

现代摩托车电气 设备原理与检修

广州白云职业培训学院 黎亚洲 编著



广东科技出版社

内 容 简 介

本书详细地介绍了现代摩托车电气设备的原理与检修的方法。书中从基础的电工知识开始,由浅入深地介绍了现代摩托车的各种电气设备(如电源系统、点火系统、照明与信号系统、电起动系统、电子防盗系统、发动机液体冷却系统、电控燃油喷射系统和制动防抱死系统)的原理与检修的方法,是一本针对性和实用性很强的摩托车电气设备的维修书。

前 言

随着摩托车技术发展的日新月异,特别是大量的新型电气设备在摩托车上采用,给广大摩托车爱好者和维修人员在使用维修与保养上带来了新问题。

作者根据多年的实践和教学经验,参考了国内外摩托车的有关书籍和资料,编写了这本《现代摩托车电气设备原理与检修》。书中较全面和系统地介绍了现代摩托车上采用的各种电气设备的结构、工作原理和检修方法。

本书不但可供各类培训学校作教材,也是摩托车爱好者的益友,同样地是摩托车维修人员和专业技术人员可借鉴的一本参考书。

《现代摩托车电气设备原理与检修》不仅讲述了常见车型的各种电气设备,还介绍了国外的一些新型、豪华和大排量的摩托车上所采用的新型电气设备。如本田 TACT50 摩托车的电动侧支架、本田 NSR 系列摩托车的可变排气定时系统(VPVS 系统)、雅马哈 FZR400 摩托车采用的 EXVP 排气可变阀装置,以及新型的防盗器、霹雳灯、电子燃油喷射系统和防抱死制动装置等。此外,本书对不合理的摩托车电路如何进行改装也作了介绍,如增光线圈的原理和安装等。

本书共分八章,第一章介绍了电工学的基础知识,特别是有关晶体管的工作原理,为学习以后的章节打下基础。第二章介绍了摩托车的电源系统,包括了各种排量摩托车所用的蓄电池、发电机,及其充电稳压电路的故障和检修的方法。第三章介绍了现代摩托车的用电设备,如起动系统、点火系统、照明系统、信号系统、电动侧支架和可变排气控制系统等。第四章和第五章介绍了如何看摩托车电气原理图、如何使用检修工具和检修的方法。第六章、第七章和第八章分别介绍了现代摩托车的新技术和新电气设备,如防盗器、发动机燃油喷射系统以及制动防抱死装置等。

由于编写的时间比较仓促,书中难免会有不足之处,祈请广大读者批评指正。

编 者

2000 年春 于广州

目 录

第一章 电工学基础知识	(1)
第一节 直流电路	(1)
一、电路及基本物理量	(1)
二、欧姆定律及其应用	(3)
三、电阻的联接	(4)
四、电功与电功率	(5)
第二节 电容器及其充放电	(6)
一、电容器	(6)
二、常见电容的结构及其特点	(7)
三、电容的充电、放电特性	(7)
第三节 磁与电磁	(9)
一、电流的磁场	(9)
二、磁场对电流的作用	(10)
三、电磁感应	(11)
第四节 晶体二极管及其基本电路	(14)
一、半导体	(14)
二、晶体二极管	(15)
三、整流电路	(16)
四、稳压电路	(18)
第五节 晶体三极管及其基本电路	(19)
一、晶体三极管	(19)
二、晶体三极管的特性曲线	(20)
三、晶体三极管的简易判别	(21)
四、多级放大电路	(22)
五、三极管串联型稳压电路	(23)
第六节 晶闸管及其应用	(24)
一、晶闸管的特性	(25)
二、晶闸管的工作原理	(26)
三、晶闸管的应用	(27)
第二章 摩托车电源部分	(28)
第一节 蓄电池	(28)
一、概述	(28)
二、蓄电池的工作原理	(29)

