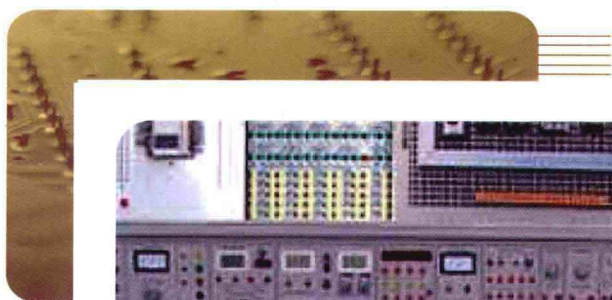




21世纪高职高专**电子信息类**实用规划教材

电工操作 与电子技术实践

郭根芳 主 编
李献军 潘 慧 副主编



 免费赠送电子课件

- ◆ 注重引导学生掌握电工操作与电子技术实践的学习方法，培养动手能力，提高自学及创新能力。
- ◆ 在知识结构上以“基础知识—常用仪器、仪表、工具—实践操作—基本元器件—典型应用电路”为思路。
- ◆ 在内容安排上，兼顾知识的系统性与完整性，各章节又保持其相对的独立性，为开放式教学和弹性教学留有选择和拓展的空间。

清华大学出版社

21 世纪高职高专电子信息类实用规划教材

电工操作与电子技术实践

郭根芳 主 编

李献军 潘 慧 副主编

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书共分6章,主要介绍电子测量基础知识、常用仪器仪表简介与使用、直流电路实验、电工基本操作工艺、模拟电子技术实验、数字电子技术实验和附录。其中常用仪器仪表有直流稳压电源、低频信号发生器、双踪示波器、交流毫伏表、指针式万用表和数字式万用表,直流电路实验5个,电工基本操作工艺6个,模拟电子技术实验5个,数字电子技术实验15个,附录2个,即维修电工国家职业标准和集成电路简介。

本书可作为高职高专院校电子信息类、通信类、计算机类、电气类和机电类等相关专业的教学用书,也可供成人职业教育、职业技能培训和相关工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电工操作与电子技术实践/郭根芳主编;李献军,潘慧副主编. —北京:清华大学出版社,2013
(21世纪高职高专电子信息类实用规划教材)
ISBN 978-7-302-31116-4

I. ①电… II. ①郭… ②李… ③潘… III. ①电工技术—高等职业教育—教材 ②电子技术—高等职业教育—教材 IV. ①TM ②TN

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第319468号

责任编辑:李春明

装帧设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:16

字 数:381千字

版 次:2013年2月第1版

印 次:2013年2月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00元

产品编号:048046-01

前 言

本书根据高等职业教育教学的特点,以能力为本位,以应用为目的,参考与电工和电子技术相关技术领域职业岗位的任职要求和后续课程的要求,并结合目前电工与电子技术元器件的发展现状来编写。本书的内容主要包括电子测量基础知识、常用仪器仪表简介与使用、直流电路实验、电工基本操作工艺、模拟电子技术实验、数字电子技术实验和附录。在各章中还设置了“知识链接”部分,配合各章内容提供相关的拓展知识,或者为有关实验提供相关知识的回顾等,从而帮助学生更好地理解内容。在结构安排和内容选取上,本书有以下几个特点。

(1) 在内容取舍上以电工操作和电子技术实践的基础知识、基本理论和基本实践技能为主线,并注意使之与实用技术有机地结合起来,激发学生的学习兴趣和创新意识。

(2) 注重体现高职高专的特色,淡化理论,注重实践,介绍了常用电工工具、常用实验设备、仪器仪表的功能和使用方法,重点是电工基本操作工艺和常用电子元器件,即电阻器、电容器、晶体二极管、晶体三极管和中小规模集成电路等的用途、功能测试及典型应用。

(3) 在知识结构上以“基础知识—常用仪器、仪表、工具—实践操作—基本元器件—典型应用电路”为思路,注重引导学生掌握电工操作与电子技术实践方法的学习,提高动手能力,培养自学及创新能力。

(4) 在内容安排上,本书兼顾知识的系统性与完整性,各章节又保持其相对的独立性,为开放式教学和弹性教学留有选择和拓展的空间。

本书是 21 世纪高职高专电子信息类实用规划教材,可作为高职高专院校电子信息类、通信类、计算机类、电气类和机电类等相关专业的教学用书,也可供成人职业教育、职业技能培训和相关工程技术人员参考。

本书是编者在多年从事电工与电子技术教学基础上编写而成的教材。在编写过程中,汲取了各高职院校教学改革、教材建设等方面的经验,充分考虑了高职高专学生的特点、知识结构、教学规律和培养目标等要求。

本书由郭根芳担任主编,李献军和潘慧担任副主编,李献军编写第 4 章和附录 1,潘慧编写第 1、2、3、5 章和第 6 章第 1 节。其余部分由郭根芳编写并负责全书统稿工作。本书在编写过程中,得到了石家庄邮电职业技术学院电信工程系、计算机系和邮政系各位领导的大力支持和卜新华老师的帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足和错误,恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 电子测量基础知识..... 1	第 3 章 直流电路实验..... 41
1.1 电子测量..... 2	3.1 电压、电阻及电容的测量..... 42
1.2 误差分类..... 2	3.1.1 万用表测量直流电压..... 42
1.3 测量数据处理..... 5	3.1.2 色环电阻器的认知与测量..... 42
1.4 仪表分类..... 5	3.1.3 电容器的认知与测量..... 43
1.5 安全用电常识..... 6	复习与思考题..... 50
本章小结..... 8	3.2 分压公式、分流公式验证..... 51
复习与思考题..... 8	3.2.1 分压公式验证..... 51
第 2 章 常用仪器仪表简介与使用..... 9	3.2.2 分流公式验证..... 52
2.1 直流稳压电源..... 10	复习与思考题..... 54
2.1.1 基本结构与主要技术指标..... 10	3.3 基尔霍夫定律验证..... 54
2.1.2 面板说明与使用方法..... 11	3.3.1 基尔霍夫电流定律验证..... 55
2.2 万用表..... 13	3.3.2 基尔霍夫电压定律验证..... 56
2.2.1 指针式万用表..... 13	复习与思考题..... 57
2.2.2 数字式万用表..... 17	3.4 叠加定理验证..... 57
2.3 函数信号发生器..... 20	3.4.1 叠加电流定理验证..... 57
2.3.1 基本结构..... 20	3.4.2 叠加电压定理验证..... 58
2.3.2 使用方法..... 22	复习与思考题..... 59
2.4 双踪示波器..... 23	3.5 戴维南定理验证..... 60
2.4.1 面板说明..... 23	3.5.1 有源二端网络等效参数 测试方法..... 60
2.4.2 使用方法..... 29	3.5.2 戴维南定理验证实验..... 61
2.5 交流毫伏表..... 33	复习与思考题..... 63
2.5.1 面板说明..... 33	本章小结..... 63
2.5.2 使用方法..... 35	第 4 章 电工基本操作工艺..... 65
2.6 函数信号发生器、交流毫伏表与 双踪示波器的使用..... 36	4.1 常用电工工具的使用..... 66
2.6.1 函数信号发生器基本 测量操作..... 36	4.1.1 验电器的操作..... 66
2.6.2 交流毫伏表基本测量操作..... 37	4.1.2 导线的连接与绝缘层的恢复..... 67
2.6.3 双踪示波器基本测量操作..... 37	4.1.3 其他常用工具的操作..... 68
本章小结..... 39	复习与思考题..... 76
复习与思考题..... 39	4.2 焊接技术..... 77
	4.2.1 焊接工具的选用..... 77
	4.2.2 锡钎焊材料的选用..... 78

4.2.3 电子元器件插装	79	复习与思考题	127
4.2.4 电子元器件焊接	80	5.3 共发射极放大电路	130
复习与思考题	82	5.3.1 共发射极放大电路的分析	130
4.3 一控一照明电路	82	5.3.2 调试静态工作点	131
4.3.1 电气原理图的分析	82	5.3.3 测量动态参数	131
4.3.2 电气元器件的选用	83	复习与思考题	132
4.3.3 电气元器件的定位与安装	86	5.4 共集电极放大电路	132
4.3.4 通电检查与故障排除	87	5.4.1 共集电极放大电路的分析	133
复习与思考题	93	5.4.2 调试静态工作点	134
4.4 日光灯综合照明电路	93	5.4.3 测量动态参数	134
4.4.1 电气原理图的分析	93	5.5 集成运算放大器的基本应用	135
4.4.2 电气元器件的选用	94	5.5.1 反相比例放大器	136
4.4.3 电气元器件的定位与安装	96	5.5.2 同相比例放大器	136
4.4.4 通电测试与故障排除	97	5.5.3 加法器	137
复习与思考题	100	5.5.4 减法器	138
4.5 电能表及照明配电装置的安装	101	复习与思考题	139
4.5.1 电气原理图的分析	101	本章小结	139
4.5.2 电气元器件的选用	102	第6章 数字电子技术实验	141
4.5.3 电气元器件的定位与安装	107	6.1 数字电路实验箱简介	142
4.5.4 通电检测与故障排除	108	6.1.1 基本结构与技术性能	143
复习与思考题	110	6.1.2 用途与使用方法	147
4.6 配电箱	110	复习与思考题	149
4.6.1 电气原理图的分析	111	6.2 集成门电路	149
4.6.2 电气元器件的选用	112	6.2.1 验证门电路逻辑功能	149
4.6.3 电气元器件的安装	112	6.2.2 转换门电路逻辑功能	150
4.6.4 通电检测与故障排除	114	复习与思考题	154
复习与思考题	116	6.3 半加器、全加器	154
本章小结	116	6.3.1 测试半加器逻辑功能	155
第5章 模拟电子技术实验	119	6.3.2 测试全加器逻辑功能	155
5.1 晶体二极管	120	6.3.3 测试加法器逻辑功能	156
5.1.1 晶体二极管极性的判定	120	复习与思考题	158
5.1.2 测量晶体二极管的伏安特性	121	6.4 编码器、译码器	158
复习与思考题	125	6.4.1 测试编码器 74LS148 的逻辑功能	158
5.2 晶体三极管	125	6.4.2 测试译码器 74LS138 的逻辑功能	159
5.2.1 晶体三极管极性的判定	125	6.4.3 译码器 74LS138 的应用	160
5.2.2 测量晶体三极管的伏安特性	126	复习与思考题	164

6.5 数据选择器.....	164	复习与思考题.....	192
6.5.1 测试数据选择器 74LS153 的 逻辑功能	165	6.11 计数器.....	192
6.5.2 测试数据选择器 74LS151 的 逻辑功能	165	6.11.1 测试计数器 74LS160 的 逻辑功能.....	192
6.5.3 数据选择器 74LS151 的 应用	166	6.11.2 计数器 74LS160 的应用	193
复习与思考题	169	复习与思考题.....	196
6.6 数值比较器.....	169	6.12 顺序脉冲发生器.....	197
6.6.1 测试数值比较器 74LS85 逻辑功能	170	6.12.1 顺序脉冲发生器电路的 应用	197
6.6.2 数值比较器 74LS85 的应用	171	6.12.2 测试顺序脉冲发生器 电路功能.....	197
复习与思考题	173	复习与思考题.....	202
6.7 多数表决器.....	173	6.13 施密特触发器.....	202
6.7.1 三人简单多数表决器	173	6.13.1 测试施密特触发器 CC40106 的逻辑功能.....	202
6.7.2 三人多数表决器(其中一人 拥有否决权).....	175	6.13.2 施密特触发器 CC40106 的 应用	203
复习与思考题	179	复习与思考题.....	205
6.8 触发器.....	179	6.14 定时器 555.....	206
6.8.1 基本 RS 触发器.....	179	6.14.1 测试定时器 555 的 逻辑功能.....	206
6.8.2 D 触发器.....	180	6.14.2 定时器 555 的应用	207
6.8.3 JK 触发器.....	181	复习与思考题.....	209
6.8.4 T' 触发器.....	182	6.15 数字集成电路的综合应用	209
复习与思考题	184	6.15.1 测试 74LS290、CC4511 的 功能.....	209
6.9 触发器的应用.....	185	6.15.2 计数-译码-显示电路的分析与 测试.....	211
6.9.1 4 分频器电路	185	复习与思考题.....	218
6.9.2 由 74LS74 构成 4 位二进制 计数器电路	186	本章小结	218
6.9.3 由 74LS112 构成 4 位二进制 计数器电路	186	附录 1 维修电工国家职业标准	220
复习与思考题	188	附录 2 集成电路简介.....	230
6.10 移位寄存器.....	188	参考文献.....	245
6.10.1 测试移位寄存器 74LS194 的 逻辑功能	188		
6.10.2 移位寄存器 74LS194 的 应用	189		



第 1 章

电子测量基础知识



教学目标

通过本章的学习，要了解电子测量的内容、特点及主要测量方法。熟悉仪表的分类及测量数据的处理方法。掌握误差的概念、分类和测量误差的计算方法，分析误差原因，进而得到正确的实验结果。培养测量数据记录、整理、分析的能力，能正确选择仪表和测量方法。掌握实验室安全用电常识。



本章首先介绍了电子测量的概念、特点与测量方法；然后重点讲述了误差的概念、误差的分类、测量误差的计算方法和测量数据处理原则；最后讨论了仪表分类、正确选择仪表和实验室安全用电常识。

1.1 电子测量

1. 电子测量

测量——人类认识自然和改造自然的重要手段，是为了确定被测对象的量值或量值的依从关系而进行的实验过程。

电子测量——泛指以电子技术为手段而进行的测量。

电子测量的内容主要包括电能量的测量、电路元器件参数的测量、电信号特征的测量、电路参数的测量和特性曲线的显示。

2. 电子测量的特点

电子测量的特点有：测量频率范围宽；量程范围广；测量准确度高；测量速度快；易于实现遥测；易于实现测量过程的自动化和测量仪器微机化。

3. 电子测量的方法

一个物理量的测量可以用各种不同的方法来实现，但是在一定的情况下，这些测量方法的选择则取决于被测物理量的性质、特点、测量条件和对测量准确度的要求等许多因素。按测量手段分，主要有三种测量方法。

(1) 直接测量。仪表读出值就是被测的电磁量，例如用电流表测量电流，用电压表测量电压。

(2) 间接测量。要利用某种中间量与被测量之间的函数关系，先测出中间量，再算出被测量。例如用欧姆定律测电阻。

(3) 组合测量。被测量与中间量的函数式中还有其他未知数，必须通过改变测量条件，得出不同条件下的关系方程组，然后联立方程组求出被测量的数值。

1.2 误差分类

在实际测量过程中，由于测量器具或测量仪器的准确度有限、测量方法的不完善以及其他各种因素的影响，将会使测量结果与实际物理量本身有一定的偏差，这种偏差就称为误差。

一般说来，任何测量都是存在测量误差的。

1. 按误差的表示方法分类

按误差的表示方法，测量误差分为三类：绝对误差、相对误差和引用误差。

1) 绝对误差

绝对误差是指对被测物理量经过测量所得到的结果与其真值之差,即绝对误差=测得值-真值。或者用符号表示为

$$\Delta x = x - x_0 \quad (1-1)$$

式中 Δx ——测量过程中的绝对误差;

x ——被测物理量的标称值或测量值;

x_0 ——被测物理量的真值。

所谓真值,是指在规定的时间和空间条件下,被测物理量的真实大小。但是,在实际的测量过程中,一切测量都存在误差,任何物理量的真值都是测量不到的,一般情况下人们用相对真值来近似地代替真值。所谓相对真值,是指在人们所研究的领域内,用标准设备对被测物理量所测得的量值,常称之为实际值。

2) 相对误差

为了表达测量结果的准确程度,经常采用相对误差的概念。相对误差是指某一物理量的绝对误差与其真值或实际值之比。由于绝对误差可能为正值或负值,因此相对误差也可能为正值或负值,通常都以百分数的形式来表示,即用符号表示为

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\% \quad (1-2)$$

式中 Δx ——测量过程中的绝对误差;

x_0 ——被测物理量的真值;

γ ——相对误差。

一般被测物理量的真值 x_0 和测量仪表的指示值 x 相差不大,当不能确定真值时,常用测试仪表的指示值 x 近似代替真值进行计算,为此定义指示值相对误差为

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad (1-3)$$

3) 引用误差

在指示仪表中,例如电流表,它在各点指示值的绝对误差基本上是一样的,但是不同的工作点,其相对误差的差别却很悬殊,为了表示这类误差的特点,提出了引用误差的概念。引用误差是相对误差的一种特殊形式,用指示值的绝对误差与仪表测量范围上限或量程之比的百分数表示。其中绝对误差若取可能出现的最大值则称为最大引用误差,用符号表示为

$$\gamma_n = \frac{\Delta x}{x_m} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 γ_n ——引用误差;

x_m ——仪表测量范围上限值或量程值。

【例 1-1】 用电压表校准万用表时测得的两个电压值是 100V、50V,而用万用表测得的值分别是 90V、40V,则两次测量的绝对误差、实际相对误差分别是多少?

解: 根据题意知, $U_{01}=100\text{V}$, $U_{02}=50\text{V}$, $U_{x1}=90\text{V}$, $U_{x2}=40\text{V}$ 。

绝对误差根据公式

得

$$\begin{aligned}\Delta x &= x - x_0 \\ \Delta U_1 &= 90\text{V} - 100\text{V} = -10\text{V} \\ \Delta U_2 &= 40\text{V} - 50\text{V} = -10\text{V}\end{aligned}$$

相对误差根据公式

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\%$$

得

$$\gamma_1 = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\% = \frac{-10\text{V}}{100\text{V}} \times 100\% = -10\%$$

得

$$\gamma_2 = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\% = \frac{-10\text{V}}{50\text{V}} \times 100\% = -20\%$$

结论：第一次测量要比第二次测量准确。

2. 按误差的性质和特点分类

按照误差的性质和特点分类，其可以分为系统误差、随机误差和粗大误差三类。

1) 系统误差

在完全相同的条件下多次重复测量同一物理量时，如果测量结果的误差大小和符号都保持不变，或者当条件有所改变时，则测量结果的误差按某一确定规律而改变，这类误差称为系统误差。这种误差是由于测量仪器仪表不准、环境影响、测量方法不完善以及实验者感觉器官差异等因素造成的。

2) 随机误差

随机误差又称为偶然误差。它是指在相同条件下多次测量同一物理量时，以不可预定方式变化着的误差。随机误差主要是由于各种互不相关的独立因素，对测量所产生综合影响造成的。这些独立因素包括空气扰动、大地微震、热起伏、空间电磁场变化、测量人员的生理条件限制等。所以它们对某一系列测量的影响是没有什么一定规律的。

单次测量的随机误差不可估计，但作为多次测量来说，随机误差在整体上服从统计规律。因此，可以取多次测量结果的算术平均值作为最终的测量结果，这样可以减小随机误差对测量结果的影响。

3) 粗大误差

超出在规定条件下预期的误差界限，明显歪曲测量结果的误差，称为粗大误差。这种误差主要是由于测量操作人员的疏忽大意或错误操作造成的，有时可能是因为测量条件发生突变所造成的。例如，采用已经失准的仪器进行测量。读数时读错数据、记错记录或算错数据等都属于造成粗大误差的原因。

含有粗大误差的测量结果应予以剔除。

系统误差和随机误差之间并不存在绝对的界限。随着对误差性质认识的深化和测量技术的发展，有可能把过去作为随机误差的某些误差分离出来作为系统误差处理，或把某些系统误差当做随机误差来处理。

1.3 测量数据处理

1. 实验数据的记录与整理

实验中测得的数据都包含有误差,其精度有一定的限度,在记录测量结果的数据位数或进行数据运算时,数据位数的取值多少,皆应该以测量所能达到的精度为依据。

在测量结果中,最末一位有效数字取到哪一位,是由测量精度来决定的,即最末一位有效数字应该与测量精度是同一数量级的,那么实验数据也应记录到有误差的那位数字为止。例如,用精度为0.1的电压表测电压,实验数据记录到小数点后第一位即可。如测量数据为8.0V,不能记录为8V。又如在测量一个电压时,测量结果可能记为5mV,也可能记为5.00mV,从数值的角度看,它们似乎没有区别,但从测量的意义来看,它们有根本的不同。记为5mV表示5以后的小数位的数是没有测出来的量,它完全可能不是“0”;而5.00mV表示5以后的小数测量到了,而且第一位小数确实就是“0”,第二位为误差数。

2. 记录测量注意事项

用有效数字记录测量结果时应该注意以下几点。

(1) 用有效数字表示测量结果时,可以从有效数字的位数估计测量的误差。一般规定误差不超过有效数字末位单位数字的一半。例如,测量结果记为1.00V,小数点后第二位为末位有效数字,其单位数字为0.01V,单位数字的一半即0.005V,测量误差可能为正或负,所以1.00V这一记法表示测量误差为 $\pm 0.005V$ 。

(2) 有关“0”是否为有效数字的问题。非零数字中间的“0”是有效数字,“0”在最左边是非有效数字,“0”在最右边应为有效数字。若测量精度达不到,不能在数字右边随意加“0”。

(3) 有效数字不能因采用的单位不同而增加或减少。例如,在测量电流时,用A作为单位记为1.000A,用mA作为单位记为1000mA,二者均为4位有效数字。

1.4 仪表分类

在实际电气测量工作中,要了解电工仪表的分类、基本用途、性能特点,以便合理选择仪表,还要掌握电工仪表的使用方法和电气测量的操作技能,以获得正确的测量结果。

1. 按仪表使用方式分类

按仪表使用方式的不同,可将仪表分为安装式仪表和可携式仪表。安装式仪表是指在设备的开关板上所使用的固定安装的仪表。可携式仪表是指在科学研究、教学实验、工矿企业的实验室和生产工序中所使用的非固定安装的仪表。

2. 按仪表工作原理分类

按仪表工作原理的不同,可将仪表分为磁电系、电磁系、电动系、感应系等。

3. 按仪表防护性能分类

按仪表防护性能的不同,可将仪表分为普通型、防尘型、防溅型、防水型、水密型、气密型、隔爆型等七种形式。

4. 按被测物理量性质分类

按被测物理量性质的不同,可将仪表分为直流电表、交流电表和交直流电表。交流电表一般都是按正弦交流电的有效值标度的。

5. 按仪表精度等级分类

按仪表精度等级的不同,可将仪表分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0 七个等级。数字越小,仪表的准确度等级越高。仪表精度等级的百分数又称为仪表的基本误差。仪表可能产生的绝对误差等于精度等级的百分数乘仪表的量程。

通常 0.1 级和 0.2 级仪表用做标准仪表或在精密测量时选用,0.5 级和 1.0 级仪表作为实验室测量选用,1.5 级、2.5 级和 5.0 级仪表可在一般工程测量中选用。正确选用仪表至关重要。

【例 1-2】要测量 40V 左右的电压,有两块电压表:量程为 50V、1.5 级,量程为 100V、1.0 级,则应选用哪一块表测量比较合适?

解:对于第一块表有

$$\Delta U_1 = 50V \times (\pm 1.5\%) = \pm 0.75V$$

对于第二块表有

$$\Delta U_2 = 100V \times (\pm 1.0\%) = \pm 1.0V$$

因此选用第一块表比较合适。

1.5 安全用电常识

安全用电包括人身安全和设备安全两部分:人身安全是指防止人身接触带电物体受到电击或电弧灼伤而导致生命危险;设备安全是指防止用电事故引起设备损坏或起火、爆炸等危险。

实验室的安全用电是一个非常重要的问题。为了保证学生、教师和国家财产的安全,保证教学、科研工作的正常开展,在做实验时,必须严格遵守实验室安全用电制度和操作规程。

1. 触电对人体的危害

(1) 触电事故。外部电流流经人体,造成人体器官组织损伤乃至死亡,称为触电。

在触电事故中电击和电伤会同时发生,但因大部分触电事故是由电击造成的,所以通常所说的触电事故基本上是指电击。

(2) 触电的危害。触电对人体的伤害程度与通过人体的电流大小、时间长短、电流流过的途径及电流性质有关。触电的电压越高、电流越大、时间越长,对人体的危害越严重。

人体所能耐受的电流大小因人而异,对于一般人,当工频交流电流超过 50mA 时,就会有致命危险。

通过人体电流的大小主要取决于施加于人体的电压及人体本身的电阻。人体电阻包括体内电阻和皮肤电阻,体内电阻基本不受外界影响,其值约为 500Ω 。皮肤电阻随外界条件不同有较大的变化,干燥的皮肤电阻值在 $100\text{k}\Omega$ 以上,但随着皮肤的潮湿程度加大,电阻值逐渐减小,可降至 $1\text{k}\Omega$ 以下,潮湿时触电的危险性更大。

2. 发生触电事故的原因

不同的场合引起触电的原因也不一样。根据日常用电情况,触电原因有以下几种。

(1) 线路架设不合格。室内导线破旧、绝缘损坏或敷设不合格时,容易造成触电或短路,从而引起火灾;工作台布线不合理,使绝缘线被磨坏或被电烙铁烫坏而引起触电等。

(2) 用电设备不合格。用电设备的绝缘损坏,造成漏电而外壳无保护接地线或保护接地线接触不良而引起触电;开关和插座的外壳破损或导线绝缘老化,失去保护作用。

(3) 带电操作、冒险修理或盲目修理,且未采取切实的安全措施,均会引起触电。

3. 引起电气火灾的主要原因

(1) 电路短路。发生短路时,线路中的电流增加为正常时的几倍甚至几十倍,而产生的热量又和电流的二次方成正比,使得温度急剧上升,大大超过允许范围。如果温度达到周围可燃物的燃点时,即会引起燃烧,发生火灾。

(2) 负荷过载。电气设备过载,使导线中的电流超过导线允许通过的最大电流,而保护装置又不能发挥作用,引起导线过热,烧坏绝缘层,即会引起火灾。

(3) 接触不良。导线连接处接触不良,电流通过接触点时打火,引起火灾。

4. 防止触电的保护措施

(1) 选择合适的导线和电器。当电气设备增多、电功率过大时,及时更换原有电路中不合要求的导线及有关设备。

(2) 选择合适的保护装置预防电路发生过载或短路等情况。

(3) 保护接地。把电气设备的金属外壳、框架等用接地装置与大地可靠连接,称为保护接地,保护接地电阻一般应不大于 4Ω ,最大不得大于 10Ω 。

(4) 使用安全操作电压。加在人体上一定时间内不致对人造成伤害的电压称为安全电压。为了保障人身安全,使触电者能够自行脱离电源,不致引起人身伤亡,各国都规定了安全操作电压。

我国规定的安全电压: $50\sim 500\text{Hz}$ 的交流电压额定值有 6V 、 12V 、 24V 、 36V 四种,直流电压额定值有 6V 、 12V 、 24V 、 48V 四种,以供不同场合使用。还规定安全电压在任何情况下均不得超过 50V 有效值,当使用大于 24V 的安全电压时,必须有防止人身直接接触及带电体的保护措施。在高温、潮湿场所使用的安全电压规定为 12V 。

(5) 实验操作时,应该在连接好电路,并经过检查无误以后再接通电源。实验结束时,应先切断电源再拆线,禁止带电连接或拆除电路。

(6) 如果发现有人触电,则要设法及时断开电源;或者用干燥的木棍等物品将触电者与带电电器分开,不要用手直接去救人。

本章小结

本章介绍了电工与电子技术测量的基础知识,包括电子测量、误差分类、测量数据处理、测量仪表的分类和实验室安全用电常识。通过本章的学习能为后续课程,特别是实践课和实际测量工作岗位打下坚实的基础。现分类归纳如下。

(1) 电子测量:主要介绍了测量的概念、测量的主要内容、电子测量的特点与电子测量方法。通常采用直接测量方法,简单而方便,但误差可能大一些。

(2) 误差分类:主要介绍了误差的概念和分类。①按误差的表示方法,测量误差分为:绝对误差、相对误差和引用误差。②按照误差的性质和特点,测量误差分为系统误差、随机误差和粗大误差。

通常需要计算测量数据的相对误差值 $\gamma = \frac{\Delta x}{x_0} \times 100\%$ 。

(3) 测量数据处理:主要介绍了实验数据的记录与整理、记录测量注意事项,特别是在实际测量中有效数字的处理。

(4) 仪表分类:主要介绍了仪表的分类方法。可以按照仪表使用方式、工作原理、防护性能、被测物理量性质和精度等级进行分类。在实际工作中按要求能正确选择仪表。

(5) 安全用电常识:主要介绍了触电对人体的危害、发生触电事故的原因、引起电气火灾的主要原因、防止触电的保护措施。目的是让学生养成良好的用电习惯,了解用电规范,安全用电。

复习与思考题

1. 电子测量的特点有哪些?
2. 误差是如何分类的?相对误差与绝对误差有何区别?
3. 用有效数字记录测量结果时应该注意什么?
4. 测量数据精度与哪些因素有关?
5. 什么是安全电压?我国对安全电压值有何规定?
6. 如果发现有人触电,应该怎么办?

第 2 章

常用仪器仪表简介与使用

教学目标

通过本章的学习，要了解常用的仪器仪表的用途，熟悉仪器仪表的基本结构和主要技术指标，掌握常用仪器仪表的使用方法和使用注意事项。培养使用仪器仪表测量数据的能力，根据不同需求，能正确选择仪表并完成电路的测量。

本章首先介绍了常用仪器仪表的主要技术指标和面板按键、旋钮的功能，接着讲述了仪器仪表的使用方法及使用注意事项，最后通过实例讨论了函数信号发生器、双踪示波器和交流毫伏表的具体操作方法。常用的仪器仪表有直流稳压电源、函数信号发生器、双踪示波器、交流毫伏表、数字式万用表、指针式万用表等。

2.1 直流稳压电源

在电子电路和电气设备中，通常都需要电压稳定的直流电源供电。直流电源可以分为两大类，一类是化学电源，例如各种各样的干电池、蓄电池、充电电池等电源，其优点是体积小，重量轻，携带方便等；缺点是成本高、易污染。另一类是直流稳压电源，直流稳压电源是把交流电网 220V、50Hz 的市电，降为所需要的电压值，然后通过整流、滤波和稳压，得到稳定的直流电压，这是目前现实生活中应用比较广泛的一类直流稳压电源。

直流稳压电源是电路和电子技术实验中必不可少的仪器。一般情况下，实验室里对所有直流稳压电源都有如下要求。

- (1) 输出的直流电压连续可调。
- (2) 在电网电压或负载变化时，能够保持其输出电压基本稳定不变。
- (3) 可以提供一定的输出电流，所含的交流成分小。
- (4) 内阻小，一般在 $10^{-4} \sim 10^{-2} \Omega$ 。在向负载提供功率输出时，可以把它近似地看成一个理想电压源，其电源内阻接近于零。
- (5) 使用方便，便于观测。

直流稳压电源的种类很多，下面以实验室中的 LM1819B 型直流稳压电源为例介绍其使用方法。

2.1.1 基本结构与主要技术指标

1. LM1819B 型直流稳压电源概述

LM1819B 型直流稳压电源是由两路完全独立的稳压电源组成的。两路稳压电源都为 0~30V 连续可调稳压电源，并有两块电表分别指示该路电源的输出电压和负载电流。两路直流稳压电源的最大负载电流均为 2A。该直流稳压电源供应器是一部高稳定、低故障、可携带式仪器，可应用于实验电路或其他电子电路，实用方便。采用风冷散热，可连续长时间满负荷工作，空载或轻载时风扇自动停止工作，从而有效减少噪声。

2. 主要技术指标

- (1) 输出电压：0~30V。
- (2) 电源电压：AC 220V $\pm$ 10%，50Hz $\pm$ 5%。
- (3) 输出电流：0~2A。
- (4) 可靠性：>3000h。
- (5) 环境温度：0~40℃。