垫绝缘和线圈绝缘
	硅有机玻璃漆布带	2450	耐高温电机、电器衬垫、线圈绝缘
漆布带	黄漆布带	2010 2017	低压电机衬垫绝缘与线圈绝缘包扎
	黄漆绸	2210 2212	A、E 级绝缘电机或线圈绝缘包扎
云母板带	环氧换向器云母板	5536	中小型电机滑环间及换向片间绝缘
	沥青玻璃云母带	5032 5033	电机及线圈绝缘
	醇酸玻璃云母带	5434 5035	同上
	醇酸玻璃云母带	5034	同上

表 1-6 常用绝缘材料耐热等级与配用电磁线

分 类	耐热温度	绝 缘 材 料	配 用 电 磁 线
A	105℃	经过浸漆处理的棉纱木纸等有机材料	单纱油性漆包线、双纱包线、纸包线等
E	120℃	在 A 级材料上复合或垫衬一层耐热有机漆	高强度聚酯漆包线、高强度聚乙烯醇缩醛漆包线
B	130℃	用云母、石棉等无机材料为原料，以 A 级材补强，用有机漆胶合成的	高强度聚酯漆包线、双玻璃丝包线
F	155℃	与 B 材料相同，但使用耐热硅有机漆胶合成的	聚酰亚胺漆包线、双玻璃丝包线
H	180℃	与 B 级材料相同，但没有 A 级材料补强	硅有机漆浸渍的、双玻璃丝包线

3. 绝缘漆

绝缘漆是电动机维修中不可缺少的绝缘材料，在电动机修理结束后，一般要对电动机进行浸漆处理。选用绝缘漆时，应根据被修理电动机的绝缘等级，是否耐油等条件，选用相应牌号的绝缘漆，在使用中还应根据绝缘漆的黏度，加入适量的稀释剂，如甲苯、二甲苯、200 号轻质汽油等，如果电动机绕组用的是油基漆包线，稀释剂只能用松节油。常用绝缘漆的性能与用途如表 1-7 所示。

表 1-7 常用绝缘漆的性能与用途

名 称		型号	颜色	溶 剂	温度 (℃)	时间 (h)	耐热等级	特性及用途
沥清漆		1010	黑色	200 号溶 剂、二甲 苯	105±2	6	A、E (B)	耐潮湿、耐温度变化，不耐油，适于浸渍电机绕组和转子
		1011				3	A、E (B)	同 1010，但干燥较快
		1210				10	A、E	耐潮湿、耐温度变化，但不耐油，适于电动机绕组覆盖用
		1211				3	A、E	干燥快，不耐油，适于电动机绕组覆盖用
绝 缘 浸 渍 漆	耐油清漆	1012	黄褐	200 号溶剂	105±2	2	A	干燥迅速、耐用、耐潮湿，漆膜平亮光滑，适于浸渍电动机绕组
	甲酚清漆	1014	黄褐	有机溶剂	105±2	0.5	A	干燥快，耐油，适于浸渍电动机绕组，但漆包线绕成的绕组不能使用
	丁基酚醛醇酸漆	1031	黄褐	甲苯、200 号溶剂	120±2	2	B	有较好的流动性、干透性、耐热、耐油性，适于温热带浸渍电动机、电器线圈用
	晾干醇酸清漆	1231	黄褐	200 号溶剂、甲苯	20±2	20	B	干燥快，硬度大，有较好弹性，耐温耐气候性好，介电性能好
	醇酸清漆	1031	黄褐	二甲苯、甲苯	105±2	2	B	性能较沥清漆和清烘漆好，有较好的耐油性、耐电弧性和附着力，漆腊光滑，适于温热带浸渍电动机、电器线圈
	三聚氰胺醇酸树脂漆	1032	黄褐	200 号溶剂、甲苯	120±2	2	B	具有较好的干透性、耐热、耐油性、耐电弧性，漆膜光滑，适于温热带浸渍电动机、电器线圈
	环氧树脂	1033	黄褐	二甲苯、丁醇等	120±2	2	B	具有较好的耐热、耐潮湿性，漆膜光滑，有弹性，适于温热带浸渍电动机绕组或作电动机、电器零部件表面覆盖层
	气干环氧树脂		黄褐	二甲苯	25			低温下干燥迅速，其他性能同 1033，适用于不宜高温烘烤的温热带电器绝缘零件表面覆盖
	胺基本酚醛酸树脂漆		黄褐	二甲苯及溶剂	105±2	1	B	固化性好，对油性漆包线溶解性小，适于浸渍电动机、电器线圈
	无溶剂漆	515-1 515-2	黄褐		130	1/6	B	固化快，耐热性及介电性能好，不需用活性溶剂，适于浸渍电器线圈用



