

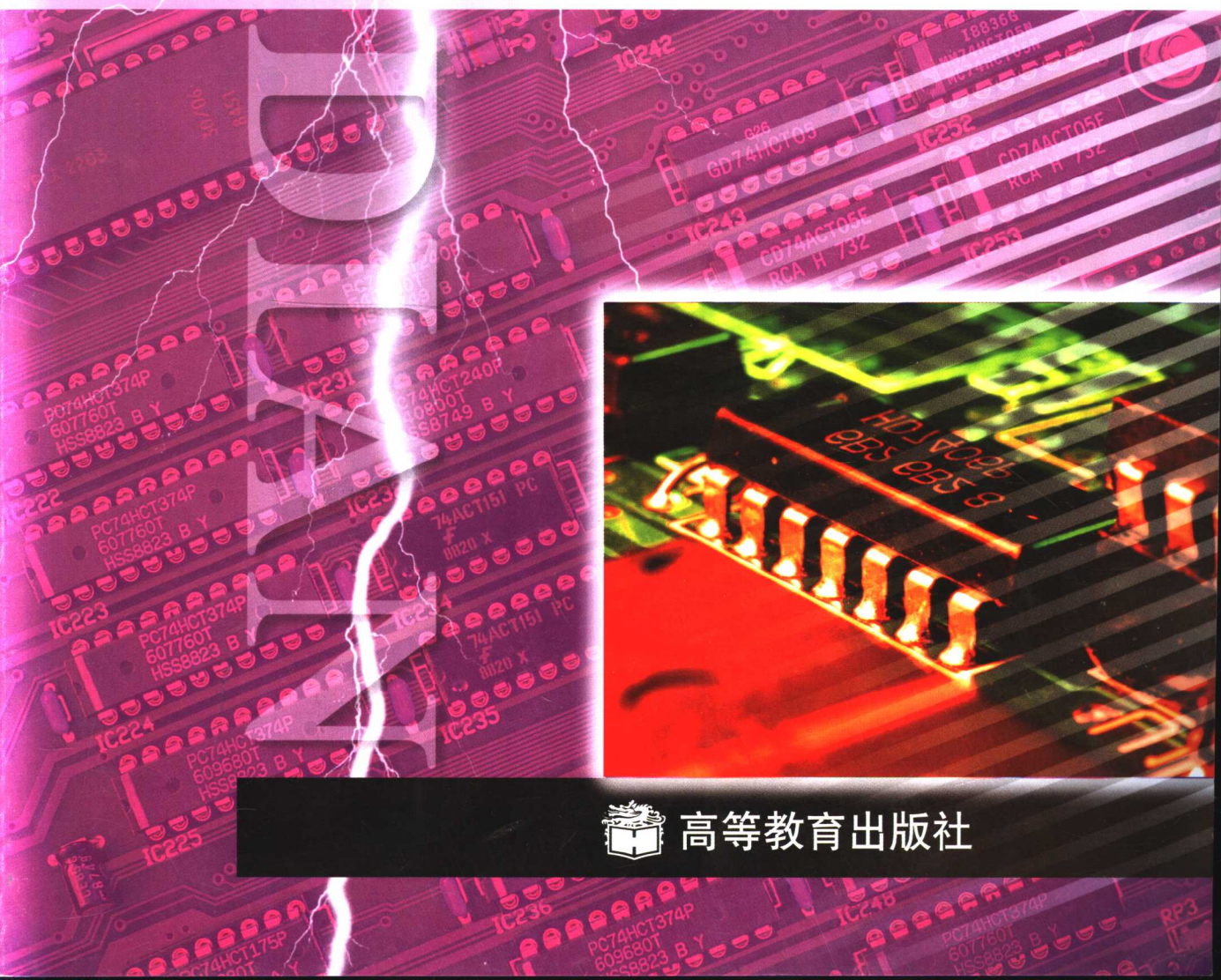


中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电工基础实验

第2版

主编 王慧玲



高等教育出版社

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

电工基础实验

(第2版)

