

机床电气维修技术

王广仁 韩晓东 王长辉 编



机床电气维修技术

王广仁 韩晓东 王长辉 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn



内 容 提 要

本书结合编者多年的实际工作经验编写而成,本书系统全面地分析了机床电路识图、基本知识及电器元件、机床常用各种基本控制电路、机床电气维修的方法及步骤。重点详细讲述了车床、磨床、钻床、铣床、镗床刨床电气维修。对于可控硅机床电气维修和数控机床电气维修也作了必要的介绍。

本书起点低,内容由浅入深,循序渐进,语言通俗易懂,概念清楚透彻,重点突出,并注重解决实际问题。通过此书的学习,机床电气维修人员可以迅速提高维修水平,解决生产实际问题。本书可供机床维修电工学习阅读,也可作为高专、高职机电一体化专业学生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

机床电气维修技术/王广仁,韩晓东,王长辉编.北京:
中国电力出版社,2004

ISBN 7-5083-2224-X

I.机... II.①王... ②韩... ③王... III.机
床-电气控制-维修 IV.TG502.35

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 052362 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 11 月第一版 2004 年 11 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.25 印张 347 千字 2 插页

印数 0001—4000 册 定价 22.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

前言

随着工业的发展,电气自动控制技术的进步,目前,各种机床设备,已普及到广大城市及乡镇。一名真正合格的机床维修电工,必须掌握机床电气维修技术。由于,近年来有关机床电气维修方面的书籍很少,使许多老电工不了解新的技术,而新电工又不了解老的设备。我们经常碰到一些维修电工向我们索要有关维修方面的书籍,问我们能不能介绍有关维修方面的经验技术给他们。于是,我们决定写一本没有繁琐的计算,没有高深的理论,既考虑到新的电工的要求,又照顾到文化水平较低的老电工的需要,使具有一般文化水平的机床维修电工都能一看就懂,一学就会的技术书籍,起到承上启下的作用。使广大工作在生产一线的维修电工,尽快提高他们的技术水平,适应社会需要,让这本书,成为机床维修电工的良师益友,作为大家真正的朋友。

根据我们多年来从事机床电气设计及维修技术工作的实践,并总结广大在生产一线中工人同志丰富的经验积累,编写这本机床维修电工工作的指导书。本书既介绍了常用的基本知识、电气元件,又讲了机床故障处理的基本方法。不仅对几十年来贯用的继电控制的老式机床做了说明,而且也前景可观的世界先进控制技术,20世纪70年代初引入我国的晶闸管技术、晶闸管控制的机床,20世纪80年代蓬勃兴起的可编程序控制器控制的机床、数控机床作了说明。希望广大机床维修电工能多掌握一些知识,对广大技术工人有所帮助。

在此书编写的过程中,曾受到黑龙江省机械研究院高级工程师王克忠同志、黑龙江省森工总局干部管理学院林振铎同志、哈尔滨印刷机械厂高级技师陈敬堂同志、技师宋世军等同志的指导和大力帮助,在此深表谢意。

本书在编写过程中,参考一些国内已经出版了的相关书籍及有关机床电气维修资料,对这些资料的提供者深表谢意。

由于编者水平有限,书中难免存在错漏,希望广大读者、尤其是广大从事电气工作的科技人员及在生产一线上的老师傅、老技术工人多提宝贵意见。以便再版时进行改正,谢谢。

编者

2004.3

2A012/06

目 录

前言

第一章 基本知识及电器元件	1
第一节 基本知识	1
第二节 晶闸管基础知识	8
第三节 电器元件及其选择	13
第二章 机床电路识图	35
第一节 电路图的作用及分类	35
第二节 机床常用图形符号及文字符号	38
第三章 机床典型电路	53
第一节 基本电路	53
第二节 电动机的起动控制电路	59
第三节 电动机的制动电路	69
第四节 电动机的调速电路	77
第五节 控制电路的反馈	79
第六节 晶闸管电路	80
第四章 机床电气维修的方法及步骤	84
第一节 机床电气维修的工具与仪表	84
第二节 机床电气维修的方法	90
第三节 机床电气维修的步骤	93
第五章 车床电气维修	96
第一节 C620-1 型普通车床电气维修	96
第二节 C6136A 型普通车床电气维修	97
第三节 C534J1 立式车床电气维修	99
第四节 车床电气保养	115
第六章 磨床电气维修	117
第一节 M7130 卧轴矩台平面磨床的电气维修	117

第二节	M115 型磨床电气维修	123
第三节	M2110 型普通内圆磨床	125
第四节	M1432B 型 320mm 万能外圆磨床电气维修	126
第五节	Y7520W 万能螺纹磨床电气维修	128
第六节	磨床电气保养	136
第七章	铣床电气维修	138
第一节	X62W 万能升降台铣床电气维修	138
第二节	带电磁离合器铣床的电气维修	143
第三节	X52K 立式升降台铣床的电气维修	146
第四节	铣床电气保养	149
第八章	镗床电气维修	151
第一节	T68 卧式镗床电气维修	152
第二节	T617 卧式镗床的电气维修	155
第三节	镗床电气设备保养	159
第九章	钻床电气维修	160
第一节	Z35 摇臂钻床	161
第二节	Z3040 系列摇臂钻床的电气控制	166
第三节	钻床电气设备保养	171
第十章	刨床电气维修	172
第一节	A 系列龙门刨床的电气维修	172
第二节	龙门刨床电气保养	195
第十一章	晶闸管机床电气维修	197
第一节	CJW6140 型车床晶闸管调速装置电气维修	197
第二节	B110 单臂刨床晶闸管调速装置电气维修	199
第三节	T4163 型单柱坐标镗床晶闸管调速装置电气维修	202
第四节	电子及可控硅线路电气保养	204
第十二章	先进技术机床电气维修	206
第一节	先进技术机床简介	206
第二节	先进技术机床电气维修	207
第三节	数控机床电气保养	220
参考文献		221