三、蓄电池的结构与型号	(30)
四、电解液的密度、温度和容量之间的关系	(32)
五、蓄电池的工作特性	(33)
六、蓄电池的启用、保养和修理	(34)
第二节 直流发电机	(37)
一、直流发电机的结构和工作原理	(37)
二、直流发电机调节器	(39)
三、直流发电机充电系检修	(40)
第三节 内转子磁电机	(40)
一、内转子磁电机的结构	(40)
二、内转子磁电机的工作原理	(42)
三、整流器与整流充电电路	(42)
四、内转子磁电机充电系的故障检修	(42)
第四节 磁电机	(44)
一、磁电机的结构	(45)
二、磁电机的工作原理	(46)
三、磁电机的整流和调压	(47)
四、磁电机电源系统检修	(51)
第五节 辐射定子飞轮式磁电机	(53)
第六节 三相磁电机	(55)
一、三相磁电机的结构	(55)
二、三相磁电机的工作原理	(56)
三、三相磁电机的整流和稳压	(56)
第七节 三相励磁交流发电机	(58)
一、三相励磁交流发电机的工作原理	(58)
二、三相励磁交流发电机的构造	(59)
三、三相励磁交流发电机的整流和调压	(61)
四、三相励磁交流发电机整流调压电路的检修	(64)
五、三相励磁交流发电机的检修	(66)
第三章 摩托车用电装置部分	(67)
第一节 电起动系统	(67)
一、概述	(67)
二、起动电机的结构与工作原理	(67)
三、控制电路与起动加浓电路	(72)
四、减速机构	(78)
五、啮合解脱机构	(80)
六、起动系统的故障检修	(84)
第二节 点火系统	(88)

一、概述	(88)
二、蓄电池有触点点火系统	(91)
三、磁电机有触点点火系统	(106)
四、电容放电式点火系统	(109)
五、晶体管点火系统	(118)
六、微电脑控制电子点火系统	(124)
第三节 照明系统	(128)
一、照明系统的作用和组成	(128)
二、照明系统的分类及改装	(131)
三、自动伸缩式前大灯和前大灯继电器照明系统	(136)
四、霹雳灯	(138)
五、照明系统的故障检修	(142)
第四节 信号系统	(143)
一、信号系统的概述	(143)
二、电喇叭	(143)
三、转向灯	(144)
四、制动灯电路、空挡灯和挡位灯电路	(149)
五、发动机转速表和车速里程表	(150)
六、燃油表、水温表、冷却风扇、润滑油压力表(警告灯)和电流表(充电指示灯)	(153)
七、指示灯	(160)
第五节 新型用电设备	(163)
一、电动支架	(163)
二、摩托车排气控制系统	(164)
第四章 摩托车电气设备原理图	(169)
第一节 摩托车电路的特点	(169)
一、各电气设备均采用并联联接	(169)
二、单线制	(169)
三、对应连接	(169)
第二节 电路图图形符号和文字符号	(169)
一、图形符号	(169)
二、导线颜色的标注	(171)
三、开关方框图	(171)
第三节 如何看电路图	(171)
第五章 电气设备检修工具和检修方法	(173)
第一节 摩托车电气设备检修常用工具	(173)
一、电气测试仪	(173)
二、万用表	(173)

三、多用途电源	(175)
第二节 摩托车电气设备故障的检修方法	(175)
一、观察分析法	(176)
二、试火法	(176)
三、跨接法	(176)
四、电源法	(176)
五、替换法	(176)
六、试灯法	(177)
七、仪表工具法	(177)
第六章 摩托车的防盗	(178)
第一节 电子防盗装置的分类	(178)
第二节 遥控式多功能防盗器	(178)
一、遥控器的按键操作	(178)
二、防盗器主机的安装	(179)
三、防盗器主机安装实例	(180)
四、遥控多功能防盗器的工作原理	(181)
第七章 摩托车发动机燃油喷射系统	(182)
第一节 电控燃油喷射系统的特点	(182)
第二节 电控燃油喷射系统的构成	(183)
第三节 常见进口摩托车电控燃油喷射系统和工作原理	(183)
第八章 制动防抱死系统	(186)
第一节 制动防抱死系统的发展与应用	(186)
第二节 制动防抱死系统的结构和工作原理	(186)

