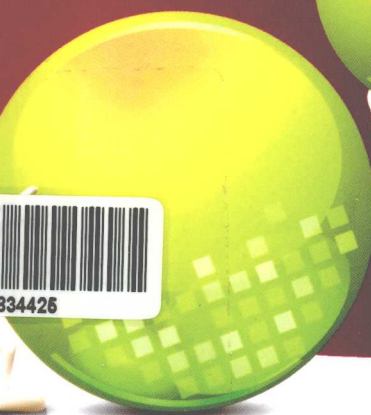


汽车机电维修工从业 上岗一本通

刘强 ● 等编著



汽车机电维修工 从业上岗一本通

刘 强 等编著



NLIC2970834425



机械工业出版社

国民经济的不断发展使人民生活呈现出一片繁荣景象，而汽车作为代步工具正逐步走进平常百姓家。随着汽车数量的急剧增加，对汽车维修从业人员的需求量也不断增加。为此我们编写了本书。

本书以实用、易上手为原则，坚持以实际操作图为展示依据，用通俗易懂的语言，让读者轻松掌握维修、检测的技巧。本书适合于广大汽车维修人员、初学者、业余爱好者阅读，也可作为各类职业学校的培训教材。

图书在版编目（CIP）数据

汽车机电维修工从业上岗一本通/刘强等编著. —北京：机械工业出版社，2013.1

ISBN 978-7-111-40280-0

I. ①汽… II. ①刘… III. ①汽车—机电设备—车辆—修理—基本知识 IV. ①U472.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 261186 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）

策划编辑：朱 林 责任编辑：赵玲丽

版式设计：赵颖喆 责任校对：刘秀芝

封面设计：陈 沛 责任印制：乔 宇

北京机工印刷厂印刷（三河市南杨庄国丰装订厂装订）

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·18.5 印张·459 千字

0 001—3 000 册

标准书号：ISBN 978-7-111-40280-0

定价：49.80 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心：(010) 88361066 教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售一部：(010) 68326294 机工官网：<http://www.cmpbook.com>

销售二部：(010) 88379649 机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线：(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

前 言

随着汽车产业的飞速发展，依靠着涡轮增压技术的完善，以及缸内直喷技术的细化，发动机小型化发展也越趋加速，自主品牌的不断研发，新产品、新技术已经让人眼花缭乱；微电子行业的技术革新，让人与车之间的沟通更加默契，车与外界联系更加紧密。

对国人来说私家车已不再是什么“洋名词”，而根据自己的要求对汽车进行舒适化、个性化的改装更是数不胜数。由于汽车综合性能大幅提升的同时，也使得汽车故障更加多样化、复杂化，而汽车电路问题故障诊断与检修问题更是日益突出。

在汽车逐步走入家庭的今天，需要对其性能、保养、诊断、维修的人员要求也越来越多，广大汽车爱好者、专业汽修人员迫切需要更多专业知识、更实用的维修技术，为此，我们编写了本书。

本书从汽车电工、电子基础讲起，详细讲述了汽车各个部件的电路故障与检修方法，依靠电路图的清晰指示，以及线条图的明确指示，在关键部位辅以实物操作的演练过程，能够帮助读者在学习理论知识的同时，也能轻松掌握实际操作，再配有大量操作注意与扩展学习，以帮助读者正确养护与维修电路，也能充分发挥设备的各项性能。