第一章

基本知识及电器元件

机床维修电工要具备一定的专业知识,只有具备一定的专业知识,掌握一定的技术,熟练掌握并会用常用电器原件,做到懂得原理、熟练掌握、运用自如,只有这样才能当好一名真正合格的电工。

第一节 基 本 知 识



一、基本概念

现在人们已经清楚地认识到,任何物体都是由很小的微粒——分子组成的,分子则是由更小的微粒原子组成的;原子又由一个原子核和若干个电子组成等许多知识。下面对常用的名词做简单的介绍。

(1) 电压。表示电荷从 A 点到 B 点电场作功的能力,符号为 U , 单位为 V (伏特)。

(2) 电流。导体中载流子做有规则的定向运动,就形成电流,也就是导体截面上每秒中流过的电量,称为电流强度。我们也称电流,符号为 I , 单位为 A (安培)。

(3) 电阻。物体限制电流的能力就叫电阻。符号为 R , 单位为 Ω (欧姆)。

电阻与什么有关呢?经科学家实践证明,电阻的大小与材料有关,电阻与物体的截面积成反比,电阻与物体的长度成正比。

温度对电阻也有很大的影响,试验证明当温度升高时,纯金属的电阻增大;碳、电解液(即酸、碱、盐的水溶液)、半导体和绝缘体等的电阻减小;合金(如镍合金)的电阻基本不变。

(4) 电感。电感是自感与互感的统称。

1) 自感。在一个闭合回路中,当电流变化时,则由这电流所产生的磁通也发生变化,因此在回路中也将感应出电动势,我们把这个现象称为自感现象。这种感应电动势就叫自感电动势。穿过这个回路所包围面积的磁通与产生此磁通的电流之间的比例系数,叫做回路的自感系数,简称自感或电感,其数值等于单位时间内,电流变化一个单位时由于自感而引起的电动势,单位为 L (亨利),简称亨。

2) 互感。如果有两个相邻的线圈,接电源的一支线圈叫一次线圈,另一支线圈叫二次线圈。当一次线圈的电路接通或断开的瞬间,可以看到与二次线圈相连的电表指针偏转,说明这时在二次线圈中也产生了感应电动势。而当一次线圈电流稳定不变时,二次线圈的电表指针就不偏转,说明这时二次线圈不产生感应电动势。为什么一次线圈电流变化,会使二次线圈产生感应电动势呢?这是由于一次线圈电流变化时,使磁通变化,它不仅引起一次线圈上产生自感应电动势,而且一次的磁通变化有部分或全部是与邻近的二次线圈相环链的,就同时使二次线圈也产生了感应电动势。这叫做互感,互感应产生的电动势就叫做互感电动势。单位为 L (亨利),简称亨。

(5) 频率。每秒钟内电流方向改变的次数叫做交流电的频率,符号为 f , 单位为 Hz

(赫兹)，简称赫。我国交流电频率为 50Hz。

(6) 周期。交流电每变化一周所需根据时间叫周期，符号为 T ，单位为 s (秒)。

二、欧姆定律

欧姆定律是反映电路中电流、电压、电阻三者关系的基本定律。

1. 电压降

(1) 电压降的意义及其与电压的关系

电流通过电阻时，要消耗电能（即电场对外做了功），所以，在外电路上，沿着电流的方向，电位会不断降低。电阻上电位降低的数值，叫电压降，简称压降，符号为 U 。电位降低的方向，即电流的方向，就是电压降的方向。

在数值上，电压降就等于 1C (库仑) 正电荷通过该段电阻时消耗的能量，所以，电阻上电位降低的数值是它两端的电位差（电压），即等于电流与电阻的乘积。可见 $U = IR$ 。也就是计算电压降的公式。

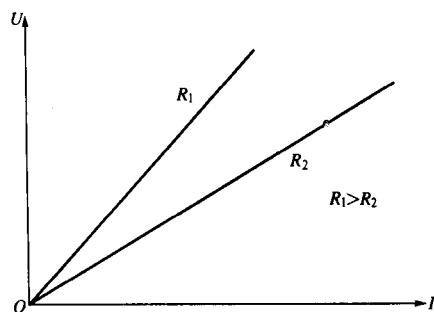


图 1-1 电压降与电流的关系（电阻线）

电压降与电流的关系 $U = IR$ ，也可以用图形象表示，如图 1-1 所示，它是根通过原点的直线。当导体电阻不受电压或电流影响，而能保持一定数值，这种电阻叫线性电阻。当电阻增大时，这根直线就变得更倾斜些（即斜率增大），即电阻的大小，决定了图中直线的倾斜度。所以，习惯把这根直线叫电阻线。

电压降和两端的电压在数值上是相等的，但两者是有区别的。电压是电位差，没有电流时，电源正负极两端就有电位差，也就有电压；电压降是电位降低数，一定要有电流，在电阻上消耗电能，才有电压降。ab 两点间的电压表示 1C 的正电荷从 a 到 b 电场能够做出多少功；而 ab 两点间电阻 R 上的电压降是表示 1C 正电荷通过该电阻时电场消耗了的能量。

