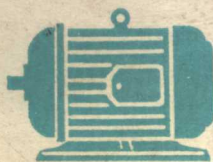


农村机电知识

广东省顺德县机电厂编



毛主席语录

农业的根本出路在于机械化

坚决地把工业部门的工作转移到
以农业为基础的轨道上来。

鼓足干劲，力争上游，多快好省
地建设社会主义。

前 言

伟大领袖毛主席教导我们：农业的根本出路在于机械化。经过伟大的无产阶级文化大革命，特别经过思想和政治路线方面的教育，进一步揭露和批判了刘少奇一类骗子在工业战线推行的修正主义路线之后，毛主席有关农业机械化的指示更加深入人心，一个群众性的农业机械化新高潮正在兴起。随着耕作、排灌、加工等机械的增加，农村机电设备也逐年增多，因此，普及机电知识，已经成为实现农业机械化的重要一环。通过多年的反复实践，我们体会到，只有工人阶级和贫下中农紧密团结，才能完成这个重要任务。

起初，我们采取“轻骑队”的形式，用自行车运载简便工具，在农忙季节下乡，帮助贫下中农维修机电设备和农机具；到了一九六八年，农村的机电设备和农机具更多了，“轻骑队”的形式已经不能适应需要，工人们听取贫下中农的意见，改用维修船带着大修机电设备必需的装备下乡，一边维修，一边传授技术；以后，我们又举办了十多期技术学习班，为生产队直接培训机电技术队伍。几年来，我们采取“走出去”和“请进来”的办法，密切了和贫下中农的关系，也教育了我们自己，树立了加强工农联盟、巩固无产阶级专政的观念。

这本《农村机电知识》，就是以“走出去”和“请进来”当中使用的教材为基础，在党的领导下，由工人、技术人员、革命干部“三结合”编写小组编辑成书的。由于水平所限，本书必然有许多不足之处，望广大读者批评指正。

顺德县机电厂

一九七三年一月

内 容 简 介

本书是广东省顺德县机电厂“三结合”编写小组编著的。他们把自己工厂多年来在制造、维修农用机电设备及培训农村机电人员方面的实践经验，加以总结、提高，编成此书。它以比较通俗易懂的文字，深入浅出地介绍农业生产常用的一些机电设备的原理、构造、使用及维修知识。

目 录

第一章 电工基础知识	1
第一节 直流电路的基本规律	1
第二节 电与磁的关系	9
第三节 三相交流电	14
第四节 三相电源绕组的连接法	16
第五节 三相交流电功率的计算	20
第二章 水 泵	21
第一节 概 述	21
第二节 离心泵	21
第三节 轴流泵	26
第四节 水轮泵	30
第五节 水泵的性能	30
第六节 水泵的选择、运行和维护	32
第三章 三相异步电动机	37
第一节 我国电机工业的发展概况	37
第二节 电动机的结构及原理	38
第三节 三相感应电动机转速与磁极的关系	48
第四节 电动机的电角度	49
第五节 绕组的分布及联接	51
第六节 三相异步电动机的使用、维护及故障分析处理	62
第七节 修理电动机重绕线圈的计算	78
第八节 输电线路电压降的计算及导线截面积的选择	89
第四章 变压器	99
第一节 变压器的分类和结构	100

第二节	变压器的工作原理	104
第三节	变压器的空载运行	105
第四节	变压器的负载运行	109
第五节	关于农用变压器的运行管理	114
第六节	变压器的检修	122
第七节	变压器的并列运行	127
第八节	电焊变压器和电焊机	131
第五章	常用电工仪表	137
第一节	电工仪表的分类和误差	137
第二节	电工仪表的常用测量机构	138
第三节	电流表及电压表	144
第四节	仪用互感器	147
第五节	兆欧表(又称摇表)	154
第六节	电度表(瓦时表)	158
第七节	万用电表	162
第六章	安全用电	176
第一节	安全用电的重要性	176
第二节	触电伤亡事故发生的原因	177
第三节	触电的几种情况	178
第四节	如何防止触电事故	180
第五节	关于中性点不接地的基本原理和要求	181
第六节	触电急救法	187
第七节	保险丝的选择	189

