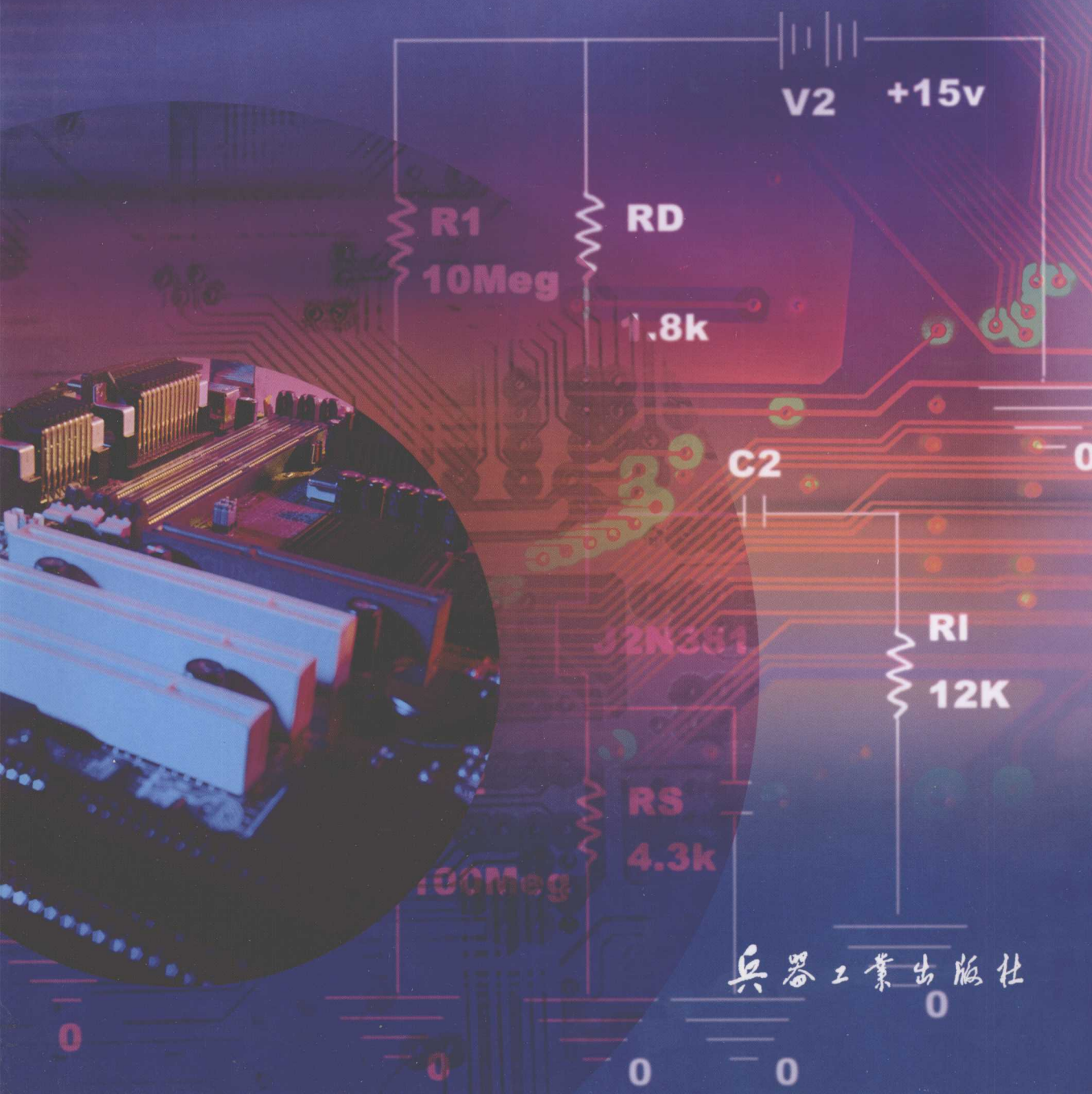


电工与电子技术实验指导

主 编：彭东林
副主编：陶炳清 杨 奕



兵器工业出版社

电工与电子技术 实验指导

主 编 彭东林

副主编 陶炳清 杨 奕

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书着重介绍电工技术、电子技术的基本实验方法和实验内容,从基本实验入手,逐步深入,实现了从认识→验证→设计→综合性设计的教学模式,实现了从小到大、循序渐进的教学方法。实现了内容的整体优化和集成。