电源供电时，电流通过内电路电阻 (r) 也要消耗能量，产生的电压降叫内压降，用符号 U_0 表示。内压降在数值上等于 1C 正电荷通过内电阻 (r) 时，消耗的能量，即等于电流与内电阻的乘积， $U_0 = Ir$ 。

(2) 电源的电动势、端电压与电压降的关系

根据电动势和电压降的意义，外力将 1C 正电荷从电源负极搬运正极所作的功，就是电动势 E ；1C 的正电荷通过外电路电阻时，消耗的能量，就是外电路的电压降，等于电源的电压 U ；1C 正电荷通过内电阻消耗的能量，就是内压降 U_0 ，如图 1-2 所示。

根据能量守恒与转换定律，1C 正电荷在闭合回路中移动一周，其能量转换量应是相等的，所以，在闭合电路中，电源的电动势必等于端电压加内电压，即 $E = U + U_0$ 。

或者说，在闭合电路中，端电压等于电源的电动势

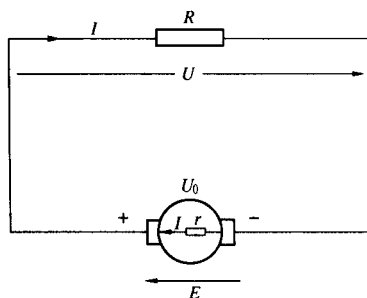


图 1-2 电源的电动势、端电压与电压降的关系

减去内压降，即 $U = E - U_0$ 。

2. 部分电路的欧姆定律

在电路中，电压促使载流子作定向运动，电阻则限制载流子作定向运动，它们对电流所起的作用相反；电压或电阻的变化，都会影响电流的大小。我们先分别地研究电流与电压、电流与电阻的关系，然后再综合三者之间的关系。

(1) 电阻一定时，电流与电压的关系。

在如图 1-3 所示的两次实验中，电路的电阻一定，均为 150Ω ；图 1-3 (a) 中的电压为 1.5V ，测得电流是 10mA ；图 1-3 (b) 图中的电压升高为 3V ，测得电流是 20mA 。这个实验说明：当电路中电阻一定时，电压升高一倍，电流也增大一倍，即电流与电压成正比。

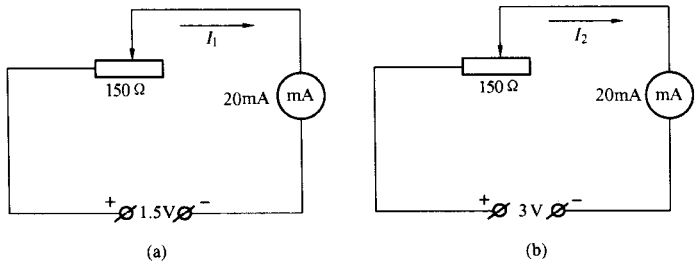


图 1-3 电阻一定时电流与电压的关系

(a) 电压为 1.5V ；(b) 电压为 3V

这是因为，当电路中电阻不变时，电压升高后，电阻导体上电位降梯度加大，电场强度加大，促使自由电子作定向运动的电场力增大，自由电子运动速度加快，在同一时间内就有更多的自由电子流过电路，所以电流增大。

(2) 电压一定时，电流与电阻的关系。

在图 1-4 所示的两次实验中，电路两端的电压一定，均为 3V 。图 1-4 (a) 中电阻为 150Ω ，测得电流为 20mA ；图 1-4 (b) 图中电阻加大为 300Ω ，测得电流减少到 10mA 。这个实验说明：当电路两端的电压一定时，电阻增大一倍，电流减小一半，即电流与电阻成反比。

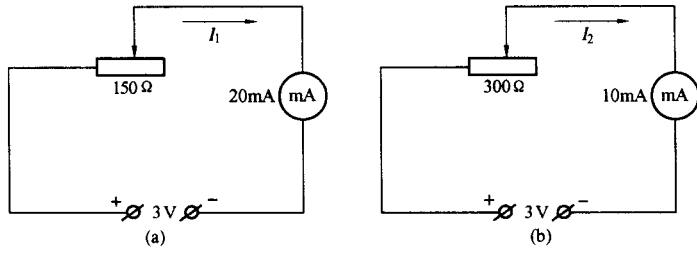


图 1-4 电压一定时电流与电阻的关系

(a) 电阻为 150Ω ；(b) 电阻为 300Ω

这是因为，当电路两端的电压不变时，电阻增大后，限制电流的能力大了，所以电流减小。综上所述，一段电路上电流的大小是由该电路上的电压和电阻共同决定的。其中任何一个基本量变化，都会引起电流的变化。它们的具体关系是：一段电路上电流 (I) 的大小，

与该电路两端的电压 (U) 成正比, 而与该电路的电阻 (R) 成反比。用公式表示, 即 $I = U/R$, 这个关系, 叫欧姆定律。

上式中, 如果电压的单位用伏特 (V), 电阻的单位欧姆 (Ω), 则电流的单位就是安培 (A)。

怎样才能牢牢地记住这个公式? 我们首先划一横杠, 上面写 U (电压), 下面写 I (电流) 与 R (电阻), 即 $\frac{U}{IR}$ 。要想求谁, 就用手把它遮住, 遮住部分是要的, 剩下的就是所要求的公式。例如求 I , 把 I 遮住后, 就只剩下 $\frac{U}{R}$, 所以 I 就等于 $\frac{U}{R}$, 即 $I = \frac{U}{R}$ 。求 U , 就用手把 U 遮住, 剩下的就是想求的公式 IR , 即 $U = IR$ 。同理可求 R , 即 $R = \frac{U}{I}$ 。