第一章 电工基础知识

第一节 直流电路的基本规律

(一) 电流

当我们把电路接上电源时，电路中就会有电流通过，电灯便会发光，电动机便会转动。究竟电流是怎么一回事？

我们首先从物质的内部结构来认识电流的本质。我们知道，自然界的一切物质，都是由许多分子组成的，而分子则由更小的原子组成，原子又由一个原子核和一些电子组成，

电子以高速在它周围旋转着，如图1—1所示。在一般情况下，原子核带的正电荷与核外所有电子所带负电荷的总电量相等，因而显示出电的中性，即不具电性。

当原子受外界作用力的影响而失去部分电子时，物质就带正电，当原子得到部分电子时，物质就带负电。

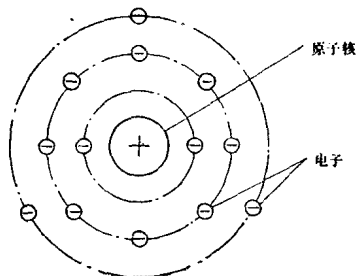


图1—1 金属原子里的原子核和电子

一切金属的原子、原子核外围都有不稳定的电子，它们容易脱离原子核的吸引而作自由运动，这种电子称为自由电子。因此，金属是导电性能良好的物体，简称为导体。在金

属中，当自由电子受外力作用时，便沿着一定的方向流动，这种定向运动的电子流称为电流。电流的强度以每秒钟通过导体横截面积的电量来计算，并用“ I ”表示：

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

式中 Q ——电荷(单位：库仑)

t ——时间(单位：秒)

电流强度(I)的单位有：安培(A)、毫安(mA)

1 安培 = 1000 毫安 = 1000000 微安

习惯上规定正电荷移动的方向为电流方向。从以上分析可知，导体内具有自由电子是电路中产生电流的内在根据。

(二)电压(电位差)

要使导体内的自由电子作定向移动，需要有一定的外界条件。为了说明这个问题，我们用水做比方，河水从水位高处流向水位低处，这种促使水流动的压力叫水压或水位差。同样，要使导体中产生持续不断的电流，导体两端必须保持一定电位差，电位差通常叫电压。用“ U ”表示，单位是伏特。电路中的电压可以用电压表来测量。

从以上分析可知，电路两端有电位差是促使自由电子形成电流的外因。因此，在电路中，只要存在可以移动的自由电子，再加上电路两端具有电压，就会形成电流。产生和维持电路上电压的装置称为电源。电源也分为两种：

交流电源——交流发电机等。

直流电源——直流发电机、干电池、蓄电池等。

(三)电阻

电路两端间具有电压，促使电路中导体内部的自由电子，

定向流动而形成电流。另一方面，导体中又存在着妨碍自由电子作定向移动的阻力，导体对电流所显示的这种阻力，称为导体的电阻。用“ R ”表示，单位是欧姆(Ω)。

实践证明：导体的电阻(R)与导体的长度(l)成正比，与导体的横截面积(S)成反比，即：

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

式中 ρ 是常数，叫导体的电阻率，其数值决定于导体的材料。下表是几种导体在温度 20°C 时的电阻率：

导体材料	银	铜	铝	钨	铁
电 阻 率 ρ (欧姆·毫米 ² /米)	1.63×10^{-3}	1.72×10^{-3}	2.83×10^{-3}	5.51×10^{-3}	10.0×10^{-3}

从上表可以看出，除银外，铜的电阻率最小。其机械性能也好，是理想的导电材料。铝的导电性能虽然比银和铜差些，但是我国铝的蕴藏量大、价廉、比重小，广大工农兵广泛地利用铝代替铜。现在电机和电器工业中，已经成功地制成了铝线电机、铝线变压器，为国家节约了大量铜材。

(四)电路与欧姆定律

1. 完全电路

用导线将电源和用电器（又称负载）联接起来，构成电流流通的一个回路叫做电路。如图1—2所示。这种电路又称为完全电路或闭合电路。完全电路的电流从电源出发，经过导线和用电器再经过另一导线回到电源。在电路中有回路，主要是使电流能够不断地循环流动，如果没有回路，例如从B点断开，虽然在导线和用电器中有一部分自由