全书共分四个部分。第一部分为测试基础,介绍实验课的基本要求及测试基础,了解常用的电工电子仪器、仪表的基本使用方法。第二部分为基础实验,分为直流电路、交流电路、模拟电子技术及数字电子技术等实验,共18个实验内容。第三部分为综合应用,目的在于提高学生综合应用理论知识的能力,让他们通过一些实际问题,掌握电子电路的一般设计方法,进一步提高对设计电子电路的兴趣。第四部分为计算机仿真。

图书在版编目(CIP)数据

电工与电子技术实验指导/彭东林主编. —北京:兵器工业出版社, 2007. 8

ISBN 978 - 7 - 80172 - 911 - 8

I. 电… II. 彭… III. ①电工技术 - 实验②电子技术 - 实验 IV. TM - 33 TN - 33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 118520 号

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010 - 68962596, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟10号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市登峰印刷厂

版 次: 2007年8月第1版第1次印刷

印 数: 1—3000

责任编辑: 张小洁

封面设计: 李 晖

责任校对: 郭 芳

责任印制: 赵春云

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 9.75

字 数: 230千字

定 价: 15.00元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

“电工与电子技术”是高等院校理工科专业的一门专业技术基础课，这是一门实践性很强的课程。本书是该课程的实验课教材，目的在于将电工与电子技术的课堂教学内容与实际动手有机接合起来，以加强学生基础实验技能的训练，培养和提高学生的工程设计能力与实验动手能力。

本书着重介绍电工技术、电子技术的基本实验方法和实验内容。书中的每一个实验都以电工电子技术基本理论为基础，提出实验目的和内容，并要求学生先预习实验内容后再进行实验，然后分析理论值与实验结果的差异，找出产生误差的原因，这样能使学生在实验过程中综合运用理论知识来解决问题。在内容安排上，本书从基本实验入手，逐步深入，实现了从认识→验证→设计→综合性设计的教学模式，实现了从小到大、循序渐进的教学方法，实现了内容的整体优化和集成。充分利用计算机仿真技术，注重强电与弱电的结合，软件与硬件的结合，单元电路与复杂电路的结合等。既能满足开放实验课的要求，也能满足单独实验课的要求。本书的主要目的在于培养学生基本能力，因材施教，发展个性，培养创新意识和创新能力，发现和培养创新人才。

全书共分四个部分。第一部分为测试基础，介绍实验课的基本要求及测试基础，了解常用的电工电子仪器、仪表的基本使用方法。第二部分为基础实验，分为直流电路、交流电路、模拟电子技术及数字电子技术等实验，共 18 个实验内容。第三部分为综合应用，目的在于提高学生综合应用理论知识的能力，让他们通过一些实际问题，掌握电子电路的一般设计方法，进一步提高对设计电子电路的兴趣。第四部分为计算机仿真，利用 EWB 提供的虚拟仪器，可以用比实验室更灵活的方式进行实验。