3. 全电路的欧姆定律

下面推导全电路中电流与电动势、内外电阻的关系。因为端电压 $U = IR$, 内压降 $U_0 = Ir$, 所以

$$IR + Ir = E$$

$$I(R + r) = E$$

移项既得

$$I = \frac{E}{R + r} \quad \text{电流} = \frac{\text{电动势}}{\text{外电阻} + \text{内电阻}}$$

上式表明: 在全电路中, 电流是由电动势、外电阻和内电阻共同决定的, 电流与电动势成正比, 与内外电阻之和成反比, 其中任意一个量发生变化时, 都会引起电流的变化。

电源的端电压大小, 直接关系着各用电设备工作能否正常, 是仪电人员工作中经常关心的问题。而输出电流的变化, 又会影响端电压的大小。下面应用全电路的欧姆定律分析输出电流对端电压的影响。

为了便于分析, 将 $U = E - U_0$ 式变换为

$$U = E - Ir$$

上式表明: 电源的端电压大小, 由电动势、输出电流和内电阻共同决定。其中任意一个量发生变化时, 都会引起端电压的变化。

通常情况下, 电源的电动势 (E) 和内电阻 (r) 是固定不变的。因此, 由 $E - U_0$ 式可知: 电源的端电压 (U) 将随输出电流 (I)、内压降 (Ir) 的增大而下降。这从物理意义上也是不难理解的: 当输出电流增大时, 由于 1C 电量消耗在内电阻上的电能增加了 (内压降增大), 所以它消耗在外电阻上的电能就会相应的减少 (外压降减小), 即端电压下降了。

端电压随输出电流的增加而下降的情况可根据 $U = E - U_0$ 在坐标图上画出一根直线来表示, 如图 1-5 所示。

电源的端电压随输出电流而变化的实例很多。如大电机在起动过程中, 起动电压发生变化, 这就是由于起动过程中输出电流不断变化而引起的。

当断路 (又叫开路) 时, 由于外电阻等于无穷大 (即 $R = \infty \Omega$), 则电流等于零, 内压降也等于零, 所以由 $U = E - U_0$ 式可知: $U = E - Ir = E - 0 = E$ 。

上式说明: 断路时, 电源的端电压等于它的电动势。

上述结论, 为我们直接测量电源的电动势提供了根据。例如, 只要断开外电路, 用电压

表测量出的蓄电池端电压读数，就是蓄电池的电动势近似值。

当短路时，由于外电阻等于零（忽略导线的电阻），则电流为最大值（ $I_s = E/r$ ）内压降等于电动势，所以由 $U = E - U_0$ 式可知

$$U = E - I r = E - U_0 = 0$$

上式说明：短路时，电源的端电压等于零。

电路发生短路时电流非常大，是很危险的。

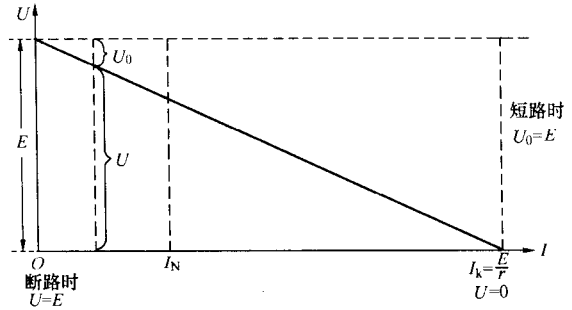


图 1-5 端电压随输出电流的关系

三、电流的热效应

电流通过电阻，将电能直接转变为热能的现象，叫做电流热效应。它在日常生活和设备上表现及其普遍，如电灯、电烙铁、电子管、磁放大器和电机等通电工作时，都会发热。

1. 电热的产生和焦耳、楞次定律

(1) 电热是怎样产生的。

电流通过导体时，做定向运动的载流子不断地与导体中分子或离子发生摩擦和碰撞。在这个过程中，载流子把一部分动能传给了分子或离子，加剧了后者的热运动，于是导体就发出热量来。从能量上看，就是电能转变成了热能。

电热的应用是很广的，如电灯、各种电热加温器，等等。

(2) 焦耳—楞次定律。

通电导体产生的热量（ Q ），与电流的平方（ I^2 ）、导体的电阻（ R ）及通电时间（ t ）都成正比，这就是焦耳—楞次定律。即

$$Q = I^2 R t$$

热量的单位是 J（焦耳）。当电流为 1A、电阻为 1Ω、通电时间为 1s（即电流做 1J 的电功）时，电功能转换生成 1J 的热量。1J = 0.24cal，0.24 叫热功当量。

$Q = I^2 R t$ 表明：电流对发热量的影响最大。这是因为，通电时间和电阻一定时，如果电流增大，则电压也必升高了，电功与电流平方成正比，所以电能转变生成的热量，也是与电流平方成正比。载流子定向运动的速度加快，对分子或离子的撞击力更强，后者的运动急剧加强，导体发出的热量就大大增加。