本书主要由刘强编写，参与编写的还有刘一泓、王江涛、肖伟、刘芳、武军、郑亭亭等。

由于编者水平有限，书中难免有不妥之处，还望广大读者批评指正！

目 录

前言

第1章 汽车电工、电子基础..... 1

1.1 电工基础 1

1.1.1 电工基本概念 1

1.1.2 直流电路 2

1.1.3 交流电路 8

1.1.4 电磁基础知识 9

1.2 常用元器件及基础电路 12

1.2.1 晶体二极管与整流电路 12

1.2.2 稳压管与稳压电路 13

1.2.3 晶体管与放大电路 15

1.2.4 晶闸管与可控整流电路 17

1.2.5 集成电路 20

1.3 计算机基础 22

1.3.1 计算机基本原理及组成 22

1.3.2 传感器 22

1.3.3 单片机及汽车电脑 24

1.4 汽车电路图的识读 27

1.4.1 汽车电路图分类 27

1.4.2 电路原理图的识读 34

1.4.3 典型汽车电路图的识读 37

1.4.4 横坐标式全车电路图的识读 42

第2章 汽车电路系统基础 46

2.1 汽车电路基础 46

2.1.1 汽车电路的组成与原理 46

2.1.2 汽车电器电路的特点 48

2.2 汽车电路的主要器件与安全装置 49

2.2.1 常用汽车导线、汽车线束、汽车连接器 49

2.2.2 车用开关装置 54

2.2.3 车用保险装置 55

第3章 汽车蓄电池的检修 59

3.1 汽车蓄电池基础 59

3.1.1 汽车蓄电池的作用 59

3.1.2 车用蓄电池的结构 60

3.1.3 常用铅酸蓄电池的型号 63

3.2 汽车充电设备的基础 64

3.2.1 汽车充电设备的组成 64

3.2.2 汽车充电设备的工作原理 67

3.3 汽车蓄电池的常见故障与检修实例 ... 68

3.3.1 车用蓄电池技术状况的检查 68

3.3.2 车用蓄电池的使用及充电 70

3.3.3 车用蓄电池的常见故障检修 75

第4章 汽车交流发电机与调节器 77

4.1 汽车交流发电机的基础 77

4.1.1 车用交流发电机的发电原理及整流过程 77

4.1.2 交流发电机的工作特性 84

4.2 汽车交流发电机的拆解 85

4.2.1 车用交流发电机的不解体检测与装配 85

4.2.2 车用交流发电机的检修及拆解 ... 91

4.3 汽车交流发电机用电压调节器的基础 103

4.3.1 振动式调节器 103

4.3.2 晶体管调节器 104

4.3.3 集成电路调节器 107

4.4 常见电源系统故障检测实例 110

4.4.1 电压调节器的检测 110

4.4.2 充电系统的故障检测 112

4.4.3 充电系统故障检修实例 116

第5章 汽车起动机..... 118

5.1 汽车起动系统基础 118

5.1.1 汽车起动系统的组成 118

5.1.2 汽车起动系统的结构与工作原理 120

5.1.3 常见车用起动电路举例 127

5.2 起动机的基础操作 128

5.2.1 起动机的更换	128	7.3.1 汽车前照灯的调整	205
5.2.2 起动机的分解	130	7.3.2 照明、转向灯信号系统的 检测	208
5.2.3 减速起动机的拆解	132	7.3.3 电喇叭的检修	210
5.2.4 常见车型起动电路的连接 操作	139	第8章 汽车仪表与报警装置	212
5.3 车用起动系统常见故障与检修 实例	142	8.1 汽车仪表与报警装置的基础	212
5.3.1 起动机的解体检测	142	8.1.1 汽车仪表组成及工作原理	212
5.3.2 起动机的不解体检测	147	8.1.2 汽车报警装置组成及工作 原理	218
5.3.3 起动电缆电压降的检测	149	8.1.3 汽车常用电子显示器件	221
5.3.4 起动系统常见故障与检修	151	8.2 汽车仪表与报警装置的故障检修 实例	223
5.3.5 起动系统故障检修实例	152	8.2.1 电流表、电热式油压表、水温表的 检修与调整	223
第6章 汽车点火系统	154	8.2.2 电热式燃油表、仪表电源稳压器的 检修	224
6.1 汽车点火系统的基础	154	8.2.3 车速里程表的检查与调整及故障的 检修	225
6.1.1 车用点火系统的作用与分类	154	第9章 汽车辅助电器	226
6.1.2 车用点火系统的工作原理	154	9.1 汽车辅助电器	226
6.2 汽车点火系统各部分功能与常见 类型	155	9.1.1 刮水器与风窗洗涤器	226
6.2.1 车用点火系统常用部件	155	9.1.2 除霜器及暖气装置	231
6.2.2 几种常见车型的电子点火 系统	160	9.1.3 电动门窗、电动后视镜	234
6.3 汽车点火系统常见的故障与检修 实例	165	9.1.4 电动座椅、中央集控门锁	238
6.3.1 点火系统部件的主要故障与 检修	165	9.2 汽车空调制冷系统	243
6.3.2 电子点火系统故障诊断与 排除	170	9.2.1 空调制冷系统结构与工作 过程	243
6.3.3 点火系统故障的波形检测及诊断 方法	173	9.2.2 空调制冷剂的排放与抽真空 操作	250
6.3.4 点火系统故障检修实例	180	9.2.3 汽车空调制冷剂的充注 操作	254
第7章 汽车照明系统与信号装置	182	9.2.4 汽车空调制冷系统润滑油的充注 操作	256
7.1 汽车灯具的基础	182	9.2.5 空调制冷系统部件的检修	256
7.1.1 车用灯具的类型	182	9.3 汽车辅助电器的故障与检修实例	257
7.1.2 前照灯	183	9.3.1 刮水器与风窗洗涤器的故障检修 实例	257
7.2 汽车照明系统	193	9.3.2 除霜器及暖气装置的检修 实例	261
7.2.1 车用照明系统电路	193	9.3.3 空调制冷系统故障检修实例	263
7.2.2 转向信号灯及闪光器	194		
7.2.3 其他信号装置	200		
7.3 汽车照明系统的故障检修实例	205		



第 10 章 汽车辅助电器以及其他新

技术 268

10.1 汽车音响 268

10.1.1 汽车音响的组成与原理 268

10.1.2 汽车音响的安装与维护 271

10.1.3 汽车音响的故障检修方法 273

10.1.4 汽车音响故障检修实例 275

10.2 汽车的避撞技术和倒车雷达 278

10.2.1 汽车的避撞技术和倒车雷达的组成 与原理 278

10.2.2 倒车雷达的常见故障检修方法 279

10.2.3 倒车雷达的故障检修实例 282

10.3 汽车多路总线传输控制系统 283

10.3.1 多路总线传输控制系统的 作用 283

10.3.2 汽车多路总线传输控制系统的检修 方法 284

10.3.3 多路总线传输控制系统的检修 实例 285

10.4 电喷汽车发动机的安全保险功能和备用 系统 286

10.4.1 安全保险功能和备用系统的功能的 作用 286

10.4.2 安全保险功能和备用系统的 检修 289

10.4.3 安全保险功能和备用系统检修 实例 290

第1章 汽车电工、电子基础

1.1 电工基础

1.1.1 电工基本概念

现今的汽车中，电子元件使用率越来越高，大大提升了汽车的舒适与使用方便度，但也给维修带来了一定的难度，这就要求从业者要有一定的电工、电子知识。

1. 电场

带电的物体，叫做带电体。在带电体周围的空间，有电力作用的范围，叫做电场。电场是由带电体产生的，凡是带电体周围的空间都存在电场。电场具有以下两个主要的性质：

- 1) 位于电场中的带电体，受到力的作用，表明电场具有力的性质。
- 2) 任何带电体在电场中受到电场力的作用而产生位移。这说明电场做了功，表明电场还具有能的性质。

2. 电流

电荷在电路中有规则地定向运动，形成电流。电子的移动是从负极到正极，但电流的方向习惯上规定为从正极到负极。根据电流在电路中流动的方式不同分为直流电和交流电。

直流电是指电流方向不随时间而变的电流，如干电池、蓄电池和直流发电机所输出的电流。

交流电是指电流大小和方向随时间变化的电流，如交流发电机输出的交流电流。

表明电流强弱的物理量叫电流强度，用符号“ I ”表示。电流强度的单位是安培，用字母“A”表示。1A就是每秒钟通过导线横截面的电量为1C（库仑）。常用的电流单位还有毫安（mA）和微安（ μA ）。

$$1\text{kA} = 10^3\text{A}, 1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}, 1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

3. 电位和电位差（电压）

单位电荷在电场中某一点所具有的位能，叫做该点的电位。电荷在电场中的位置不同时，具有的位能也不相同。电位与河流各处具有不同的水位一样，电位也有高、低之分、如电池的正极是高电位，负极是低电位。电流是从高电位流向低电位的。

电路中的两点间的电位之差叫电位差，也叫电压。用符号“ U ”表示。电压的单位叫“伏特”，简称“伏”，用符号“V”表示。



4. 电动势

在电路中有电压就有电流,要想在电路中维持电压,必须消耗某种能量,使电路两端经常存有异性电荷,以便电路中有连续的电流。这种促使电流不断地在电路中流动的源泉称为电源。有如自来水在水管中流动需要有水压一样,干电池、蓄电池和发电机都是电源。

由电源内部产生的维持电子流动的力量叫电动势。电动势用“ E ”表示;单位也是“伏特”。

5. 电阻

电子在物体内移动所遇到的阻力叫电阻,用符号“ R ”表示。电阻的单位是“欧姆”,简称“欧”,用符号“ Ω ”表示。

如果有一导体,当它两端的电压是1V,流过它的电流是1A时,该导体的电阻就是 1Ω 。常用的电阻单位还有千欧($k\Omega$)和兆欧($M\Omega$)。

$$1k\Omega = 10^3\Omega, 1M\Omega = 10^3k\Omega = 10^6\Omega$$

导体电阻的大小和其长度成正比,和其横截面积成反比。一般导体的电阻都随温度的变化而变化,温度升高,电阻增大。

6. 电功率

电流在单位时间内所做的功,叫做电功率,用符号“ P ”表示。电功率的单位是“瓦特”,用符号“W”表示。常用的功率单位还有千瓦和英马力。

$$1kW (\text{千瓦}) = 1000W (\text{瓦特})$$

$$1hp (\text{英马力}) = 745.7W (\text{瓦特})$$

$$1kW (\text{千瓦}) = 1.34hp (\text{英马力})$$

1.1.2 直流电路

1. 电路的组成

电流通过的路径叫做电路。一个完整的电路是由电源、负载、中间环节(包括开关和导线)等三部分按一定方式组成的,如图1-1所示。

(1) 电源

电源是将其他形式的能转换为电能的装置。

例如汽车上的蓄电池和发电机。蓄电池是将化学能转换为电能的装置,称作化学电源;发电机则是把机械能转换为电能的装置,常称作物理电源。蓄电池和直流发电机的符号如图1-2所示。

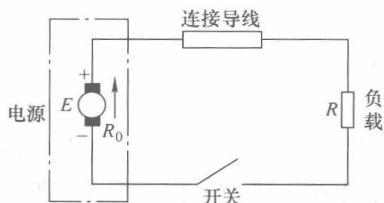


图 1-1 简单的电路

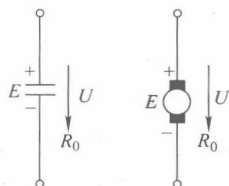


图 1-2 直流电源符号

图中 E 表示电源的电动势, U 表示电源电压, R_0 则表示电源的内电阻。

(2) 负载

负载是将电能转换为其他形式能量的装置。

例如汽车上的起动机、点火装置、照明灯等。起动机将电能转换为机械能，点火装置将电能转换为热能，而照明灯则把电能转换为光能。

(3) 导线

用以连接电源和负载并构成电路的导线，起着传输电能的作用。

连接导线的电阻一般都很小，在进行电路分析计算时，常把此电阻忽略不计。在汽车上，为便于安装、连接和减少电路故障。一般都把很多导线包扎起来构成导线束。

2. 电路的状态

(1) 通路

电路通路就是将电源与负载接通而构成闭合回路，如图 1-3 所示的内开关 S 合上（接通）后的工作状态。

此时，在电源电动势 E 的作用下，电路中即有电流 I 通过（图中 R_L 为连接导线的电阻）。

1) 额定电流。为了保证电气设备的使用寿命，通常对所通过的电流加以限定，即在长时间内允许通过电气设备的最大工作电流称为额定电流，用 I_e 表示。

2) 额定电压。为了限制电气设备以及绝缘材料所承受的电压，因而对允许施加在各电气设备上的电压也有一定的限制，通常把这个限定的电压值叫作该电气设备的额定电压，用 U_e 表示。

3) 额定功率。对电阻性负载而言，电气设备的额定电流和额定电压的乘积就等于它的额定功率，用 P_e 表示，即 $P_e = I_e U_e$ 。

(2) 断路

电路断路就是电源与负载未接成闭合回路，如图 1-4 所示的电路中开关 S 断开（未闭合）时的电路状态。

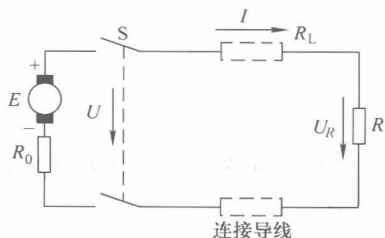


图 1-3 通路示意图

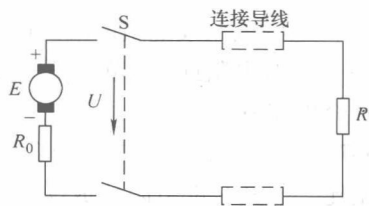


图 1-4 断路（开路）示意图

电路断路时，相当于其负载电阻为无穷大，电路中的电流等于 0，电源的断路（开路）电压等于电动势（或电源电压），即： $R = \infty, I = 0, U_0 = E$ 。

(3) 短路

当电源两端被电阻接近于 0 的导体接通（如图 1-5b 中虚线箭头所示）时，这种情况叫做电源被短路。

图 1-5 所示为由于导线过热引起导线绝缘损坏，使得两根导线互相接触而造成短路。当然，线路接错或其他原因也会造成短路。此时，电源的电流值为

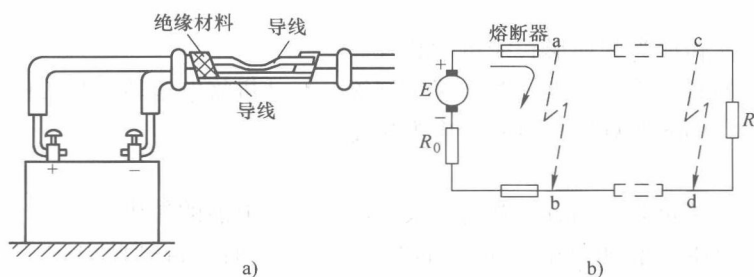


图 1-5 短路示意图

a) 短路 b) 短路电路图

$$I_{\text{短}} = E/R$$

此电流称为短路电流，用 $I_{\text{短}}$ 表示。一般电源内电阻 R_0 都很小，所以此时的电流 ($I_{\text{短}}$) 很大，会使电源发热过甚而烧毁，因此，在工作中必须防止这种短路故障的发生。

3. 欧姆定律

实验表明，导体中通过电流 I 的大小与加在导体两端的电压 U 成正比，而与导体的电阻 R 成反比。能较确切地表述这三种物理量之间关系的定律称为欧姆定律。欧姆定律是进行电路计算的最基本的定律。

(1) 部分电路欧姆定律

图 1-6 所示为部分（或一段）电路，即在该电路中包含电源电动势，仅用端电压 U 表示电路中的电源。该电路的欧姆定律公式为

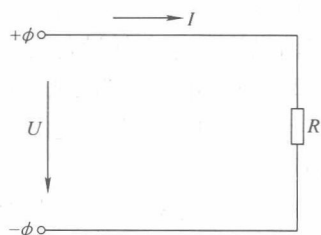


图 1-6 部分（一段）电阻电路图

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

式中 I ——导体中的电流 (A)；

U ——电源电压或电阻两端的电压 (V)；

R ——负载电阻或导体的电阻 (Ω)。

(2) 全电路欧姆定律

图 1-7 所示是一种最简单的闭合回路，称为全电路。在此电路中，电流 I 的大小与电动势 E 成正比，与其全部电阻值成反比。其欧姆定律公式为

$$I = E/(R_0 + R)$$

式中 I ——电路中的电流 (A)；

E ——电源电动势 (V)；

R_0 ——电源内电阻 (Ω)；

R ——负载电阻 (Ω)。

4. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律不仅适用于简单电路，还可对复杂电路进行计算。基尔霍夫电流定律应用于节点，基尔霍夫电压定律应用于回路。节点是指电路中 3 个或 3 个以上的支路相连接

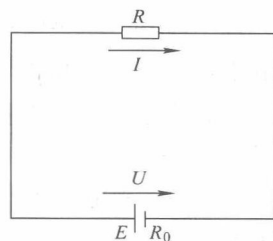


图 1-7 最简单的闭合电路图（全电路）

的点，回路是由一个或多个支路所组成的闭合电路。

1) 基尔霍夫电流定律：在电路中，出于电流的连续性，任何一点（包括节点在内）均不能堆积电荷。因此，在任一瞬时，流向节点的电流之和等于由节点流出的电流之和。

2) 基尔霍夫电压定律：如果从回路中任意一点出发，以顺时针方向或逆时针方向沿回路绕行一周，则在这个方向上电位升之和等于电位降之和。即电路中的任一闭合电路，电动势的电压升代数和等于各电阻上的电压降的代数和。

电动势和电阻上的电压降的正、负号确定：先假定各支路电流的方向，再任选一个环绕回路的方向，如果环绕方向指向电源的正极，而从电源负极引出，这个电动势为负（“-”），否则为正（“+”）。如果电流方向与环绕方向一致，电阻上的电压降为正（“+”），否则为负（“-”）。

5. 电阻的串、并联

在简单直流电路中，其外电路通常是由许多电阻串联、并联或混联所组成。电阻的串联和并联计算见表 1-1。

表 1-1 电阻的串联、并联计算

	串 联	并 联
电阻	总电阻等于各电阻之和 $R_{\sum} = R_1 + R_2 + \cdots + R_n$	总电阻的倒数等于各电阻倒数之和 $1/R_{\sum} = 1/R_1 + 1/R_2 + \cdots + 1/R_n$
电压	总电压等于各段电压之和 $U_{\sum} = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$	各电阻两端的电压相等，并等于外加电压 $U_{\sum} = U_1 = U_2 = \cdots = U_n$
电流	各支路电流相等，并等于总电流 $I_{\sum} = I_1 = I_2 = \cdots = I_n$	总电流等于各支路电流之和 $I_{\sum} = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$
图例		

6. 电源的串、并联计算

电源的连接方式和电阻的连接一样，通常有串联、并联和混联三种，见表 1-2。

表 1-2 电源的连接

连接方式	电 动 势	电 流	图 例
串联	$E_{\sum} = E_1 + E_2 + \cdots + E_n$	$I_{\sum} = I_1 = I_2 = \cdots = I_n$ 当 $E_1 = E_2 = \cdots = E_n = E$ 时， $I_{\sum} = \frac{nE}{R + nr_0}$	



(续)

连接方式	电 动 势	电 流	图 例
并联	$E_{\Sigma} = E_1 = E_2 = \dots = E_n = E$	$I_{\Sigma} = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ $I_{\Sigma} = \frac{E}{R + \frac{r_0}{n}}$	
混联	根据具体电路可分别用电源串联、并联公式进行有关计算		

注: n 为串联或并联的电源 (电池) 数。

7. 电容器及其充放电

(1) 电容器的结构、容量及连接

电容器的结构如图 1-8 所示。它是用绝缘体隔开的两个导体组合而成, 其导体的引出线称为电容器的电极。它是电路中最得最广泛的电路元件之一。利用电容器的充电和放电原理, 能够实现电路输出波形的变换。

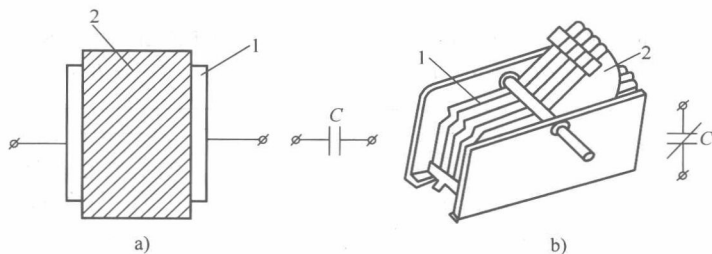


图 1-8 电容器的结构及表示符号

a) 固定电容 b) 可变电容

1—导体 (金属平板) 或定片 2—绝缘体 (介质) 或动片

在单位电压作用下所能存储的电荷量, 叫做该电容器的电容量, 简称电容, 其计算公式为

$$C = \frac{Q}{U}$$

式中 C ——电容器的电容量 (F);

Q ——电容器储存的电荷量 (C);

U ——电容器两电极间的电压 (V)。

电容器的串联和并联, 见表 1-3。

表 1-3 电容器的串联和并联

	串 联	并 联
电容	$\frac{1}{C_{\Sigma}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \cdots + \frac{1}{C_n}$ 若各电容器电容量 C_0 相等时 $C_{\Sigma} = \frac{C_0}{n}$	$C_{\Sigma} = C_1 + C_2 + \cdots + C_n$ 若各电容器电容量 C_0 相等时 $C_{\Sigma} = nC_0$
电量电压	各电容器中电量相同 $Q_{\Sigma} = Q_1 = Q_2 = \cdots = Q_n$ 总电压为各电容器电压之和 $U_{\Sigma} = U_1 + U_2 + \cdots + U_n$	总电量为各电容器电量之和 $Q_{\Sigma} = Q_1 + Q_2 + \cdots + Q_n$ 各电容器中电压相同 $U_{\Sigma} = U_1 = U_2 = \cdots = U_n$
图例		

(2) 电容器的充放电

1) 电容器的充电：图 1-9a 为电容器的充电电路，图 1-9b 为电容器充电特性曲线。

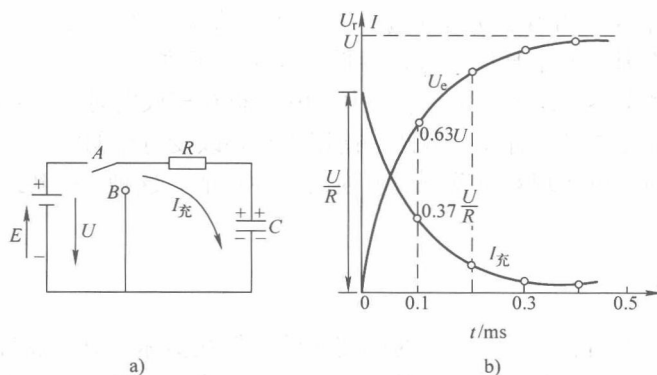


图 1-9 电容器的充电

a) 充电电路 b) 充电特性曲线

由图 1-9a 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，电容器 C 即被充电。其充电电流 $I_{\text{充}}$ 和充电电压 U_{r} 的变化规律如图 1-9b 所示。

在电容器 C 的充电过程中，可得出两个很重要的基本概念。

① 当电路刚一接通的瞬时，电容器 C 相当于短路 ($I_{\text{充}}$ 很大)；而当电路达到稳定状态时，电容器 C 相当于断路 ($I_{\text{充}} \approx 0$)。

② 电容器上的充电电压 U_{c} 不可能产生突变 (即有一个电荷积累的过程或充电过程)、充电于一定时间后，电容器上的电压才能达到稳定值 U (即 $U_{\text{c}} = U$)。

2) 电容器的放电：电容器的放电电路如图 1-10a 所示，其放电特性曲线如图 1-10b 所示。

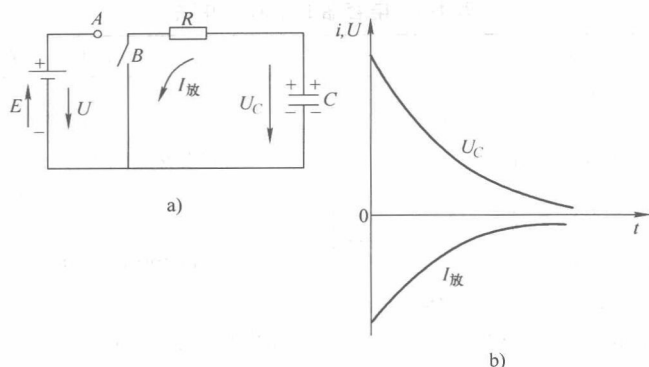


图 1-10 电容器的放电

a) 放电电路 b) 放电特性

由图 1-10a 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 1-10b 所示。

电容器在放电过程中所放出的能量, 就是它在充电过程中存储在电场 (电容器) 中的全部能量。同理, 在电容器 C 放电过程中, 放电开始时, 电容器 C 相当于短路 ($I_{\text{放}}$ 很大), 而放电结束时, 电容器 C 相当于断路 ($I_{\text{放}} \approx 0$)。当电容器中的介质 (绝缘体) 的电导率接近于 0 时, 电容器 C 基本不消耗能量 (即存储的能量等于放出的能量)。

总之, 在电阻和电容器组成的 RC 电路中, 电容器 C 充放电时间的长短, 与电路的时间常数 RC (即 R 与 C 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, 以实现电路进行变换的某种功能。这种 RC 电路在电子电路中的应用非常广泛。

1.1.3 交流电路

直流电其电流的方向和大小是不随时间变化的, 但在实际中应用最为广泛的是电流大小和方向随时间按正弦规律变化的正弦交流电。它有许多优点, 其一是可以通过变压器变换电压; 当变压器把发电机产生的交流电压升高, 可实现低损耗、远距离输电, 到达目的地后, 通过变压器降低电压, 实现安全用电。其二是交流发电机制造工艺简单、使用方便、价格便宜、便于维修, 优于直流发电机。

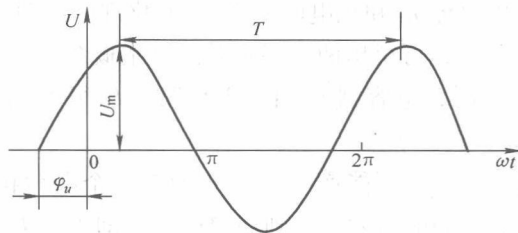


图 1-11 正弦交流电压波形图

若用电压来表示交流电,则可参见图 1-11 所示的正弦交流电压波形图。表示为数字公式时可写成

$$\begin{aligned} u &= U_m \sin(\omega t + \varphi_u) \\ &= \sqrt{2}U \sin(\omega t + \varphi_u) \end{aligned}$$

如果用电流表示,则可写成:

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_i) = \sqrt{2}I \sin(\omega t + \varphi_i)$$

u 、 i 表示正弦电压和电流的瞬时值,为任一瞬间的数值,通常用小写字母表示。 U_m 、 I_m 为正弦交流电电压和电流的最大值(幅值), U 、 I 为有效值,用大写字母表示。用表测量的数值均为有效值,平常所说的 220V、380V 等也为有效值。根据热效应规律,有 $U_m = \sqrt{2}U$, $I_m = \sqrt{2}I$ 。

图 1-11 中 T 为周期,是变化一周所需的时间,用秒(s)表示。正弦交流电变化的速率用频率表示,单位为赫兹(Hz),它等于每秒钟变化的周期数。我们常用的交流电的频率为 50Hz,称之“工频”,表示每秒钟变化了 50 次。根据以上的说法,应有 $f = \frac{1}{T}$ 。

ω 表示角频率,为正弦交流电每秒钟变化的弧度数; ω 也称角速度,单位为弧度/秒(rad/s); ω 和 f 之间的关系为

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}。$$

φ 称为电压 u 、电流 i 的初相位,它们是 $t=0$ 的相位角幅值(或有效值)、角频率(或周期、频率)和初相位是正弦量的三个要素,根据这三个要素,可以写出正弦量的瞬时值表达式,并画出波形图。

1.1.4 电磁基础知识

1. 磁

(1) 磁体

通常将具有磁性的物体称为磁体,磁体分为天然磁体和人造磁体两大类,天然磁铁是一种铁矿石,其磁性较弱,实际应用的多数为人造磁铁。人造磁铁又分为永久磁铁和暂时磁铁两种,永久磁铁的磁性能够长期保存,如电工仪表中的马蹄形磁铁和扬声器中用的圆形磁铁;暂时磁铁的磁性是暂时的,当外部磁化条件去掉后,磁铁的磁性随之消失,如电磁铁和电磁开关等的磁铁都是暂时磁铁。

(2) 磁极

磁体两端磁性最强的部分称为磁极,每个磁体都有两个磁极,分别用南极(S)和北极(N)表示。无论把磁体怎样分割,磁体总保持两个磁极,同性磁极相斥,异性磁极相吸。

(3) 磁场

在磁体的周围存在一种特殊物质,具有力和能的特性,磁场用眼睛看不见,但是磁场的存在可以通过其吸收其他物质来感知。

(4) 磁力线

磁场是有方向的,为了形象地描述磁场,引入了磁力线的概念,规定在磁力线上的每一点的切线方向就是该点的磁场方向。磁力线的特点:



1) 磁力线是互不相交的闭合曲线, 在磁体外部由 N 极指向 S 极, 在磁体的内部由 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, 即小磁针在磁力作用下 N 极所指的方向。

3) 磁力线越密表示磁场越强, 磁力线越疏, 磁场越弱, 如图 1-12 所示。

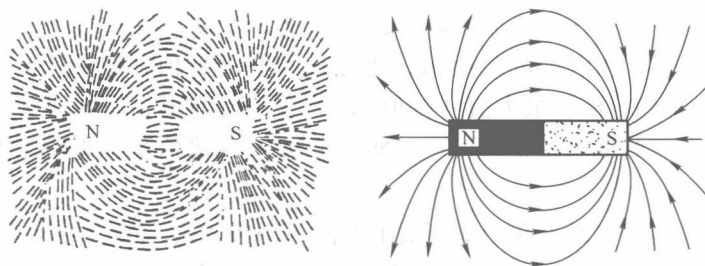


图 1-12 磁力线

2. 电流的磁场

(1) 电流的磁效应

丹麦科学家奥斯特于 1920 年研究发现, 在电流周围存在着磁场, 这种现象被称为电流的磁效应, 电流与其产生的磁场的方向可用安培定则 (又称右手螺旋定则) 来判定。

(2) 直导体产生的磁场

如图 1-13a 所示, 电流流过直导体, 它产生的磁力线是以导体为中心的同心圆, 这些同心圆都在和导线垂直的平面上。磁力线和电流的方向用安培定则来判定, 右手握住导体, 大拇指指向电流的方向, 弯曲四指指向的是磁场磁力线方向, 如图 1-13b 所示。

(3) 通电线圈产生的磁场

电流流过用导体绕成的螺线管线圈, 它表现出来的磁性类似条形磁铁, 线圈的两端相当于 N 极和 S 极, 它的磁力线是一系列的穿过线圈内孔的闭合回路。磁力线的方向也用安培定则来判定, 右手握住线圈, 弯曲四指和线圈中电流的方向一致, 大拇指所指向的方向就是磁场穿过线圈内孔的方向, 也就是线圈磁场的 N 极, 如图 1-14 所示。

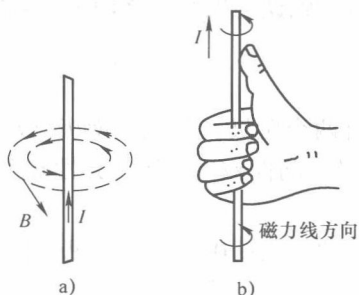


图 1-13 安培定则

a) 通电直导体的磁场 b) 通电直导体的磁场判定

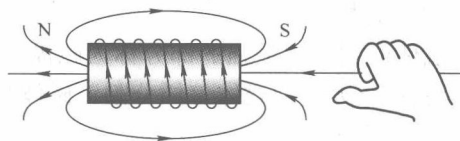


图 1-14 通电线圈的磁场判定