本书由彭东林教授主编。陶炳清编写第一部分、第二部分的第三章和第四章、第三部分，杨奕编写第二部分的第五章，向险峰编写第二部分的第六章及附录，施邦利编写第四部分。

由于编者水平有限，书中难免有欠妥之处，敬请广大师生及读者批评指正。

编 者

2007 年 7 月

目 录

绪论	(1)
第一部分 测试基础	(5)
第一章 电工测试基础知识	(7)
第一节 测量及测量仪表的选用	(7)
第二节 电流表、电压表、功率表的工作原理	(10)
第三节 测量误差	(13)
第四节 测量中有效数字的处理	(15)
第二章 电子测试基础知识	(18)
第一节 常用电子元件的基本知识	(18)
第二节 常用电子仪器的使用	(21)
第三节 电子测量基础	(29)
第四节 电子电路调试与故障检测	(32)
第二部分 基础实验	(39)
第三章 直流电路实验	(41)
第一节 基本电工仪表的使用与测量误差计算	(41)
第二节 元件伏安特性的测试	(44)
第三节 线性有源二端网络等效参数的测定	(46)
第四章 交流电路实验	(51)
第一节 用三表法测量电路等效参数	(51)
第二节 正弦稳态交流电路相量的研究	(54)
第三节 单相变压器实验	(56)
第四节 三相交流电路的电压和电流	(59)
第五节 三相鼠笼式异步电动机	(62)
第五章 模拟电子技术实验	(68)
第一节 常用电子仪器的使用	(68)
第二节 晶体管单级放大电路的测试	(71)
第三节 集成运算放大器的基本应用	(75)
第四节 LC 正弦波振荡器	(79)
第五节 直流稳压电源的测试	(81)

第六章 数字电子技术实验	(84)
第一节 组合逻辑电路	(84)
第二节 译码器及其应用	(87)
第三节 触发器及其应用	(92)
第四节 计数器及其应用	(98)
第五节 555 多谐振荡器	(101)
第三部分 综合应用	(105)
第七章 综合设计实验	(107)
第一节 三相异步电动机正反转继电接触控制	(107)
第二节 电冰箱保护器的设计	(107)
第三节 温度控制电路	(109)
第四节 紧凑型节能灯	(109)
第五节 三极管 β 值自动测量分挡仪	(110)
第六节 交道信号灯控制器	(111)
第七节 频率测量电路的设计	(113)
第八节 彩灯控制电路	(114)
第九节 数字钟实验	(114)
第十节 声光控开关设计	(115)
第十一节 电话防盗装置	(116)
第十二节 竞赛抢答器	(117)
第四部分 计算机仿真	(119)
第八章 计算机仿真教学	(121)
第一节 EWB 仿真软件教程	(121)
第二节 Protel 99SE 的使用说明	(129)
附录 A 集成逻辑门电路新、旧图形符号对照	(137)
附录 B 集成触发器新、旧图形符号对照	(138)
附录 C 部分集成电路引脚排列	(139)

绪 论

一、实验课的作用

电工与电子技术实验课与电工与电子技术理论课均被列入教学计划规定的必修课，它是培养电工、电子等工程技术人员实验基本技能的重要一环。电工与电子技术实验的内容涉及到电工与电子技术的基本理论和电工与电子技术实践中的常见现象，通过实验能将理论与实践相结合，巩固所学知识；通过实验能培养有关电路连接、电工测量及故障排除等实验技巧；通过实验能学到常用电工仪器仪表的基本原理、使用与选择方法；通过实验能学习数据的采集与处理、各种现象的观察与分析等。以上这些正是培养电气工程技术人员必要的基本训练。

总之，本实验课的主要作用就是对学生进行基本技能的训练，提高学生用基本理论分析问题与解决问题的能力，同时在实验过程中培养学生严肃认真的科学态度和细致踏实的实验作风，为今后的专业实验、生产实践与科学研究打下坚实的基础。

二、实验课的基本要求

1. 实验仪器与仪表

正确使用交、直流电压表、电流表、功率表和万用表，会使用常用的一些电工设备；基本会使用一些电子仪器、仪表及电子设备，如普通示波器、直流稳压电源、函数信号发生器等。

2. 测试方法

电压、电流的测量，信号波形的观察方法，电阻器、电容器、电感器参数和电压、电流特性的测量及功率、功率因数的测量。

3. 实验操作

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，具有实事求是的科学态度。

4. 实验报告

能写出合乎规格的实验报告，正确绘制实验曲线，做出初步的分析、解释。

三、实验课的进行

1. 课前预习

实验效果的好坏与实验的预习密切相关。学生应事先认真阅读实验指导书，经过思考后，编写出预习报告（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，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,达不到实验的目的与要求,甚至发生事故。

预习的重点是:

- (1) 明确实验目的、任务与要求,估算实验结果。
- (2) 复习有关理论,看懂实验原理、方法,熟悉实验电路。
- (3) 了解所需的实验元件,仪器设备及其使用方法介绍。

2. 熟悉设备和接线

在接线之前应了解第一次使用的仪器、设备的接线端,刻度、各旋钮的位置及作用,电源开关位置,确定所用仪表的量程及极性等。

应根据实验线路合理布置仪表及实验器材,以便于接线、查对、操作及读数。对初学者来说,首先应按照电路图对应进行布局与接线。较复杂的电路应先串联后并联,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设定的方位是否一致,最后连接电源端。接线时,避免在同一端子上连接三根以上的连线(应分散接线),减少因牵动(碰)一线而引起端子松动、接触不良或导线脱落的故障。电表的端子原则上只接一根线。改接线路时,应力求改动量最小,避免拆完重接。

3. 通电操作及读数

线路接好后,经自查无误并请指导教师复查后方可接通电源。通电操作时必须集中注意力观察电路的变化,如有异常,如声响、冒烟、发臭等现象,应立即断开电源,检查原因。确定通电无异常后应将设备大致操作一遍,观察一下实验现象,判断结果是否合理。若结果不合理,则线路有误,立即切断电源重新检查线路并修正;若结果合理,则可正式操作。读数时要姿势正确、思想集中,防止误读。数据要记录在事先准备好的表格中,凌乱和无序的记录常常是造成错误和失败的原因。为了获得正确的数据,有时需要把数据绘成曲线,读数的多少和分布情况,应以足够描绘一条光滑而完整的曲线为原则。读数的分布可随曲线的曲率而异,曲率较大处可多读几点。

4. 实验结束

完成全部实验内容后,不要先急于拆除线路,应先检查实验数据有无遗漏或不合理的情况,经指导教师同意方可拆除线路,整理桌面,摆放好各种实验器材、用具,然后离开实验室。

5. 安全操作问题

实验过程中应随时注意安全,包括人身与设备的安全。除上面已提到过的一些注意事项外,还需特别注意以下几点:

(1) 当电源接通进行正常实验时,不可用手触及带电部分,改接或拆除电路时必须先切断电源。

(2) 使用仪器仪表及设备时,必须了解其性能和使用方法。切勿违反操作规程乱拨乱调旋钮,尤其注意不得超过仪表的量程和设备的额定值。

(3) 如果实验中用到调压器、电位器以及可变电阻器等设备时,在电源接通前,应将其调节位置放在使电路中的电流为最小的地方,然后接通电源,再逐步调节电压、电流,使其缓慢上升,一旦发现异常,应立即切断电源。

6. 实验故障的类型与原因

实验课中出现各种故障是难免的。学生通过对电路简单故障的分析、具体诊断和排除,

逐步提高分析问题与解决问题的能力。在电工技术实验中，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。

故障原因大致有以下几种：

- (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、实验装置等与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) 接触不良或连接导线损坏。
- (5) 布局不合理，电路内部产生干扰。
- (6) 周围有强电设备，产生电磁干扰。

四、故障检测

故障检测的方法很多，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（电压挡或电阻挡）在通电或断电状态下去检查电路故障。

(1) 通电检测法：用万用表电压挡（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而测不出电压，或某两点不应该有电压而测出了电压，那么故障必在此两点间。

(2) 断电检查法：用万用表电阻挡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）；或两点间应该开路（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。

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（200 V 以上），不宜用通电法（电阻挡）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 检查电路接线有无错误。
- ② 检查电源供电系统，从电源进线、熔断器、开关至电路输入端子，依次检查各部分有无电压，是否符合标准。
- ③ 检查主、副电路中元件、仪器仪表、开关连接导线是否完好和接触良好。
- ④ 检测仪器部分，供电系统，输入、输出调节，显示及探头、接地点等。

五、数据整理与曲线绘制数据整理与实验报告

整理实验结果是实验的重要环节，通过整理及编写报告可以系统地理解实验教学中所获得的知识，建立清晰的概念。实验结果有数据、波形曲线、现象等。整理数据一般是进行计

算、描绘曲线、分析波形及现象，找出其中典型的、能说明问题的特征并找到条件（参数）与结果之间的联系，从而说明电路的性质。整理数据时必须注意误差的判别，有关电工测量的误差分析将在第三章中介绍。实验曲线是以图形的形式更直观地表达实验结果的语言。做好实验曲线的基本要点是：

（1）图纸选择要恰当。本实验课主要采用毫米方格纸，频率特性曲线用单对数坐标绘制效果更好。除特殊要求外，一般按得到正方形形式 $1:1.5$ 矩形图面来选定单位比例尺。比例尺以处理后的实验数据为根据作合理选择。

（2）坐标的分度要合理。坐标上以 X 轴代表自变数， Y 轴代表应变数，坐标的分度就是坐标轴上每一格代表值的大小。分度的选择应使图纸上任一点的坐标容易读数。为了便于阅读，应将坐标轴的分度值标记出来，每个坐标轴必须注明名称和单位。

（3）曲线绘制要细心。一般情况下把实验数据在坐标纸上用“O”、“#”或“ Δ ”等符号标出即可。按照所描的点作曲线应使用曲线板、曲线尺等作图仪器。描出的曲线应光滑匀整，不要求曲线通过所有的点，但应与所有的点相接近，同时使未被曲线经过的点大致均匀地分布在曲线的两侧。

（4）加上必要的注释说明。在每一图形下面应将曲线代表的意义清楚明确地写出，使读者一目了然。

六、实验报告的要求和内容

实验报告是学生进行实验的全过程的总结。它既是完成教学环节的凭证，也是今后编写其他工程（实验）报告的参考资料。因此，实验报告应该文字简洁、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：

- （1）实验目的。
- （2）实验原理与说明。
- （3）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。
- （4）实验仪器与设备。记录实验中使用的仪器与设备的名称、型号、规格和数量。
- （5）实验图表。
- （6）实验结论与分析。
- （7）实验思考题解答。

实验报告中的第（1）~（4）项应在预习时完成，实验中补充完善，第（5）~（7）项应在实验中基本形成，实验结束后整理完善。

第一部分 测试基础

第一章 电工测试基础知识

第一节 测量及测量仪表的选用

测量是人们借助于专门的设备，通过实验的方法对客观事物取得数量观念的认识过程。从日常生活和实验中可以举出很多浅显的事例，如用尺子量布的长度，用电压表测量市电的电压。所以测量可以定义为：用实验的方法将被测量直接或间接地与作为测量单位的标准量相比较的过程。在比较过程中确定被测量是这个标准量的多少倍，从而确定被测量值的大小。若测得市电的电压为 220 V，即“1 V”是标准量（比较单位），被测量（市电）是 1 V 的 220 倍。测量结果是由比较的倍数和用作比较的单位两部分组成。电气测量单位如表 1.1.1 所示。

表 1.1.1 电气测量单位

名称	符号	名称	符号	名称	符号
千安	kA	兆瓦	MW	赫兹	Hz
安培	A	千瓦	kW	兆欧	MΩ
毫安	mA	瓦特	W	千欧	kΩ
微安	μA	兆乏	Mvar	欧姆	Ω
千伏	kV	千乏	kvar	毫欧	mΩ
伏特	V	乏尔	var	微欧	μΩ
毫伏	mV	兆赫	MHz	相位角	φ
微伏	μV	千赫	kHz	功率因数	cosφ

一、测量方法分类

测量方法分类的形式很多，根据测量仪器不同，将测量方法分为：

1. 直接测量

直接测量是指被测量的数字大小能直接在测量仪器上显示出来。例如，用电压表测量电压，用电桥测量电阻，用频率计测量频率等。直接测量简单易行，所需测量时间短并有可能达到很高的精度。

2. 间接测量

间接测量是指当被测量的大小不便于直接测量时，可以利用被测量与某种中间量之间的函数关系先测出中间量，然后通过运算公式算出被测量。例如，用伏安法测电阻，即先用直

接测量方法测出电阻中通过的电流 I 及端电压 U ，然后根据欧姆定律 $R = \frac{U}{I}$ ，便可计算出 R 的数值。仅在直接测量不方便、误差大或缺乏直接测量仪器等时，方采用此法。

3. 组合测量

组合测量是指测量中改变测量条件，使各未知数以不同的组合形式出现，根据直接测量和间接测量所得数据，通过解一组联立方程而求出未知量的数值。例如，为了测量导体电阻的温度系数 α 、 β 之值，须利用电阻与温度的关系式：

$$\begin{aligned} R_{t_1} &= R_{20} [1 + \alpha(t_1 - 20) + \beta(t_1 - 20)^2] \\ R_{t_2} &= R_{20} [1 + \alpha(t_2 - 20) + \beta(t_2 - 20)^2] \end{aligned}$$

式中， R_{t_1} 、 R_{t_2} 分别为温度 t_1 、 t_2 时的电阻值。联立解以上方程组即可求得未知量 α 、 β 。

二、测量仪表的分类

按测量方式不同，测量仪表可分为直读式仪表和比较式仪表两大类。

1. 直读式仪表

直读式仪表是测量结果可以直接由仪表的指示机构中读出的仪表。直读仪表测量迅速、使用方便，是电气测量中使用最多的仪表，如伏特表、安培表、万用表、瓦特表、数字视频计、电子示波器等都属于直读式仪表。其缺点是准确度较低。直读式仪表面板标记符号及意义如表 1.1.2 所示。

2. 比较式仪表

比较式仪表是将被测量与标准的测量单位进行直接比较而测出其数值的仪表。如电桥、电位差计等都属于此类。应用比较式仪表测量较复杂，花费时间长，仪表价格较贵，但准确度高，因而常用于精确测量。

表 1.1.2 直读式仪表面板标记符号及意义

符 号	意 义	符 号	意 义
—	直 流	I II III IV	仪表防外磁场等级
~	交 流	A B C	仪表工作环境等级
≡	交直流		电 流 表
3~ 或 ≡	三相交流		电 压 表
⊥ 或 ↑	仪表垂直放置		功 率 表
□ 或 →	仪表水平放置		磁电系
∠50°	仪表倾斜 50° 放置		整流系
2 kV	仪表绝缘试验电压为 2 000 V		电动系
1.0	准确度 1.0 级		电磁系

三、测量仪表的选用

1. 仪表的选用

在实际测量中，要根据被测量、仪表特点、测量准确度、实验条件等选用仪表。从各种仪表的结构、测量原理和特点可知，磁电系仪表指针的偏转角与所测电流的平均值成正比，读数是电流的平均值，通常用来测量直流，当然也可用来测量非正弦量的平均值。电动系和电磁系仪表指针的偏转角与所测电流的有效值的平方成正比，读数就是有效值，可用来测量正弦交流和非正弦量的有效值，也可用来测量稳恒直流。磁电系整流式仪表指针的偏转角与整流后电流的平均值成正比，读数是正弦电流的有效值，只能用来测量正弦交流的有效值。

一般来说，可根据以下五项来选用仪表：

- (1) 电流种类：交流、直流、正弦、非正弦。
- (2) 作用原理：磁电系、电磁系、电动系、磁电系整流式。
- (3) 测量对象：电压、电流、功率。
- (4) 准确度：根据测量准确度选择仪表准确度等级。
- (5) 量程：根据被测量的大概数值选择仪表量程。

2. 仪表的使用

合理地选用了仪表，还必须正确地使用它，否则就达不到测量的目的。使用仪表主要应注意以下四个问题：

(1) 仪表的正确工作条件。测量是要使仪表在正确的条件下工作，否则会引起一定的附加误差。例如，使用仪表时，应使仪表按规定的位置放置，仪表要远离外磁场和外电场，使用前要使仪表指针指到零位，指针不在零位时，可调节调零器使指针指到零位，对于交流仪表，波形要满足要求，频率要在仪表的允许范围内，等等。

(2) 仪表的正确接线。仪表的接线必须正确，电流表要串联在被测支路中，电压表要并联在被测支路两端，直流表要注意正负极性，电流从标有“+”端流入。

(3) 仪表的量程。被测量必须小于仪表的量程，否则容易烧坏仪表。为了提高测量准确度，一般量程取为 1.5~2 倍的被测量。如果预先无法知道被测量的大概数值，则必须先大量程进行测量，测出大概数值，然后逐步换成小量程。

(4) 读数。当刻度盘有几条刻度时，应先根据被测量的种类、量程选好所需要的刻度，读数时视线要与刻度尺的平面垂直，指针指在两条分度线之间时，可估计一位数字，估计的位数太多，超出仪表的准确度范围，便没有意义了。反之，读数位数不够，不能达到所选仪表的准确度，也是不对的。

四、仪表的准确度及等级

仪表的基本误差是它本身所固有的，很清楚仪表的基本误差越小，测量所引起的这一方面的误差就越小，测量就越准确。

所谓仪表的准确度就是仪表在正常工作条件下，仪表全量程范围内的最大绝对误差 ($|\Delta_m|$) 与该量程 (A_m) 之比的百分数值，即

$$\pm K = \frac{|\Delta_m|}{A_m} \times 100\%$$

按国家标准规定，仪表的准确度分为七级，如表 1.1.3 所示。前面提到高准确度的仪表就是 0.1 级或 0.2 级的仪表。

表 1.1.3 仪表的准确度等级

准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5
基本误差 (%)	±0.1	±0.2	0.5	±1.0	±1.5	±2.5	±5

这里必须说明一点，测量准确度的高低不仅与仪表准确度等级有关，还与其他因素有关，下面我们通过例子来说明。

例 1 用 0.5 级、0~10 V 的电压表和 0.2 级、0~100 V 的电压表测量 8 V 的电压，问哪一块表测量的准确度高？

解 用 0.5 级、0~10 V 的电压表测量，可能出现的最大绝对误差为

$$\Delta_m = \pm K \times A_m = \pm 0.5\% \times 10 \text{ V} = \pm 0.05 \text{ V}$$

可能出现的最大相对误差为

$$r_m = \frac{\Delta_m}{A_0} \times 100\% = \frac{\pm 0.05}{8} \times 100\% \pm 0.625\%$$

用 0.2 级、0~100 V 的电压表测量，可能出现的最大绝对误差为

$$\Delta_m = \pm K \times A_m = \pm 0.2\% \times 100 \text{ V} = \pm 0.2 \text{ V}$$

可能出现的最大相对误差为

$$r_m = \frac{\Delta_m}{A_0} \times 100\% = \frac{\pm 0.2}{8} \times 100\% \pm 2.5\%$$

从计算结果可以看出，用 0.5 级、0~10 V 的电压表测量的准确度高。

这个例子说明测量的准确度既取决于仪表的准确度，又取决于仪表的量程。被测量的值越接近满量程，测量准确度就越高。因而在测量时，除正确选择仪表的准确度等级外，还应正确选择仪表的量程。通常被测量为满量程的 2/3 以上较合适。

第二节 电流表、电压表、功率表的工作原理

一、电流表的工作原理

电流表测量电流时应串联在电路中使用，为确保电路工作不因接入电流表而受影响，电流表的内阻必须很小。因此，如果不慎将电流表并联在电路的两端，则电流表将被烧毁，因此在使用时必须特别小心。

测量直流电流通常采用磁电系电流表，测量交流电流常采用电磁系电流表。

磁电系测量机构用来测量电流时，因可动线圈的导线很细，电流又需经过游丝，所以允许通过的电流很小，通常只能做检流计、微安表和毫安表。

如图 1.2.1 所示，为了扩大磁电系电流表测量的量程，以测量较大的电流，在可动线圈

上并联电阻 R_d ，使大部分电流从并联电阻 R_d 中流过，而可动线圈只流过其允许通过的电流。这个并联电阻 R_d 就叫分流电阻或分流器。

这样，当磁电系电流表电流为 I_s ，分流电阻为 R_d 时，实际上测量的电流大小为

$$I = \frac{R_s + R_d}{R_d} I_s \quad (1.2.1)$$

由式 (1.2.1) 可知，当需要测量的电流越大，则分流电阻 R_d 必须越小。多量程的电流表的表面有几个不同量程的接头，这些接头与仪表内部相应的分流器相连，分流器由不同电阻值的电阻构成，使用时根据被测电流流量的大小，选择不同的量程接头，设

$$n = \frac{I}{I_s} = \frac{R_s + R_d}{R_d} \quad (1.2.2)$$

由式 (1.2.2) 可知，将磁电系电流表测量机构量程扩大 n 倍时，分流电阻 R_d 应为磁电系测量电流表机构的内阻 R_s 的 $\frac{1}{n-1}$ 。

用电磁系仪表来测量交流电流时，根据电磁系仪表的工作原理，可以把固定线圈直接串联在被测量电路中。由于被测量电流不通过可动部分和游丝，因而可以制成直接测量大电流的电流表，而不需要采用分流器来扩大量程。电磁系仪表有时采用固定线圈分段串并联的方法来改变量程。

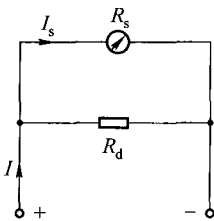


图 1.2.1 扩大磁电系
电流表测量量程
的电路图

二、电压表的工作原理

测量直流电压常用磁电系电压表，测量交流电压通常采用电磁系电压表。电压表是用来测量电源、负载或某元件两端电压的，因此必须与它们并联。

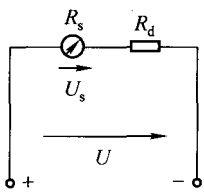


图 1.2.2 测量高电压
时的电路图

磁电系测量机构的角位移与电流成正比，而测量机构的电阻一定时，角位移与其两端的电压成正比，将测量机构和被测电压并联时，就能测量其电压。但由于磁电系测量机构的内阻不大，允许通过的电流又小，因此测量电压的范围也就很小。

为了测量高电压，可用一只较大的电阻与测量机构串联，如图 1.2.2 所示，其中 R_d 为分压电阻。

串联电阻以后，被测量电压 U 与测量机构本身两端电压 U_s 之比为

$$m = \frac{U}{U_s} = \frac{R_s + R_d}{R_d} \quad (1.2.3)$$

所以

$$R_d = (m - 1) R_s \quad (1.2.4)$$

由式 (1.2.3)、(1.2.4) 可知，将磁电系电压表测量机构量程扩大 m 倍时，分压电阻 R_d 应为磁电系测量电压表机构的内阻 R_s 的 $(m - 1)$ 倍，即需要扩大的量程越大，分压器的电阻应越高。多量程电压表的表面上具有几个标有不同量程的接线端，这些接线端分别与