2. 电器设备的额定值

由于任何电器设备（如发电机、电动机、导线等）中都有电阻，因此工作时就有一部分电能转变为热能，使温度升高。为避免温度升高太多，影响使用寿命，各种电器设备都规定了额定值。

为了理解额定值的意义，下面首先研究通电导体温升的规律。

(1) 电导体的温升。

导体不通电时，它与周围介质的温度是相同的，这时的温度 T_0 叫初温。

当导体上有电流通过时，电流在导体内每秒钟都有一定的发热量使它的温度上升而高于周围介质的温度。由于有了温差，导体就把热量散发到周围介质中去。实践证明散热的温度

是与温差成正比的。在开始时，导体的温度还没有升高多少，与介质间的温差很小，因而散热就很慢。此时电流每秒钟的发热量大部分被导体自身吸收，使导体的温度迅速升高。导体的温度越来越高后，它与介质间的温差也越来越大，散热速度也就越来越快，所以导体温度上升也就缓慢下来。最后，必然达到这样的情况，在每秒钟内导体的散热等于电流的发热量，导体的温度就不再升高了，达到了热平衡状态。此时，导体所保持的温度，叫做稳定温度。稳定温度与初温之差（ $T - T_0$ ），就是通电导体的温升。

综上所述，当电流一定时，导体温度随时间上升的规律是：先快后慢，越来越慢，最后达到某一稳定温度。如图 1-6 所示，对同一导体，通过的电流越大时，达到的稳定温度越高，温升就越大。散热条件好（如散热面积大、通风条件好）时，稳定温度较低温升就较小。必须指出从理论上讲，通电导体达到热平衡状态所需要加热的时间是无限长的。通常把实际达到的温度和稳定温度相差点 1% 所需的时间，叫做加热时间。当导体的材料和散热面积不同时，它们所需的加热时间也不同，如电灯灯丝只要几秒钟，大型电机则要几小时。

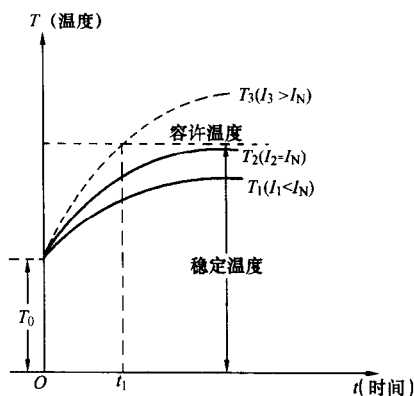


图 1-6 通过导体温升

(2) 额定值。

1) 额定电流。

通电导线、负载和电源普遍存在着温升现象，如果温升过高，就会损坏，所以规定有一定的允许温度。为了安全起见，允许温度都低于发热损坏时的温度。

长时间通电的导线、负载和电源，达到允许温度时的电流数，叫做额定电流。导线的额定电流，习惯上又叫载流量。工作时一般不允许超过额定电流。

当电阻越小或散热条件越好时，可使额定电流加大。例如，导线越粗，一方面电阻越小，另一方面散热性能也越好，当通以相同电流时，导线的温升和稳定温度就大大下降，因而载流量增大。又知，导线向

周围散热条件好（如环境温度低）当通以相同电流时，则温升和稳定温度也下降，因而载流量也增大。

2) 额定电压。

负载的额定电压就是额定电流与负载电阻的乘积，即 $U_N = I_N R$ 。当负载的工作电压等于额定电压时，工作电流就等于额定电流，负载就可以正常的工作。

电源的额定电压是制造时设计要求给定的。

3) 额定功率。

负载或电源的额定电压与额定电流的乘积，叫做负载或电源的额定功率。

负载或电源实际工作时的功率，都由电路上基本量关系决定，它可能不小于、等于或大于额定功率。

四、电磁感应与交、直流电

1. 电磁感应

取一根铁钉，将漆包线绕在上面，用小刀将漆包线两端的漆皮刮掉，拿一节电不太足的一号电池，将漆包线两端分别接在电池的正、负极上。如图 1-7 所示。此时这根铁钉就变

成了电磁铁。用它可以将细小的铁屑吸起，当切断电源后，铁屑会失去吸引力而自动落下。这就是电磁现象。这个试验说明当电流流过线圈时，周围即产生磁场。

再换上一节新电池，此时被铁钉吸上的铁屑增加了许多，这说明其吸引力即磁场大了许多，这又说明了磁场强弱与导体流过的电流强度有关。

如图 1-8 所示，将一根导线，放在一个上端为 N 极磁铁，下端为 S 极磁铁的磁场之间，导线两端通上电流，这根导线就会向一方移动。这种现象说明，在磁场中通有电流的导线，会受到磁力线的作用而运动。导线运动的方向可用左手定则来确定。伸出左手，四指并拢，大姆指与四指垂直，手心对向 N 极放入磁场中，伸直的四指表示电流的方向，大姆指所指的方向即表示导体运动的方向。即左手定则。