续表

名 称		型号	颜色	溶 剂	温度 (℃)	时间 (h)	耐热等级	特性及用途
	硅有机漆	1050	淡黄	甲苯	200	1/2	H	耐热性高
		1051				H		同 1050，但耐热性稍低，干燥快，固化性良好，防霉、防油性 & 介电性能好，适于高温线圈浸渍及石棉水泥防潮处理
		1052			20	1/4	H	性能同 1050 相似，耐热性稍低，用于高温电气线圈浸渍及绝缘零部件表面修补（低温干燥）
		1053 1054					性能与 1052 相似，用于制造	
	覆盖磁漆	灰磁漆	1320	灰	二甲苯	105±2	3	E
红磁漆		1322	红	二甲苯	105±2	3	E	同 1320
气干红磁漆		1323	红	二甲苯	20±2	24	E	同 1320，但低温干燥，适于不宜高温烘烤的电动机电器线圈覆盖及各种电器零部件表面修饰
硅有机磁漆		1350	红	二甲苯	200	3	H	耐热性高、耐潮、耐冲击和介电性能良好，适于高温电气线圈覆盖

1.3.3 轴承

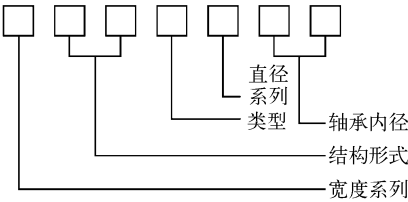
轴承的品种和规格很多，但用于中、小型电动机的轴承大多都采用滚动轴承，因为它装配方便，维护简单，而且轴承与轴紧密配合，不易造成定子、转子的相互摩擦，如图 1-44 所示。

了解了轴承的型号，便可根据其参数选定所需要的轴承。同时也可根据轴承的型号判断出轴承的内径、类型、系列及结构的特点等。

轴承的基本型号通常用一组数字来表示，这组数字共有 7 位，每位数字所代表的意义如下：



图 1-44 轴承



- ① 当轴承内径在 20~425mm 范围内，型号右端两位数字乘以 5，即表示轴承内径的尺寸。
- ② 型号右端起第三位数字表示直径系列：

1——特轻系列；

2——轻系列；

3——中系列；

4——重系列；

5——轻宽系列；

6——中宽系列。
- ③ 型号右端起第四位数字表示轴承的类型：

0——双引角接触球轴承；

5——推力球轴承；

- 1——闸心球轴承；

2——闸心滚子轴承；

3——圆锥滚子；

4——双引深沟球；

④ 型号右端第五位数字和第六位数字表示轴承的结构特点：

05——外圆有止动槽；

⑤ 型号右端起第七位数字表示轴承宽度系列：

1——正常系列；

2——宽系列；

3、4、5、6——特宽系列；
- 6——深沟球轴承；

7——角接触球；

8——推力圆柱滚子；

9——推力滚子轴承。

15——带防尘罩。

7——窗系列；

8、9——特殊系列。

1.3.4 电刷

电刷是用在电机的换向器（整流子）或集电环（滑环）上，作传导电流的流动接触件。电刷选用是否恰当，与电动机的运行性能有很大关系。一般的选择原则是根据电刷的密度，集电环或换向器的圆周密度和电动机的类型、特性及运行条件来决定电刷的具体型号。

因电刷的材料和制造方法不同，常用的电刷可分为三种。

(1) 石墨电刷

石墨电刷是在天然石墨中加入沥青、煤焦油等黏合剂混合而成，质地较软，一般用在整流条件正常、负载均匀的电动机上。

(2) 电化石墨电刷

电化石墨电刷是由石墨、焦炭、炭墨经 2 500℃以上的高温烧制而成的，耐磨、用途广泛。

(3) 金属石墨电刷

金属石墨电刷是由铜及少量的锡、铅等金属粉末渗入石墨混合制成的，其导电性能良好。

电动机常用电刷的类别、基本特征及主要用途如表 1-8 所示。

表 1-8 电动机常用电刷的类别、基本特征及主要用途

类 别	型 号	基 本 特 征	主 要 应 用 范 围
石墨电刷	S4	硬度较低，润滑性好	小容量交流电机集电环
	S-4	硬度和摩擦系数较低	换向困难的电机
	S-6	多孔软质电刷，硬度低	汽轮发电机的集电环
电化石墨电刷	D104	硬度低，润滑好，换向性能好	汽轮发电机集电环大中型同步电机集电环
	D172	润滑性好，摩擦系数低，换向性好	同步电机集电环
	D213	硬度和机械强度较高	具有机械振动的牵引发动机
	D214 D215	硬度和机械强度较高、润滑和换向性能好	牵引电动机、轧钢电动机汽轮发电机集电环
	D252	硬度中等，换向性好	汽轮发电机的励磁机
	D308 D309	质地硬，电阻系数高，换向性好	角速度较高的电动机扩大机电力机车用牵引机
金属石墨电刷	J204		小容量异步电动机集电环，同步电动机集电环
	J203 J220	低含铜量，电阻系数较大，允许电流密度小	大电流充电发电机小型牵引电动机，绕线转子异步电动机的集电环



