



中等职业学校电子信息类教材 实用电子技术专业

电工基础实验

(提高版)

马昆宝 刘秀芳 袁慧梅 编著
李锦萍 审校



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

URL: <http://www.phei.com.cn>

中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

电工基础实验

(提高版)

马昆宝 刘秀芳 袁慧梅 编著
李锦萍 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书是一本以实验为主的技术基础课教材。内容包括:实验基础知识,磁电系仪表,电磁系、感应系和电动系仪表,常用测量仪器,示波器,直流电路实验,交流电路实验,选做实验和直流电路综合实验。学习这门课程的目的是使学生掌握电气技术人员必须具备的常用仪器仪表的基本原理和使用方法;对学生进行实验基本技能的训练;逐步培养学生的动手能力以及运用理论知识分析和解决实际问题的能力。

本着由浅入深,循序渐进和理论联系实际的原则,本书以培养学生的基本技能为主,注意与《电工基础》教材的联系。本书既可单独作为实验课的教材,也可以和《电工基础》配套使用。

本书可作为中等职业学校电类各专业的教材,也可作有关人员的自学参考书。

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,翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础实验:提高版/马昆宝等编著. - 北京:电子工业出版社,2001.7

中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

ISBN 7-5053-6248-8

I. 电… II. 马… III. 电工试验 - 专业学校 - 教材 IV. TM-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 041827 号

丛 书 名: 中等职业学校电子信息类教材(实用电子技术专业)

书 名: 电工基础实验(提高版)

编 著: 马昆宝 刘秀芳 袁慧梅

审 校: 李锦萍

责任编辑: 刘文杰

特约编辑: 孙 俊

排版制作: 电子工业出版社计算机排版室

印 刷 者: 北京牛山世兴印刷厂

装 订 者: 三河市路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 8 字数: 200 千字

版 次: 2001 年 7 月第 1 版 2001 年 7 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-5053-6248-8
TN·1387

印 数: 8 000 册 定价: 10.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者,请向购买书店调换;
若书店售缺,请与本社发行部联系调换。电话 68279077

出版说明

职业教育的教育质量和办学效益,直接关系到我国 21 世纪劳动者和专门人才的素质,关系到经济发展的进程。要培养具备综合职业能力和全面素质,直接在生产、服务、技术和管理第一线工作的跨世纪应用型人才,必须进一步推动职业教育教学改革,确立以能力为本位的教学指导思想。在课程开发和教材建设上,以社会和经济需求为导向,从劳动力市场和职业岗位分析入手,努力提高教育质量。

电子工业出版社受国家教育部的委托,负责规划、组织并出版全国中等职业学校计算机技术、实用电子技术和通信技术三个专业的教材。电子工业出版社以电子信息产业为背景,以本行业的科技力量为依托,与教研、教学第一线的教研人员和教师相结合,已组织编写、出版计算机技术、实用电子技术及通信技术专业的教材 100 余种,受到了广大职业学校师生的好评,为促进职业教育做出了积极的努力。

随着科学技术水平日新月异,计算机、电子、通信技术的发展更是突飞猛进,而职业教育直接面向社会、面向市场,这就要求教材内容必须密切联系实际,反映新知识、新技术、新工艺和新方法。好的教材应该既要让学生学到专业知识,又能让学生掌握实际操作技能,而重点放在学生的操作和技能训练方面。在这一思想指导下,电子工业出版社根据《职业教育法》及劳动部颁发的《职业技能鉴定规范》,在教育部等相关部门的领导下,会同电子信息行业的专家、教育教研部门研究人员以及广大中等职业学校的领导和教师,在深入调查研究的基础上,制定了三个专业的指导性教学计划。该计划强调技能培养,充分考虑各学校课程设置、师资力量、教学条件的差异,突出了“宽基础多模块、大菜单小模块”灵活办学的宗旨。

新版教材具有以下突出的特点:

1. 发挥产业优势,以本行业的科技力量为依托,充分适应中等职业学校推行的学业证书和职业资格证书的双证制度,突出教材的实用性、先进性、科学性和趣味性。

2. 教材密切反映电子信息技术的发展,不断推陈出新。实用电子技术专业教材突出数字化、集成化技术;计算机技术专业教材内容涉及多种流行软件及实用技术;通信技术专业教材反映通信领域的先进技术。

3. 教材与中等职业学校开设的专业课程相配套,注意贯穿能力和技能培养于始终,精心安排例题、习题,在把握难易、深广度时,以易懂、广度优先,理论原理为操作技能服务,够用即可。

4. 教材的编写一改过去又深又厚的模式,突出“小模块”的特点,为不同学校依据自己的师资力量和办学条件灵活选择不同专业模块组合提供方便。

另外,为满足广大中等职业学校教师的教学需要,我们还将根据每种教材的具体情况推出配套的教师辅助参考书以及供学生使用的上机操作/练习指导书。

随着教育体制改革的进一步深化,加之科学技术的迅猛发展,编写中等职业学校教材始终是一个新课题。希望全国各地中等职业学校的广大师生多提宝贵意见,帮助我们紧跟职业教育和科学技术的发展,不断提高教材的编写质量,以便更好地为广大师生服务。

全国中等职业学校电子信息类教材工作领导小组

2000 年 5 月

全国中等职业学校电子信息类教材工作领导小组

组长:

姚志清(原电子工业部人事教育司副司长)

副组长:

牛梦成(教育部职成教司教材处处长)

蔡继顺(北京市教委职教处副处长)

李 群(黑龙江省教委职教处处长)

王兆明(江苏省教委职教办主任)

陈观诚(福建省职业技术教育学会副秘书长)

王 森(解放军军械工程学院计算机应用研究所教授)

吴金生(电子工业出版社副社长)

成员:

褚家蒙(四川省教委职教处副处长)

尚志平(山东省教学研究室副主任)

赵丽华(天津市教育局职教处处长)

潘效愚(安徽省教委职教处处长)

郭菊生(上海市教委职教处)

翟汝直(河南省教委研究室主任)

李洪勋(河北省教委职教处副处长)

梁玉萍(江西省教委职教处处长)

吴永发(吉林省教育学院职教分院副院长)

王家诒(上海现代职业技术学校副校长)

郭秀峰(山西省教委职教处副处长)

彭先卫(新疆教委职教处)

李启源(广西教委职教处副处长)

彭世华(湖南省职教研究中心主任)

许淑英(北京市教委职教处副处级调研员)

姜昭慧(湖北省职教研究中心副主任)

张雪冬(辽宁省教委中职处副处长)

王志伟(甘肃省教委职教处助理调研员)

李慕瑾(黑龙江教委职教教材站副编审)

何雪涛(浙江省教科院)

杜锡强(广东省教育厅职业与成人教育处副处长)

秘书长:

林 培(电子工业出版社)

全国中等职业学校电子信息类教材编审委员会

名誉主任委员：

杨玉民(原北京市教育局副局长)

主任委员：

马叔平(北京市教委副主任)

副主任委员：

邢 晖(北京市教科院职教所副所长)

王家诒(上海现代职业技术学校副校长)

王 森(解放军军械工程学院计算机应用研究所教授)

韩广兴(天津广播电视大学高级工程师)

[实用电子技术编审组]

组长：

刘志平(北京市职教所教研部副主任)

副组长：

陈其纯(苏州市高级工业学校特级教师)

杜德昌(山东省教学研究室教研员)

白春章(辽宁教育学院职教部副主任)

张大彪(河北师大职业技术学院电子系副主任)

王连生(黑龙江省教育学院职教部副教授)

组员：

李蕴强(天津市教育教研室教研员)

孙介福(四川省教科所职教室主任)

沈大林(北京市回民学校教师)

朱文科(甘肃省兰州职业中专)

郭子雄(长沙市电子工业学院高级教师)

金国砥(杭州中策职业高级中学教研组长)

李佩禹(山东省家电行业协会副秘书长)

邓 弘(江西省教委职教处助理调研员)

刘 杰(内蒙古呼和浩特市第一职业中专教师)

高宪宏(黑龙江省佳木斯市职教中心)

朱广乃(河南省郑州市教委职教室副主任)

黄亲民(上海现代职业技术学校)

[计算机技术编审组]

组长:

吴清萍(北京市财经学校副校长)

副组长:

史建军(青岛市科协计算机普及教育中心副主任)

钟 葆(上海现代职业技术学校教研组长)

周察金(四川省成都市新华职业中学教研组长)

组员:

刘逢勤(郑州市第三职业中专教研组长)

戚文正(武汉市第一职教中心教务主任)

肖金立(天津市电子计算机职业中专教师)

严振国(无锡市电子职业中学教务副主任)

魏茂林(青岛市教委职教室教研员)

陈民宇(太原市实验职业中学教研组长)

徐少军(兰州市职业技术学校教师)

白德淳(吉林省冶金工业学校高级教师)

陈文华(温州市职业技术学校教研组长)

邢玉华(齐齐哈尔市职教中心学校主任)

谭枢伟(牡丹江市职教中心学校)

谭玉平(石家庄第二职教中心副校长)

要志东(广东省教育厅职业教育研究室教研员)

[通信技术编审组]

组长:

徐治乐(广州市电子职业高级中学副校长)

副组长:

陶宏伟(北京市西城电子电器职高主任)

陈振源(厦门教育学院职业教育教研室高级教师)

组员:

赖晖煜(福建省厦门电子职业中专学校主任)

许林平(石家庄市职业技术教育中心主任)

邱宝盛(山东省邮电学校副校长)

邹开跃(重庆龙门浩职业中学主任)

前 言

本书根据教育部 2000 年 7 月审定的中等职业学校电工基础实验教学大纲编写,供中等职业学校电类各专业学生使用。

《电工基础实验》是一本以实验为主的技术基础课教材,是电类学生必须掌握的重要课程。学习这门课程的目的是使学生掌握电气技术人员必须具备的常用仪器仪表的基本原理和使用方法;对学生进行实验基本技能的训练;逐步培养学生的动手能力,观察能力,运用理论知识分析和解决实际问题的能力。

本着由浅入深、循序渐进和理论联系实际的原则,本书以培养学生的基本技能为主,注意与《电工基础》教材的联系。实验课中,对主要物理量和主要元件参数进行必要的测量,验证电工技术中的主要定律。本书既可单独作为实验课的教材,也可以和《电工基础》配套使用。全书共有 30 多项实验。如果不能课堂上完成全部实验,则在保障人身安全和设备安全的前提下,鼓励学生独立进行实验。

考虑到目前各校实验设备的差别很大,许多学校配置了电工实验台,稳压电源、调压器和信号发生器安装在实验台上,数字万用表也已经开始应用。因此在实验电路的拟定和仪表设备的选用上力求符合目前的各校的实际情况。同时,也考虑了与传统的设备配置的衔接,如兆欧表、直流电桥等还属于独立设备。

书中第一章至第六章是实验基本知识,主要是对各系列仪表的工作原理以及各种仪表的使用方法的描述。第七章至第八章是直流电路和交流电路的基本实验。根据新大纲,共选入了七项直流电路实验、五项交流电路实验和两项三相电实验。第九章是选做实验部分:交流电路六项,暂态过程及磁路和数字仪表各一项。第十章是三项综合实验。每章后附有思考题。

本书第一章至第八章和附录由马昆宝编写;第九章由刘秀芳编写;第十章由袁慧梅编写。李锦萍审阅了文稿,并提出了修改意见。

由于编者水平有限,书中错误缺点难以避免,希望批评指正。

编 者

2001 年 4 月

目 录

第一章 实验基础知识	(1)
第一节 认识实验室	(1)
第二节 电工测量仪表的分类	(2)
第三节 测量仪表的误差	(3)
第四节 测量误差的表示形式	(3)
第五节 仪表的读数	(4)
第六节 正确使用仪表	(5)
第二章 磁电系仪表	(8)
第一节 磁电系电表	(8)
第二节 模拟式指针万用表	(9)
第三章 电磁系、感应系和电动系仪表	(13)
第一节 电磁系电表	(13)
第二节 感应系电表和电能表	(15)
第三节 电动系电表	(15)
第四节 功率表	(17)
第四章 常用测量仪器(一)	(18)
第一节 旋转式电阻箱	(18)
第二节 直流电桥	(19)
第三节 交流电桥	(19)
第四节 兆欧表	(20)
第五节 钳形电流表	(22)
第五章 示波器	(23)
第一节 示波器的分类	(23)
第二节 示波器显示原理	(23)
第三节 双踪示波器面板	(25)
第四节 示波器的使用方法	(28)
第六章 常用测量仪器(二)	(30)
第一节 直流稳压电源	(30)
第二节 DA-16B 型毫伏表	(31)
第三节 信号发生器	(32)
第四节 数字万用表	(33)
第七章 直流电路实验	(36)
实验一 认识性实验	(36)
实验二 电阻、电源的电压与电流关系测试	(38)
实验三 电阻测量	(41)
实验四 直流电路电压、电流的测量	(45)

实验五 验证叠加定理	(47)
实验六 有源二端网络等效参数	(50)
实验七 电阻性电路故障的检查	(52)
第八章 交流电路实验	(55)
实验一 正弦电路的认识实验	(55)
实验二 示波器与信号发生器的使用	(57)
实验三 交流元件的电压与电流关系的测试	(60)
实验四 交流串联电路	(61)
实验五 日光灯电路及功率因数的提高	(64)
实验六 三相负载的星形连接	(67)
实验七 三相负载的角形连接及功率测量	(69)
第九章 选做实验	(72)
实验一 互感	(72)
实验二 单相变压器	(74)
实验三 交流元件频率特性的测试	(76)
实验四 串联谐振电路	(77)
实验五 并联谐振电路	(79)
实验六 单相电度表的使用	(81)
实验七 瞬态过程	(83)
实验八 磁滞回线的观察和测定	(85)
实验九 数字仪表的使用	(86)
第十章 直流电路综合实验	(90)
综合实验一 直流电路综合实验	(90)
实验一 直流电流表、电压表表头内阻的测定	(90)
实验二 实际电源的两种电路模型	(91)
实验三 电阻温度计的制作	(94)
综合实验二 交流电路综合实验	(96)
实验一 交流元件参数的测定	(96)
实验二 网络阻抗性质判定与参数的测量方法	(98)
实验三 负载获得最大功率的条件	(99)
综合实验三 万用表的组装与调试	(101)
实验一 万用表直流电流挡测量电路的设计	(101)
实验二 万用表直流电压挡测量电路的设计	(104)
实验三 万用表电阻测量电路的设计	(105)
实验四 万用表的组装与调试	(107)
附录 A EEL-3 型电工电子实验台主要配置和技术指标	(108)
附录 B 七种电子仪器仪表技术指标	(110)
附录 C ST16 单踪示波器面板功能表	(114)
附录 D 实验教学课时分配说明	(115)
主要参考文献及资料	(117)

第一章 实验基本知识

电工实验课是中等职业学校电类专业的一门实践课。电工实验课是与电工理论课紧密结合的实验课程。通过这门课程的学习,不仅可以验证理论课上所学到的定理和公式,另一方面可以提高学生的动手能力,养成良好的工作习惯。锻炼学生发现问题,解决问题的能力。使学生充分掌握电工学的基本知识、方法和操作技能。

通过本课程的学习,学生应初步了解常见电工仪器仪表的构造和工作原理,初步理解用仪器仪表进行电气测量的基本知识和测量方法。通过实验操作,掌握万用表、功率表、电阻箱、直流电桥、兆欧表等测量仪表的使用方法;掌握稳压电源、示波器、晶体管毫伏表等电子仪器的使用方法。

第一节 认识实验室

实验室是进行教学和科学实验的场所。为确保人身和实验设备安全,要切实做到安全第一。学生应自觉遵守实验室规则和实验室的考勤制度。学生在实验过程中,还应注意爱护实验设备,遵守操作规程。

电工实验室应配有 380V 的动力电。新建的实验室中,有五条电线,其中包括三条火线、一条中线和一条地线。有些实验室中,教师的讲台附近带有小型配电控制柜,可以控制每个学生实验台上的电源。学生连接完实验线路后,须检查无误后,才能合闸供电。

在总控制台和学生实验台上,均配有漏电保护器和应急开关,学生应熟悉它们的位置和使用方法,以便在发生意外事故时,能够及时切断电源。学生实验台上配置有三相电引出端和单相电引出端,在首次上实验课时,必须熟悉学生实验台上的电源配置。特别要注意高压和低压接线柱的区别。防止实验中接错电源,造成事故。

在实验过程中,应先把实验设备与测试仪表之间的线路连接好,最后接电源。实验完毕后,应先断开电源,再拆除实验线路。接通和切断电源前,都应该和本组同学打招呼,由一名同学操作。防止边接线边合闸造成的意外触电事故。

在实验中,要养成断电操作的良好习惯,连线、拆线、改线都应切断电源。测量电压时,既要防止表笔意外相碰,造成的短路,更要防止因手触及表笔金属部分,造成的触电事故。当带电测量 220V 以上的电压时,要单手持表笔测量,另一只手不要碰触任何金属部分。

要养成断电操作的良好习惯,禁止带电进行拆线、改线等操作。不要将导线的一端接在实验线路上,另一端悬空,不用的导线应及时拆除。当一条导线不够长,需要两根导线连接使用时,中间的连接点应插在固定的接线柱上,防止意外短路和触电事故。

学生实验台上应配有漏电保安器或三相隔离变压器或在地面和实验台桌面铺设绝缘橡胶垫。万一出现触电事故,要立即按下实验台上的急停按钮或按下空气开关的断开按钮并拉开实验台上侧刀开关,迅速切断电源。

第二节 电工测量仪表的分类

电工仪表按其工作原理可以分为模拟式和数字式两大类。模拟式和数字式电工仪表可以做准确级别不同的电表,用以测量电流、电压、功率、电能、相位、频率以及电阻、电容、电感和磁通等物理量。

一、模拟式仪表

模拟式仪表中主要是机械式指示电表。按工作原理分为磁电系电表、电磁系电表、电动系电表、感应系电表以及带交直流变换器的整流系电表。其他还有静电式、热电式、电子式电表等等。

机械式指示电表按测取的电流的种类划分为:直流仪表、交流仪表、交直流两用仪表。

按测量仪表的精确等级可分为 0.1 级、0.2 级、0.5 级、1.0 级、1.5 级、2.5 级和 5 级共七级。

按仪表对电磁场的防御能力可分为 I、II、III、IV 四级。

按仪表的使用条件可分为 A、B、C 三级。

按照安装方式不同可分为开关板式与便携式仪表。除了直接测量以外,电工测量仪表与传感器件相配合,还可以间接测量多种非电量。例如磁通、温度、湿度、压力等等。根据非电量的名称分为磁通计,温度计,湿度计,压力计等等。

机械式指示电表结合其他装置,可构成各种用途的指示性电表。如电流表、电压表、万用表、兆欧表、功率表、电能表、频率表、检流计、功率因数表等。其中:

电流表——按量程又细分为安培表、毫安表、微安表;

电压表——按量程分为伏特表、毫伏表、微伏表;

功率表——又称瓦特表;

电度表——又称瓦时表或千瓦小时表;

兆欧表——又称高阻表或摇表;

相位表——又称功率因数表;

此外还有欧姆表、频率计、多用表、万用表等。

二、数字式仪表

数字式仪表的工作特点是先将被测量的模拟量,即连续量,如电压、电流等物理量转换为数字量,经过计算处理后,再以数字方式显示被测量的数值(图 1.1)。由于这种仪表中采用了数字技术,再与微处理器配合,可以大大提高测量的自动化程度。例如,可以自动选择量程、自动存储测量结果、自动进行数据处理以及对可执行机构自动发出指令等等。

数字仪表的准确度高、测量速度快、读数方便、输入阻抗高。有些数字仪表还具有自动量程切换、编码输出、通过接口电路与其他仪表或计算机连接等功能。与机械式仪表相比,数字仪表没有机械转动部分,可以避免摩擦、减小读数误差,在测量速度及精度方面均有所提高。数字仪表不用指针指示,因此没有读数视差和估读误差,但存在末位半个字的显示误差。数字仪表一般按被测对象分类,如数字式电压表,数字式频率表,数字式万用表,数字式功率表,数字式相位表等等。

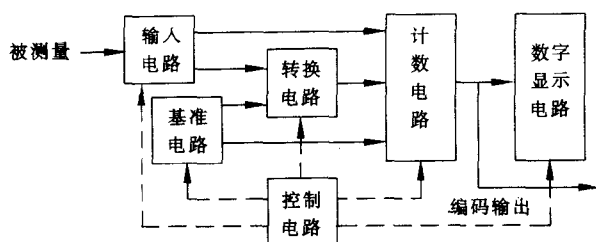


图 1.1 数字式仪表工作原理框图

第三节 测量仪表的误差

不论用什么测量方法及多么精密的仪表去进行测量,测量的结果与被测量的真实值之间总有差额,这种差额称为测量误差。根据测量误差的来源及性质,可将其分为系统误差,偶然误差,疏失误差三类。

一、系统误差

系统误差是在相同条件下重复测量同一量时,误差的大小(含正负)恒定或遵循一定规律变化的误差。产生系统误差的原因是确定的且经常存在,因此也称其为经常误差。

按系统误差产生的原因,又可将其分为两种:由于仪表本身结构工艺的不完善产生的基本误差。由于仪表使用不当或测量方法采用了近似公式产生的附加误差。

二、偶然误差

偶然误差是由于外界因素的偶然变动(如电源电压的突然波动等)引起的误差,也称为随机误差。偶然误差无一定变化规律,也不能用实验方法加以消除,但可依照概率论采用多次重复测量取算术平均值的方法来减小其影响。由于偶然误差较小,往往忽略不计。

三、疏失误差

疏失误差是由于实验人员的疏失(如读数、记数的错误)引起的误差,也称为过失误差。发现这种数据应予剔除。

第四节 测量误差的表示形式

一、绝对误差

绝对误差是指被测量的测量值(即仪表的指示值) A_x 与实际值 A_0 (通常以标准仪表的指示值作为被测量的实际值)之间的差值称为测量的绝对误差 Δ ,即

$$\Delta = A_x - A_0$$

式中 Δ ——绝对误差; A_x ——测量值; A_0 ——实际值。

绝对误差为代数量,其单位与被测量的单位相同。

二、相对误差

相对误差是指绝对误差 Δ 与被测量的实际值 A_0 之比的百分数,即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\%$$

当难于得到被测量的实际值 A_0 时,也可用测量值 A_x 近似代替求得相对的误差。即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_x} \times 100\%$$

相对误差给出了测量误差的清晰概念,便于对不同测量结果的准确度进行比较,是误差分析中表示测量误差最常用的形式。

三、引用误差

根据我国电工专业标准规定,指示仪表的准确度用最大引用误差来表示。绝对误差 Δ 与仪表量限 A_m 的比值称为引用误差 γ_n ,即

$$\gamma_n = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\%$$

四、仪表的准确度

由于仪表在不同刻度处的绝对误差不同,规定以全量限范围内可能出现的最大绝对误差 Δ_m 与仪表量限 A_m 之比作为仪表的准确度,称为最大引用误差 γ_m ,即

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

式中 γ_m ——最大引用误差; Δ_m ——最大绝对误差; A_m ——仪表量限。

由于上式中分子、分母均由仪表本身性能所决定,所以,最大引用误差可以表示仪表基本误差的大小,用以评价仪表的准确程度。前已提及,我国生产的指示仪表按准确度分为 7 级。准确度分级的含义为:当 $|\gamma_m| = K\% \leq 0.1\%$ 时,该表便属 0.1 级表,表示仪表的基本误差在标度尺工作部分的所有分度线上不超过 $\pm 0.1\%$ 。依次类推。

准确度反映了当仪表在规定条件下工作时,由于仪表本身工艺结构等原因,可能出现的最大基本误差的百分数,即仪表本身所能保证的准确程度。显然 $|\gamma_m|$ 数字愈小,仪表的基本误差愈小,准确度愈高,参见表 1.1。

表 1.1 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

第五节 仪表的读数

读数前要注意仪表的量限。仪表刻度不均匀时,尤其应注意每格所表示的读数。若不易直接读出格数,记下量限或仪表的分格系数,等测量完毕再进行换算。读取仪表指示值时,应使视线与仪表标尺平面垂直。若仪表标尺平面上带有反光镜,读数时应使指针与其镜像重合,以减小读数误差。读数时,若指针指示的位置在两条分度线之间,可估计一个数字。

一、有效数字

从一个数左边第1个非零数字开始直到最右边的数字(包括零),叫这个数的有效数字。从左起第1个非零数字之前的零都不是有效数字。位于最后1个非零数字之后的那些零都是有效数字。例如0.0015是两位有效数字,0.0317是3位有效数字,317.000是6位有效数字,1.0015000是八位有效数字。

二、数的准确度

该数所含有效数字的个数,与小数点的位置无关。例如,31.7的准确度是3个有效数字,也称为准确到3位数字。

三、数的精确度

最后1个数字相对于零的位置,直接由小数点的位置决定。例如:31.7具有1位小数的精确度,也称为精确到1位小数;0.0317准确到4位小数;而317.000精确到3位小数。

四、欠准数字

例如:某指针式电压表读数只有31V能够直接读数。指针介于31和32两格之间,31.7V中的末位数字“7”是估计的,不够准确,叫欠准数字。

第六节 正确使用仪表

一、根据被测量的性质选择仪表类型

被测量是直流量时应选直流表。被测量是交流量时,应注意其波形与频率。若为正弦波,采用任何一种交流表均可。若为非正弦波,有效值可选用电动系或电磁系表;平均值则选用整流系表;最大值可选用峰值表;瞬时值则可选用示波器。常见交流表的应用频率范围较窄,若被测量为中频或高频,应选择频率范围与之相应的仪表。

二、根据工程实际要求,合理选择仪表的准确度等级

通常准确度为(0.1~0.2)级的表用作标准表及精密测量;(0.5~1.5)级用于实验室一般测量;(2.5~5.0)级用于一般工业测量。

三、根据被测量的大小选择合适的仪表量限

前已述及,根据被测量的大小选择合适的仪表量限,可得到精度较高的测量结果。一般选量限时,应根据电源电压、电路连接方式、电路参数等情况,估计可能出现的最大被测值。量限选为被测量的(1.2~1.5)倍左右或使指针偏转在仪表量限的一半以上。

四、根据测量线路及被测对象的阻抗大小选择仪表内阻

当需测电阻 R 两端电压时,若电压表在内阻 R_V 与 R 的阻值较接近时,电压表的接入将严重改变电路的工作状态,造成很大测量误差。因此并联使用的电压表内阻越大越好;而测量电

流时,需要将电流表串联接入被测电路,因此电流表内阻越小越好。一般当电流表内阻 $R_A \leq 1/100R$ 时(R 为与电流表串联的总电阻),即可以忽略其内阻的影响。

五、根据仪表具体条件选择合适的仪表

选表时,可参阅国家标准及仪表面盘标记进行,见表 1.2 ~ 表 1.6。

表 1.2 常用电气测量指示仪表和附件的物理量单位名称及符号

名称	符号	名称	符号	名称	符号	名称	符号
瓦特	W	太欧	TΩ	库伦	C	毫亨	mH
兆瓦	MW	兆欧	MΩ	皮法	pF	微亨	μH
千瓦	kW	千欧	kΩ	微法	μF	韦伯	Wb
伏特	V	毫欧	mΩ	安培	A	毫韦伯	mWb
千伏	kV	微欧	μΩ	千安	kA	赫兹	Hz
毫伏	mV	相位角	φ	微安	μA	兆赫兹	MHz
微伏	μV	功率因数	cosφ	毫安	mA	千赫兹	kHz
欧姆	Ω	无功功率因数	sinφ	亨	H	摄氏温度	℃

表 1.3 电工仪表符号

名 称	符号	名 称	符号
磁电系仪表		电动系仪表	
磁电系比率表		电动系比率表	
电磁系仪表		铁磁电动系仪表	
电磁比率表		铁磁电动系比率表	
感应系仪表		整流系仪表(半导体整流器和磁电系测量机构)	
静电系仪表		热点系仪表(接触式热变换器和磁电系测量机构)	

表 1.4 电流种类的名称和符号

电流种类名称	符号	电流种类名称	符号
直流	—	交流	~
交流和直流		具有单元件的三相平衡负载交流	

表 1.5 电工仪表准确度等级、工作位置和符号

准确度等级	符号	工作位置	符号
以标尺量限百分数表示的准确度等级, 如 1.5 级	1.5	标度尺位置为垂直的	
以指示值的百分数表示的准确度等级, 如 1.5 级		标度尺位置为水平的	
以标尺长度百分数表示的准确度等级, 如 1.5 级		标度尺位置与水平面倾斜, 成一夹角, 如 60°。	

表 1.6 电工仪表绝缘强度条件、防磁等级和符号

绝缘强度条件	符号	防磁等级	符号
不进行绝缘强度实验		I 级防外磁场 (例如磁电系)	
绝缘强度实验电压 2kV		II 级防外磁场 (例如静电系)	
		IV 级防外磁场及电场	