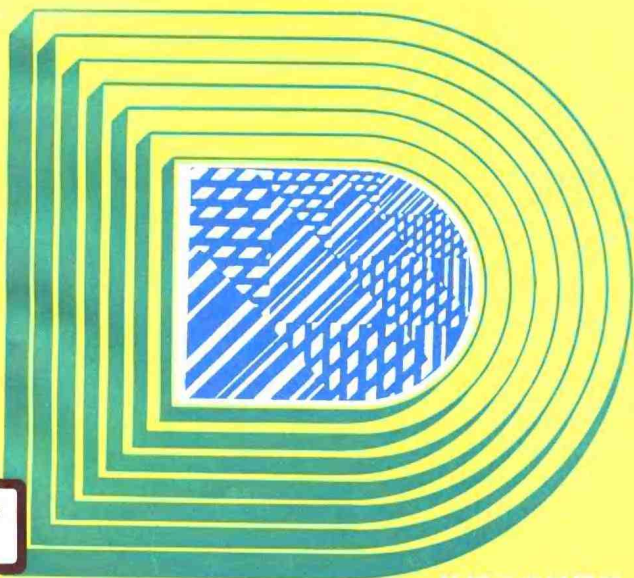


高等学校适用教材

# 电路理论 实验指导

胡思胜 主编



-33

机械工业出版社

本书是根据《电路课程教学基本要求》对实验教学的要求，由哈尔滨电工学院等九所高等院校联合编写的，并经九所高等院校《电路理论》教材编审委员会通过。

本书分三章和一个附录。第一章电路理论实验综述，主要包括电路理论实验基本要求；电路理论实验指导基本原则。第二章电路理论实验项目与内容，包括直流电路；一阶、二阶电路响应；交流电路，三相电路，非正弦电路；有源电路；二端口网络；分布参数电路，直流磁路及万用表设计、安装与调试等二十三个实验项目。第三章电测、电测仪表基本知识及常用电工仪器使用知识。附录是使用本书时，有关问题的几点说明。

本书在“经典”实验项目基础上，内容有所拓宽，方法有所更新。在实验项目、内容的选择上有较大余地，适用于四年制高等工科院校电类各专业作为实验教材，亦可供夜大、电大、职大、中专等学校选用和有关人员参考。

### 电路理论实验指导

胡思胜 主编

责任编辑：牛新国 责任校对：贾立群  
封面设计：姚毅 版式设计：罗文莉  
责任印制：庞云武

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南里一号）  
（北京市书刊出版业营业许可证出字第117号）

煤炭工业出版社印刷厂印刷  
机械工业出版社发行·机械工业出版社经销

开本  $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张  $9^{1/16}$ ·字数 228 千字  
1989年8月北京第一版·1989年8月北京第一次印刷  
印数 00,001—10,000·定价：4.40元

ISBN 7-111-01693-9/TM-213

## 九所高等院校《电路理论》教材编审委员会

- |       |     |     |             |
|-------|-----|-----|-------------|
| 主任委员  | 史乃  | 教授  | (哈尔滨电工学院)   |
| 副主任委员 | 朱国玺 | 教授  | (东北林业大学)    |
|       | 王尔智 | 副教授 | (沈阳工业大学)    |
|       | 周欣荣 | 副教授 | (哈尔滨电工学院)   |
| 委员    | 岳云龙 | 副教授 | (哈尔滨科学技术大学) |
|       | 温书田 | 副教授 | (吉林工业大学)    |
|       | 潘孟强 | 副教授 | (沈阳工业大学)    |

## 出版说明

本套教材是根据国家教委于1987年批准试行的《电路课程教学基本要求》，认真总结了教学改革的经验，并参考了国内外相近教材编写的。

这套教材包括：《电路理论(基础部分)》、《电路理论(现代部分)》、《电路理论例题习题集》、《电路理论学习指导》、《电路理论实验指导》、《电路的计算机辅助分析程序》和《电类专业英语阅读》，共七册。全套教材是互相联系的有机的统一体。

本套教材体现了电路课程既是电工学科的入门课，又是各电类专业的技术基础课的性质；适应了实验、计算机使用和外语学习不断线的需要；贯彻了理论联系实际的原则；着眼于培养学生的自学能力，以及分析计算能力、实验操作能力、使用计算机能力和运用外语的能力。

本套教材在培养学生基本理论、基本知识、基本技能方面，注意到体现科学性、启发性、先进性和教学的适用性。力图通过理论学习、实验、习题、外文的阅读、计算机辅助分析等教学环节，使他们初步掌握研究和学习电工理论的方法和手段，增强学生的能力和开拓创新的精神。

参加本套教材编审工作的单位有：哈尔滨电工学院、沈阳工业大学、吉林工业大学、哈尔滨科学技术大学、东北林业大学、无锡轻工业学院、大庆石油学院、太原重型机械学院和上海机械学院。哈尔滨电工学院为主编单位。

最后谨向帮助与支持编写、出版本套教材的有关部门和同志，致以诚挚的谢意。

九所高等院校《电路理论》教材编审委员会

1988. 7

## 前 言

电路理论实验,既是电路理论课程的重要组成部分,又是工程实验基本技能训练和能力培养的起点。针对工科院校学生毕业后,主要从事生产、技术改造和科学研究的第一线工作,加强实验环节是重要的和必要的。

根据《电路课程教学基本要求》对实验教学部分的具体要求,并以此为基点,编写了这本书。

在侧重点上,突出实验基本技能训练和能力的培养。加强了实验的原则性指导,减少了对一些实验的具体步骤的详细说明;由浅入深地对一些实验提出了具体要求,如设计部分实验电路,拟定实验步骤,设计数据表格和万用表从设计计算到安装调试全过程等。给予学生独立实践的机会,促使他们广开思路,以达到综合训练的目的。

在实验原理、实验方法上,突出工程实用性,不过多追求完整性和系统性。但是,具体内容的顺序安排,又密切与理论教学相配合,互相促进,共同提高,以取得较好的教学效果。

在实验项目、内容、方法选择上,以“经典”项目、内容、方法为基础,进行了适当地伸展和更新,以增加本书的适应性和适用性。如交流电路参数测量实验,除保持原有内容和方法外,增加了用相量电压表测量交流电路参数的方法;三相电路实验,增加了感性内容和容性负载,使三相实验内容更加丰富、实际;非正弦电路研究实验,增加了用选频电平表进行频谱分析的方法;二端口网络参数测量实验,增加了阻抗参数的内容;网络频率特性研究实验,增添了相频特性的测试内容等。考虑到实验室现有条件,实验参数给出比较灵活,仪器设备与实验装置基本通用或共用。对于新增或要求较高的内容,均加星号\*标注,以供选择。

由于各专业对实验的要求不一样,给出的学时及实验单元时间长短的不同等,执行中可能会遇到一些具体问题。这些问题,在附录中作了必要的具体说明。

本书由哈尔滨电工学院等九所高等院校联合编写,哈尔滨电工学院胡思胜任主编,参加编写工作的还有戚玉盛、孙少甫、范忠正、刘广恩、于晓玲、姜秀芳、李晓明等。潘孟强同志任主审。

本书于1988年5月经九院校《电路理论》教材编审委员会评审后进行了修改,同年7月对修改稿再次作了校订。

在本书编写过程中,九所兄弟院校电工基础教研室、实验室的许多同志给予了积极的支持,并提出了许多宝贵意见和修改方案,在此谨表衷心的感谢。

限于编者水平,缺点和错误之处在所难免,希望读者批评指正。

编 者

1988年7月

# 目 录

第一章 电路理论实验综述 .....	1
§ 1-1 电路理论实验的地位与作用 .....	1
§ 1-2 电路理论实验的基本要求 .....	2
§ 1-3 电路理论实验指导基本原则 .....	2
§ 1-4 实验报告的要求与内容 .....	7
§ 1-5 学生实验守则 .....	7
第二章 电路理论实验项目与内容 .....	9
§ 2-1 实验一 电阻元件的伏安特性测量 .....	9
§ 2-2 实验二 基尔霍夫定律与电位研究 .....	12
§ 2-3 实验三 电源外特性与叠加定理 .....	15
§ 2-4 实验四 戴维南定理与诺顿定理 .....	18
§ 2-5* 实验五*特勒根定理 .....	20
§ 2-6 实验六 一阶电路 ( $R$ 、 $C$ ) 响应 .....	22
§ 2-7 实验七 二阶电路响应与状态轨迹 .....	26
§ 2-8 实验八 交流电路参数的测量 .....	30
§ 2-9 实验九 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 串联谐振 .....	34
§ 2-10 实验十 功率因数提高 (并联谐振) .....	38
§ 2-11 实验十一 互感电路研究 .....	40
§ 2-12 实验十二 三相电路 $Y/\Delta$ 联结和电压、电流的测量 .....	43
§ 2-13 实验十三 三相电路的功率测量 .....	46
§ 2-14 实验十四 非正弦电路研究 .....	48
§ 2-15 实验十五 无源二端口网络参数的测量 .....	52
§ 2-16 实验十六 网络频率特性研究 .....	56
§ 2-17 实验十七 受控源研究 .....	60
§ 2-18 实验十八 负阻抗变换器 .....	66
§ 2-19 实验十九 回转器 .....	70
§ 2-20 实验二十 有源滤波器 .....	75
§ 2-21* 实验二十一* 均匀传输线模拟研究 .....	79
§ 2-22* 实验二十二* 万用表设计、安装与调试 .....	83
§ 2-23* 实验二十三* 直流磁路 .....	95
第三章 电测、电测仪表与常用仪器使用基本知识 .....	99
§ 3-1 电测与常用电测仪表基本知识 .....	99
一 电工测量与电测仪表的分类 .....	99
二 电测仪表的几项技术指标 .....	99
三 对电测仪表的要求与正确使用方法 .....	101
四 常用电测仪表的符号和标记 .....	101
五 磁电系仪表 .....	102
六 电磁系仪表 .....	105

七	电动系仪表 .....	106
八	常见量的测量与测量误差分析 .....	110
§ 3-2	常用电子仪器和设备的使用基本知识 .....	114
一	稳压电源 .....	114
二	电子电压表 .....	117
三	信号发生器 .....	126
四	示波器 .....	132
五	常用元件与设备 .....	140
附录	电路理论实验指导执行中几点说明 .....	144

# 第一章 电路理论实验综述

## § 1-1 电路理论实验的地位与作用

电路理论实验,既是电路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。

电路理论实验,对学生实验技能的培养是初步的,也是基本的。所谓初步,电路理论实验所研究的对象比较简单、理想化,涉及的面和深度有限;同时,对实验本身的结果,要求不高。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、仪器的使用和选择;实验数据的采集、处理,各种现象的观察、分析等诸多环节和问题。通过这些最基本的环节训练,逐步积累经验,达到巩固、扩展、深化理论知识,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的基本素质。

工科院校的毕业生,主要面向是工厂、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,多属基本实验技能问题。据老一辈科学家,工厂、企业、研究部门等用人单位共同评价,与国外同类院校的毕业生相比,我们培养出来的学生基本实验技能较差。当然,这个问题可以在工作实践中再学,不过,要付出代价,对事业的发展和个人成长的速度都有影响。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,加强学生基本实验技能的训练是必要的和重要的。要把培养目标落实到每个具体实验环节中去。因为技能的培养,必须通过反复实践才有可能。同时,加强实验环节,也是巩固、深化理论,扩大知识面,促进理论联系实际的有效措施。

## § 1-2 电路理论实验的基本要求<sup>①</sup>

### 一 实验仪器与仪表

正确使用电压表、电流表和万用表,会使用常用的一些电工设备;初步会用瓦特表和一些电子仪器、仪表及电子设备,如普通示波器,电子稳压电源、电子毫伏表等。

### 二 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(初步)。

### 三 实验操作

<sup>①</sup> 实验基本要求,摘自《电路课程教学基本要求》中的实验教学部分。



能正确布局和连接实验电路，认真观察实验现象和正确读取数据，并有初步分析判断能力；能初步分析和排除实验故障，要有实事求是的科学态度。

#### 四 实验报告

能写出合乎规格的实验报告，能正确绘制实验所需的图表，对实验结果能作初步的分析、解释。

### § 1-3 电路理论实验指导基本原则

电路理论实验指导基本原则，是为学生在接受实验任务后如何着手进行工作，而提供参考的一些基本原则和方法。掌握和灵活运用“基本原则”，将有利于实验的顺利进行和人身、仪器设备的安全。

#### 一 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，实验无从谈起。

1 实验对象 它可以是某一元件、某一电路、某一系统，也可以是装置、仪器等。这里主要要了解它们的总体结构，具体组成，工作条件及其性能、参数。因为这些直接影响实验方案的制定。例如，研究  $R$ 、 $L$ 、 $C$  串联谐振。这一实验电路由  $R$ 、 $L$ 、 $C$  元件，测试仪器（仪表）和电源所构成。但是了解不能就此为止，还必须进一步了解  $R$ 、 $L$ 、 $C$  的具体情况。即三元件的参数是固定的还是可调的，数值范围、各允许电流、电压值各为多少。然后才能考虑用调节电源频率的方法，还是用改变电路参数的方法研究电路谐振。这两种方法能获得相同实验效果，但使用的仪器、仪表差别很大，不能通用（见 § 2-9）。

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以及要采取的技术措施也不相同。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。

电路理论实验，就其研究的内容和性质可分为验证性（电路定律、定理等）、检测性（元件特性、参数、电压、电流、功率等）、综合性（万用表设计、安装与调试等）、探索性（暂态、非正弦电路等）四类（也可另行分类）。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。验证性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、分析和处理问题，开阔思路，而不在于验证的结果。在一些探索性实验研究中，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。当然验证性实验也不宜安排过多。

#### 二 实验方案

在进行实验前，应根据实验对象，实验目的与要求，提出一个或几个较周密的实施方案（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，实验表格和可能出现的问题的估计及采取哪种技术措施等内容（有时还要提出时间进度、人力配备和经费预算）。衡量一个实验方案的优劣，一般用科学性、先进性、经济效益三个指标。一个实施方案的最后取舍，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,以便在电路理论实验中,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初步基础。

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。

### 三 预习

教学实验受到时间和条件限制。在规定时间内,能否完成实验任务,达到实验目的与要求,关键在预习。虽然要做的实验有现成的指导教材,要求学生自己设计的内容不多,但决不能因此照搬教材走过场。学生要通过自己阅读、实察(元件、仪器设备)、思考后,去编写预习报告(也是正式报告的一部分)。做到对每个实验心中有数。只有心中有数,才能做到有条不紊,主动地去观察实验现象,发现并分析问题(或增加速做内容),取得最佳实验效果。心中无数,必然手忙脚乱,完不成实验任务,达不到实验目的与要求,甚至发生事故。

预习的重点应是:

- 1 明确实验目的、任务与要求,估计实验结果。
- 2 阅读有关教材和资料,看懂实验原理、方法;设计或熟悉实验电路及其组成;拟定实验步骤;对提出的思考讨论题和注意事项要形成深刻印象,以便在实验操作中观察、解决和注意。
- 3 根据实验目的、任务与要求,在实际观察的基础上,提出元件、仪器设备清单(型号、规格、量程、容量、数量)。对未使用过的仪器设备,要借阅使用说明书或操作规程卡片,掌握使用要领。
- 4 设计实验数据表格。一个好的实验数据表格,相当于实验操作提要。在设计数据表格时,必然促使设计者对实验目的、任务与要求,具体测试项目,数据采集量多少(值),哪些应采集密一些(峰点、谷点、拐点及其附近),哪些可采集疏一些(直线),以及操作步骤等作深入的思考。在使用表格时;还会提示操作者不丢项、不漏测。
- 5 准备好实验所需用具。

### 四 实验电路的连接

- 1 实验电路的连接 应本着以下三个原则进行:即实验对象、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(合理布局);便于操作、调整和读取数据;连接简单、方便,用线少而短,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),减少因牵动(碰)一线而引起端子松动、接触不良或导线脱落。

- 3 检查 对连接好的电路,作细致地检查是保证实验顺利进行、防止事故发生的重要措施。学生通过对电路检查,既是对电路连接间接地(往往比真实连接还要难些)再次

实践，又是建立电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全电路至某一点止，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，并对由此而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。从§2-9实验九开始，逐步由学生自检、自责，指导教师一般不再复查。

## 五 实验操作与读取数据

1 预操作 预操作（也称试做）是指这样一种操作，即：接通电源、输入量由零开始，在实验要求范围内，快速、连续调节各参量，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量、参数能否达到实验目的与要求；四是确定实验数据合理取值范围。

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、准确可靠，与操作和读数关系很大。在一个实验中应该读取哪些数据、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，将会带来很大附加误差和分散性，降低实验精度，增加处理数据时间。应怎样配合为好？影响因素较多没有统一模式可循。因此，要求学生不能机械地操作、读数，单纯完成实验任务，而要注意总结经验，掌握技能。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）；有的实验要求在反复操作（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。初学者可通过代入一至二组数据进行验算，作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。如参数测量时应符合 $R \leq Z$ ， $X \leq Z$ ；功率测量时应符合 $P \leq UI$ ， $\cos \varphi \leq 1$ 等。

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。有时，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。当实验进行到§2-9实验九时，指导教师一般可不再审查数据。

## 六 拆除实验线路、整理实验场

1 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。

## 2 整理实验现场。

### 七 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, 通过仪器仪表显示状况、气味、声响、温度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。禁止原因不明, 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:

- (1) 实验线路连接有错误或实验者对实验供电系统设施不熟悉。
- (2) 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。
- (3) 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。

(4) 布局不合理, 电路内部产生干扰。

(5) 周围有强电设备, 产生电磁干扰。

(6) 接触不良或连接导线损坏。

3 故障检测 故障检测方法很多, 一般是根据故障类型, 确定部位缩小范围, 再在小范围内逐点检查, 最后找出故障点并予以排除。

(1) 检测方法。简单实用的检测方法, 就是用万用表 (电压档或电阻档) 在通电或断电状态下去检查电路故障。

通电检测法是用万用表电压档 (或电压表), 在接通电源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。

断电检测法是用万用表电阻档 (或欧姆表) 在断开电源情况下进行故障检测。根据实验原理, 电路中某两点应该导通 (或电阻极小), 万用表测出开路 (或电阻很大); 或某两点应该开路 (或电阻很大), 但测得的结果为短路 (或电阻很小), 则故障在此两点间。

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), 不宜用通用电法检测; 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 (电阻档) 检测。因为这两种情况存在时, 有损坏仪表、元件和触电的可能。

(2) 检测顺序。一般情况下, 按故障部位直接检测, 当故障原因和部位不易确定时, 按下列顺序进行: ①检查电路连接有无错误。②检查电源供电系统, 从电源进线、熔断器、刀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。③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。④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。

### 八 元件、仪器仪表选择基本原则

在元件、仪器仪表选择问题上，学生会遇到两种情况。一种是实验对象、实验目的与要求已定，由实验者选用元件、仪器仪表；一种是提出了实验目的与要求和现有元件、仪器仪表清单，由实验者从中确定实验对象、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。这里只介绍一些选择的基本原则，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；方波或其它脉冲；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、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，其量程应选定在被测量值的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），测试仪器仪表内阻。

4 根据实验（工程）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）。在准确度等级选定上，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。从另一角度看，影响实验精度因素很多，在其它诸影响因素未解决之前，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。由于电路理论实验室各方面条件较好，选用普通、便携式均能满足要求。学生还应了解场所、环境、条件的不同，对元件、仪器仪表的选择有特殊要求。如对电磁场防护能力；对温度、气压、湿度、霉菌、盐雾、尘埃等的适应和防护能力；防爆、防水、抗振动、冲击等能力。当遇到上述问题时，应查阅GB776-76《电测量指示仪表通用技术条件》，正确选择。

6 元件、仪器仪表的整体配套性。选用元件、仪器仪表是为了完成实验任务，达到实验目的与要求。从局部看我们的选择是合理的，但从整体看可能又不合理。这种不合理往往表现在：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，其实是反映出考虑问题欠周密。现在提出这个问题，是要求学生在实验过程中，逐步树立整体思想，学会全面综合地分析和处理问题。

### 九 数据处理与曲线绘制

数据处理与曲线绘制，是实验结束后进行的重要工作。这项工作进行得是否顺利，与实验的预习、实验中的操作、结束时数据的判断关系很大。在此提出数据处理与曲线绘制，是把已获得的实验数据作为原始依据，进行妥善处理和表示，从而得出实验结论。

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,数据处理的结果差别较大。因此,要针对不同情况并通过回忆操作现场进行分析处理。关于误差分析和数据处理的具体方法,可参阅第三章有关部分。

2 实验曲线的绘制。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。作好实验曲线的基本要点是:

(1) 以处理后的实验数据为根据,合理选择比例尺。除特殊要求外,一般按得到正方形或1:1.5矩形图面去选定单位比例尺(频率特性曲线用对数坐标绘制效果更好)。

(2) 点的连接。曲线的绘成,不应是各数据点简单、机械地连接,要按照规律(方程)顺势通过(或逼近)多数点连成。其中允许舍弃和顺势增补少数点。因为处理后的数据并没有完全排除错误和遗漏的可能性。对被舍弃的点应保留位置,如有条件应进行重测并找出原因;对顺势增补的少数点,不必重测、补记,但要总结经验。

(3) 两条以上曲线存在相关可比时,应画在同一坐标纸上,并用不同粗细的或不同颜色的线条区别开来。

(4) 绘制曲线要用绘图工具。

## § 1-4 实验报告的要求与内容

实验报告是学生进行实验的全过程总结。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。因此,要求文字简洁、工整,曲线图表清晰,实验结论要有科学根据和分析。

实验报告应包括以下内容:

一 实验目的

二 实验原理与说明

三 实验任务 列出具体任务与要求,画出实验电路图,拟定主要步骤和数据记录表格。

四 实验仪器与设备清单 记录实验中使用的仪器与设备的名称、型号、规格和数量。

五 实验图表

六 实验结论与分析

七 回答提出的思考与讨论题

实验报告中的第一至第四项,应在预习时完成,实验中补充完善;第五至第七项应在实验中基本形成,实验结束后整理完善。

## § 1-5 学生实验守则

一 实验前必须预习。明确实验目的、任务与要求,画出实验电路图,拟出主要实验步骤和数据表格;记住并理解注意事项和提出的思考与讨论题;携带计算工具和必要的参考资料;阅读有关仪器与设备的使用说明。不预习,不得进行实验。

- 二 实验中遵守实验室有关制度和规定，安全用电、节约用电、人离电断。
- 三 实验完毕须经教师允许后，方可整理实验现场，离开实验室。
- 四 学生自选实验或增加实验内容，应与指导教师取得联系，以取得物质上的支持。
- 五 如发生事故，应立即切断电源，保持现场，听候处理。
- 六 本次实验不使用的元器件、仪器设备，未经教师允许不得动用。

## 第二章 电路理论实验项目与内容

### § 2-1 实验一 电阻元件的伏安特性测量

#### 一 实验目的

- 1 学习直流电压表、电流表的使用和电压、电流的测量方法；
- 2 了解线性、非线性电阻元件的特性，逐步了解电阻元件的结构、额定值（标称值、极限值）和使用注意事项。

#### 二 实验原理与说明

通常的电阻元件是一个二端元件，用元件的端电压和通过该元件的电流之间的关系来描述的特性，称为元件的伏安特性。电阻元件的伏安特性在 $u-i$ 平面坐标上为一条直线或曲线。

1 线性电阻元件 电阻元件上的电压与元件中的电流成正比，即满足欧姆定律 $u = Ri$ 的元件称为线性电阻。线性电阻的伏安特性是通过坐标原点的一条直线，如图2-1a所示。

2 非线性电阻元件 电阻元件上的电压与元件中的电流不成正比，不符合欧姆定律，称非线性电阻。非线性电阻的伏安特性是一条过原点，但不一定对称原点的曲线。据此，非线性电阻元件又可分为双向型（对称原点）和单向型（不对称原点）两类。图2-1 b、c、d、e、f分别为钨丝电阻（灯泡）、热敏电阻、充气二极管、隧道二极管、普通二极管的伏安特性曲线。在非线性电阻大家族中，还有许多成员，如光敏电阻、气敏电阻、湿敏电阻、压（电压）敏电阻、力敏电阻等等。由于它们的伏安特性各异，被广泛应用于工

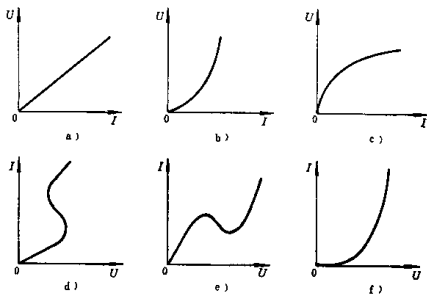


图 2-1



程检测（传感器）、保护和控制电路中。

3 电阻元件伏安特性的测量 电阻元件伏安特性，可以用在元件上施加电压，测定元件中的电流，或在元件中通入电流测定元件端电压，连续改变电压（电流）测出相应电流（电压）便获得被测元件的伏安特性。在测量特性过程中，只用到电压表（伏特表）、电流表（安培表），所以称此法为伏安法。测试电阻元件伏安特性的测量原理电路如图2-2a、b所示。

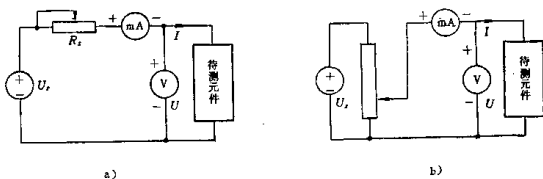


图 2-2

因被测电阻元件的性质（线性、非线性）、阻值大小和额定值（V、A、W）的不同，对测试电路、测量仪表（V、A）量程和内阻、电压源电流源的可调范围和容量均应选择配套，使实验顺利，测量误差减至最小。

### 三 实验任务

#### 1 测量线性电阻元件伏安特性

(1) 测量参考电路如图2-3所示。

(2) 根据表2-1提供的参考值，连接好电路，接通稳压电源，调整电源电压值，测量电阻元件电压、电流并将对应数据记入表2-1中。

(3) 任选表2-1中二组数据作二条伏安特性曲线并进行分析比较。

#### 2 测量钨丝灯泡伏安特性

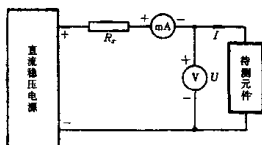


图 2-3

表 2-1

线性电阻类型	测试点取值选择参考（以元件额定功率或电流表示）				
	0	0.2	0.5	1.0	1.2
电阻箱100Ω	U				
	I				
线绕电阻 100Ω/10~20W	U				
	I				
自选电阻	U				
	I				