电子可以被电池正极吸收，但是导线和用电器中所缺的电子却得不到补充，所以在极短时间内，用电器的电位就和正极相等，电流就不能连续通过用电器。例如用电器是灯泡，则灯泡不发亮。

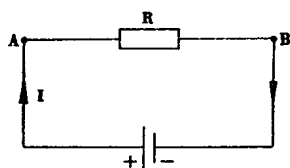


图 1—2 完全电路

2. 欧姆定律

在电路中，有电流流过时，必然和电压、电阻发生联系。实践证明，在电路中电流的强弱与电压的高低成正比，而与电阻的大小成反比，这种规律称为欧姆定律。

用公式表示：

$$I = \frac{U}{R}$$

I ——电流（单位：安培，简称“安”）

U ——电压（单位：伏特，简称“伏”）

R ——电阻（单位：欧姆，简称“欧”）

欧姆定律适用于完全电路，也适用于部分电路。但在计算时必须注意以下两点：

①在完全电路中，通过的电流等于整个电路的电压被电路的总电阻来除。

②在部分电路中，通过的电流等于这部分电路两端的电压被这两端间的电阻来除。

在日常电工技术中，测量电气回路是否开路、短路或漏电，例如测量电动机有无短路、漏电，可利用欧姆定律的原理用摇表来检查。

（五）串联电路与并联电路

我们将电源和用电器（电灯、电动机等）用导体联接起来，便构成简单电路。在实际工作中，这种简单的电路不多。根据不同的需要，电源或用电器有很多不同的联接方法。不管怎样联接，归纳起来有两大类：一类是串联，另一类是并联。

1. 串联电路

在公共汽车车厢外，一般都装有转向指示灯，转向时，司机用闪亮的指示灯来表示转弯的方向，司机为了要知道在车厢外的指示灯是否亮，便在指示灯电路上串一个小灯泡安装在仪表盘上，司机观察小灯泡就知道车厢外的指示灯是否正常工作。这种把两个灯泡依次连接起来的接法叫串联，如图 1—3 所示。

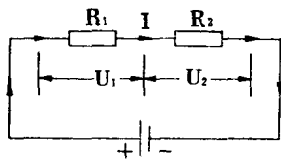


图 1—3 串联电路

在串联电路中，总电阻等于各个分电阻之和。而总电压也是等于各个分电压之和。总电流等于分电流。

根据欧姆定律：

$$I = \frac{U}{R} = \frac{U_1 + U_2}{R_1 + R_2}$$

例：在图 1—3 中，设 $R_1 = 10$ 欧， $R_2 = 15$ 欧，串联起来，接在 225 伏的线路上，问有多少电流通过该电路？并核对计算结果。

$$\text{解： } R_{\text{总}} = R_1 + R_2 = 10 + 15 = 25 \text{ 欧}$$

$$U_{\text{总}} = 225 \text{ 伏}$$

$$\therefore I_{\text{总}} = \frac{U_{\text{总}}}{R_{\text{总}}} = \frac{225}{25} = 9 \text{ 安}$$

核对: $I_{\text{总}}$ 流过 R_1 $U_1 = IR_1 = 9 \times 10 = 90$ 伏

$I_{\text{总}}$ 流过 R_2 $U_2 = IR_2 = 9 \times 15 = 135$ 伏

则 $U_{\text{总}} = U_1 + U_2 = 90 + 135 = 225$ 伏

2. 并联电路

在日常照明电路中, 为了避免互相影响, 电路中的灯泡一般采用并联的接法, 如图 1—4 所示。

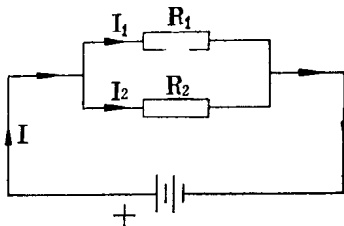


图 1—4 并联电路

在并联电路中, 总电流等于各支路电流的和。

总电阻的倒数等于各支路

电阻的倒数和。而各支路两端间的电压都相等, 即总电压等于分电压。

$$I_{\text{总}} = I_1 + I_2$$

$$U_{\text{总}} = U_1 = U_2$$

根据欧姆定律:

$$I_{\text{总}} = I_1 + I_2 = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\text{即 } U \frac{1}{R_{\text{总}}} = U \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\therefore \frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

