



普通高等教育“十二五”规划教材



电子电气基础课程规划教材

电工基础实验教程

Electric and Electronic Laboratory

● 陈 凯 张 弛 张忠民 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>

普通高等教育“十二五”规划教材·电子电气基础课程规划教材

电工基础实验教程

陈凯 张弛 张忠民 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是结合电工基础课程的自身特点编写而成的,其结构可以分为两大部分。第一部分为第1~4章,介绍完成电学实验的基础知识及基本技能;第二部分为第5~7章,设置了具体的实验内容,按照直流、交流和动态电路的结构顺序,对刚刚接触电学课程的本科生进行循序渐进的实验技能培养,同时加强学生对相关理论知识的理解。为提高实验课的教学效果,书中加入了教师授课纲要和学生预习指导两个环节,且每个实验内容在学时上都是开放性设计,教程的使用者可以根据本校实验课的学时设置和学生的基础素质选择相应的实验内容。

本书可以作为高等学校理工类本科生电工基础课程的实验教程,也可供相关技术人员参考使用。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础实验教程/陈凯,张驰,张忠民主编. —北京:电子工业出版社,2013.7

普通高等教育“十二五”规划教材. 电子电气基础课程规划教材

ISBN 978-7-121-20477-7

I. ①电… II. ①陈… ②张… ③张… III. ①电工实验—高等学校—教材 IV. ①TM-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第106167号

策划编辑:谭海平

责任编辑:谭海平

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:9.5 字数:243千字

印 次:2013年7月第1次印刷

定 价:19.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

前 言

“电工基础”是将电路基础和电工学两门课程协调统一后设置的电学基础理论课，面向哈尔滨工程大学所有理工类本科专业学生开设，目前开课学期为第三学期。

作为国内首所高校的创新性改革，电工基础课程自 2010 年开设以来已经运行了三个学年。作为理论课的必要支撑，电工基础实验课同步运行了三个学年。课题组教师们总结了实验课在运行过程中积累的经验和遇到的问题，于 2012 年下半年启动了电工基础实验教材的编写工作。本书的出版旨在提高高校实验课的教学效果，让学生能够通过实践环节加深对相关理论知识的理解，同时培养学生的实践技能，为学生日后的科研工作打下坚实的基础。

本书内容的选择遵循了国家教委高等学校工科电工课程教学指导委员会提出的电学课程的基本要求，结合学校电工基础课程的自身特点编写而成。

参与本书编写的主要教师多年来始终工作在教学一线，在讲授电工基础理论课的同时兼任电工基础实验课的教学，具有较为夯实的基础理论和丰富的实践操作经验。本书在结构上可以分为两大部分：第一部分为第 1~4 章，主要介绍完成电学实验的基础知识及基本技能；第二部分为第 5~7 章，各章按电工基础理论课的授课顺序设置了具体的实验内容，按照直流、交流和动态电路的结构顺序，对刚刚接触电学课程的本科生进行循序渐进的实践技能培养，同时可以加强学生对相关理论知识的理解。

由于电工基础实验课的授课班级众多，参与实验课的讲授和指导工作的教师人数较多，所以本书在内容设置上开创性地加入了教师授课纲要，这将在一定程度上使所有授课教师在授课内容及实践技能方面的传授达到一致性。为了普遍提高学生在实践环节的获益程度，本书在内容设置上还加入了学生预习指导，让学生在实验前有针对性地进行相关理论的储备和对实践技能的了解，这样可以在很大程度上提升实验课的教学效果。

本书的文稿编写工作由陈凯、张弛和张忠民三位教师完成，其中 1.5 节和 1.6 节、第 3 章及第 5 章由张忠民负责编写；第 4 章和第 6 章的 6.4 节由张弛负责编写；本书的剩余部分由陈凯负责编写，并由陈凯负责全书的统稿工作。席志红、李鸿林、徐伟和路艳洁四位教师为本书结构和内容的确立提出了宝贵的意见和建议；靳庆贵、李志刚、王欢和禹永植四位教师为实验模型的最终确定进行了大量的实践论证工作；电工电子教学中心的芦守平和徐千教师为实验内容的研发提供了环境支持。在此对所有为本书的出版给予支持的教师表示衷心的感谢！

虽然参编人员及出版社的工作人员对本书的出版尽心竭力，但书中难免有错误或不当之处，恳请读者在发现问题后为我们提出宝贵意见，我们会虚心听取大家的意见和建议，并在修订时做出相应的调整。

本书可以作为高等学校理工类本科生电工基础课程的实验教程，由于书中的每个实验内容在学时上都是开放性设计，教程的使用者可以根据本校实验课的学时设置和学生的基础素质选择相应的实验内容。

陈 凯

Email: chenkai@hrbeu.edu.cn

目 录

第 1 章 电工基础实验的基本信息及基础知识	1
1.1 电工基础实验课概述	1
1.1.1 电工基础实验课的背景	1
1.1.2 电工基础实验课设置的意义和目的	2
1.1.3 电工基础实验课的特点	3
1.2 实验操作过程中的安全保障	4
1.2.1 人身安全保障措施	4
1.2.2 仪器设备安全保障措施	5
1.3 成功完成电工基础实验的方法	5
1.3.1 课前做到充分预习	5
1.3.2 认真细致地进行实验操作环节	6
1.3.3 根据实验现象和实验数据正确撰写总结报告	6
1.4 按图连接实物电路的方法	7
1.4.1 正确识别电路图中的图形符号所代表的实物	7
1.4.2 要正确判断电路图中所有实物之间的连接关系	7
1.4.3 将电路中的所有实物进行合理布局	8
1.4.4 掌握一种适合自己的实物电路连接方法	8
1.4.5 连接实物电路的注意事项	10
1.5 实验过程中常见故障的判断方法	10
1.5.1 常见故障	10
1.5.2 电路故障的判断方法	11
1.6 电路参数的基本测量及数据分析	13
1.6.1 测量的目的和意义	13
1.6.2 测量的方法及其选择的原则	13
1.6.3 测量数据的分析和处理	14
1.7 撰写实验报告的意义及方法	18
1.7.1 课前撰写预习报告	19
1.7.2 课中记录实验细节	19
1.7.3 课后撰写总结报告	20
1.8 实验室规则	20
1.9 实验课指导教师的职责	21

1.9.1	为学生提供高质量的实验教学	22
1.9.2	对学生进行安全教育	22
1.9.3	对学生进行有效的管理	22
1.9.4	对故障仪器、仪表做记录	23
第2章	电工基础实验硬件资源简介	24
2.1	万用表的使用方法	24
2.1.1	模拟式万用表	24
2.1.2	数字式万用表	28
2.2	电流表的使用方法	29
2.3	直流稳压电源的使用方法	31
2.3.1	HY1711-3S型直流稳压电源的特点	31
2.3.2	HY1711-3S型直流稳压电源的外观结构	31
2.3.3	直流稳压电源各区域功能介绍	31
2.3.4	直流稳压电源的输出方式	32
2.4	函数信号发生器的使用方法	33
2.4.1	TFG3000L系列函数信号发生器的特点	33
2.4.2	TFG3050L型函数信号发生器的外观结构	33
2.4.3	函数信号发生器输出电缆线的拆装方法	34
2.4.4	开机	34
2.4.5	显示界面功能简介	34
2.4.6	控制区功能简介	35
2.4.7	系统设置	36
2.4.8	函数信号发生器的操作方法与相应的状态显示	36
2.4.9	常用操作方法举例	37
2.5	示波器的使用方法	39
2.5.1	DS1102E型示波器的特点	39
2.5.2	DS1102E型示波器的前面板外观结构	39
2.5.3	示波器探头的拆装方法	40
2.5.4	示波器显示区功能简介	40
2.5.5	示波器控制区域功能简介	41
2.6	毫伏表的使用方法	54
2.6.1	SM2030型数字式交流毫伏表的特点	54
2.6.2	SM2030型毫伏表的外观结构	54
2.6.3	毫伏表输入电缆线的拆装方法	55
2.6.4	SM2030型毫伏表的基本使用方法	56
2.7	功率计的使用方法	56
2.7.1	WD3150A型功率计的特点	57

2.7.2	WD3150A 型功率计的外观结构	57
2.7.3	功率计操作方法	57
2.8	可变电阻箱的使用方法	58
2.9	可变电容箱的使用方法	59
2.10	九孔板实验仪的使用方法	60
第 3 章	常用电路器件的基本知识	62
3.1	电阻器的基本知识	62
3.1.1	电阻的分类	62
3.1.2	电阻的参数	63
3.1.3	阻值的标注方法	64
3.1.4	电位器	66
3.1.5	特殊电阻	67
3.1.6	电阻的检测方法	67
3.2	电容器的基本知识	69
3.2.1	电容的分类	69
3.2.2	电容的参数	70
3.2.3	电容的标注方法	71
3.2.4	电容的检测方法	72
3.3	电感器的基本知识	73
3.3.1	电感的分类	73
3.3.2	电感的参数	74
3.3.3	电感的标注方法	75
3.3.4	电感的检测方法	76
第 4 章	Multisim 仿真软件简介	77
4.1	Multisim 10 软件操作界面	78
4.2	Multisim 10 的菜单栏	79
4.3	Multisim 10 常用工具栏	80
4.4	Multisim 10 的元器件库	80
4.4.1	基本(Basic)元器件库	81
4.4.2	激励源(Sources)器件库	81
4.4.3	指示(Indicator)元器件库	83
4.5	Multisim 10 仪器仪表库	84
4.5.1	数字万用表	84
4.5.2	函数信号发生器	85
4.5.3	瓦特表	86
4.5.4	双踪示波器	86
4.6	Multisim 10 仿真环境设置	89

4.6.1	工作台界面设置	89
4.6.2	电路元器件的操作设置	91
4.6.3	预设状态的应用设置	92
4.7	Multisim 10 创建电路图的基本操作	92
4.7.1	元器件的选取和放置方法	93
4.7.2	选中电路图中待操作的元器件	94
4.7.3	元器件的移动	94
4.7.4	元器件的旋转与翻转	94
4.7.5	元器件的复制、删除	95
4.7.6	设置元器件的颜色	95
4.7.7	元器件参数的修改	95
4.7.8	电路图的连接操作	96
4.7.9	选取输入端点和输出端点	97
4.7.10	创建子电路	97
4.7.11	在电路图编辑窗口中编辑文字	98
4.7.12	为电路图加注释	99
4.7.13	编辑图纸标题栏	99
4.8	电路仿真的分析方法及实例解析	101
4.8.1	仿真界面简介	101
4.8.2	直流工作点分析(DC Operating Point)方法	102
4.8.3	交流分析(AC Analysis)方法	103
4.8.4	瞬态分析(Transient Analysis)方法	105
第5章	直流电路实验	107
5.1	基本电路器件在直流电路中的性能研究	107
5.1.1	实验目的	107
5.1.2	实验条件	107
5.1.3	教师授课纲要	107
5.1.4	学生预习指导	108
5.1.5	实验相关的理论知识	108
5.1.6	实验内容及步骤	109
5.1.7	实验操作注意事项	112
5.1.8	实验报告要求	112
5.1.9	参考学时	112
5.2	对线性电阻电路定理的研究	112
5.2.1	实验目的	112
5.2.2	实验条件	113
5.2.3	教师授课纲要	113

5.2.4	学生预习指导	113
5.2.5	实验相关的理论知识	113
5.2.6	实验内容及步骤	114
5.2.7	实验操作注意事项	117
5.2.8	实验报告要求	117
5.2.9	参考学时	118
第 6 章	交流电路实验	119
6.1	基本电路器件在交流电路中的性能研究	119
6.1.1	实验目的	119
6.1.2	实验条件	119
6.1.3	教师授课纲要	119
6.1.4	学生预习指导	119
6.1.5	实验相关的理论知识	120
6.1.6	实验内容及步骤	120
6.1.7	实验操作注意事项	122
6.1.8	实验报告要求	122
6.1.9	参考学时	122
6.2	负载的功率因数对电源性能影响的研究	122
6.2.1	实验目的	122
6.2.2	实验条件	122
6.2.3	教师授课纲要	123
6.2.4	学生预习指导	123
6.2.5	实验相关的理论知识	123
6.2.6	实验内容及步骤	123
6.2.7	实验操作注意事项	124
6.2.8	实验报告要求	124
6.2.9	参考学时	124
6.3	RLC 串联谐振电路性能研究	124
6.3.1	实验目的	124
6.3.2	实验条件	125
6.3.3	教师授课纲要	125
6.3.4	学生预习指导	125
6.3.5	实验相关的理论知识	125
6.3.6	实验内容及步骤	125
6.3.7	实验操作注意事项	128
6.3.8	实验报告要求	128
6.3.9	参考学时	128

6.4	三相交流电路工作状态研究	128
6.4.1	实验目的	128
6.4.2	实验条件	128
6.4.3	教师授课纲要	128
6.4.4	学生预习指导	129
6.4.5	实验相关的理论知识	129
6.4.6	实验内容及步骤	129
6.4.7	实验操作注意事项	131
6.4.8	实验报告要求	131
6.4.9	参考学时	132
第7章	动态电路实验	133
7.1	一阶动态电路工作性能研究	133
7.1.1	实验目的	133
7.1.2	实验条件	133
7.1.3	教师授课纲要	133
7.1.4	学生预习指导	133
7.1.5	实验相关的理论知识	134
7.1.6	实验内容及步骤	135
7.1.7	实验操作注意事项	137
7.1.8	实验报告要求	137
7.1.9	参考学时	137
7.2	二阶动态电路工作性能研究	137
7.2.1	实验目的	137
7.2.2	实验条件	138
7.2.3	教师授课纲要	138
7.2.4	学生预习指导	138
7.2.5	实验相关的理论知识	138
7.2.6	实验内容及步骤	140
7.2.7	实验操作注意事项	140
7.2.8	实验报告要求	141
7.2.9	参考学时	141
	参考文献	142

第1章 电工基础实验的基本信息及基础知识

本章首先介绍电工基础实验课的背景、课程设置的目的是和意义,以及电工基础实验课的自身特点,然后介绍学生完成电工基础实验需要掌握的基础知识,最后为从事电工基础实验课的指导教师提出了具体要求。

1.1 电工基础实验课概述

1.1.1 电工基础实验课的背景

作为国内首所高校的创新性改革,哈尔滨工程大学将原来针对电类专业学生开设的电路基础课程和针对非电类专业学生开设的电工技术(电工学一上)课程“合二为一”,成为目前的校级基础平台课“电工基础”,自2010年开始面向全校所有理工类本科专业开设,开课学期为第三学期。电工基础课程主要讲授理工科各专业学生必备的电学基础知识,目前设置为64学时,其中理论课为56学时,实验课为8学时。

电工基础课程的教学目的是:使学生通过本门课程的学习,掌握电路分析的基本理论和基本方法;通过实践环节,让学生具有基本的电路仪器操作能力、电路的连接调试能力以及初级的电路设计思想与能力,为学生后续课程的学习、进行较为深入的科学研究工作以及从事具体的专业工作等环节,建立基本的理论分析和实践操作方面的能力储备。

电工基础实验课作为电工基础理论课的必要支撑,伴随着电工基础理论课的诞生同步开展教学工作,至今已进行了三年时间。电工基础实验课最初设置为8学时,由4个实验内容组成,分别是电路仪器的基本操作、直流电路定理验证、三相交流电路工作状态研究和一阶动态电路的工作状态研究,分别对应于电工基础理论课的直流电路、正弦交流电路和动态电路三大知识体系。

学校的电工基础实验课经过三年来的持续建设,硬件环境已经初具规模,在实验场地、仪器设备以及管理维护等方面,都已具备了开展大规模实验教学活动的的能力。目前电工基础实验课在学时和内容设置等方面略显薄弱,其应有的对理论课的辅助功能及对学生实践能力的培养等方面尚未达到预期目标。课题组教师们总结了实验课在运行过程中积累的经验和遇到的问题,逐步在实验内容的补充、实验模型的选择及实验方法的确定等方面,进行了较为深入的研究工作,并于2012年下半年启动了电工基础实验教材的编写工作。我们希望本书的出版能够进一步完善学校电工基础课程的实践教学环节,让学生们通过对本门课程的学习,在电路理论和实践技能方面实现双丰收。

1.1.2 电工基础实验课设置的意义和目的

近几百年来,人类在各学科领域获得了越来越多的学术成果。在众多的学术成果中,很多经典理论的最终确立都离不开科学实验的佐证,绝大多数诺贝尔奖得主的荣誉都源于他们的实践能力及对实验结果的深入研究。

放眼全球,电学技术的应用已经十分广泛,无论是人类的生产、生活领域,还是军事、航空、航天等领域,电学技术已经成为它们的骨干技术。过去高校中常常谈及的非电类专业已经被逐渐淡化,各学科与电学的融合已是大势所趋。

作为培养科技人才的高等学校,学生在积累学术经典理论的同时,能够进行创新性的研究工作是科学技术向前发展的必要条件。就我国高校目前所处的发展阶段而言,绝大多数学生实践能力的培养主要还应该来自于实验教学环节,电工基础实验课作为本科生接触电学实验的第一个舞台,理应为学生实践技能的培养打下一个良好的基础。

学生通过电工基础理论课的学习,可以掌握分析计算电路模型的基本理论和基本方法,为日后的电路设计打下理论和计算基础。但要让设计的电路完成预期的功能,仅有理论知识还相差甚远,器件的选择、电路的连接及功能的调试是每一个科技工作者都应该具有的基本能力。电路模型源于实际电路,但却是在简化了部分次要因素、忽略了部分工作参数的基础上获得的。例如,在电路模型的分析计算中,对于电阻人们大多只关心其阻值,但在实际电路中还要同时考虑其消耗的功率,如果电阻的工作状态超出其额定功率的限制,其被损坏的结果将在所难免。实际电路中涉及的诸多问题及实践操作经验和操作技能,在理论学习过程中是很难学到的,因此电工基础实验课的设置是对其理论课的必要补充。

电工基础实验课的设置目的及预期效果主要包含以下几个方面。

1. 完成对理论课的辅助作用

通过合理地设置实验内容,让学生在完成实验的过程中对电工基础课程的相关定理、定律及分析方法做到深入理解和掌握。

2. 培养学生的实践操作基本技能

通过实验指导教师的讲解及指导,使学生具有以下几方面的实践基本技能:

- (1) 正确识别基本的电路元件。
- (2) 掌握常用电路仪器、仪表的使用方法。
- (3) 具有按图连接实物电路的能力。
- (4) 具有查找并解决简单电路故障的能力。
- (5) 掌握一款计算机仿真软件的基本使用方法。

3. 培养学生的实验总结能力

- (1) 能够对实验数据进行正确的处理和分析。
- (2) 能够从实验现象及实验数据中提炼出相关结论。
- (3) 学会撰写完整的学术报告。

4. 引导学生树立严谨的科学态度和踏实的学术人格

做好上述每个环节不仅可以提高学生对相关理论知识的理解, 积累实践操作能力, 更能引导学生树立严谨、踏实的学术人格, 逐步培养学生实事求是的人生态度。

1.1.3 电工基础实验课的特点

电工基础实验课作为电工基础理论课的必要支撑环节, 在一定程度上与物理、力学实验等其他实验课具有相同的作用。例如, 通过对实际电路的物理量测量, 可帮助学生深入理解和记忆原本枯燥的概念、定理、定律及相关结论; 通过对实物功能电路的连接、调试及测量环节, 可培养学生的实践操作能力和分析/解决问题的能力; 通过部分设计性实验环节, 可培养学生的设计思想及能力; 通过撰写实验报告, 可锻炼学生从实验数据及实验现象中总结规律的能力, 为日后的科学发现建立必要的能力储备; 等等。

电工基础实验课除具备上述教学作用外, 还具有其他实验课所不具备的作用及特点。

1. 在实验教学体系中起到承上启下的作用

电工基础实验课作为高校本科生接触的第一门电学实验课, 大多开设在物理实验课之后。对于高校中绝大多数的理工科专业而言, 在电工基础实验课之后还要开设模拟电路实验课、数字电路实验课等电学实验课。因此, 电工基础实验课在高校的实验教学体系中要起到承上启下的作用。

2. 实验内容与实际电路联系紧密

由于电气技术的飞速发展, 电子产品与人们生活的联系越来越密切, 学生接触电子产品的机会也越来越多。若能将电工基础实验的电路模型与实际功能电路建立一定的联系, 不仅可以提高学生做实验的兴趣, 而且可以提高学生学习电路基础理论知识的积极性。这种相互促进将形成良性循环, 最终必将同时提高电工基础理论课及其实验课的授课效果。

3. 工程意识的培养

物理实验课旨在要求学生在现有实验环境的基础上, 利用各种实验手段尽可能地减小测量误差, 保持和理论数值的一致性。而电学实验课则侧重于让学生研究电路的工作现象、工作状态及电路功能, 实验数据的精度并不作为主要关注的对象; 即使在实验中获得的数据是错误的, 也可以让学生通过对数据的分析找到问题所在, 从而培养学生分析问题、解决问题的能力。

4. 实践操作能力的培养及电路设计思想的初步建立

作为电学实验的入门级课程, 电工基础实验课的最低目标是培养学生具备实物电路的连接能力, 电学仪器、仪表的操作能力, 以及实物电路正常工作状态的调试能力。在此基础上, 部分实验内容为学生留有设计环节, 用以培养学生设计简单电路的思想和能力, 为后续实验课乃至日后的工程技术工作、科学研究工作培养电路设计能力。

因此, 做好每个电工基础实验, 对于理工类各专业的本科生而言, 具有极其重要的意义。

1.2 实验操作过程中的安全保障

电工基础实验课的操作环节几乎都要在实验室内进行，实验人员要对实物电路进行连接、调试、测量和拆除等工作，人身安全问题在实验操作过程中应处于首要地位，仪器设备的正确使用也应列入安全保障的范畴。

一般情况下，人体可以承受的安全电压应小于 36V，而实验室中绝大多数仪器设备的供电电压为交流 220V，电工基础实验课中的部分实验电路的供电电压也可能达到交流 220V，所以实验人员在实验操作环节可能触碰到的电压将远远大于人体可以承受的安全电压。特别是在高校的电学实验室中，从事实验活动的几乎都是还处在学习阶段的本科生，他们缺乏生产、生活经验且安全意识薄弱，遇到突发事件时应对能力不强。因此，实验人员的人身安全问题显得尤为重要，在实验操作前对学生进行安全意识教育是必要环节。

1.2.1 人身安全保障措施

触电是学生在实验过程中可能遇到的最危险情况，预防触电是每个实验操作人员乃至工程技术人员应该具备的最基本的自我保护能力。实验操作人员要做到不发生触电事故，首先是要有安全意识，其次是要养成良好的操作习惯和正确的操作方法。

1. 安全意识的逐步建立

“吃一堑，长一智”是人们常说的一句谚语，如果每个经验都要通过“吃亏”来积累，那么未免显得缺乏智慧。安全意识的建立首先是对危险的正确认识，“大无畏精神”在实验操作过程中是不应被提倡的。在电学实验室中，220V、50Hz 的交流电是危险源，如果实验操作人员身体的任何部位触碰到火线，都可能造成无法挽回的结果。因此，在实验操作过程中，实验操作人员的注意力要始终保持高度集中，对任何可能的触电因素都要避而远之。

2. 培养良好的操作习惯

在触电事故中，一般可以分为两种情况。第一种情况是仪器设备漏电造成操作人员触电，其原因是操作人员在操作过程中碰到处于漏电状态下的仪器设备的金属机壳，这种情况常常可以归结为“不知道”。第二种情况是操作人员直接触碰到被测电路中的高电压，这种情况常常可以归结为“不小心”。无论是“不知道”还是“不小心”，都可能会给触电者带来难以想象的后果。养成良好的操作习惯是避免触电的最好保障，如果实验的操作人员在操作过程中能做到以下几点，就可以将触电的风险降到最低。

(1) 在实验的操作过程中，尽量保证手触摸的物体都是绝缘体。

(2) 连接实物电路时，首先要确定电源开关处于关闭状态，而且要在最后一步将供电电源连接到实物电路中。

(3) 在拆卸实物电路时，首先要关闭电路的供电电源，而且要最先将电路的供电导线从电路中拆除。

(4) 在给实物电路通电前，一定要清理好实验台，保证实验电路区域没有不参与电路工

作的裸露导体。

(5) 在实验过程中绝对不要在实验区域喝水、打闹或做出其他可能导致意外发生的行为。

(6) 在实验过程中如果遇到意外的危险情况，要在第一时间切断电路的供电电源。

3. 未经实验指导教师允许，不得擅自用实验室的仪器设备

实验室中存在一定的安全隐患，在每次实验开始前，实验指导教师都要告诉学生本次实验的注意事项。未经实验指导教师允许，不得擅自用实验室的仪器设备，这样既可以保障自己的人身安全，又可以保障仪器设备不被损坏。

1.2.2 仪器设备安全保障措施

实验室中的仪器设备作为学校的固定资产，需要投入较多的资金来购买，如果在实验中被频繁损坏，不仅会影响其他班级学生实验的正常运行，而且还要投入一定的维修资金。因此，在实验操作过程中正确使用仪器设备，避免其被损坏，也应引起实验操作人员的重视。作为从事实验活动的学生而言，做好以下几个方面可以基本保证仪器设备的安全。

(1) 做好课前预习，对将要使用的仪器设备做到较为充分的了解，尤其是仪器介绍内容中的注意事项。

(2) 实验课上认真听取指导教师的讲解，对关键内容做记录。

(3) 给实验电路通电前，按照电路图检查是否正确连接，特别要检查电路中的导线是否将电压源的两极短路。

(4) 实验过程中要保持清醒的头脑，清楚自己每一步操作的目的和方法。

(5) 在无法确定实物电路的连接是否正确的前提下，一定要请实验课指导教师帮助查看。这样做既能保障自己的人身安全，又可以保障仪器设备不被损坏。

1.3 成功完成电工基础实验的方法

一个电工基础实验内容的完成需要课前预习、实验课现场操作和总结报告的撰写三个看似独立的环节，成功完成一个电工基础实验内容需要上述三个环节的有机结合，只有做好每个环节才能从实验中积累更多的实践操作经验，同时提高自己分析问题、解决问题的能力。

1.3.1 课前做到充分预习

实验课的课前预习绝不是简单地按照实验教程抄写一遍所需内容，这样的预习质量对实验环节几乎没有帮助。

充分的课前预习一般要做好以下几个方面的工作。

1. 复习与实验内容相关的理论知识

电工基础实验课的每个实验内容都会和一定的理论知识相关联，实验前如果对相应理论知之甚少，在实验过程中必然是手忙脚乱且犯错不断。例如戴维南定理的验证实验，如果不知道戴维南等效电路模型中独立电压源的获得方法，等效电路则无法确定所需参

数,实验也就无法继续进行。因此,复习好与实验内容相关的理论知识是顺利完成实验的首要条件。

2. 初步了解实验中将要用到的仪器、仪表等硬件资源

根据实验教程中设置的“学生预习指导”环节,在预习时对实验中将要用到的仪器、仪表等硬件资源通过自学做到一定程度的了解,这样有利于自己在实验操作环节更好地吸收指导教师的讲解,更快、更熟练地掌握仪器、仪表等硬件资源的使用方法,在同样的实验学时内可以完成更多的实验内容。

3. 了解实验内容,对实验步骤进行初步设计

在预习环节还应对将要进行的实验内容做较为深入的了解,这样在实验过程中才不会手忙脚乱,不知道该干什么。在预习时,如果能够合理设计实验步骤,就可以在实验过程中节省一定的时间,完成部分实验的选做内容,既可使自己得到更多的锻炼,又可以获得更好的实验课成绩。

1.3.2 认真细致地进行实验操作环节

在做到充分预习的前提下,在实验操作环节能否牢记指导教师的讲解,是顺利完成实验的一个必要条件。在学生进行实验操作前,实验课指导教师都要针对本次实验进行必要的讲解,教师讲解的内容大多是本次实验课可能遇到的问题、巧妙的实验方法或实验技巧以及注意事项。认真听讲并做好相应的记录,会给自己的实验过程带来事半功倍的效果。

学生在实验操作环节遇到电路故障是十分幸运的!实践操作能力是经验的积累和分析能力的提高,顺利地完实验操作环节可以锻炼学生连接电路、测试电路的能力,但对于处理故障的能力毫无益处。无论是电路结构连接错误,还是导线接触不良或断开,都为学生提供了分析问题的硬件环境。遇到电路故障时,首先要保持冷静的头脑,根据电路图检查电路连接是否出现错误,然后利用万用表测量电路中各点的工作状态,根据被测物理量的数值来分析、判断问题可能出现的位置,再采取相应措施尝试排除电路故障。电路故障的排除方法参见本书1.7节介绍的内容。

通过实践环节树立细致、严谨的工作作风,是实验课的一个重要目标。细心观察实验现象,善于动脑分析电路的异常工作状态,勤于利用仪器、仪表查找电路的故障点及排除电路故障,是提高学生实践操作能力的唯一途径。

1.3.3 根据实验现象和实验数据正确撰写总结报告

前两个环节是取得实验现象和实验数据的必要条件,从实验现象和实验数据中分析并总结相关结论是每位科技工作者应具备的基本能力,这一能力的培养为学生日后从事科学研究工作,以及发表高水平学术论文将起到至关重要的作用。实验报告的撰写方法参见本书1.9节介绍的内容。

在这里需要特别指出的是,对于电工基础实验而言,在实验操作环节取得错误的实验数据并不意味着本次实验是失败的。由于实验时间有限,学生的实践操作能力有限,实验指导

教师的能力有限,实验室提供的硬件资源无法完全达到理想状态,这些因素必然将导致部分学生在实验操作环节取得完全错误的实验数据或者无法按时完成实验内容。如果能够对错误数据的产生原因进行合理的分析和判断,复原获得错误数据的电路结构及其参数,同样可以成为提高学生实践经验和实践技能的一个有益途径。

成功地完成电工基础实验,其最终目的不是正确地验证相关电路的定理、定律,而是要在整个实验过程中积累实践操作技能和经验,提高学生分析问题、解决问题的能力。

1.4 按图连接实物电路的方法

电工基础实验的每个内容几乎都离不开实物电路,电工基础实验的目标之一就是通过通过对实物电路的连接、调试和测量,来提高学生的实践操作能力,而实物电路的连接是完成硬件实验的基础性工作,电路连接的快慢及正确与否会直接影响到实验的进程。实物电路的连接方法可以归纳为以下几个方面。

1.4.1 正确识别电路图上的图形符号所代表的实物

在连接实物电路前,首先要能够正确识别电路中所用的仪器、仪表和电路基本元件,否则连接好的实物电路通电后,轻则不能按照设计正常工作,重则可能导致仪器设备或电路元件的损坏。因此,实验前的预习工作尤为重要,实验的操作者应参考本书在每个实验内容中设置的“学生预习指导”环节,对实验中将要用到的仪器、仪表和电路基本元件尽量做到深入了解,并在实验课上认真听取并记录实验指导教师的相关讲解。

1.4.2 要正确判断电路图中所有实物之间的连接关系

正确对应了电路图中的图形符号和实物元件后,要准确判断实物之间的连接关系,就需要对电路图中的几个重要名词做到熟练掌握。

(1) 支路:两个二端元件通过一根导线相连,构成一个不分叉的二端电路结构,该结构被称为一个支路;任意一个二端元件可以构成一个支路。图 1.4.1 中由电路元件构成的支路共有 7 个,其中独立电压源 $\dot{U}_S$ 和电阻 R_1 构成一个支路,其他每个二端元件自己构成一个支路;由导线形成的支路有 2 个。在集总参数电路中,同一支路中各元件流过的电流相同,同一支路中的元件互换位置不改变电路的工作状态。

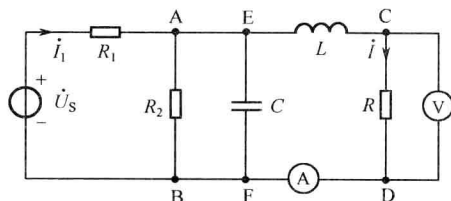


图 1.4.1 名词解释电路图 1

(2) 节点:电路中三条或三条以上支路的交汇点被称为节点,图 1.4.1 中共有 6 个节点。