

高等教育“十三五”规划教材



# 电工电子技术

## 实验指导

主 编 任晓霞 穆丽娟  
副主编 王颜辉 姚志广 程 晟

Diangong Dianzi Jishu Shiyao Zhidao

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

规划教材

# 电工电子技术实验指导

主 编 任晓霞 穆丽娟  
副主编 王颜辉 姚志广 程 晟

中国矿业大学出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

电工电子技术实验指导 / 任晓霞, 穆丽娟主编. —徐州:  
中国矿业大学出版社, 2018. 7  
ISBN 978-7-5646-3672-2

I. ①电… II. ①任… ②穆… III. ①电工技术—实验—  
教学参考资料②电子技术—实验—教学参考资料 IV.  
①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 203060 号

书 名 电工电子技术实验指导  
主 编 任晓霞 穆丽娟  
责任编辑 仓小金  
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司  
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)  
营销热线 (0516)83885307 83884995  
出版服务 (0516)83885767 83884920  
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com  
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂  
开 本 787×1092 1/16 印张 15.25 字数 381 千字  
版次印次 2018 年 7 月第 1 版 2018 年 7 月第 1 次印刷  
定 价 29.00 元  
(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

## 前言

“电工电子技术实验”是高等学校工科类专业一门实践性很强的重要学科基础必修实践课程,目的是培养学生理论联系实际的能力、实践操作能力、分析和解决实际问题的能力以及综合应用的能力。在实验过程中培养学生严谨求实的科学态度和踏实细致的工作作风,培养学生的工程意识、创新意识,以适应未来实际工作的需要。

本书作为《电工电子技术》的配套实验教材,相应的包括电路基础、模拟电子技术、数字电子技术和电气控制基础等部分的相关实验内容,共包含 8 章内容。第 1 章是电工电子技术实验概述,介绍了实验的总体要求、实验应遵守的程序、用电安全常识、实验测量误差以及数据分析处理等内容,由穆丽娟教授编写。第 2 章是常用电工电子测量仪器,介绍了直流稳压电源、万用表、函数信号发生器、示波器、交流毫伏表、兆欧表、功率表等电工电子仪器仪表的使用方法、使用注意事项、工作原理等内容,由王颜辉编写。第 3 章 Multisim 的应用,介绍了 Multisim 软件在电工电子技术实验中的使用方法并举例,为后续的仿真实验奠定基础,本章由姚志广编写。第 4 章电工基础实验,介绍电路基本原理的验证实验方法,比如基尔霍夫定律的验证、叠加定理验证、戴维南定理的验证、功率因数的提高实验、RC 一阶电路的暂态分析等实验内容,由穆丽娟教授和王颜辉共同编写。第 5 章电气控制基础实验,包括三相异步电动机的顺序控制、正反转控制、时间控制、行程控制、Y/ $\Delta$ 降压启动控制、制动控制等实验内容,由王颜辉、程晟、姚志广共同编写。第 6 章电子技术基础实验,包括模拟电子技术和数字电子技术的实验内容,由穆丽娟教授、王颜辉共同编写。第 7 章电工电子技术设计实验,讲解了组合逻辑电路的设计、时序逻辑电路的设计、集成运算放大器电路设计、频率电压转换电路的设计的实验内容,由王颜辉、程晟共同编写。第 8 章综合设计与实践,讲解了多个综合设计实验的实例,满足了学生对实验思路扩展的差异性要求,本章由王颜辉编写。全书由穆丽娟教授统稿审核。

本书在内容叙述上由浅入深,通俗易懂。每个实验均在实验目的、实验任务、实验原理、实验内容、实验预习、实验报告、思考题等几个方面进行了详细的说明。从基本实验、技能训练到综合设计的结构编排上,循序渐进,各实验环节紧密衔接,不同层次之间融会贯通,较全面地反映了电工学的实验教学体系。本书实验内容丰富,在做实验时,可根据具体课时安排有选择地安排实验。

本书从编写到出版的过程中,得到了中国矿业大学出版社的大力支持和帮助,在此表示深深的谢意!

由于编者水平及时间限制,对于本书中存在的错误和疏漏,恳请读者批评指正。

编者

2017 年 5 月

## 目 录

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第 1 章 电工电子实验概述         | 1   |
| 1.1 电工电子实验的基本要求        | 1   |
| 1.2 人体安全用电             | 4   |
| 1.3 电子元器件              | 7   |
| 1.4 实验测量误差与数据的分析处理     | 27  |
| 第 2 章 常用电工电子测量仪器       | 33  |
| 2.1 直流稳压电源             | 33  |
| 2.2 万用表                | 35  |
| 2.3 函数信号发生器            | 39  |
| 2.4 交流毫伏表              | 41  |
| 2.5 示波器                | 42  |
| 2.6 其他常见测量仪器           | 46  |
| 第 3 章 Multisim 模拟电路仿真  | 54  |
| 3.1 Multisim 用户界面及基本操作 | 54  |
| 3.2 二极管及三极管电路          | 60  |
| 3.3 单管基本放大电路           | 63  |
| 3.4 放大电路指标测量           | 68  |
| 3.5 差动放大电路             | 74  |
| 3.6 集成运放电路             | 78  |
| 3.7 直流稳压电源             | 81  |
| 第 4 章 电工基础实验           | 85  |
| 4.1 电路元件伏安特性的测绘        | 85  |
| 4.2 基尔霍夫定律的验证          | 89  |
| 4.3 叠加原理的验证            | 93  |
| 4.4 戴维南定理的验证           | 95  |
| 4.5 RLC 电路的阻抗特性和谐振电路   | 100 |
| 4.6 日光灯电路及功率因数的提高      | 103 |

|              |                                   |     |
|--------------|-----------------------------------|-----|
| 4.7          | 三相电路中负载的连接 .....                  | 109 |
| 4.8          | 三相电路功率的测量 .....                   | 112 |
| 4.9          | RC 一阶电路的暂态分析 .....                | 114 |
| <b>第 5 章</b> | <b>电气控制基础实验</b> .....             | 120 |
| 5.1          | 三相鼠笼式异步电动机 .....                  | 120 |
| 5.2          | 三相异步电动机的顺序控制 .....                | 125 |
| 5.3          | 三相异步电动机的正反转控制 .....               | 127 |
| 5.4          | 三相异步电动机的时间控制与行程控制 .....           | 130 |
| 5.5          | 三相异步电动机的 Y/ $\Delta$ 降压启动控制 ..... | 132 |
| 5.6          | 三相异步电动机的制动控制 .....                | 137 |
| 5.7          | 变压器的应用 .....                      | 140 |
| <b>第 6 章</b> | <b>电子技术基础实验</b> .....             | 143 |
| 6.1          | 半导体元件的测试 .....                    | 143 |
| 6.2          | 单级放大器的调试与测量 .....                 | 146 |
| 6.3          | 差分放大电路 .....                      | 153 |
| 6.4          | 集成运算放大器的线性应用 .....                | 156 |
| 6.5          | 单相整流滤波稳压电路 .....                  | 161 |
| 6.6          | 直流稳压电源的应用 .....                   | 165 |
| 6.7          | 基本集成逻辑门电路功能的测试 .....              | 169 |
| 6.8          | 组合逻辑电路的测试 .....                   | 173 |
| 6.9          | 编码器和译码器的应用 .....                  | 177 |
| 6.10         | 集成触发器的应用 .....                    | 183 |
| 6.11         | 计数器及其应用 .....                     | 187 |
| 6.12         | 555 集成定时器及其应用 .....               | 190 |
| <b>第 7 章</b> | <b>电工电子技术设计实验</b> .....           | 194 |
| 7.1          | 多功能集成直流稳压电源的设计 .....              | 194 |
| 7.2          | 组合逻辑电路的设计 .....                   | 199 |
| 7.3          | 时序逻辑电路的设计 .....                   | 202 |
| 7.4          | 集成运算放大器应用电路的设计 .....              | 206 |
| 7.5          | 频率、电压转换电路的设计 .....                | 208 |
| <b>第 8 章</b> | <b>综合设计与实践</b> .....              | 210 |
| 8.1          | 水槽液位控制器的设计 .....                  | 210 |
| 8.2          | 智力抢答器的设计 .....                    | 216 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 8.3 多功能数字电子钟的设计 ..... | 219 |
| 8.4 波形发生器的设计 .....    | 223 |
| 8.5 交通灯控制器的设计 .....   | 226 |
| 参考文献.....             | 234 |



## 第1章 电工电子实验概述

电工电子技术实验是电工电子技术课程及理工科专业教学中不可或缺的重要教学环节。它渗透了工程技术的特点,在培养学生的实践能力过程中起着承上启下的作用。为了使學生更好地完成实验任务,本章对实验课的目的及意义进行了详细阐述;对实验课的任务和要求以及实验报告的要求提出了具体要求;对实验的故障排除进行了分析;还介绍了实验室用电安全与规则常识,对电路元器件进行了介绍,另外还详细介绍了实验测量数据的分析与处理。这些知识既对学习电工学实验有指导意义,也对以后工作有很重要的帮助。因此,建议学生在实验课前认真通读本章内容,以便对电工电子技术实验有一个整体的了解。

本章实验教学课时建议为2~4学时,课堂教学建议着重讲解实验程序、要求和基本方法,并结合不同高校的实验室设备加以介绍,其他内容由学生自学。

### 1.1 电工电子实验的基本要求

#### 1.1.1 实验课开设的目的及意义

电工电子技术实验是高等工科院校一门实践性很强的重要专业基础课程,该课程开设的目的是通过实验手段,使学生巩固和加深电工学的基础理论知识,掌握实验方法,熟悉实验过程,积累实验经验,获得实验技能;树立工程实践的观点,养成严谨的科学作风,具备观察、分析和解决问题的能力;培养学生的工程意识、创新意识,以适应国家科学技术和社会经济发展的需要。

学生通过电工电子技术实验的学习,能够对电路进行分析、调试、故障排除和性能指标的测量,熟悉常用元器件的性能和使用方法,掌握测量仪器仪表的工作原理和规范使用,掌握基本实验知识、基本实验方法和实验技能,培养综合应用理论知识的能力和解决较复杂的实际问题的能力。

#### 1.1.2 实验课的教学要求与任务

##### 1.1.2.1 电工电子技术实验分类

根据实验任务电工电子技术实验可以分为三类:

##### (1) 基础性验证实验

主要以元器件特性、参数和基本单元为实验电路。根据实验目的、实验任务和实验步骤,验证电工电子技术课程的有关原理。

##### (2) 提高性实验

主要以应用案例为背景,根据给定的实验电路,由学生自行拟定实验方案,正确选择仪



器,完成电路连接和性能测试的任务。

### (3) 综合性设计实践

根据给定的实验课题或自主选择的课题,由学生独立设计实验电路、实验内容和性能指标,选择合适的元器件,完成电路的组装和调试以达到设计要求。

#### 1.1.2.2 本课程的基本教学要求

① 通过基础性实验,学会识别电路图、合理布局和接线、正确测试、准确读取和记录数据,能排除实验电路的简单故障和解决实验电路中常见的问题。通过实验,加深理论与实践的联系,体现理论对实践的指导意义。

② 通过提高性实验,学会正确选择和使用常用的电工仪表、电子仪表、实验设备和工具,掌握典型应用电路的组装、测量和调试方法,能够正确处理实验数据、绘制曲线图表和误差分析,具有一定的工程估算能力。

③ 学会查阅相关技术手册以及能够网上查阅资料,合理选用实验元器件的参数。

④ 能够使用 EDA 等仿真软件,对实验电路进行仿真分析和辅助设计。

⑤ 通过综合性设计实践,掌握常用单元电路或小系统的设计、组装和调试方法,具备一定的综合应用能力。

⑥ 具有独立撰写实验报告的文字表达能力,学会从实验现象、实验结果中归纳、分析和创新实验方法。

⑦ 提高科学素养,养成严谨的工作作风,严肃认真、实事求是的科学态度,勤奋钻研、勇于创新的开拓精神,遵守纪律、团结协作和爱护公物的优良品德。

#### 1.1.3 实验的基本程序

实验课的基本程序有三个环节:实验预习阶段、实验阶段、实验总结阶段(分析整理实验数据,撰写实验报告),每个阶段都直接影响着实验的效果,都有明确的要求和任务。

##### 1.1.3.1 实验预习阶段

实验前应对实验内容进行预习,明确实验目的和要求,对实验任务和方案的可行性进行分析,预测实验的结果,并写预习报告。实验的预习报告主要包括:

① 实验名称、实验目的、实验内容、实验方法等;

② 实验仪器设备清单,包括设备的名称、型号、规格、数量,实验中还需要记录设备编号;

③ 简述实验的原理,包括相关的原理图、电路图及计算公式;

④ 实验步骤;

⑤ 仿真分析。

##### 1.1.3.2 实验阶段

实验阶段的主要目的是:完成实验任务,锻炼实验能力并养成良好的工作习惯,同时积累实践经验。因此,在实验过程中要做到勤动脑、勤动手,善于发现问题,思考问题,解决问题。实验阶段主要包括熟悉、检验和使用元器件和仪器仪表,连接实验路线,实际测试及数据整理,分析整理与撰写实验报告。

#### (1) 了解实验器件与仪器仪表

实验器件与仪器设备不同于理想元件,同一类型的元器件及仪器仪表会因型号和用途

的不同,在外观上存在一定差异,在额定值和精度等内部特性方面也有很大差别。实验所涉及的主要元器件在本书后续章节有介绍。因此,在实验前必须了解和熟悉它们的功能、基本原理和操作方法,并能够正确选用。

### (2) 连接实验线路

连接实验线路是实验过程中的关键性步骤,也是评判学生是否掌握基本操作技能的主要依据。线路的连接要求布局合理,将仪器仪表合理布置,使之便于操作、读数和接线。合理布局的原则是:安全、方便、整齐、相互不影响。另外,接线要正确,接线该长则长,该短则短,尽量做到线路简洁清楚、容易检查、操作方便、牢固可靠。合理的接线步骤一般是:“先串后并,先主后辅”。为了安全起见,接线时通常最后接电源部分,拆线时应先拆电源部分,操作中严禁带电接、拆线。

### (3) 实际测试与数据记录

实验电路虽然经过了理论计算、仿真分析,甚至通过了前人的可行性验证,但理论、仿真与实际往往有可能存在很大差异,因此,对于一个连接好的实验电路,还需要对它进行实际测试,以确定实验与理论的差别,并判断是否符合实验要求。

按照实验步骤进行实验并进行数据测量和记录,记录数据时注明被测量的名称和单位。重复测量的数据应记录在原数据旁边或新数据表中,不要轻易涂改原始数据,以便比较和分析。

在测量过程中,应及时对数据进行分析,以便及早发现问题,立即采取必要措施以达到实验的预期效果。比如,对被测量变化快的区域,应增加测试点以获取更多的变化细节;对变化缓慢的区域,可以减少测试点,以加快测试速度,提高效率;对关键点的数据不能丢失,必要时可以多次测量,选用它们的平均值以减小误差。

实验完成后,不要急于拆除实验线路。应先切断电源,待检查实验测试内容没有遗漏和错误后再拆除线路。一旦发现有异常或误差较大,必须在原有的实验状态下查找原因,作出相应的分析,并加以解决。

#### 1.1.3.3 实验总结阶段

做完实验后,依据实验记录对实验数据和现象进行分析,并撰写实验报告。实验报告是实验工作的全面总结,是教师考核学生实验成绩的主要依据之一。填写实验报告的主要目的是对实验原始记录的数据进行处理,此时要充分发挥曲线和图表的作用,其中的公式、图表、曲线应有符号、编号、标题、名称等说明,以保证叙述条理清晰。为了保证整理后数据的可信度,应有理论计算值、仿真数据和实验数据的比较、误差分析等。实验报告要求字迹清楚,回答问题简明扼要,有条有理,数据表格工整,电路图清晰完整,实验曲线、波形一律画在方格纸上,剪贴在相应位置,实验数据准确详细。

#### 1.1.4 实验的故障排除与分析

##### (1) 实验中常见故障

- ① 连线:包括连线错误,接触不良,出现短路或断路;
- ② 元件:元件使用错误,元件值错误(包括电源输出值错误等);
- ③ 参考点:电源、实验电路、测量仪器之间公共参考点连接错误等。

##### (2) 故障排除方法

故障检查方法很多,一般是根据故障类型确定故障部位、缩小范围,在小范围内逐点检

查,最后找出故障点并予以排除。简单实用的方法是用万用表在通电状态下用电压挡或断电状态下用电阻挡检查电路故障。

① 带点检查法:用万用表的电压挡或电压表。在接通电源情况下,根据实验原理,如果电路某两点间有电压,而万用表测不出电压;或某两点间不应该有电压,而万用表测出了电压;或所测电压值与电路原理不符,则故障在此两点之间。

② 断电检查法:用万用表的电阻挡或欧姆表。在断开电源情况下,根据实验原理,如果电路某两点间应该导通无电阻(或电阻极小),而用万用表测出开路或电阻极大;或某两点应该开路或电阻极大,但测出的结果为短路或电阻极小,则故障在此两点之间。

## 1.2 人体安全用电

### 1.2.1 实验室用电规则与保护

#### 1.2.1.1 实验室安全用电规则

人体是导电体,当人体不慎触及电源及带电导体时,电流将通过人体,使人体带电,简称触电。为了防止触电事故的发生,要求每个实验人员在实验前都应该熟悉安全用电常识,在实验过程中严格遵守安全用电规则 and 操作规程。

##### (1) 人身安全

① 不能穿拖鞋进入实验室,实验时不允许穿短裤亦不许光脚,实验台面不能放水杯或饮料瓶等。

② 各种仪器设备应有良好的接地线,通过强电装置的连接导线应有良好的绝缘外套,芯线不得外露,杜绝使用绝缘不良的导线。

③ 在进行强电或具有一定危险性的操作时,应有两人以上合作,在接通 220 V 交流电源之前应通知实验合作者。用万用表测量高压时,万用表不要拿在手里,要放在试验台面的合适位置上,先将一只表笔可靠放置一个测量点,再单手拿另一只表笔触碰另一个测量点。读取数据时保持站立,不可带电随意搬动电表。

④ 万一发生触电事故,应迅速切断电源,使触电者迅速脱离电源并采取必要的急救措施。

##### (2) 仪器及设备安全

① 使用仪器前,应认真阅读仪器使用说明书,掌握仪器的使用方法和注意事项。

② 使用仪器时,应按要求正确接线。

③ 实验中要有目的地操作仪器面板上的开关或旋钮,轻旋轻放,切忌用力过猛。

④ 实验过程中,精神必须集中。当嗅到焦味、见到冒烟或火花、听到噼啪响声、感到设备过热及出现保险丝熔断等异常现象时,应立即切断电源,在故障未排除前不得再次开机。

⑤ 未经允许不得随意调换仪器,更不准擅自拆卸仪器设备。搬动仪器设备时要轻拿轻放。

⑥ 仪器使用完毕,应将面板上各旋钮、开关置于合适的位置,如将万用表功能开关旋至“OFF”位置等。

⑦ 为保证器件及仪器安全,在连接实验电路时,应该在电路连接完成并检查完毕后再

通电。通电时先接电源后接信号源,断电时先断信号源再断电源。

⑧ 实验完成后,切断电源,关闭仪器仪表的电源开关,拆线,收拾好导线并放在抽屉中,填写实验室仪器仪表使用记录本。

### 1.2.1.2 实验室用电保护

实验室的用电大多采用了多重保护措施,一般有接零保护、过流保护、漏电保护等。

#### (1) 接零保护

把仪器设备的金属外壳与中性线相连的保护方式称为接零保护,实验室通常采用接零保护方式。对于单相交流电源,常用三孔插座,其中大孔接地线,左孔接中性线,右孔接相线,连接示意图如图 1-2-1 所示。

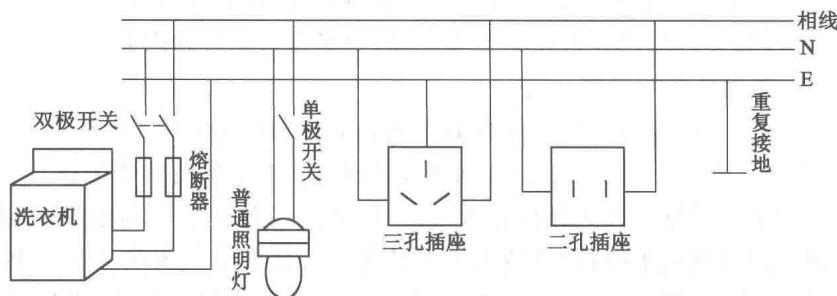


图 1-2-1 单相用电设备的接零保护

验电笔可用来判断相线与中性线,它由一个大阻值的限流电阻与氖灯串联而成。当验电笔接触相线时,电压经过验电笔、人体、大地构成回路,使氖灯发光,其电流很微弱,以保护人体不受伤;当验电笔接触中性线时,由于氖灯两端无电压,不会发光。因此,用验电笔检测可判断被试物体是否带电。普通验电笔仅用于检测 50~380 V 的电压,不允许检测高压,以免导致触电。

#### (2) 过流保护

实验室的电源常用熔断器作为过流保护装置,它由低熔点合金制成。当用电设备过载或短路时,会产生大电流,使熔断丝熔断,从而切断电路。使用熔断器应注意其额定电流与电路正常负载的正确配合,以免影响用电设备的正常工作。

传统熔断器作为过流保护只能使用一次,烧断了必须更换。目前专用试验台上多数采用自复保险丝,它是一种以聚合物为基础掺入导体制成的新产品。当电流急剧增加时,自复保险丝的温度瞬间上升,其阻抗迅速提高,使通过的电流在极短的时间内变小,电路如同开路,达到保护的目。当异常电流消失后,它即可瞬间恢复成低阻导体,无须人为更换。有的试验台瞬间出现过流时,还会有声光报警,只要按下复位按钮即可恢复。

#### (3) 漏电保护

使用交流电源的场所,一般都安装漏电保护器。当负载相线与地线之间发生漏电或由于人体接触相线而发生单相触电时,漏电保护器就自动跳闸而断开电源,对电器及人身安全起到保护作用。专用实验台通常采用电流型和电压型两种漏电保护装置,对实验过程中的任何漏电或单相触电,都能够断开电源并且报警。使用中若漏电保护器动作,应查明故障并予以排除,再按下漏电保护器的恢复按钮,使其恢复保护功能。

专用实验台的用电设备一般都选用三相隔离变压器,将实验台上的用电与电网之间进行电气隔离,对用电安全起到较好的保护作用。

### 1.2.2 电气火灾的消防知识

电气设备在工作时会发热,若其温度超过规定值时,就容易发生火灾。因此,必须了解电气火灾的产生原因、扑救和预防方法。

#### (1) 发生电气火灾的主要原因

高温是发生电气火灾的直接原因。在发电、变电和用电等场所,产生高温的主要原因有电气设备或线路超载运行、发生短路故障、雷电、电火花或电弧、散热不良、通风不畅等。有时继电器或接触器的触点接触不良、导线连接处松动等使接触电阻增大,也会造成该处局部高温。除了直接原因外,周围存放易燃易爆物品,也是不可忽视的因素。

#### (2) 电气火灾的扑救和预防

发生电气火灾时,应立即拨打 119 电话报警,向消防部门求助。扑救火灾时,首先应切断电源,以防触电。对于严重的电气火灾事故,还应通知电力部门到现场指导和监护扑救工作。对尚未确定断电的电气火灾进行扑救时,一般选择灭火介质不导电的灭火器进行扑救,不允许使用泡沫灭火剂或水枪,以免造成更大的危害。预防电气火灾主要是致力于消除隐患,正确选用保护装置,按规定设置短路、过载、漏电保护及隔热、散热、强迫冷却等安全措施。在使用过程中注意观察,及早发现和处理问题,并做好定期的安全检查,加强对易燃易爆等危险品的管理。

### 1.2.3 触电的急救与预防

#### 1.2.3.1 触电的急救处理

##### (1) 脱离电源

① 如果电源开关就在附近,应立即切断电源;

② 如果电源开关离救护人员较远,可用绝缘物体如干燥的木棒或其他带有绝缘手柄的工具迅速使触电者脱离电源,也可以用绝缘手钳或带有干燥木柄的刀或其他工具将电线切断,从而使触电者脱离电源;

③ 救护人员在帮助触电者脱离电源的过程中,切不可直接手拉触电者,也不能用金属等导电物体去做抢救工具,以防救护人员自身触电。

##### (2) 急救处理

当触电者脱离电源后,应立即进行现场急救,同时通知医护人员前来抢救。只有在现场危及安全时,才允许将触电者移至安全的地方进行急救。如果伤者的伤势不严重,神志清醒,只是心慌无力,应让伤者平卧休息 1~2 h,有过早搏动者应观察 24 h。对于重伤者,应立即在现场进行抢救;对心跳停止而呼吸未停止者可做胸外心脏按压,60~70 次/min;对于呼吸停止而心跳未停止者应进行人工呼吸。如果伤者出现假死现象,千万不要放弃,一定要坚持救护,直到伤者复苏或医务人员前来救治为止。

#### 1.2.3.2 触电的预防

##### (1) 人身安全电压

人身安全电压是根据不同场所的安全标准而制定的,通常有以下三种情况:

① 对于住宅、工厂、办公室等一般场所,人体皮肤无论是干燥或出汗潮湿,在接触电压时有可能发生危险。此时,人体的阻抗约为  $1\,000\ \Omega$ ,假设人体允许通过的电流为  $50\ \text{mA}$ ,则  $50\ \text{mA}$  与  $1\,000\ \Omega$  的乘积为  $50\ \text{V}$ 。那么  $50\ \text{V}$  就是这类场所人体所允许接触的最高电压,其安全电压规定为  $36\ \text{V}$ 。

② 对于隧道、涵洞、矿井等高度潮湿的场所,人体出汗或工作环境的影响都会使皮肤相对潮湿,且双手与双脚经常会接触凝露的设备金属外壳或构架,所以发生触电的危险性高,此类场所的安全电压规定为  $24\ \text{V}$ 。

③ 对于游泳池、水槽或水池等场所,人体大部分浸入水中,皮肤完全浸湿。此时安全电压规定为  $6\ \text{V}$ 。

## (2) 预防触电的措施

触电事故的发生,多数是违反操作规程引起的。为了预防触电,必须做好以下工作。

### ① 落实安全制度

凡是用电单位,都要结合自己的具体情况建立切合实际的安全用电制度,并落实到人。在用电过程中,每个人都要严格遵守安全制度,任何时候都不可大意。

### ② 采取防范措施

预防触电的必要手段就是根据工作环境和实际要求采取相应的防范措施。例如现场应按照国家有关标准规范施工,包括设备应选用安全电压工作,以符合安全标准;电气系统要有保护装置,如熔断器、空气断路器、漏电保护器和建立防护系统等,以保障人身和设备安全;注意检查电器的使用年限以及线路的老化破损程度,以得到及时更换和修复。

### ③ 遵守操作规程

遵守操作规程是保障用电安全的重要内容。在安装和检修电气设备之前,应先切断电源,并在电源开关处挂上警示钟,切勿带电操作。检查导线和设备是否带电时,应使用验电笔或仪器检测,切不可用手去直接触摸检验。操作电气设备时,应穿上绝缘良好的胶鞋或塑料鞋,必要时还要带上绝缘手套,尽量养成单手操作的习惯。对于强电场所,地面上应铺设干燥的木板或橡胶垫。对第一次进入实验室的人员,必须进行安全教育,熟悉安全规程。

## 1.3 电子元器件

电子元器件是电工电子学实验中不可缺少的器材,常用的元器件有电阻器、电容器、电位器、变压器、电感器、半导体器件等,本节主要介绍常用元器件的名称、用途、分类、参数及选用。

### 1.3.1 电阻器

电子在物体内作定向运动时会遇到阻力,物体的这种物理性质就称为电阻。在电路中,应用了电阻这种物理性质的元器件就称为电阻器,简称电阻。电阻是电路中应用最多的元器件之一,其主要作用是稳定和调节电路中的电压和电流,作为负载、分流器、分压器和限流器等,在电路中属于耗能的元件。另外,电阻器与电容器或电感器组合,还可以起到滤波或变换波形的作用,通常分为固定电阻器和可变电阻器两大类。可变电阻也称为电位器,其阻值可方便调整。电位器根据结构形式不同还分为旋转式、推拉式和直滑式,有些电位器还附有开关。电阻器用符号  $R$  表示,电阻器的基本单位为欧姆,简称欧( $\Omega$ ),常用的单位还有千

欧(kΩ)和兆欧(MΩ),三者的换算关系是:1 MΩ=1 000 kΩ,1 kΩ=1 000 Ω。

常用电阻器的外形及其符号如图 1-3-1 所示。



图 1-3-1 常用电阻器的外形及符号

1.3.1.1 电阻器的命名

根据我国标准,电阻器、电位器的型号由五部分组成。其中,第一部分为主称,用字母“R”表示普通电阻器,用字母“W”表示电位器;第二部分为材料,用字母表示;第三部分为产品分类特征,用数字或者字母表示;第四部分为序号,用数字表示;第五部分为区别代号,用字母表示,可有可无。区别代号是当电阻器或电位器的主称、材料特征相同,而尺寸、性能指标有差别时,在序号后用 A、B、C、D 等字母予以区别。具体含义见表 1-3-1。

表 1-3-1 电阻器的型号各部分的含义

| 第一部分:主称 |     | 第二部分:电阻材料 |       | 第三部分:类型 |     | 第四部分:序号                                                                                                |
|---------|-----|-----------|-------|---------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 字母      | 含义  | 字母        | 含义    | 符号      | 含义  | 用数字表示                                                                                                  |
| R       | 电阻器 | T         | 碳膜    | 0       |     | 用数字表示,对主称、材料、特征相同,仅尺寸、性能(包括额定功率、阻值、允许误差、精度等级等)指标稍有偏差,但不影响互换使用的产品,则标同一序号;若尺寸、性能指标的差别影响互换使用时,则要标不同序号加以区分 |
|         |     |           |       | 1       | 普通  |                                                                                                        |
|         |     | H         | 合成膜   | 2       | 普通  |                                                                                                        |
|         |     | S         | 有机实芯  | 3       | 超高频 |                                                                                                        |
|         |     | N         | 无机实芯  | 4       | 高阻  |                                                                                                        |
| R       | 电阻器 | J         | 金属膜   | 5       | 高阻  |                                                                                                        |
|         |     | Y         | 金属氧化膜 | 6       |     |                                                                                                        |
|         |     | C         | 化学沉积膜 | 7       | 精密  |                                                                                                        |
|         |     | I         | 玻璃釉膜  | 8       | 高压  |                                                                                                        |
|         |     | X         | 绕线    | 9       | 特殊  |                                                                                                        |
|         |     |           |       | G       | 高功率 |                                                                                                        |
|         |     |           |       | W       | 微调  |                                                                                                        |
|         |     |           |       | T       | 可调  |                                                                                                        |
|         |     |           |       | D       | 多圈  |                                                                                                        |



例如：

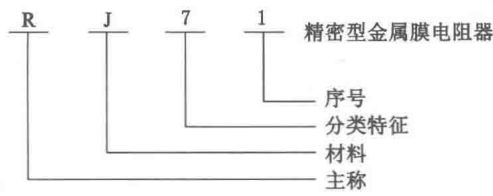


图 1-3-2 电阻器命名示例

1.3.1.2 电阻器的标志方法

电阻器标称阻值和允许误差一般都标在电阻体上，其标志方法有三种：直标法、数字法、色环法。

(1) 直标法

将电阻器的型号、标称阻值、功率、允许误差及制造日期等参数直接写在电阻器表面上的标注方法称直标法。这种方法简单明了，但只适用于功率和体积较大的电阻器。

(2) 数字法

将有效数字和倍率写在电阻器上，最后一位数字  $n$  表示 10 的  $n$  次方。例如 502 表示的电阻值为  $50 \times 10^2 \Omega = 5 \text{ k}\Omega$ ；3502 表示阻值为  $350 \times 10^2 \Omega = 35 \text{ k}\Omega$ 。

(3) 色环法

电阻器的表面上印制不同颜色的色环，以表示电阻的阻值及允许误差的方法称为色环法，主要用于小型电阻。普通电阻采用四色环表示，其中前两个环表示 2 位有效数字，第三个环表示倍率，最后一个环表示误差，如图 1-3-3 所示。精密电阻采用五色环表示，其中前三个环表示有效数字，第四个环表示倍率，最后一个环表示误差，如图 1-3-4 所示。如果无误差等级标志，一律表示允许误差为  $\pm 20\%$ 。

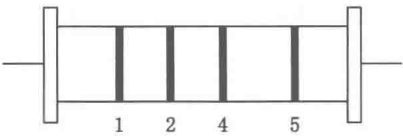


图 1-3-3 四色环标志法

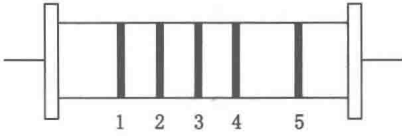


图 1-3-4 五色环标志法

电阻的色环位置和倍率关系如表 1-3-2 所示。

表 1-3-2 色环颜色代号

| 颜色 | 有效数字 | 倍率               | 允许偏差/%   |
|----|------|------------------|----------|
| 银色 | /    | $\times 10^{-2}$ | $\pm 10$ |
| 金色 | /    | $\times 10^{-1}$ | $\pm 5$  |
| 黑色 | 0    | $\times 10^0$    | /        |
| 棕色 | 1    | $\times 10^1$    | $\pm 1$  |
| 红色 | 2    | $\times 10^2$    | $\pm 2$  |

续表 1-3-2

| 颜色 | 有效数字 | 倍率            | 允许偏差/%           |
|----|------|---------------|------------------|
| 橙色 | 3    | $\times 10^3$ | /                |
| 黄色 | 4    | $\times 10^4$ | /                |
| 绿色 | 5    | $\times 10^5$ | $\pm 0.5$        |
| 蓝色 | 6    | $\times 10^6$ | $\pm 0.2$        |
| 紫色 | 7    | $\times 10^7$ | $\pm 0.1$        |
| 灰色 | 8    | $\times 10^8$ | /                |
| 白色 | 9    | $\times 10^9$ | $\pm 5 \sim -20$ |
| 无色 |      |               | $\pm 20$         |

例：



阻值为： $10 \times 10^2 = 1\,000\,\Omega$ ，允许误差为： $\pm 10\%$ 。

采用色环法读数需要掌握的三个要点：

① 颜色的辨别：应特别注意某些颜色过于接近的色环，例如：棕色与红色，橙色与黄色，黄色与金色等之间的辨别。

② 误差色环的判断：通常离其他色环较远或离电阻器引线端较远的色环为误差色环；也可以通过色环的颜色来判断；若末端色环为黑、橙、黄、灰、白色，则该色环不是误差标志，而是第一位有效数字；若末端色环为金色或银色，应其为误差色环，则从另一端读起。

③ 读数方法：四环的第三环表示前面数字乘以 10 的几次幂，而在五色环中则是第四环表示 10 的幂数。

### 1.3.1.3 电阻器的分类

电阻器的种类很多：① 按照导电体的结构特征分为实心电阻器、薄膜电阻器和线绕电阻器等；② 按电阻器的材料、结构又分为碳膜电阻器、金属氧化膜电阻器、线绕电阻器、热敏电阻器、压敏电阻器等；③ 按照各种电阻器的特性还可分为高精度、高稳定、高阻、高压、大功率、高频以及超小型等各种专用类型的电阻器。

### 1.3.1.4 电阻器的主要参数

电阻器的主要参数有标称值及允许误差、额定功率、温度特性、极限电压、噪声等。

#### (1) 标称值

标称值是厂家标注在电阻上的阻值，实际电阻器的阻值不可能绝对等于标称值，总有一定的误差。普通电阻的误差分为 3 级，Ⅰ级允许误差 $\pm 5\%$ ；Ⅱ级允许误差 $\pm 10\%$ ；Ⅲ级允许误差 $\pm 20\%$ 。一般精密电阻的误差在 $\pm 0.1\% \sim \pm 1\%$ 范围。

#### (2) 允许误差

电阻器的阻值范围很宽，一般常用电阻器的阻值可从  $10\,\Omega \sim 10\,\text{M}\Omega$ 。而实际阻值往往