

工程电气安装调试工

建筑工程安装职业技能培训教材编委会 组织编写

邹德勇 曹立纲 主编

建筑工程安装职业技能培训教材

工程电气安装调试工

建筑工程安装职业技能培训教材编委会 组织编写

邹德勇 曹立纲 主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

工程电气安装调试工/建筑工程安装职业技能培训教材编委会组织编写, 邹德勇, 曹立纲主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 12

建筑工程安装职业技能培训教材

ISBN 978-7-112-17289-4

I. ①工… II. ①建…②邹…③曹… III. ①电气设备-建筑安装 IV. ①TU85

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 221500 号

本书是根据国家有关建筑工程安装职业技能标准, 结合全国建设行业全面实行建设职业技能岗位培训的要求编写的。以工程电气安装调试工职业资格三级的要求为基础, 兼顾一、二级和四、五级的要求。全书主要分为两大部分, 第一部分为理论知识, 第二部分为操作技能。第一部分理论知识分为三章, 分别是: 基础知识 (电工基本概念, 电工仪表知识, 电气材料知识, 电气识图知识); 专业知识 (继电保护, 变压器, 电动机, 高低压控制电器, 数控技术和工业电视); 相关知识 (电气施工管理, 电气安装工程与其他专业施工配合, 电气“四新”技术)。第二部分操作技能分为三章, 分别是: 专业技能 (施工图纸审核, 施工项目工料预算, 变压器、电动机试验, 复杂电气控制设备的安装调试, 建筑弱电系统, 电梯调试, 大型电气系统、自动化仪表调试及联合试运转, 电力线路、高压电缆, 柴油发电机, 双路电源不间断电源); 工具设备的使用和维护 (仪器仪表, 交、直流电耐压试验设备的操作维护); 操作安全及工程质量 (操作安全措施, 工程质量鉴定)。

本书注重突出职业技能教材的实用性, 对基础知识、专业知识和相关知识需要掌握、熟悉、了解的部分都有适当的编写, 尽量做到图文结合, 简明扼要, 通俗易懂, 避免教科书式的理论阐述、公式推导和演算。是当前建筑工程安装职业技能鉴定和考核的培训教材, 适合建筑工人自学使用, 也可供大中专学生参考使用。

责任编辑: 刘江 范业庶 岳建光

责任设计: 张虹

责任校对: 李欣慰 陈晶晶

建筑工程安装职业技能培训教材

工程电气安装调试工

建筑工程安装职业技能培训教材编委会 组织编写

邹德勇 曹立纲 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京建筑工业出版社印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 11½ 字数: 277 千字

2015 年 2 月第一版 2015 年 2 月第一次印刷

定价: 32.00 元

ISBN 978-7-112-17289-4

(26071)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

建筑工程安装职业技能培训教材
编 委 会

(按姓氏笔画排序)

于 权 艾伟杰 龙 跃 付湘炜 付湘婷 朱家春

任俊和 刘 斐 闫留强 李 波 李朋泽 李晓宇

李家木 邹德勇 张晓艳 尚晓东 孟庆礼 赵 艳

赵明朗 徐龙恩 高东旭 曹立纲 曹旭明 阚咏梅

翟羽佳

前 言

本书是建筑安装操作人员培训用书，按照最新国家有关建筑安装工程安装职业技能标准编写，以工程电气安装调试工职业资格三级的职业要求为基础，兼顾四、五级和一、二级要求，结合建筑业实际情况，按照标准分为两大部分编写，第一部分为理论知识，第二部分为操作技能。主要内容包括：电工基础知识、电工专业知识、电工相关知识、电工操作技能、电工工具设备的使用和维护、操作安全及工程质量等。

本书不仅涵盖了先进、成熟、实用的电气设备安装工程施工技术，还包括了现代新材料、新技术、新工艺和环境、职业健康安全、节能环保等方面的知识，力求做到技术内容先进、实用，文字通俗易懂，语言生动，并辅以大量直观的图表，能满足不同文化层次的技术工人和读者的需要。帮助广大工程电气安装调试人员更好地理解和掌握安装技术理论和实际操作技能，全面提高建筑施工作业人员的知识水平和实际操作能力。本教材可作为工程电气安装调试工的培训教材，也适用于上岗培训，以及读者自学参考。

本书由邹德勇、曹立纲主编，在编写过程中参考了许多专家、学者的部分资料，在此一并表示感谢。由于本书所涉及的知识面较宽，在编写过程中有很多新技术、新工艺、新材料等新的理念未纳入本书，加之编者水平有限，不足之处在所难免，恳请各位同行及广大读者批评指正。

目 录

第一部分 理论知识

第一章 基础知识	2
第一节 电工基本概念	2
第二节 电工仪表知识	10
第三节 电气材料知识	18
第四节 电气识图知识	23
第二章 专业知识	28
第一节 继电保护	28
第二节 变压器	36
第三节 电动机	47
第四节 高低压控制电器	58
第五节 数控技术和工业电视	63
第三章 相关知识	67
第一节 电气施工管理	67
第二节 电气安装工程与其他专业施工配合	74
第三节 电气“四新”技术	77

第二部分 操作技能

第四章 专业技能	82
第一节 施工图纸审核	82
第二节 施工项目工料预算	88
第三节 变压器、电动机试验	95
第四节 复杂电气控制设备的安装调试	99
第五节 建筑弱电系统	106
第六节 电梯调试	117
第七节 大型电气系统、自动化仪表调试及联合试运转	122
第八节 电力线路、高压电缆	128
第九节 柴油发电机	138
第十节 双路电源不间断电源	144
第五章 工具设备的使用和维护	153
第一节 仪器仪表	153
第二节 交、直流电耐压试验设备的操作维护	157
第六章 操作安全及工程质量	163
第一节 操作安全措施	163
第二节 工程质量鉴定	169
参考文献	177

第一部分

理论知识

第一章 基础知识

第一节 电工基本概念

一、电路

1. 电路简介

电路是电流所流经的路径，由金属导线和电气以及电子部件组成的导电回路，称其为电路。直流电通过的电路称为“直流电路”，交流电通过的电路称为“交流电路”。

最简单的电路，是由电源、负载、导线、开关等元器件组成。如图 1-1 所示为手电筒实物电路图，图 1-2 所示为其电路示意图。

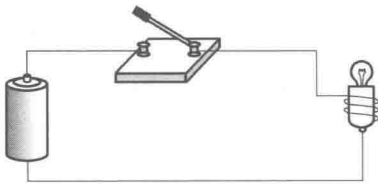


图 1-1 手电筒实物电路图

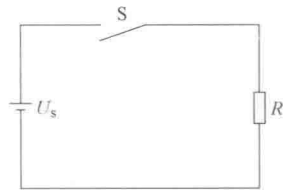


图 1-2 电路示意图







电路导通叫做通路。只有通路，电路中才有电流通过。电路某一处断开叫做断路或者开路。如果电路中电源正负极间没有负载而是直接接通叫做短路，这种情况是决不允许的。另有一种短路是指某个元件的两端直接接通，此时电流从直接接通处流经而不会经过该元件，这种情况叫做该元件短路。开路（或断路）是允许的，而第一种短路决不允许，因为电源的短路会导致电源、用电器、电流表被烧坏。

电路是由电特性相当复杂的元器件组成的，为了便于使用数学方法对电路进行分析，可将电路实体中的各种电器设备和元器件用一些能够表征它们主要电磁特性的理想元件（模型）来代替，而对它的实际上的结构、材料、形状等非电磁特性不予考虑。常用理想元件及符号见表 1-1。

常用理想元件及符号

表 1-1

名称	符号	名称	符号
电阻		电压表	
电池		接地	

名称	符号	名称	符号
电灯		熔断器	
开关		电容	
电流表		电感	

2. 电路种类

电源电路：产生各种电子电路的所需求电源。

电子电路：亦称电气回路。

(1) 频率种类

- 1) 基频电路，基频，低频率，使用基频元件。
- 2) 高频电路，高频，高频率，使用高频元件。
- 3) 基频、高频混合电路。

(2) 元件种类

- 1) 被动元件：如电阻、电容、电感、二极管等，有分基频被动元件、高频被动元件。
- 2) 主动元件：如电晶体、微处理器等，分基频主动元件、高频主动元件。

(3) 用途种类

- 1) 微处理器电路：亦称微控制器电路，形成计算机、游戏机、(播放器影、音)、各式各样家电、滑鼠、键盘、触控等。
- 2) 电脑电路：为微处理器电路进阶电路，形成桌上型电脑、笔记型电脑、掌上型电脑、工业电脑等。
- 3) 通信电路：形成电话、手机、有线网路、有线传送、无线网路、无线传送、光通信、红外线、光纤、微波通信，卫星通信等。
- 4) 显示器电路：形成银幕、电视、仪表等各类显示器。
- 5) 光电电路：如太阳能电路。
- 6) 电机电路：常运用于大电源设备，如电力设备、运输设备、医疗设备、工业设备等。

(4) 联结种类

- 1) 串联电路：使同一电流通过所有相连接器件的联结方式，如图 1-3 所示。
- 2) 并联电路：使同一电压施加于所有相连接器件的联结方式，如图 1-4 所示。

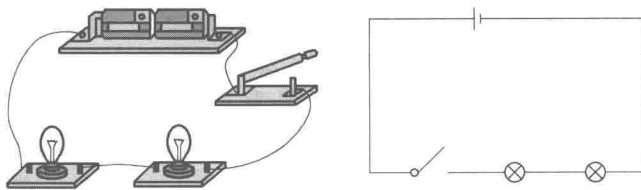


图 1-3 串联电路

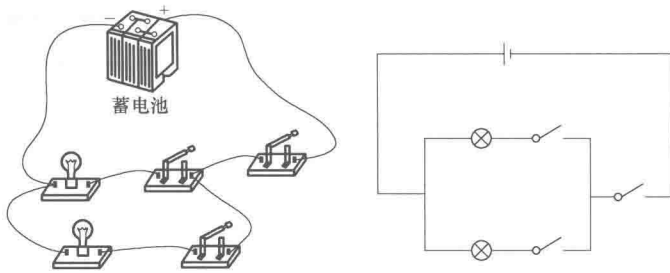


图 1-4 并联电路

3. 国际单位制电学单位

国际单位制电学单位见表 1-2。

国际单位制电学单位

表 1-2

基本单位			
单位	符号	物理量	注
安培	A	电流	
导出单位			
伏特	V	电势,电势差,电压	=W/A
欧姆	Ω	电阻,阻抗,电抗	=V/A
法拉	F	电容	
亨利	H	电感	
西门子	S	电导,导纳,磁化率	= Ω^{-1}
库仑	C	电荷,带电量	=A·s
欧姆·米	$\Omega \cdot m$	电阻率	ρ
西门子/每米	S/m	电导率	
法拉/每米	F/m	电容率;介电常数	ϵ
反法拉	F	电弹性	=F
用在电学中的力学导出单位			
瓦特	W	电功率,电能	=J/s
千瓦·时	kW·h	电功,电能	=3.6MJ

二、电流

1. 电流简介

电流,是指电荷的定向移动。电源的电动势形成了电压,继而产生了电场力,在电场力的作用下,处于电场内的电荷发生定向移动,形成了电流。

电流的大小称为电流强度(简称电流,符号为 I),是指单位时间内通过导线某一截面的电荷量,每秒通过 1 库仑的电量称为 1 安培(A)。安培是国际单位制中所有电性的基本单位。除了安培(A)外,常用的单位有毫安(mA)、微安(μA)。1A=1000mA=1000000 μA 。

电流定义公式： $I=Q/t$

1 安培=1 库仑/1 秒

2. 电流规律

(1) 串联电路

电流： $I_{\text{总}}=I_1=I_2$ （串联电路中，电路各部分的电流相等）

电压： $U_{\text{总}}=U_1+U_2$ （总电压等于各部分电压和）

电阻： $R_{\text{总}}=R_1+R_2$

(2) 并联电路

电流： $I_{\text{总}}=I_1+I_2$ （并联电路中，干路电流等于各支路电流之和）

电压： $U_{\text{总}}=U_1=U_2$ （各支路两端电压相等并等于电源电压）

电阻： $1/R_{\text{总}}=1/R_1+1/R_2$

3. 电流分类

电流分为交流电流和直流电流。

(1) 交流电：插入电源的用电器使用的是交流电。

(2) 直流电：使用外置电源的用电器用的是直流电。

交流电一般是在家庭电路中有着广泛的使用，有 220V 的电压，属于危险电压。

直流电则一般被广泛使用于手机（锂电池）之中。像电池（1.5V）、锂电池、蓄电池等被称之为直流电。

4. 电流形成的原因和条件

因为有电压（电势差）的存在，所以产生了电力场强，使电路中的自由电荷受到电场力的作用而产生定向移动，从而形成了电路中的电流。

必须具有能够自由移动的电荷（金属中只有负电荷移动，电解液中为正负离子同时移动）。导体两端存在电压差（要使闭合回路中得到持续电流，必须要有电源）。电路必须为通路。

5. 电流三大效应

(1) 热效应

导体通电时会发热，把这种现象叫做电流热效应。例如，比较熟悉的焦耳定律，是定量说明传导电流将电能转换为热能的定律。（焦耳定律）

(2) 磁效应

电流的磁效应（动电会产生磁）：奥斯特发现，任何通有电流的导线，都可以在其周围产生磁场的现象，称为电流的磁效应。（毕奥-萨法尔定律）

(3) 化学效应

电的化学效应主要是电流中的带电粒子（电子或离子）参与而使得物质发生了化学变化。化学中的电解水或电镀等都是电流的化学效应。（法拉第电解定律）

三、电压

1. 电压简介

电压，也称作电势差或电位差，是衡量单位电荷在静电场中由于电势不同所产生的能量差的物理量。其大小等于单位正电荷因受电场力作用从 A 点移动到 B 点所作的功，电

压的方向规定为从高电位指向低电位的方向。电压的国际单位制为伏特 (V)，常用的单位还有毫伏 (mV)、微伏 (μV)、千伏 (kV) 等。此概念与水位高低所造成的“水压”相似。需要指出的是，“电压”一词一般只用于电路当中，“电势差”和“电位差”则普遍应用于一切电现象当中。

电荷 q 在电场中从 A 点移动到 B 点，电场力所做的功 W_{AB} 与电荷量 q 的比值，叫做 AB 两点间的电势差 (AB 两点间的电势之差)，用 U_{AB} 表示，则有公式：

$$U_{AB} = \frac{W_{AB}}{q}$$

式中 W_{AB} —— 电场力所做的功；

q —— 电荷量。

电压在国际单位制中的主单位是伏特 (V)，简称伏，用符号 V 表示。1 伏特等于对每 1 库仑的电荷作了 1 焦耳的功，即 $1\text{V} = 1\text{J}/\text{C}$ 。强电压常用千伏 (kV) 为单位，弱电压的单位可以用毫伏 (mV)、微伏 (μV)。

2. 电压分类

(1) 直流电压与交流电压

如果电压的大小及方向都不随时间变化，则称之为稳恒电压或恒定电压，简称为直流电压，用大写字母 U 表示。

如果电压的大小及方向随时间变化，则称为变动电压。对电路分析来说，一种最为重要的变动电压是正弦交流电压 (简称交流电压)，其大小及方向均随时间按正弦规律作周期性变化。交流电压的瞬时值要用小写字母 u 或 $u(t)$ 表示。

(2) 高电压、低电压和安全电压

电压可分为高电压、低电压和安全电压。

高低电压的区别是：以电气设备的对地的电压值为依据的。对地电压高于 250V 的为高电压。对地电压小于 250V 的为低电压。

其中安全电压指人体较长时间接触而不致发生触电危险的电压。按照国家标准规定安全电压是为防止触电事故而采用的，由特定电源供电的电压系列。我国对工频安全电压规定了以下五个等级，即 42V、36V、24V、12V 以及 6V。

3. 电压规律

电压是推动电荷定向移动形成电流的原因。电流之所以能够在导线中流动，也是因为在电流中有着高电势和低电势之间的差别。换句话说。在电路中，任意两点之间的电位差称为这两点的电压。

串联电路电压规律：串联电路两端总电压等于各部分电路两端电压和。

公式： $\sum U = U_1 + U_2$

并联电路电压规律：并联电路各支路两端电压相等，且等于电源电压。

公式： $\sum U = U_1 = U_2$

四、电阻

1. 电阻简介

电阻是所有电路中使用最多的元件之一。

在物理学中，用电阻来表示导体对电流阻碍作用的大小。导体的电阻越大，表示导体对电流的阻碍作用越大。不同的导体，电阻一般不同，电阻是导体本身的一种特性。电阻元件是对电流呈现阻碍作用的耗能元件。

因为物质对电流产生的阻碍作用，所以称其为该作用下的电阻物质。电阻将会导致电子流通量的变化，电阻越小，电子流通量越大，反之，亦然。没有电阻或电阻很小的物质称其为电导体，简称导体。不能形成电流传输的物质称为电绝缘体，简称绝缘体。

导体的电阻通常用字母 R 表示，电阻的单位是欧姆，简称欧，符号是 Ω ， $1\Omega = 1V/A$ 。比较大的单位有千欧 ($k\Omega$)、兆欧 ($M\Omega$)。

2. 电阻计算公式

串联： $R = R_1 + R_2 + \dots + R_n$

并联： $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_n$ 两个电阻并联式也可表示为 $R = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$

定义式： $R = U/I$

决定式： $R = \rho L/S$

式中 ρ ——电阻的电阻率，是由其本身性质决定；

L ——电阻的长度；

S ——电阻的横截面积。

电阻元件的电阻值大小一般与温度、材质、长度，还有横截面面积有关，衡量电阻受温度影响大小的物理量是温度系数，其定义为温度每升高 1°C 时电阻值发生变化的百分数。多数（金属）的电阻随温度的升高而升高，一些半导体却相反。

电阻的主要物理特征是变电能热能，也可说它是一个耗能元件，电流经过它就产生内能。电阻在电路中通常起分压、分流的作用。对信号来说，交流与直流信号都可以通过电阻。

3. 电阻分类

(1) 按阻值特性分。分为固定电阻、可调电阻、特种电阻（敏感电阻）。

(2) 按制造材料分。分为碳膜电阻、金属膜电阻、线绕电阻，无感电阻，薄膜电阻等。

(3) 按安装方式分。分为插件电阻、贴片电阻。

(4) 按功能分。分为负载电阻，采样电阻，分流电阻，保护电阻等。

五、电容

1. 电容简介

电容亦称作“电容量”，是指在给定电位差下的电荷储藏量，记为 C ，国际单位是法拉 (F)。一般来说，电荷在电场中会受力而移动，当导体之间有了介质，则阻碍了电荷移动而使得电荷累积在导体上，造成电荷的累积储存，储存的电荷量则称为电容。因电容是电子设备中大量使用的电子元件之一，所以广泛应用于隔直、耦合、旁路、滤波、调谐回路，能量转换、控制电路等方面。

2. 相关公式

一个电容器，如果带 1 库的电量时两级间的电势差是 1 伏，这个电容器的电容就是 1

法，即： $C=Q/U$ 。但电容的大小不是由 Q （带电量）或 U （电压）决定的，即： $C=\epsilon S/4\pi kd$ 。其中， ϵ 是一个常数； S 为电容极板的正对面积； d 为电容极板的距离； k 则是静电力常量。常见的平行板电容器，电容为 $C=\epsilon S/d$ （ ϵ 为极板间介质的介电常数， S 为极板面积， d 为极板间的距离）。

定义式： $C=Q/U$

电容器的电势能计算公式： $E=CU^2/2=QU/2=Q^2/2C$

多电容器并联计算公式： $C=C_1+C_2+C_3+\dots+C_n$

多电容器串联计算公式： $1/C=1/C_1+1/C_2+\dots+1/C_n$

三电容器串联： $C=(C_1C_2C_3)/(C_1C_2+C_2C_3+C_1C_3)$

3. 主要分类

(1) 按照结构，分为三大类：固定电容器、可变电容器和微调电容器。

(2) 按电解质分类有：有机介质电容器、无机介质电容器、电解电容器和空气介质电容器等。

(3) 按用途分有：高频旁路、低频旁路、滤波、调谐、高频耦合、低频耦合、小型电容器。

(4) 按照功能分有：聚酯（涤纶）电容、聚苯乙烯电容、聚丙烯电容、云母电容、高频瓷介电容、低频瓷介电容、玻璃釉电容、铝电解电容、钽电解电容、空气介质可变电容器、薄膜介质可变电容器、薄膜介质微调电容器、陶瓷介质微调电容器、独石电容等。

六、电感

1. 电感简介

电感是闭合回路的一种属性。当线圈通过电流后，在线圈中形成磁场感应，感应磁场又会产生感应电流来抵制通过线圈中的电流。这种电流与线圈的相互作用关系称为电的感抗，也就是电感，单位是“亨利（H）”。

(1) 自感。

当线圈中有电流通过时，线圈的周围就会产生磁场。当线圈中电流发生变化时，其周围的磁场也产生相应的变化，此变化的磁场可使线圈自身产生感应电动势（感生电动势）（电动势用以表示有源元件理想电源的端电压），这就是自感。

(2) 互感。

两个电感线圈相互靠近时，一个电感线圈的磁场变化将影响另一个电感线圈，这种影响就是互感。互感的大小取决于电感线圈的自感与两个电感线圈耦合的程度，利用此原理制成的元件叫做互感器。

2. 主要分类

(1) 按结构分类。

电感器按其结构的不同可分为线绕式电感器和非线绕式电感器（多层片状、印刷电感等），还可分为固定式电感器和可调式电感器。

按贴装方式分：有贴片式电感器，插件式电感器。

(2) 按工作频率分类。

电感按工作频率可分为高频电感器、中频电感器和低频电感器。空心电感器、磁心电

感器和铜心电感器一般为中频或高频电感器，而铁心电感器多数为低频电感器。

(3) 按用途分类。

电感器按用途可分为振荡电感器、校正电感器、显像管偏转电感器、阻流电感器、滤波电感器、隔离电感器、被偿电感器等。

七、电功和电功率

1. 基本简介

(1) 电功。电流在一段时间内通过某一电路，电场力所作的功，称为电功。计算公式是 $W=Pt$ ， W 表示电功，单位是焦耳 (J)。

(2) 电功率。电流在单位时间内做的功叫做电功率。是用来表示消耗电能的快慢的物理量，用 P 表示，它的单位是瓦特 (Watt)，简称瓦，符号是 W。计算公式是 $P=W/t$ 。

每个用电器都有一个正常工作的电压值叫做额定电压。用电器在额定电压下正常工作的功率叫做额定功率，用电器在实际电压下工作的功率叫做实际功率。

1 瓦特 (1W)=1 焦/秒 (1J/s)=伏·安 (V·A)

2. 串联电路与并联电路中的电功率

(1) 串联电路

电流处处相等 $I_1=I_2=I$

总电压等于各用电器两端电压之和 $U=U_1+U_2$

总电阻等于各电阻之和 $R=R_1+R_2$

$U_1:U_2=R_1:R_2$

总电功等于各电功之和 $W=W_1+W_2$

$W_1:W_2=R_1:R_2=U_1:U_2$

总功率等于各功率之和 $P=P_1+P_2$

$P_1:P_2=R_1:R_2=U_1:U_2$

电压相同时电流与电阻成反比；电流相同时电阻与电压成正比。

(2) 并联电路

总电流等于各处电流之和 $I=I_1+I_2$

各处电压相等 $U_1=U_2=U$

并联电路中，等效电阻的倒数等于各并联电阻的倒数之和 $1/R=1/R_1+1/R_2$

总电阻等于各电阻之积除以各电阻之和 $R=R_1 \times R_2 \div (R_1 + R_2)$

总电功等于各电功之和 $W=W_1+W_2$

当电压不变时，电流与电阻成反比。

当电流不变时，电阻与电压成正比。

$I_1:I_2=R_2:R_1$

$W_1:W_2=I_1:I_2=R_2:R_1$

总功率等于各功率之和 $P=P_1+P_2$

$P_1:P_2=R_2:R_1=I_2:I_1$

八、电路基本定律

1. 欧姆定律

在同一电路中，导体中的电流跟导体两端的电压成正比，跟导体的电阻阻值成反比，这就是欧姆定律，基本公式是 $I=U/R$ （电流=电压/电阻）。

诺顿定理：任何由电压源与电阻构成的两端网络，总可以等效为一个理想电流源与一个电阻的并联网络。

戴维宁定理：任何由电压源与电阻构成的两端网络，总可以等效为一个理想电压源与一个电阻的串联网络。

分析包含非线性器件的电路，则需要一些更复杂的定律。实际电路设计中，电路分析更多地通过计算机分析模拟来完成。

2. 基尔霍夫定律

基尔霍夫定律是电路中电压和电流所遵循的基本规律，是分析和计算较为复杂电路的基础。它既可以用于直流电路的分析，也可以用于交流电路的分析，还可以用于含有电子元件的非线性电路的分析。运用基尔霍夫定律进行电路分析时，仅与电路的连接方式有关，而与构成该电路的元器件具有什么样的性质无关。基尔霍夫定律包括电流定律和电压定律。

基尔霍夫电流定律，简记为 KCL，是电流的连续性在集总参数电路上的体现，其物理背景是电荷守恒公理。基尔霍夫电流定律是确定电路中任意节点处各支路电流之间关系的定律，因此又称为节点电流定律。它的内容为：在任一瞬时，流向某一节点的电流之和恒等于由该节点流出的电流之和，即： $\sum i(t)_{\text{入}} = \sum i(t)_{\text{出}}$ ，它的另一种表示为： $\sum i(t) = 0$ 。

基尔霍夫电压定律，简记为 KVL，是电场为位场时电位的单值性在集总参数电路上的体现，其物理背景是能量守恒公理。基尔霍夫电压定律是确定电路中任意回路内各电压之间关系的定律，因此又称为回路电压定律。它的内容为：在任一瞬间，沿电路中的任一回路绕行一周，在该回路上电动势之和恒等于各电阻上的电压降之和，即： $\sum E = \sum IR$ 。

3. 焦耳-楞次定律

焦耳-楞次定律又称“焦耳定律”。是定量确定电流热效应的定律。电流通过导体时产生的热量 Q ，跟电流强度 I 的平方、电阻 R 以及通电时间 t 成正比，即 $Q=RI^2t$ 。式中 I 、 R 、 t 的单位分别为安培、欧姆、秒，则热量 Q 的单位为焦耳。在任何电路中电阻上产生的热量称为焦耳热。

第二节 电工仪表知识

电工仪表是实现电磁测量过程中所需技术工具的总称。

电工仪表按测量对象不同，分为电流表（安培表）、电压表（伏特表）、功率表（瓦特表）、电度表（千瓦时表）、欧姆表等；按仪表工作原理的不同分为磁电系、电磁系、电动系、感应系等；按被测电量种类的不同分为交流表、直流量表、交直流两用表等；按使用性质和装置方法的不同分为固定式（开关板式）、携带式和智能式；按误差等级不同分为

0.1级、0.2级、0.5级、1.0级、1.5级、2.5级和5.0级七个等级。数字越小，仪表的偏差越小，准确度等级较高。

一、电流表

电流表又称“安培表”，是测量电路中电流大小的工具，主要采用磁电系仪表的测量机构。电流表分为直流电流表和交流电流表。实验用电流表如图 1-5 所示、钳形电流表如图 1-6 所示。

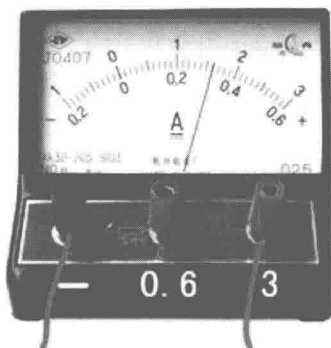


图 1-5 实验用电流表



图 1-6 钳形电流表

1. 钳形电流表

钳形电流表，简称钳表。是集电流互感器与电流表于一身的仪表，其工作原理与电流互感器测电流是一样的。钳形表是由电流互感器和电流表组合而成。电流互感器的铁芯在捏紧扳手时可以张开，被测电流所通过的导线可以不必切断就可穿过铁芯张开的缺口，当放开扳手后铁芯闭合。穿过铁芯的被测电路导线就成为电流互感器的一次线圈，其中通过电流便在二次线圈中感应出电流。从而使二次线圈相连接的电流表便有指示——测出被测线路的电流。

钳形电流表分高、低压两种，用于在不拆断线路的情况下直接测量线路中的电流。其使用方法如下：

(1) 使用高压钳形表时应注意钳形电流表的电压等级，严禁用低压钳形表测量高电压回路的电流。用高压钳形表测量时，应由两人操作，非值班人员测量还应填写第二种工作票，测量时应戴绝缘手套，站在绝缘垫上，不得触及其他设备，以防止短路或接地。

(2) 当电缆有一相接地时，严禁测量。防止出现因电缆头的绝缘水平低发生对地击穿爆炸而危及人身安全。

(3) 钳形电流表测量结束后把开关拨至最大量程档，以免下次使用时不慎过流；并应保存在干燥的室内。

(4) 观测表计时，要特别注意保持头部与带电部分的安全距离，人体任何部分与带电体的距离不得小于钳形表的整个长度。

(5) 在高压回路上测量时，禁止用导线从钳形电流表另接表计测量。测量高压电缆各相电流时，电缆头线间距离应在 300mm 以上，且绝缘良好，待认为测量方便时，方能