主 编 王慧玲
责任主审 吴锡龙

高等教育出版社

内容提要

本书是中等职业教育国家规划教材,是依据教育部颁布的中等职业学校《电工基础实验教学大纲》编写的。

主要内容有:一、电工测量与仪表的基本知识;二、基础实验与选做实验:认识实验,电阻、电源的电压与电流关系测试实验,电阻测量实验,直流电路电压、电流的测量实验,叠加定理实验,*有源二端网络等效参数的测定实验,电阻性电路的故障检查实验,交流信号的观察与测量实验,交流电路元件电压与电流关系的测试实验,RL、RC串联电路电压与电流关系的测试实验,日光灯电路及功率因数的提高实验,三相电路实验,互感实验,串联谐振电路实验,单相电度表实验,*一阶电路的瞬态响应实验;三、综合实验:直流电流表、电压表内阻测定实验,实际电源两种电路模型实验,交流元件参数的测定实验,网络阻抗性质判定与参数测定实验,万用表的组装与调试实验;四、实验设备简介。

本书采用模块式加套简式编写结构,可供中等职业学校3、4年制电类专业使用,也可作为岗位培训用书。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础实验/主编王慧玲.—2版.—北京:高等教育出版社,2006.6

ISBN 7-04-019727-8

I.电... II.王... III.电工学-实验-专业学校-教材 IV.TM1-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第037616号

策划编辑 李宇峰 责任编辑 欧阳舟 封面设计 于文燕 责任绘图 朱静
版式设计 马静如 责任校对 胡晓琪 责任印制 尤静

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	http://www.hep.edu.cn
总 机	010-58581000		http://www.hep.com.cn
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	http://www.landracom.com
印 刷	北京铭成印刷有限公司		http://www.landracom.com.cn
		畅想教育	http://www.widedu.com
开 本	787×1092 1/16	版 次	2001年7月第1版
印 张	7.5		2006年6月第2版
字 数	170 000	印 次	2006年6月第1次印刷
		定 价	15.00元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19727-00

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神,落实《面向21世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划,根据《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1号)的精神,教育部组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写,从2001年秋季开学起,国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和80个重点建设专业主干课程的教学大纲编写而成的,并经全国中等职业教育教材审定委员会审定通过。新教材全面贯彻素质教育思想,从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发,注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本,努力为学校选用教材提供比较和选择,满足不同学制、不同专业和不同办学条件的学校的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材,并在使用过程中,注意总结经验,及时提出修改意见和建议,使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

二〇〇一年五月

第2版前言

职业教育是现代国民教育体系的重要组成部分,在实施科教兴国战略和人才强国战略中具有特殊的重要地位。大力发展职业教育是推动我国工业化、现代化的迫切需要。

新世纪中等职业教育人才培养目标是培养应用型、技能型人才和高素质的劳动者。因此,人才培养过程中,加强实践教学成效、强化学生动手能力非常重要。《电工基础实验》教材作为中等职业教育国家规划教材在2001年7月出版后,为电工基础实验教学提供了良好的实践教学方案,受到了师生的欢迎,产生了一定的社会效益。但是,随着新技术的发展,需要适当更新和调整课程教学内容,使之更加贴近中等职业教育实际的教学要求。为此对原版《电工基础实验》教材进行了修订,修订工作主要体现在三方面:①删除陈旧的或繁琐的知识内容,增加新知识。如删除GB-9B型电子管毫伏表及直流双臂电桥等设备的讲述,用YB4320A型替代ST-16型示波器。②简化或调整部分实验方案。如简化电阻、电源的电压与电流关系测试、电阻性电路的故障检查和万用表组装与调试等实验方案。调整交流电路认识实验、三相电路实验等,使教学重点更加突出。③取消实验报告册部分,减少教材的版面便于读者使用。加*实验,三年制可不选。

本书所附光盘兼有助教与助学的功能,既可用于教师在实验课程中的教学演示,也兼顾学生自练,主要包括电工电子常见仪器与仪表的功能介绍及使用方法,以及理论课程中的验证性实验演示与实训课题练习等。

