



电工实用技术

300问

孙余凯
吴永平 等编著
项绮明



- ◆ 汽车电工电路、电磁与电子技术基础知识
- ◆ 汽车电源系统与发动机起动系统
- ◆ 汽车点火装置与电控燃油喷射系统
- ◆ 汽车自动变速器电控系统
- ◆ 汽车电控制动防抱死系统
- ◆ 汽车电器仪表与灯光信号系统



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

汽车电工 实用技术 300 问

孙余凯 吴永平 项绮明 等编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以普及汽车电工基础知识、解决实际问题为主线,以问答的形式详细解答了汽车电工在实际工作中碰到的问题。对于目前社会保有量较大的品牌汽车,既介绍其电器线路的工作原理及电子元器件的规格型号、选用技巧,又介绍其安装使用与排除故障的快捷方法。书中内容涉及面广,基本涵盖了汽车电工知识的各个方面。

本书内容简明实用,通俗易懂,能使读者结合实际即学即用,适合具有初中文化程度以上的汽车电工和汽车修理工学习参考,是汽车电工和维修人员必备的工具书,也可作为汽车电工的培训教材以及考核汽车电工的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

汽车电工实用技术 300 问 / 孙余凯等编著. —北京: 电子工业出版社, 2005.9
ISBN 7-121-01613-3

I. 汽... II. 孙... III. 汽车—电工—问答 IV. U463.16-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 087135 号

责任编辑: 谭佩香

印 刷: 河北省邮电印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 29 字数: 700 千字

印 次: 2005 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 6000 册 定价: 39.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltq@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前 言

汽车在我国社会保有量越来越多，维修量也越来越大，为了满足广大汽车电工的工作需要，我们编写了这本《汽车电工实用技术 300 问》。

在编写过程中，笔者从广大汽车电工的实际需要出发，在内容上力求简明实用，通俗易懂，并重点介绍了汽车电工应掌握的基础知识，各种汽车电子电器的工作原理，品牌汽车常用电路、元器件的作用，以及故障部位的判断方法及速修技巧、元器件好坏的判断方法等基本技能和技术数据。在表达方式上，尽可能做到插图立体化、数据表格化，以便于读者理解和查找有关内容。同时，还注意到内容的先进性和实用性。书中介绍的汽车电路以目前市场上拥有量较大的普及性车型为主，同时也兼顾了高、低档的车型，所选易损单元电路基本涵盖了目前国产和进口汽车较常修理的部位，以使本书具有实用性强的特点。使读者学习后，可以迅速应用到实际工作中去，达到立竿见影的效果。

本书由孙余凯、吴永平、项绮明等编著。参加本书编写的工作人员还有项天任、孙庆华、王国太、吕晨、刘忠新、项宏宇、刘忠梅、孙余贵、孙莹、刘忠德、金宜全、薛广英、谭长义、周志平、王五春、孙余平、刘英、刘普玉、许风生、陈帆、王艳玉、常乃英、吴鸣山、徐绍贤、吕颖生、孙余正、王华君、孙有勋、孙余明、王燕芳、陈芳、陈玉兰、沈济坤、胡家珍等。在本书写作过程中，我们参考了大量的书刊杂志和有关资料，并引用其中一些资料，难以一一列举，在此一并向有关书刊和资料的作者表示衷心感谢！

由于我们水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

目 录

第1章 电路与电磁基础知识	1
1.1 直流电路	1
1.2 电阻、电源、电容器	5
1.3 磁场和磁路	12
第2章 汽车电子技术基础知识	19
2.1 半导体二极管及其整流电路	19
2.2 稳压二极管及其稳压电路	32
2.3 半导体三极管及其放大电路	37
第3章 蓄电池和发电机组成的电源系统	45
3.1 蓄电池	45
3.2 交流发电机	66
3.3 硅二极管整流器	90
3.4 电子电压调节器	98
3.5 汽车充电系统故障的确认与速修方法	124
第4章 发动机的起动系统	127
4.1 起动机的类型与组成特点	127
4.2 各种品牌汽车起动电路	128
4.3 怎样确认起动机是否有故障	138
4.4 正确分析、清洗、装复和调整起动机	149
4.5 起动机常见故障快速检修方法	152
4.6 起动系统直流电动机的原理与故障检修方法	153
4.7 起动系列传动机构的原理与故障检修方法	167
4.8 起动系统控制装置的原理与故障检修方法	170
第5章 汽车点火装置	181
5.1 点火系统的类型	181
5.2 各种品牌汽车点火电路	182

5.3	机械触点式点火系统组成与原理	192
5.4	磁电式、霍尔式电子点火系统原理与故障检修方法	194
5.5	微电脑控制点火系统原理与故障检修方法	208
5.6	点火系统的点火线圈类型与故障检修方法	219
5.7	点火系统用火花塞工作原理与故障检修方法	232
5.8	点火系统用分电器故障检修方法	252
5.9	点火系统的点火正时与调整方法	261
5.10	点火系统故障的确认与速修方法	266
第6章	汽车发动机电控燃油喷射系统	269
6.1	电控燃油喷射系统特点类型	269
6.2	电控燃油喷射系统的组成	272
6.3	电控燃油喷射子系统的组成	280
6.4	电控燃油喷射系统传感器类型、组成和工作原理	286
6.5	电控燃油喷射系统喷油器的类型、组成及工作原理	297
6.6	电控燃油喷射系统故障部位的判断和检查方法	300
6.7	用万用表检测电控燃油喷射系统传感器好坏的方法	308
6.8	电控燃油喷射系统喷油器、喷油泵、主继电器好坏的检测方法	334
6.9	电控燃油喷射系统油压的检测、释放及预置方法	343
第7章	汽车自动变速器电控系统	351
7.1	自动变速器的特点及类型	351
7.2	电控自动变速器的组成	352
7.3	各种电控自动变速器的工作原理	355
7.4	富康系列轿车电控自动变速器的工作原理	359
7.5	快速确定电控自动变速器故障部位的方法	369
7.6	电控自动变速器故障速修方法	375
7.7	用万用表检测电控自动变速器元器件好坏的方法	377
第8章	汽车电器仪表系统	389
8.1	汽车仪表的类型及安装方式	389
8.2	汽车基本仪表的结构与工作原理	393
8.3	桑塔纳系列轿车仪表系统工作原理	394
8.4	正确拆装仪表板的方法	396
8.5	汽车仪表故障部位的判断和检修方法	398
8.6	汽车仪表板报警灯故障检修方法	403
8.7	检修汽车仪表及报警灯故障应注意的问题	404

第 9 章 汽车电控制动防抱死 (ABS) 系统	407
9.1 系统的作用及类型	407
9.2 ABS 系统的组成及结构特点	408
9.3 电子防抱死制动 (ABS) 系统基本原理	418
9.4 电子防抱死制动 (ABS) 系统故障部位判断方法	421
9.5 电子防抱死制动 (ABS) 系统故障检修方法	423
9.6 电子防抱死制动 (ABS) 系统元器件检测方法	425
9.7 电子防抱死制动 (ABS) 系统制动液加注、放气和卸压方法	430
第 10 章 汽车照明与灯光信号系统	433
10.1 汽车灯系的类型和作用	433
10.2 汽车前照灯结构特点	435
10.3 正确更换前照灯的方法	439
10.4 灯系故障部位的判断与速修方法	442
10.5 灯系部件故障检修方法	445
10.6 前照灯光束正确调整方法	453

第 1 章 电路与电磁基础知识

1.1 直流电路

1. 直流电路由哪几部分组成？各有什么作用？



答：电路就是电气装置或设备按一定方式连接构成的电流通路。电路中的装置及器件，称为电路元件。

图 1-1 是一种最基本的电路结构示意图，主要由电源、负载和连接导线组成。

(1) 电源。电源是将其他形式的能量转换为电能的装置。汽车上常用的电源是蓄电池和发电机。

- 蓄电池。蓄电池是将化学能转换为电能的装置，称为化学电源。蓄电池的电路符号如图 1-2 (a) 所示。
- 发电机。发电机则是把机械能转换为电能的装置，称为物理电源。发电机的电路符号如图 1-2 (b) 所示。

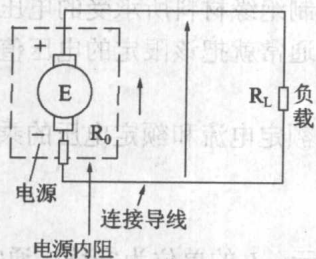


图 1-1 最基本的电路结构示意图

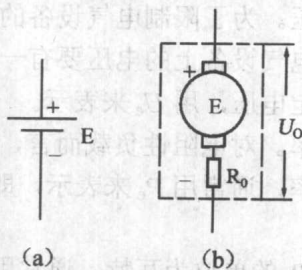


图 1-2 蓄电池及发电机的电路符号

(2) 负载。负载是消耗电能的，用于将电能转换为其他形式的能量。汽车上的负载如：起动机、电喇叭、照明灯、点火装置、各种电子控制装置等。

- 起动机。将电能转换为机械能，起动发动机。
- 点火装置。用于将电能转换为热能，即点燃发动机内的混合气。
- 照明灯。用于将电能转换为光能，即点亮各种照明灯泡。

(3) 导线。导线是用来连接电源和负载的，以构成电路（回路），还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，一般将该电阻忽略不计（即视为 $0\ \Omega$ ）。在汽车上，为便于安装、连接和减少电路故障的发生率，通常都把同路径的很多导线包扎起来成为电线束。



电路中的电子流从电池负极流出，经过导线、负载又回到电池的正极，这就是电流回路。

2. 直流电路有哪三种状态？各有什么特点？



答：直流电路通常有：通路、开路、短路三种状态。

(1) 通路。通路就是在一个电路里，有电流流过时，负载可以正常工作时的状态。通路的连接和工作方式示意图如图 1-3 所示。

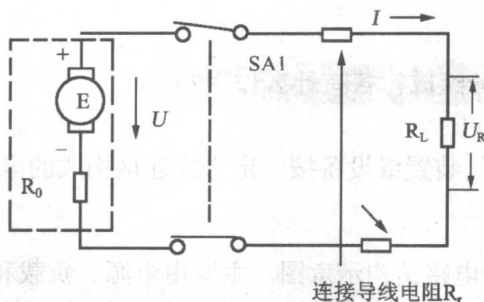


图 1-3 通路的连接和工作方式示意图

当 SA1 开关合上（接通）以后，在电源电动势 E 的作用下，电路中即有电流通过，该电流就会在构成的回路中流动，图 1-3 中的 R_r 为连接导线的电阻， R_0 为电源的内阻。

- 额定电流。为了保证电气设备的使用寿命，通常对其通过的电流加以限制，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，通常用 I_e 来表示。
- 额定电压。为了限制电气设备的电流以及限制绝缘材料所承受的电压，故应对允许施加在电气设备上的电压要有一定的限制，通常就把该限定的电压值称作该电气设备的额定电压，用 U_e 来表示。
- 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，通常用 P_e 来表示，即：

$$P_e = I_e \cdot U_e$$

式中， P_e 的单位为瓦特，通常用字母 W 表示； I_e 的单位为安培，通常用字母 A 表示； U_e 的单位为伏特，通常用字母 V 表示。

在实际应用中，有时嫌 W 的单位太小，又用千瓦做单位，用字母 kW 表示，即：

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

(2) 开路。开路是当电路中的任何一个地方断开时，没有电流通过时的状态，电路开路时的示意图如图 1-4 所示，电路中 SA1 开关是断开的。

当电路处于开路状态时，相当于其负载电阻为无穷大（通常用 ∞ 表示），电路中的电流等于零，电源的开路（断路）电压等于电动势（或电源电压），即：

$$R = \infty \quad I = 0 \quad U_0 = E$$

(3) 短路。在电路中，如果有一根导线与电源的两端相接触，如图 1-5 图 (b) 中虚线所示。这时电流几乎不通过负载，即电源两端被电阻接近于 0 的导体接通，这种情况即为

电源被短路。

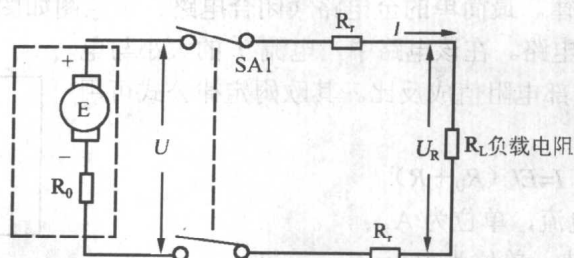


图 1-4 电路开路时的示意图

图 1-5 (a) 所示即为汽车蓄电池由于导线过热而引起导线绝缘损坏，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导致短路。此时，电源将通过很大的电流，其值为：

$$I_{\text{短}} = E/R_0$$

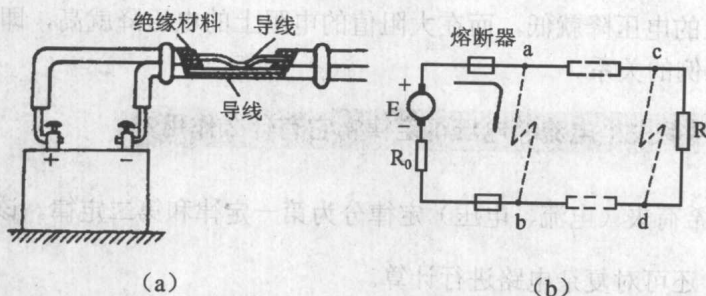


图 1-5 电路短路时的示意图

此电流称为短路电流，用 $I_{\text{短}}$ 表示。因为一般电源内电阻 R_0 均较小，所以此时的电流 ($I_{\text{短}}$) 很大。它会使电源发热过甚而烧毁。因此，在汽车维修中一定要防止这种短路故障的发生。

3. 什么是直流电路的欧姆定律？有什么作用？

答：任何导体都有一定的电阻，在导体两端加上电压，导体中就有电流流过。电流、电压和电阻三者之间的关系为：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。能确切地表示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（一段）电路欧姆定律。部分（一段）电阻电路示意图如图 1-6 所示，即在该电路中含电源电动势，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：

$$I = U/R$$

式中， I ——导体中的电流，单位为 A。

R ——负载电阻或导体的电阻，单位为 Ω 。

U ——电源电压或电阻 R 两端的电压，单位为 V。

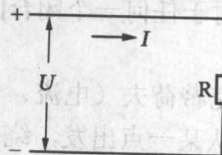


图 1-6 部分（一段）电阻电路示意图



根据上面的公式, 只要我们知道了任意两个数量, 就能求出第三个未知数来。

(2) 全电路欧姆定律。最简单的全电路(闭合电路)示意图如图 1-7 所示。这种最简单的闭合回路, 称为全电路。在该电路中, 电流 I 的大小与电动势 E 成正比, 与其全部电阻值成反比。其欧姆定律公式可用下式表示:

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

式中, I ——电路中的电流, 单位为 A。

E ——电源电动势, 单位为 V。

R_0 ——电源的内电阻, 单位为 Ω 。

R ——负载的电阻, 单位为 Ω 。

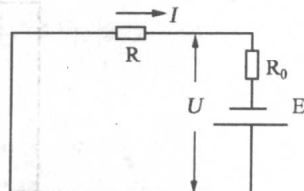


图 1-7 最简单的全电路
(闭合回路) 示意图

(3) 欧姆定律公式的变形。上述欧姆定律公式还可以写成如下公式:

$$U = R \times I$$

由上式可以看出, 当电流 I 一定时, 电阻越大则电压越高; 反之, 在一定的电流下, 电阻值越小则电阻上的电压降也越低。换言之, 当两个不同阻值的电阻通过相同的电流时, 在小阻值的电阻上的电压降就低, 而在大阻值的电阻上的电压降就高, 即当电流一定时, 电压与电阻成正比例的关系。

4. 什么是克希荷夫(电流、电压)定律? 它有什么作用?



答: 克希荷夫(电流、电压)定律分为第一定律和第二定律。该定律不仅适用于简单电路的计算, 还可对复杂电路进行计算。

(1) 第一定律。克希荷夫(电流、电压)第一定律应用于节点, 故又称为节点电流定律。以下是第一定律的具体内容。

- 对于任何一个节点, 所有流入节点的电流之和等于流出该节点的电流之和。即:

$$\sum I_{\text{入}} = \sum I_{\text{出}}$$

- 克希荷夫(电流、电压)第一定律的内容可用另一种形式表述。

对于任何一个节点, 流出和流入该节点电流的代数和恒等于零。即:

$$\sum I = 0$$

克希荷夫(电流、电压)第一与第二定律实例图如图 1-8 所示, 第一定律如图 1-8 (a) 所示, 对于节点 a 就有如下的关系:

$$\sum I = I_1 + I_4 + I_5 - I_3 - I_2 = 0$$

(2) 第二定律。克希荷夫(电流、电压)第二定律应用于回路, 故又称为回路电压定律, 如图 1-8 (b) 所示。以下是第二定律的具体内容。

- 对于任何一个闭合回路, 各段电阻上电压降的代数和等于电动势的代数和。即:

$$\sum IR = \sum E$$

- 克希荷夫(电流、电压)第二定律可用另一种形式表述。

从某一点出发, 绕回路一周回到该点时, 各段电路电压的代数和恒等于零。即:

$$\sum U = 0$$

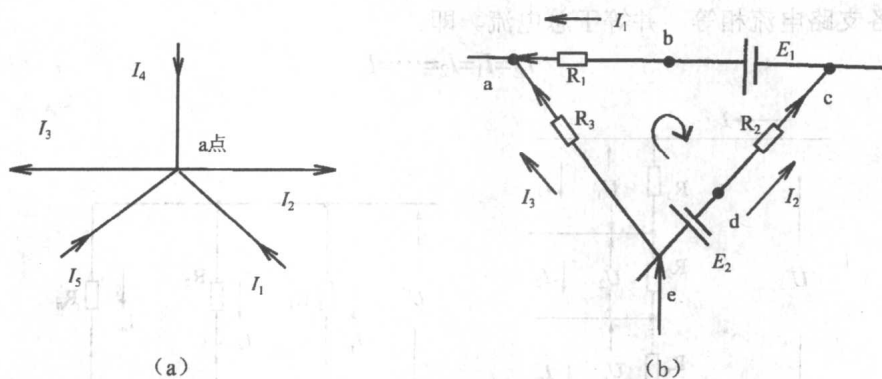


图 1-8 克希荷夫(电流、电压)第一与第二定律实例图

图 1-8 (b) 所示的回路有如下的关系:

$$\begin{aligned}\sum U &= U_{ac} + U_{ce} + U_{ea} \\ &= (-I_1 R_1 + E_1) + (-I_2 R_2 - E_2) + I_3 R_3 \\ &= -I_1 R_1 - I_2 R_2 + I_3 R_3 + E_1 - E_2 = 0\end{aligned}$$

从上述分析可看出,要计算某点的电位,只要从这一点通过一定的路径绕回路一周回到该点即可计算得到。但要注意每一项电压的正、负值,如果在绕行过程中从正极到负极,此电压便是正的,反之从负极到正极的电压则是负的。电压可以是电源电压,也可以是电阻上的电压。电源电压的正负极是直接给出的,电阻上的电压正负极则是根据电流的方向来确定的,因为电流是从高电位向低电位的,故电流进入电阻的一端是正极,而电流从电阻出来的一端是负极。

1.2 电阻、电源、电容器

5. 电阻在简单直流电路中有哪几种连接方式? 各有什么特点?

答: 在简单直流电路中,电阻通常有串联、并联和混联三种方式。电阻串联、并联示意图如图 1-9 所示。

(1) 电阻的串联。几个电阻互相连接起来,中间没有分岔,这时通过每个电阻的电流都相同,这种连接方式称为串联。图 1-9 (a) 表示 n 只电阻 $R_1, R_2, \dots, R_n$ 串联之后,接在电压 U 的两端所组成的电阻串联电路。串联电阻电路有以下特点。

- 总电阻等于各电阻值之和。如图 1-9 (a) 所示,当有 n 只电阻串联以后,串联后的总电阻就等于各电阻值之和,即:

$$R_{\text{总}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$$

- 总电压等于各段电压之和。如图 1-9 (a) 所示,当有 n 只电阻串联以后,串联后的总电压就等于各段电压之和,即:

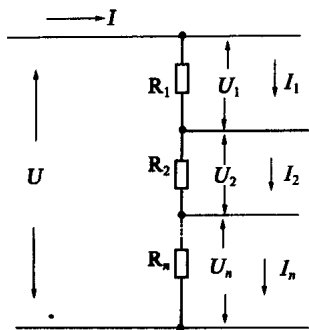
$$U_{\text{总}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

- 各支路电流等于总电流。如图 1-9 (a) 所示,当有 n 只电阻串联以后,串联后的电

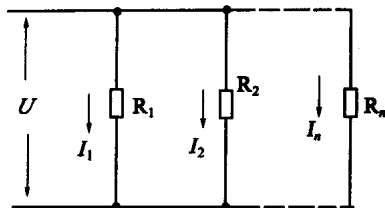


路各支路电流相等，并等于总电流。即：

$$I_{\text{总}} = I_1 = I_2 = \cdots = I_n$$



(a) 电阻串联电路



(b) 电阻并联电路

图 1-9 电阻串联、并联示意图

(2) 电阻的并联。 n 个电阻接在相同的两点之间，其两端的电压相同，这种连接方式称为并联。电阻并联电路如图 1-9 (b) 所示，由 n 只电阻 $R_1, R_2, \cdots, R_n$ 并联之后的电路有以下特点。

- 总电阻的倒数等于各电阻倒数之和。如图 1-9 (b) 所示，当有 n 只电阻并联以后，表示电流关系的式为：

$$I_{\text{总}} = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$$

可改写为：

$$\frac{U}{R_{\text{总}}} = \frac{U}{R_1} + \frac{U}{R_2} + \cdots + \frac{U}{R_n}$$

把上式中的电压 U 消去，即可得到：

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

由此可见，并联电路的总电阻 $R_{\text{总}}$ 比各并联电阻 $R_1, R_2, \cdots, R_n$ 中的任一个都要小。也就是说，并联一个电阻的结果总是使等效电阻值减小。这一规律有时在实际工作中是比较有用的，比如在修理汽车电器时，发现某一电阻值太大，要把它减小一些，这时只要在原电阻的两端，再并联上一个合适的电阻就可以了。

在特殊情况下，当 n 个相同的电阻 (R_1) 并联时，它的等效总电阻值 (即并联后的总电阻值) 为：

$$R_{\text{总}} = R_1 / n$$

- 电阻两端电压等于外加电压。如图 1-9 (b) 所示，当有 n 只电阻并联时，各电阻两端的电压相等，并等于外加电压。即：

$$U_{\text{总}} = U_1 = U_2 = \cdots = U_n = U$$

- 总电流等于各支路电流之和。如图 1-9 (b) 所示，当有 n 只电阻并联以后，并联后的总电流等于各支路电流之和。即：

$$I_{\text{总}} = I_1 + I_2 + \cdots + I_n$$

上述关系式可由克希荷夫定律第一定律，即节点电流定律证明。



6. 电源(电池)有哪几种连接方式? 各有什么特点?

 答: 电源(电池)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。电源(电池)三种连接方式示意图如图 1-10 所示。

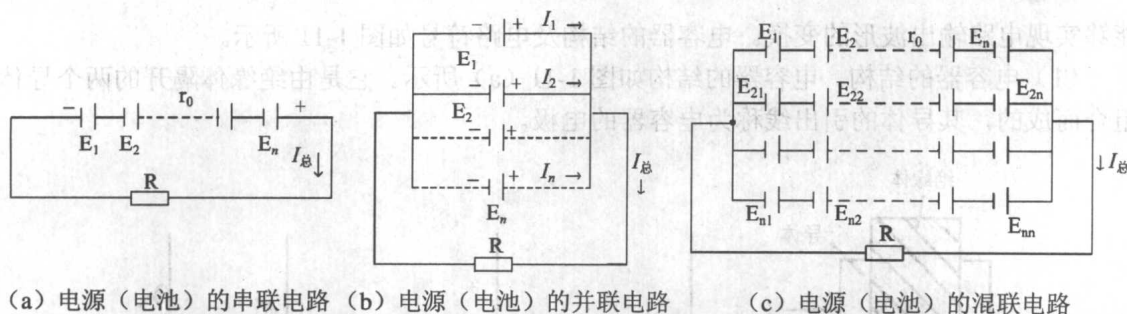


图 1-10 电源(电池)三种连接方式示意图

(1) 串联电源(电池)。电源(电池)的电路符号用“—|—”表示, 其中竖长线表示正极, 竖短线表示负极, 两端水平线为连接线端。一般一节电池用这样一个符号表示。电源(电池)的串联电路如图 1-10 (a) 所示。

将 n 个电源(电池)顺向连接起来, 就叫做电源的串联。串联电源有以下特点。

- 总电压等于各电压之和。如图 1-10 (a) 所示, 当有 n 个电池串联以后, 串联后的总电压 $E_{\text{总}}$ 就等于各电压之和, 即:

$$E_{\text{总}} = E_1 + E_2 + \cdots + E_n$$

- 总电流等于各支路电流。如图 1-10 (a) 所示, 当有 n 个电池串联以后, 串联后的总电流 $I_{\text{总}}$ 就等于各支路电流, 即:

$$I_{\text{总}} = I_1 = I_2 = \cdots = I_n$$

当 $E_1 = E_2 = \cdots = E_n = E$ 时,

$$I_{\text{总}} = nE / (R + nr_0)$$

式中, r_0 为各个电源的内电阻。

(2) 并联电源(电池)。电源(电池)的并联电路如图 1-10 (b) 所示, 将 n 个电源(电池)正极与正极相连, 负极与负极相连起来, 就叫做电源的并联。并联电源有以下特点。

- 总电压等于各支路两端的电压。当有 n 个电池并联时, 并联后的总电压就等于各支路两端的电压, 即:

$$E_{\text{总}} = E_1 = E_2 = \cdots = E_n = E$$

- 总电流等于各支路电流之和。当有 n 个电池并联时, 并联后的总电流 $I_{\text{总}}$ 就等于各支路电流之和。即:

$$I_{\text{总}} = I_1 + I_2 + \cdots + I_n = E / (R + r_0/n)$$

- 混联电源(电池)。电源(电池)的混联电路如图 1-10 (c) 所示, 当 n 个电源(电池)串联, 然后再与 n 个串联电源并联起来的电路, 就叫做混联电路。



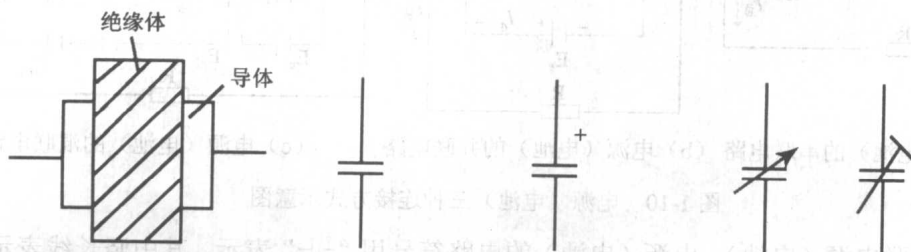
混联电路的计算方法可根据具体电路而定，分别用电源串联、并联的公式进行有关的计算。

7. 电容器在结构上有哪些特性？什么是电容量？



答：电容器是电路中用得最多的电路元件之一。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。电容器的结构及电路符号如图 1-11 所示。

(1) 电容器的结构。电容器的结构如图 1-11 (a) 所示。它是由绝缘体隔开的两个导体组合而成的，其导体的引出线称为电容器的电极。



(a) 电容器的结构 (b) 固定电容器 (c) 电解电容器 (d) 可调或半可调电容器

图 1-11 电容器的结构及电路符号

(2) 电容器的种类及电路符号。电容器的种类很多，按结构可分为固定电容器（其中包括具有极性的电解电容器），半可调电容器、可调电容器。它们的电路符号如图 1-11 (b)、(c)、(d) 所示。各种电容器尽管结构不同，但基本都是由两组金属片及中间的空气、云母等绝缘介质而组成的。

(3) 电容器的电容量。电容器具有储存电荷的特性，它储存电荷的多少，与加到电容器两端的电源电压有关。电压越高，电容器所充的电荷也越多。电容器上所充的电荷与充电电压之比，即表示电容器的电容量，用字母 C 表示，其关系式如下：

$$C = Q/U$$

式中， C ——电容器的电容量，单位为法拉，通常用字母 F 表示。

Q ——电容器储存的电荷量，单位为库仑，通常用字母 C 表示。

U ——电容器两电极间的电压，单位为伏特，通常用字母 V 表示。

由上式可看出，每伏电压使电容器储存的电量越大，说明电容器的容量也越大。它的单位是法拉，简称法。法是很大的电容单位，实际常用微法（用 μF 表示）或皮法（用 pF 表示）等较小的单位来表示电容器的电容量。法、微法和皮法之间的数量关系为：

$$1F = 10^6 \mu F = 10^{12} pF; 1\mu F = 10^6 pF \text{ 或 } 1pF = 10^{-6} \mu F = 10^{-12} F.$$

必须说明的是：不只是电容器才具有电容，实际上任何两导体之间都存在着电容。例如，汽车电器两根传输线之间，每根传输线与大地（或搭铁）之间，都是被空气介质或电线外绝缘介质隔开的，所以也存在着电容。一般情况下，这个电容值越小，它的作用常可忽略不计。但如传输线很长或所传输的信号频率很高时，就应考虑到这一电容的作用。

8. 电容器的充放电有什么特点?

 **答:** 电容器的用途很多, 应用很广泛, 其中最主要的就是利用它在一定的条件下, 进行充电、放电以及隔直流的作用。

(1) 电容器的充电。电容器的充电电路及其充电特性曲线如图 1-12 所示。

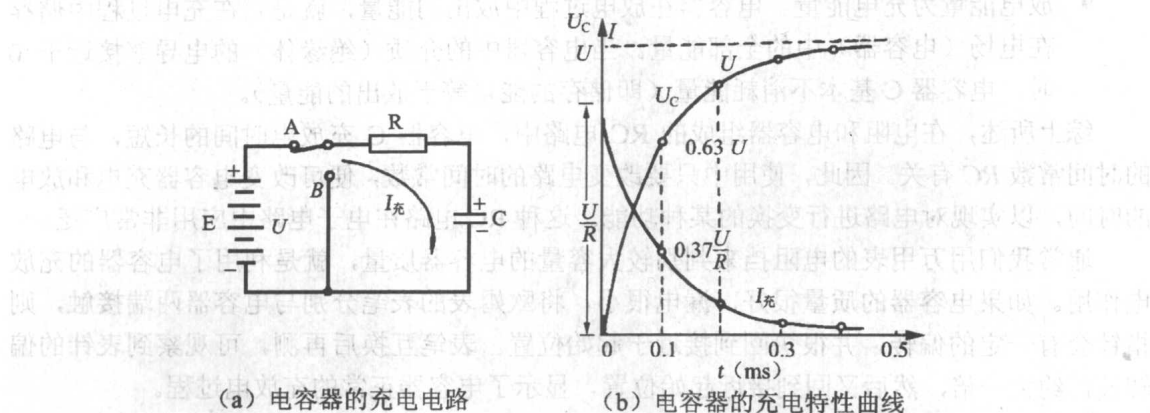


图 1-12 电容器的充电电路及其充电特性曲线

从图 1-12 (a) 可看出, 当把电容器 C 与电阻 R 串联后, 接到端电压为恒定值 U 的电源两端时, 电容器 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 1-12 (b) 所示。

从电容器 C 充电过程中的特性曲线可得到两个很重要的基本概念。

- 电容器通电瞬间相当于短路, 稳态相当于开路。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 相当于开路 ($I_{\text{充}}$ 近似等于零)。
- 电容器上充电电压不会突变。电容器上的充电电压 U_c 不可能产生突变 (即有一个积累电荷的过程, 也就是充电过程), 充电需要一定时间后, 电容器上的电压才能达到稳定值 U (即 $U_c = U$)。

(2) 电容器的放电。电容器的放电电路和放电特性曲线如图 1-13 所示。

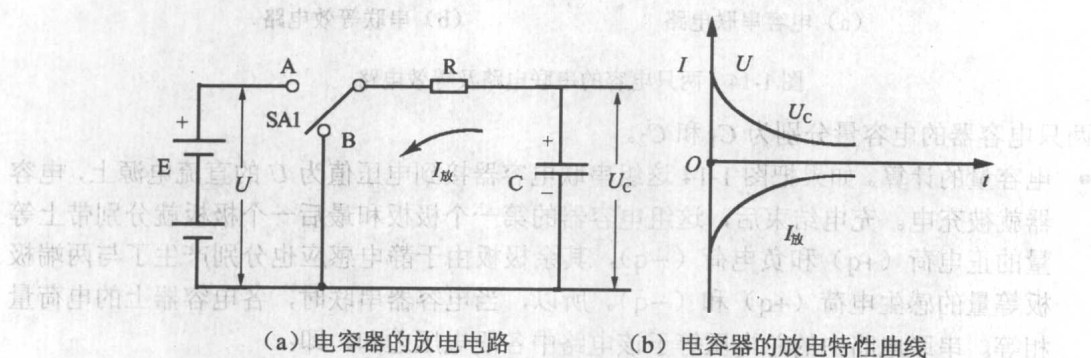


图 1-13 电容器的放电电路及放电特性曲线示意图



由图 1-13 (a) 可看出, 当将被充电的电容器 C 与电阻 R 接成放电电路时, 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 1-13 (b) 所示。

- 电容器的放电开始相当于短路, 放电结束相当于开路。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 相当于开路 ($I_{\text{放}}=0$)。
- 放电能量为充电能量。电容器在放电过程中放出的能量, 就是它在充电过程中储存在电场 (电容器) 中的全部能量。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 (即储存的能量等于放出的能量)。

综上所述, 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 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 电路在电子电路中应用非常广泛。

通常我们用万用表的电阻挡来判别较大容量的电容器质量, 就是利用了电容器的充放电作用。如果电容器的质量很好, 漏电很小, 将欧姆表的表笔分别与电容器两端接触, 则指针会有一定的偏转, 并很快回到接近于起始位置。表笔互换后再测, 可观察到表针的偏转较前约大一倍, 然后又回到接近起始位置, 显示了电容器正常的充放电过程。

9. 电容器的串联和并联有什么特点?



答: 在实际工作中, 常常会遇到单独使用一只电容器时, 不能满足需要, 这时就常把几只电容器接成串联或并联的形式, 以满足不同的需要。

(1) 电容器的串联。几只电容器接成一个无分支电路的连接方式叫做电容器的串联。两只电容器的串联电路及等效电路如图 1-14 所示。

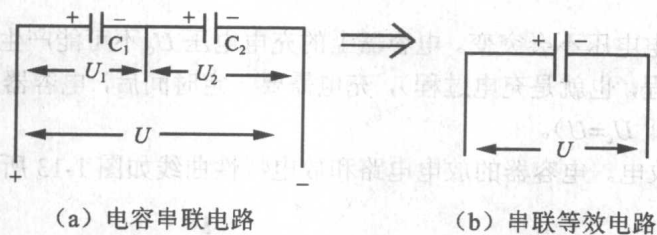


图 1-14 两只电容的串联电路及等效电路

两只电容器的电容量分别为 C_1 和 C_2 。

- 电容量的计算。如果把图 1-14 这组串联电容器接到电压值为 U 的直流电源上, 电容器就被充电。充电结束后, 这组电容器的第一个极板和最后一个极板就分别带上等量的正电荷 ($+q$) 和负电荷 ($-q$), 其余极板由于静电感应也分别产生了与两端极板等量的感生电荷 ($+q$) 和 ($-q$)。所以, 当电容器串联时, 各电容器上的电荷量相等。串联电路中的总电压等于该电路中各段电压之和, 即:

$$U=U_1+U_2$$

电容串联电路中的总电容为: