

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

电工电子产品制作与调试

主 编 刘庆刚 晏建新
副主编 周传运 冯 晶

教育部推荐教材

21世纪高职高专系列规划教材

电工电子产品制作与调试

主 编 刘庆刚 晏建新

副主编 周传运 冯 晶

编 委 王 彦 石文科 房亚民 胡连柱 郭长和

曲 亭 张国强

常州大学图书馆
藏书章



北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
北京师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电工电子产品制作与调试 / 刘庆刚, 晏建新主编. —北京: 北京师范大学出版社, 2010.8
ISBN 978-7-303-11120-6

I. ①电… II. ①刘… ②晏… III. ①电工—工业产品—制作—材料②电工—工业产品—调试—教材③电子产品—制作—教材④电子产品—调试—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第124642号

出版发行: 北京师范大学出版社 www.bnup.com.cn

北京新街口外大街19号

邮政编码: 100875

印 刷: 北京京师印务有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 184 mm × 260 mm

印 张: 12.5

字 数: 260千字

版 次: 2010年8月第1版

印 次: 2010年8月第1次印刷

定 价: 23.00元

策划编辑: 周光明

责任编辑: 周光明

美术编辑: 高霞

装帧设计: 华鲁印联

责任校对: 李 菡

责任印制: 李 丽

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 010—58800697

北京读者服务部电话: 010—58808104

外埠邮购电话: 010—58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010—58800825

前言

本书是在经过多年高职教育教学改革与实践基础上，结合高职高专的办学定位、岗位需求、生源的具体水平情况，专门为高职高专机电专业编写的《电工电子产品的制作与调试》教材。本书也可作为高职高专数控技术、机械制造技术等专业的学习教材。

本书针对高职教育的特点与要求，对原有的《电工技术》、《模拟电子技术》、《数字电子技术》进行了深层次的改革，坚持以“学生为中心、能力为本位”的职业指导思想，倡导以实际工作任务为导向、“做中学、学中做”的教学理念，经过努力，编写出《电工电子产品的制作与调试》教材。本教材有以下特点：

1. 本教材强调知识、技能、职业素养的有机结合，淡化理论，够用为度，加强应用技能、专业素养的培养。

2. 本教材以实际工作任务为载体并贯穿全书。各任务采用“资讯、决策、计划、实施、检查、评估”的方式进行。

全书共分五个工作任务，各任务以低高不同的实际产品制作为目标，以任务为核心，提供任务资讯、任务分析、任务实施方案等，最后对任务的完成进行检查与评价。在任务评价完毕后增加了练习与提高的模块，目的是提高学生的自主学习能力。

本书教学学时为 72 学时，其任务学时数如下表所列，供教师在教学中参考。

参考学时分配表

序号	授课内容	学时分配				
		资讯	分析	实施	检查评价	合计
任务一	照明电路的制作与调试	16	2	6	2	26
任务二	电动机控制装置制作与调试	14	2	22	2	40
任务三	功率放大器的制作与调试	12	2	14	2	30
任务四	直流稳压电源制作与调试	4	2	4	2	12
任务五	数字钟的制作与调试	26	4	20	2	52
合计		72	12	66	10	160

本书由山东济宁职业技术学院刘庆刚、晏建新任主编，周传运、冯晶任副主编，参加编写的老师还有烟台职业学院曲亭，济宁市中区职业中专张国强，天津职业大学王彦，山东济宁职业技术学院石文科、房亚民、胡连柱，济宁长河机械厂郭长和等。晏建新、石文科编写任务一；刘庆刚、张国强、郭长和编写任务二；周传运曲亭、刘庆刚编写任务三；冯晶、房亚民编写任务四；周传运、王彦、胡连柱编写任务五。刘庆刚对全书进行统稿。