(六) 电功、电功率和效率

1. 电功和电功率

电动势和电压是促使电流流动的原动力。例如有一伏特电动势的电池, 促使一库仑的电量由正极回到负极所做的功就称为电功。这时的电功就是一焦耳。

公式: $A = U \times Q$

$$= UI t$$

式中: A —— 电功 (单位: 焦耳)

U —— 电压 (单位: 伏特)

Q —— 电量 (单位: 库仑)

t —— 时间 (单位: 秒)

在单位时间 (1 秒) 内, 电流所作的功, 就是电功率。
用“P”来表示, 单位是“瓦特”, 简称为“瓦”, 用“W”表示。
公式是:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{UI t}{t} = UI$$

根据欧姆定律, 电功率也可由下列公式计算:

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

在实际运用中, 常用千瓦 (简写瓩) 来计算电功率, 每
小时用电 1 千瓦就是一度电, 所以电度单位是瓩一小时。

功率换算单位:

$$1 \text{ 马力 (HP)} = 0.736 \text{ 千瓦 (KW)} = 75 \text{ 公斤米/秒}$$

$$1 \text{ 千瓦 (KW)} = 1.36 \text{ 马力 (HP)} = 102 \text{ 公斤米/秒}$$

例: 有一台 3 马力的直流电动机接在 220 伏的线路中,
试计算该机所用电流。

解: 1 马力 = 736 瓦

$$3 \text{ 马力} = 3 \times 736 = 2208 \text{ 瓦}$$

$$\therefore P = UI = 2208 \text{ 瓦}$$

$$\therefore I = \frac{P}{U} = \frac{2208}{220} = 10.03 \text{ 安}$$

2. 效率

转换和输送能量的过程中, 因为有种种损失的缘故, 所

以输出的能量或功率总是小于输入的能量或功率的。即：

$$\text{输入功率} = \text{输出功率} + \text{损失}$$

为了表示电动机和电气设备的好坏，我们常常用电动机或其他电气设备从电源吸收的能量（输入）与作功时所用的能量（输出）之比来表示，叫做效率。效率用“ η ”表示。即：

$$\eta(\text{效率}) = \frac{\text{输出功率}}{\text{输入功率}} \times 100\%$$

例：有一台 5 马力的直流电动机接在一台直流发电机供电的电路里，发电机两端的电压为 230 伏，已知通过电动机的电流为 20 安，求电动机的效率和损失。

解：电动机从电源吸收的功率（输入）：

$$P = UI = 230 \times 20 = 4600 \text{ (瓦)}$$

而电动机输出功率 = 5 马力 = $5 \times 736 = 3680 \text{ (瓦)}$

$$\text{故 } \eta(\text{效率}) = \frac{\text{输出功率}}{\text{输入功率}} = \frac{3680 \text{ (瓦)}}{4600 \text{ (瓦)}} = 80\%$$

