



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

电工电子实验精品系列

电路原理实验教程

DIANLUYUANLI SHIYAN JIAOCHENG

尹明主编 >>



TM13-33
83



哈尔滨工业大学出版社
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

014009184

TM13-33
83

普通高等教育“十二五”创新型规划教材·电工电子实验精品系列

内容简介

本书是“十二五”普通高等教育创新型规划教材·电工电子实验精品系列之一。本书共分10章，主要介绍电路的基本概念、基本定律、基本定理、基本元件、基本电路的分析方法、基本电路的仿真、基本电路的实验、基本电路的综合设计、基本电路的故障诊断、基本电路的维修。本书可作为高等院校电气类、电子信息类、计算机类、机械类、材料类、化工类、生物类、医学类、农学类、林学类、环境类、能源类、管理类、艺术类等专业的教材，也可供从事相关工作的工程技术人员参考。

电路原理实验教程

主 任 吴建刚

顾 问

编 委

尹 明 主 编
王丽娟 林 春 副主编



哈尔滨工业大学出版社



北航

C1695532

181200410

国家精品课程“电路原理”“电路综合实验”“电路设计”“电路应用”“电路测试”“电路故障”“电路安全”“电路环保”“电路节能”“电路创新”

内 容 简 介

本书共分4章,主要包括实验的基本知识和方法、电路基础实验、电路综合实验等内容。第1章介绍实验的基本知识、基本方法和基本要求;第2章介绍电路原理实验中常用的元器件性能、参数和用途;第3章和第4章共有23个实验项目,覆盖了电路原理大部分知识点,可根据教学要求选择。实验项目按照由简入繁、由易入难的认知规律,围绕实验目的详细介绍实验原理和测量方法,设计了具体的实验内容和步骤,使学生逐步掌握实验操作技能,积累实践经验。

本书可作为普通高等学校电气、电子、通信和计算机等电类专业电子技术实验和课程设计的教材或教学参考书,也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电路原理实验教程/尹明主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2013.9

ISBN 978-7-5603-4166-8

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 161102 号

策划编辑 王桂芝 任莹莹

责任编辑 李长波

出版发行 哈尔滨工业大学出版社

社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街10号 邮编 150006

传 真 0451-86414749

网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>

印 刷 黑龙江省委党校印刷厂

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 8.5 字数 183 千字

版 次 2013年9月第1版 2013年9月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5603-4166-8

定 价 22.00 元

(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

电工电子实验精品系列

李万臣 宋起超 果 莉 房国志

序

电工、电子技术课程具有理论与实践紧密结合的特点,是工科电类、非电类各专业必修的技术基础课程。电工、电子技术课程的实验教学在整个教学过程中占有非常重要的地位,对培养学生的科学思维方法、提高动手能力、实践创新能力及综合素质等起着非常重要的作用,有着其他教学环节不可替代的作用。

根据《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010~2020)》及《卓越工程师教育培养计划》“全面提高高等教育质量”、“提高人才培养质量”、“提升科学研究水平”、支持学生参与科学研究和强化实践教学环节的指导精神,我国各高校在实验教学改革和实验教学建设等方面也都面临着更大的挑战。如何激发学生的学习兴趣,通过实验、课程设计等多种实践形式夯实理论基础,提高学生对于科学实验与研究的兴趣,引导学生积极参与工程实践及各类科技创新活动,已经成为目前各高校实验教学面临的必须加以解决的重要课题。

长期以来实验教材存在各自为政、各校为政的现象,实验教学核心内容不突出,一定程度上阻碍了实验教学水平的提升,对学生实践动手能力的培养提高存有一定的弊端。此次,黑龙江省各高校在省教育厅高等教育处的支持与指导下,为促进黑龙江省电工、电子技术实验教学及实验室管理水平的提高,成立了“黑龙江省高校电工电子实验教学研究会”,在黑龙江省各高校实验教师间搭建了一个沟通交流的平台,共享实验教学成果及实验室资源。在研究会的精心策划下,根据国家对应用型人才培养的要求,结合黑龙江省各高校电工、电子技术实验教学的实际情况,组织编写了这套“普通高等教育‘十二五’创新型规划教材·电工电子实验精品系列”,包括《模拟电子技术实验教程》《数字电子技术实验教程》《电路原理实验教程》《电工学实验教程》《电工电子技术 Multisim 仿真实践》《电子工艺实训指导》《电子电路课程设计与实践》《大学生科技创新实践》。

该系列教材具有以下特色:

1. 强调完整的实验知识体系

系列教材从实验教学知识体系出发统筹规划实验教学内容,做到知识点全面覆盖,杜绝交叉重复。每个实验项目只针对实验内容,不涉及具体实验设备,体现了该系列教材的普适通用性。

2. 突出层次化实践能力的培养

系列教材根据学生认知规律,按必备实验技能—课程设计—科技创新,分层次、分类型统一规划,如《模拟电子技术实验教程》《数字电子技术实验教程》《电工学实验教程》《电路原理实验教程》,主要侧重使学生掌握基本实验技能,然后过渡到验证性、简单的综合设计性实验;而《电子电路课程设计与实践》和《大学生科技创新实践》,重点放在让学生循序渐进掌握比较复杂的较大型系统的设计方法,提高学生动手和参与科技创新的能力。

3. 强调培养学生全面的工程意识和实践能力

系列教材中《电工电子技术 Multisim 仿真实践》指导学生如何利用软件实现理论、仿真、实验相结合,加深学生对基础理论的理解,将设计前置,以提高设计水平;《电子工艺实训指导》中精选了 11 个符合高校实际课程需要的实训项目,使学生通过整机的装配与调试,进一步拓展其专业技能。并且系列教材中针对实验及工程中的常见问题和故障现象,给出了分析解决的思路、必要的提示及排除故障的常见方法,从而帮助学生树立全面的工程意识,提高分析问题、解决问题的实践能力。

4. 共享网络资源,同步提高

随着多媒体技术在实验教学中的广泛应用,实验教学知识也面临着资源共享的问题。该系列教材在编写过程中吸取了各校实验教学资源建设中的成果,同时拥有与之配套的网络共享资源,全方位满足各校实验教学的基本要求和提升需求,达到了资源共享、同步提高的目的。

该系列教材由黑龙江省十几所高校多年从事电工电子理论及实验教学的优秀教师共同编写,是他们长期积累的教学经验、教改成果的全面总结与展示。

我们深信:这套系列教材的出版,对于推动高等学校电工电子实验教学改革、提高学生实践动手及科研创新能力,必将起到重要作用。

教育部高等学校电工电子基础课程教学指导委员会副主任委员

中国高等学校电工学会理事长

黑龙江省高校电工电子实验教学研究会理事长

哈尔滨工业大学电气工程及自动化学院教授

吴建强

2013 年 7 月于哈尔滨



前 言

《电路原理实验教程》是在黑龙江省教育厅高教处的统一立项和指导下,在黑龙江省电工电子实验教学研究会统一组织下,总结黑龙江省各高校多年来的电路实践教学改革经验,跟踪电工电子技术发展新趋势,并结合以往电工电子系列实验讲义和参阅相关资料的基础上,针对加强学生实践能力和创新能力培养的教学目标编写完成的。

电路原理实验课程是电类专业学生第一门必修的重要专业实验课程,是一门研究电路网络分析和网络设计与综合的基础课程,具有基础科学和技术科学的双重性,既是电类学生学习后续课程的基础,也为解决电工电子工程中的实际问题服务,在电类专业中具有重要的地位和作用。本教程根据教育部工科电工课程教学指导委员会关于电路原理和电工学实验教学的基本要求,结合编者多年的教学经验并借鉴其他相关实验教材编写而成,旨在实现开放式教学,指导学生能够独立进行实验,完成实验课程的学习,帮助学生巩固和加深理解理论知识,培养和训练实验技能,树立工程实际观点和严谨的科学作风。

本教程共分为4章,主要包括实验的基本知识和方法、电路基础实验、电路综合实验等内容。第1章介绍实验的基本知识、基本方法和基本要求;第2章介绍电路原理实验中常用的元器件性能、参数和用途;第3章和第4章共有23个实验项目,覆盖了电路原理大部分知识点,可根据教学要求选择。实验项目按照由简入繁、由易入难的认知规律,围绕实验目的详细介绍实验原理和测量方法,设计了具体的实验内容和步骤,使学生逐步掌握实验操作技能,积累实践经验。

本教程由齐齐哈尔大学尹明担任主编并负责全书的统稿工作,佳木斯大学王丽娟和东方学院林春担任副主编,东方学院邵雅斌参加了编写。其中尹明编写了第1章、第3章的3.1~3.4节、3.17~3.20节及第4章,王丽娟编写了第3章的3.5~3.10节,林春编写了第2章,林春和邵雅斌合编了第3章的3.11~3.16节。

在本书的编写过程中,哈尔滨工业大学吴建强教授和齐齐哈尔大学电工电子教学与实验中心教师给予很多帮助并提出了宝贵的改进意见,黑龙江省高校电工电子实验教学研究会和哈尔滨工业大学出版社给予了多方面的支持和诸多建议,在此表示衷心 and 诚挚的感谢。

由于编者水平所限,书中难免有疏漏和不妥之处,敬请读者和使用本书的广大师生批评指正,以便进一步完善。

编 者

2013年4月

101		器型互阻串	八十銀交	81.8
201		銀交合銀器串	章十第	
201		十第銀器串	一銀交	1.4
101		十第銀器串	二銀交	5.4
101		器串互阻串	二銀交	5.4
111		器串回	四銀交	4.4
811		器串交并阻串	五銀交	2.4

第1章 绪论.....1

- 1.1 实验课程的目的和意义.....1
- 1.2 实验课程的要求.....1
- 1.3 电工测量概述.....3
- 1.4 实验数据的记录和处理.....6
- 1.5 实验室安全注意事项.....7

第2章 常用电子元器件.....12

- 2.1 电阻器与电位器.....12
- 2.2 电容器.....18
- 2.3 电感器.....24

第3章 电路基础实验.....25

- 3.1 实验一 元件特性的伏安测量法.....25
- 3.2 实验二 实际电压源与实际电流源的等效变换.....28
- 3.3 实验三 基尔霍夫定律实验.....32
- 3.4 实验四 叠加定理实验.....34
- 3.5 实验五 受控源特性测试.....38
- 3.6 实验六 戴维宁定理实验.....45
- 3.7 实验七 交流参数的测定(三表法).....49
- 3.8 实验八 交流参数的测定(三伏法).....52
- 3.9 实验九 功率因数的提高.....55
- 3.10 实验十 一阶 RC 电路的时域响应.....61
- 3.11 实验十一 二阶 RLC 电路的时域响应.....67
- 3.12 实验十二 一阶 RC 电路频率特性研究.....71
- 3.13 实验十三 二阶 RC 电路频率特性研究.....77
- 3.14 实验十四 RLC 串联谐振电路的研究.....81
- 3.15 实验十五 三相电路电压、电流和相序的测量.....87
- 3.16 实验十六 三相电路的功率测量.....93
- 3.17 实验十七 无源二端口网络等效参数的测定.....97

3.18 实验十八 电压互感器	101
第4章 电路综合实验	105
4.1 实验一 汽车信号灯电路的设计	105
4.2 实验二 电阻温度计	107
4.3 实验三 烟雾报警器电路	110
4.4 实验四 回转器	112
4.5 实验五 负阻抗变换器	118
参考文献	123



第1章 绪论

1.1 实验课程的目的和意义

1.1.1 实验课程的目的

- (1) 通过实验培养学生利用基本理论分析问题、解决问题的能力,巩固所学的理论知识。
- (2) 培养理论联系实际的能力及严谨求实的科学态度。
- (3) 掌握一般的安全用电常识。
- (4) 掌握必要的电路与电工实验技能,能正确使用常用的电工仪表、电子仪器及常用电气设备,培养学生的电工与电子技术的基本工程素质。
- (5) 具有独立设计并组织 and 安排实验的基本技能,并能初步分析和排除故障。
- (6) 能准确读取数据、测绘波形和曲线,能对实验结果进行正确的逻辑分析并总结。

1.1.2 实验课程的意义

电路理论基础实验是实际能力及技能培养教学环节的入门课程,它的开设有别于中学及大学物理的实验,已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,通过实验验证和巩固所学的理论知识,逐步培养运用从书本中学到的理论知识去分析解决实际问题的能力,了解将理论转化为生产力的各个环节和过程。掌握基本的电工和电子测量技术,学习各种常用的电工与电子仪器、仪表的使用方法,训练学生进行科学实验的基本技能,培养学生解决实际工程问题的能力,为后续的专业学习和将来从事工程技术工作打下一定的基础。

1.2 实验课程的要求

1.2.1 实验课程的要求

实验课的操作性很强,除了要面对课堂和书本外,还要面对各种各样的仪器。要想完成学习任务、达到实验目的,首先需要了解这些仪器的功能、特点,熟悉它们的操作规程,掌握正确

的使用方法。要做到这一点,同学们必须多接触仪器,通过实际操作,不断积累经验,掌握正确的使用(测量)方法和技巧。通过实验教学,学生应达到以下教学要求:

- (1)具有能读懂基本电路图,并能根据电路图连接电路的实际操作能力。
- (2)具有分析基本电路功能和作用的能力,掌握测试电路性能或功能的方法。
- (3)具有分析、发现一般故障并排除故障的能力。
- (4)掌握常用电工电子测量仪器设备的选择和使用方法,能够独立完成实验。
- (5)掌握测试各种基本电路性能或功能的方法,具有分析、发现基本实训一般故障并能自行排除的能力。
- (6)能够独立整理实验数据、理论分析、计算结果及总结结论,完成实验报告。
- (7)学习查阅工程设计手册和技术资料,能合理选择元器件并实际组装接线。

因此,要求学生在进行实验时要做到如下几点:

- (1)不缺勤,不迟到。
- (2)自觉地维护实验室秩序,保持一个良好的实验环境。
- (3)要做到手勤、脑勤,既动手又动脑,要先想到、后手到,避免盲目操作。
- (4)实验中要胆大心细,不断积累实践经验。
- (5)认真对待实验课的各个教学环节,养成良好习惯。
- (6)要遵守实验室制定的一切规章制度。

1.2.2 预习报告和实验报告的要求

1. 预习报告

为达到良好的实验效果,在实验前必须要充分预习,写出预习报告。预习报告可起到以下两个作用:

- (1)真正了解实验的目的,为本次实验制定出合理的实验方案,进入实验室后即可按照预习报告有条不紊地进行实验。
- (2)为实验后的总结提供原始资料。

因此,在实验预习时要了解本次实验的目的,认真阅读本实验教程和相关的理论教材,弄清实验电路的基本原理,掌握参数的测量方法;阅读实验教材中相关仪器使用的方法,熟悉所用仪器的主要性能和使用方法,估算测试的数据和实验结果。

预习报告包括实验目的、实验设备、实验预习等内容。在实验预习报告中应该设计出有效的实验方案(包括实验原理图),并确定实验步骤及测量对象,设计记录数据的表格,明确要注意的问题。

2. 实验报告

实验后要写出实验报告。实验报告要用规定的实验报告用纸,用简明的文字、图表把实验结果完整、真实地表达清楚,做到语言流畅、图表清晰、字迹工整、分析合理、讨论深入。实验报告包括以下几个方面:

(1) 实验目的。

(2) 实验设备。

(3) 实验内容及实验原理图。

(4) 经过整理的实验数据表格及计算结果(附原始数据)。

(5) 按要求用坐标纸绘制曲线或相量图。

(6) 实验结果的分析总结。

1.3 电工测量概述

1.3.1 测量与测量单位的概念

1. 测量的概念

在生产、生活、科学研究及商品贸易中都需要测量。通过测量可以定量地认识客观事物,从而达到掌握事物的本质和揭示自然界规律的目的。英国物理学家汤姆逊说过:“每一件事只有当可以测量时才能被认识。”由此可以看出测量的重要意义。

测量是为了确定被测对象的量值而进行的实验过程,是人们借助专门的设备,将被测量作为测量单位与已知量相比较的过程。在比较的过程中,可以确定被测量的量是已知量的几倍或几分之几。测量的结果包括两部分:一是纯数量,二是单位名称。例如,测量某一电流,测量结果可写为 $I=1\text{ A}$ 。一般而言,测量的结果可表示为

$$x=A_x k_0 \quad (1.1)$$

式中, x 是被测量; A_x 是测量得到的数字值,简称量值; k_0 为测量单位(也称基准单位),简称单位。

电工测量仪表中,有些电工仪表可以将比较的结果直接指示出来,如电流表、电压表、功率表等,这类仪表称为电工测量指示仪表。除了电工测量指示仪表外,还有电桥、电位差计等仪表,它们是将被测量与同类单位量直接进行比较的仪表。

2. 测量单位

测量时采用国际单位制(也称 SI 制)。国际单位制以实用单位制为基础,包括七个基本单位、两个辅助单位和其他导出单位。

七个基本单位分别是长度单位(米, m)、质量单位(千克, kg)、时间单位(秒, s)、电流单位(安培, A)、热力学单位(开尔文, K)、物质的量单位(摩尔, mol)和发光强度单位(坎德拉, cd)。

两个辅助单位分别是平面角单位(弧度, rad)和立体角单位(球面度, sr)。

其他所有物理单位都可以由七个基本单位导出,称为导出单位。电工电子测量常用的国际单位有电流(A)、电压(V)、功率(W)、频率(Hz)、阻值(Ω)、电感(H)、电容(F)和时间(s)。

1.3.2 基本测量方法

选择什么样的测量方法进行测量,首先取决于被测量的性质,其次也要考虑测量条件和所

提出的测量要求,这些因素也就成为测量方法分类的依据。

1. 按测量方法分类

(1) 直接测量法。

将被测量与作为标准的量直接比较,或用已经有刻度的仪表进行测量,从而直接测得被测量的数值,即不必进行辅助计算就可直接得到被测量量值的测量方法称为直接测量法。例如用电压表测量电压,用欧姆表测量电阻等。

(2) 间接测量法。

利用测量的量与被测量之间的函数关系(公式、曲线、表格等),间接得到被测量值的测量方法,称为间接测量法。如测量电阻上的功率

$$P=U \cdot I=U^2/R$$

可以通过测量电阻上的分压和电阻,计算其电阻上的功率。

2. 按被测量性质分类

(1) 时域测量。

时域测量又称为瞬态测量,主要测量被测量随时间变化的规律,被测量是时间的函数。如电压信号,可以用示波器观察其波形、测量瞬态量和幅值。

(2) 频域测量。

频域测量又称为稳态测量,主要测量被测量的幅频特性和相频特性,被测量是频率的函数。如用频率特性测试仪测量放大电路的幅频特性、相频特性。

(3) 数据域测量。

数据域测量又称为逻辑量测量,是指用逻辑分析仪等设备测量数字量或电路的逻辑状态。

(4) 随机测量。

随机测量又称为统计测量,主要对各类噪声信号进行动态测量和统计分析。

1.3.3 测量误差的定义和分类

1. 测量误差的定义

在实际测量中,由于测量仪器、工具的不准确,测量方法的不完善及各种因素的影响,实验中测得的值和它的真实值并不完全相同,这种矛盾在数值上的表现即为误差。只要进行测量,所得到的测量值与真值之间就会产生误差,这是不可避免的。电工电子测量误差通常有绝对误差和相对误差两种形式。

(1) 绝对误差。

测量值 x 与被测量真值 x_0 间的偏差称为绝对误差 Δx ,即

$$\Delta x = x - x_0$$

测量值即仪器的测出值,而真值虽然是客观存在的,但通常是得不到的,一般要用理论值或精度较高的仪器测量值代替。绝对误差与被测量具有相同的单位,并有正负之分。

(2) 相对误差。

绝对误差 Δx 与真值 x_0 的比值称为相对误差 γ , 常用百分比表示, 即

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_0} \cdot 100\% \quad (1.2)$$

绝对误差只能表示某个测量值的近似程度, 但是两个大小不同的测量值, 当它们的绝对误差相同时, 准确程度并不相同。

例如, 在测 100 mV 的电压时, 绝对误差为 1 mV, 测 1 V 电压时的绝对误差是 10 mV, 两个电压的绝对误差相差 10 倍, 但它们的相对误差却是相同的。所以为了符合衡量测量值的准确程度, 引入了相对误差的概念。

2. 测量误差分类

按其测量误差的性质和特点, 可分为系统误差、偶然误差 (也称随机误差) 及粗大误差。

(1) 系统误差。

在相同的测量条件下, 多次测量同一个量时, 误差的数值 (大小和符号) 均保持不变或按照某种确定性规律变化的误差称为系统误差。

系统误差通常是由测量器具、测量仪器和仪器本身的误差产生的。此外, 由于测量方法不完善及测量者不正确的测量习惯等产生的测量误差也称为系统误差。由于系统误差具有一定的规律性, 因此可以根据误差产生的原因, 采取一定的措施, 设法消除或加以修正。

(2) 偶然误差。

偶然误差又称随机误差, 是由测量中某些偶然因素引起的误差。

一次测量的随机误差没有规律, 但是, 对于大量的测量结果, 从统计观点来看, 随机误差的分布接近正态分布, 只有极少数服从均匀分布或其他分布。因此, 可以采用数理统计的方法来分析随机误差, 用有限个测量数据来估计总体的数字特征。

(3) 粗大误差。

粗大误差是明显超过正常条件下的系统误差和随机误差的误差。

粗大误差通常是由测量人员的不正确操作或疏忽等原因引起的。凡是被确认含有粗大误差的测量数据均称为坏值, 应该剔除不用。

1.3.4 测量的准确度、精密度及精确度

准确度是指被测量的测量值与其真值接近的程度, 两者相对误差越小, 测量值越准确。

精密度是指多次测量结果之间的差异程度, 反映随机误差大小的程度。

精密度和准确度是两个不同的概念, 精密度高不等于准确度高, 反之亦然。精密度和准确度总称为精确度。通常说某仪器的精确度高, 就是指它既精密又准确。

提出的测量要求,这些因素也就成为测量方法分类的依据。

测量误差(5)

1.4 实验数据的记录和处理

(1) 直接测量法

1.4.1 数据的有效数字

在记录一个数字时,保留一位欠准确数字,其余数字为准确数字,称按此规定记录下来的数字为有效数字。记录有效数字时应注意以下几点:

- (1) 记录有效数字时,应只保留一位欠准确数字。
- (2) 除非另有规定,欠准确数字表示某位上有 ± 1 个单位或者下一位有 ± 5 个单位误差。例如4.2,末尾的2为欠准确数字,表示测量结果实际介于4.15与4.25之间。
- (3) 有效数字的位数与小数点无关,例如1 234,1.234,12.34都是四位有效数字。
- (4) “0”在数字之间或者在数字的末尾算作有效数字,例如0.012为两位有效数字;5.50为三位有效数字,末尾的0为欠准确数字。
- (5) 遇到大数值与小数值时,很难说后面的“0”是有效数字还是非有效数字,因此必须使用10的幂次,如1 200 Hz可写成1.2 kHz,有效数字为2位。
- (6) 表示误差时,一般情况下只取一位有效数字,最多取两位有效数字,如 $\pm 1\%$, $\pm 5\%$ 。

1.4.2 实验数据的处理

当有效数字的位数确定后,其余数字应一律舍去。传统方法采用“四舍五入”法,现已广泛采用“小于5舍,大于5入,等于5时,前偶则舍,前奇则入”的方法。

例如12.450取三位有效数字时,由于被舍去的第一位数为5,而5前面的数为偶数,则5及5后面的数舍去,5前面的数不加1,故为12.4;而12.350取三位有效数字,由于5前面的数为奇数,故5前面的数加1,为12.4。

1.4.3 测量结果的曲线处理

在分析多个物理量之间的关系时,与用数字、公式表示比较,用曲线表示更形象和直观,因此测量结果常要用曲线来表示。

在实际测量过程中,由于各种误差的影响,测值数据将出现离散现象,如将测量点直接连接起来将不是一条光滑的曲线,而是呈折线状,如图1.1所示。

应用有关误差理论,可以把各种随机因素引起的曲线波动抹平,使其成为一条光滑均匀的曲线,这个过程称为曲线的修匀。在要求不太高的测量中,常采用一种简便、可行的工程方法——分组平均法来修匀曲线,这种方法是将各测量点分成若干组,每组含2~4个数据点,然后分别估取各组的几何重心,再将这些重心连接起来。图1.2所示就是每组取2~4个数据点进行平均后的修匀曲线。这条曲线由于进行了测量点的平均,在一定程度上减少了偶然误差的影响,使之较为符合实际情况。在曲线斜率大和变化规律重要处,测量点适当选密些,分组

数目也适当多些,以确保准确。

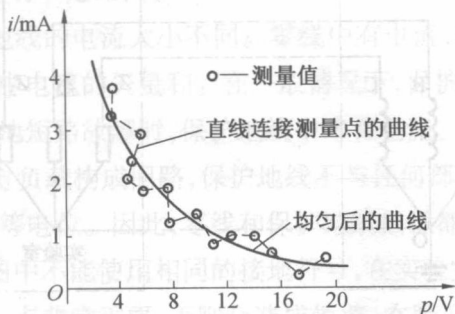


图 1.1 直线连接测量点时曲线的波动情况

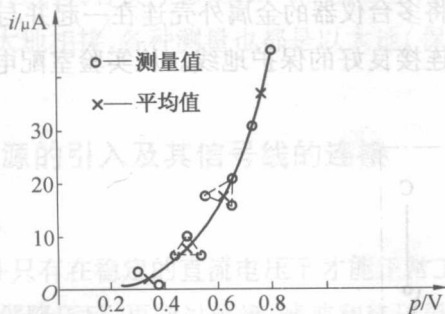


图 1.2 分组平均法修匀曲线

1.5 实验室安全注意事项

1.5.1 实验室供电系统

实验室里的各种电工仪表和电子仪器设备,都是在动力电(AC 220 V 或 AC 380 V)下工作的。因此,必须了解实验室的供电系统及安全用电常识,以便正确合理地安装使用这些仪器设备,避免用电事故发生。

实验室通常使用的动力电是频率为 50 Hz、线电压为 380 V、相电压为 220 V 的三相交流电源。由于在实验室里很难做到三相负载平衡工作,因此常采用 Y - Y 型连接。从配电室到实验室的供电线路如图 1.3 所示。其中 A、B、C 为三条火线, O 为中性线或回流线。中性线通常在配电室一端接地,又称零线,其对地电位为 0。该供电系统称为三相四线制供电系统。

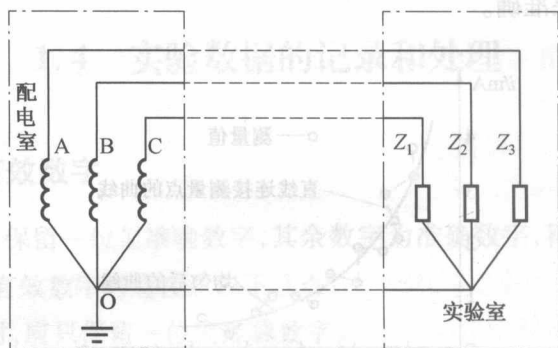


图 1.3 实验室供电系统

实验室的仪器通常采用 220 V 供电,经常是多台仪器一起使用。为了保证操作人员的人身安全,使其免遭电击,需要将多台仪器的金属外壳连在一起并与大地连接,因此在实验室的用电端需要引入一条与大地连接良好的保护地线。从实验室配电盘(电源总开关)到实验台的供电线路如图 1.4 所示。

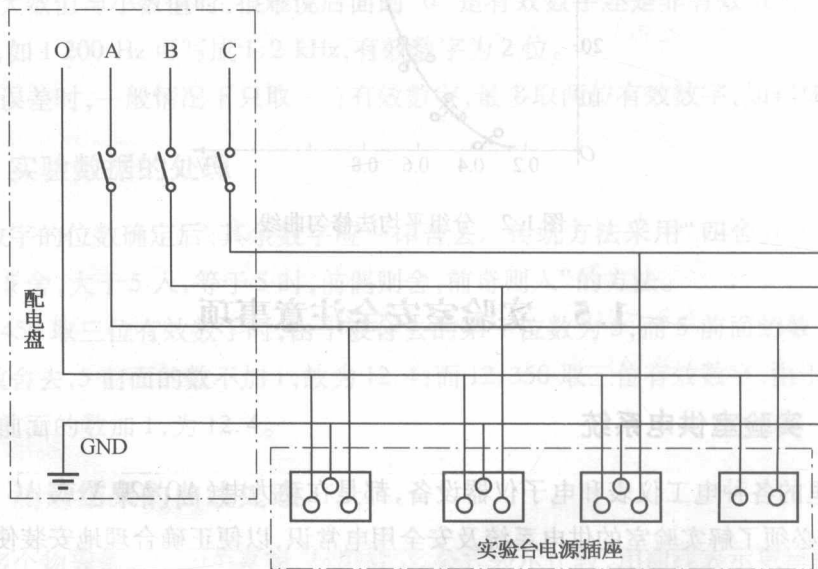


图 1.4 实验室供电线路

220 V 的交流电从配电盘分别引到各个实验台的电源接线盒上,电源接线盒上有两芯插座和三芯插座供仪器设备等用电器使用。按照电工操作规程的要求,两芯插座与动力电的连接是左孔接零线、右孔接火线。三芯插座除了按左孔接零线、右孔接火线连接之外,中间孔接的是保护地线(GND)。因此,实验室的供电系统比较确切的叫法应该是三相四线一地制,即三条火线、一条零线和一条保护地线。

1.5.2 零线与保护地线的区别

零线与保护地线虽然都与大地相接,但它们之间有着本质的区别。