本书附学习卡,学生、教师凭卡上的卡号和密码登录“<http://sve.hep.com.cn>”网站,可进入高等教育出版社的4A网络教学平台。通过使用该平台提供的教学资源,一方面可作为助学与助教光盘的有力补充;另一方面可形成一个交互性的网上学习社区,供教师之间、学生之间、师生之间进行教学交流。

本书由王慧玲修订;由全国中等职业教育教材审定委员会审定,上海大学吴锡龙教授担任责任主审。另外,高等教育出版社刘素馨副编审审阅了全稿。

希望修编后的教材更加适合新时期中等职业学校的电工实验教学。如有不妥之处,也望得到读者的批评指正。

编者

2006年3月

第1版前言

为了贯彻第三次全教会精神,落实《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》,提高职业教育教学质量和办学效益,教育部于2000年8月颁布了中等职业学校文化基础课程和部分专业技术基础课程教学大纲。新大纲突出职业教育的特色,体现新知识、新技术、新工艺、新方法,体现实施素质教育的要求,注重培养创新精神、创业能力和实践能力。

电工基础实验是中等职业学校工科电类专业的一门以实验教学为主的工程技术基础课。课程的任务是使学生掌握从事电气电子工作的高素质劳动者和中初级专门人才必备的电工测量基本知识、基本方法和基本技能,并通过本课程的学习培养学生的工程意识和良好的职业素质,为以后继续学习及从事本专业工作打下基础。

本教材是以教育部新颁《电工基础实验教学大纲》为依据编写的,供中等职业学校电子信息类专业学生使用。

本教材编写的主要特点是:

1. 以实践能力培养为主线,以电工测量和仪器仪表的基本知识为开篇,以基本实验为基础,综合实验为提高,由浅入深,实现专业技能的训练和职业能力的培养。

2. 在实验内容的安排上,注重技术素质和创新精神的培养,尽量减少理论验证性实验,增加测量性、综合性和设计性实验等;同时注意知识、技能和分析能力等相互渗透、融合。

3. 对传统实验进行了改革,有新意。而且提供的实验选题均来自于教学实践之中,每个实验方案都具有较强的可操作性和应用的典型性,其中综合实验的选题丰富,一个问题多种方法,有助于培养学生的发散型思维。

4. 考虑到电工实验突出实践性和操作性的要求,改变实验对理论的依附地位。教材对实验原理有简要描述,使课程内容相对完整,便于安排实施,评估考核。

5. 注重教材的实用性和通用性。书中对稳压电源、万用表、示波器、低频信号发生器和毫伏表等仪器仪表,均选用常用型号,并对其工作原理和使用方法予以说明。同时附录二中列出实验室设备配置清单以供参考。

6. 为了帮助学生巩固实验知识和技能,养成科学严谨的工作作风。教材在书后附有实验报告册,便于学生完成实验后通过填写实验报告,对实验过程进行完整的思考和总结,使每一次实验均有收获。

本教材的主要内容和时间安排建议如下:

1. 电工基础实验课程须知:主要介绍实验课的进行方式,实验报告的撰写和实验室的操作规程。(讲授1学时,实验1学时)

2. 第一章 电工测量及仪表的基本知识。介绍了误差的概念,数据处理,常用电工仪表面板标记及几种典型的测量机构和工作原理,为后面进行实验奠定基础。(讲授2学时)

3. 第二章 基础实验与选用实验是课程的重点。前四个实验是基础实验,对应于大纲的

必做模块;后六个实验为选做实验,对应于大纲的选做模块。考虑到该书的读者群,教材对实验已有所选择,一般一个实验2学时,加上相关实验设备的基本知识,三年制应保证36学时,四年制应保证44学时(加*实验,三年制可不选)。

4. 第三章 综合实验有六个选题。各校根据实验条件可进行某选题的研究,也可进行万用表的设计、安装、调试。这一部分针对四年制学生,最低保证12学时的教学时数。

5. 第四章 实验设备简介。学生在实验中第一次接触到的仪器仪表,应预习原理、掌握方法。同时附录一中给出了各类常用电流表、电压表的基本测量值,供学生选用仪表时参考。

