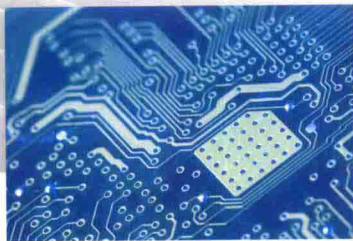




普通高等教育“十三五”规划教材



电路实验教程

主 编 吴 雪

副主编 罗小娟

编 著 吴 雪 罗小娟 张秋萍 黄 如



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

电路实验教程

吴 雪

罗小娟

吴 雪

张秋萍

罗小娟

黄 如

主 编

副主编

编 著

机械工业出版社

本书涵盖了教育部高等学校电子信息科学与工程类基础课程教学指导分委员会制定的“电路类课程教学基本要求”中关于电路课程实验教学的内容,全书共由五章和两个附录组成。

第1章从科学实验及其重要作用入手,阐明了电路实验课开设的意义、目的与教学总目标,概述了本教材三种类型电路实验的基本过程及要求。第2章介绍了电路实验基础知识,包含电路常用分立元件及集成运放器件、测量的基本方式和方法、测量误差与数据处理、实验室安全用电、实验故障分析与排除等内容。第3章、第4章和第5章分别由11个基础测量型实验(理论先于实验)、6个测试归纳型实验(实验先于理论)和6个综合设计型实验组成。第3章和第4章中每个实验都设有“知识目标”、“技能目标”和“能力目标”。附录A和附录B分别介绍了主要测量仪器和Multisim电路仿真软件的使用方法。

本书可供普通高等学校电子与电气信息类各专业作为电路实验课程教材使用,也可作为相关专业学生及技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电路实验教程/吴雪主编. —北京:机械工业出版社, 2017.2

普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-111-56041-8

I. ①电… II. ①吴… III. ①电路-实验-高等学校-教材 IV. ①TM13-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第027770号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:于苏华 责任编辑:于苏华 路乙达

责任印制:常天培 责任校对:胡艳萍 陈秀丽

北京京丰印刷厂印刷

2017年4月第1版·第1次印刷

169mm×239mm·13.75印张·262千字

标准书号:ISBN 978-7-111-56041-8

定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

本书是近年来华东理工大学对电路实验课程开展“电路及测试基础实验课程教学目标体系化研究”等系列教学改革项目的成果之一。作者在多年授课讲义的基础上,经补充整理编写成本书。

“电路实验”是高等院校电子、电气和信息工程类本科生的第一门技术基础实验课,其本质是数学与物理系统(电路)相融合的教学实践。传统的教学模式一般是“教师先讲授理论,学生再进行实验”;电路实验教材中基础实验内容的设计理念也多为由理论指导实验测量,缺少设计从实验测试到理论归纳的逆向过程的实验,而后者更易于开发学生的自主探索兴趣和研究潜能。另一方面,电路实验课程教学目标的表述模糊笼统,缺乏层级和可操作性。这样往往会造成学生学习主动性差,自主实验能力弱,不利于培养适应性强、具有创新意识和能力的高级电子电气工程技术人才。随着新的教育理论、系统论和控制论等被引入教学领域,通过教学目标的体系化来改善教学系统的控制性,已被证明是一条提高教学质量和学习效率的有效途径。因此如何设计电路实验内容和实验模式,如何提出教学目标来引导学生自主实践探索,对于提高实验教学质量,进而提高学生的综合素质是十分重要的。

为了培养学生的实验动手能力、归纳总结能力和综合设计能力,本书进行了一系列的改革和探索,形成了体系化、层级型的教学目标,层次化、阶梯式的电路实验内容,并引入了“实验先于理论”的实验模式,使得学生在电路实验过程中,一方面可将电路理论课程中学到的定理和定律在实际电路物理系统中通过测量得到验证和展现;另一方面还可以直接通过测试数据和实验结果的分析,归纳总结出相应的电路特性及其理论;更进一步,还能根据物理系统的功能需求,设计出满足输入激励与输出响应之间约束关系的电路。

本书分为五章,共计23个实验专题,编写思路与主要特点如下:

1. 体系化、层级型的教学目标。依据美国教育心理学家布卢姆的教育目标分类学,将基础测量型和测试归纳型的每个实验的教学目标分为三个层级:①知识目标;②技能目标;③能力目标。其中知识目标是基于认识和理解层级的;技能目标是基于应用层级的;能力目标是基于分析、综合和评价层级的。同时,将这些目标具体分解、细化到每个实验的预习/自习与思考、思考与扩展、测试与归纳和实验报告要求中,从而使电路实验课程教学目标表述清晰,具有层级性和可操作性。

2. 层次化、阶梯式的实验内容。基于教学目标,在电路实验教学中,确定了由浅入深、由基础测量到综合设计、由理论分析到归纳提炼的层次化、阶梯式的总体教学方案,将实验内容分成基础测量型、测试归纳型、综合设计型三个层次。本书尝试从实验原理演绎、实验测试结果归纳两种思想方法和设计理念来组织基础测量型和测试归纳型的实验内容;从有助于学生建立信号转换、传递、监控等系统的概念来组织综合设计型的实验内容。以期构建传统方法与现代技术、硬件操作技能与软件仿真实验、数学分析与物理实证相互融合的电路实验教学体系,从而将电路实验由传统的单一验证原理和掌握操作技术性实验拓展为综合技能训练的实践。基础测量型实验的任务是学生通过实验测量操作手段验证所学到的理论知识(即从理论分析到实验验证);测试归纳型实验的任务是学生通过实验测试以及对实验结果和数据的分析,归纳总结出电路的定律、特性和功能(即从实验测试到理论归纳);综合设计型实验的任务是学生依据电路功能的需求,设计并实现满足技术指标的电路(即从理论到实践、再从实践到理论的双向过程)。这种教学模式旨在引导学生从基础实验入手,循序渐进阶梯式提高,既训练学生的基本实验技能,加深对基础理论的理解掌握,又培养学生的科学思维方法,开发学生自主研究探索的潜能。

3. 引入“实验先于理论”的实验模式。基础测量型实验的模式是学生先学相关电路理论后再进行实验测量,重在学习基本测量方法和掌握实验技能并验证所学理论,加深对所学理论的感性认识,本质上是运用演绎法,即从一般到个别,普遍到特殊的推理,是认识的具体化过程。而测试归纳型实验的模式是学生在学相应电路理论之前先进行实验测试和实验现象观察,然后从实验结果和测试数据中总结出相关的理论公式、电路特性或功能,从而获得新知识,即通过个别认识一般,这种方法实际上属于归纳法。例如在4.2节中,学生在学习齐次定理之前,可以通过仿真实验,多次测试某线性电路响应随激励变化的数据后,发现激励与响应之间具有比例关系,而没有发现反例,便可归纳总结出线性电路“响应与激励成正比”的结论。此例就是应用了简单枚举归纳法,即根据对某类事物部分对象的观察,发现这些对象都具有某种属性,而又没有遇到相反情况,因此推导出该类事物所有对象都具有某种属性的一般性结论的推理方法。多年教学实践证明,通过“基础测量型实验”和“测试与归纳型实验”的实验模式引导学生体验运用演绎法和归纳法这两种不同的科学研究方法,对培养学生的抽象思维能力和逻辑推理能力、开发学生的探索潜能是成功有效的。

4. 将比较器等有源器件引入综合设计型实验,使所设计的电路具有感知、监控功能,能激发学生设计电路的兴趣,有助于学生建立传感、反馈、控制等系统的概念。在硬件电路综合设计实验之前,要求学生在“预习与思考”环节中对各功能模块的电路设计进行 Multisim 软件仿真实验,目的在于促进学生的主动

思考、自主分析和提高独立解决技术问题的能力。

5. 本书内容能与电路理论课程内容进度保持同步或超前,使得电路实验和电路理论两门课程相辅相成,一方面有助于学生将理论分析及时用于指导实践,深化理解与牢固掌握理论知识;另一方面学生可从实践中学习,从实验感性认识中自主归纳总结,上升到理性认识。

本书由吴雪、罗小娟、张秋萍、黄如编著;吴雪任主编,罗小娟任副主编。其中第1章,第3章3.4节,第4章4.1节、4.2节,第5章5.1节、5.2节、5.4节、5.5节由吴雪编写;第2章,第3章3.1节、3.6节、3.8节、3.11节,第4章4.3节,第5章5.6节由罗小娟编写;附录A,附录B,第3章3.2节、3.3节、3.5节、3.7节、3.10节由张秋萍编写;第3章3.9节,第4章4.4节、4.5节,4.6节,第5章5.3节由黄如编写。全书由吴雪整理和统稿。

本书承蒙吴锡龙教授认真细致的审阅,并提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心感谢。

在编写本书的过程中吸取了华东理工大学电工技术基础实验课程教学的宝贵经验,参考了部分兄弟院校的电路实验教材和中外文文献,得到了张万顺副教授的帮助以及电子信息实验中心多位同仁和学生张立、高楼的支持,在此一并深表谢意。

由于作者水平有限,书中缺点及不足之处在所难免,欢迎广大读者批评指正。

吴雪

2017年2月于华东理工大学

目 录

前言

第1章 电路实验课概论	1
1.1 科学实验及其重要作用	1
1.2 电路实验课开设的意义与目的	4
1.3 电路实验类型及其教学目标	5
1.4 电路实验的基本过程及要求	6
第2章 电路实验基础知识	12
2.1 电路常用元器件	12
2.2 测量的基本知识	21
2.3 测量误差与数据处理	23
2.4 实验室供电系统及安全用电	28
2.5 实验故障分析与排除	33
第3章 基础测量型实验	35
3.1 仪表内阻的测定与测量误差的计算	35
3.2 电路元器件伏安特性的测绘	39
3.3 运算放大器及其受控电源的构建	44
3.4 二端口网络参数的测试	50
3.5 常用电子仪器的使用与典型电信号的测量	56
3.6 一阶电路的瞬态响应测试	66
3.7 交流电路中元件参数的测量	72
3.8 感性电路的测试及功率因数的提高	79
3.9 互感的测量	84
3.10 三相交流电路的电压、电流及功率测量	88
3.11 二阶电路的响应研究	95
第4章 测试归纳型实验	101
4.1 电流定律和电压定律的自主仿真实验研究	101
4.2 电路叠加性、齐次性和互易性的实验研究	110
4.3 等效电源定理的实验研究	114
4.4 R 、 L 、 C 元件阻抗的频率特性的自主测定	120
4.5 RLC 谐振电路的实验研究	124
4.6 二阶 RC 网络频率特性的测试	130
第5章 综合设计型实验	135

5.1 移相器的研究与设计	135
5.2 滤波器的研究与设计	138
5.3 有源变换器的实现及其应用	143
5.4 温度测试与显示电路的实现	154
5.5 光报警定时器电路的设计	161
5.6 波形发生器的设计与实现	166
附录 A 主要测量仪器使用方法简介	171
附录 B Multisim 电路仿真软件简介	187
参考文献	212

第1章 电路实验课概论

本章概述了科学实验及其重要作用，介绍了开设电路实验课的意义与目的，给出了本课程电路实验类型及其教学目标，明确了课前准备、课上实验操作、课后报告总结三个阶段的任务和要求，这些内容对本课程的学习具有指导意义。

1.1 科学实验及其重要作用

科学实验是科学技术得以发展的重要保证，是研究自然科学的手段。作为理工科的学生，在上电路实验课之前有必要先认识科学实验及其重要作用，从而在进行电路实验的过程中能有意识地体验和学习其中的科学实验方法。

从自然科学的基本方法来看，科学实验是获得经验的方法。具体来说，科学实验是科技人员根据一定的科学研究目的，利用科学仪器、设备等物质手段，在人为控制或模拟研究对象的条件下，为获得科学事实进行的一种探索活动的全过程。这种应用一定的科学仪器控制研究对象使其按照自己的设计发生变化，并通过观察和分析这种变化来认识对象的方法也称为实验法，是自然科学的研究方法之一。

科学实验大体上可分为研究性实验和学习性实验。研究性实验是原创性实验，事先并不知道实验的结果，实验的目的是为了探索自然的奥秘和客观规律。学习性实验是重复性实验，这种实验已反复进行过多次，事先已经知道实验的结果，实验的目的是为了使实验者学习科学知识或掌握实验方法。

科学实验一般由设计、操作、观察、思考四个环节构成，主要是对实验现象的观察和理解。实验观察是在人工条件下观察自然事物，使研究对象的特殊性质突显出来，从而达到认识对象的特殊性质的目的。

科学实验最基本的作用一般来说有两个，其一是发现新的理论，其二是证明或反驳假说。

在发现新假说或新理论方面，影响最深远的科学实验之一是丹麦物理学家奥斯特（H. C. Oersted, 1777—1851，见图 1-1）通过实验发现了电流的磁效应，在电与磁之间架起了一座桥梁，从而揭开了电磁学的历史序幕。1820 年，奥斯特在一次实验中，偶然将导线平放并与磁针平行，他惊奇地发现，一旦导线通电，磁针就转向与导线垂直的位置（见图 1-2）。奥斯特还观察到，当在水平面上改变导线的轴线方向时，磁针也跟着转动；如果将磁针改为铜、玻璃

或树脂材料的针，则通电导线对这些针不产生影响。他试将硬纸板放在导线和磁针之间，这丝毫不影响磁针偏转的性质，敏锐的洞察力驱使他反转了电流，观察到磁针也向相反的方向偏转。反复实验使他弄清了运动电荷与磁针之间具有相互作用，磁针的转向与通电导线轴线位置和电流的方向有关，从而揭示出电和磁之间存在着的必然联系。奥斯特在法国杂志《化学与物理学年鉴》发表了他的发现，使得“电磁学”这一学科得以诞生。1825年，法国科学家安培（A. M. Ampere, 1775—1836）提出了著名的安培定律。他从1820年开始测量电流的磁效应，发现两个载流导线存在着相互吸引或相互排斥的作用力，继而通过一系列的实验证明了一切电磁作用都可以简化为电流之间的相互作用，这一重大的简化使安培定律成为研究电磁学的基本定律，为电动机的发明作了理论上的准备，并开创了电动力学的新纪元。



图 1-1 丹麦物理学家奥斯特

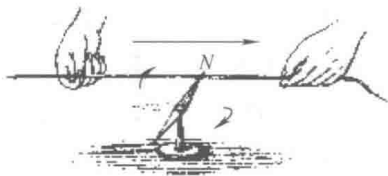


图 1-2 磁针始终转向与
通电导线垂直的位置

在自然事物运动之规律假说的检验和证明方面，在电学发展史上亦有许多重大的科学实验例证。1827年，德国物理学家欧姆（G. S. Ohm, 1787—1854，见图 1-3）通过多年的实验研究和计算，发现和验证了电阻上电压与电流之间的定量关系，从而提出了今天普遍应用的电路基本定律——欧姆定律。1831年，英国物理学家法拉第（M. Faraday, 1791—1867，见图 1-4）发现了电磁感应现象。他在继续奥斯特的实验时作了这样的推理：既然电流能产生磁，那么按照自然界普遍存在的对称性，磁也应该能产生电流。通过进行各种各样的实验，他终于发现在线圈内运动的磁体可以使线圈中产生电流，从而揭示了法拉第电磁感应定律。这一发现成为发电机和变压器的基本原理，进而使机械能转变为电能成为可能，推动了电在工业上的广泛应用，使人类社会的 19 世纪下半叶迈入了电气时代。



图 1-3 德国物理学家欧姆



图 1-4 英国物理学家法拉第

在奥斯特和法拉第工作的基础上,英国物理学家麦克斯韦(J. C. Maxwell, 1831—1879, 见图 1-5)总结了当时所发现的种种电磁现象的规律,推论出变化的电场与变化的磁场不断相互产生,并以波的形式在空间传播。1855~1865年,麦克斯韦把数学分析方法带进了电磁学的研究领域,由此导致麦克斯韦电磁理论的诞生。他提出了一组关于电和磁共同遵守的数学方程,即麦克斯韦方程,并且预言了电磁波的存在和电磁波与光波的同—性,奠定了无线电通信的基础。他的理论激发了一代人探索和证明电磁波存在的实验活动。1887年,德国物理学家赫兹(H. R. Hertz, 1857—1894, 见图 1-6)经过艰苦的反复实验,成功地进行—了电磁波产生、传播和接收的实验,终于证明了麦克斯韦所预言的电磁波确实存在,并从电磁波的传播规律上确认了它与光波的同—性。赫兹这项意义重大的实验不仅证明了麦克斯韦的理论,也为无线电通信的发展创造了条件。



图 1-5 英国物理学家麦克斯韦



图 1-6 德国物理学家赫兹

综上所述,科学实验是人类发现和认识自然规律的重要途径,同时也是检验理论正确与否的主要方法和手段。一方面,对实验观察到的现象和测出的数据加以归纳总结和抽象,找出内在的联系和规律而得到理论,实验是理论创新的重要

源泉；另一方面，理论一旦提出，又必须借助实验来检验其是否具有普遍意义，实验是检验理论的手段。因此，科学实验是科学认识的重要源泉和真理性的标准，在电学发展史上乃至人类科学史上具有重要的引领和推动作用。作为理工科的大学生和从事科学技术工作的专业人员除了应具有本学科扎实的理论知识外，还应掌握相关的实验方法和技术，具备用实验手段和方法解决问题的能力。

1.2 电路实验课开设的意义与目的

电路实验课是电气、电子信息类专业的学生进入技术基础课学习阶段的第一门实验课，也是一门操作性很强的课程。它以电路理论为基础，以基本测量技术和方法为手段，培养学生基本的实验技能，独立的操作能力，良好的实验素养，旨在将所学理论知识过渡到应用和实践，提高学生分析和解决问题的综合能力，为后续其他电类实验课、技术基础课、专业课的学习及今后的生产实践与科学研究打下扎实的基础。

传统的电路实验课主要侧重于理论指导下的实验操作技能的培训。进入 21 世纪后，社会对人才的需求不仅是掌握实验技能和理论的应用，更需注重综合能力和创新精神，电路实验课已经由单一的验证原理和掌握实验操作技术拓展为综合能力训练的实践平台，成为学生掌握实验技能和科学实验研究方法的重要教学环节。

电路实验课程的开设有别于大学物理中的实验，它不再只是为了巩固理论知识、验证某个定理，或者观察几个电路的功能是否与理论一致，而是侧重于在实验室这个模拟现场的环境里，一方面从理论到实践，逐步学会运用从书本中学到的理论知识，去培养分析和解决实际问题的能力，去实现自己的设计；另一方面是从实践到理论，即先于理论做实验，根据实验数据和结果总结归纳电路与系统的特性，去设法认识自己尚不清楚的现象，去验证自己的设想。这些对于电子、电气信息类学生理解和运用电路基本理论，以及培养学生分析和解决实际问题的能力、科研实验能力和创新能力来说都是极其重要的。

本课程开设的主要目的有：

- 1) 学习有关电工电子测量的基本知识、测量方法和实验技能。
- 2) 掌握常用电工电子仪器、仪表的使用方法和基本测试技术，培养良好的操作习惯及严谨的科学实验态度。
- 3) 学习和掌握应用计算机软件进行仿真实验和分析的方法。
- 4) 配合电路基础理论的学习，验证、巩固和扩充某些重点理论知识。
- 5) 注重实验现象的观察和实验数据的分析，培养从个别到一般的归纳推理能力，锻炼善于发现问题、分析问题和独立解决问题的能力。

6) 培养学生进行基本实验设计的能力,运用所学理论制定实验方案和选取元器件参数,选择和改进实验方法,实现设计目标和技术指标,提高分析思维能力与实践能力。

7) 培养学生对实验结果进行数据处理、误差分析和撰写实验总结报告等从事专业技术工作所必须具备的初步能力和良好作风。

8) 形成自主学习研究、勤于动手实践和主动探索创新的意识和风尚。

1.3 电路实验类型及其教学目标

电路实验类型一般有基础型、设计型、综合型、研究型和探索型等。基于电路实验课开设的目的,本课程开设的电路实验分为基础测量型、测试归纳型、综合设计型三种类型。实验内容按照从基础到综合、从易到难的递进思路进行安排,并充分体现本课程的要求。通过基础测量型实验来完成基本实验技能和测试技术方面的训练;测试归纳型实验要求学生根据实验任务自主安排部分实验内容的测试项目和相关参数,逐渐减少教师提供具体的实验步骤和指导的次数,并能从测试数据和观察实验现象中归纳、总结出尚未学习的相关理论知识以及电路系统的特性、功能和规律,从而达到培养学生观察、研究、分析和归纳能力的目的;综合设计型实验则要求结合实际需求,综合运用所学的电路理论知识、分析方法和实验手段设计和实现电路功能,并进行相关测试、数据处理和分析,最后撰写研究报告。其中基础测量型、测试归纳型实验单元教学目标又分解为“知识”、“技能”和“能力”三个子目标,每个子目标的内容根据不同类型实验的目的而设定。

基础测量型实验是学生学习电路相关理论知识后进行的基本实验操作技术和基本测量方法的规范型实验。通过基础测量型实验的学习,使学生们对实验的意义有一个正确认识,在实验测量方法、技巧及动手能力方面得到锻炼,并初步掌握如何运用所学理论知识去指导具体操作,了解进行实验要经历哪些步骤,对理论与实践的关系建立起一定的感性认识,掌握实验报告的撰写方式等。基础测量型实验的知识目标是学习电工测量的基本知识和测量方法,配合电路理论学习,验证、加深理解和扩充某些重点理论知识;技能目标是掌握常用电工电子仪器、仪表的使用方法和基本测量技能;能力目标是培养对实验结果进行数据处理、分析、总结以及实验报告编写的能力。

测试归纳型实验是学生可以先于电路理论学习进行的实验。即通过实验手段,观察实验现象,分析、总结测试数据和波形,归纳、推导出相关电路系统的特性、功能、规律与结论,由“感性”上升到“理性”,从而获得相关理论知识。测试归纳型实验的知识目标是学生进行实验前应掌握的相关基本概念,并在

实验后归纳推导出的相关理论知识；技能目标是掌握电路仿真软件的使用，熟练实验方法的应用和自行在软/硬件平台上完成电路中基本电量的测试；能力目标是培养学生在实验中的观察能力，以及由实验现象和测试结果归纳电路的特性、功能，进而推导出相关理论知识的能力。该类实验特别适合于相关电路理论内容还没有学习时先进行的电路实验，即适合安排该类实验内容超前于相关电路理论课程内容。

综合设计型实验是从实际工程问题中提炼出来的专题型实验，既涉及理论知识的综合，也涉及实验方法的综合，是在前两类实验的基础上进行的综合性实验，其重点是电路设计。一般电路的设计工作主要包括：根据给定的功能和指标要求制定电路的总方案；设计各部分电路的结构，计算和选择元器件的初始参数；使用仿真软件进行电路性能仿真和优化设计；安装调试电路，进行电路性能指标的测试；从测试结果中考证、评估该电路的特性、功能及工作状态等，以判断结果是否符合实验任务要求。因此综合设计型实验总的教学目标是培养学生综合运用所学理论知识和实验测试方法解决实际问题的能力，通过电路设计和实验研究进行设计思想、设计技能、调试能力、数据归纳处理能力、实验结果分析、总结与评价能力的综合训练，从而培养学生严谨的科学作风和创新精神，提高学生的综合素质。

1.4 电路实验的基本过程及要求

电路实验课的基本过程一般分为三个阶段：课前准备（预习/计划/设计）、实验操作、课后报告总结，每一个阶段都有其明确的任务和目的。

1.4.1 课前准备阶段

实验课前准备阶段是整个实验不可或缺的环节，是保证实验顺利进行和达到预期效果的必要步骤。

1. 基础测量型实验的课前预习阶段

基础测量型实验的课前预习阶段如图 1-7 所示。在做基础测量型实验前，应明确实验内容和目的，复习和掌握该实验所依据的基本原理和理论知识；根据给出的实验电路和元件参数进行必要的理论计算，从而对实验结果做到心中有数，以便在实验中能及时发现问题，以理论指导实践，保证实验结果的正确性；预习实验方法和测量手段，详细阅读实验所用仪器仪表的使用说明，提前熟悉操作要点；根据实验要求进一步确定实验步骤和操作流程，包括每步操作的注意事项、仪器设备、测量顺序和安全措施等，这是培养良好操作习惯的重要环节；预习时应拟好所有记录测量数据及测试内容的表格，并将计算的理论数据填入表格便于

与记录的实验测试数据进行对比分析。如果实验有预习思考题必须认真完成，并撰写预习报告。

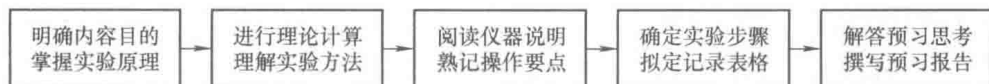


图 1-7 基础测量型实验的课前预习阶段

2. 测试归纳型实验的课前计划阶段

测试归纳型实验的课前计划阶段如图 1-8 所示。该类实验注重实验现象的观察和实验数据的归纳分析，培养从个别到一般的归纳推理能力。在实验前首先要复习掌握实验中的预备知识，在明确实验任务和目的基础上，深入理解实验内容，了解需要测试和调试的电量参数，并拟定好实验操作流程；需要用仿真软件的实验应先预习软件使用要领；自行设置实验中的元器件参数，并拟好记录测试数据的表格，注明取多少数据，数据如何分布，是否要重复测量，重复的次数，数据有效数字的位数，测试过程中的注意事项（如仪器仪表接入的极性、调节速度、稳定时间、单调增加或减少等）；自习实验所需的预备知识，对思考题进行分析和解答，完成实验计划报告。

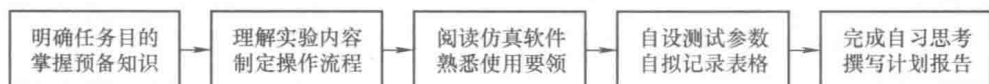


图 1-8 测试归纳型实验的课前计划阶段

3. 综合设计型实验的课前设计阶段

课前设计阶段是综合设计型实验的重要环节，如图 1-9 所示，其重点在设计上。首先应明确设计任务，理解设计需求；在掌握相关实验原理的基础上，拟定设计方案总体框图，然后将电路的功能分解到每一个模块单元上，并对每一功能模块进行具体单元电路结构设计；通过阅读相关应用实例和背景技术资料，自学有关元器件的知识，以及用电测量获得“非电量”信号的方法和工程应用，根据电路元器件的工作原理和实验平台提供的条件确定电路参数选择依据，计算元器件参数并选定元器件；应用相关电路分析软件对所设计的电路模块单元进行仿真实验测试和整体电路调试，完成电路性能仿真和优化设计，依据最终设计方案拟定实验步骤和测量方法，画出必要的的数据记录表格。

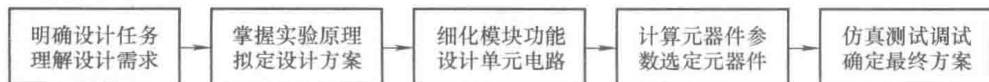


图 1-9 综合设计型实验的课前设计阶段

4. 课前预习/计划/设计报告的编写

预习/计划/设计报告一般包括以下几项内容：

- 1) 实验名称。
- 2) 实验任务与目的。
- 3) 实验原理/预备知识要点。
- 4) 实验电路图与具体接线图。
- 5) 实验步骤。
- 6) 记录测试数据和曲线图的表格及相应的理论计算公式。
- 7) 实验设备。
- 8) 实验注意事项。
- 9) 预习与思考题解答。

需要注意的是，当一次实验含有多项内容时，应逐项按照实验电路、步骤、记录表格、注意事项等顺序进行，这样做有利于实验时的操作及按顺序进行实验。

预习/计划/设计报告是为实验后的总结提供原始资料，除了要对本次实验中应观察哪些现象、记录哪些数据等做到心中有数，另外在实验中出现的一些问题也应在预习/计划/设计报告中及时记录下来。例如实验中对原定方案的修改，具体操作中的新手段、新体验和故障原因等，以便在课后撰写实验报告时进行详细分析、归纳和总结。

1.4.2 实验操作阶段

实验操作的任务是将预定方案付诸实施的过程。在此过程中，一方面要完成实验任务，提高实际动手能力；另一方面是通过完成实验养成严谨的工作作风，培养善于发现问题、思考问题的习惯，锻炼分析和解决实际问题的综合能力。

任何草率、急躁和不按规程操作都会导致实验错误或失败。因此在该过程中，要做到脑勤、手勤，对实验中出现的（成功或失败）和原始测量数据都应做详细记录。

实验操作过程一般应按照下列程序进行：

1. 仪器准备与合理选择

进入实验室后，不要急于接线，在实验前需仔细听教师讲授本次实验的要求及注意事项。先在规定的实验台上检查本次实验所用的仪器设备、元器件等是否齐全完好，注意仪器设备类型、规格和数量是否正确。同时熟悉仪表、仪器设备的使用方法，了解其性能及注意事项。再检查各仪器仪表测量线是否导通，例如万用表置电阻档，使测量棒短路，示数为零则测量线完好；示波器测量棒短路，在合适的灵敏度下，若屏幕显示直线则测量线完好；稳压电源的输出用万用表直

流电压档测量,注意正确连接电源的正、负极性,观测有无正确的电压值等。然后根据实验要求选择好仪器仪表量程,不能预估被测值时,应先选择高量程。

2. 连接电路

接线前应将各设备和仪表放置到便于操作和读数的位置。所有电源开关应在断开的位置,保证接线过程在断电条件下进行。接线时,按照线路图先连接串联主回路(由电源的一端开始,顺次而行,再回到电源的另一端),然后再连接并联分支路。接线应安排得整齐清楚,一般每个接线插孔上的接线插头尽可能不要多于三个。电路各部分的地要接于一点,即所谓的共地,以避免干扰信号的引入。线路接好后,不要急于通电,应仔细检查一遍,经查无误并请教师复查同意后,方可开始通电实验。

3. 通电实验

接通电源前先将电源的有关旋钮或可变电阻调至零位,或置于实验要求的位置。合上电源开关后,缓慢调节电源的输出电压,注意观察各仪表的偏转是否正常。如有异常,要立即关断电源进行检查和处理。实验过程中如果需要改换线路,应首先将电源电压调回零位,并关断电源。待改换完线路并检查无误后,方可通电继续实验。

4. 现象观察与数据记录

观察并记录实验中的现象和数据是实验过程中最主要的步骤,必须集中精力认真仔细地进行,自觉提高对实验数据的观察力,提高对各种实验现象的敏感性。

为保证实验结果正确,接通电源后,先大致试做一遍。试做时不必仔细读取数据,主要观察各被测量的变化情况和出现的现象。可发现仪表量程、精度是否合适,设备操作是否方便等,若有问题应在正式实验前加以解决。

试做无问题后即可开始正式实验,操作时要注意:手合电源,眼观全局;先观察现象,再读数据。读数前要弄清仪表量程,记录要完整清晰,一目了然。

实验数据应记录在预习/计划/设计时制好的数据表格中,有效数字要完整,并标明被测量的名称和单位;保持定值的量可单独记录。如果测量某一量的变化曲线,测量点的数目和间隔应适当选取。被测量如有最大值或最小值必须测出。在变化曲线较弯曲处取点应多一些,变化曲线较平坦处取点可少一些。取点应分布在需要研究的整个范围,不要只局限于某一部分。读取数据后,可先把曲线粗略地描绘一下,应以足够能描绘出一条光滑而完整的曲线为准,发现数据不足时,应及时测量后补充数据。要尊重原始记录,实验后不得涂改。经重测得到的数据,应记录在原数据旁或新数据表格中,不要涂改原数据,以便比较和分析。

实验过程中不要只埋头于读数,要有意识地提高自己的观察能力和应变能力,随时注意捕捉出现的异常现象。例如仪器设备的发热、发光、不正常声响、