本章小结

1. 电路是由电源、导线、负载和控制元器件构成的电流的通路。磁路是磁通经过的闭合路径。
2. 电流产生的磁场方向可用安培定则来判断, 磁场对处在其中的载流导线有作用力, 其受力方向可由左手定则判断; 电磁力的大小为 $F=BIL\sin\theta$, 式中, θ 为载流导体与磁感应强度方向的夹角。
3. 电磁感应的实质是变化的磁场在导体中产生感应电动势, 因此常把电磁感应叫做“动磁生电”。产生感应电动势的条件是相对磁场运动而切割磁力线或线圈中的磁通量发生变化。
4. 法拉第电磁感应定律: 线圈中感应电动势的大小与磁通的变化率成正比, 即: $E=N\Delta\Phi/\Delta t$ 。通常用此式计算感应电动势的大小, 而用楞次定律来判别感应电动势的方向。
5. 直导线切割磁感线产生的感应电动势方向用右手定则来判断, 其大小为: $E=BLv\sin\theta$ 。
6. 正弦交流电的电动势、电压和电流都是按正弦规律变化的, 可用正弦函数式表示:

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

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

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

E_m 、 I_m 、 U_m 为交流电的最大值; $\omega=2\pi f=2\pi/T$ 叫角频率; $(\omega t+\varphi)$ 叫交流电的相位; f 叫交流电的频率; T 叫周期。

7. 三相交流电是三个最大值相等且相位互成 120° 的单相交流电的集合。三相交流电路中, 电源和负载都有星形联结和三角形联结。

在电源的星形联结中:

$$U_{\text{线}}=\sqrt{3}U_{\text{相}}$$

在电源的三角形联结中:

$$U_{\text{线}}=U_{\text{相}}$$

在负载的星形联结中:

$$I_{\text{线}}=I_{\text{相}}$$

此时, 若三相负载对称, 则中线电流 $I_0=0$, 中线可省去, 电路可变为三相三线制。

在负载的三角形联结中:

$$U_{\text{线}}=\sqrt{3}U_{\text{相}}$$

8. 通用电工工具是维修电工常用的工具, 本章介绍了验电笔、旋具、电工刀、活络扳手和电烙铁的使用及维护; 专用电工工具是维修电动机的必备工具, 本章介绍了嵌线工具、拆卸工具和测量工具的使用。

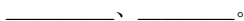
9. 电动机维修中常用的仪表有万用表、钳形电表和兆欧表, 本章介绍了这些仪表的使用及注意事项。



复习思考题

一、填空题

1. 电路是由_____、_____、_____、_____所组成的, 其状态有三种: 即_____、



10. 万用表由_____、_____、_____三部分组成。

1. 与线圈中的感应电动势成正比的是 ()。

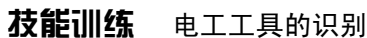
- A. 通路 B. 开路 C. 短路

1. 电路的三种状态都是正常工作状态。 ()
2. 用万用表测得的电压值是交流电电压的最大值。 ()
3. 验电笔可用来当螺丝刀使用。 ()
4. 焊接电动机定子绕组接线时宜选用内热式电烙铁。 ()
5. 电工刀柄不带绝缘装置, 不能进行带电操作。 ()
6. 用活络扳手扳动大螺母时, 手应靠近扳手头部位置。 ()
7. 钳形电流表可用于测量高压设备的电流。 ()
8. 交流电的解析式、波形图和矢量图都能完整地描述交流电随时间变化的规律。 ()
9. 三相异步电动机是三相对称负载。 ()
10. 在电动机的嵌线过程中划针用来整理槽内的导线。 ()



四、简答题

1. 交流电的有效值的物理意义是什么?
2. 钢丝钳使用时应注意哪些问题?
3. 怎样使用万用表测量电阻?
4. 如何使用兆欧表测电动机的绝缘电阻? 简述其步骤。
5. 使用钳形电流表时要注意哪些事项?



【实训目的】

了解电工工具的类别，掌握其使用方法。

【实训器材】

通用电工工具和电动机维修专用工具各一。

【实训步骤】

根据本章所学内容,将通用电工工具和电动机维修专用工具进行分类训练,并记于表 1-9 中。

表 1-9 通用电工工具和电动机维修专用工具分类识别统计表

[illegible]