6. 实验报告册。学生完成实验后填写,由指导教师进行实验能力评价。

全书总时数,三年制40学时,四年制60学时,与大纲学时保持一致。

本书由北京信息职业技术学院王慧玲担任主编,具体编写分工为:福建职业技术学院刘炳辉编写了实验十三到实验二十及五个实验选题,北京信息职业技术学院周春生提供了十二个实验方案并参与编写工作,北京邮电工业学校路昭老师编写了实验报告册,其余内容由王慧玲编写,并对全书进行了统稿。本书经全国中等职业教育教材审定委员会审定,由上海大学吴锡龙教授任责任主审,上海交通大学顾荣涛教授审稿,高等教育出版社另聘请福建职业技术学院薛涛副教授审阅了全稿。本书编写过程中得到许多同行的指导和帮助,苏州高级工业学校周绍敏老师、上海电子技术学校周智文老师、合肥电力学校王世才老师、山西冶金学校王鹰老师,及高等教育出版社韦晓阳编辑等,对本书的编写提供了许多宝贵意见和建议,在此一并表示感谢。

由于时间紧张,书中难免有不足之处,希望读者在使用时多提宝贵意见。

编 者

2001年3月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

电工基础实验课须知	1
第 1 章 电工测量与仪表的基本知识	4
1.1 仪表的误差和准确度等级	4
1.2 数据处理	8
1.3 指示仪表的分类和表面标记	9
1.4 常用电工仪表的工作原理	12
第 2 章 基础实验与选做实验	21
2.1 认识实验(实验一)	21
2.2 电阻、电源的电压与电流关系测试(实验二)	24
2.3 电阻测量(实验三)	28
2.4 直流电路电压、电流的测量(实验四)	31
2.5 叠加定理(实验五)	34
2.6 有源二端网络等效参数的测定(实验六)	36
2.7 电阻性电路的故障检查(实验七)	39
2.8 交流信号的观察与测量(实验八)	41
2.9 交流电路元件电压与电流关系的测试(实验九)	45
2.10 RL 、 RC 串联电路电压与电流关系的测试(实验十)	47
2.11 日光灯电路及功率因数的提高(实验十一)	49
2.12 三相电路(实验十二)	51
2.13 互感(实验十三)	55
2.14 串联谐振电路(实验十四)	58
2.15 单相电度表(实验十五)	61
2.16 一阶电路的瞬态响应(实验十六)	63
* 第 3 章 综合实验	67
3.1 直流电流表、电压表内阻测定(选题一)	67
3.2 实际电源两种电路模型(选题二)	68
3.3 交流元件参数的测定(选题三)	71
3.4 网络阻抗性质判定与参数测定(选题四)	74
3.5 万用表的组装与调试(选题五)	75
第 4 章 实验设备简介	83
4.1 常用电源	83
4.2 万用表	85
4.3 滑线电阻器的使用	86
4.4 电阻表	88

4.5 直流单臂电桥	89
4.6 兆欧表	91
4.7 旋臂电阻箱	93
4.8 单相自耦调压器	94
4.9 试电笔	95
4.10 毫伏表	96
4.11 示波器	97
4.12 电动系功率表	102
附录 各类常用电流表、电压表的基本测量值	106
主要参考书目	108

电工基础实验课须知

一、课程的性质和基本要求

电工实验是一门以实践为主的重要的技术基础课。

在实验课程的进行中,教师应注重对学生的职业技术能力的培养,如:① 使用常见电工仪器仪表的技能;② 实施实验过程的能力;③ 观察分析电路现象的能力;④ 应用电气测量技术的能力;⑤ 调试简单实验或简单故障排查的能力等。并注重全面素质和创新精神的培养。

通过课程的教学,应使学生掌握中初级电类专业人员必备的电工测量的基本知识和电工实验的基本技能,为此应达到下列基本要求:

① 了解电工仪表的分类、准确度和面板符号,正确选择仪表。

② 能够熟练掌握交、直流电流表、电压表、万用表、单臂电桥、滑线电阻器、直流稳压电源、单相调压器的使用方法,了解其结构、原理和主要技术特性。同时要求熟练掌握电路中的电流、电压、电阻等电量的测量技术。

③ 学会使用信号发生器、毫伏表、示波器等电子仪器及常用电工工具。

④ 能够根据实验需要,正确选择电路元件,正确连接实验线路,观察实验现象,排除简单电路故障。

⑤ 了解误差产生的原因,学会正确处理数据,绘制实验曲线,分析实验结果,撰写实验报告。

⑥ 认真研究实验现象,积极思考和讨论实验中的问题,培养创新精神;同时要有严肃科学的态度,团结协作的团队精神和爱护实验设备设施的良好风尚。注意实验操作规范,安全用电。

二、课程的进行方式

本教材中的电工测量基本知识,仪器仪表的结构、原理和使用方法,可以讲授或自学。实验部分可按下列顺序进行:

1. 课前预习

实验前要认真预习实验所涉及的有关知识,明确实验目的和要求,了解实验原理、仪器仪表设备的使用方法、注意事项等。

2. 课程进行

(1) 检查仪器仪表设备

首先检查本次实验所需的仪器仪表设备、部件是否齐全,仪表的类型和量程是否合适,仪表指针起始位是否正确,指针摆动是否灵活等。同时记录仪器仪表设备的型号、规格及编号,以便在分析数据的准确性和可靠性及实验结果时有依据。

(2) 连接线路

实验前,仪器仪表设备摆放和布局要合理,保证操作安全。要在断电状态时按电路顺序连接线路。连线要可靠,线路要清楚有序,各分支、节点易辨别(可以利用导线的色彩特征等)。

(3) 检查线路

线路接好后,先在同学之间互查线路是否正确,除了查线路连接外,还要查滑线变阻器各动触点位置是否合适,调压器手柄指针位置是否近零位。仪表量限和极性是否符合要求。初次实验或较复杂的实验线路,须经老师核查线路后再通电。

(4) 接通电源

通电前,首先通知全组成员做好准备,以免发生人身事故或设备损毁,如有异常现象,及时断电。

(5) 读取和审查数据

正确读取仪表数据,并准确记录,判断其合理性,最后由老师审定后再拆线。

(6) 拆除线路

数据经审查合格后,切断电源,再拆除线路,整理仪器仪表设备,清理导线。经老师允许后,方可离开实验室。

三、实验报告的撰写

实验结束后,必须认真及时地撰写实验报告。实验报告是实验结果的总结和反映。一个实验的价值,很大程度上取决于实验报告的质量高低。

1. 撰写实验报告的要求

(1) 实事求是的科学态度

实验数据与实验结果是对电路进行分析研究的依据。因此,实验取得的资料,如数据、波形等应真实地反映到实验报告中去,不允许更改、抄袭或主观臆断。如因操作错误使数据违背规律,应当重做实验,重新取得数据。

(2) 符合要求的具体内容

实验报告应以实验目的和实验要求为中心内容。

(3) 不断积累、深入探索的钻研精神

实验过程是培养实验技能,提高动手能力,增加实践经验的过程。学生应善于总结实验中的经验与不足,整理记录在实验报告中。这对后面做好实验很有帮助。

(4) 报告形式规范

实验报告应文字流畅、语言准确、书写清楚、整齐。图形、表格不要徒手绘制。

2. 实验报告的主要内容

① 实验名称,实验日期,实验者班级、姓名及学号,实验组别,同组人姓名。

② 实验目的 实验目的是实验的宗旨,只有明确目的,才能做好实验。在本栏中,学生应简明地概述本实验通过何种方法,训练哪些技能,达到怎样的要求等。

③ 实验仪器与设备 列出完成实验所需的仪器与设备的型号、规格或技术参数以及其他有关工具及材料。

④ 实验线路 画出实验电路图与测试电路图,标明元器件参数和仪器仪表设备名称等。

⑤ 实验记录 实验过程记录的数据、波形及绘制的曲线、图表。

- ⑥ 实验结论 实验结果说明的问题。
- ⑦ 实验心得 问题讨论,质量分析及学习体会等。
- ⑧ 实验能力评价 由老师根据学生实验情况做出指导性评价。

四、实验室的安全操作规则

在实验中,为了防止仪表和仪器设备的损坏,保证人身安全,实验者必须严格遵守安全操作规则:

- ① 熟悉实验室的直流与交流电源,了解其电压、电流额定值和控制方式,区分直流电源的正负极和交流电源的相线与中性线。
- ② 要知道仪器仪表的规格、型号、使用方法,特别要注意额定值和量限。
- ③ 通电前应通知全组人员有准备后再接通电源。
- ④ 实验中不得用手触摸线路中带电的裸露导体。改、拆接线路时应断开电源,电容应用导线短接放电。(安全电压 36 V 以下,安全电流 100 mA 以下)
- ⑤ 发现异常现象如:仪表指针猛打,有焦臭、冒烟、闪弧、有人触电等,立即切断电源,报告指导老师,查找原因,排除故障。
- ⑥ 实验要规范有序,不要忙乱。应按操作步骤实施实验。与本实验无关的仪器设备不要乱动。实验完毕后,将仪器设备恢复常位,并切断电源。

第1章 电工测量与仪表的基本知识

电工实验的基础是电工测量,它包含选择和使用仪器仪表、读取和处理数据、进行误差分析等,这些环节能否正确运用都将直接或间接地影响到实验的结果。因此,了解并掌握电工测量的基本知识显得尤为重要。本章介绍电工测量与仪表的基本知识,包括:仪表的误差和准确度等级,数据处理,电工仪表的分类和面板符号,常用电工仪表的测量机构以及如何正确选择仪表进行测量等。

1.1 仪表的误差和准确度等级

一、仪表误差的分类

仪表用来量度。但无论仪表的制造工艺如何完善,性能质量如何好,仪表的指示值和被测量的实际值之间总有一些差异,这种差异称为仪表的误差。

按仪表产生误差原因的不同,可分为基本误差和附加误差两种。

1. 基本误差

基本误差是仪表在正常工作条件下本身所固有的,它是由仪表本身结构或制造工艺不完善而引起的误差,例如由于轴尖与轴承之间的摩擦、标尺刻度不准、弹簧变形、装配得不好等而产生的误差,都属于基本误差。

2. 附加误差

附加误差是仪表受外界条件影响所引起的误差。例如由于环境温度、湿度、外界电磁场、电源频率、电压或电流等变化,使仪表偏离正常工作条件,从而产生附加误差。

除仪表的基本误差和附加误差外,在进行测量时,还会有由于测量方法及读数方法不正确或读数不精细等原因引起的人为误差。因此,应认真地考虑测量方法,仔细地读数,以获得尽可能准确的测量数据。

二、误差的表示方法

仪表的误差,一般可用绝对误差、相对误差和引用误差来表示。

1. 绝对误差 Δ

仪表的绝对误差是指仪表的指示值 A_x 与被测量的实际值 A_0 之差值,即

$$\Delta = A_x - A_0 \quad (1-1)$$

被测量的实际值可由标准表指示。绝对误差的单位与被测量的单位相同。

例如,实际值为 100 mA 的电流,用电流表①测量时指示为 101 mA,用电流表②测量时指示为 99.5 mA,则它们在测量 100 mA 电流时的绝对误差分别为

