

DIANGONG YU DIANZI JISHU SHIJIAN JIAOCHENG

# 电工与电子技术

## 实践教程

(第二版)

主编 马永轩 张景异 陈 勇



东北大学出版社  
Northeastern University Press

普通高等学校实践教材

# 电工与电子技术实践教程

(第二版)

主 编 马永轩 张景异 陈 勇

副主编 马仁冬 张大伟 金 芳

东北大学出版社

• 沈 阳 •

马永轩 张景异 陈 勇 2014

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实践教程 /马永轩, 张景异, 陈勇主编. —2 版. — 沈阳: 东北大学出版社, 2014. 1

ISBN 978-7-5517-0542-4

I. ①电… II. ①马… ②张… ③陈… III. ①电工技术—高等学校—教材②电子技术—高等学校—教材 IV. ①TM②TN

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 018085 号

---

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024—83687331(市场部) 83680267(社务室)

传真: 024—83680180(市场部) 83680265(社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

<http://www.neupress.com>

印 刷 者: 沈阳航空发动机研究所印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

幅面尺寸: 185mm×260mm

印 张: 8

字 数: 187 千字

出版时间: 2014 年 1 月第 2 版

印刷时间: 2014 年 1 月第 1 次印刷

策划编辑: 刘宗玉

责任编辑: 刘 莹

封面设计: 刘江旸

责任校对: 辛 思

责任出版: 唐敏志

---

ISBN 978-7-5517-0542-4

定 价: 16.80 元

## 第二版前言

电工与电子技术是一门实践性很强的专业基础课程，电工与电子技术实验占有重要地位，它是培养学生创新精神和实践能力的重要教学环节。在多年实践教学与实验改革的基础上，经过完善，我们编写出了第二版的《电工与电子技术实践教程》。该书减少了验证性实验，在基础性实验的基础上，增加了综合性、设计性实验内容，对部分章节进行了充实，增加了新仪器、新器件的使用，使之更适合培养和提高学生的工程实践能力。

基础性实验的主要任务是验证理论知识，掌握常用电工、电子仪器和仪表的正确使用方法与基本实验技能。

综合性、设计性实验包括从设计、分析到安装调试的全过程，主要是训练学生全面的实验技能和动手能力，使学生在实验动手的过程中，通过实验现象及数据的变化，加深对基础理论知识的理解和掌握。同时学生也可以根据书中的内容，在教师的指导下，自拟实验项目，然后独立拟定实验方案、分析实验原理、确定实验步骤、进行安装调试、排除故障、撰写实验报告，并在限定的时间内完成。通过该类实验，能使學生进一步增长知识、增加兴趣、增强技能，促使学生广开思路，提高独立分析和解决实际问题的能力。

本书由马永轩、张景异、陈勇担任主编，马仁冬、张大伟、金芳担任副主编。参加编写的还有姜学军、李筠、王艳梅、程世楠、马东、张群芳、闫春林、赵亚辉、吴琪、白宏伟、马凤兰、吴英妮等。本书在编写过程中，参考了有关电工技术、电子技术方面的资料、教材和杂志，同时得到了同行和兄弟院校同人的大力帮助与支持，在此谨向帮助与支持编写、出版本教材的有关单位和同志以及资料、杂志、教材的作者致以诚挚的谢意。

限于编者水平，加之时间仓促，本书错误或不妥之处在所难免，诚请读者批评指正。

编 者

2013 年 11 月

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 0 绪 论                   | 1  |
| 0.1 电工与电子技术实验的地位和作用     | 1  |
| 0.2 电工与电子技术实验的基本要求      | 2  |
| 0.3 电工与电子技术实验的基本原则      | 2  |
| 0.4 实验报告的要求与内容          | 7  |
| 1 电工技术基础实验              | 9  |
| 1.1 常用电工设备及仪表的使用        | 9  |
| 1.2 基尔霍夫定律与电位的研究        | 11 |
| 1.3 叠加原理                | 14 |
| 1.4 戴维南定理               | 16 |
| 1.5 日光灯安装与调试及功率因数的提高    | 19 |
| 1.6 三相异步电动机直接启动的控制      | 22 |
| 1.7 三相异步电动机可逆运行控制       | 27 |
| 2 电子技术基础实验              | 30 |
| 2.1 共发射极放大电路            | 30 |
| 2.2 集成运算放大器的应用电路        | 34 |
| 2.3 整流、滤波及集成稳压电路        | 36 |
| 2.4 集成门电路逻辑功能测试及应用      | 40 |
| 2.5 集成触发器逻辑功能测试及应用      | 43 |
| 3 综合性、设计性实验             | 46 |
| 3.1 两台电动机顺序控制电路的设计      | 46 |
| 3.2 两台电动机延时控制电路的设计      | 46 |
| 3.3 三极管放大电路的设计、安装与调试    | 47 |
| 3.4 集成运算放大器基本运算电路的设计与测试 | 48 |

|      |                     |     |
|------|---------------------|-----|
| 3.5  | 简易路灯控制电路设计·····     | 49  |
| 3.6  | 灯控开关电路设计·····       | 50  |
| 3.7  | 表决器电路设计·····        | 51  |
| 3.8  | 简易抢答器电路设计·····      | 53  |
| 3.9  | 集成计数器的应用设计·····     | 54  |
| 3.10 | 数字电子钟·····          | 57  |
| 4    | 常用器件的基本知识·····      | 59  |
| 4.1  | 电阻元件·····           | 59  |
| 4.2  | 电容及电感元件·····        | 62  |
| 4.3  | 国产半导体管命名法·····      | 64  |
| 4.4  | 集成芯片的使用方法·····      | 66  |
| 5    | 常用仪器仪表及检修·····      | 67  |
| 5.1  | 几种常用电工仪表简介·····     | 67  |
| 5.2  | 示波器·····            | 70  |
| 5.3  | 稳压电源·····           | 93  |
| 5.4  | 函数信号发生器·····        | 99  |
| 5.5  | 电子仪器的检修·····        | 111 |
| 附录一  | 常用数字集成芯片引脚及功能·····  | 114 |
| 附录二  | 常用集成运算放大器引脚及功能····· | 120 |

## 0 绪 论

### 0.1 电工与电子技术实验的地位和作用

电工与电子技术实验是普通高等工程院校电类及非电专业学生必修的专业基础课。它既是电工与电子技术理论课程的重要组成部分，又是培养从事电工、电子等工程技术人员实验基本技能的重要环节。

电工与电子技术实验，对学生实验技能的培养是初步的，也是基本的。它所研究的对象比较简单且理想化，涉及范围和深度有限，即所谓初步。所谓基本，是指在实验全过程中，都将遇到实验原理、实验方法；实验电路设计及电路连接、排除故障等实验技巧；常用元件、仪表、仪器的使用 and 选择；数据的采集、处理、各种现象的观察、分析等环节和问题。通过这些最基本环节的训练，逐步积累经验，达到扩展、巩固、深化理论知识，培养严谨的、实事求是的科学态度和严肃认真的工作作风，增长综合能力的目的。以上正是工程技术人员进行科学实验所需要的基本素质。

普通高等学校的毕业生，主要面向工厂、企业、研究部门的生产、科研第一线。毕业生走上工作岗位后，首先遇到的问题多数属于基本实验技能问题。而且，与国外同类院校的毕业生相比，我们培养的学生的基本实验技能较差。当然，这个问题可以在工作实践中再学，不过，要付出代价，对事业的发展 and 个人的快速成长都有影响。因此，师生应共同努力，加强基本技能的训练，不要把在学校里应该并且可以解决的问题带到社会上去。

古今中外，凡有作为的科学家、发明家，无不酷爱实验。他们在实验室里长期地进行着重复、枯燥、艰苦而又充满生机和乐趣的工作。正因为如此，他们发现了新规律，创造了新成果，写出了新篇章。

综上所述，要突出工程特色，加强学生基本实验技能的训练是必要的，也是非常重要的，要把培养目标落实到每个具体实验环节中去。通过反复实践，培养学生的动手能力，提高实际操作水平，巩固、深化理论，扩大知识面，为今后的学习和工作打下良好的基础。

## 0.2 电工与电子技术实验的基本要求

### (1) 实验仪器与仪表

作为普通高等学校的学生,应能正确使用电压表、电流表、功率表和万用表;会使用一些常用的电工设备;学会使用一些常用的电子仪器、仪表及电子设备,如普通示波器、稳压电源、交流毫伏表和函数信号发生器等。

### (2) 测试方法

电压、电流的测量;信号波形的观察方法;电阻、电容、电感元件参数和电压、电流特性的测量,功率的测量,放大倍数的测量等。

### (3) 实验操作

能正确布置和连接实验电路,认真观察实验现象和正确读取数据,并有初步设计分析、安装、调试能力;能初步分析和排除实验故障,要有实事求是的科学态度。

### (4) 实验报告

能写出符合要求的实验报告,能正确绘制实验所需图表,对实验结果能进行初步的分析、解释和处理。

## 0.3 电工与电子技术实验的基本原则

电工与电子技术实验的基本原则,是为学生在接受实验任务后,如何着手进行工作而提供參考的一些基本原则和方法。灵活运用和掌握此“基本原则”,将有利于实验顺利进行和人身、仪器设备的安全。

### (1) 了解实验对象,明确实验目的与要求

实验对象、目的与要求,是进行实验的出发点和归宿。是设计制定和论证实验方案,评价实验结果的主要依据。不了解这些,便无从谈起实验。

① 实验对象。它既可以是某一元件、某一电路、某一系统,也可以是装置、仪器等。这里主要了解它们的总体结构、具体组成、工作条件、性能和参数。因为这些直接影响实验方案的制定。

② 实验目的与要求。做任何一项实验都有目的与要求。随着目的与要求不同,实验任务和完成任务的方法也不同。在实验教学中,除实验本身的目的与要求外,还要通过具体实验

的实践，培养学生的基本技能和综合能力。

就电工与电子技术实验研究的内容和性质，可以分为验证型（电路定律、定理及逻辑功能等）、设计型和综合型三类。不论哪种类型的实验，对促进理论学习，提高实验技能和综合能力，都是必不可少的。验证型实验相当于给出了标准答案的练习，它有利于学生运用已有理论知识和技能去发现、分析与处理问题，开阔思路，而不在于验证的结果。在一些设计型实验研究中，正因为不符合“标准答案”，才会发现新问题，获得新突破。因此，不能以为实验简单、易做而轻视。

## （2）实验方法

在进行实验前，应根据实验对象、目的与要求，提出一个或几个较为周密的实施方案（计划）。方案的内容应包括理论根据、实验电路、测试方法、测试设备、具体实验步骤、实验表格、可能出现问题的估计和采取哪种技术措施等内容。衡量一个实验方案的优劣，一般采用科学性、先进性和经济性三个指标。一个实施方案的取舍，要由可行性分析论证决定。可行性分析论证的目的是审查实验方案是否符合“三性”，对方案的整体或局部进行更好的修正；在达到实验目的与要求的前提下，是否投入的人、财、物最少，并且在现有条件下都能实现。显然，提出实验方案是一项综合性强、要求较高的工作。在此提出这个问题，是要学生了解提出实验方案的全过程，以便在电工与电子技术实验中，有目的地熟悉现有方案和积累这方面的经验，为将来从事科学研究工作打下良好的基础。

当前所进行的实验，多数实验项目已有定型方案，只是在一些项目中安排部分内容，要学生通过自己的思考，寻找理论根据，选择实验方法，设计电路和数据表格，拟定步骤，选用仪器仪表，以达到初步训练的目的。

## （3）实验电路的连接

① 连接原则。实验对象、仪器仪表之间的位置、距离、跨接线长短对实验结果影响最小（合理分布）；便于操作、调整和读取数据；连接简单、方便，用线少而短，连接头不过于集中，整齐美观。

② 连接顺序。应视电路复杂程度和接线人员技术熟练程度自定。对初学者来说，按照电路图一一对应为好。较复杂的电路，应先串后并，同时考虑元件、仪器仪表的同名端、极性和公共参考点等与电路图设定的方位一致。最后连接电源端。

接线时，避免在同一个端子上连接三根以上的连线（应分散接），减少因为牵动（碰）一线而引起端子松动、接触不良或导线脱落、短路等事故的发生。

③ 检查。对连接好的电路，进行细致的检查是保证实验顺利进行、防止事故发生的重要措施。学生通过检查电路，既是再次对电路连接进行间接的（往往比真实连接还要难些）实践，又是建立电路原理图与实物安装图之间内在联系的训练机会。检查的方法一般是从电路的某一点开始，循环全电路至起始点上，进行图、物对照，以图校物。

检查的最后一道程序是“认可”。“认可”就是发放通电操作令，并对由此产生的后

果负有责任。因此,前几次实验除学生检查外,还应由指导教师复查,经复查认可后,方可通电操作。随着实验次数的增加和学生熟练程度的提高,可以逐步由学生自检、自责,指导教师一般不再复查。

#### (4) 实验操作与读取数据

① 预操作(也称试做)。是指首先接通电源、输入量由零开始,在实验要求范围内,快速、连续地调节各参量,观察实验全过程;然后将输入量回零。

预操作的目的是四个:一是进一步考验电路连接的正确性和发现故障;二是检验选用的元件、仪器仪表规格、量程是否合适;三是观察现给定的参数、参量能否达到实验的目的与要求;四是确定实验数据的合理取值范围。

② 操作与读取数据。操作是为了获得实验所需数据(包括现象、图形等),而获得的数据是否合理、准确和可靠,与操作和读数关系很大。在一个实验中,应该选取哪些数据、数据取值在什么范围为合理,主要在预习、设计实验数据表格和预操作中考虑并解决。这里只说明操作与读数的配合问题。配合不好,将会带来很大的附加误差和分散性,降低实验精度,增加处理数据时间。例如,有些实验要求操作与读数可以快一些(线性电路,高电压,大电流);有些实验要求操作与读数慢一些(非线性电路,频率特性);有些实验要求操作与读数同时进行(用秒表测定电容器放电曲线);有的实验在反复操作(调节)中读数(测峰值、谷值、观察波形);还有些实验在操作停止后,同时读取一组数(各种参数测量,基尔霍夫定律、叠加定理等)。

③ 数据(包括现象、波形)的判断。实验数据的判断是指在较短的时间内,断定实验是否可以结束的细致工作。其目的在于:得出所读取的数据基本合理、可靠的结论;发现错测、错读、错记和漏测的数据,以便在实验电路未被拆除之前,予以补测和订正。数据判断的依据是应达到实验目的与要求,并符合基本原理、基本规律或给出的参考标准。初学者可以通过代入一至两组数据进行验算,做简图,与理论或给定的参考标准进行比较,得出原则结论。对于探索性实验或未给出参考标准的数据,应根据基本原理、规律判断。

④ 关于实验数据中异常值的处理问题。所谓异常值,是指不符合实验目的要求,或误差超过 $\pm 5\%$ 以上的实验数据,根据选定测量线路、方法及仪器的精度,一般情况下,实验误差均在 $\pm 5\%$ 范围内。异常值多半是由测量、读数、记录方面的错误引起的,这些错误可以通过检验、重点测试得到订正。若异常值在多次重复测试中不变,则应找出其原因(解释),不要轻易改动、舍弃(允许保留不用)。

判断后的实验数据,须经指导教师审阅签字,作为原始数据,附在实验报告后面。

#### (5) 拆除实验线路、整理实验现场

拆除实验线路,意味着实验操作结束,但必须在判断实验数据合格后进行。拆除线路时,应首先将各输入量回零,然后切断电源(包括仪器、仪表的电源),稍停后,确认电路不带电时,从电源端先拆。当被拆除线路中含有高压(指60V以上)、大容量电容器时,

应进行人工放电，以免触电。

整理实验现场，即指每项实验结束后，除了把线路拆掉放好外，还要把实验所用仪器、仪表等设备和其他用品摆放整齐。

#### （6）实验故障的分析和处理

实验中出现各种故障是难免的，有时希望出现故障（人为设置）。学生通过对电路简单故障的分析、具体诊断和排除，逐步提高分析和解决问题的能力。在实验电路中，常见的故障多属于开路、短路或介于两者之间三种类型。不论何类故障，如不及早发现并排除，都会影响实验进行或造成损失。

① 及时发现故障。从预操作起至拆除线路止，学生必须集中精力，头脑清醒。充分运用感觉器官，通过仪器和仪表显示状况、气味、声响等异常反应，及早发现故障。一旦发现故障或异常现象，应立即切断电源，保持现场，等待处理。禁止在不明原因的情况下，胡乱采取处理措施。

② 故障原因分析。常见故障大致有以下原因：

第一，实验线路连接有错误或实验者不熟悉实验供电系统设施；

第二，元器件、仪器、仪表、实验装置等使用条件不符或初始状态值给定不当；

第三，电源、实验电路、测试仪器仪表之间公共参考点连接错误或参考点位置选择不当；

第四，布局不合理，电路内部产生干扰；

第五，周围有强电设备，产生电磁干扰；

第六，接触不良或连接导线损坏。

③ 故障检测。故障检测的方法很多，一般首先根据故障类型，确定部位，缩小范围；然后在小范围内逐点检查；最后找出故障，并予以排除。

第一，检测方法。简单实用的检测方法是用万用表（电压挡或电阻挡）在通电或断电状态下去检查电路故障。

通电检测法是使用万用表电压挡（或电压表），在接通电源的情况下，进行故障检测。根据实验原理，电路中某两点应该有电压，万用表测不出电压；或某两点不应该有电压，而万用表测出了电压，那么故障必在此两点间。

断电检测法是使用万用表电阻挡（或欧姆表），在断开电源的情况下，进行故障检测。根据实验原理，电路中某两点应该开路（或电阻很大），但测得的结果为短路（或电阻很小）；或电路中某两点之间应该短路（或电阻很小），但测得的结果为开路（或电阻很大），则故障在此两点间。

另外，有些电路可以使用示波器，从信号输入至输出，逐点观察波形的方法来判别故障点。

有时电路中有多种或多个故障，并且相互掩盖或影响，但只要耐心、细致地去分析查

找,是能够检测出来的。

在选择检测方法时,要针对故障类型和电路结构的情况选用。如短路故障或电路工作电压较高(200V以上),不宜用通电法检测;被检测电路中含有微安表、场效应管、集成电路等元件时,不宜用断电法(电阻挡)检测。因为存在这种情况时,有损坏仪表、元件和触电的可能。

第二,检测顺序。一般情况下,按照故障部位直接检测,当故障原因和部位不易确定时,按照下列顺序进行:

首先,检查电路连接有无错误;

其次,检查电源供电系统,从电源进线、熔断器、开关至电路输入端子,由后向前检查各部分有无电压,是否符合标准;

再次,主、副电路中元件、仪器仪表、开关及连接导线是否完好和接触良好;

最后,检测仪器部分,供电电源、输入输出调节、显示及探头、接地点等。

#### (7) 元件、仪器仪表选择问题

在元器件、仪器仪表的选择问题上,会出现两种情况。一种是对实验对象、实验目的与要求已经确定,由学生选用元器件、仪器仪表;另一种是提出了实验目的与要求,以及元器件、仪器仪表清单,由学生从中确定实验对象、工作参数和设计实验电路。显然,后者较前者要复杂一些,但涉及问题的性质基本相同。这里只介绍选择的一些基本原则,并提醒学生注意元件、仪器仪表的整体配套性。

① 根据实验目的与要求或被测量元件的性质,选择元件、仪器仪表的类型。如线性、非线性;直流、交流;正弦、非正弦;方波或其他脉冲;低频、高频等。与之对应的元件、仪器仪表类型不同,不可通用。

② 参数值的范围或被测量量程的选择。对于元件,应考虑参数的最大值、最小值,可调范围,允许工作电压、电流等是否满足要求而选定,并留有余度;对于仪器仪表,其量程选定在被测量值的1.2~1.5倍为宜,量程选得过大或过小,都会增加附加误差或损伤仪器仪表。

③ 根据实验电路或被测对象的阻抗大小,选定电源(信号源)设备输出阻抗(匹配),测试仪表内阻。

④ 根据实验要求精度,选择准确度等级。元件、仪器仪表准确度选择,除其作为被研究对象外,一般至少要高于要求精度一级以上。如实验要求精度为 $\pm 5\%$ ,元件、仪器仪表应为2.5级以上(1.5, 1.0, 0.5级等)。在准确度等选定上,只要能满足实验要求精度,应就低不就高。因为高精度元件、仪器仪表不仅价格贵,而且给使用、校验、维修、管理带来不便。从另一个角度看,影响实验精度的因素很多,在其他诸影响因素未被解决之前,单凭提高元件、仪器仪表的准确度等级意义不大。

⑤ 根据使用场所、环境、条件,选择具有不同内、外防护能力的元件、仪器仪表。如

对电磁场防护能力；对温度、气压、湿度、盐雾尘埃等的适应和防护能力；防爆、防水、抗振动、抗冲击等能力。

⑥ 元件、仪器仪表的整体配套性。运用元件、仪器仪表是为了完成实验任务，达到实验目的与要求。从局部看，选择合理；但从整体看，又可能不合理；因为精度等级、参数值范围和容量等不配套，中途更换元件、仪器仪表或使实验中止等都表现出整体的不配套性。所以，要求学生在实验过程中，逐步树立整体思想，把握配套性。

#### （8）数据处理与曲线绘制

这是一项实验结束后进行的重要工作，这项工作进行得是否顺利、是否完善，与实验的预习、实验中的操作、结束时数据的判断有着极大的关系。

① 数据处理。是将实验中获得的数据，通过运算、分析后进行处理，得出结论，而不是根据需要的结论去处理数据。由于数据采集的方法、方式不同，运算方法和实验者的经验不同，处理数据的结果差别就较大。因此，要针对不同情况，并通过回忆操作现场，进行分析处理。

② 绘制曲线。实验曲线是以图形的形式，更直观地表达实验结果和规律的语言。它既是实验的珍贵结果，也是实验者科学、艺术素质的反映。

## 0.4 实验报告的要求与内容

实验报告分为预习报告和实验报告两部分。

预习报告是要求学生在上课前将本次实验内容进行预习后写出的，预习报告的内容主要包括实验项目名称、目的、原理概述、注意事项及数据表格。学生在做实验时，应将所测得的数据记录在预习报告的表格中，作为原始数据。在整理实验报告时，再将实验数据抄录在报告的实验结果一栏内。

实验报告是学生进行实验的全过程的总结。它既是完成实验教学环节的凭证，也是今后编写其他工程（实验）报告的参考资料。实验结束后，每个学生都应独立写出实验报告，按时将预习报告和实验报告一起交给实验教师批阅存档。实验报告要求文字简洁、工整，曲线图表（用尺画）清晰，结论要有科学根据和分析过程。

实验报告内容包括以下几项。

- ① 实验名称、日期、姓名、班级、学号。
- ② 写出本次实验的目的，列出实验使用的仪器及设备的名称、型号、数量、编号等。
- ③ 扼要写出实验原理，画出实验原理电路图和接线图。
- ④ 写出完成本次实验的具体步骤。

- ⑤ 将预习报告中记录的实验数据、波形和现象抄写到实验报告的数据及结论一栏。
- ⑥ 根据实验数据及现象，绘制曲线、波形、矢量图等。
- ⑦ 分析、讨论实验结果，说明实验结果与理论是否符合；讨论所做实验中存在的问题，能否改进；回答每次实验提出的问题。

# 1 电工技术基础实验

## 1.1 常用电工设备及仪表的使用

### 【实验目的】

- ① 了解 XST-2B 电工技术实验装置的组成、使用方法及安全用电常识。
- ② 掌握可调直流电源和数字万用表的使用方法。
- ③ 通过本次实验，能够快速、准确地读取所测量的参数值。

### 【实验原理简介】

#### （1）万用表

万用表是一种多用途、多量程的电工仪表，它可以用来测量直流电流、直流电压、直流电阻（有的万用表还可以测量交流电流、晶体管电流放大系数和电容）等。由于它的测量范围广、使用方便，所以在电工与电子线路的安装、调试及检修工作中，得到广泛的应用。本实验使用的是数字万用表 FLUKE15B，其使用方法见 5.1 节中的内容。

#### （2）可调直流电源

直流电源是电工实验中必备的实验设备，其主要作用是提供直流电压和电流。本实验用的是 SG1732 型二路直流稳压稳流可调电源，其具体使用方法详见 5.3 节。

#### （3）XST-2B 电工技术试验装置

本试验装置由主控制屏及各种模块挂箱组成。它可以完成直流电路实验、交流电路实验、模拟电子技术实验和数字电子技术实验等内容。其中，主控制屏由三相交流电网电源、三相交流可调交流电源、双路 1.5~30V 可调直流稳压电源、一路 0~500mA 可调恒流电流源、日光灯照明及实验接口和故障报警装置构成。

#### （4）直流电压、直流电流的测量

测量直流电压时，应将电压表的正、负极分别与被测电压参考方向的正、负极相并联。测量直流电流时，应按照电流的参考方向，将电流表串联在电路中。

#### （5）电阻、电感和电容

电阻、电感和电容是电路中经常使用的元器件，其结构、分类和识别方法等详见 4.1 和 4.2 节中的内容。

电工与电子技术实验的作用及实验原则等见绪论中的内容。

### 【实验器材】

- ① 电工基础元件箱

1 个

- ② 可调直流稳压电源

1 个
- ③ 直流电流表

1 个
- ④ 数字万用表

1 个

【注意事项】

- ① 直流稳压电源的输出端不能短路，否则将损坏直流稳压电源。
- ② 用万用表测量电阻时，必须把电阻与电路断开。
- ③ 用万用表测量直流电压时，要注意正、负极性（红表笔接参考方向的正极，黑表笔接参考方向的负极）。
- ④ 实验线路接好后，请教师检查并允许后，方可接通电源，且在操作过程中，注意人身及设备的安全。

【实验内容及步骤】

① 用万用表的电阻挡测量图 1.1.1 电路中几个电阻的参数，并将测量结果记录在表 1.1.1 中。

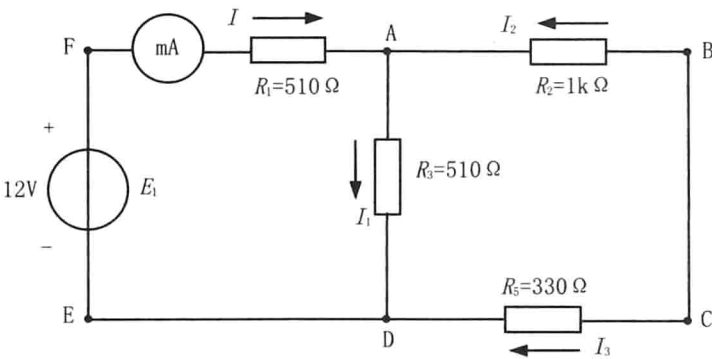


图 1.1.1 实验电路

| 表 1.1.1 电阻的测量 |       |       |       | Ω     |
|---------------|-------|-------|-------|-------|
| 电 阻           | $R_1$ | $R_2$ | $R_3$ | $R_5$ |
| 标称值           | 510   | 1000  | 510   | 330   |
| 测量值           |       |       |       |       |
| 误 差           |       |       |       |       |

注：误差=测量值-标称值。

- ② 调节直流稳压电源，使之输出 12V，按照图 1.1.1 连接电路。
- ③ 在图 1.1.1 电路中用万用表的直流电压挡（或直流电压表）按表 1.1.2 中的要求测量电压，将测量结果记录在表 1.1.2 中。
- ④ 用直流电流表按表 1.1.2 中的要求测量各电流，将测量结果记录在表 1.1.2 中。

表 1.1.2 电压与电流的测量

| 电 压 测 量 值/V |          |          |          |          |          |          | 电 流 测 量/mA |       |       |       |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------------|-------|-------|-------|
| $U_{FA}$    | $U_{AB}$ | $U_{BC}$ | $U_{CD}$ | $U_{DE}$ | $U_{EF}$ | $U_{AD}$ | $I$        | $I_1$ | $I_2$ | $I_3$ |
|             |          |          |          |          |          |          |            |       |       |       |

【思考题】

- ① 用万用表测量电阻时，应注意什么问题？
- ② 用万用表测量直流电压、直流电流时，如何接入电压或电流表？

1.2 基尔霍夫定律与电位的研究

【实验目的】

- ① 验证基尔霍夫电压定律及电流定律。
- ② 加深对参考方向的理解。
- ③ 加深电压与电位相互关系及电位相对性的理解。
- ④ 学习并掌握多支路电路的连接与布局的技巧。

【实验原理简介】

(1) 实验概述

基尔霍夫定律是电路中的基本定律，是以大量实验为基础且被无数实践所证明的一条重要定律。它概括了电路中电流和电压分别遵循的基本规律。基尔霍夫电流定律应用于节点，电压定律应用于回路。

- ① 支路。电路中流过同一个电流的分支称为支路。
- ② 节点。电路中三条或三条以上的支路相连接的点称为节点。
- ③ 回路。由一条或多条支路组成的闭合路径叫作回路。
- ④ 电流与电压的参考方向。参考方向是为了分析计算电路方便而人为设定的。若对某一电路进行计算，计算中若发现有些支路电流或某些元件上的电压为负值，则表示相关支路（元件）所设定的电流或电压参考方向与实际方向相反。因此说参考方向在分析计算电路中有实际意义。

在实验中，如何通过测量仪表来确定某一支路电流和回路某一部分电压的实际方向呢？应根据设定的各支路电流与回路电压的参考方向，按照电流从电流表正极流入的原则，将电流表串入各支路。当电路与直流电源接通后，若电流表的读数为正值，则表明参考方