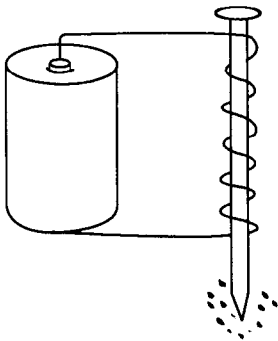


图 1-7 电磁感应

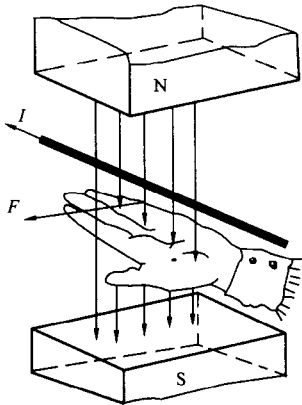


图 1-8 左手定则

如图 1-9 所示，将一根导线放入磁场中，使其垂直于磁力线方向水平运动。那么，这根导线即产生了电流。电流方向可用右手定则来确定。右手伸出，四指并拢，大姆指与四指垂直。手心对向 N 极放入磁场中，大姆指方向表示运动方向，四指指的方向为电流的方向。即右手定则。

怎样才能牢记左手定则与右手定则呢？只需记住四个字就可以了：**左动右发**，即电动机原理用左手定则，发电机原理用右手定则来判断。

2. 直流电

始终朝一个方向流动，大小、方向始终不变化的电流叫做直流电。

3. 交流电

大小、方向随时间不断变化的电流叫做交流电。

我们日常所用的三相交流电是怎样产生的呢？图 1-10 简单的表示出交流发电机的工作原理。当转子按一定的方向（如逆时针方向）旋转时，按右手定则导体 a b 中电动势是由 b 到 a，而导体 d c 中电动势方向由 d 到 c。这时，外路电流由电刷 A 流到电刷 B，即 A 为正

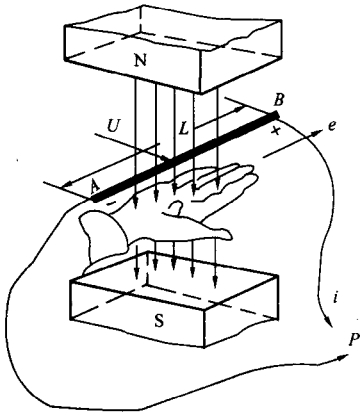


图 1-9 右手定则

极，B 为负极。当转子旋转 180°后，导体 a b 和 d c 位置互换，电流方向相反。这时，A 为负极，B 为正极。同时，由于导体随转子旋转，切割磁场多少也在不断变化，使得导体中感应的电动势不断变化。发电机的电动势变化是按一条具有规律性变动的曲线变化的，这条曲线叫做正弦曲线，如图 1-11 所示。

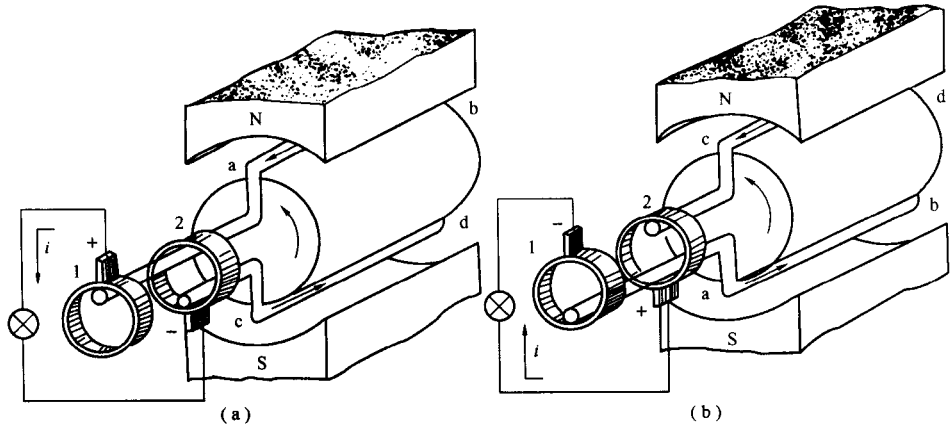


图 1-10 交流发电机的工作原理

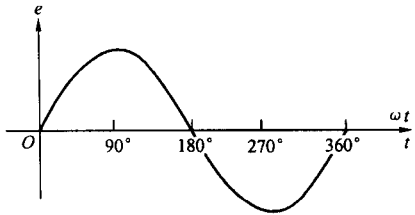


图 1-11 正弦曲线

我们制成电角度相差 120°的三相发电机。大型发电站用汽轮机或水轮机等设备，带动发电机等设备。使煤、油等燃烧后的热能、水能或核能带动发电机，使发电机将机械能转变成电能。

由于发电机装有电角度相差 120°的绕组，从绕组上引出三颗相线。又因发电机所发出的电流大小、方向不断变化。所以，我们得到的就是三相交流电。也就是流过导体的三个频率相同，电角度相关 120°的交流电叫做三相交流电。

在低压电网中，由于接中性线保护或有单相负荷的需要。将变压器的中线引出，就形成了我们日常使用的三相四线制电源。

第二节 晶闸管基础知识

一、晶闸管

晶闸管是 20 世纪 60 年代初期出现的电子工业新元件之一，是继半导体二极管、三极管之后，为适应生产发展的需要而创造出的一种新型半导体元件。它可作可控整流、无触点开关，变频等用。早期全名为“可控的硅整流元件”，简称“可控硅”，常用英文缩写的 (SCR) 来表示。它具有体积小、质量小、效率高、动作快、无噪声、操作方便、使用可靠、维护简单等优点。因此，可广泛地用于工农业生产的自动化、电子化上面。它的出现使半导体的应用范围，迈入了强电领域，为机械、冶金、电子、化工、纺织以及国防工业的供电系统进一步小型化、自动化提供了新的途径。