$$\Delta_1 = (101 - 100) \text{ mA} = 1 \text{ mA}$$

$$\Delta_2 = (99.5 - 100) \text{ mA} = -0.5 \text{ mA}$$

由此可见, Δ 为正时, 测量的值偏大; Δ 为负时, 测量的值偏小。测量同一个量时, Δ 的绝对值越小, 测量的结果越准确。

2. 相对误差 γ

测量不同大小的参数时, 用绝对误差难以比较测量结果的准确程度, 为此引入相对误差。

相对误差是绝对误差 Δ 与被测量的真实值 A_0 之间的比值, 通常用百分数表示, 即

$$\gamma = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\% \quad (1-2a)$$

在实际测量中, 常常用仪表的指示值 A_x 代替实际值 A_0 进行相对误差的近似估算, 即

$$\gamma \approx \frac{\Delta}{A_x} \times 100\% \quad (1-2b)$$

相对误差给出了测量误差的明确概念, 用它对不同的测量误差进行比较很方便, 所以它是一种较为常用的测量误差表示形式。

例如, 用电压表测量真实值为 100 V 电压时指示值为 101 V, 绝对误差为 1 V, 测量 20 V 电压时指示值为 19.2 V, 绝对误差为 -0.8 V, 相对误差分别为

$$\gamma_1 = \frac{101 - 100}{100} \times 100\% = +1\%$$

$$\gamma_2 = \frac{19.2 - 20}{20} \times 100\% = -4\%$$

从绝对误差看, 前者大于后者, 但从相对误差来看, 显然前者的误差要比后者小, 精确度高。因此, 在工程上, 凡要求计算测量结果的误差时, 一般都用相对误差。

3. 引用误差 γ_n

相对误差虽然能说明测量不同数值时的准确程度, 但还不能完全说明仪表本身的准确性如何。因为同一个仪表的基本误差, 在刻度范围内变化不大, 但是相对于标度尺不同位置的相对误差却有很大差别。为了较好地反映仪表的基本误差, 用绝对误差作分子, 仪表的测量量限 A_m 作分母, 取其比值的百分数, 称为引用误差, 即

$$\gamma_n = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% \quad (1-3)$$

例如, 上例中所用的电压表的量限为 150 V, 用电压表测量实际值为 100 V 电压时指示值为 101 V, 测 20 V 电压时指示值为 19.2 V, 则引用误差分别为

$$\gamma_{n1} = \frac{101 - 100}{150} \times 100\% \approx +0.67\%$$

$$\gamma_{n2} = \frac{19.2 - 20}{150} \times 100\% \approx -0.53\%$$

由于仪表不同刻度点的绝对误差略有不同, 若取最大绝对误差与仪表满度值比值的百分数, 则称为仪表的最大引用误差, 即

$$\gamma_{nm} = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% \quad (1-4)$$

三、准确度

1. 仪表的准确度

仪表的准确度用来反映仪表的基本误差。上面已说明, 引用误差可以较好地反映仪表的基本误差, 所以仪表的准确度用引用误差表达。但是, 若将仪表标尺上各点的引用误差都列出来, 以说明仪表的准确度, 很不方便。因此, 用正常工作条件下, 可能出现的最大引用误差来表示仪表的准确度等级。

设仪表的准确度等级为 K , 则

$$\pm K\% = \gamma_{nm} = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% \quad (1-5)$$

准确度等级 K 的数字越小, 在正常工作条件下可能出现的最大引用误差越小, 表示仪表的准确度越高。

我国生产的电工仪表的准确度, 按国家标准分为七个等级, 即 0.1, 0.2, 0.5, 1.0, 1.5, 2.5 和 5.0 级。各级仪表用引用误差表示的基本误差不超过表 1-1-1 中的规定。

表 1-1-1 各级仪表的允许基本误差

仪表的准确度等级	0.1	0.2	0.5	1.0	1.5	2.5	5.0
基本误差 $\times 100$	± 0.1	± 0.2	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.5	± 5.0

通常, 0.1, 0.2 级仪表用作标准表, 用以检定其他准确度较低的仪表; 0.5, 1.0, 1.5 级仪表多用于电度计量和实验室; 1.5, 2.5, 5.0 级仪表常用于工程电气测量。

2. 测量的准确度

测量的准确度以测量结果的相对误差表示。

进行测量时, 往往并不知道实际值, 也就不知道绝对误差和相对误差。但知道了仪表的准确度等级, 便可确定测量的准确度。

由式(1-5)可得仪表的最大绝对误差

$$\Delta_m = A_m \times (\pm K\%) \quad (1-6)$$

测量值的最大相对误差

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_x} \times 100\% = \frac{A_m \times (\pm K\%)}{A_x} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中, A_x 为仪表的测量值。