则电动机损失功率为：

$$\text{损失} = \text{输入} - \text{输出} = 4600 - 3680 = 920 \text{ (瓦)}$$

(七) 电流的热效应

电流通过导体会发热，温度上升。由此可见，电流与发热是互相依存的。我们把电流通过导体发热的现象称为电流的热效应。这是电能转变为热能的过程。

热量的单位为卡。1 卡等于 1 克纯水温度升高 1°C 时所需要的热量。根据实践证明，一焦耳的功可转换为 0.24 卡热量。用公式表示：

$$A(\text{电功}) = ItU = ItIR = I^2Rt$$

如果电流所作的功全部转变为热能(Q)：

$$\text{可得 } Q = 0.24I^2Rt$$

$$\text{或 } Q = 0.24IU t$$

这公式称为电热定律（楞次——焦耳定律）

例：一个电炉接在 220 伏的电源上，电炉发热丝所通过的电流为 5 安，如使用了 20 分钟，问它会产生多少热量？

解：已知 $U = 220$ 伏， $I = 5$ 安培， $t = 20 \times 60 = 1200$ （秒）

代入公式

$$Q = 0.24IU t = 0.24 \times 5 \times 220 \times 1200 = 316800 \text{ (卡)}$$

电流热效应的实际应用很广，如电灯、电炉、电烙铁、保险丝等都是利用这个效应的。

第二节 电与磁的关系

世界上一切事物都是互相联系着，互相依赖着，互相作用着的。在物理学中，电与磁是互相依赖、互相对立的一对矛盾。

（一）电生磁

1. 磁的基本特性

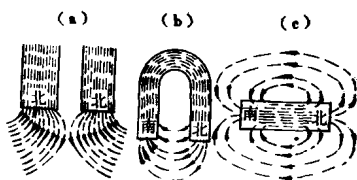
世界上任何一种现象都和周围事物密切联系着，孤立的现象是没有的。磁的现象也是这样。例如指南针，它是一种经常具有磁性的针，在地球磁极的作用下，能指示出南北方向。如果用一根同形式、大小的竹针，它就不会指示出方向了。

从实践中，我们知道磁所具有的特性：

- ① 磁铁有两个极，即南极和北极。
- ② 磁极间的作用是同性相斥，异性相吸。
- ③ 磁极只是在一部分物质上可以存在（例如铁），但在另一部分物质上（例如铜等）就不可能存在。

④磁场含有能量（否则，磁针就不能转动）。

如果把一根条形或马蹄形磁铁，放在玻璃板上，然后放上一些铁屑，则铁屑就会被吸引到磁铁



上，排列成如图1—5所示。

图1—5 磁力线在磁极内、外的分布

从这个实验我们可以看到，两个同性的磁极放在一起，如图1—5a所示时，铁屑分成两排，不连接；若把两个异性磁极放在一起，如图1—5b及图1—5c所示时，铁屑就把两个磁极相连。在这实验中，虽然铁屑没有和磁铁接触，但在一定范围内，铁屑受到磁极的作用，按照一定规律排列起来。从上面的实验中，我们又可以得到另外一些磁的知识：

①磁极附近有磁场存在。

②磁力线的方向，由北极出发回到南极。

③磁的同性相斥，异性相吸是磁力线具有缩短长度的倾向的表现。

2. 电流的磁场

上面已经知道，因为磁铁能够吸引它附近的铁屑，所以这就证明了在它附近的确有磁场存在。但是在通电导体的周围情况又怎样呢？我们把小磁针放在一根通电导线或通电线圈（螺线管）的周围，可以发现磁针会发生偏转，如图1—6所示。这就说明了在通电导线周围有磁场存在。电铃、电动机、变压器就是根据电流通过导线，在导线周围产生的磁场，使铁磁化这样的原理工作的。

这个现象表明了电流与磁场存在着内在联系。我们可以

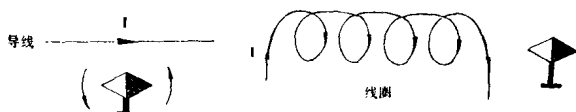


图1—6 磁针在磁场作用下的偏转

用右手定则来找出电流与磁场的关系。右手定则是：如果电流沿着大拇指所指方向流过，则其他四指所指方向为磁场方向。相反，如果其他四指所指的是电流方向，则大拇指所指的方向为磁场方向，如图1—7所示。

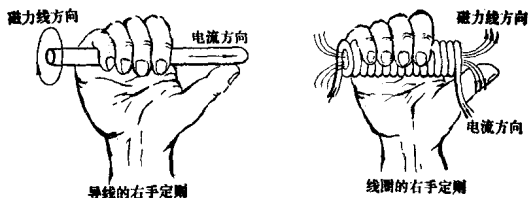


图1—7 导线及线圈的右手定则

(二)磁生电

1.电磁感应现象

电与磁是互相联系而又互相矛盾的。矛盾着对立的双方互相斗争的结果，无不在一定条件下互相转化。电流与磁场是互相依存的。因此，磁场在一定条件下(如导线切割磁场)也能产生电流。

我们现在来观察下列现象，如图1—8所示。当把磁铁插入线圈和从线圈中取出时，电流表指针就会发生偏转，磁铁插入和取出时指针的方向相反，表明回路中有电流，这种现象叫电磁感应。所产生的电流为感应电流。感应电流的出现，表明导线中有感应电动势。应用右手螺旋定则可知：在