



21世纪全国本科院校电气信息类**创新型**应用人才培养规划教材

电工学实验教程

主 编 王士军
张绪光

引导性实验带你步入电工学的大门
扩展性知识教你学会基本概念应用
灵活性方法引你考虑实验板的布局

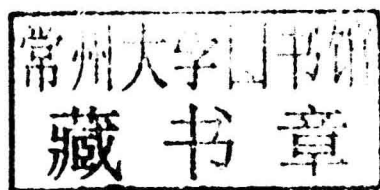


北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材

电工学实验教程

主 编 王士军 张绪光
副主编 张 莉 宋明学
主 审 蔡星光



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书是 21 世纪全国本科院校创新型应用人才培养规划教材, 主要包括电工学实验的基本知识、测量误差与数据处理、电工学实验常用基本仪器、直流电路实验、交流电路实验、谐振电路和瞬态过程实验、电机及继电接触控制实验、模拟电路实验、数字电路实验、综合性实用电路。

本书可作为本科院校非电类专业或高职高专非电类专业的实验教科书, 也可供部分电类专业及相关技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

电工学实验教程/王士军, 张绪光主编. —北京: 北京大学出版社, 2012. 9

(21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-20327-9

I. ①电… II. ①王… ②张… III. ①电工实验—高等学校—教材 IV. ①TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 197078 号

书 名: 电工学实验教程

著作责任者: 王士军 张绪光 主编

策 划 编 辑: 郑 双

责 任 编 辑: 郑 双 程志强

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-20327-9/TM · 0048

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 北京世知印务有限公司

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 17.25 印张 399 千字

2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 34.00 元

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

本书是为非电专业的工科学生编写的。非电专业的学生学习电工课的困难在于课时少、内容多、涉及面广。“电工学”这门课集电类专业的5门课的部分知识为一体,给学习者增加了一定的困难。为帮助大家学好这门课,在实验内容方面,我们有意安排了一些入门的、引导性的实验内容,这些内容对于在物理课中曾做过大量实验的学生来说也许觉得过于简单,但我们觉得对于大部分人来说还是很有必要的,因为这些基础性内容对于读者进行一些复杂的实验是非常有帮助的。

我们认为,实验课的内容不应是理论课内容的重复,而应是理论课内容的应用与扩展。当然,用通过实验获取的数据和结果去验证电路的一些基本概念和基本定律,进一步巩固所学的知识是必要的。然而,我们生活在21世纪高科技迅速发展的今天,急需的是创新型和应用型人才,况且实验课时是有限的,只能做有限的事情,有限的事情也应该是有有效的事情。那些在一百多年前的先人们创造的、曾被无数的后人验证了并已在实践中应用的电路定律就没有必要全部一一验证,承认它就是了。我们要做的是对模糊的、尚不清楚的事物或现象设法去认识;对在实验过程中观察到的波形或现象能够分析、理解或测定它;对实验中所获取的数据能够正确地处理它。

本书是在制造出了“DQS-I型电气实验台”之后,根据“DQS-I型电气实验台”独特的特点和风格,在多年电工技术基础实验教学改革的基础上,吸取其他高校的先进经验编写而成的。

本书在实验方法上,较以往有所突破。以往的做法是按照事先设计好的线路把元器件预先固定到一块线路板上,留出接线孔或接线端子,实验中不需要考虑怎样合理地摆放元器件及合理布线的问题,只需用导线把它们连接起来即可测试。现在不同了,学生看到的实验板上没有安装元器件,上面只有固定元器件的导轨或插孔;给学生提供的元器件是自由的,如继电器、接触器、按键开关等,都是装有与导轨配合的标准卡座的器件;阻容元件、晶体管等电子元件都是原始状态,需要自己动手把它们安装到实验板上,这样学生可以自由、充分地发挥聪明才智,合理布局,在实验板上搭出一个漂亮的电路,这种接近实际工作的实验方法,更有利于培养学生的工程实践能力。

本书在实验内容选材上,既考虑了与理论教学的相关性,又注重了实验教学自身的规律性;在内容编排上,力求从国内外已经成熟的新技术中提炼出基本实验技术理论、基本概念、基本方法和基本实验技能,并在单元性实验基础上,加强了功能性、设计性和综合性实验,有利于提高学生综合运用知识的能力。

本书由山东轻工业学院王士军、张绪光任主编。在本书的编写过程中,得到了樊育、牛爱芹等很多富有经验的专家教授的大力支持和帮助;山东轻工业学院张绪光、张莉对本书进行了认真的审查和修改;山东劳动职业技术学院宋明学从实践技能培养的角度,提出



了很好的修改建议；山东轻工业学院电气学院綦星光教授担任主审，对全书进行了仔细的审阅，提出了许多宝贵意见；另外，在本书的编写过程中，还参考了许多同行编写的教材，在此一并表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

2012 年 6 月

目 录

第 1 章 电工学实验的基本知识	1		
1.1 实验目的	1		
1.2 基本要求	1		
1.3 实验常识	2		
1.4 安全用电基础知识	4		
1.4.1 实验室供电系统	4		
1.4.2 接地和接零	5		
1.4.3 安全用电的基本知识	6		
1.5 安全用电的措施	8		
1.6 电路元器件的基本知识	9		
1.6.1 电阻器与电位器	9		
1.6.2 电容器	12		
1.6.3 电感器	15		
1.6.4 晶体管与集成电路	16		
第 2 章 测量误差与数据处理	22		
2.1 测量误差及其产生的原因	22		
2.2 测量误差的表示方法	26		
2.3 系统误差的处理	29		
2.4 随机误差的处理	35		
2.5 测量数据处理	38		
第 3 章 电工学实验常用基本仪器	49		
3.1 变阻器	49		
3.1.1 滑线变阻器	49		
3.1.2 旋转电阻器	51		
3.2 电表	53		
3.2.1 直流电流表、电压表	54		
3.2.2 直流检流计	56		
3.2.3 万用表	58		
3.3 直流稳定电源	60		
3.4 信号发生器	62		
3.4.1 信号发生器的分类	62		
3.4.2 函数信号发生器的工作 原理及使用	62		
3.5 交流毫伏表	67		
3.6 模拟示波器	69		
3.6.1 概述	69		
3.6.2 通用示波器的基本组成	69		
3.6.3 使用注意事项	71		
3.6.4 面板控制键作用说明	72		
3.6.5 操作方法	76		
3.6.6 技术指标	86		
3.6.7 示波器的使用	88		
3.7 数字存储仪器设备	90		
3.7.1 数字存储示波器	90		
3.7.2 国产数字产品简介	93		
第 4 章 直流电路实验	112		
4.1 基本组件的参数及其伏安特性的 测试	112		
4.1.1 实验目的	112		
4.1.2 原理	112		
4.1.3 实验内容及步骤	115		
4.1.4 实验设备及器件	117		
4.1.5 实验报告要求	118		
4.1.6 预习要求	118		
4.2 电位的测量	118		
4.2.1 实验目的	118		
4.2.2 原理与说明	118		
4.2.3 实验电路	119		
4.2.4 实验步骤	119		
4.2.5 实验设备	120		
4.2.6 对实验报告的要求	120		
4.3 直流二端网络参数的测定	120		
4.3.1 实验目的	120		
4.3.2 原理及说明	120		
4.3.3 实验任务	123		
4.3.4 实验内容与步骤	123		
4.3.5 实验仪器、器件	125		
4.3.6 预习要求	125		
4.3.7 实验报告要求	125		
第 5 章 交流电路实验	126		
5.1 RLC 串并联电路及功率因数的 提高	126		

5.1.1	实验目的	126	6.1.6	对实验报告的要求	150
5.1.2	原理与说明	127	6.2	RLC 串联谐振电路的研究	151
5.1.3	实验线路	129	6.2.1	实验目的	151
5.1.4	实验任务	130	6.2.2	实验原理	151
5.1.5	实验设备及器件	130	6.2.3	实验任务及步骤	155
5.1.6	思考题	130	6.2.4	设备仪表及元器件	156
5.1.7	对实验报告的要求	131	6.2.5	预习要求	156
5.1.8	预习要求	131	6.2.6	对实验报告的要求	156
5.2	互感电路观测	131	第 7 章	电机及继电接触控制实验	157
5.2.1	实验目的	131	7.1	异步电动机的点动、连续控制	
5.2.2	原理说明	131	电路		157
5.2.3	实验设备	133	7.1.1	实验目的	157
5.2.4	实验内容	134	7.1.2	原理与说明	158
5.2.5	实验注意事项	134	7.1.3	实验任务	159
5.2.6	预习思考题	135	7.1.4	注意事项	159
5.2.7	实验报告	135	7.1.5	实验设备与仪器	160
5.3	三相交流电路	135	7.1.6	预习要求	160
5.3.1	实验目的	135	7.1.7	思考题	160
5.3.2	实验原理及说明	135	7.1.8	对实验报告的要求	160
5.3.3	实验任务与步骤	138	7.2	异步电动机的正反转控制电路	161
5.3.4	实验设备及仪表	139	7.2.1	实验目的	161
5.3.5	预习要求	139	7.2.2	实验简述	161
5.3.6	思考题	140	7.2.3	实验电路图	161
5.3.7	注意事项	140	7.2.4	实验步骤	162
5.3.8	对实验报告的要求	140	7.2.5	实验设备	162
5.4	三相电路功率的测量	141	7.2.6	预习要求	163
5.4.1	实验目的	141	7.2.7	对实验报告的要求	163
5.4.2	原理说明	141	第 8 章	模拟电路实验	164
5.4.3	实验内容	143	8.1	单管交流放大电路	164
5.4.4	注意事项	144	8.1.1	实验目的	164
5.4.5	实验设备	144	8.1.2	原理与说明	165
5.4.6	实验注意事项	144	8.1.3	实验任务与步骤	167
5.4.7	预习思考题	144	8.1.4	实验仪器、仪表	169
5.4.8	实验报告	145	8.1.5	预习要求	169
第 6 章	谐振电路和瞬态过程实验	146	8.1.6	实验报告	169
6.1	一阶电路的过渡过程	146	8.2	运算放大电路(I)	170
6.1.1	实验目的	146	8.2.1	实验目的	170
6.1.2	实验原理	147	8.2.2	实验原理与说明	170
6.1.3	实验内容与步骤	149	8.2.3	实验仪器、材料	172
6.1.4	实验设备、仪器	150	8.2.4	实验步骤及内容	172
6.1.5	预习要求	150			



8.2.5 实验报告要求	173	9.3 中规模计数译码及显示电路	197
8.3 运算放大电路(II)*	173	9.3.1 实验目的	197
8.3.1 实验目的	173	9.3.2 实验简述	197
8.3.2 原理与说明	173	9.3.3 器件简介	198
8.3.3 实验仪器与设备、材料	174	9.3.4 实验内容与步骤	200
8.3.4 实验步骤	174	9.3.5 实验仪器、器件	202
8.3.5 预习要求	175	9.3.6 实验注意事项	202
8.3.6 注意事项	175	9.3.7 实验报告要求	202
8.3.7 实验报告	176	第 10 章 综合性实用电路	203
8.4 整流、滤波、稳压电路	176	10.1 水位控制电路	203
8.4.1 实验目的	176	10.1.1 实验目的	207
8.4.2 原理与说明	176	10.1.2 实验仪器仪表、元器件、 材料	207
8.4.3 实验内容与步骤	182	10.1.3 原理与说明	207
8.4.4 仪器设备及元器件	183	10.1.4 实验内容与步骤	208
8.4.5 预习要求	183	10.1.5 实验报告要求	209
8.4.6 报告要求	184	10.1.6 思考题	209
8.4.7 思考题	184	10.1.7 预习要求	209
8.5 晶闸管调压电路	184	10.2 触摸开关	209
8.5.1 实验目的	184	10.2.1 实验目的	210
8.5.2 原理与说明	184	10.2.2 原理与说明	210
8.5.3 实验电路	185	10.2.3 仪器仪表及元器件	211
8.5.4 实验任务与步骤	186	10.2.4 实验内容与步骤	211
8.5.5 实验设备及材料	187	10.2.5 实验报告要求	211
8.5.6 预习要求	187	10.2.6 预习要求	211
8.5.7 实验报告	187	10.3 时基电路 555 及其应用	212
8.5.8 思考题	188	10.3.1 实验目的	213
第 9 章 数字电路实验	189	10.3.2 原理与说明	213
9.1 逻辑门与逻辑运算电路	190	10.3.3 仪器仪表与元器件	214
9.1.1 实验目的	190	10.3.4 实验内容与步骤	214
9.1.2 实验原理与说明	190	10.3.5 实验报告要求	215
9.1.3 实验内容与步骤	192	10.3.6 预习要求	215
9.1.4 实验仪器、设备、器件	193	10.4 红外遥控收发电路	215
9.1.5 预习要求	193	10.4.1 实验目的	216
9.1.6 实验报告	193	10.4.2 原理与说明	216
9.1.7 注意事项	193	10.4.3 仪器、设备及元器件	217
9.2 基本时序逻辑电路	194	10.4.4 实验内容与步骤	217
9.2.1 实验目的	194	10.4.5 实验报告要求	218
9.2.2 原理与说明	194	10.4.6 预习要求	218
9.2.3 实验内容与步骤	195	10.5 双向流光灯控制电路	218
9.2.4 实验仪器、器件	196	10.5.1 实验目的	219
9.2.5 实验报告要求	197		
9.2.6 预习要求	197		





10.5.2	原理与说明	219	10.10.3	实验仪器仪表、 元器件	238
10.5.3	仪器仪表、元器件	221	10.10.4	实验步骤与内容	238
10.5.4	实验内容与步骤	221	10.10.5	实验报告要求	239
10.5.5	实验报告要求	221	10.10.6	预习要求	239
10.5.6	预习要求	221	10.11	加热炉调功电路	239
10.6	能切断自身电源的定时开关	221	10.11.1	实验目的	243
10.6.1	实验目的	221	10.11.2	原理与说明	243
10.6.2	原理说明	222	10.11.3	实验设备与元器件	244
10.6.3	实验仪器设备、主要 元器件及材料	222	10.11.4	实验内容与步骤	244
10.6.4	实验内容与步骤	223	10.11.5	实验报告要求	245
10.6.5	思考题	223	10.11.6	预习要求	245
10.6.6	实验报告要求	223	10.12	温度控制电路	245
10.7	声控电路	223	10.12.1	实验目的	246
10.7.1	实验目的	224	10.12.2	原理与说明	246
10.7.2	原理与说明	224	10.12.3	仪器仪表与元器件	247
10.7.3	实验仪器设备、元器件	225	10.12.4	实验内容与步骤	247
10.7.4	实验内容与步骤	225	10.12.5	实验报告要求	248
10.7.5	实验报告要求	225	10.12.6	预习要求	248
10.7.6	思考题	226	10.13	排液泵自动控制电路	248
10.7.7	预习要求	226	10.13.1	实验目的	249
10.8	光控电路	226	10.13.2	原理与说明	249
10.8.1	实验目的	229	10.13.3	仪器仪表、元器件	249
10.8.2	实验器材	229	10.13.4	实验内容与步骤	250
10.8.3	原理与说明	229	10.13.5	实验报告要求	250
10.8.4	实验内容与步骤	230	10.13.6	预习要求	250
10.8.5	实验报告要求	230	10.14	自动往返工作台控制电路	251
10.8.6	预习要求	231	10.14.1	实验目的	251
10.9	集成电路声光双控延时照明灯	231	10.14.2	原理与说明	251
10.9.1	实验目的	232	10.14.3	设备、仪表与器件	252
10.9.2	原理说明	232	10.14.4	实验内容与步骤	252
10.9.3	实验仪器设备、主要 元器件及材料	233	10.14.5	实验报告与要求	254
10.9.4	实验内容与步骤	233	10.14.6	预习要求	254
10.9.5	实验报告要求	233	附录 1	DQS-I 型电气实验台简介	255
10.9.6	预习要求	234	附录 2	电子沙盘的使用说明	258
10.10	热释电红外遥控报警电路	234	附录 3	D34-W 型低功率因数瓦特表的 使用说明	261
10.10.1	实验目的	237	参考文献		263
10.10.2	原理与说明	237			

第1章

电工学实验的基本知识

实验课是高等教育的一个重要环节，是理论联系实际的重要手段。培养实验能力和实践技能是高等工科院校教育教学的重要内容之一，实验是帮助学生学习 and 运用理论知识处理实际问题，验证、消化和巩固基本理论，获得实验技能和科学研究方法的重要环节。“电工学”是一门实践性很强的课程，没有实验的支撑，将会使学习变得非常困难。实验主要包括下列主要环节。

1.1 实验目的

通过实验教学验证和巩固所学的理论知识，训练实验技能，培养学生实际工作能力。对于电工实验课，应通过实验达到以下几方面的目的。

- (1) 进行基本实验技能的训练。
- (2) 巩固、加深并拓展所学到的理论知识，培养运用基本理论分析、处理实际问题的能力。
- (3) 培养学生实事求是、严肃认真、细致踏实的科学作风和良好的实验习惯，培养遵守纪律，团结协作，爱护公共财产的优良品德。

1.2 基本要求

根据大纲要求，通过电工学实验课，学生在实验技能方面应达到下列几方面的要求。

- (1) 正确使用电压表、电流表、万用表、功率表，以及示波器、信号发生器、稳压电源等常用的电子仪器设备。
- (2) 按电路图连接实验线路并合理布线，能初步分析并排除故障。
- (3) 认真观察实验现象，正确地读取测量数据并予以检查和判断，正确撰写实验报告和分析实验结果。



(4) 正确地运用实验手段来验证一些理论和结论。

(5) 具备根据实验任务确定实验方案、设计电路和选择仪器设备的初步能力,能够完成简单的设计性实验。

1.3 实验常识

实验是学生把所学的理论知识付诸于实践的开始。只有具备了一定的基本实验技能才能灵活地运用理论知识,解决实际问题。实验课进行方式一般分为课前准备、进行实验和课后实验总结(撰写实验报告)等阶段。

1. 实验准备

实验能否顺利进行、能否达到预期的效果,在很大程度上取决于预习是否充分。因此,实验前应把实验目的、内容、原理、步骤,以及实验所需设备的使用方法等做到详尽了解,以避免实验的盲目性。

每一个实验都体现着一个原理的运用,而这一原理所阐述的内容就是实验所要验证的。也就是说,验证某一原理是实验的主要目的,实现这一原理验证所进行的测定,构成了实验的主要内容,而正确的实验步骤既保证实验结果的得出,又可以使实验安全顺利地进行。

若对实验的原理、步骤等没有充分理解,实验时就不明确要研究什么,要测量什么,如何测量;也就不能预测将会出现什么现象,只是机械地照教材进行操作,离开了教材就无从下手。照这种呆板的方式做实验,即使得出实验数据也不会了解其物理意义,更不能根据所测数据去推测和分析实验的最终结果。为了在规定的时间内,高质量地完成实验任务,应做好实验前的预习及准备工作,并于实验前提交实验预习报告,不交预习报告或预习不合格者,不得进行实验。

2. 实验工作

电工实验要求实验者在具备一定理论知识的基础上,进行实验方法和实验技能的基本训练,要注重安全和准确两个方面。实验者要有条不紊地进行实验,细致地观察现象,测量、分析数据,认真地研究实验结果,加深对理论知识的理解。实验过程中应自觉地培养实事求是、严肃认真、细致踏实的科学作风和良好的实验习惯,任何草率与急躁,不按规程操作均可导致错误或失败。

1) 检查仪器设备

实验开始时,应先检查所用的仪器仪表的容量参数、工作电压、工作电流、仪表量程、准确度等级是否合适,尽可能要求测量仪表对被测电路工作状态影响最小。然后,粗略检查仪表的好坏,并检查各仪表测量线是否导通。例如,万用表置电阻档,使测量棒短



接,示数为零,则测量线完好;示波器测量线短路,若测量线完好,屏幕应显示直线;稳压电源的输出用万用表直流电压档测量;等等。

2) 接线

接线就是根据电路图将实际的元器件用导线连接起来。实验的成功与否,在很大程度上取决于电路连接的正确与否。

接线时必须明确电路中各元件之间的连接关系,根据电路的结构特点,选择一个合理的接线步骤,一般是“先串后并”,“先分后合”或“先主后辅”。另外,要养成良好的接线习惯,如走线要合理,布线要整齐,尽量平直美观,采取不同颜色的导线来区别不同的信号(如电源用红线,公共端和地线用黑线),以便于检查。元器件排列可沿X、Y方向,防止交叉相错,特别要防止引脚短路。导线的粗细、长短要合适,大电流的线路要用粗导线,小电流的线路则用细导线。接线片不宜过于集中于一点,一般每个接线柱上的线头不要多于3个,以免接触不良。电路各部分的地要接于一点,即所谓的共地,这样可以避免干扰信号的引入。接线过程一定要在断电条件下进行,尽量避免事故的发生。

3) 故障检查

实验电路连接完毕后接上电源,电路的功能不一定能马上实现,这是因为多种客观因素的影响是难以预料的,元器件性能上存在的问题,各种干扰信号的影响,以及在连接线路时由于工作疏忽所带来的错误等都会造成预想不到的后果。因此,必须经过测量—判断—调整—再测量的反复过程。

由于电路的种类很多,电路连接的形式不同,所以出现的问题五花八门。这里只从一些共性的问题着手,介绍几点故障检查的原则,更多的问题需要在实际工作中有针对性地分析。

(1) 直接观察。例如:观察供电情况,电源的连接、数值及极性是否正确,保险丝是否熔断;观察仪器的功能、量程等是否合适;观察元器件引脚连接有无发生错误,引脚间有无相碰等情况;通电后,元器件有无发烫、冒烟等情况。

(2) 参数测试。借助仪器测试电路中各点参数并与理论分析结果进行比较,如用电压表测量各点电压值是否正常。

(3) 信号跟踪。在被测电路两端接入适当的信号,用示波器沿着电路中信号走向,测试各点电压波形是否正常,以确定故障点。

(4) 替代法。用好的元器件去取代嫌疑部分,判断故障点,并具体到元件、连接线或连接点,为排除故障创造条件。

4) 实验操作

操作之前认真检查电源极性、大小是否正确。操作时要做到手合电源,眼观全局,若发生意外情况应立刻切断电源。观察实验现象与理论分析是否一致,初步判断实验结果正确与否。读数之前要使仪表量程和刻度合适,读数时仪表应按规定形式(垂直或水平)放置,操作者姿势要正确,要求“眼、针、影成一线”,认准标尺及每一分格的数值,要读取一位估计数。



记录要完整、清楚，力求表格化，数据必须记录在规定的原始记录纸上，要尊重原始记录，实验后不得随意涂改。

5) 结尾工作

完成全部规定的实验项目，认真核查实验数据，并经教师复查在原始记录纸上签字后，即可进行下列几项结尾工作。

(1) 拆线。

(2) 做好仪器设备、桌面和环境的清洁整理工作。

(3) 经教师同意后方可离开实验室。

6) 实验报告

实验报告是实验工作的全面总结，要用简明的形式将实验结果完整、真实地表达出来。实验报告要求文理通顺，简明扼要，字迹端正，图表清楚、规范，分析合理，讨论深入，结论正确。

采用学校规定的报告纸，实验报告除填好报告纸上各栏外，一般应包括以下几项。

(1) 实验目的。

(2) 实验任务。

(3) 实验原理。

(4) 实验电路。

(5) 数据图表。

(6) 实验结果的分析处理(包括分析讨论、收获体会、结论和意见建议)。

(7) 问题回答。

学生做完实验之后，应及时写好实验报告，不交报告者不得进行下一次实验。

1.4 安全用电基础知识

1.4.1 实验室供电系统

实验室用电由学校变电所提供，经由实验室的配电箱输送到各实验台上。三相电源 U、V、W 称为相线(或火线)，N 为中线(或零线)。任意两条相线间的电压称为线电压，为 380V；任一相线与中线间的电压称为相电压，为 220V。

为保证实验安全，防止因仪器设备外壳带电造成人身触电事故，还另加一条安全地线，即图 1-1 中的 E 线。因此，接入实验室的输电线共有 5 条：3 条相线，1 条中线，1 条安全地线。

通常，单相电源插座用三孔的。圆孔插座的大孔总是接地线，两个小孔右孔接相线，左孔接中线，即所谓“左零右火”；扁孔插座的直孔接地线，两个斜孔“左零右火”。

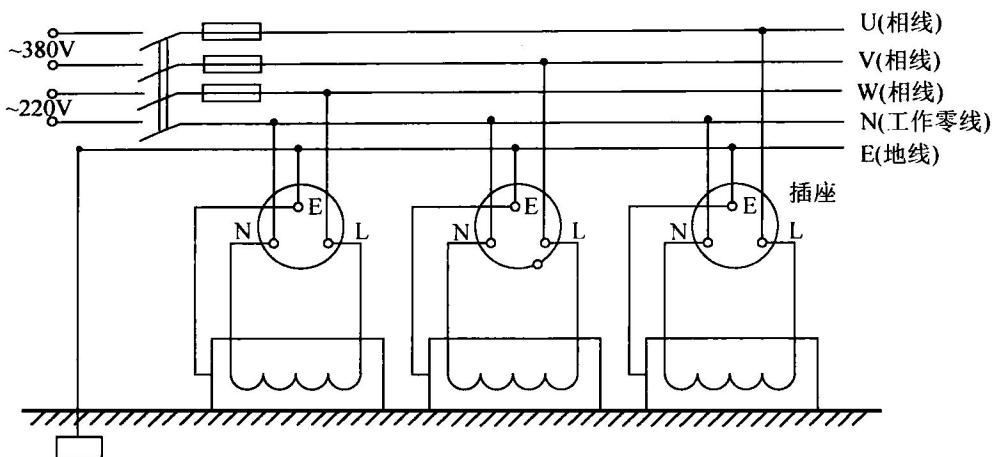


图 1-1 实验室供电系统的连线

1.4.2 接地和接零

按接地性质，可分为保护接地、保护接零和工作接地。

保护接地是指将电气设备的金属外壳直接与大地连接，如图 1-1 所示。保护接零是指将电气设备的金属外壳与电源零线相连。但必须注意，保护零线应区别于工作零线，不能在保护零线上装接开关和保险丝，如图 1-2 所示。

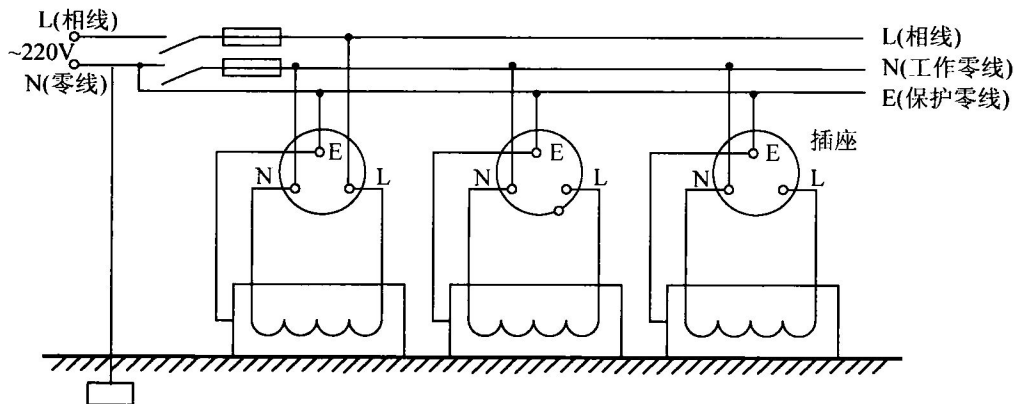


图 1-2 保护零线和工作零线

保护接地和保护接零是防止触电，避免因电气设备绝缘损坏时而遭受触电的危险，起到安全保护的作用。

工作接地有如下两种情况。

- (1) 利用大地做导线的接地，在正常情况下有电流通过。
- (2) 维持系统正常运行的接地，在正常情况下没有电流或只有很小的不平衡电流，如



三相四线制供电系统。

变压器中性点的工作接地、电子仪器设备的抗干扰接地等。在电子仪器设备面板或电路图上经常看到的接地符号,即“ $\perp$ ”符号,它表示各点电位的公共参考点(零电位点),并非真正与地相连。当同时使用数台仪器时,应把仪器的接地点连接在一起,即共地,仪器才能正常工作,否则将出现异常现象,不是测试误差很大,就是不能测试或不能观察正常波形。

1.4.3 安全用电的基本知识

为了防止触电事故的发生,保障实验过程中的人身安全和仪器设备安全,必须做到以下几点。

(1) 线路接好,应仔细检查无误后,才能接通电源进行实验,切忌盲目通电,以避免因线路接错而造成设备损坏及其他事故。

(2) 电源接通后,千万不能用手或身体其他部位触及带电体,以防触电。连接、改接电路时,一定要先切断电源,养成“先接线后合电源”和“先断电源后拆线”的好习惯。

(3) 交流电源的火线和零线可由试电笔判断。测试时用单手操作,绝对不能用手触及火线,注意人体与地绝缘良好。

在实际应用中,试电笔是一种常用的电工工具,可以用它测试导线、电气设备是否带电。如果把试电笔的金属笔尖与带电物体(如相线)接触,笔尖金属体与人手接触,氖管就会发光,证明被测的物体带电;如果氖管不发光,则被测物体不带电或电压很低。由于试电笔的电阻值很高,一般大于 $2\text{M}\Omega$,所以通过人体的电流很小,使人并无其他感觉。不能用试电笔测量很高的电压,否则是很危险的;试电笔也不能测低电压,因低电压不能使氖管发光。一般试电笔用于检测 $100\sim 380\text{V}$ 电压。

(4) 实验过程中出现异常现象,如发热、发光、异常声响、冒烟、焦味等,应立即切断电源。

(5) 当被测量难以估计时,将电表量程置于最大档,然后视情况逐渐减小量程,以免损坏仪表。

(6) 为了保证安全,供电系统中必须安装保险丝和漏电保护器。保险丝有各种规格,当电气设备过载或发生短路故障时,电流剧增,超过保险丝的额定值,使其熔断,从而切断电源。

漏电保护器又称漏电保安器、漏电保护开关等,是一种在负载端相线与地线之间发生漏电或由于人体接触相线而发生单相触电事故时,能自动在瞬间断开电路,从而对电气设备及人身安全起到保护作用的电器,如图 1-3 所示。

漏电保护开关有多种结构形式,按其极数分二极、三极、四极等几种。二极保护开关用于单相供电电路,三极保护开关用于三相三线制供电电路(三相对称负载无中线),四极保护开关用于三相四线制供电电路(三相不对称负载)。按其脱扣方式分电子脱扣和电磁脱

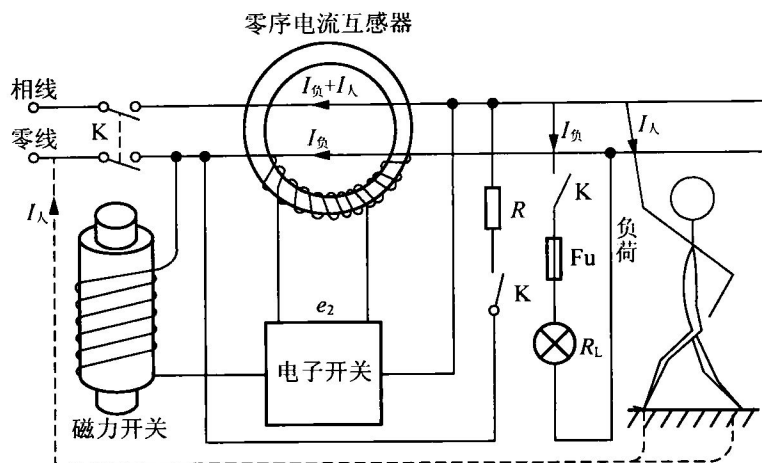


图 1-3 漏电保护器的原理示意图

扣两种。前者适用于漏电动作电流小的场合，后者适用于漏电动作电流大的场合。按其保护功能分也有两种：一种是带过流保护的，它除具有漏电保护功能外，还兼有过载和短路保护功能，使用这种保护开关时，电路上一般不需再配用熔断器；另一种是不带过流保护的，它在使用时还需再配用相应的过流保护装置（如熔断器）。

漏电保护继电器也是一种漏电保护装置，它由零序互感器、放大器和控制触点组成。它只具有检测与判断的能力，本身不具备直接开闭主电路的功能。通常与带分励脱口的自动空气开关配合使用，当继电器动作时输出信号至自动空气开关，由自动空气开关分断主电路。

表 1-1 是我国生产的电流动作型漏电保护装置的技术数据。其中 DZL18-20 漏电保护开关采用了国际电工委员会(IEC)标准，它是用于额定电压为 220V、电源中性点接地的单相回路。由于采用了微电子技术，这种漏电开关具有结构简单、体积小、动作灵敏、性能稳定可靠等优点，很适合一般民用住宅使用。

表 1-1 我国生产的电流动作型漏电保护装置的技术数据

型号	名称	极数	额定电压/V	额定电流/A	额定漏电 动作电流/mA	漏电动作 时间/s	保护功能
DZ15—20L	漏电开关	3	380	3、4、5、 10、15、20	30、50、 75、100	≤0.1	过载、短路、 漏电保护
DZ15—20	漏电开关	2	380	6、10、15、 20、30、40	30、50、 75、100	≤0.1	过载、短路、 漏电保护
		4					
DZL—16	漏电开关	2	220	6、10、 15、25、40	15	≤0.1	漏电保护
		3	380		36		
		4					



续表

型号	名称	极数	额定电压/V	额定电流/A	额定漏电 动作电流/mA	漏电动作 时间/s	保护功能
DZL18-20	漏电开关	2	220	20	10、30	<0.1	过载、短路、 漏电保护
DZL-20	漏电开关	2	220	20	6、15	<0.1	过载、短路、 漏电保护
JD-100	漏电继电器	贯穿孔	380	100	100、200、 300、500	<0.1	过载、短路、 漏电保护
JD-200	漏电继电器	贯穿孔	380	200	200、300、 400、500	<0.1	过载、短路、 漏电保护

1.5 安全用电的措施

为了更好地使用电能，防止触电事故的发生，一定要了解和掌握必要的电气安全知识，建立和健全必要的电气安全工作制度，并切实采取如下一些安全措施。

(1) 各种电气设备，尤其是移动式电气设备，应建立经常的、定期的检查制度，如发现故障或与有关的规定不符合时，应及时加以处理。

(2) 使用各种电器设备时，应严格遵守操作制度，不得将三极插头擅自改为二极插头，也不得将导线直接插入插座内使用。

(3) 带金属外壳电器的外接电源插头，一般都要用三极插头，其中有一根为接地线，一定要可靠接地。如果借用自来水管做接地体，则必须保证自来水管与地下管道有良好的电气连接，中间不能有塑料等不导电的接头。绝对不能利用煤气管道作为接地体使用。另外还须注意电器插头的相线、中线应与插座中的相线、中线一致。

(4) 尽量不要带电工作，特别是危险场所(如工作地狭窄，工作地周围有对地电压在220V以上的导体等)，禁止带电工作。如果必须带电工作时，应采取必要的安全措施(如站在橡胶垫上或穿绝缘鞋，附近的其他导体或接地体都应用橡胶布遮盖，并须有专人监护等)。

(5) 在低压线路或用电设备上做检修和安装工作时，应随身携带试电笔，分清火线、零线；断开导线时，应先断火线，后断零线；搭接导线时的顺序与上述相反。人体不得同时接触两根导线。

(6) 开关、熔断器、电线、插座、灯头等，坏了要及时维修好，平时不要随便触摸。在移动电风扇、电烙铁等电器时，应先切断电源，拔出插头。开关必须装在火线上。