例如, 用一只量程为 250 mA, 准确度等级为 0.5 级的电流表, 测量 180 mA 的电流, 求其可能的最大绝对误差和最大相对误差。

量程 $A_m = 250$ mA, 准确度等级 $K = 0.5$ 级的电流表, 其可能的测量值的最大绝对误差由式(1-6)得

$$\Delta_m = A_m \times (\pm K\%) = 250 \times (\pm 0.5\%) \text{ mA} = \pm 1.25 \text{ mA}$$

其可能的测量值的最大相对误差, 由式(1-7)得

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_x} \times 100\% = \frac{\pm 1.25}{180} \times 100\% \approx \pm 0.694\%$$

注意,比较式(1-7)与式(1-5)可见,测量的准确度与仪表的准确度不同,只有当测量值等于仪表的量限时,两者才相等。

在选用仪表时,除了考虑仪表的准确度以外,还要选择合适的量限,以提高测量的精度。而仪表的准确度以最大引用误差来衡量,测量精度以该处可能产生的最大相对误差来衡量。准确度高的仪表在使用不合理时产生的相对误差可能会大于准确度低的仪表。

例如,为了测量 20 V 电压,如果选用准确度为 0.5 级,量限为 150 V 的电压表,则测量结果中可能出现的最大绝对误差为

$$\Delta_m = A_m \times (\pm K\%) = 150 \times (\pm 0.5\%) \text{ V} = \pm 0.75 \text{ V}$$

测量 20 V 时最大相对误差为

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_x} \times 100\% = \frac{\pm 0.75}{20} \times 100\% \approx \pm 3.8\%$$

如果选用准确度为 1.5 级,量限为 30 V 的电压表,则测量结果中可能出现的最大绝对误差为

$$\Delta_m = A_m \times (\pm K\%) = 30 \times (\pm 1.5\%) \text{ V} = \pm 0.45 \text{ V}$$

测量 20 V 时最大相对误差为

$$\gamma_m = \frac{\Delta_m}{A_x} \times 100\% = \frac{\pm 0.45}{20} \times 100\% \approx \pm 2.3\%$$

由此可见,测量结果的准确度不仅与仪表的准确度等级有关,而且与其量限也有关。上例中用 0.5 级,量限 150 V 的仪表,所测出的测量误差反而比用 1.5 级,量限 30 V 的仪表为大。

因此,在选择仪表的量限时,被测值应尽量使仪表的指针落在刻度标尺的 2/3 以上区间。

3. 提高测量准确度的方法

虽然实验中的测量误差不可避免,但采取某些措施可减少或消除它们。如:

(1) 经常对仪表进行校正

① 采用标准表对被校正表进行校正,需要时对被校正表的读数引入校正值。

② 指针式仪表使用前要做零点调整,例如大部分仪表在未通电时指针应指在零点,当偏离零点时,可用机械调零装置进行调整。而用电阻表测量电阻时,则应先用零欧姆调节旋钮调零后再进行测量。

(2) 仪表和仪器的安置要正确

仪表和仪器要按要求摆放。水平摆放的仪表不能垂直摆放,否则仪表的读数误差将增大。放置仪表和仪器的环境应不受外界电磁场的干扰。

(3) 避免用大量限仪表测量较小量的被测量

实际上,在仪表的同一量限中,指针偏转越大,相对误差越小,测量准确度越高。所以在选择仪表量限时,既要考虑仪表的准确度等级,又要合理选择仪表量限,才能保证有足够的测量准确度(一般应使指针偏转在仪表量限的 2/3 以上为佳)。

思考题

1-1-1 什么是基本误差?什么是附加误差?

1-1-2 说明仪表的准确度与测量结果的准确度的区别。

1-1-3 简述国标规定的电工仪表的准确度等级及通常使用场合。