目前，晶闸管外型结构主要有两种形式，一种是螺旋式，如图 1-12 所示；另一种是平板压接式，如图 1-13 所示。大功率的晶闸管愈来愈多地采用平板压接式结构。此结构两面散热，用陶瓷代替了金属材料，用压接代替锡焊。这样能提高电流容量，节约钢、铜材料，保证接触良好，但维护不太方便，且需要金属银。

晶闸管是一种四层三端半导体器件。它的结构和电路符号如图 1-14 所示，三端分别为阳极 A、阴极 C 和控制极 G。

晶闸管的电气性能与闸流管类似。当晶闸管加上反向电压（阳极接负，阴极接正）时，它的特性和普通二极管的反向电压特性一样。也就是当反向电压没有超过反向峰值电压时，只有很小的泄漏电流（几毫安到十几毫安）通过晶闸管。当反向电压超过反向峰值电压时，晶闸管泄漏电流迅速增长，终致击穿损坏。

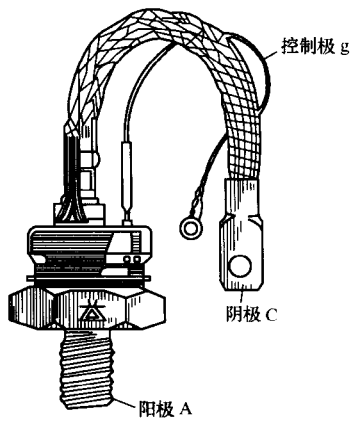


图 1-12 螺旋式晶闸管

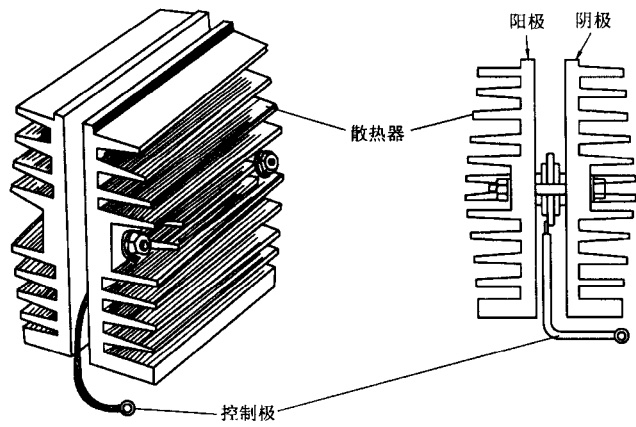


图 1-13 平板压接式晶闸管

当晶闸管加上正向电压（阳极接正、阴极接负）时，当正向电压未超过正向转折电压 U_{BO} 时，如控制极 G 没有加上电压即控制极电流 $i_g = 0$ ，则正向电流也很小（几毫安到十几毫安），相当晶闸管内阻很大，我们把这种状态叫做正向阻断状态，即晶闸管没有导通。但是，当控制极加上足够大的电压，使控制极—阴极间流过足够大电流（几十毫安到一百多毫安）时，阳极和阴极间电阻立刻变得很小，流过很大的电流，即晶闸管导通了。我们把加到控制极的电压、电流叫做控制信号或触发信号。

晶闸管一旦导通，即使把控制极电压去掉，晶闸管仍将继续保持导通。要使晶闸管重新回到不导通状态，或者说使晶闸管断开，必须把阳极、阴极间加一反向电压，晶闸管才能断开。这就是晶闸管的特点。

二、晶闸管的工作原理

为了便于掌握晶闸管应用知识，我们以单向晶闸管为例，首先研究一下晶闸管的控制极

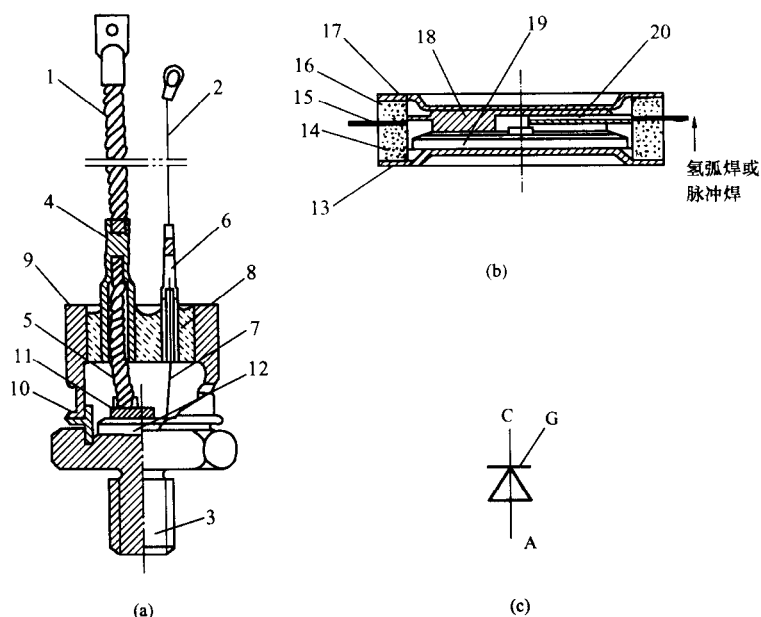


图 1-14 晶闸管的结构和电路符号

(a) 螺栓形结构；(b) 平板形结构；(c) 元件符号

1—阴极外引线；2—控制极外引线；3—底座（阳极）；4—阴极导管；5—阴极内引线；6—控制极导管；7—控制极内引线；8—玻璃绝缘子；9—钢套；10—钢环；11—上铜片；12—管芯；13—下金属件；14—下陶瓷件；15—控制极金属件；16—上陶瓷件；17—上金属件；18—阴极铜压块；19—管芯；20—带绝缘套的控制极内引线