第一章 电工学基础知识

第一节 直流电路

一、电路及基本物理量

1. 电路和电路图

电流所流过的路径称为电路。如图 1-1 所示,当合上开关时,因电流流过小灯泡,小灯泡就会发光。干电池、小灯泡和连接导线就构成了一个最简单的电路。

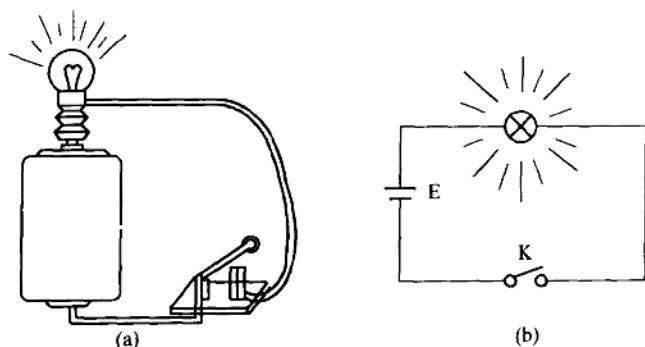


图 1-1 电路和电路图

用国家规定的符号表示的电路连接情况的图叫电路图。如图 1-1(b)。

一般电路都是由电源、负载、开关和连接导线 4 个基本部分构成的。

电路通常有 3 种状态:

通路。指处处连通的电路,通常称为闭合回路,此时电路有工作电流。

开路。指某处断开的电路,又称断路,此时电路中没有电流。

短路。指电路或电路中的一部分被短接。如负载或电源两端被导线连接在一起,就称短路。此时电源提供的电流将比通路时大很多倍。

2. 电路的几个物理量

(1) 电流。电荷有规则地运动称电流。在金属导体中,电流是自由电子在电场作用下作有规则地运动形成的。在某些液体或气体中,电流则是由正负离子在电场力作用下有规则运动形成的。

电流的大小用电流强度衡量。若在 t 秒内通过导体横截面的电量是 Q 库仑,则电流强度 I 可用下式表示。

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-1)$$

电流强度简称为电流,其单位有安培、毫安和微安,其符号分别为 A、mA 和 μA

$$1 \text{ 安培(A)} = 10^3 \text{ 毫安(mA)} = 10^6 \text{ 微安}(\mu\text{A})$$

电流不但有大小,而且有方向。习惯上规定以正电荷移动的方向为电流的方向。

(2)电压。又称电位差,是衡量电场做功本领大小的物理量。在电路中若电场力将电荷 Q 从 a 点移到 b 点,所做的功为 W_{ab} ,则 W_{ab} 与电量 Q 的比值称为该两点间的电压,即:

$$U_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q} \quad (1-2)$$

电压的单位有伏特、毫伏和微伏,它们的符号分别为 V、mV、 μV 。

$$1 \text{ 伏特(V)} = 10^3 \text{ 毫伏(mV)} = 10^6 \text{ 微伏}(\mu\text{V})$$

电压也有方向性,即正负。对于负载来说,规定电流流进端为电压的正端,电流流出端为电压的负端。电压的方向由正指向负,与负载中电流方向一致。负载两端有电压就会产生电流。电阻两端的电压称为电压降。

对于电源,其电压由正极指向负极。

(3)电动势。是衡量电源将非电能转换成电能本领的物理量。即在电源内部,外力将单位正电荷从电源的负极移到电源正极所做的功,以字母 E 表示。其单位与电压相同。

电动势的方向在电源内部由负极指向正极。电源开路时,电源电压与其电动势相等,但方向相反(如图 1-2)。

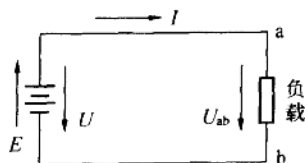


图 1-2 电压与电动势的方向

(4)电位。电路中某点与参考点间的电压称为该点的电位。通常选大地为参考点,其电位为零。电位的单位仍然是伏特。

3. 电阻

一般地说,导体对电流通过的阻碍作用称为电阻。用字母 R 或 r 表示。其单位为欧姆,用 Ω 表示。

如果导体两端电压为 1 V,通过的电流为 1 A,则该导体的电阻就是 1 Ω 。常用的单位有:

$$1 \text{ 兆欧姆(M}\Omega) = 10^3 \text{ 千欧姆(k}\Omega) = 10^6 \text{ 欧姆}(\Omega)$$

实验证明:温度一定时,导体的电阻跟导体的长度 l 成正比,跟导体的横截面积 S 成反比,并与导体的材料性质有关(即电阻系 ρ)。

$$R = \rho \frac{l}{S} \quad (1-3)$$

电阻率等于长度为 1 m、截面为 1 mm^2 的导体在一定温度下的电阻值,其单位是欧姆(Ωm)。

导体的电阻与温度有关。通常,金属的电阻都是随温度的升高而增大。半导体和电解液的电阻,通常都是随温度升高而减小。

二、欧姆定律及其应用

1. 部分电路欧姆定律

流过导体的电流与这段导体两端的电压成正比,与这段导体的电阻成反比,其数学式为:

$$I = \frac{U}{R} \quad (1-4)$$

式中 I : 导体中的电流(A);
 U : 导体两端的电压(V);
 R : 导体的电阻(Ω)。

例 1.1 已知某白炽灯的额定电压是 220 V,正常发光时的电阻为 1210 Ω ,试求流过灯丝的电流。

$$\text{解: } I = \frac{U}{R} = \frac{220}{1210} \approx 0.18(\text{A})$$

2. 全电路欧姆定律

全电路是含有电源的闭合电路。如图 1-3 所示。 E 代表电源电动势, r 代表电源内阻。

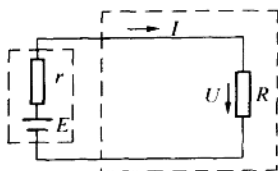


图 1-3 最简单的全电路

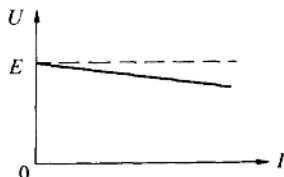


图 1-4 电源的输出特性

全电路中的电流强度与电源的电动势成正比,与整个电路(即内、外电路)的电阻成反比。其数学式为:

$$I = \frac{E}{R + r} \quad (1-5)$$

式中 I : 电路中的电流(A);
 E : 电源电动势(V);
 R : 外电路电阻;
 r : 内电路电阻。

由式(1-5)可得

$$E = IR + Ir = U_{\text{外}} + U_{\text{内}} \quad (1-6)$$

式中 $U_{\text{内}}$ 是内电路电压, $U_{\text{外}}$ 是外电路电压。外电路电压是指电路接通时电源两端的电压,又叫端电压。由此可以说,电源的电动势在数值上等于闭合电路各部分的电压之和。

在全电路中,电压与电流的变化规律如下:

(1) 电路处于通路时, 由式(1-6)可得端电压与电流的关系

$$U_{\text{外}} = E - Ir \quad (1-7)$$

根据式(1-7)可知, 电源的输出特性为一条向下倾斜的直线, 随着 I 的增大, $U_{\text{外}}$ 由 E 沿直线下降, 电源内阻越大, $U_{\text{外}}$ 下降越多。

(2) 电路处于断路状态时, 相当于 $R \rightarrow \infty$, 则 $I = 0$, $U_{\text{内}} = 0$, $U_{\text{外}} = E$, 即电源的开路电压等于电源的电动势。

(3) 电路处于短路状态时, 相当于 $R \rightarrow 0$, 此时电路中的短路电流 $I_{\text{短}} = \frac{E}{r}$ 。由于 r 一般很小, 所以 $I_{\text{短}}$ 很大; 短路时, $U_{\text{外}} = 0$, $U_{\text{内}} = E$ 。

通常电源电动势和内阻都基本不变, 且 r 很小, 可近似认为电源的端电压等于其电动势。

三、电阻的联接

1. 电阻的串联

两个或两个以上电阻依次相连, 中间无分支的联接方式叫电阻的串联。图 1-5(b) 是图 1-5(a) 的等效图。

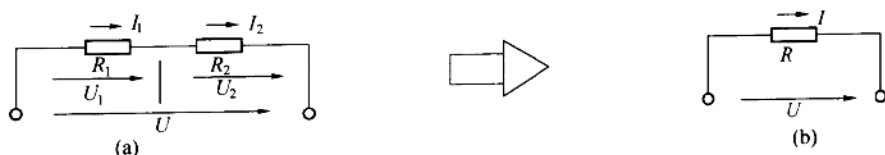


图 1-5 两个电阻的串联

串联电路有以下性质:

(1) 串联电路中流过每个电阻的电流都相等, 即

$$I = I_1 = I_2 = \cdots I_n \quad (1-8)$$

式中 $1, 2, \cdots, n$ 分别代表第 1、第 2、 $\cdots$ 第 n 个电阻。

(2) 串联电路两端的总电压等于各电阻两端的电压之和, 即:

$$U = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$$

(3) 串联电路的等效电阻(即总电阻)等于各串联电阻之和, 即:

$$R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n \quad (1-9)$$

根据欧姆定律 $U_1 = I_1 R_1$ $U_n = I_n R_n$ $U = IR$ 及性质 1 可得

$$\frac{U_1}{U_n} = \frac{R_1}{R_n} \quad \frac{U_n}{U_{\text{总}}} = \frac{R_n}{R_{\text{总}}} \quad (1-10)$$

在串联电路中, 电压的分配与电阻成正比。

2. 电阻的并联

两个或两个以上电阻接在电路中相同的两点之间的联接方式, 叫做电阻的并联。图 1-6(b) 是图 1-6(a) 的等效图。

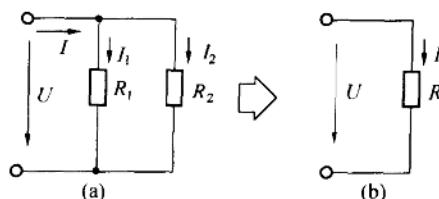


图 1-6 二个电阻的并联

并联电路有以下性质：

- (1) 并联电路中各电阻两端的电压相等，且等于电路两端的电压，即：

$$U = U_1 = U_2 = \cdots = U_n \quad (1-11)$$

- (2) 并联电路中的总电流等于各电阻中的电流之和，即：

$$I = I_1 + I_2 + \cdots + I_n \quad (1-12)$$

- (3) 并联电路的等效电阻(即总电阻)的倒数等于各并联电阻的倒数之和，即：

$$\frac{1}{R_{\text{总}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \cdots + \frac{1}{R_n} \quad (1-13)$$

- (4) 在并联电路中，电流的分配与电阻成反比。

$$\frac{I_1}{I_n} = \frac{R_n}{R_1} \quad \frac{I_n}{I} = \frac{R}{R_n} \quad (1-14)$$

3. 电阻的混联电路

既有电阻串联又有电阻并联的电路叫电阻的混联。混联电路的串联部分具有串联电路的性质，并联部分具有并联电路的性质。其计算步骤如下：

- (1) 首先把电路整理和简化成容易看清的串联或并联关系。
- (2) 根据简化的电路进行计算。

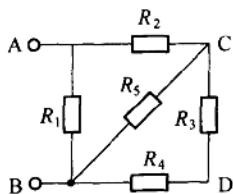


图 1-7 混联电路

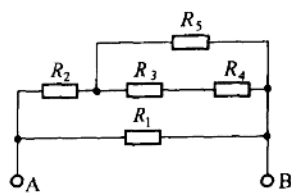


图 1-8 图 1-7 的等效图

四、电功与电功率

1. 电功

电流流过用电器时，用电器就将电能转换成其他形式的能(如磁、热或机械能等)，叫做电流做功，简称电功，用字母 W 表示。

$$W = UQ = IUt = I^2 R t = \frac{U^2}{R} t \quad (1-15)$$

上式中,电压单位为伏(V),电流为安(A),电阻为欧姆(Ω),时间为秒(t),则电功单位为焦耳(J)。

2. 电功率

电流在一定时间内所做的功称电功率,以字母 P 表示。

$$P = \frac{W}{t} = UI \quad (1-16)$$

单位:瓦特(简称瓦),用字母 W 表示。

3. 电流的热效应

电流的热效应就是电能转换成热能的效应。

电流流过导体产生的热量与电流的平方、导体的电阻及通电时间成正比。这就是焦耳—楞次定律。其数学表达式为:

$$Q = I^2 R t \quad (1-17)$$

Q 的单位也是焦耳,以字母 J 表示。

4. 负载的额定值

任何电气元件和设备在工作时都会发热。为保证电气元件和设备能长期安全地工作,都规定有一个最高工作温度。工作温度取决于发热量,发热量又取决于电流、电压或电功率。我们把元器件和设备安全工作时所允许的最大电流、电压和电功率分别叫做它们的额定电流、额定电压和额定功率。

熔断器是保护用电设备过载时断开电路的装置。熔丝(俗称保险丝)是用低熔点的铅锡合金或银丝制成。

第二节 电容器及其充放电

一、电 容 器

被绝缘材料分隔开的两块导体,组成一个电容器。这两块导体叫电容器的极板。

电容器的两块极板经电极接到电路中,两个极板就分别聚集等量而异性的电荷,介质中有了电场,储存着电场形式的能量。当极板上电荷改变时,就形成了电流,这就是电容器在电路中的主要性能。

电容器每个极板的电荷量 q 和极间电压 u 的比值

$$C = \frac{q}{u} \quad (1-18)$$

叫做电容量,简称电容。电容量反映了电容器聚集电荷的能力。其单位有法拉、微法和安法,其符号分别为 F 、 μF 、 pF 。

$$1 \text{ 法拉}(F) = 10^6 \text{ 微法}(\mu F) = 10^{12} \text{ 安法}(pF)$$

电容器的电容决定于它的极板形状、大小及相对位置,并与极间的介质种类有关。

如果外电场过强,介质的绝缘性能被破坏而导电,这种现象叫介质的击穿。空气的击穿电压约为 3 kV/mm 。

一般地说,电容器极板的面积越大,其容量就越大;极间距越小,其电容量就越大。电容器的符如图 1-9 和图 1-10。

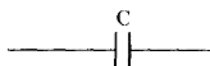


图 1-9 电容 C

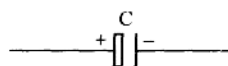


图 1-10 电解电容 C

二、常见电容的结构及其特点

表 1-1 常见电容的结构及其特点

名 称	极 板	绝缘介质	特 点
纸介电容器	铝箔、锡箔	石蜡纸带	容量高达 $0.001 \sim 0.5 \mu\text{F}$, 额定电压 600 V
云母电容器	锡箔	云母片	电容量稳定, 但一般在 $1 \mu\text{F}$ 以下, 耐压高
油浸纸介电容器	金属箔	纸带经油浸特别处理	电容量大, 耐压高
电解电容	用铝片作正极, 电解液作负极	铝的氧化膜	电容量大, 可达 5 000 mF, 但耐压低, 不超过 600 V, 有正负极之分, 不能接反
陶瓷电容器	喷涂银层	陶瓷或压电陶瓷	体积小, 耐热性好, 绝缘电阻高, 稳定性高, 但容量较小, 压电陶瓷电容大
有机薄膜电容器	金属箔	聚苯乙烯或涤纶	体积小, 容量较大
微调电容器	金属片	云母片或陶瓷	电容量在小范围内可调节
可变电容器	两组金属片 (定片和动片)	空气或塑料薄膜	电容在较大范围内可调节

三、电容的充电、放电特性

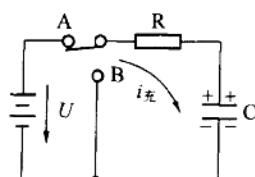
1. 电容器的充电

图 1-11(a) 为电容器的充电电路, 图 1-11(b) 为充电特性曲线。

由图 1-11(a) 可见, 当把电容器 C 与电阻 R 串联后, 接到端电压为恒定值 U 的电源两端, 电容 C 即被充电。其充电电流 $i_{\text{充}}$ 和充电电压 U_{C} 的变化规律如图 1-11(b) 所示。

(1) 当电路刚一接通的瞬间, 电容器 C 相当于短路, $i_{\text{充}}$ 很大; 随着充电时间延长, $i_{\text{充}}$ 逐渐变小, 稳态时, 电容 C 相当于断路, $i_{\text{充}} \approx 0$ 。

(2) 电容 C 的充电电压 U_{C} 随时间延长由零逐渐升高, 充电结束时, U_{C} 达到稳定值 ($U_{\text{C}} = U$)。也就是说 U_{C} 不可能产生突变, 有一个电荷积累的过程。



(a) 充电电路

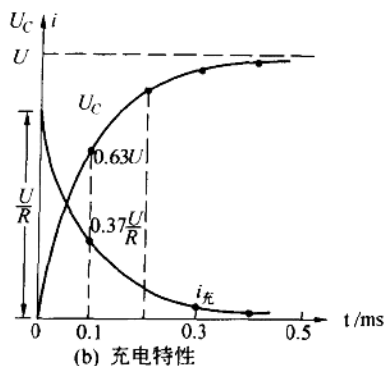
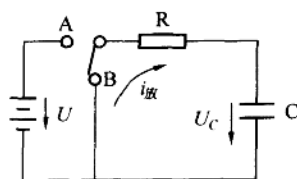


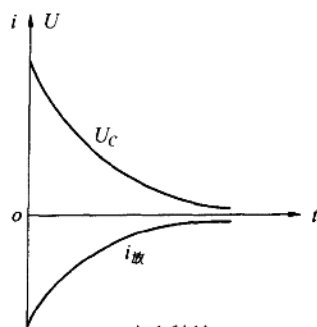
图 1-11 电容的充电

2. 电容的放电

由图 1-12(a)可见,当把被充电的电容器 C 与电阻 R 接成放电回路时,电容器 C 就以与充电电流方向相反的放电电流 $i_{\text{放}}$ 对电阻 R 进行放电。其放电电流 $i_{\text{放}}$ 和放电电压 U_C 的变化规律如图 1-12(b)所示。



(a) 充电电路



(b) 充电特性

图 1-12 电容的放电

(1) $i_{\text{放}}$ 与 $i_{\text{充}}$ 的方向相反。

(2) 放电开始时,电容器 C 相当于短路, $i_{\text{放}}$ 很大;随着时间的推移, $i_{\text{放}}$ 由最大逐渐变小;放电结束时,电容 C 相当于断路, $i_{\text{放}} = 0$ 。

(3) U_C 随时间由最大逐渐降低为 0。

(4) 电容 C 在放电过程中所放出的能量等于充电过程中储存的能量。

总之,在电阻和电容组成的 RC 电路中,电容 C 的充电和放电时间与电路的时间常数 RC 的乘积有关。因此,使用中只要改变电路的时间常数,便可改变电容器充电和放电的时间。

第三节 磁 与 电 磁

一、电流的磁场

大约在公元前 300 年,我国就发现了某种天然矿石(Fe_3O_4)能够吸引铁,并称它为吸铁石。四大发明中指南针就是用吸铁石做成的,我国是世界上最早发明指南针并应用于航海的国家。

1. 磁的基本知识

(1)磁性。能吸引铁、镍和钴等金属或它们的合金的性质,例如我们称吸铁石具有磁性。

(2)磁体。具有磁性的物体就叫磁体,分为天然磁体和人造磁体。

(3)磁极。磁体上磁性最强的部位。任何磁体都具有两个磁极,而且无论怎样把磁体分割总保持两个磁极。S 表示南极。N 表示北极。若让磁体任意转动,N 极总是指向地球的北极,S 极总是指向地球的南极,因为地球是一个巨大的磁体,同极相斥,异极相吸。

(4)磁力。磁极间的相互作用力。

(5)磁场。磁极周围存在的一种力和能的特性。

(6)磁力线。为形象描述磁场的强弱和方向而引入的假相线。它具有以下几个特点:

1)磁力线是互不交叉的闭合曲线;在磁体外部由 N 极指向 S 极,在磁体内部由 S 极指向 N 极。

2)磁力线上任意一点的切线方向,就是该点的磁场方向。

3)磁力线越密磁场越强,磁力线越疏磁场越弱。磁力线均匀分布而又相互平行的区域称为均匀磁场,反之称为非均匀磁场。

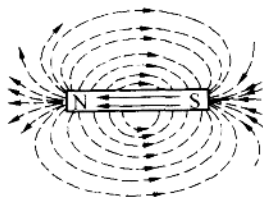


图 1-13 磁力线

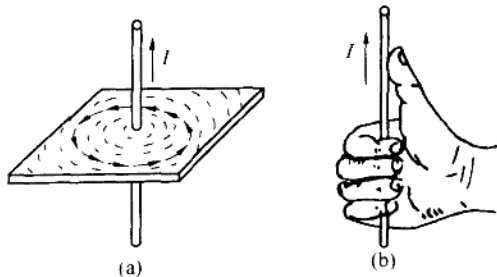


图 1-14 直导线通电产生的磁场

2. 电流的磁场

1920 年丹麦科学家奥斯特发现,在电流周围存在着磁场,我们称为电流的磁效应。

电流与其产生磁场的方向可用安培定则来判断。适用于判断电流产生的磁场方向,也适用于在已知磁场方向时判断电流的方向。一般可分两种情况:

1)直导体通电产生的磁场如图 1-14 所示。以右手拇指的指向表示电流方向,弯曲

四指的指向即为磁场方向。

2) 环形电流产生的磁场如图 1-15 所示, 以右手弯曲的四指表示电流方向, 则拇指所指的方向为磁场方向。

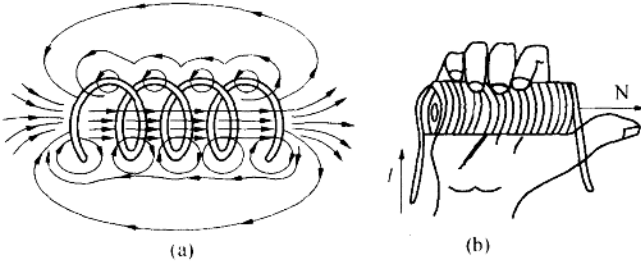


图 1-15 环形电流产生的磁场

二、磁场对电流的作用

1. 磁场对通电导体的作用

如图 1-16 所示, 在两块磁铁放置一根直导线并与磁力线垂直。当导体中没有电流时, 导体静止不动; 当电流流过导体时, 导线就会移动; 若改变电流方向, 导线就往相反的方向移动。通常把通电导体在磁场中运动所受到的作用力叫电磁力。

电磁力的方向可用左手定则判断。平伸左手, 使拇指垂直其余四指, 手心正对磁场的 N 极, 四指指向电流方向, 则拇指的指向就是导体的受力方向。

2. 磁感应强度

磁感应强度是定量描述磁场中各点的强弱和方向的物理量。我们可以用通电导体在磁场中某点受到的电磁力与导体中的电流和导体的有效长度的乘积的比值表示该点的磁感应强度 B 。其数学表达式为:

$$B = \frac{F}{Il} \quad (1-19)$$

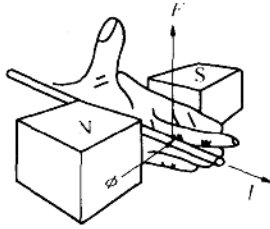


图 1-16 左手定则

式中 B : 均匀磁场的磁感应强度(单位为“特”或“T”);

F : 通电导体受到的电磁力(N);

I : 导体中的电流强度(A);

l : 导体在磁场中有效长度, 即与磁力线垂直的长度(m)。

磁感应强度是一个矢量, 其方向是放在该点试验小磁针 N 极的指向。

若磁场中各点的磁感应强度的大小相等、方向相同, 则该磁场叫均匀磁场。

为方便起见, 我们规定符号“ $\otimes$ ”和“ $\odot$ ”分别表示电流或磁力线垂直进入和流出纸面的方向。

当我们已知磁感应强度 B 和导体与磁力线间的夹角 α 时, 则式 1-19 可改写为