

电路分析基础 实验教程

主 编 李若英 肖 东

副主编 彭志红 李鹏程 范玲俐

主 审 李可为



重庆大学出版社

内容提要

本书共分3章,第1章介绍实验技术基础知识,包括实验课的意义、目的、基本要求,以及实验的基本知识,包括电工仪器设备的选用、实验设计的基本方法、合理布局与正确接线、安全操作规则、故障的分析和处理。第2章为基础实验,包括直流电路、动态电路、正弦交流电路、互感与谐振电路、三相电路、非正弦周期电流电路的实验,以及电工仪器、仪表和电子仪器、仪表的使用等实验,共20个项目。第3章为大型综合实验,包括综合实验的电路理论及设计、焊接技术、元器件的基本知识、产品的组装调试与故障分析等。

本书可作为高校电类专业电路分析实验教材,也可供工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电路分析基础实验教程/李若英,肖东主编. -- 重庆:
重庆大学出版社,2020.1

高等学校电气工程及其自动化专业应用型本科系列规划教材

ISBN 978-7-5689-1834-3

I. ①电… II. ①李… ②肖 III. ①电路分析—实验—高等学校—教材 IV. ①TM133-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第229230号

电路分析基础实验教程

主 编 李若英 肖 东

副主编 彭志红 李鹏程 范玲俐

主 审 李可为

策划编辑:彭 宁 鲁 黎

责任编辑:张红梅 版式设计:彭 宁 鲁 黎

责任校对:邹 忌 责任印制:张 策

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:饶帮华

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆华林天美印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:7.75 字数:201千

2020年1月第1版 2020年1月第1次印刷

印数:1—3 500

ISBN 978-7-5689-1834-3 定价:20.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前言

本书在编写的过程中遵循“保基础、重应用、强动手、促创新”的原则,其目的是在保证学生学习基本实验知识、完成基本实验技能训练的同时,加大对学生综合能力和工程应用能力的培养。

本书第1章教授学生实验课程的基本知识。第2章着重基础实验的训练,使学生学会常用仪器、仪表(如稳压电源、信号发生器、示波器、电压表、电流表、万用表等)的使用,学会应用常规的测量方法测量电压、电流、电功率等物理量和电阻、电感、电容等元件的参数,正确地读取和记录实验数据,并绘制曲线;同时,培养学生独立进行实验和初步设计实验的能力,以及分析并排除一些简单电路故障的能力。本章每个实验都配有“思考题”,可以帮助学生预习实验并加深对理论知识的理解,最后的“实验报告”对学生完成实验数据分析及得出实验结论有一定的提示和帮助。要完成本章全部实验需要的学时数较多,考虑到通用性,有些实验项目安排的内容也较多且难度不一,但各自相互独立,各校可根据课程要求、设备条件、学生基础等实际情况,灵活选择实验项目和具体内容。第3章的大型综合实验分为“电路理论及电路设计”“工程技能”“产品组装、调试与故障分析”三大模块,以万用表的设计、安装与调试为例,通过焊接技能、元件识读、产品初检与调试、故障查找与排除、简单电路设计等训练,突出对学生综合能力和工程应用能力的培养。

本书由李若英、李鹏程担任主编,肖东、彭志红和范伶俐担任副主编,李可为担任主审。李若英独立编写了第1章,参加编写了第2、第3章,彭志红参加编写了第2、第3章,李鹏程、肖东、范伶俐参加编写了第2章。杨梅、易兴兵、梁飞、曹冬梅参加了本书内容讨论,提出了不少宝贵意见并参与部分内容的修改。全书由李若英整理汇总。

本书结合实验教学实际,源自校内自编实验指导书,编写中还参考了理论教材、实验教材、设备使用书等资料。由于该指导书修改使用历经20年,有些参考资料已经无法查找出处,没能列出在参考资料中,在此,深表歉意,同时也对给予了本书帮助的老师表示衷心地感谢。

由于编者学识有限,书中肯定存在一些错误和不妥之处,敬请使用本书的师生与读者予以批评、指正,我们将不断予以改进。

编者
2018年11月

目 录

第 1 章 实验技术基础知识	1
1.1 实验的意义、目的和基本要求	1
1.2 实验的基本知识	2
第 2 章 基础实验	8
2.1 直流电工仪器仪表的使用	8
2.2 减小仪表测量误差的方法	12
2.3 电位、电压的测定	16
2.4 直流电源的特性及电源的等效变换	18
2.5 叠加定理的验证	21
2.6 戴维宁定理的验证及负载获得最大功率的条件	23
2.7 典型电信号的观察与测量	27
2.8 RC 一阶电路的暂态分析	40
2.9 RLC 二阶电路响应的研究	45
2.10 R、L、C 元件阻抗特性的测定	47
2.11 RLC 串并联交流电路及功率因数的提高	50
2.12 电路等效参数的测量	56
2.13 互感电路观测	60
2.14 RLC 串联谐振电路的研究	65
2.15 三相交流电路电压、电流的测量	68
2.16 非正弦周期电流电路的研究	71
2.17 RC 选频网络特性测试	73
2.18 二端口网络测试	77
2.19 受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的研究	80
2.20 用示波器观测磁滞回线	85
第 3 章 大型综合实验——常用万用表的设计、安装与调试	88
3.1 电路理论及电路设计	88
3.2 工程技能	100
3.3 产品的组装、调试与故障分析	110
参考文献	116

第 1 章

实验技术基础知识

1.1 实验的意义、目的和基本要求

一、实验课的意义

现代科学技术的高速发展,要求工程技术人员既要有扎实的理论知识,又须具备良好的实验技能和解决工程实际问题的能力。这些均离不开实验课的基本训练。

二、实验课的目的

①增强感性认知,巩固和扩展电路及磁路理论知识,加深对基本理论的理解,培养实际工作能力。

②学习实验的基本知识,训练实验技能,掌握常用电工仪器设备的选用方法及测试技术。

③应用理论知识对实验结果进行分析、处理,提高分析问题和解决问题的能力。

④掌握基本焊接知识和焊接技术,了解万用表的设计原理,掌握万用表的安装与调试。

⑤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习惯。

三、实验基本要求

1. 实验前的预习

①明确本次实验的目的和任务,结合实验原理复习有关理论。了解实验的方法和步骤,对自拟实验还应拟出实验连接线路及其结果的记录图表(作为预习报告上交)。

②理解并记住本次实验的注意事项。对实验需用仪器设备的原理及使用方法作初步了解。

③思考本次实验所留思考题,并将其带入实验中探讨。

2. 实验的进行

①实验操作前应认真听取教师对本次实验的讲解、要求或注意事项。

②按照线路连接原则,合理连线,当检查无误后通电实验。

③每次测量后,立即将测量数据如实地记录下来。若发现数据与理论计算不符,不应随便

改写,应认真分析,找出原因,再重新测量,记下正确的数据。

④实验中始终注意人身及设备安全,严格按照实验要求和实验步骤规范操作,一丝不苟。若发现异常现象,应立即断电并查找原因。

⑤实验结束后,先断电,然后认真检查,确认结果无遗漏和错误后请指导教师验收签字,最后拆除线路,复归仪器设备,整理导线成束,清洁实验台。

3. 实验报告

实验报告是实验工作的全面总结,其质量不但是实验教学完成的凭证,而且对实验交流、成果推广或学术评价起着至关重要的作用。实验报告要求简明、工整和真实。

报告内容如下:

①实验名称、日期、班级、同组实验者。

②实验目的。

③实验原理。

④实验仪器及设备。实验者应列表记录所用仪器设备的名称、型号、规格、数量、编号等,以便整理数据发现问题时,可以按原编号仪器查对核实。

⑤实验任务及步骤。

⑥实验数据及图表。这部分内容是根据原始记录整理而成的,主要包括数据、图表及计算。所有数据的单位应一律采用国际单位。

⑦实验分析及结论。要求紧扣实验目的和要求来分析,并在分析的基础上得出结论。这部分是实验报告的重点之一,对培养学生理论联系实际、综合分析问题、总结归纳等能力非常有益,教师应重点关注。

为方便积累资料和复习,每项实验都列出了相应的待填图表。

1.2 实验的基本知识

一、电工仪器设备的选用

仪器设备的选用可以总结为4个字:类、级、量、内。

(1)类

类是指根据测量对象的性质及测量对象的数值特点选择仪器设备的类型。如根据测量对象是直流还是交流来选择直流或交流仪器设备。若是交流,还应根据是何种交流、待测何值,以及工作频率等来确定是选用交流仪表(电磁系、电动系和感应系)还是选用电子仪表。

(2)级

级是指选择仪表设备的准确度等级。仪表准确度等级有0.1,0.2,0.5,1.0,1.5,2.5,5.0等7级。其中0.1,0.2级常用作标准表或作精确测量;0.5,1.0,1.5级仪表用于实验室一般测量;1.5,2.5,5.0级常用作安装仪表或作工业测量。

(3)量

量是指选择仪表的量程和设备的额定量值。

对于仪表应合理选择量程后再进入测量。量程小了易烧表或“打表”;量程太大则测量误

差也大。一般工程测量中量程选择应为所估被测量最大值的 1.2 ~ 1.5 倍, 仪表指针指示尽可能不低于 $\frac{1}{2}$ 的满偏读数。对于功率表, 应特别注意被测量的电压和电流都不允许超过表的量程。对于示波器应注意衰减器的挡位, 最大信号电压不能超过测试端的最大允许值。如果不知道被测量大小, 则按“先大(粗测), 后小(细测)”的原则选择仪表的量限挡位。

一般设备的铭牌上标有容量、参数及额定电压、电流等。设备和器件只有在额定条件下才能正常工作, 使用中绝对不允许超过额定值, 否则将损坏设备和器件。选用电源设备应考虑其额定电压、最大输出电流、额定输出功率等。选电阻器要考虑其额定功率; 选电感线圈要考虑其本身的载流量; 选电容器应注意其工作电压要符合要求; 对于交流调压器, 除应注意输入电压符合要求外, 还要注意输出电压及电流; 对于连接导线, 应注意其载流量。

(4) 内

内是指所选仪表设备的内阻。

实验中应根据被测对象的阻值大小选择合适的仪表内阻。在图 1-2-1 所示电路中, 当需测量电阻 R 两端的电压时, 如果电压表内阻 R_V 过小或与被测对象的阻值相差不大, 则电压表的接入将严重地改变被测电路原有的工作状态, 造成测量结果有很大的误差, 甚至测量结果失去意义。例如, 在图 1-2-1 中, 假设 $U_s = 150 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, 电压表内阻 $R_V = 10 \text{ k}\Omega$, 量限为 100 V 。在电压表未接入前

$$U = \frac{R_2}{R_1 + R_2} U_s = 75 \text{ V}$$

当接入电压表后

$$U = \frac{R_2 // R_V}{R_1 + R_2 // R_V} U_s = 50 \text{ V}$$

这与 R_2 两端的实际电压 75 V 相差很大, 显然测量结果没有意义。

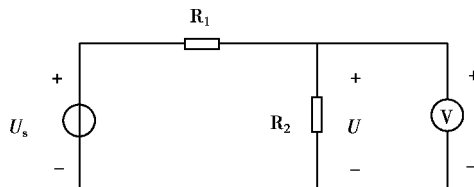


图 1-2-1

如果 $R_V = 1000 \text{ k}\Omega$, 仍用量程为 100 V 的电压表进行测量, 则测量结果为 74.62 V 。此测量结果与电阻 R_2 两端的实际电压已非常接近。

由此可见, 电压表的内阻越大, 对测量结果的影响越小。一般工程测量中, 当电压表内阻 $R_V \geq 100R$ 时 (R 为与电压表并联的被测对象的总等效电阻), 就可以忽略电压表内阻的影响。

电流表在被测电路中是被串入的, 如图 1-2-2 所示, 若其内阻 R_A 过大或与被测电阻相差不大, 则会影响测量精度, 甚至使测量结果失去意义。因此, 电流表内阻 R_A 越小越好。在一般工程测量中, 当电流表内阻 $R_A \leq \frac{1}{100}R$ 时 (R 为与电流表串联的被测对象的总等效电阻), 就可以忽略电流表内阻的影响。

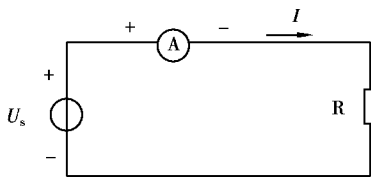


图 1-2-2

直流稳压电源、稳流电源一般分别作为理想电压源和理想电流源看待,即认为前者内阻为零,后者内阻为无穷大。但对于信号发生器等其他电源设备必须考虑其内阻。在使用有内阻的电源设备时,负载如需获得最大功率,必须考虑阻抗匹配。

二、实验设计的基本方法

实验设计是指,根据给定的实验题目和要求,确定实验方案,正确选择所需的实验仪器仪表和设备,自拟实验线路进行实验,并解决实验中遇到的各种问题。实验设计的程序如下。

1. 确定实验方案

根据实验题目、任务、要求等选择可行的实验方案,既要考虑可靠的理论依据,又要考虑有无实现的可能性。确定实验方案的步骤如下:

①实验原理的研究。包括了解与实验题目有关的理论知识,选择实验电路、实验方法及实验方式等。

②仪器设备与器件的选择。包括电路参数的计算,仪器设备和器件的型号、规格、数量的选择等。

③实验条件的确定。包括电源电压、信号源频率的选择,测试范围的确定等。

2. 处理实验进行中出现的问题

①得不到预期的实验结果。先检查电路、仪器设备、实验方法、实验条件等,再检查实验方案,若实验方案有误则修订实验方案。

②实验结果与理论不一致。仔细观察现象,分析数据并找出原因。

③误差偏大。分析产生误差的原因,找出减小误差的方法。

3. 分析实验结果

实验结果的分析应紧扣实验题目和要求。它包括实验结果的理论解释、实验误差分析、实验方案的评价与改进意见、解决实验问题的体会等。

三、合理布局与正确接线

1. 合理布局

根据实验任务和仪器设备条件,合理安排各仪器设备和实验装置的位置,布线时避免不必要的交叉和跨越,防止出现影响操作、读数及导致不安全的因素。电源设备靠近电源开关,仪表严禁歪斜放置或重叠放置。总之,力求做到安全方便、整齐清晰,使实验操作顺手,又易于观察和读数。

图 1-2-3 和图 1-2-4 分别是伏安法测量正弦交流参数的两种布局接线图。图 1-2-3 中的仪表位于实验台的外侧,离操作者近,而且接在零线上,既操作顺手,观察读数方便,又比较安全,是一种合理布局。图 1-2-4 的布局不便于操作和读数,而且不安全,因而是不可取的。

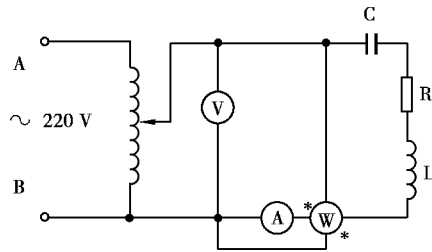


图 1-2-3

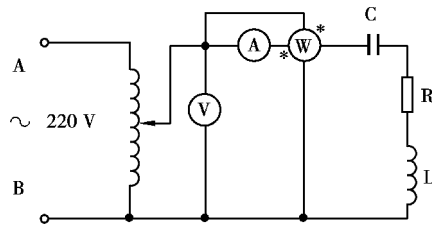


图 1-2-4

2. 正确接线

接线时根据电路的特点,选择合理的接线步骤。正确接线的程序是:按图摆台,先串后并,先分后合,先主后辅。

①按图摆台。首先根据合理布局所画出的原理图,找出各仪器、仪表与设备,放在实验台相应的位置。

②先串后并。先连接串联回路各器件,然后连接并联支路的器件。如图 1-2-3 所示电路,可先将电流表、功率表电流线圈、电阻器、电感器及电容器等逐个串联,再将电压表、功率表电压线圈分别并联在相应节点上。

③先分后合。复杂的电路要根据其特点分成几个部分。如图 1-2-5 所示电路可以分成负载和电源两部分。先将各部分线路接好,再将各部分线路连成一个完整的线路。

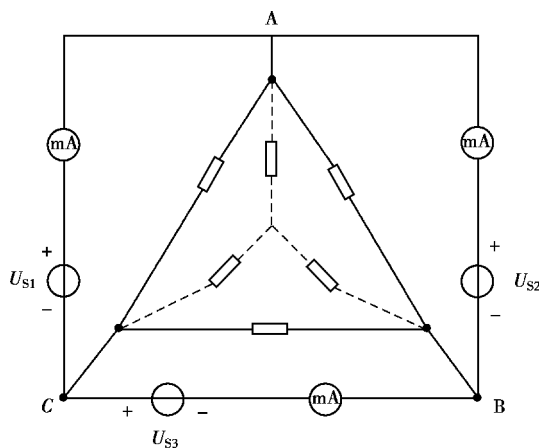


图 1-2-5

④先主后辅。如果所连的线路是一个复杂的系统,通常是先连主回路后连辅助回路。

连接电路时还应注意,导线长短要适中。接线太长则缠绕不清,不便于检查;太短则牵扯仪器,易脱线造成事故。导线的接线片不宜过多地集中于一点,每点最好不超过两个接线片。

对于图 1-2-6(a) 的原理电路图来说,图 1-2-6(b) 的接线合理,而图 1-2-6(c) 的接线则不妥。

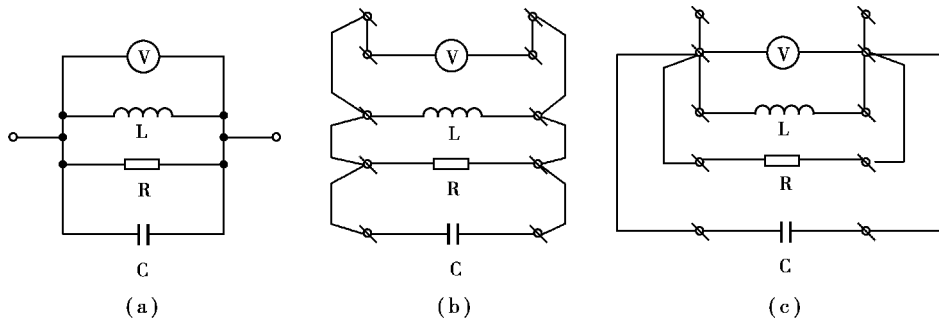


图 1-2-6

四、安全操作规则

为防止短路,烧毁设备,甚至发生触电等事故,实验前应熟悉安全使用常识,实验中必须严格遵守安全用电制度和操作规程。

①先接线检查后通电;先断电源后拆线;设备外壳要接地。

电气设备(如电子仪器)在正常运行情况下外壳不带电,一旦这些设备的绝缘性降低,就会出现漏电现象,外壳就会带电。如果人体接触带电的外壳就会触电,也称单相触电。因此电气设备金属外壳常与大地直接连接起来,或者在电源中点接地的低压系统中,把电气设备的金属外壳与中线相连,以确保实验者的安全。前者叫保护接地,后者叫保护接零。

②测量电压时,电压表经常不做固定接线,此时测量表笔必须接在电压表的接线端钮上,不得接在电源板的接线柱上,否则两支表笔相碰就会造成短路。

③接好线路后,在通电前,注意电路中各元件参数要调整到实验所需值,分压器、调压器等可调设备的起始位置要放在最安全处,仪表指零也要调好。

④通电瞬时,注意观察整个线路上所有仪器、仪表。如发现有不正常现象(光、热、声、味、烟及表针指示异常等)应立即断开电源,查找原因。

五、故障的分析和处理

实验中常会遇到因断线、接错线等造成的故障,使得电路工作不正常,严重时还会损坏设备,甚至危及人身安全。

为了防止错接线路而造成的故障,应按照线路合理布局,严格遵守安全操作规则,认真接线。接完线后一定要仔细检查,包括同学互查和教师复查,尤其是在做强电实验时,通电前必须经教师复查,确认无误后方可接通电源。若出现故障不要惊慌失措,应立即断电,仔细查找原因,争取独立排除故障。

排除实验故障是培养实际工作能力的一个重要方面,它不但需要一定的理论基础,还需要较熟练的实验技能,并在实验中不断总结经验。

1. 产生故障的常见原因

①电路连接点接触不良,导线内部断线。

②器件、导线裸露部分相碰造成短路。

③电路连线错误,测试条件不对。

④器件参数不合适,实验装置、器件使用条件不符。

⑤仪器设备或器件损坏。

2. 故障处理的一般步骤

①立即切断电源,避免故障扩大。

②检查电路器件的外观,查找有无外观异常的器件。

③仔细检查接线是否有误。

④根据故障现象,判断故障性质。故障可分为两大类:一类属破坏性故障,可造成仪器设备、器件损坏,其现象是烟、味、声、热等。另一类属非破坏性故障,其现象是无电压、无电流,或电压值、电流值不正常,波形异常等。

⑤根据故障性质,确定故障的检查方法。对破坏性故障只能采用断电检查方法,可用欧姆表检查线路的通断、短路或器件阻值等。对非破坏性故障,可采用断电检查,也可采用通电检查或两者结合的方法。

通电检查主要是用电压表、电流表检查电路有关部分的电压、电流是否正常。以图 1-2-7 所示线路为例说明电压表、电流表在通电检查故障中的具体应用。

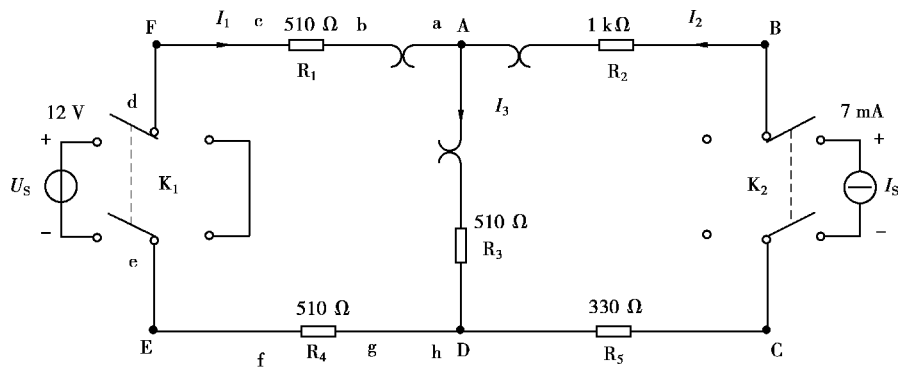


图 1-2-7

若实验过程中发现 AFED 支路电流为零,且 $I_2 = I_3 = 7 \text{ mA}$,则说明 AFED 支路有断路点。查找故障的方法为电压表逐点测量(a—b、b—c、c—d、d—e、e—f、f—g、g—h)两点间电压,测得数据分别为 0 V , 0 V , -8.43 V , 12 V , 0 V , 0 V , 0 V 。可发现断点故障出现在 c 与 d 之间。

若实验过程中发现 $V_A = V_D$,且 $I_1 = 11.8 \text{ mA}$ 、 $I_2 = 7 \text{ mA}$ 、 $I_3 = 18.8 \text{ mA}$,则可判断 A、D 间有短路点。该故障为电阻 R_3 被短路。

欧姆表法与电压表、电流表法是检查故障的两种常用方法,通常配合使用。

第 2 章

基础实验

2.1 直流电工仪器仪表的使用

一、实验目的

- (1) 学会直流电压源和直流电流源的使用。
- (2) 学会用直流电压表和直流电流表测量直流电压和直流电流。

二、实验原理

1. 实验台

电路分析实验中,直流实验所用的电源设备是直流稳压电源和恒流源,所用的测量仪表是直流电压表和直流电流表或万用表,所用的负载是电阻元件。

SBL-1 型实验台(图 2-1-1)上的电路基本量测量仪器分别是电量仪,直流电压表、直流电流表等测量仪,还有各种实验用电源,如交流电源(380 V,50 Hz)、直流稳压源及恒流源。

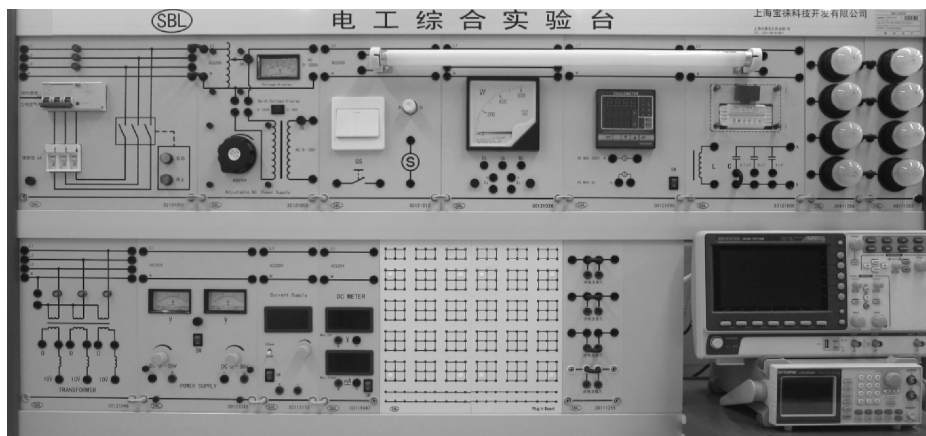


图 2-1-1 SBL-1 型电工综合实验台

SBL-1 型电工综合实验台的直流电源和直流测量仪表有指针显示和数字显示,它们之间的数据显示存在一定的误差,通常以仪表的测量显示值为准,直流电源和直流仪表有正负极之分,存在一定的容量和范围,使用时,应注意正、负极性,以及仪表的范围和仪表的量程。

当实验发生故障时,实验台会自动报警,报警指示灯红灯闪烁,发出报警声音,并且接触器跳开。此时应立即按下报警指示的红灯键(即可停止发出的报警声音),然后查出原因,恢复正常后,重新启动,才能继续实验。

2. 直流稳压电源

此仪器左右对称,是两路可同时输出的电压源,如图 2-1-2(a)、(b)所示。

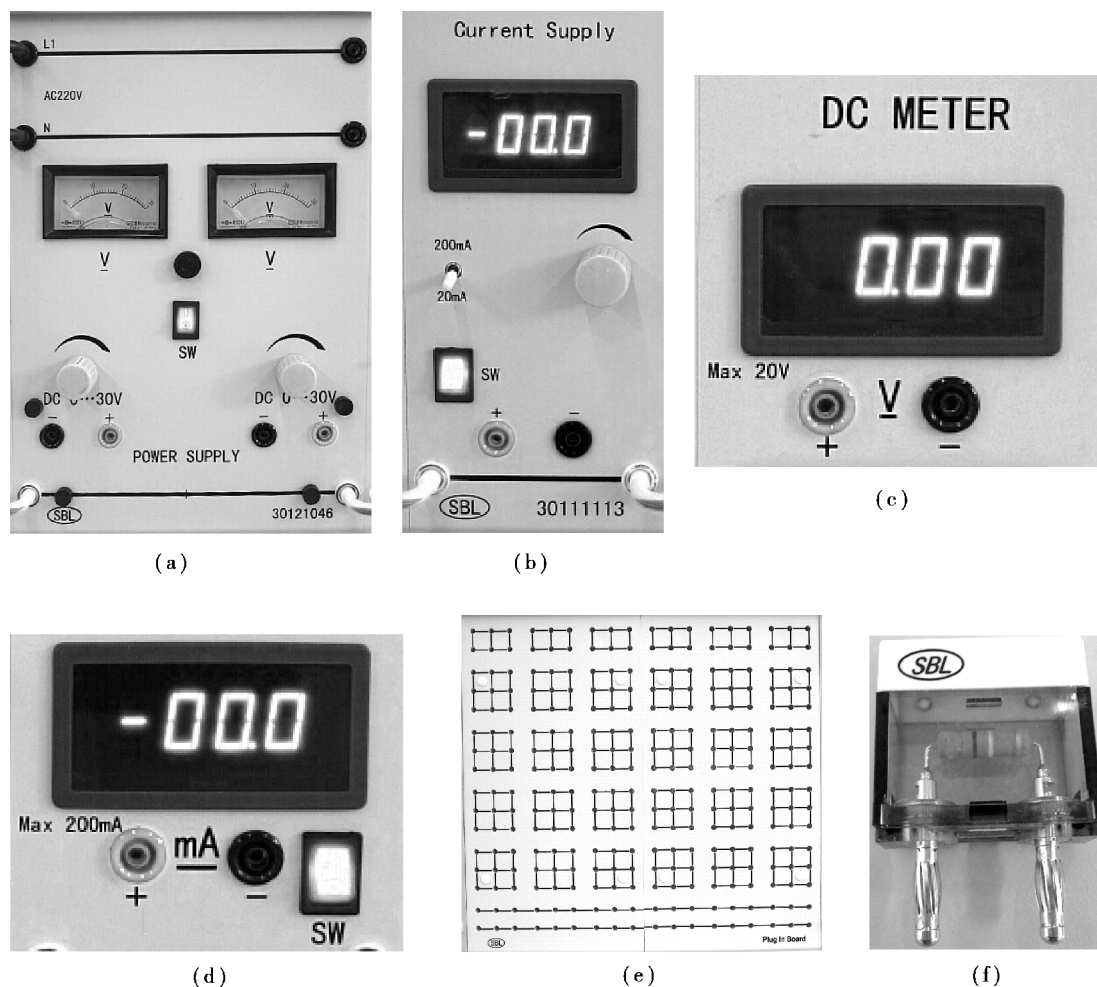


图 2-1-2

- ①实验台开机后,打开稳压电源开关,红色指示灯亮。
- ②输出端红色接线柱为电源正极,黑色接线柱为电源负极,调节输出调节旋钮,可使其输出电压在 $0 \sim 30 \text{ V}$ 调节。
- ③右边输出端与左边对称相同。
- ④注意电压源不能短路,否则仪器将自动保护,时间长了甚至被烧坏。

3. 直流数显恒流源

直流数显恒流源是可输出恒定电流的直流电流源,如图 2-1-2(b)所示。

①在实验台开机状态下,且将负载接到恒流源两输出端后,打开恒流源开关,红色指示灯亮。(注:恒流源不能开路使用,所以必须在接入电路或将其短路后,方可打开开关。)

②恒流源输出端输出电流,红色接线柱为电源正极、蓝色接线柱为电源负极,电流从电源正极流出,经负载从电源负极流入,形成回路,“电流指示”窗口直接数字显示电流源输出电流数据。

③输出电流大小由“输出开关”(其范围分别为 20 mA、200 mA)和输出调节旋钮实现。

④注意电流源不能开路,否则无电流输出,调节电流值会使电流源两端产生高电压。应正确选择电流源粗调范围。再细调到给定值,否则易发生错误,给电路造成故障,甚至损坏元器件。

4. 直流电压表

直流电压表见图 2-1-2(c)。

①直流电压表并接在电路中,用以测量电路的各电压值。

②直流电压表端口红柱为表正极、黑柱为表负极,量程为 20 V。

③测量时电压表直接数显直流电压值。当电压表正极接高电位,负极接低电位时,显示正电压值;当电压表正极接低电位,负极接高电位时,直接显示负电压值。

④如测量值超出量程,表会显示“1”,表示错误。此时应停止实验,关闭电源,查出原因,恢复正常后才能继续实验。

5. 直流电流表

直流电流表见图 2-1-2(d)。

①直流电流表串接在电路中,用以测量各支路的电流值。

②直流电流表端口红柱为表正极、黑柱为表负极,最大量程 200 mA。

③测量时,正确连接极性,所测电流值应小于 200 mA。当电流从表正极流向表负极时,电表显示正值。当电流从表负极流向表正极时,电流表直接显示负值。

④如测量值超过量程,表会显示“1”,表示错误。此时应停止实验,关闭电源,查出原因,恢复正常后才能继续实验。

6. 九孔万能插件板

实验用九孔万能插件板见图 2-1-2(e)，“田”字方格内的 9 个孔内部相连,即 9 孔相互短路,可视为一点。

7. 实验元件

实验所用元件做成如图 2-1-2(f)所示的插件形式,使用时插入九孔万能插件板即可接入电路。

三、实验设备

本实验实验设备如表 2-1-1 所示。

表 2-1-1

序号	设备名称	型号与规格	数量
1	可调直流稳压电源	0 ~ 30 V	1
2	可调直流恒流源	0 ~ 200 mA	1
3	直流数字电压表	0 ~ 20 V	1
4	直流数字毫安表	0 ~ 200 mA	1

四、实验步骤

1. 实验台的开机与关机(见电工综合实验台)

- ①合上电源空气开关,红色“停止”按钮灯亮。
- ②按下绿色“启动”按钮,红灯灭,绿灯亮。
- ③关机时,逆操作。

2. 仪器使用

①分别将直流电压表并接在电压源的两个输出端,如图 2-1-3 所示。按设备操作步骤调节电压源的输出电压分别为 6 V 和 12 V,并用直流电压表进行电路电压测量。

②将直流电流表串接在电流源输出端,如图 2-1-4 所示。按设备操作步骤,打开恒流源表开关,“输出开关”选择 20 mA,调节输出旋钮使输出电流在 0 ~ 20 mA 变化,使 I_s 分别为 7 mA 和 10 mA,并用直流电流表进行电路电流测试。

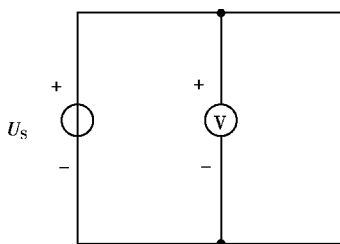


图 2-1-3

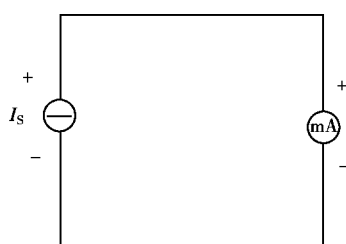


图 2-1-4

五、实验注意事项

①实验中如果直流稳压电源短路,直流稳压电源就会自动保护,输出电压为 0。此时应立即关闭电源,排除短路后方可重新开启电源。

②实验中如果直流数显恒流源开路,直流数显恒流源就会自动保护,输出电流为 0。此时应立即关闭电源,排除开路后方可重新开启电源。

六、思考题

直流稳压电源自带一只指针式直流电压表,其读数与直流数字式电压表的读数有一定误差,此误差是什么误差?

七、实验报告

通过实验结果,分析直流稳压电源、直流数显恒流源自带的显示表读数与实验用的电压表、电流表读数之间存在误差的原因。

2.2 减小仪表测量误差的方法

一、实验目的

- (1) 了解在测量过程中因电压表、电流表的内阻产生的误差及其分析方法。
- (2) 掌握减小因仪表内阻所引起的测量误差的方法。

二、原理说明

减小因仪表内阻而引起的测量误差的方法有以下两种。

1. 不同量程两次测量法

当电压表的灵敏度不够高或电流表的内阻太大时,可利用多量程仪表对同一被测量用不同量程进行两次测量,用所得测量结果经计算后可得到较准确的结果。

在如图 2-2-1 所示的电路中,欲测量具有较大内阻 R_0 的电动势 U_s 的开路电压 U_0 ,如果所用电压表的内阻 R_V 与 R_0 相差不大,则会产生很大的测量误差。

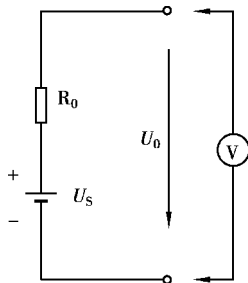


图 2-2-1

设电压表有两挡量程, U_1 、 U_2 分别为在这两个不同量程下测得的电压值,令 R_{V1} 和 R_{V2} 分别为这两个相应量程的内阻,则由图 2-2-1 可得出

$$U_1 = \frac{R_{V1}}{R_0 + R_{V1}} \times U_s \quad U_2 = \frac{R_{V2}}{R_0 + R_{V2}} \times U_s$$

由以上两式可解得 U_s (即 U_0) 和 R_0 , 其中

$$U_s = \frac{U_1 U_2 (R_{V2} - R_{V1})}{U_1 R_{V2} - U_2 R_{V1}}$$

由上式可知,当电源内阻 R_0 与电压表的内阻 R_V 相差不大时,通过上述两次测量结果,可计算出开路电压 U_0 的大小,且其准确度要比单次测量的好得多。

对于电流表,当其内阻较大时,也可用类似的方法测得较准确的结果。如图 2-2-2 所示,电路中不接入电流表时,电流为 $I = \frac{U_s}{R}$; 接入内阻为 R_A 的电流表时,电路中的电流变为

$$I' = \frac{U_s}{R + R_A}。$$

如果 $R_A = R$, 则 $I' = \frac{I}{2}$, 此时将出现很大的误差。