

"十三五"机电工程实践系列规划教材

机电工程基础实训系列

— 电工技术实验指导书

电子技术实验指导书

电工电子实训教程

机械工程基础训练教程（上）

机械工程基础训练教程（下）

机电工程控制基础实训系列

电气控制与 PLC 实训教程（西门子）

电气控制与 PLC 实训教程（三菱）

电气控制与 PLC 实训教程（台达）

电气控制与 PLC 实训教程（通用电气）

电气控制与 PLC 实训教程（罗克韦尔）

电气控制与 PLC 实训教程（施耐德电气）

单片机实验实训教程

检测技术实训教程

液压与气动控制技术实训教程

机电工程综合实训系列

数控系统 PLC 编程与实训教程（西门子）

数控系统 PMC 编程与实训教程（法那科）

数控系统 PLC 编程与实训教程（三菱）

先进制造技术实训教程

快速成型制造实训教程

工业机器人编程与实训教程

智能自动化生产线实训教程

机电工程创新实训系列

机械创新综合设计与训练教程

电子系统综合设计与训练教程

自动化系统集成综合设计与训练教程

数控机床电气综合设计与训练教程

数字化设计与制造综合设计与训练教程

责任编辑：朱 珉

责任印制：张文礼

封面设计：王 玥

ISBN 978-7-5641-6549-9



9 787564 165499 >

定价：22.00 元

“十三五”机电工程实践系列规划教材
机电工程基础实训系列

电工技术实验指导书

总策划 郁汉琪
主 编 宋卫菊
副主编 钱晓霞
参 编 郑子超 徐国峰



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

• 南京 •

内 容 简 介

本书是《电工技术》等课程的实验教学指导教材。全书共 5 章,第 1 章为电工技术实验基本知识,主要介绍了测量的基本知识;第 2 章为直流电路实验,其中含有 2 个常用实验模块;第 3 章为交流电路实验,其中含有 7 个常用实验模块;第 4 章为交流电动机实验;第 5 章为常用电工测量仪器的使用。另外有 2 个附录,主要介绍了电工技术实验装置和电路设计自动化软件 PSpice。本书内容新颖实用,概念清晰,步骤具体,可操作性强,是进行电工技术实验必备的工具书。

本书适合作为高等院校工科电类与非电类各专业的电工实验指导书,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工技术实验指导书/宋卫菊主编. —南京:东南大学出版社,2016. 6

ISBN 978-7-5641-6549-9

“十三五”机电工程实践系列规划教材·机电工程基础实训系列

I. ①电… II. ①宋… III. 电工技术—实验—高等学校—教学参考资料 IV. ①TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 115795 号

电工技术实验指导书

出版发行 东南大学出版社

出版人 江建中

社 址 南京市四牌楼 2 号

邮 编 210096

经 销 全国各地新华书店

印 刷 南京工大印务有限公司

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 8.25

字 数 211 千字

版 次 2016 年 6 月第 1 版

印 次 2016 年 6 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5641-6549-9

印 数 1—3500 册

定 价 22.00 元

(本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830)

《“十三五”机电工程实践系列规划教材》编委会

编委会主任:郑 锋

编委会委员:郁汉琪 缪国钧 李宏胜 张 杰

郝思鹏 王红艳 周明虎 徐行健(三菱)

何朝晖(博世力士乐) 肖玲(台达)

罗锋(通用电气) 吕颖珊(罗克韦尔)

朱珉(出版社) 殷埏生 陈 巍 刘树青

编审委员会主任:孙玉坤

编审委员会委员:胡仁杰 吴洪涛 任祖平 陈勇(西门子)

侯长合(法那科) 王华(三菱)

总 策 划:郁汉琪

序

南京工程学院一向重视实践教学,注重学生的工程实践能力和创新能力的培养。长期以来,学校坚持走产学研之路、创新人才培养模式,培养高质量应用型人才。开展了以先进工程教育理念为指导、以提高实践教学质量为抓手、以多元校企合作为平台、以系列项目化教学为载体的教育教学改革。学校先后与国内外一批著名企业合作共建了一批先进的实验室、实验中心或实训基地,规模宏大、合作深入,彻底改变了原来学校实验室设备落后于行业产业技术的现象。同时经过与企业实验室的共建、实验实训设备共同研制开发、工程实践项目的共同指导、学科竞赛的共同举办和教学资源共同编著等,在产教融合协同育人等方面积累了丰富的丰富经验和改革成果,在人才培养改革实践过程中取得了重要成果。

本次编写的《“十三五”机电工程实践系列规划教材》是围绕机电工程训练体系四大部分内容而编排的,包括“机电工程基础实训系列”、“机电工程控制基础实训系列”、“机电工程综合实训系列”和“机电工程创新实训系列”等 26 册。其中“机电工程基础实训系列”包括《电工技术实验指导书》、《电子技术实验指导书》、《电工电子实训教程》、《机械工程基础训练教程(上)》和《机械工程基础训练教程(下)》等 5 册;“机电工程控制基础实训系列”包括《电气控制与 PLC 实训教程(西门子)》、《电气控制与 PLC 实训教程(三菱)》、《电气控制与 PLC 实训教程(台达)》、《电气控制与 PLC 实训教程(通用电气)》、《电气控制与 PLC 实训教程(罗克韦尔)》、《电气控制与 PLC 实训教程(施耐德电气)》、《单片机实训教程》、《检测技术实训教程》和《液压与气动控制技术实训教程》等 9 册;“机电工程综合实训系列”包括《数控系统 PLC 编程与实训教程(西门子)》、《数控系统 PMC 编程与实训教程(法那科)》、《数控系统 PLC 编程与实践训教程(三菱)》、《先进制造技术实训教程》、《快速成型制造实训教程》、《工业机器人编程与实训教程》和《智能自动化生产线实训教程》等 7 册;“机电工程创新实训系列”包括《机械创新综合设计与训练教程》、《电子系统综合设计与训练教程》、《自动化系统集成综合设计与训练教程》、《数控机床电气综合设计与训练教程》、《数字化设计与制造综

合设计与训练教程》等5册。

该系列规划教材,既是学校深化实践教学改革的成效,也是学校教师与企业工程师共同开发的实践教学资源建设的经验总结,更是学校参加首批教育部“本科教学质量与教学改革工程”项目——“卓越工程师人才培养教育计划”、“CDIO工程教育模式改革研究与探索”和“国家级机电类人才培养模式创新实验区”工程实践教育改革的成果。该系列中的实验实训指导书和训练讲义经过了十年来的应用实践,在相关专业班级进行了应用实践与探索,成效显著。

该系列规划教材面向工程、重在实践、体现创新。在内容安排上既有基础实验实训、又有综合设计与集成应用项目训练,也有创新设计与综合工程实践项目应用;在项目的实施上采用国际化的CDIO【Conceive(构思)、Design(设计)、Implement(实现)、Operate(运作)】工程教育的标准理念,“做中学、学中研、研中创”的方法,实现学做创一体化,使学生以主动的、实践的、课程之间有机联系的方式学习工程。通过基于这种系列化的项目教育和学习后,学生会在工程实践能力、团队合作能力、分析归纳能力、发现问题解决问题的能力、职业规划能力、信息获取能力以及创新创业能力等方面均得到锻炼和提高。

该系列规划教材的编写、出版得到了通用电气、三菱电机、西门子等多家企业的领导与工程师们的大力支持和帮助,出版社的领导、编辑也不辞辛劳、出谋划策,才能使该系列规划教材如期出版。该系列规划教材既可作为各高等院校电气工程类、自动化类、机械工程类专业,相关高校工程训练中心或实训基地的实验实训教材,也可作为专业技术人员培训用参考资料。相信该系列规划教材的出版,一定会对高等学校工程实践教育和高素质创新人才的培养起到重要的推动作用。

教育部高等学校电气类教学指导委员会主任

胡敏强

2016.5 于南京

前 言

本书是在参照高等学校工科电工教材编审委员会审定的《电工技术教学大纲》的基础上,结合南京工程学院电工技术实验课程多年教学实践经验,并且参考多个兄弟院校有关资料后编写的。可以作为以培养应用型人才为主的高等学校本科电路原理或电工学的实验教材,也可作为高等工程专科学校电工技术的实验教材。

电工技术是一门集工程特点和实践于一体的课程,实验是该课程不可或缺的实践环节。加强实验技能的培养对于帮助学生学习基本理论、基本技能具有十分重要的作用。本书内容安排上依次为实验基本知识、直流电路实验、交流电路实验、交流电动机实验、常用电工测量仪器的使用。难易程度分为验证性、简单设计性和综合性三个层次。考虑到教学改革的需要,对原有的实验内容进行了一定改进,使本书具有如下特点:

(1) 保留了必要的验证理论性的部分实验。如元件伏安特性测试、基尔霍夫定律和叠加定理的验证、戴维南定理的验证等。也对原来的实验内容进行更新,使其更加精炼。这些实验验证了电路中一些基本的概念,同时在实验过程中要使用电工和电子测量中的部分基本仪器,运用一些基本测试方法,这些基本训练还是有必要的。

(2) 针对实验课程教学的特殊性,本书做了大胆改革,把有些实验内容进行了整合,改成四学时一个实验,可以安排半天时间进行实验,节省了过去两节课一个实验,学生每次需要熟悉仪器设备的时间,以及上完实验课又要赶去上其他课路途上消耗的时间。

(3) 引入 EDA 仿真实验技术和方法,通过仿真软件的介绍和使用,让学生了解仿真实验在电路设计中的应用。符合高等教育现代化的教育理念,适应了学科发展的需要。

本书由钱晓霞编写第 1 章、第 2 章、第 3 章的第 1、3 节内容;宋卫菊编写第 3 章的第 2、第 4~7 节,第 5 章等内容;郑子超编写第 4 章以及附录 1 的内容;徐国峰编写附录 2。全书由宋卫菊统稿,担任主编。本书在编写过程中得到了南京工程学院及工业中心相关领导、老师的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,加之时间仓促,书中难免还有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2016 年 3 月

目 录

1 电工学实验基本知识	(1)
1.1 电工学实验须知	(1)
1.1.1 实验目的	(1)
1.1.2 实验课程的要求	(1)
1.2 实验操作程序	(1)
1.2.1 实验预习	(2)
1.2.2 实验过程	(2)
1.2.3 编写实验报告	(2)
1.2.4 实验报告格式	(3)
1.3 实验的基本规则	(3)
1.3.1 学生实验守则	(3)
1.3.2 实验室安全用电规则	(4)
1.4 实验中的几个要注意的问题	(4)
1.4.1 线路的连接	(4)
1.4.2 仪表的正确选择与使用	(5)
1.4.3 操作、观察和读数	(5)
1.4.4 测量结果的处理	(6)
1.5 常见故障的分析与检查	(7)
1.5.1 常见故障	(7)
1.5.2 检查故障的基本方法	(7)
1.5.3 产生故障的原因	(8)
1.6 电工测量基本知识	(9)
1.6.1 电工仪表的分类	(9)
1.6.2 电工仪表的误差和准确度	(9)
1.7 指示式仪表的正确使用	(12)
1.7.1 指示式仪表量程的选择	(12)
1.7.2 常用指示仪表盘的符号	(13)
1.7.3 指示式仪表的正确使用	(14)
1.8 基本电量的测量	(15)
1.8.1 电流的测量	(15)
1.8.2 电压的测量	(16)
1.8.3 功率的测量	(16)

1.8.4	电阻的测量	(18)
2	直流电路实验	(19)
2.1	元件伏安特性及电位测量	(19)
2.1.1	实验目的	(19)
2.1.2	实验原理	(19)
2.1.3	预习要求	(22)
2.1.4	实验任务	(22)
2.1.5	注意事项	(25)
2.1.6	思考题	(25)
2.1.7	实验报告要求	(25)
2.1.8	实验设备及主要器材	(26)
2.2	基尔霍夫定律和电路定理的验证	(26)
2.2.1	实验目的	(26)
2.2.2	实验原理	(26)
2.2.3	预习要求	(29)
2.2.4	实验任务	(29)
2.2.5	注意事项	(31)
2.2.6	思考题	(31)
2.2.7	实验报告要求	(31)
2.2.8	实验设备及主要器材	(32)
3	交流电路实验	(33)
3.1	单相交流电路测量和日光灯功率因数的提高	(33)
3.1.1	实验目的	(33)
3.1.2	实验原理	(33)
3.1.3	预习要求	(39)
3.1.4	实验任务	(39)
3.1.5	注意事项	(40)
3.1.6	思考题	(41)
3.1.7	实验报告	(41)
3.1.8	实验设备及主要器材	(41)
3.2	动态电路的响应	(42)
3.2.1	实验目的	(42)
3.2.2	实验原理	(42)
3.2.3	预习要求	(46)
3.2.4	实验任务	(46)
3.2.5	注意事项	(47)
3.2.6	思考题	(47)

3.2.7 实验报告	(47)
3.2.8 实验设备及主要器材	(48)
3.3 三相交流电路的测量	(48)
3.3.1 实验目的	(48)
3.3.2 实验原理	(48)
3.3.3 预习要求	(50)
3.3.4 实验任务	(51)
3.3.5 注意事项	(52)
3.3.6 思考题	(52)
3.3.7 实验报告要求	(52)
3.3.8 实验设备及主要器材	(52)
3.4 串联谐振电路的测试	(53)
3.4.1 实验目的	(53)
3.4.2 实验原理	(53)
3.4.3 预习要求	(56)
3.4.4 实验任务	(56)
3.4.5 注意事项	(56)
3.4.6 思考题	(57)
3.4.7 实验报告	(57)
3.4.8 实验设备及主要器材	(57)
3.5 互感线圈参数的测量	(57)
3.5.1 实验目的	(57)
3.5.2 实验原理	(57)
3.5.3 预习要求	(59)
3.5.4 实验任务	(59)
3.5.5 注意事项	(60)
3.5.6 思考题	(60)
3.5.7 实验报告	(60)
3.5.8 实验设备及主要器材	(60)
3.6 互感线圈参数的测量	(60)
3.6.1 实验目的	(60)
3.6.2 实验原理	(61)
3.6.3 预习要求	(62)
3.6.4 实验任务	(63)
3.6.5 注意事项	(63)
3.6.6 思考题	(64)
3.6.7 实验报告	(64)
3.6.8 实验设备及主要器材	(64)

3.7 非正弦交流电路的测量	(64)
3.7.1 实验目的	(64)
3.7.2 实验原理	(64)
3.7.3 预习要求	(65)
3.7.4 实验任务	(66)
3.7.5 注意事项	(66)
3.7.6 思考题	(66)
3.7.7 实验报告	(66)
3.7.8 实验设备及主要器材	(67)
4 交流电动机实验	(68)
4.1 三相异步电动机点动和正反转控制	(68)
4.1.1 实验目的	(68)
4.1.2 实验原理	(68)
4.1.3 预习要求	(71)
4.1.4 实验任务	(71)
4.1.5 注意事项	(71)
4.1.6 思考题	(72)
4.1.7 实验报告	(72)
4.1.8 实验设备和主要器材	(72)
4.2 三相异步电动机的反接制动	(72)
4.2.1 实验目的	(72)
4.2.2 实验原理	(72)
4.2.3 预习要求	(73)
4.2.4 实验任务	(74)
4.2.5 注意事项	(74)
4.2.6 思考题	(74)
4.2.7 实验报告	(74)
4.2.8 实验设备和主要器材	(74)
5 常用电工测量仪器的使用	(75)
5.1 常用电工仪表	(75)
5.1.1 万用表	(75)
5.1.2 直流电压表和直流电流表	(81)
5.1.3 交流电压表和交流电流表	(82)
5.1.4 功率表	(82)
5.1.5 交流毫伏表	(83)
5.1.6 调压器	(85)

5.2 双踪便携式示波器	(86)
5.2.1 组成及基本工作原理	(86)
5.2.2 SR-071B 型双踪便携式示波器	(87)
5.2.3 UTD2025CL 示波器	(89)
5.3 函数信号发生器	(93)
5.3.1 概述	(93)
5.3.2 SG1641A 函数信号发生器	(93)
5.3.3 SDG1000 函数信号发生器	(95)
5.3.4 信号源的使用方法与注意事项	(96)
5.4 晶体管稳压电源	(96)
5.4.1 主要技术指标	(96)
5.4.2 工作原理	(97)
附录 1 上海宝徕 SBL-1 型电工实验台装置介绍	(98)
附 1.1 电压表与电流表	(98)
附 1.2 电容	(99)
附 1.3 启辉器与日光灯电路	(99)
附 1.4 三相电源	(99)
附 1.5 日光灯电路	(100)
附 1.6 插孔	(100)
附 1.7 灯泡	(100)
附 1.8 直流电源	(100)
附录 2 PSpice 电路仿真软件	(101)
附 2.1 仿真软件介绍	(101)
附 2.1.1 OrCAD 软件系统的组成	(101)
附 2.1.2 OrCAD 使用介绍	(102)
附 2.1.3 电路图的绘制	(104)
附 2.2 电路仿真设置及仿真实例	(107)
附 2.2.1 PSpice 分析功能和分析原理	(107)
附 2.2.2 直流工作点分析(Bias Point Detail)	(108)
附 2.2.3 直流扫描分析(DC Sweep)	(111)
附 2.2.4 瞬态特性分析(Transient Analysis)	(113)
附 2.2.5 交流小信号频率特性分析(AC Sweep)	(114)
参考文献	(116)



电工学实验基本知识

1.1 电工学实验须知

1.1.1 实验目的

理论教学和实验教学是对同一学科进行学习、研究的两个重要教学环节,即两者任务一致,只是教学手段不同而已。前者通过理论分析和科学计算对教学内容进行学习、研究;后者则通过科学实验和测试技术对教学内容进行学习、研究。

实验教学是高等教育中一个不可缺少的重要组成部分,是理论联系实际的重要手段,是培养学生严谨的科学态度,独立分析问题和解决问题能力的重要环节。通过必要的实验训练和实践技能的培养,使学生将理论与实践相结合,巩固课堂上所学的理论知识。通过实验培养有关电路连接、电工测量及故障排除等实验技巧,学会掌握常用仪器仪表的基本工作原理、使用与选择方法。在实验测量中学习数据的采集与处理、各种现象的观察与分析,培养实事求是、严肃认真、细致踏实的科学作风和良好的实验品质,为今后的专业实践与科学研究打下坚实的基础。

1.1.2 实验课程的要求

(1) 掌握常用电工测试工具(如万用表、电流表、电压表、功率表等常用的一些电工实验设备)的使用方法;初步掌握实验中用到的信号发生器、示波器、稳压电源、晶体管毫伏表等实验仪器以及实验板(箱)的使用方法。

(2) 根据各个实验的要求,学会按电路图连接实验线路和合理布线,要求做到连线正确、布局合理、测试方便,能够初步分析并排除一般故障。

(3) 能够认真观察实验现象,运用正确的实验手段,采集实验数据,绘制图表、曲线,科学地分析实验结果,正确书写实验报告。

(4) 正确地运用实验手段来验证一些定理和理论。

(5) 对设计性实验,要根据实验任务,在实验前确定实验方案、设计实验电路,实验验证时正确选择仪器、仪表、元器件,并能独立完成实验要求的内容。

(6) 为适应科学技术的高速发展,需在实训中掌握计算机辅助设计和计算机仿真软件,如 EWB(Electronics Workbench EDA)。

1.2 实验操作程序

实验课一般分为实验预习、实验过程、编写实验报告三个阶段。各阶段的具体要求有所不同。

1.2.1 实验预习

实验能否顺利进行和收到预期的效果,很大程度上取决于预习准备得是否充分。因此,课前预习一定要做到:

(1) 认真阅读实验指导书和复习相关理论,明确实验的目的、内容,了解实验的基本原理以及实验的方法、步骤,清楚实验中要观察哪些现象,记录哪些数据。

(2) 尽可能熟悉仪器、仪表、设备的工作原理和技术性能,以及正确使用的方法、条件,使用中应注意的问题。

(3) 设计好实验待测数据的记录表格,并预先计算出待测量的理论数值。计算值既作为仪器、仪表量程选择的依据,又可在实验中与测量值进行比较。

(4) 必须认真做好预习后,方可进入实验室进行实验,不预习者,不得进入实验室进行实验。

1.2.2 实验过程

实验课为每位学生提供了一个综合能力培养的机会,只要每个学生认真参与,按要求进行实验操作,则每次实验都会有收获。千万不要抄袭别人的数据和结论,简单走过场。如果一次实验没有成功,应该重做。

实验过程具体要做到:

(1) 在预习的基础上认真听老师讲解,明确实验内容及方法,特别要注意测试条件及有关安全事项的讲解。自觉遵守实验室的规章制度,保持环境卫生,并注意人身及设备安全。

(2) 使用仪器、仪表应先核对量程及技术指标,对各种可调电源应从最小值往上调。电子仪器(如示波器、函数信号发生器及交流毫伏表等)应先进行通电预热和检查。

(3) 按本次实验的仪器设备清单清点设备,注意仪器设备类型、规格和数量,辅助设备是否齐全,同时了解设备的使用方法及注意事项。做好记录的准备工作。做好实验桌面的整洁工作,暂时不用的设备整齐地放在一边。

(4) 按实验要求连接线路。接线时,按照电路图先接主要串联电路(由电源的一端开始,顺次而行,再回到电源的另一端),然后再连接分支电路,应尽量避免同一端上接很多导线。连线完毕后,经自查无误并请老师复查同意后,才能够合上电源开始实验。按照实验指导书上实验步骤进行操作,注意观察各表计指示是否正常,如果有异常应立即断电检查,待排除故障后重新继续实验。数据记录在事先准备好的统一的预习报告纸上,要尊重原始记录,实验后不得涂改。

结束工作:完成全部规定的实验内容,先不要急于拆除线路,而应先自行查核实验数据,再经老师复查记分后,方可进行下列结尾工作:

(1) 切断电源,拆除实验线路。

(2) 做好仪器设备、桌面和环境清洁整理工作。

(3) 经教师同意后方可离开实验室。

1.2.3 编写实验报告

实验报告是实验工作的全面总结,是在实验的定性观察和定量测量后,对数据进行整理

和分析,去伪存真、由此及彼地对实验现象和结果得出正确的理解和认识,这对提高学习能力和工作能力是十分重要的。实验报告的书写要求如下:

(1) 要用简明的形式将实验结果完整和认真地表达出来。报告要求文理通顺、简明扼要、字迹端正、图表清晰、结论正确、分析合理、讨论深入。

(2) 实验中的故障应有记录,并在报告中写明故障现象,分析产生的原因,以及排除的措施和方法。

(3) 当需要在报告中画波形图和曲线时,必须要选用统一要求的坐标纸,并且在图上要标出相应的数据。

1.2.4 实验报告格式

实验报告的格式和内容应包括以下几个方面:

1) 实验报告封面

实验名称

实验日期

实验组别

班级

实验者

学号

实验地点

指导教师

2) 实验报告内容

实验目的:在理论上验证定理、公式、算法,在实践上掌握使用实验设备的技能技巧和程序的调试方法。

实验器材:包括实验所需的仪器与仪表的名称、型号、规格和数量等。

实验原理:包括实验原理说明,电路原理图和相关公式等。

实验内容和步骤:包括具体实验内容与要求,实验电路图与实验接线图,主要步骤和数据记录表格。实验者可按实验指导书上的步骤编写,也可根据实验原理自行编写,但一定要按实际操作步骤详细如实地写出来。

实验数据及处理:根据实验原始记录和实验数据处理要求画出数据表格,整理实验数据。表中各项数据如果是直接得到,要注意有效数位;如果是计算所得,必须列出所用公式。

实验结论与分析:根据实验数据分析实验现象,对产生的误差,分析其原因,得出结论,并将原始数据或经过计算的数据整理为数据表,用坐标纸描绘波形或画出曲线。对实验中出现的问题进行讨论、总结,得出体会、建议和意见。

问题回答:包括预习当中遇到的问题及思考题。

学生在实验之后,应及时写好实验报告,记录实验中产生故障的情况,说明故障排除的方法,按指定时间准时交报告,否则不得进行下次实验。

1.3 实验的基本规则

1.3.1 学生实验守则

学生在实验前应仔细阅读实验守则,并严格执行。其内容如下:

- (1) 实验课前必须认真预习教程,写好预习报告,未预习者不得进行本次实验。
- (2) 实验室内要保持安静和整洁。
- (3) 遵守“先接线后通电,先断电后拆线”的操作程序;严禁带电操作,遇到事故应立即切断电源,并报告教师处理。
- (4) 接线完毕后要仔细检查并经教师复查,确认无误后才能接通电源;做完实验后,将数据整理后交教师检查,结果正常后方可拆除电路(一定要先断电后拆线),做好结束工作。
- (5) 爱护国家财产,实验中因违反操作规程损坏实验设备者按制度负责赔偿。

1.3.2 实验室安全用电规则

为了做好实验,确保人身和设备的安全,在做实验时,必须严格遵守下列安全用电规则:

- (1) 不得擅自接通电源。必须遵守“先接线后通电,先断电后拆线”的操作规程,接线、改线、拆线都必须在切断电源的情况下进行,实验过程中不得触及带电部分。
- (2) 接线完毕后,要认真复查,确认无误,并请指导教师检查后,须通知同组同学,方可接通电源。
- (3) 在电路通电的情况下,人体严禁接触电路中不绝缘的金属导线或连接点等裸露的带电部分,万一遇到触电事故,应立即切断电源,进行必要的处理。
- (4) 实验中,特别是设备刚投入运行时,要随时注意仪器设备的运行情况,如发现有超量程、发热、异味、异声、冒烟、火花等,应立即切断电源,并请指导教师检查,确认排除故障后方可投入使用。
- (5) 室内仪器设备不能随意搬动,非本次实验所用的仪器设备,未经教师允许不得动用。在没有看懂仪器、仪表、设备及元器件的使用方法前,不得进行实验。若损坏仪器设备,必须立即报告指导教师,作书面检查,若为责任事故则要酌情赔偿。
- (6) 注意仪器仪表允许的安全电压(电流),切勿超限。当被测量的大小不能确定时,应从仪表的最大量程开始测试,然后逐渐减小量程,使之合适。

1.4 实验中的几个要注意的问题

1.4.1 线路的连接

合理布置仪器设备,使之便于操作、读数和接线。先把元件参数调到正确的数值,调压设备及电源设备应放在输出电压最小并断开电源的位置上,然后按电路图接线。接线应按照“先串后并”、“先主后辅”或“先分后合”等原则来进行,即接线次序应按照电路图,先接主要串联电路(从电源的一端开始,按顺序联接至电源的另一端),然后再联接分支电路。遇到较复杂的电路时,可将电路分成几个较简单的单元,分别联接好后再按电路结构将各单元电路相互联接起来。实验线路应力求接得简单、清楚,便于检查;走线要合理,线的长短选择适当,防止连线短路;线路联接处要牢固可靠,接线端子要相互紧密接触;要注意接线的联接片子不要都集中到一点上,特别是电表的接线端上非不得已不要接两根以上的导线;接线松紧

要适当,线路中不允许出现没固定端钮的裸露接头。在通电的情况下,不得随意带电拔、插器件。

1.4.2 仪表的正确选择与使用

首先,根据被测量的电路类型和被测量的性质,合理地选择测量仪表的类型与规格;然后调整好电源电压、信号源的电压,使其极性和大小均符合实验要求;最后根据待测量的数值大小合理选择仪表的量程,以指针偏转大于满量程的 $\frac{2}{3}$ 为合适,在同一量程时指针偏转越大越准确。

1.4.3 操作、观察和读数

操作时要做到:手合电源,眼观全局;先看现象,再读数据。实验时要注意观察现象,是否存在不正常现象,例如仪表有没有读数或有没有超出量程,并及时妥善检查处理;读数时,要注意姿势正确,要保持“眼、针、影”三点成一线。读数前,应该了解仪器仪表的量程与刻度值。读数时,当选择的仪表量程与表面刻度一致时,可以直读;若不一致时,应先按刻度数读出,然后按量程与刻度之间的倍数关系进行如下换算:

$$\text{实际读数} = \frac{\text{使用量程}}{\text{刻度极限值}} \times \text{指针指示数} = K \times \text{指针指示数}$$

式中:K——仪表在某量程时每一刻度(div)代表的数值。

读数时,要根据仪表的准确度等级,读出足够的有效数字位数,不能“少读”或“多读”。有关有效数字的表示及其运算规则如下:

1) 有效数字的概念

由于测量总存在误差,所以测量数据均用近似数表示,这就涉及到有效数字问题。有效数字位数越多,测量准确度越高。

在测量电压时,测量结果可以记为5 mV,也可能记为5.00 mV,从数值的观念来看,它们似乎没有区别,但从测量的意义看,它们有根本的不同。例如,用一块50 V的电压表(刻度每小格代表1 V)测量电压时,指针指在30 V和31 V之间,可读为30.5 V,其中数字“30”是准确可靠的,称为可靠数字,而最后一位“5”是估计出来的不可靠数字,两者结合起来称为有效数字。对于“30.5”这个数,有效数字是三位。如果将“30.5”读作“30.50”,就没有意义了,因为小数点后的第二位也是估读数。可见,有效数的位数是和所使用的仪表精度有关的。

2) 有效数字的表示方法

(1) 用有效数字来表示测量结果时,可以从有效数字的位数估计出测量的误差,一般规定误差不超过有效数字末位单位的一半。记录测量数值时,只保留一位估读数字。

(2) 数字“0”可能是有效数字,也可能不是有效数字。例如,0.035 2 kV前面的两个“0”不是有效数字,它的有效数字是后三位,0.035 2 kV可以写成35.2 V,它的有效数字仍然是三位,可见前面的两个“0”仅与所用的单位有关。又如“30.0”的有效数字是三位,后面的两