在本书的编写过程中得到了济宁职业技术学院张存礼教授、山东济宁莱恩集团公司徐一武高级工程师的指导，在此表示感谢。

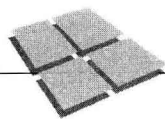
由于编者水平有限，书中难免有错漏与不妥之处，恳请读者指正。

编者

2010 年 4 月

目 录

任务一 照明电路的安装与调试 ... (1)	1.6 任务教学法实施清单 ... (36)
1.1 任务描述 (1)	任务二 电动机控制装置的制作与调试 (43)
1.1.1 任务目标 (1)	2.1 任务描述 (43)
1.1.2 任务学习情境 (2)	2.1.1 任务目标 (43)
1.1.3 参考资料 (3)	2.1.2 任务学习情境 (44)
1.2 任务资讯 (3)	2.1.3 参考资料 (45)
1.2.1 电路的基本知识 (3)	2.2 任务资讯 (46)
1.2.2 电工的基本工具和使用 (8)	2.2.1 常用低压电器的识别与 检测 (46)
1.2.3 导线的剖削与连接 (13)	2.2.2 三相异步电动机的基本 知识 (57)
1.2.4 室内配线 (15)	2.2.3 异步电动机常见的基本 控制电路 (60)
1.2.5 照明设备的安装 (16)	2.2.4 配线工艺 (63)
1.2.6 交流电的基本知识 (21)	2.2.5 低压配电盘的装配步骤与 检查 (66)
1.2.7 安全用电的常识 (23)	2.3 任务分析——三相异步电动机 的星—三角形控制电路的制作 任务分析 (67)
1.3 任务分析——工作台照明 用电电路的制作任务分析 (25)	2.3.1 电路原理及各元件的作用 (67)
1.3.1 电路分析 (25)	2.3.2 元器件选择及功能 (68)
1.3.2 电路元件的参数及功能 (26)	2.4 任务实施——三相异步电动机 的星—三角形控制电路的制作 实施 (69)
1.4 任务实施——工作台照明 用电电路的制作实施 ... (27)	2.4.1 电路装配准备 (69)
1.4.1 电路装配准备 (27)	2.4.2 整机装配 (71)
1.4.2 整机装备 (28)	2.4.3 电路试车与调整 (72)
1.4.3 电路测试与调整 (29)	2.4.4 故障分析与排除 (72)
1.4.4 照明电路的常见故障与 排除 (29)	
1.5 任务评价与总结提高 ... (35)	
1.5.1 任务评价 (35)	
1.5.2 任务总结 (35)	



2.5 任务评价与总结提高 ... (74)	4.2 任务资讯 (124)
2.5.1 任务评价 (74)	4.2.1 直流稳压电源简介 (124)
2.5.2 任务总结 (74)	4.2.2 变压器工作原理 (125)
2.6 任务教学法实施清单 ... (75)	4.2.3 整流电路 (127)
任务三 功率放大器的制作与调试	4.2.4 滤波电路 (130)
..... (82)	4.2.5 稳压电路 (131)
3.1 任务描述 (82)	4.2.6 常用电子元件的识别与检测
3.1.1 任务目标 (82)	 (134)
3.1.2 任务学习情境 (83)	4.3 任务分析——晶体管串联型
3.1.3 参考资料 (84)	直流稳压电源制作任务分析
3.2 任务资讯 (84)	 (136)
3.2.1 常用电子元器件的识别与	4.3.1 电路原理与元器件作用
检测 (84)	 (136)
3.2.2 基本放大电路 (90)	4.3.2 电路主要技术参数与要求
3.2.3 基本功率放大电路 (92)	 (138)
3.2.4 电子产品装配工艺 (98)	4.3.3 电路元器件参数与功能
3.2.5 手工焊接工艺 (100)	 (138)
3.2.6 调试工艺 (103)	4.4 任务实施——晶体管串联型
3.3 任务分析 OTL 功率放	直流稳压电源制作任务实施
大电路的制作任务分析	 (139)
..... (106)	4.4.1 电路装配准备 (139)
3.4 任务实施 OTL 功率放	4.4.2 整机装配 (139)
大电路的制作实施 (108)	4.4.3 电路测试与调试 (140)
3.4.1 电路装配准备 (108)	4.4.4 故障分析与排除 (143)
3.4.2 电路调试 (110)	4.5 评价与总结提高 (143)
3.4.3 故障分析与排除 (112)	4.5.1 任务评价 (143)
3.5 任务评价与总结提高	4.5.2 任务总结 (145)
..... (112)	4.6 任务教学法实施清单
3.5.1 任务评价 (112)	 (145)
3.5.2 任务总结 (113)	任务五 数字钟的制作与调试 ... (152)
3.6 任务教学法实施清单	5.1 任务描述 (152)
..... (114)	5.1.1 任务目标 (152)
任务四 晶体管串联型直流稳压	5.1.2 任务学习情境 (153)
电源的制作 (122)	5.1.3 参考资料 (154)
4.1 任务描述 (122)	5.2 任务资讯 (155)
4.1.1 任务目标 (122)	5.2.1 逻辑门的功能测试 (155)
4.1.2 任务学习情境 (123)	5.2.2 触发器 (158)
4.1.3 参考资料 (123)	5.2.3 振荡器 (162)
	5.2.4 分频器与计数器 (164)

5.2.5 译码显示电路	(169)	5.4.1 电路装配准备	(177)
5.2.6 校时电路	(173)	5.4.2 电路调试	(179)
5.3 任务分析——数字钟电路的 制作任务分析	(174)	5.4.3 常见故障分析与排除	(180)
5.3.1 电路原理与元器件作用	(174)	5.5 任务评价与总结提高	(181)
5.3.2 电路的主要技术参数与要求	(177)	5.5.1 任务评价	(181)
5.3.3 电路元器件参数及功能	(177)	5.5.2 任务总结	(181)
5.4 任务实施——数字钟电路 的制作实施	(177)	5.6 任务教学法实施清单	(182)
		参考文献	(191)

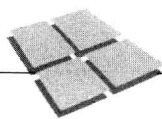
任务一 照明电路的安装与调试

1.1 任务描述

在我国，市电为 220V、50Hz 的单相交流电。照明电路一般由单相电度表、漏电保护器、熔断器、日光灯、白炽灯、节能灯、若干开关和插座等元器件组成，要求安装的照明电路走线规范、布局合理、美观。

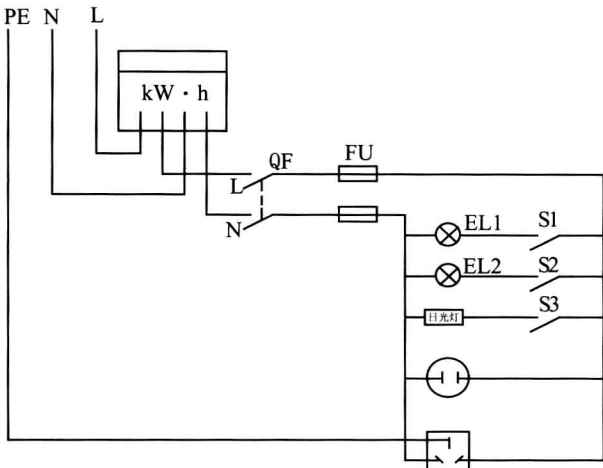
1.1.1 任务目标

类 别	目 标
知识点	1. 熟悉照明电路的组成与布局。 2. 掌握正弦交流电的基本物理量、正弦量的相量表示和电路基本定律的相量形式等知识点。 3. 掌握纯电阻、电感、电容电路和电阻、电感、电容串并联电路等知识点。 4. 掌握交流电路的功率、谐振等知识点。 5. 掌握照明电路的安装步骤，需要的工具、材料、安装工艺及相关注意安全事项。 6. 常见照明电路的安装调试。
技能	1. 能够识读照明电路图或根据需要设计室内照明电路图。 2. 能够根据需要，计算正弦交流电路的相关参数。 3. 会对照明电路所需元器件进行合理选择。 4. 能对照明电路进行安装与调试。
职业素养	1. 学生的沟通能力与团队协作精神。 2. 良好的职业道德。 3. 质量、成本、安全、环保意识。 4. 具备识读原理图的能力、电路分析能力、仪表使用能力。 5. 具备收集资料能力、电路故障排除能力。

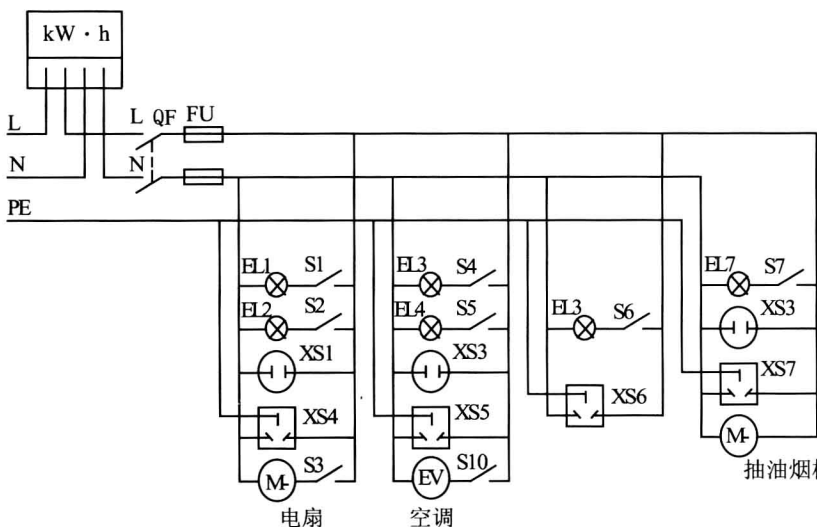


1.1.2 任务学习情境

学习情境一、工作台照明用电电路的安装与调试

工作台照明用电电路的安装与调试	要求
内容：根据给出的电路原理图制作工作台照明用电电路 	1. 根据参考电路原理图熟悉电路中各元器件的作用。 2. 电路的参数计算。 3. 根据电路参数进行元器件的采购。 4. 进行电路元器件的安装与调试。 5. 编写电路制作报告。

学习情境二、家庭照明用电电路的安装与调试

家庭照明用电电路的安装与调试	要求						
内容：根据给出的电路原理图制作家庭照明用电电路							
<table><tr><td>计量</td><td>电源</td><td>卧室电路</td><td>客厅电路</td><td>洗手间电路</td><td>厨房电路</td></tr></table> 	计量	电源	卧室电路	客厅电路	洗手间电路	厨房电路	1. 根据参考电路原理图熟悉电路中各元器件的作用。 2. 电路的参数计算。 3. 根据电路参数进行元器件的采购。 4. 进行电路元器件的安装与调试。 5. 编写电路制作报告。
计量	电源	卧室电路	客厅电路	洗手间电路	厨房电路		

1.1.3 参考资料

- [1]秦曾煌. 电工学(上册)[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007.
- [2]周元兴. 电工与电子技术基础[M]. 北京: 机械工业出版社, 2008.
- [3]江华圣. 电工技能实训[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [4]王兰君. 零起点速学电工技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2007.
- [5]王建. 电工基本技能实训教程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [6]梅开乡. 电工职业技能实训[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [7]刘法治. 维修电工实训技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2006.
- [8]高玉奎. 简明维修电工手册[M]. 北京: 中国电力出版社, 2005.
- [9]李爱军. 维修电工技能实训[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2007.
- [10]仇超. 电工实训[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2007.
- [11]李群. 电工技术一点通[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [12]张仁醒. 电工电子基本技能实训[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [13]林平勇, 高嵩. 电工电子技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2008.
- [14]朱晓慧. 电工电子产品制作与调试[M]. 北京: 高等教育出版社, 2009.

1.2 任务资讯

1.2.1 电路的基本知识

一、电路的组成

从日常生活和生产实践中, 我们知道要用电就离不开电路; 电路是为了某种需要, 由一些电气设备和电气器件按一定方式连接起来的电流通路。在电力系统、自动控制、计算机、通信等技术领域中, 人们广泛使用各种电路来完成多种多样的任务, 不管电路形式有多么复杂, 电路都是由一些最基本的部件组成的。如手电筒电路是一个最简单的电路, 它的组成体现了所有电路的共性。手电筒电路如图 1-1(a)所示, 其原理电路图如图 1-1(b)所示。

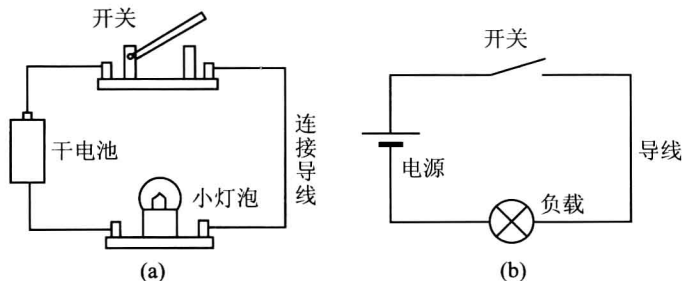
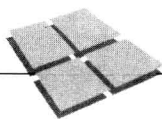


图 1-1 手电筒的实际电路及原理电路图

组成电路的基本部件是电源、负载和中间环节。各部件的作用如下:

(1)电源: 电路中电能的来源, 如手电筒电路中的干电池。电源的作用是把非电能转换成电能。例如干电池将化学能转换成电能、发电机将机械能转换成电能。



(2)负载:电路中的用电设备,如手电筒电路中的小灯泡。负载的作用是把电能转换成非电能。如电灯把电能转换为光能和热能,电动机把电能转换为机械能等等。

(3)中间环节:连接导线、控制开关等。它在电路中将电源和负载连接起来,构成电流通路,起传递和控制电能的作用。此外中间环节还可以包括有关的保护电器(如熔断器)。

电路的主要作用是:能实现电能的传输、分配和转换,还能实现信号的传递与处理。

二、电路中的物理量

电路中的物理量有电荷、电流、电压、电位、磁链、功率、能量等等。在这里我们主要讨论电路的几个基本物理量:电流、电压、功率等。

1. 电流

(1)电流的大小。在电场力作用下,电荷的定向移动形成电流。电流的大小用电流强度来表示,其定义为:单位时间内流过导体横截面的电量。电流强度简称电流。如果电流是随时间变化的,可用微变量表示,即在 dt 时间内通过导体横截面的电量为 dq ,则电流的瞬时值为

$$i = \frac{dq}{dt}$$

如果电流的大小和方向都不随时间变化,这种电流称为恒定电流,简称直流,其电流强度用大写字母 I 表示,为

$$I = \frac{Q}{t}$$

式中 dq 或 Q 为通过导体横截面的电量,在国际单位制(SI)中,其单位为库仑(C); dt 或 t 为时间,SI单位为秒(s)。

电流的SI单位是安培,简称安(A)。其含义是:如果1秒(s)内通过导体横截面的电量为1库仑(C)时,电流为1安(A)。

电流的其他单位有千安(kA)、毫安(mA)、微安(μ A),它们的关系是

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

(2)电流的方向。电流的方向的定义:人们规定正电荷的运动方向为电流的实际方向。在金属导体中是自由电子导电,自由电子的移动方向与电流的方向相反。

2. 电压

电压的定义:电场力把单位正电荷从 a 点移到 b 点所做的功。所以 a 、 b 两点间的电压为

$$u_{ab} = \frac{dw}{dq}$$

式中 dq 为由 a 点移到 b 点的电量,电量的SI单位为库仑(C); dw 为移动过程中,电荷 dq 减少的能量,电能的SI单位为焦耳(J),电压的SI单位为伏特(V)。电压的其他单位有千伏(kV)、毫伏(mV)、微伏(μ V),它们的关系为

$$1\text{kV}=10^3\text{V} \quad 1\text{mV}=10^{-3}\text{V} \quad 1\mu\text{V}=10^{-6}\text{V}$$

习惯上把电位降低的方向作为电压的实际方向,可用+、-号表示,也可以用字母表示,有时也用箭头表示,如图1-2所示。

有时在电路中可取任一点为参考点(规定电位能为零的点),如选择 o 点为参考点,则由某点 a 到参考点 o 的电压 u_{ao} ,称为 a 点的电位,用 V_a 表示。电位参考点可以任意选取,一般选择大地、设备外壳或接地点作为参考点并规定参考点电位为零。在一个电路中,一旦参考点确定后,电路中其余各点的电位也就确定了。电位的SI单位也是伏特(V)。

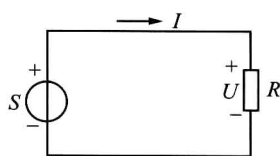


图 1-2 电流电压的方向

电压与电位的关系为： a 、 b 两点之间的电压等于 a 、 b 两点之间的电位差，即

$$u_{ab} = V_a - V_b$$

由上式可知，如果 $u_{ab} > 0$ ，当 $dq > 0$ 时， $d\omega > 0$ ，电场力做正功，电荷减少能量。所以正电荷由 a 点移到 b 点，即减少能量，则 a 点为高电位， b 点为低电位；反之，如果增加或获得能量，则 a 点为低电位， b 点为高电位。正电荷在电路中移动时，电能的增或减反映电位的升高或降低，即电压升或电压降。

3. 功率

电功率是指单位时间内电场力所做的功，简称功率。

$$p = \frac{d\omega}{dt}$$

在国际单位制中，功率的单位是瓦特(W)、千瓦(kW)。

若电阻两端的电压是 U ，流过的电流是 I ，则电阻吸收的功率为

$$P = UI$$

电阻在 t 时间内所消耗的电能为

$$W = Pt$$

电能的单位是度。如，100W 的白炽灯泡连续工作 10 小时，所消耗的电能为 1 度电。

三、电路元件

1. 电阻元件

(1)电阻的定义。电阻元件是最常见的电路元件，日常生活中使用的钨丝灯泡、电子产品中常用的贴片电阻等一般都可看作是电阻元件。习惯上，人们常把电阻元件简称为电阻，用 R 表示，它反映导体对电流的阻碍作用。电阻元件的图形符号如图 1-3 所示。

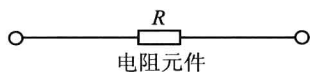


图 1-3 电阻元件

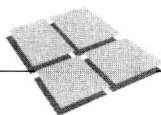
电阻的SI单位是欧姆(Ω)，当电阻元件两端电压为1V，通过的电流为1A时，其电阻值是1 Ω 。电阻的其他单位有千欧(k Ω)和兆欧(M Ω)，它们之间的关系为

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

如果加在电阻两端的电压或通过电阻中的电流发生变化时，电阻的阻值恒定不变，则称该电阻为线性电阻，如，电炉、电灯。那么可用下式表示：

$$U = RI$$

如果加在电阻两端的电压或通过电阻中的电流发生变化时，电阻的阻值发生了变化，则称该电阻为非线性电阻，如常见的二极管、三极管等。电阻的分类有多种类型，如图 1-4 所示。电阻根据其阻值，可分为固定电阻、可调电阻(电位器)及微调电阻等；按其制造材料的不同，电阻器可分为碳膜电阻器、金属膜电阻器、有机实心电阻器、



绕线电阻器、固定抽头电阻器等；电阻按其结构又可分为单个电阻、排电阻、贴片电阻等；还有一些特殊电阻，如熔断电阻、水泥电阻、敏感型电阻、跳线等。在电工电子产品制作中一般常用碳膜与金属膜电阻，金属膜电阻的精确度、热稳定性、噪声要比碳膜电阻好，但价格较高。电位器是一个可变电阻器，常用在调整电路中改变阻值，如电视机中的亮度、扩音器的音量调节等都是通过电位器来实现的。

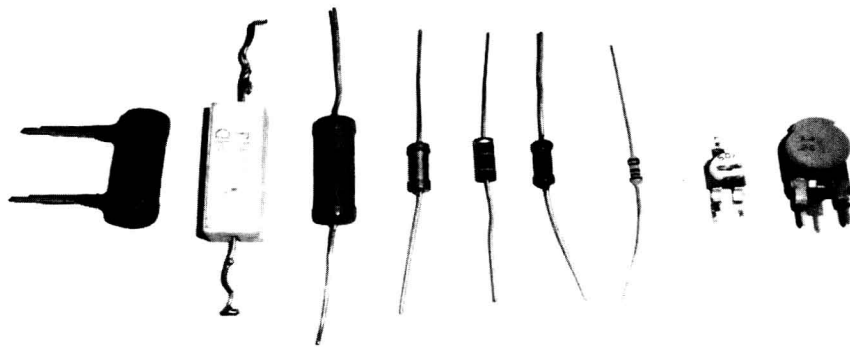


图 1-4 各种类型的电阻

(2)电阻的连接。电阻的串联：在电路中，几个电阻依次首尾相接并且中间没有分支的连接方式称为电阻的串联，如图 1-5 所示。

电阻串联电路的特点是：

①流过各电阻的电流处处相等。

$$I = I_1 = I_2$$

②电路两端的总电压等于各个电阻上电压之和。

$$U = U_1 + U_2$$

③其总电阻等于各电阻之和。

$$R = R_1 + R_2$$

电阻的并联：几个电阻元件接在电路中相同的两点之间的连接方式称为电阻的并联。如图 1-6 所示。

电阻并联的特点是：

①总电流等于各电流之和。

$$I = I_1 + I_2$$

②电阻的电压相等。

$$U = U_1 = U_2$$

③总电阻的倒数等于各电阻的倒数之和。

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

2. 电感元件

电感元件是用于反映电流周围存在的磁场，能够储存和释放磁场能量的电路元件，典型的电感元件是电阻为零的线圈。若线圈中无铁磁物质（即空心），称为线性线圈，

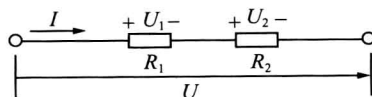


图 1-5 电阻的串联

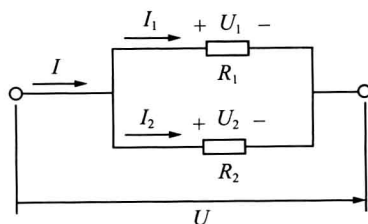


图 1-6 电阻的并联

如图 1-7 所示。

其中

$$u = L \frac{di}{dt}$$

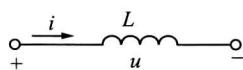


图 1-7 电感元件

式中, L 是电感线圈的自感, 也称电感, 单位是亨利(H)、毫亨(mH)。

电感元件两端任一瞬间的电压的大小, 并不取决于这一瞬间电流的大小, 而是与这一瞬间电流对时间的变化率成正比。如果电感元件中通过是直流电流, 因电流的大小不变化, 即 $di/dt=0$, 那么电感上的电压就为零, 所以电感元件对直流可视为短路。

电感还是一种储能元件。电感储存的能量 W_L 由下式计算:

$$W_L = \frac{1}{2} Li^2$$

可见, 电感储能的大小与电感量及电流的平方成正比。

3. 电容元件

电容器(为叙述和计算方便简称为电容)是电子线路中的重要元件, 电容的基本结构是用一层绝缘材料(介质)间隔的两片导体。电容的种类较多, 如图 1-8 所示。按结构可分为: 固定电容、可变电容、微调电容; 按介质材料可分为: 气体介质电容、液体介质电容、无机固体介质电容、有机固体介质电容、电解电容; 按极性分为: 有极性电容和无极性电容。它的基本单位是法拉(F), 由于法拉这个单位太大, 因而常采用较小的单位微法拉(μF)、纳法拉(nF)和皮法拉(pF)。其换算关系为:

$$1\mu F = 10^{-6} F \quad 1nF = 10^{-9} F \quad 1pF = 10^{-12} F$$

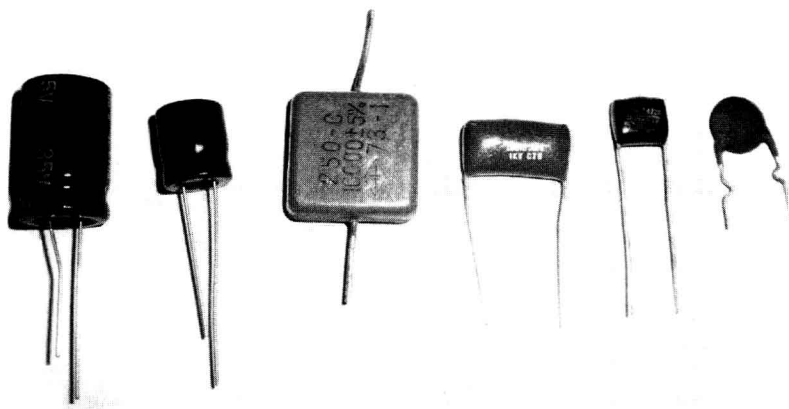


图 1-8 各类电容

电容的电路符号如图 1-9 所示。

当电容上接上交流电压 u 时, 极板上的电荷也随之变化, 电路中出现了电荷的移动, 形成电流 i , 有下式成立:

$$i = \frac{dq}{dt} = C \frac{du}{dt}$$

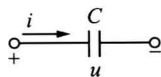
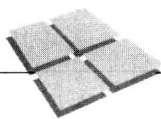


图 1-9 电容元件

式中, C 是电容元件的电容值, 电容的单位在国际单位制中, 用 F(法拉)表示。当在电容两端的电压是 1V, 极板上电荷为 1C(库仑)时, 电容是 1F(法拉)。



电容的电流与电压的变化率成正比。当电压恒定, 即 $du/dt=0$ 时, 电容上的电流为零。故电容器对直流可视为断路, 称为“隔直”作用, 即不允许直流电流通过; 对于交流, 电容器会有电流通过, 称为“通交”作用。

电容器还是一种储能元件, 电容储存的能量 W_c 由下式计算:

$$W_c = \frac{1}{2} C u^2$$

可见, 电容储能的大小与电容量及电压的平方成正比。

四、电路的开路与短路

当线性电阻的阻值为无限大时, 由于电压为有限值, 所以通过的电流为零, 电路的这种状态称为开路, 开路又称为断路。

当电阻为零时, 由于电流为有限值, 则其电压为零, 电路的这种状态称为短路。当电路中两点间用理想导线(电阻为零)连接时就形成短路。

对于电力系统, 电源两端不允许短路。由于电源短路时, 电流 $I=U_s/R_s$ 。电源内阻 R_s 较小, 使短路电流太大而损坏电气设备。

为了使电气设备能安全可靠、经济运行, 引入了电气设备额定值, 就是电气设备在电路的正常状态下, 承受的电压, 允许通过的电流, 以及它们吸收和产生的功率的限额。如额定电压 U_N 、额定电流 I_N 、额定功率 P_N 。如一个灯泡上标明 220V、60W, 这说明该灯泡的额定电压 220V, 在此额定电压下消耗的功率为 60W。

当电气设备的电流等于额定电流时, 称为满载工作状态; 电流小于额定电流时, 称为轻载工作状态; 超过额定电流, 称为过载工作状态。

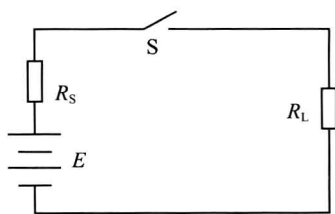


图 1-10 电路的状态

1.2.2 电工的基本工具和使用

常用电工工具是指一般专业电工经常使用的工具, 有验电器、螺钉旋具、电工用钳、电工刀、活络扳手等。对电气操作人员, 能否熟悉和掌握电工工具的结构、性能、使用方法和操作规范, 会直接影响工作效率、工作质量和人身安全。

一、验电器(以验电笔为例)

技能要求: 掌握低压验电器的使用方法和注意事项。

低压验电器又称试电笔, 是主要用来检验导线、电气设备是否带电的一种常用检测工具。验电器测试范围为 50~500V, 有钢笔式、旋具式、数显式和组合式多种。低压验电器由笔尖、降压电阻、氖管、弹簧、笔尾金属体等部分组成。

使用验电器时以一个手指触及金属盖或中心螺钉, 使氖管发光小窗朝向自己, 金属笔尖与被检查的带电部分接触, 如氖灯发亮说明设备带电, 如图 1-11 所示。

低压验电器的主要功能:

(1) 区别电压高低: 测试时, 氖管越暗, 则表明电压越低; 氖管越亮, 则表明电压越高。

(2) 区别相线与零线: 正常情况下, 氖管发光的是相线, 不发光的是零线。

(3) 区别直流电与交流电: 交流电通过验电器时, 氖管里的两极同时发光; 直流电

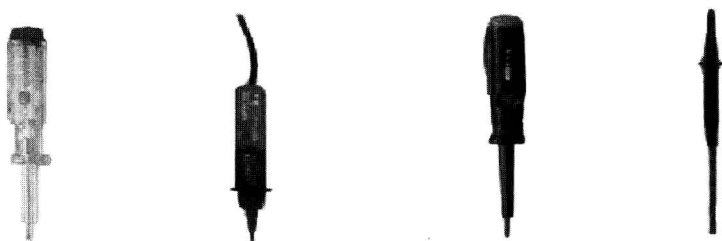


图 1-11 验电笔

通过验电器时，氖管两极只有一极发光，发光的一极为直流电的负极。

二、螺钉旋具(螺丝刀)

螺丝刀又称起子或改锥，主要是紧固或拆卸带槽螺钉的常用工具，按头部形状可分为一字形和十字形两种，如图 1-12 所示。

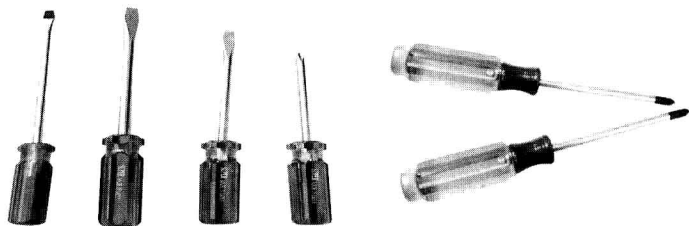


图 1-12 螺丝刀

使用螺丝刀时的注意事项：用螺丝刀拆卸或紧固带电螺栓时，手不得触及螺丝刀的金属杆，以免发生触电事故，并且应在螺丝刀的金属杆上穿套绝缘管。

三、螺母旋具(活络扳手)

活络扳手又称活动扳手，是一种旋紧和拧松有角螺丝钉或螺母的工具，如图 1-13 所示。

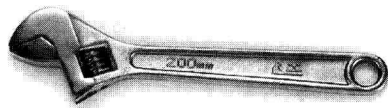


图 1-13 活络扳手

四、电工用钳

1. 剥线钳

剥线钳是用来剖削小直径导线绝缘层的专用工具，它由钳口、手柄两部分组成。

使用剥线钳时，把导线放入相应的刃口中，切口大小应略大于导线芯线直径，握紧绝缘手柄，导线的绝缘层即被剥破，并自动弹出，如图 1-14 所示。

2. 钢丝钳

钢丝钳主要用来弯绞或钳夹导线线头，齿口用来固紧或起松螺母，刃口用来剪切导线或剖切导线绝缘层，侧口用来剪切电线芯线或钢丝等较硬金属线，如图 1-15 所示。

3. 斜口钳(断线钳)

斜口钳主要用来剪断电线、金属丝、导线电缆，如图 1-16 所示。

4. 尖嘴钳

尖嘴钳主要用来在较窄小的工作环境中夹持工件、线材，剪切、弯曲导线等，如图 1-17 所示。

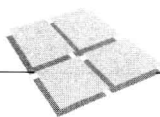


图 1-14 剥线钳



图 1-15 钢丝钳



图 1-16 斜口钳



图 1-17 尖嘴钳

五、电工刀

电工刀是在安装维修中用于切削导线的绝缘层、电缆绝缘层、线槽等的专用工具。剖削导线绝缘层时，使刀面与导线呈较小的锐角，以免割伤导线，



图 1-18 电工刀

如图 1-18 所示。有的电工刀上带有锯片和锥子，可用来锯小木片和钻削锥孔。

注意：电工刀柄不带绝缘装置，不能带电操作，以免触电。

六、万用表的使用

万用表是一种多功能、多量程的便携式电工仪表，可以测量直流电流、直流电压、交流电流、交流电压和电阻等，是电工测量的必备仪表之一。

1. 指针式万用表(以 MF-47 型万用表为例，如图 1-19 所示)

(1)准备工作。熟悉转换开关、旋钮、插孔等的作用。

了解刻度盘上每组刻度线所对应的被测电量。

将红表笔插入“+”插孔，黑表笔插入“-”插孔。

机械调零。开关旋转到任一挡，注意两表笔不能短接，旋动万用表面板上的机械零位调整螺钉，使指针对准刻度盘左端的“0”位置，如图 1-20 所示。



图 1-19 MF-47 万用表

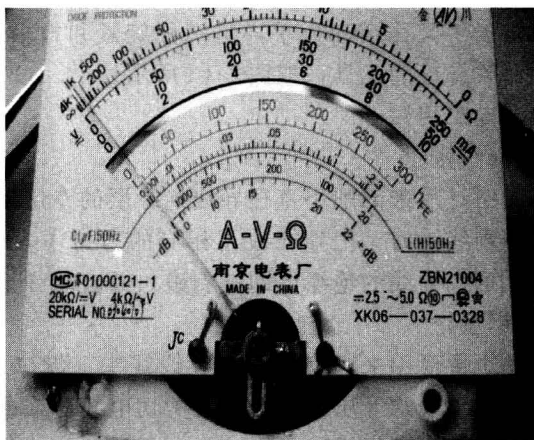


图 1-20 MF-47 万用表表盘

(2)测量。正确选择量程，量程的选择应尽量使指针偏转到满刻度的 $\frac{2}{3}$ 左右。如果事先不清楚被测电压的大小时，应先选择最高量程挡，然后逐渐减小到合适的量程。

①交流电压测量。把转换开关拨到交流电压挡，选择合适的量程。将万用表两个表笔并接在被测电路的两端，不分正负极，如图 1-21 所示。注意：其读数为交流电压