



教育部高职高专规划教材

许建平 主编

电工与电子 技术实验



化学工业出版社
职业教育教材出版中心

教育部高职高专规划教材

电工与电子技术实验

许建平 主编



化学工业出版社
职业教育教材出版中心

·北京·

本书是根据高职高专非电专业《电工与电子技术实验教学大纲》的基本要求编写的。主要内容
包括：电工测量基础知识、直流电路、交流电路、电气控制、模拟电路及数字电路中具有代表性的
实验及综合实训。

本书从工程应用实际出发，在电气控制技术章节中增设了可编程控制器的实验。在保障理论知
识得到验证的基础上，力求做到“以应用为目的”，提高学生的基本实践技能。

本书可作为高职高专教材，也可供电工电子类技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实验/许建平主编. —北京：化学工
业出版社，2006.5

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-8659-8

I. 电… II. 许… III. ①电工技术-实验-高等学
校：技术学院-教材②电子技术-实验-高等学校：技术
学院-教材 IV. ①TM-33②TN-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 045707 号

教育部高职高专规划教材

电工与电子技术实验

许建平 主编

责任编辑：高钰

文字编辑：钱诚

责任校对：王素芹

封面设计：郑小红

*

化学工业出版社 出版发行

职业教育教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里3号 邮政编码 100029)

购书咨询：(010)64982530

(010)64918013

购书传真：(010)64982630

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市兴顺印刷厂印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 12¼ 字数 296 千字

2006年6月第1版 2006年6月北京第1次印刷

ISBN 7-5025-8659-8

定 价：19.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力的本位,调整了新世纪人才必须具备的文件基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用型专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前 言

电工与电子技术实验是各类高校机电类电工与电子学最基础、最重要的实践教学环节。它对学生掌握基本理论，运用基本知识，训练基本技能，增强实践能力有着十分重要的意义和作用。

本书的编写立足于培养工程应用型高等职业技术人才这一基本要求，并参照目前各高职院校的《电工技术》、《工业电子学》、《电工与电子技术》、《电气控制技术》等教学大纲，从工程应用实际出发，结合高职教育机电类专业的培养目标，在保障理论知识得到验证的基础上，力求做到“以应用为目的”的要求。

本书在内容上尽量贴近教学需要，满足学生工程实践技能的训练和学习兴趣，符合高职教育的教学特色。

考虑到可编程控制器在机电控制中的飞速发展，在电气控制技术章节中增设了可编程控制器的应用实验。并注意到教材的通用性和实用性，在形式上简明扼要，抛开与理论课重复烦琐的原理叙述，循序渐进，重在应用。

本书共分六章：电工测量的基本知识，直流电路实验，交流电路实验，电机与控制技术实验，模拟电子技术实验和数字电子技术实验。第二章到第六章最后一节均安排了综合实训内容，目的在于进一步强化学生的工程实践技能。

附录中介绍了常用的电工电子仪器、仪表的主要技术参数及使用方法，三菱公司FX-20P-E手持式简易编程器也一并作了介绍，并给出了实验主要设备清单。

本书由许建平主编，第一章、第二章、第三章及附录四由黄问贵编写，第四章及附录一、附录二、附录三由许建平编写，第五章、第六章由杜杨编写。

由于编者水平有限，书中存在不妥之处敬请读者指正。

编者

2006年3月

目 录

第一章 电工测量的基本知识	1
第一节 电工测量的测量方法	1
第二节 有效数字	1
第三节 常用电工仪表简介	2
第四节 实验目的、方法和要求	7
第二章 直流电路实验	11
实验一 认识实验	11
实验二 电路中电位的测量	14
实验三 实际电压源和电流源的等效变换	15
实验四 验证基尔霍夫定律和叠加定理	17
实验五 戴维南定理和诺顿定理的验证	19
实验六 直流电路综合实验	21
第三章 正弦交流电路实验	23
实验一 交流电路中 R 、 L 、 C 元件伏安特性的测定	23
* 实验二 常用电子仪器的使用	25
实验三 日光灯电路及功率因数的提高	26
实验四 三相交流电路	28
* 实验五 串联谐振电路	29
实验六 单相变压器实验	31
实验七 交流电路综合实验	33
第四章 电机与控制技术实验	35
实验一 三相异步电动机	35
实验二 直流并励电动机的启动、反转和调速	37
实验三 三相异步电动机正、反转控制	39
实验四 编程器基本操作	42
实验五 PLC 基本指令编程练习	44
实验六 定时器、计数器指令的编程与应用	47
实验七 LED 数码显示抢答器的 PLC 控制	49
实验八 三相异步电动机制动控制实训	51
第五章 模拟电子技术实验	53
实验一 二极管及三极管特性的测试	53

实验二	整流滤波电路的测试	56
实验三	单管共射极放大电路	57
实验四	射极跟随器	59
实验五	集成运算放大电路的线性应用	61
实验六	有线对讲机电路的组装与调试实训	64
第六章	数字电子技术实验	67
实验一	分立元件门电路的功能测试	67
实验二	常用集成逻辑门电路的功能测试	69
实验三	编码器和译码器	70
实验四	触发器电路的功能测试	73
实验五	计数器	75
实验六	四状态逻辑测试笔实训	78
附录		81
附录一	电工与电子技术实验主要设备名称	81
附录二	FX-20P 型手持式编程器的使用	81
附录三	可编程控制器梯形图编程规则	86
附录四	常用仪器、仪表的使用方法	87
电路基础实验报告		102
电工与电子技术实验报告 (直流电路) (一)		102
电工与电子技术实验报告 (直流电路) (二)		106
电工与电子技术实验报告 (直流电路) (三)		108
电工与电子技术实验报告 (直流电路) (四)		110
电工与电子技术实验报告 (直流电路) (五)		113
电工与电子技术实验报告 (直流电路) (六)		116
电工与电子技术实验报告 (正弦交流电路) (一)		118
电工与电子技术实验报告 (正弦交流电路) (二)		121
电工与电子技术实验报告 (正弦交流电路) (三)		124
电工与电子技术实验报告 (正弦交流电路) (四)		126
电工与电子技术实验报告 (正弦交流电路) (五)		129
电工与电子技术实验报告 (正弦交流电路) (六)		132
电工与电子技术实验报告 (正弦交流电路) (七)		135
电工与电子技术实验报告 (电机与控制技术) (一)		137
电工与电子技术实验报告 (电机与控制技术) (二)		140
电工与电子技术实验报告 (电机与控制技术) (三)		143
电工与电子技术实验报告 (电机与控制技术) (四)		145
电工与电子技术实验报告 (电机与控制技术) (五)		147
电工与电子技术实验报告 (电机与控制技术) (六)		149

电工与电子技术实验报告 (电机与控制技术) (七)	151
电工与电子技术实验报告 (电机与控制技术) (八)	153
电工与电子技术实验报告 (模拟电子技术) (一)	155
电工与电子技术实验报告 (模拟电子技术) (二)	158
电工与电子技术实验报告 (模拟电子技术) (三)	160
电工与电子技术实验报告 (模拟电子技术) (四)	163
电工与电子技术实验报告 (模拟电子技术) (五)	165
电工与电子技术实验报告 (模拟电子技术) (六)	168
电工与电子技术实验报告 (数字电子技术) (一)	170
电工与电子技术实验报告 (数字电子技术) (二)	172
电工与电子技术实验报告 (数字电子技术) (三)	174
电工与电子技术实验报告 (数字电子技术) (四)	177
电工与电子技术实验报告 (数字电子技术) (五)	180
电工与电子技术实验报告 (数字电子技术) (六)	183
参考文献	185

第一章 电工测量的基本知识

在电路实验中，离不开电工测量，因此首先必须了解电工测量的基本知识，包括电工测量的测量方法，电工仪表的准确度等级，测量误差和测量准确度的评定，消除测量误差的方法，电工仪表的分类、标记和型号，对电工仪表的一般要求等，以便在实验中正确选择和使用仪表，掌握正确的测量方法，获得最佳的实验效果。

第一节 电工测量的测量方法

电工测量的测量方法，常采用的有直接测量法和间接测量法两种。

一、直接测量法

直接测量法 (direct measurement method) 是指被测量与其单位量作比较，被测量的大小可以直接从测量的结果得出。例如用电压表测量电压，读数即为被测电压值，这就是直接测量法。

直接测量法又分直接读数法和比较法两种。上述用电压表测量电压，就是直接读数法，被测量可直接从指示的表面刻度读出。这种测量方法的设备简单，操作方便，但其准确度较低，测量误差主要来源于仪表本身的误差，误差最小可达 $\pm 0.05\%$ 。比较法是指测量时将测量与标准量进行比较，通过比较确定被测量的值。例如用电位差计测量电压源的电压，就是将被测电压源的电压与已知标准电压源的电压相比较，并从指零仪表确定其作用互相抵消后，即可从刻度盘读得被测电压源的电压值。比较法的优点是准确度和灵敏度都比较高，测量误差主要决定于标准量的精度和指零仪表的灵敏度，误差最小可达 $\pm 0.01\%$ ，比较法的缺点是设备复杂，价格昂贵，操作麻烦，仅适用于较精密的测量。

二、间接测量法

间接测量法 (indirect measurement method) 是指测量时测出与被测量有关的量，然后通过被测量与这些量的关系式，计算得出被测量。例如用伏安法测量电阻，首先测得被测电阻上的电压和电流，再利用欧姆定律求得被测电阻值。间接测量法的测量误差较大，它是各个测量仪表和各次测量中误差的综合。

第二节 有效数字

在测量中，常常需要从仪表指针的指示位置估计读出最后一位数字，这个估计数字称为欠准数字。超过一位的欠准数字是没有意义的，不必记入。如图 1-1 (a) 所示，指针指示刻度读数为 3.5A，小数点后的一位“5”就是估计的欠准数字。图 1-1 (b) 中，指针指示刻度读数为 3.0A，小数点后一位“0”就是估计的欠准数字。仪表指针指示刻度的读数和最后一位估计数字，称为实验数据的有效数字 (significant figure)，上述 3.0A 和 3.5A 都是两

位有效数字，在实验记录中的有效数字作如下规定。

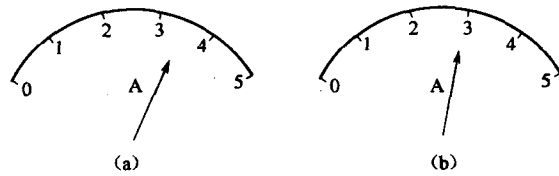


图 1-1 欠准数字的读取方法

① 有效数字的位数与小数点无关，例如电压 123V 和 0.123kV 都是三位有效数字。

② “0” 在数字之间或数字之末，算作有效数字，在数字之前，不算作有效数字。例如 1.04，80.5，400 都是三位有效数字，而 0.024，0.24 都是两位有效数字。注意 5.40 与 5.4 的有效数字位数是不相同的，前者是三位有效数字，其中“4”是准确数字，“0”是欠准数字；而后者是两位有效数字，“4”是欠准数字。所以 5.40 的“0”不能省略，是具有特定含义的。

③ 遇到大数字或小数字时，有效数字的记法如下： 4.60×10^3 和 4.6×10^{-3} ，分别表示三位和两位有效数字。电压表的读数为 6.25kV，是三位有效数字，可以写成 6.25×10^3 V，但不能写成 6250V，后者变成四位有效数字了。 3.2×10^3 和 3.20×10^3 分别为两位和三位有效数字，不能认为是相同的准确度。小数字 0.00032，可以写成 3.2×10^{-4} ，有两位有效数字。

对有效数字进行运算时，为了保证运算结果的准确度，有效数字位数的记法规则如下。

- ① 运算结果只保留一位欠准数字。舍去多余的欠准数字时，近似地可采用四舍五入法。
- ② 运算中的常数，如 π 、 $\sqrt{2}$ 、e 或仪表的量限等，可根据需要任意取用有效数字的位数，不加限制。

③ 当几个数相加或相减时，其得数在小数点后的位数，应取与运算数中小数点后位数最少的一个位数相同。例如 $10.5 + 6.22 = 16.7$ 。当几个数相乘或相除时，其得数的位数，应取与运算数中位数最少的一个位数相同，有时也可根据需要多保留一位。例如 $1.243 \times 4.2 = 5.2$ ，又如 $3.2 \times 6.22 = 19.9$ 。保留更多的位数，反而会使人错误地认为实验结果的准确度很高，因此是不必要的。

思考题

- 1. 在电流测量中，用电流表测得两个电流值分别为 12.5mA 和 6.5mA，求这两个电流之差。
- 2. 在电阻测量中，电压表读数为 5.12V，电流表读数为 3.0mA，求被测电阻的值。

第三节 常用电工仪表简介






在生产实践和科学实验中，为了了解电气设备的特性和运行情况，保证生产过程的顺利进行，需要对各种电气参数如电流、电压、电功率、功率因数、电阻等进行测量。电工测量就是应用电磁现象的基本规律对各种电磁量进行的测量，测量电气参数的指示仪表称为“电气测量指示仪表”，简称电工仪表。

电工仪表按测量方式不同可分为两类：一类是直读式仪表，能直接指示被测量的大小；另一类是比较式仪表，需将被测量与标准量进行比较才能得知其大小。目前最为普通使用的电工测量仪表是直读式机电仪表，通常是依据电磁相互作用原理，使仪表指针产生机械偏转而制成的。

1. 直读式机电仪表的分类的符号

电工仪表按其工作原理可分为磁电式、电磁式、电动式、感应式、磁电整流式等，其表示符号见表 1-1。

表 1-1 电工仪表分类一

工作原理	符 号	测量对象	工作原理	符 号	测量对象
磁电式		直流(电流、电压、电阻)	磁电 整流式		交流(电流、电压)
电磁式		交、直流(电流、电压)			
电动式		交、直流(电流、电压、电功率、电能、功率因数)	感应式		交流电能

按被测物理量的名称(或单位)可分为电流表(安培表、毫安表、微安表)、电压表(伏特表、毫伏表)、功率表(瓦特表)、高阻表(兆欧表)、欧姆表、电度表(瓦时表)、相位表(或功率因数表)、频率表及多种用途表如万用表等,见表 1-2。

表 1-2 电工仪表分类二

被测量种类	仪表名称	符 号	被测量种类	仪表名称	符 号
电流	安培表、毫安表、微安表	A, mA, μ A	电能量	电度表	kW · h
电压	伏特表、毫伏表	V, mA	功率因数	功率因数表	$\cos\phi$
电阻	欧姆表	Ω	频率	赫兹数	Hz
电功率	功率表	W			

按使用方式可分为开关板式和可携带式仪表。

按仪表工作电流种类可分为直流、交流和交直流两用仪表。

按仪表准确度等级可分 1 级表、0.5 级表、0.2 级表、0.1 级表等。

分类方式还有很多,这里不再列举。尽管电工仪表种类很多,但是它们的主要作用都是将被测量变换成仪表活动部分的偏转角位移。因此任何电工仪表都由测量机构和测量电路两大部分组成。

(1) 测量机构 具有接受电量后就能产生转动的机构,称为测量机构。它由以下三大部分组成。

① 驱动装置。产生转动力矩,使活动部分偏转。转动力矩大小与输入到测量机构的电量成函数关系。

② 控制装置。产生反作用力矩,与转动力矩相平衡,使活动部分偏转到一定位置。

③ 阻尼装置。产生阻尼力矩,可动部分运动过程中,消耗其动能,缩短其摆动时间。

(2) 测量电路 一定的测量机构借以产生偏转的电量是一定的,一般是电流、电压或是两者的乘积。若被测量是其他电气参数,如功率、频率甚至是温度、压力等非电量,或者被测电流、电压过大或过小,都不能直接作用到测量机构上,而必须将各种被测量转换成测量机构所能接受的电量,实现这类转换的电路被称为测量电路。不同功能的仪表,其测量电路也是各不相同的。

在仪表的刻度上,一般都标有被测量种类符号和仪表原理形式的符号,另外还标有仪表所测电流的种类、仪表绝缘耐压强度、仪表放置位置以及仪表的准确度等级等,为正确地选

择和使用本仪表提供了条件。表 1-3 列出了电工仪表的部分常用符号及意义。

表 1-3 电工仪表的部分常用符号及意义

符 号	意 义	符 号	意 义
—	直流	↑ ⊥	仪表直立放置
~	交流	→ □	仪表水平放置
≈	交直流	∠60°	仪表倾斜 60° 放置
3~	三相交流	Ⓛ 1.5 1.5 1.5	仪表准确度 1.5 级
2kV ☆	仪表绝缘试验电压 2000V		

2. 仪表的误差及准确度

任何一个仪表在测量时都有误差，它说明仪表的指示值和被测实际值之间的差异程度。误差越小，准确度越高。

根据引起误差的原因，可将误差分为基本误差和附加误差两类。基本误差是仪表本身固有的，是由于结构上和制作上的不完善而产生的。例如活动部分因轴承里的摩擦和刻度划分不精密等原因引起的误差。附加误差是指仪表处在不正常的工作条件下，除了上述基本误差外出现的误差。

所谓正常的工作条件，除了按需要正确地选择仪表外，大致可分为以下几个方面。

- ① 仪表指针调整到零点。
- ② 仪表按规定工作位置安放。
- ③ 周围环境的温度为 20℃ 或是仪表所示的温度。
- ④ 除地磁外，没有外来电磁场的干扰。
- ⑤ 对于交流仪表来说，电流的波形是正弦波，频率在规定范围内。

根据国家规定，我国直读式仪表准确度分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0，7 个级别。通常 0.1 级和 0.2 级仪表作标准仪表使用并可进行精密测量，0.5~1.5 级仪表用于实验室测量，1.5~5.0 级仪表一般用于工程测量及指示电气设备的运行状况。

仪表的准确度是根据仪表的相对额定误差来分级的。所谓相对额定误差，就是指仪表在正常的工作条件下测量可能产生的最大绝对误差（属于基本误差） ΔA_m 与仪表的满刻度量程 A_m 之比，以百分数表示则准确度为

$$\pm\alpha = \frac{\Delta A_m}{A_m} \times 100\%$$

由上式可见：当被测量的实际值一定时，相对误差决定于仪表的准确度等级 α 与其满刻度量程 A_m 的乘积。若仪表量程相同，准确度等级越高（ α 值越小），则相对误差越小；若仪表准确度相同，量程越小，则相对误差越小。

例如，用一块 0.5 级的多量程伏特计的 150V 挡和 300V 挡分别测量某直流电源电压 100V，产生的相对误差如下。

- ① 用 150V 量程测量，产生的相对误差

$$r_m = \frac{\Delta A_m}{A_x} = \frac{A_m \times (\pm\alpha\%)}{A_x} = \frac{150 \times (\pm 0.5\%)}{100} = \pm 0.75\%$$

② 用 300V 量程测量，产生的相对误差

$$r_m = \frac{\Delta A_m}{A_x} = \frac{A_m \times (\pm \alpha\%)}{A_x} = \frac{300 \times (\pm 0.5\%)}{100} = \pm 1.5\%$$

由上例可以看出，即使采用同一块电压表测量同一被测电压，不同的电压量程所产生的相对误差也是不同的。被测量值越是接近所选量程的刻度，产生的相对误差就越小，测量的结果就越准确。所以一般来说，等级高的仪表（0.1 和 0.2 级）比等级低的仪表（2.5 和 5.0 级）测量结果更准确，但量程的选择对测量结果的准确度也有很大的影响。在实验过程中，应根据被测量值的大小选择适当的仪表量程，使仪表的读数尽可能接近量程，一般应使指针偏转超过满刻度值的一半。

除了正确选择仪表之外，还需要正确使用电工仪表。首先使其有正常的工作条件，其次要求在测量时要正确读数，要求做到：读数时视线与仪表标尺的平面垂直。如果仪表标尺表面带有镜子的话，读数时应使指针盖住镜子中的指针的影子。读数时，当指针位于两条分度线之间时，可估读一位数字。总之，读数的位数太少，人为地降低精确度是不应该的，但超出仪表精确度的范围，过多地追求读出更多的位数，也是无意义的。

3. 几种常用电工仪表形式的工作原理

(1) 磁电式仪表 磁电式仪表结构原理如图 1-2 所示，由一个固定的永久磁铁和一个带有指针及弹簧的活动线圈组成。通有直流电流的可动线圈与永久磁铁的磁场相互作用产生偏转力矩，带动指针偏转。同时与动圈固定在一起的游丝因动圈偏转发生变形，产生反作用力矩。两力矩平衡时活动部分最终停留在相应的位置，指针在标度尺上指示被测量的数值。指针的偏转角与通过动圈的被测电流成正比，因此标尺上的刻度是均匀的。

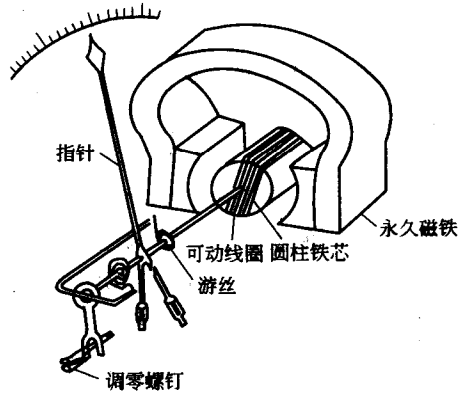


图 1-2 磁电式仪表结构

磁电式仪表准确度高、灵敏度高、自身功耗小、表盘刻度均匀，但仪表过载能力差，直接使用只能用来测量直流量。

(2) 电磁式仪表 电磁式仪表的结构有两种，即吸引型与排斥型。吸引型电磁式仪表结构原理如图 1-3 所示。当电流通过线圈时，在线圈附近就有磁场产生，使可动铁片磁化。铁片被磁场吸引，产生转动力矩，带动指针偏转。当线中电流方向改变时，线圈所产生的磁场和被磁场化的铁片极性同时改变。可见这种仪表可以交直流两用。

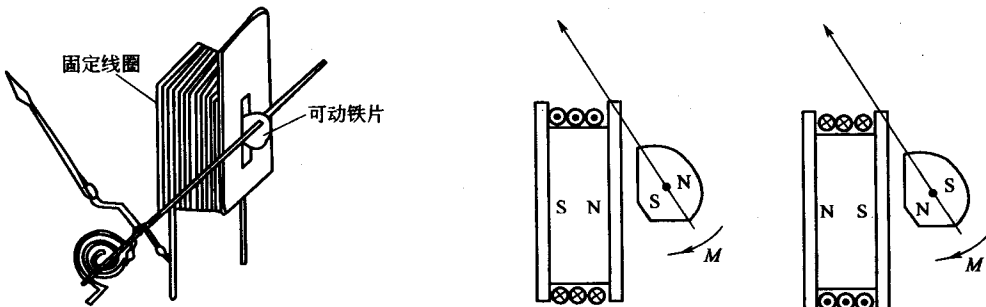


图 1-3 吸引型电磁式仪表结构

排斥型电磁式仪表结构原理如图 1-4 所示。当固定线圈通入电流后，电流产生的磁场使固定铁片和可动铁片同时磁化，同性磁极间相互排斥，使可动部分转动。当固定线圈中电流方向改变时，它所建立的磁场方向随之改变，因此两铁片仍然互相排斥，转动方向保持不变，因而它同样可以交直流两用。

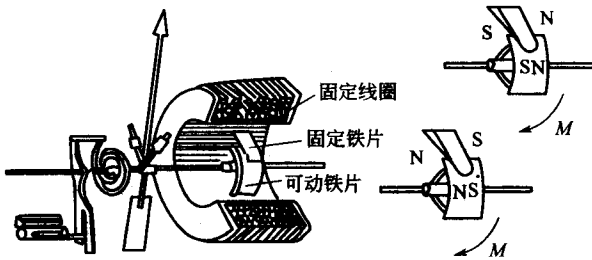


图 1-4 排斥型电磁式仪表结构

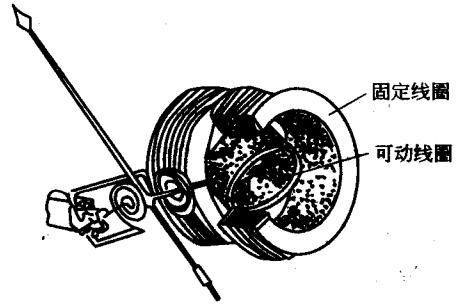


图 1-5 电动式仪表结构

不论是吸引型还是排斥型电磁仪表，其转动力矩与电流平方成正比，因此仪表刻度是不均匀的。电磁式仪表结构简单、过载能力强、交直流量均可测量，但是灵敏度和准确度较低，刻度不均匀，本身功耗大。

(3) 电动式仪表 电动式仪表的结构原理如图 1-5 所示。它由固定线圈和装在同一转轴上的指针、游丝及活动线圈组成。当线圈通以电流 I_1 ，同时动圈通以电流 I_2 后，两载流线圈相互作用，使活动线圈带动指针偏转，在与游丝因动圈偏转而变形所产生的反作用力矩平衡时，指针最终将指示被测量的数值。

电动式仪表准确度高，交直流均可测量，制造时改变 I_1 、 I_2 就能制成相应电流表、电压表和功率表，其缺点是结构较复杂、造价高、功耗大、过载能力差。

4. 几种电学量的测量

(1) 电流 电流表是用来测量电路中电流大小的仪表，使用前要分清是直流、交流或交直流两用仪表。测量时要根据被测电流的种类及量程的大小选择合适量程的电流表。若为直流表，应注意电流表的正负端钮与被测电路正负极性一致。要将电流表串联在被测电路中，使被测电流通过电流表。由于电流表的内阻很小，切不可将电流表并联在某一有电压的元件两端，以免烧坏电流表。

(2) 电压 电压表是用来测量电路中两点间电压的仪表，按照电源种类不同，可分为直流、交流及交直流两用三种，所以测量电路中的电压值时可按被测电压的种类和大小来选择合适量程的直流电压表或交流电压表。测量电压时，要将电压表与被测电路并联，使被测电压加在电压表两端。由于电压表的内阻很大，不可能将电压表串接入某一支路，以免影响整个电路的正常工作。测量直流电压时还应注意电压表的正、负极性，应将电压表的正极接到被测电压的高位端。

(3) 功率 功率表是用来测量直流和交流有功功率的仪表。单相功率表通常采用电动式测量机构，由电压线圈和电流线圈组成。电压线圈（可动线圈）内阻很大，应并联在被测电路的两端；电流线圈（固定线圈）内阻很小，应串联在被测电路中。电压线圈和电流线圈都有“*”或“±”的符号，称为同名端短接在一起。

功率表的正确接法有两种，如图 1-6 所示。图 1-6 (a) 先把电压线圈与负载并联，再与

电流线圈串联。图 1-6 (b) 先把电流线圈与负载串联，再与电压线圈并联。为了减少测量误差，当负载为低阻抗时，采用图 1-6 (a) 接法，功率表的读数中除了负载之外，还包括仪表本身电流线圈的功率损耗。

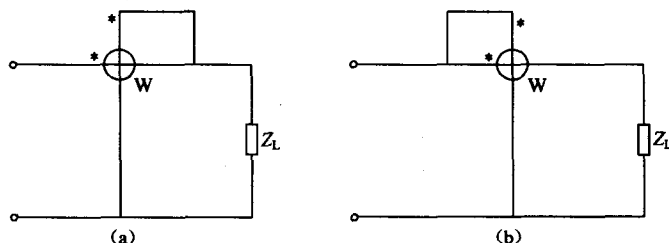


图 1-6 功率表的两种接线方法

第四节 实验目的、方法和要求

电工实验是电工教学课程中不可缺少的重要教学环节。为了使电工实验收到预期效果，现将具体要求说明如下。

一、实验目的

(1) 通过实验巩固并加深电工学课程的基本理论，培养运用基本理论分析、处理实际问题的能力。

(2) 通过实验训练以下几方面的基本技能。

① 学会正确使用常用电工仪表、电子仪器及其他常用电器等设备。

② 了解常用电工仪器的结构、工作原理及电工测量的基本知识。

③ 能阅读简单的电气设备原理电路图。

④ 独立地按照要求正确连接线路，掌握对简单的交直流电路一般性故障的检查与排除的方法。

⑤ 能准确地读取数据，测绘曲线和波形，分析实验结果，编写整洁的实验报告。

⑥ 掌握一般的安全用电常识，遵守操作规则。

(3) 实验时培养实事求是、严肃认真的实验习惯，养成严谨的科学工作作风。

二、实验预习

每次实验前，必须充分做好预习准备，复习相关理论知识，并认真阅读实验指导书和教材中与实验有关的内容，才能在实验过程中发挥主观能动性并收到预期的效果。否则，实验将不可能顺利进行，而且有可能发生损坏仪器设备并危及人身安全的事故。因此，要求在每次实验前，老师应对学生进行检查。对于没有达到要求的学生，原则上不得参加本次实验，预习的主要要求有以下两个方面。

① 确定实验目的、任务，掌握与实验有关的基本理论，了解实验仪器和模块的使用方法，弄清楚实验线路、实验方法、实验步骤，知道实验注意事项等。

② 简要写出实验预习报告（可作为实验总结报告的一部分）。内容包括：实验目的、实验任务、实验内容、基本线路、选用的仪器与操作步骤、计算公式、数据记录表、注意事项

以及在本实验中可能需要记录的数据、现象和存在的疑问等。

三、实验进行

为了保证实验的顺利进行，应该具有良好的工作方法和正确的操作程序。因此，建议实验课参照以下要求进行。

① 实验课前，应按实验指导书清点仪器与模块，检查各种设备是否在应该的位置，并检查仪器设备是否完好。

② 实验分小组进行，每组应有一名同学负责，进入实验室并指定实验工作台后，应首先填写电工实验台使用情况表。

③ 实验进行之前，由实验老师向同学简要提示本次实验的基本原理、步骤、要求，强调实验中的注意事项，然后同学才能开始进行实验。

④ 电工实验台上的仪器，摆放要整齐，易于接线，便于观察操作和读取数据。

⑤ 同学要了解所有仪器和模块的基本使用方法，根据本次实验内容正确选用仪表量程与模块设备。

⑥ 小组中的负责同学要统一调配，小组成员分工接线，互相检查，讨论更正。接好实验线路并自行检查无误后，再请老师复查，经同意方可接通电源进行实验。如果实验中需要改变线路，也必须经老师检查同意。

⑦ 实验按步骤进行，注意正确的操作方法，观察分析现象，并由小组负责同学指挥大家分工同时读数。实验中如果发现异常现象或数据有问题时，应及时切断电源停止实验，进行分析研究，不可盲目动作，以免发生事故。

⑧ 记录数据填在实验报告的数据记录表中。注意记录所用的仪器仪表的型号与编号，以便事后发现问题时查核。

⑨ 完成全部规定的实验项目后，对测得的数据进行初步检查分析，自审无错误后，送交老师复核，同意后方可拆线结束实验。

⑩ 实验结束后，将电工实验台上的仪器仪表、各类设备、导线等整理好，按规定位置放好，做好清洁工作，填写电工实验台使用情况表，经实验老师检查同意才能离开实验室。

四、实验中的注意事项

1. 人身安全

实践证明，人体触电时，通过的电流为 50mA 就有生命危险，通过 100mA 则能致人于死地。电工实验的电源电压有 220V 及 380V，均非安全电压，可以造成使人触电、受伤和损坏仪器设备的严重事故。因此，在实验中要求切实遵守实验室的各项安全操作规程，严肃认真，细致踏实，确保实验的顺利完成。实验过程中应该注意以下几点。

① 不准擅自接通电源，接通电源应先告知全组同学。

② 通电后不允许人体触及任何带电部位。严格遵守“先接线后通电”、“先断电后拆线”的原则。

③ 不得带电操作，以防发生触电事故。上实验课时不得赤脚或穿拖鞋，最好穿底鞋。

2. 爱护仪器设备

电工实验台是国家财产，应当加倍爱护。这样既能保证学校实验课的正常开设，也培养了个人爱护公共财产的公共品德。

① 移动仪器设备时要轻拿轻放。

② 电器设备应按铭牌上规定的额定使用。使用仪表时应选择适当量程。使用电子仪器时应阅读有关说明书(实验指导书),熟悉使用方法,了解各旋钮的作用。

③ 在实验过程中应注意仪器的运行情况,随时注意有无异常现象,例如短路、过热、绝缘烧焦发出异味、声音不正常、电源保险熔断发出响声或合上电源而不工作等。出现上述情况时不要惊慌失措,应立即拉总电源开关,防止事故扩大,保持现场,报告实验老师共同分析原因,排除故障。如果实验仪器和设备损坏,应如实填写事故报告单,以便处理。

④ 不得坐在设备上,不得用粉笔在仪表和实验台上写字,不得将导线和工具乱扔乱抛,也不要擅自取用其他电工实验台上的工具和仪器设备。

⑤ 导线、工具及其他仪器设备不要靠近带电部分,以免发生意外。

3. 线路的连接

(1) 连线前的准备工作如下。

① 正确选用实验设备与工具,合理选择仪表种类、量程、等级。

② 实验台上的仪器摆放整齐、布局合理。原则是:电路最简明,便于调节,方便读数,安全合理。

(2) 正确接线,连接线路的原则如下。

① 根据电路的结构特点,采用合理的接线步骤。一般按“先串后并”、“先主后辅”的操作顺序进行,即先串联后并联,先接主电路后接辅助电路。

② 连接前弄清电路图与实物接头之间的对应关系。

③ 电路走线合理,导线粗细长短适当,接线柱的插接应松紧适宜,保证接触良好。多根导线不宜过于集中接在某一点,可分接到等电位的其他接线柱上。

4. 操作、观察、测量与记录

注意同组人员的分工配合,操作前做到心中有数,目的明确。操作时做到手合电源、眼观全局,先看现象,后读数据。读数前要弄清仪表量程和刻度,读数时要注意姿势正确,要求“眼、针、影”成一线。具体要求如下。

① 电路接通电源后,不要急于测量数据。首先将实验过程较完整的演习一遍,概略观察全部现象以及各仪表的变化范围,以便心中有数。然后开始逐项实验,选择读取几组数据。

② 测量某一组数据时,全组人员配合协调,应尽可能在同一瞬间读取各仪表的读数,以免由于其中某一数据可能变化而引起误差。

③ 记录数据清楚完整,力求表格化,一目了然,合理取有效数字(最后一位为估计数字)。

④ 如果需要绘制曲线,则要多读几组数据,而且在曲线的弯曲部分应有更多的数据,以保证得出的曲线较平滑精确。

五、实验报告

实验报告是实验工作的全面总结,是培养学生分析能力和解决问题能力的重要教学环节,也是培养同学严谨认真科学作风的重要环节,同时也是老师考核学生实验成绩的重要依据之一。因此,同学应该认真地写实验报告,用简明的形式将实验结果完整和真实地表达出来。通过编写实验报告,将实验过程中得到的实际知识经过系统总结,分析提高到理性认识。实验报告要求用规定的实验报告纸写,要求文理通顺、图表清晰、字迹端正、简明扼要,分析合理、结论准确、讨论深入。