为什么能起到对阳极电流的控制作用。为了说明晶闸管的工作原理，可把晶闸管这个四层三端半导体元件看成是由两个三极管的组合，即 P-N-P 管 V_2 及 N-P-N 管 V_1 组成。如图 1-15 所示。

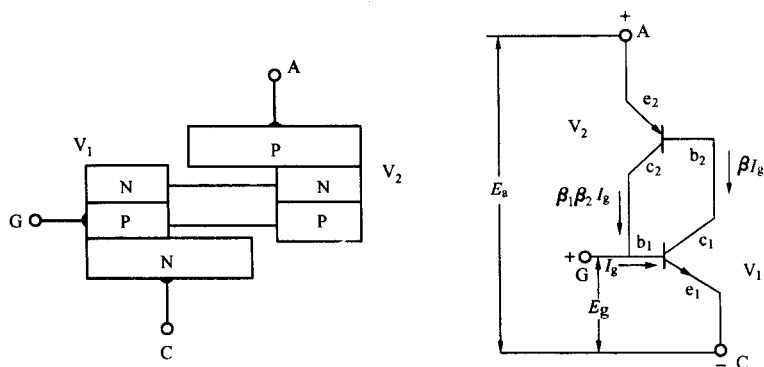


图 1-15 晶闸管等效示意图

晶闸管的阳极 A 相当于第二个三极管 (P-N-P) 的发射极，而阴极 C 相当于第一个三

极管(N-P-N)的发射极,中间两层半导体为两个三极管共用,分别为两管的基极和集电极,控制极G则相当于第一个三极管 V_1 的基极。

当晶闸管加上正向电压时,若在控制极、阴极间加上正向电压 E_g ,这时 V_1 的基极发射极回路中就有控制电流 I_g 通过,这 I_g 就是 V_1 的基极电流。经过 V_1 的放大在 V_1 集电极上便通过大小近似于 $\beta_1 I_g$ (β_1 为 V_1 的放大倍数)的电流。从图1-15(b)可以看出,此电流恰是 V_2 的基极电流,又经 V_2 放大,在 V_2 集电极中通过大小为 $\beta_1 \beta_2 I_g$ (β_2 为 V_2 放大倍数)的电流,此电流又通过 V_1 的基极,再一次得到放大,如此周而复始,两个三极管很快就充分导通,于是,晶闸管处于导通状态了。导通后其管压降几乎为零,晶闸管就流过由负载决定的电流。

当晶闸管导通后,由于 V_1 的基极流过远大于 I_g 的电流,因而即使控制电压消失,晶闸管仍能继续保持导通。

如果晶闸管接上反向电压,即阳极接负、阴极接正,此时,两等效三极管都处于反向电压下,不能对输入信号放大,故无论有无控制电压,晶闸管都不会导通。

如果晶闸管在正向阳极电压下,不加控制电压,或者控制电压极性接反,那么,虽然两只三极管都处于放大状态,但没有输入信号被放大,晶闸管亦不会导通。

晶闸管正向电压如果太高,控制极无信号,也会击穿。反向电压如果太高,同样会造成晶闸管被击穿。

下面举一个例子帮助大家理解什么是晶闸管。晶闸管就像我们日常生活中经常见到的只能单方向开的,门框上带有可以自动复位的门闩的门。门可以推开的一面,称它为阳极,用A来表示;可以拉开的一面,称它为阴极,用C来表示;可以自动复位的门闩,称它为控制极,用G来表示。如图1-16所示。如果门闩是插上的,尽管我们在A方向推,C方向拉,门也是打不开的。如果用力过大,门就会被损坏。如果我们在A方向拉,C方向推,门也是打不开的。如果用力过大,门同样将被损坏。要想把门打开,只有满足这样的条件:A方向加一个推力,C方向加一个拉力,同时也要给门闩G加一个力,使门闩G打开。这时,门才能打开。不满足以上条件,门是不能打开的。门只要打开后,门闩G就不起作用了。

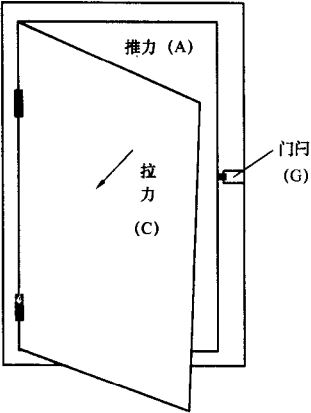


图1-16 晶闸管示意图

如果要关门,我们在A方向加一个拉力,C方向加一个推力,门即可关上。门关上后,再想开门,还必须满足开门的条件。这个开门的道理,是不是和晶闸管开关的道理相似?

晶闸管的伏安特性如图1-17所示,横坐标表示阳极电压,纵坐标表示电流。控制电流 I_g 作参变量, I_H 是维持电流,在转折所对应的电压 U_{BO} 称作转折电压, I_{BO} 为转折电流。随控制信号(电流 I_g)不同有不同的转折电压,最后形成了二极管的正向特性, U_{RB} 为反向击穿电压, I_{RB} 为反向击穿电流。

三、晶闸管的型号、参数及选择

目前我国的晶闸管元件的型号及含义如下: