

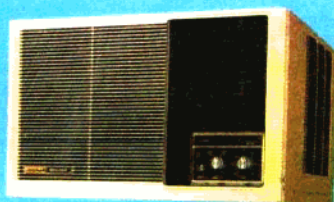
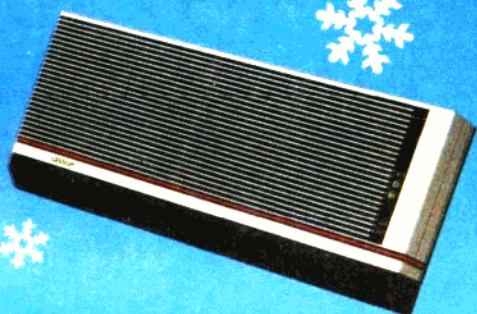
职业技能鉴定教材

制冷设备维修工

(初级、中级、高级)

《职业技能鉴定教材》
《职业技能鉴定指导》

编审委员会



中国劳动出版社

职业技能鉴定教材

制冷设备维修工

(初级、中级、高级)

《职业技能鉴定教材》 编审委员会
《职业技能鉴定指导》

中国劳动出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

制冷设备维修工：初级、中级、高级/王荣起编. —北京：中国劳动出版社，1996. 8
职业技能鉴定教材
ISBN 7-5045-1897-2

I. 制… I. 王… III. 制冷-设备-维修 技能-鉴定-规范 IV. TB657

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 08147 号

职业技能鉴定教材
制冷设备维修工
(初级、中级、高级)
《职业技能鉴定教材》 编审委员会
《职业技能鉴定指导》

责任编辑 葛玮

中国劳动出版社出版

(100029 北京市惠新东街1号)

世界知识印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1996年9月第1版 1996年9月第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/16 印张：19.5

字数：487千字 印数：5000册

定价：25.50元

(凡购买本社图书，如有缺页、倒页、脱
页、装错者，出版社发行部给予调换)

前 言

《中华人民共和国劳动法》明确规定，国家对规定的职业制定职业技能标准，实行职业资格证书制度，由经过政府批准的考核鉴定机构负责对劳动者实施职业技能鉴定。经劳动部与有关行业部门协商，首批确定了50个工种实施国家职业技能鉴定。

职业技能鉴定是提高劳动者素质，增强劳动者就业能力的有效措施，进行考核鉴定，并通过职业资格证书制度予以确认，为企业合理使用劳动力以及劳动者自主择业提供了依据和凭证。同时，竞争上岗，以贡献定报酬的新型的劳动、分配制度，也必将成为千千万万劳动者努力提高职业技能的动力。

实施职业技能鉴定教材建设是重要的一环。为适应职业技能鉴定的迫切需要，推动职业培训教学改革，提高培训质量，统一鉴定水平，劳动部职业技能鉴定中心、劳动部教材办公室、中国劳动出版社组织有关方面专家、技术人员和职业培训教学管理人员编写了《职业技能鉴定教材》和《职业技能鉴定指导》两套书。

根据《中华人民共和国职业技能鉴定规范》的颁布情况，在总结饮食服务业、农业《教材》和《指导》编写经验的基础上，这次编写了商业行业的制冷设备维修工、家用电热器具与电动器具维修工、办公设备维修工3个工种的《教材》和《指导》，共6种书。

《职业技能鉴定教材》以相应的《规范》为依据，坚持“考什么，编什么”的原则，内容严格限定在工种《规范》范围内，是对《规范》的细化，从而不同于一般学科的教材。在编写上，按照初、中、高三个等级，每个等级按知识要求和技能要求组织内容。在基本保证知识连贯性的基础上，着眼于技能操作，力求浓缩精炼，突出针对性、典型性、实用性。

《职业技能鉴定指导》以习题和答案为主，是对《教材》的补充和完善。每个等级分别编写了具有代表性的知识和技能部分的习题。

《教材》和《指导》均以《规范》的申报条件为编写起点，有助于准备参加考核鉴定的人员掌握考核鉴定的范围和内容，适用于各级鉴定机构组织升级考核复习和申请参加技能鉴定的人员自学使用，对于各类职业技术学校师生、相关行业技术人员均有重要的参考价值。

商业行业6种《教材》和《指导》是由天津市劳动局具体承担组织编写工作，由北京市劳动局承担审稿组织工作。在此深表谢意。

本书由王荣起、赵守珍、刘宏仁、魏长春（南开大学）编写，王荣起主编；王令侠、张玉柱（北京市修理协会）审稿。

编写《教材》和《指导》有相当的难度，是一项探索性工作。由于时间仓促，缺乏经验，不足之处在所难免，恳切欢迎各使用单位和个人提出宝贵意见和建议。

《职业技能鉴定教材》 编审委员会
《职业技能鉴定指导》

目 录

第一部分 初级制冷设备维修工知识要求

第一章 电工技术初步.....	(1)
第一节 电路与电路参数.....	(1)
第二节 简单直流电路.....	(3)
第三节 电容的充、放电.....	(5)
第四节 正弦交流电路.....	(7)
第五节 三相电路	(10)
第二章 电子技术初步	(12)
第一节 半导体二极管与三极管	(12)
第二节 整流与滤波电路	(16)
第三节 直流稳压电路	(20)
第三章 制冷技术基本知识	(22)
第一节 压力与真空	(22)
第二节 温度	(24)
第三节 热量	(25)
第四节 物质的集态	(28)
第五节 热力学基本定律	(30)
第四章 制冷剂、载冷剂与冷冻机油	(31)
第一节 制冷剂概述	(31)
第二节 氟利昂制冷剂的主要特性	(32)
第三节 载冷剂与冷冻机油	(33)
第五章 单级蒸气压缩式制冷原理与设备	(36)
第一节 压缩式制冷原理	(36)
第二节 制冷压缩机	(38)
第三节 蒸发器和冷凝器	(44)
第四节 毛细管与膨胀阀	(47)
第五节 其它辅助设备	(49)
第六章 电冰箱的电气与控制	(52)
第一节 压缩机中的电动机	(52)
第二节 单相电动机的启动与保护装置	(53)
第三节 温度控制器	(56)

第四节 除霜装置与照明电路	(59)
第七章 家用电冰箱	(63)
第一节 电冰箱的分类	(63)
第二节 电冰箱的结构	(64)
第三节 电冰箱的制冷系统	(65)
第四节 电冰箱的控制电路	(68)
第五节 家用电冰柜	(70)

第二部分 初级制冷设备维修工技能要求

第八章 仪器仪表的使用	(72)
第一节 指针式万用表	(72)
第二节 数字万用表	(74)
第三节 兆欧表	(76)
第四节 钳形电流表	(77)
第五节 电子温度计	(78)
第六节 卤素检漏仪	(79)
第九章 维修工具的结构及使用	(80)
第一节 管工工具及其使用方法	(80)
第二节 抽真空灌氟工具及其使用方法	(82)
第三节 制冷剂钢瓶及分装方法	(85)
第四节 钳工工具及其使用方法	(86)
第十章 焊接技术	(88)
第一节 软钎焊	(88)
第二节 硬钎焊	(89)
第三节 焊接安全	(95)
第十一章 电冰箱常见故障维修	(97)
第一节 压缩机电动机的检查	(97)
第二节 压缩机机械部分检修	(98)
第三节 制冷系统检修	(100)
第四节 制冷系统不畅	(102)
第五节 充注制冷剂	(103)
第六节 电路系统检修	(106)
第七节 电冰箱故障检查	(109)
第八节 电冰箱修复后的检测	(114)

第三部分 中级制冷设备维修工知识要求

第十二章 电工技术基础	(115)
第一节 直流电路	(115)
第二节 正弦交流电路	(118)

第三节	三相交流电路	(120)
第四节	交流异步电动机	(122)
第五节	变压器、继电器和交流接触器	(126)
第十三章	电子技术基础	(129)
第一节	基本交流放大电路	(129)
第二节	串联型稳压电路	(136)
第三节	正弦振荡电路	(138)
第四节	门电路的基本知识	(140)
第十四章	空气与调节	(145)
第一节	空气调节	(145)
第二节	空气的性质	(146)
第三节	空气的焓—湿图	(149)
第十五章	空调器	(153)
第一节	空调器的种类和代号	(153)
第二节	制冷系统部件	(156)
第三节	电气控制系统	(158)
第四节	窗式空调器	(160)
第五节	分体空调器	(166)

第四部分 中级制冷设备维修工技能要求

第十六章	仪表维修	(169)
第一节	指针式万用表	(169)
第二节	兆欧表	(173)
第三节	钳形电流表	(176)
第十七章	电冰箱维修	(178)
第一节	温控器和启动继电器的检修	(178)
第二节	电冰箱的开背修理	(179)
第三节	维修效果检验	(181)
第十八章	空调器的维修与安装	(183)
第一节	制冷设备故障判断	(183)
第二节	空调器维修	(184)
第三节	空调器充注氟利昂的方法	(189)
第四节	空调器的安装	(190)
第五节	空调器的运行状态	(191)
第十九章	维修服务管理知识	(194)
第一节	维修人员的基本修养	(194)
第二节	维修服务基本知识	(194)
第三节	经营管理基础知识	(196)
第四节	安全知识	(196)

第五部分 高级制冷设备维修工知识要求

第二十章	电工学基础	(198)
第一节	正弦交流电路	(198)
第二节	晶闸管及其应用	(202)
第二十一章	数字电路基础	(209)
第一节	数字逻辑基础	(209)
第二节	逻辑门电路	(211)
第三节	组合逻辑电路	(214)
第四节	时序逻辑电路	(218)
第二十二章	热力学基础知识	(224)
第一节	压—焓图的应用	(224)
第二节	$t-s$ 图的应用	(227)
第二十三章	其它制冷方法	(232)
第一节	吸收式制冷	(232)
第二节	半导体制冷	(234)
第三节	制冷技术的发展状况	(234)
第二十四章	小型制冷设备	(236)
第一节	汽车空调器	(236)
第二节	小型冷库	(240)
第二十五章	东芝电冰箱的电子控制电路	(248)
第一节	东芝电冰箱的电子电路	(248)
第二节	常见故障的判断与修理	(256)
第二十六章	机械图	(258)
第一节	基本视图	(258)
第二节	机械零件图	(262)
第三节	装配图	(264)

第六部分 高级制冷设备维修工技能要求

第二十七章	仪器仪表维修	(267)
第一节	数字多用表原理及故障排除	(267)
第二节	示波器原理及故障排除	(272)
第三节	电子卤素检漏仪及故障排除	(275)
第四节	机械真空泵及故障排除	(275)
第二十八章	空调器维修	(277)
第一节	空调遥控器的检修	(277)
第二节	分体空调器电路检修	(280)
第三节	修理后空调器的检测	(285)

第二十九章 小型制冷设备的检修..... (287)

 第一节 小型冷库的检修..... (287)

 第二节 其它小型制冷设备..... (290)

第三十章 经营管理..... (297)

第一部分 初级制冷设备维修工知识要求

第一章 电工技术初步

第一节 电路与电路参数

一、电路与电路表示

利用电来工作的仪器设备统称电器。描述电器工作原理、工作特性最便利的方法是使用电路图。电路是电器工作时电流流动的通路，它是一些电工、电子元器件按一定方式的组合。电路一般都含有电源、负载元器件、导线及开关。

画电路图时，要按照统一规定（国标、部标等）的符号来表示不同的元器件，再用线段将它们连接起来，并用适当的字母标注。图 1--1 是简单照明电路图。字母 G 及符号 “—|—” 代表直流电源， R_0 及符号 “—□—” 代表电阻，H 及符号 “—⊗—” 代表灯泡，S 及符号 “—/—” 代表开关，连接它们的线段表示电路。

在电路图中，开关处于打开状态叫“开路”，开关处于闭合状态叫“闭路”，处于闭路状态的负载电阻等于零则叫“短路”。在实际使用中，电路的短路状态是不允许出现的。

二、电路的电流、电压和电阻

1. 电流 图 1-1 的电路闭路时存在着朝一个方向流动的电流，这个电流的大小与组成电路的电源及负载电阻有关。描述电路中电流大小的参量叫电流强度，它是在单位时间内通过导线某一横截面的电量。平常说的电流是电流强度的简称。电路中电流的正方向被规定为从电源的正极到电源的负极，电流的单位是安培，用字母 A 表示。电流单位还有毫安（mA）、微安（ μA ）等。

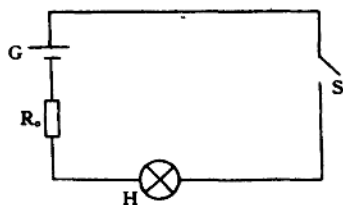


图 1-1 简单照明电路图

$$1\text{mA}=0.001\text{A} \quad 1\mu\text{A}=0.001\text{mA}$$

2. 电压与参考电位 在闭合电路中，电压是产生电流的原因。和电流一样，电压也存在方向，规定电压的正方向是由高电位指向低电位，即电位降低的方向。

$$U_{ab}=U_a-U_b$$

式中， U_a 、 U_b 分别代表电路中两点的电位。电压的单位是伏特，用字母 V 表示。电压单位还有千伏（kV）、毫伏（mV）、微伏（ μV ）等。

电压只能表明两点间的电位相差多少及哪点的电位高，至于在电路中某点的电位究竟是多少就不能给出。为此，须在电路中选一点作为参考点，并把参考点的电位定义为零伏。于

是，电路中其它各点的电位都与参考点的电位进行比较，比它高的电位为正电位，反之为负电位。参考点在电路中标“接地”符号。所谓“接地”，并非真正与大地相连。显然，参考点选得不同，同一电路中各点的电位值也随之不同。但是，两点间的电压不随之变化。

3. 电阻 导体中自由电子作定向移动时受到的阻碍作用叫做导体的电阻。用导体两端的电压与通过导体电流强度的比值来表示电阻的大小。电阻的单位是欧姆，用字母Ω表示。电阻的单位还有千欧（kΩ）、兆欧（MΩ）等。

$$1\text{k}\Omega=1000\Omega \qquad 1\text{M}\Omega=1000\text{k}\Omega$$

材料的电阻是反映自身电学性能的参量。电阻定律指出，在一定温度下，某一均匀截面材料的电阻与它的长度*l*成正比，与它的截面*S*成反比。即

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

式中，ρ称材料的电阻率。显然，相同尺寸下电阻率大的材料导电能力差。

具有一定电阻值的元件叫电阻器，简称电阻。用金属丝绕制的电阻，允许通过较大的电流；用导电膜（碳膜、金属膜）涂制的电阻，允许通过的电流较小。电阻的阻值有固定和可变两种，阻值可变的电阻常称电位器。

根据电阻允许通过的最大电流及电阻值，生产厂家生产了系列电阻。功率可从电阻的外形估计，阻值则标在电阻的表面上，如15Ω、1kΩ等。还有一种表示电阻值的方法是在电阻表面涂印不同的色环，如图1-2所示。阻值误差大于5%的采用4个环，左起2个环色表示系数，第三个环色表示倍乘，第四个环色表示误差。误差小于1%的电阻采用5个环，左起3个环色表示系数，第四个环色表示倍乘，第五个环色表示误差。例如，若图1-2的电阻，*a*为黄色，*b*为紫色，*c*为黄色，*d*为金色，则此电阻值为470kΩ，误差±5%。若在图1-2电阻紧靠*d*环又涂了一色环，此环为绿色，则此电阻值为47.4Ω，误差仅±0.1%。各种色环所代表的数字和误差列于表1-1中。



图1-2 电阻值的色环表示

表 1-1 色环所代表的数字和误差

颜色	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
	第一位数	第二位数	乘数	误差
黑	—	0	10 ⁰	—
棕	1	1	10 ¹	±1%
红	2	2	10 ²	±2%
橙	3	3	10 ³	—
黄	4	4	10 ⁴	—
绿	5	5	10 ⁵	±0.5%
蓝	6	6	10 ⁶	±0.2%
紫	7	7	10 ⁷	±0.1%
灰	8	8	10 ⁸	—
白	9	9	10 ⁹	+5% -20%
金	—	—	10 ⁻¹	±5%
银	—	—	10 ⁻²	±10%
无色	—	—	—	±20%

三、电源及电动势

1. 电源 电源是向电路提供能量的装置。它的正、负两个电极使得积累在正极的正电荷通过导线和负载流向负极，再在电源内部由负极到达正极。电源分直流电源和交流电源，直流电源的正、负电极是永远不变的，而交流电源的电极极性则随时间变化。

2. 电动势 在闭合电路中，电源正极上的电荷不断地流向负极，电荷数会逐渐减少。为了维持电极上电荷数量，需要电源能够再将正电荷从负极转移到正极。电动势就是描述电源这种能力大小的参数，用字母“ E ”表示。这是电源的自身属性，与电路中的元器件参数无关，在数值上等于开路时电源两极之间的电压，其方向在电源内部是由电源的负极指向电源正极，单位是 V。

第二节 简单直流电路

一、欧姆定律

在电阻电路中，通过电阻的电流与电阻两端的电压成正比、与电阻值成反比，这就是部分电路欧姆定律。

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

式中， U 的单位是 V， R 的单位是 Ω ， I 的单位是 A。

在闭合电阻电路中，电流与电源的电动势成正比，与电路的总电阻（包括负载电阻 R 和电源内阻 R_0 ）成反比，这就是全电路欧姆定律。

$$I = \frac{E}{(R + R_0)}$$

满足欧姆定律的电阻器称线性电阻，各种数值的电阻或电位器都是线性电阻；反之，则叫非线性电阻，如半导体二极管就可以看成是一个非线性电阻。

二、电功率与焦耳定律

电流流过电阻时被转化为热能或光能，它所做的功叫电功。其数值等于

$$W = IUt$$

电功用字母“ W ”表示。式中，电流 I 的单位为 A，电压 U 的单位为 V，时间 t 的单位为 S，电功 W 的单位为 J。

电功率是单位时间内电流所做的功，它表示电流做功的快慢程度。用字母“ P ”表示。

$$P = IU = I^2R$$

电功率的单位是 W。

焦耳定律指出：当电流通过电阻所消耗的电能全部被转化为热能时，所产生的热量 Q 与电流 I 的平方、电阻 R 和通电的时间成正比。

$$Q = I^2Rt$$

当电流、电阻和时间仍用上述单位时，热量 Q 的单位为 J。

三、电阻的串联与并联

把几个电阻首尾逐个连接起来（如图 1-3 所示）的方法叫串联。在闭合串联电路中电流处处都相等；电路的总电阻 R 等于各个串联电阻之和；电路的总电压等于各个电阻上的电压

降之和。

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

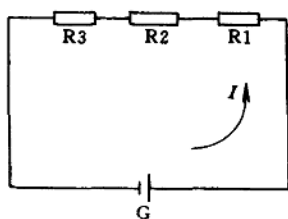


图 1-3 电阻串联电路

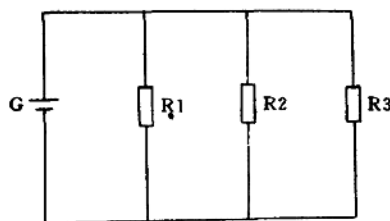


图 1-4 电阻并联电路

把几个电阻的一端连接在一起，把它们的另一端也连接在一起（如图 1-4 所示），这样的连接方式叫电阻的并联。并联电阻两端的电压降都相等，并联起来的总电阻 R 的倒数等于各个并联电阻倒数之和；并联电阻电路的总电流 I 等于流过各个电阻电流 $I_1、I_2 \dots I_n$ 之和。

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

一个电路中既有互相串联的电阻，又有互相并联的电阻，这样的电路叫混联电路。要分析计算混联电路，可先应用电阻串、并联的规律进行简化，求出它们各自的等效电阻，再计算电路的总电阻。这样，应用电路基本定律，就可以计算出各电阻上的电压、电流及功率参数等。

四、简单直流电路计算

对直流电路的计算，包括计算电路中电流、电压和电阻所消耗的功率等。

1. 直流电桥 电桥是电工测量仪表中灵敏度较高的仪器，其测量电路的核心部分如图 1-5 所示，PA 为检流计（可以向两个方向偏转的高灵敏电流表），电阻 $R_1、R_2、R_3$ 及 R_4 叫桥的 4 个臂。

当 $b、d$ 端中间开关 S 打开时，设流过 $R_1、R_2$ 的电流为 I_1 ，流过 $R_3、R_4$ 的电流为 I_2 ，它们可分别表示为：

$$I_1 = \frac{E}{(R_1 + R_2)} \quad I_2 = \frac{E}{(R_3 + R_4)}$$

于是 $b、d$ 两点之间的电压 U_{bd} 等于：

$$U_{bd} = E(R_1 R_4 - R_2 R_3) / [(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)]$$

当 $R_1 R_4 - R_2 R_3 = 0$ 时， $U_{bd} = 0$ 。此时即使闭合开关 S，检流计指针也不偏转，即 $I_{PA} = 0$ 。电路的这种状态称桥路平衡。桥路平衡的条件是

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

设 $R_1 = R_x$ ， R_x 为待测电阻的阻值，从上式得到：

$$R_x = \frac{R_2 R_3}{R_4}$$

式中, R_2/R_4 叫桥的比臂, R_3 叫较臂。测量时先将比臂调整到一定比例, 调 R_3 直到电桥平衡为止, 再依据上式算出待测电阻值。

2. 衰减电路 图 1-6 所示的电路叫衰减电路。它的特点是不同点的输出电压有一定规律。当从电路 A、B 端输入固定电压时, 通过计算发现, 从 C、D、E、F 点对 B 点的输出电压相邻之间有 10 倍关系

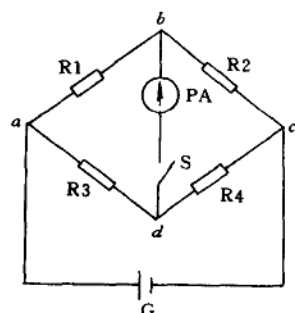


图 1-5 直流电桥电路原理图

利用电阻串、并联公式得:

$$R_{EB} = \frac{5 \times (40.5 + 4.5)}{5 + 40.5 + 4.5} = 4.5 \Omega$$

同理, $R_{DB} = 4.5 \Omega$, $R_{CB} = 4.5 \Omega$

所以, $R_{AB} = R_{AC} + R_{CB} = 45 \Omega$

若输入电压 $U_{AB} = 50 \text{ V}$, 可计算得到

$$\begin{aligned} U_{CB} &= \frac{R_{CB} \times U_{AB}}{R_{AC} + R_{CB}} = 5 \text{ V} & U_{EB} &= \frac{R_{EB} \times U_{DB}}{R_{DE} + R_{EB}} = 0.05 \text{ V} \\ U_{DB} &= \frac{R_{DB} \times U_{CB}}{R_{CD} + R_{DB}} = 0.5 \text{ V} & U_{FB} &= \frac{R_{FB} \times U_{EB}}{R_{EF} + R_{FB}} = 0.005 \text{ V} \end{aligned}$$

对于其它输入电压, 相邻之间电压成 10 倍关系仍成立。

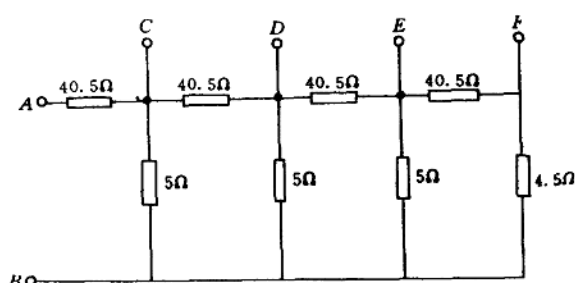


图 1-6 衰减电路原理图

第三节 电容的充、放电

一、电容的串、并联

1. 电容器 电容器是电路中的又一基本元件, 简称电容, 用字母 C 表示。电容的种类很多, 有纸质电容、陶瓷电容、聚苯乙烯电容、电解电容……。但它们都是由两个金属电极和极间绝缘介质组成的。电容的两个重要参数是容量及额定工作电压, 它们一般都标在电容的外表面。对于电解电容还有正、负电极之分, 接在电路中时, 正极接电位高的位置, 负极接电位低的位置, 不可倒置。电解电容的特点是容量较大。

电容接入直流电路后, 经过一定时间, 两极贮存等量异种电荷, 两极之间产生了电压。电容贮存电荷越多, 两电极之间电压越大。电容器的容量就是所带电量与电压差之比。

$$C = Q / (U_a - U_b)$$

电容的单位是法拉，用字母“F”表示，由于法拉这个单位太大，一般用微法（ μF ）、皮法（ pF ）来表示电容的容量。

$$1\text{F} = 10^6 \mu\text{F} \quad 1\mu\text{F} = 10^6 \text{pF}$$

2. 电容的并、串联 若把几个电容并联起来，如图 1-7 所示，则并联后的总电容 C 等于各个电容之和。

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

使用中要把几个电容并联时，要求这些电容的额定电压尽可能相同。

若把几个电容串联起来，如图 1-8 所示，串联后总电容 C 的倒数等于各个电容倒数之和。

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$

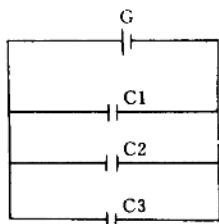


图 1-7 电容并联电路

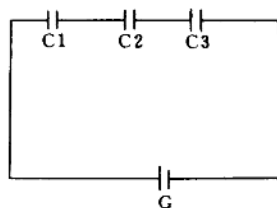


图 1-8 电容串联电路

二、电容的充、放电

在直流电路中接入电容，当闭合或断开电路的瞬间，电路中的电流随时间而变化，电路处于不稳定状态，这个过程是由电容的充、放电引起的。

图 1-9 是分析电容充、放电过程的电路图。将开关 S 与接点 1 闭合时，电容通过电阻 R_1 与电源正、负极相接。电源电极上的正、负电荷就逐渐转移到电容的两电极并贮存起来，这个过程称为充电。充电过程中形成了充电电流。电容的充电过程受电源端电压、电容值及电阻 R_1 的影响。随着充电时间增加，电容贮存的电荷越来越多，电容两极间的电压随之升高，它与电源端电压越来越接近。当两者的数值相等时，充电过程结束，充电电流为零。充电过程中，电路电流及电容两极电压随时间变化规律如图 1-10 所示。电流的减小与电压的增长受 R_1 、 C 的影响，把 $R_1 C$ 叫电容的充电时间常数， $R_1 C$ 值越大，充电时间越长，其变化规律服从指数变化规律。

在图 1-9 中，当电容充电停止后，把开关 S 由接点 1 改到接点 2，电路的右半部分处于闭合状态。在开关与 2 接触瞬间，电容两极上的电荷通过 R_2 相互复合而形成了电流，这个过程叫电容放电，电路中的电流也就叫放电电流。同样，电容的放电过程与电容放电前的两极电压、电容值及电阻值有关，把 $R_2 C$ 叫电容放电时间常数。

放电过程中放电电流和电容两极电压都随时间而越来越小，直到二者都等于零。其变化规律如图 1-11 所示，也服从指数变化规律。

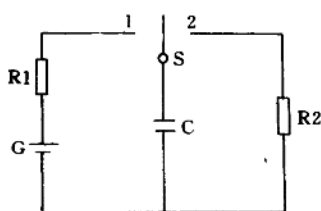


图 1-9 电容充、放电电路

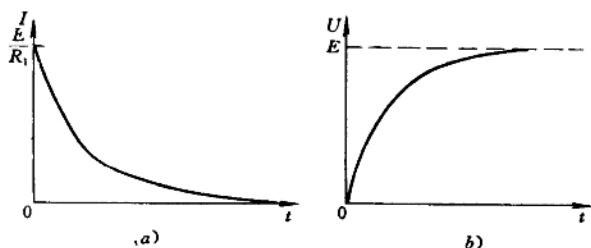


图 1-10 电容充电过程中电流、电压随时间变化

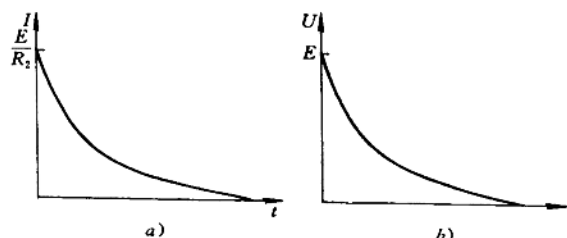


图 1-11 电容放电过程中电流、电压随时间变化

三、直流稳态电路中的电容

直流电路中接有电容时，闭合的瞬间存在电流。当电路处于稳定状态时电路电流等于零，这就意味着电容对直流起到隔离作用。因此，在分析直流电路时，完全可以把含有电容的支路作断路处理。电容的隔直作用，在电子技术中十分重要。

第四节 正弦交流电路

在电路中把幅度和方向都随时间作正弦规律变化的电流、电压及电动势等参量叫正弦量，这样的电路叫正弦交流电路。在正弦电路中，电流和电压等都按正弦规律变化。

一、正弦交流电的表示

既然正弦交流电按正弦规律变化，那么，正弦函数的代数表示和图形表示就完全可表示正弦交流电。正弦电流和电压的函数表示为：

$$i = I_m \sin(\omega_1 t + \phi_1) \quad u = U_m \sin(\omega_2 t + \phi_2)$$

式中， i 、 u 表示正弦电流及电压的瞬时值； I_m 、 U_m 表示它们的最大值； ω_1 、 ω_2 表示它们变化的快慢； ϕ_1 、 ϕ_2 表示它们的初始相位。注意正弦交流电的值都用小写字母表示。

图 1-12 是正弦交流电的图形表示，也叫波形图。 x 轴代表时间， y 轴代表正弦交流电的瞬时值， ϕ 表示正弦电流的初始相位。

二、正弦量的三个参数

正弦量的特征由频率（或周期）、幅值（或有效值）及初相位来确定。

1. 频率与周期 正弦量变化一次所需的时间称为周期，用字母 T 表示，单位为 S。正弦量每秒变化的次数叫频率，用字母 f 表示，单位是赫兹（Hz）。频率与周期互为倒数。

$$f=1/T$$

用弧度表示的频率叫角频率，用字母 ω 表示，角频率与频率的关系为

$$\omega = 2\pi f$$

2. 幅值与有效值 在正弦量的瞬时值中最大的值叫幅值，用带下标 m 的大写字母表示，如 I_m 、 U_m 等。通过数学计算，正弦量的有效值与幅值的关系是：

$$I = I_m / \sqrt{2} \quad U = U_m / \sqrt{2}$$

有效值都用大写字母表示。一般讲正弦量大小，如无特别指出，都是指它的有效值。所谓 220V 交流电就是指有效值，其最大值实际是 311V。

3. 初相位与相位差 正弦量的计时起点 $t=0$ 时的相位叫初相位。正弦量 $i_1 = I_m \sin \omega t$ 的初相位是零， $i_2 = I_m \sin (\omega t + \psi)$ 的初相位是 ψ 。初相位不同，它们在某一时刻的值也就不同（尽管它们的最大值可能相同）。前面两式中的角度 (ωt) 和 $(\omega t + \psi)$ 叫正弦量的相位角或相位。相位随时间连续变化，正弦量的瞬时值也随之变化。

图 1-13 是两个初相位不同的正弦量的波形图。用三角函数表示，可写为：

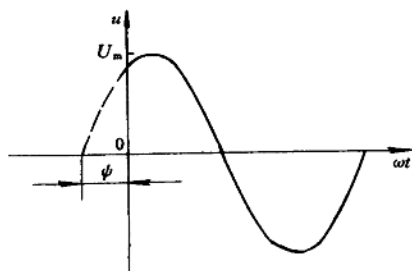


图 1-12 正弦交流电的波形图

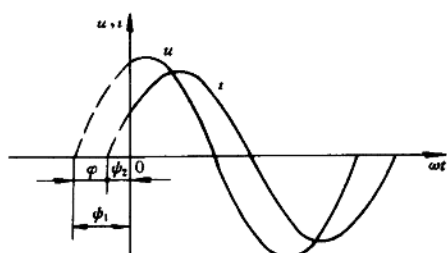


图 1-13 初相位不等的两个正弦量

$$u = U_m \sin (\omega t + \psi_1) \quad i = I_m \sin (\omega t + \psi_2)$$

两个同频率正弦量的相位角差（或初相位差）叫两正弦量的相位差，在上式中 u 和 i 的相位差为：

$$\varphi = \psi_1 - \psi_2$$

初相位不同，它们各自到达最大值的时刻也不同。图中 $(\psi_2 > \psi_1)$ ， i 较 u 先到过达正的幅值，于是说 i 比 u 超前 φ 角。若 $\varphi=0$ ，称两正弦量同相；若 $\varphi=\pi$ ，称两正弦量为反相。

三、正弦交流电路的欧姆定律

在正弦电路中，基本负载元件有电阻、电容和电感。电阻在正弦交流电路的特性完全等同于直流电路，其阻值并不变化。所以，电阻的欧姆定律可写成：

$$i = u/R, \quad I = U/R$$

电容器对交流电的阻碍作用叫电容的容抗，用字母 X_C 表示。容抗与电容容量 C 及交流电