

高等学校“十一五”规划教材
高职高专电子信息类系列

电路基础

DIANLU JICHU SHIYAN SHIXUN ZHIDAO JIAOCHENG

实验实训指导教程

朱钰铎 主编

安徽大学出版社

高等学校“十一五”规划教材
高职高专电子信息类系列

电路基础

实验实训指导教程

朱钰铎 主编

DIANLU JICHU SHIYAN SHIXUN ZHIDAO JIAOCHENG

安徽大学出版社

内容简介

本教材以安徽省电子类专业有关课程指导委员会的课程基本要求为依据,参考了各参编院校的教学大纲、实验环节课程设置情况,以满足基本教学需要和有较宽适应面为出发点,编写了八部分内容。教材内容由浅入深,循序渐进。在内容安排上,除安排基础性电路实验外,还把常用电子仪器仪表的使用贯穿于每个实验内容中。本书内容对于培养学生的实践能力、强化基本训练、加深理解理论知识、提高动手能力都有指导作用。

本书可作为高等职业技术学院、专科学校相关专业教材,也可作为职大、电大等有关专业的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电路基础实验实训指导教程/朱钰铎主编. —合肥:安徽大学出版社,2008.8

高等学校“十一五”规划教材. 高职高专电子信息类系列

ISBN 978-7-81110-443-1

I. 电... II. 朱... III. 电路—实验—高等学校: 技术学校—教材 IV. TM13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 107018 号

电路基础实验实训指导教程

朱钰铎 主编

出版发行 安徽大学出版社
(合肥市肥西路3号 邮编 230039)

联系电话 编辑室 0551-5108498
发行部 0551-5107716

责任编辑 朱丽琴

特约编辑 孙学平 李 兵

封面设计 孟献辉

印 刷 合肥现代印务有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 12.25

字 数 281 千

版 次 2008 年 8 月第 1 版

印 次 2008 年 8 月第 1 次印刷

E-mail zlqemail@tom.com

ISBN 978-7-81110-443-1

定价 20.00 元

前 言

教材是保障和提高教学质量的重要基础,随着职业教育的迅速发展,高职高专已成为高等教育的重要组成部分,如何加强对高职高专的分类指导、加强高职高专教学工作也已成为教育主管部门的紧迫工作。培养模式的改变引发了教学内容和方法的变化,目前较为突出的问题就是高职高专教育的教材建设相对滞后。根据教育厅教秘高[2007]9号关于组织申报安徽省高等学校“十一五”省级规划教材的通知精神,我们在对我省高职高专院校进行多次调研的基础上,以安徽大学优势学科为依托,遴选全省高职高专一线教学师资,邀请企业和研究所高级技术人员参与,多方联合编写申报“十一五”高职高专电子信息类系列教材,尝试在一定程度上突破对当下我省高职高专相关课程教材品种缺少、内容陈旧、本科化模式突出的教材现状,以适应我省迅速发展的高职高专教育培养技能型人才的需要。值得一提的是,本教材经专家评审,已被省教育厅教秘高[2008]39号文件列为安徽省高等学校“十一五”省级规划教材。

本教材以安徽省电子类专业有关课程指导委员会的课程基本要求为依据,参考了各参编院校的教学大纲、实验环节课程设置情况,以满足基本教学需要和有较宽适应面为出发点,编写了八部分内容。

本课程是电类和非电类专业的一门主要专业基础课。本着积极配合《电路基础》这门课的设想,实验课内容参照教材内容、进度安排。通过该课程的学习一方面使学生熟悉和认识一些电路中常见的元器件,掌握一些常用仪器、仪表、设备的使用;另一方面,通过实验,验证电路的有关理论,加深对电路中的一些基本概念、基本原理、基本分析方法的理解和掌握,达到深化理论教学和对学动手能力培养的目的。在内容安排上,除安排基础性电路实验外,还把常用电子仪器仪表的使用贯穿于每个实验内容中。培养学生正确使用常用电子仪器是电路基础实验教学的基本要求,同时又着眼于对学生创新能力的培养。在实验所使用的元器件的选用方面,适应现代科学技术发展的要求,有反映新技术内容和新的实验方法和手段。在具体实施时,可根据不

同专业、不同学时选用不同内容。

本书由安徽电子信息职业技术学院朱钰铎主编,芜湖职业技术学院余云飞和安徽职业技术学院裴文荣任副主编。概述、第二章及附录由朱钰铎编写,第一章和第四章由芜湖职业技术学院余云飞编写,第三章、第六章由裴文荣编写,第五章、七章由安徽工商职业学院姚庆锋编写,第八章由安徽电子信息职业技术学院王宾编写。

本书在编写过程中得到安徽电子信息职业技术学院曹光跃老师的审阅,并提出了许多中肯和建设性的意见,在此表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,错误或不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者
2008 年 7 月

目 录

第1章 电工测量的基本知识

□学习目标	1
1.1 电工测量的测量方法	1
1.1.1 直接测量法	1
1.1.2 间接测量法	1
1.2 测量误差	1
1.2.1 系统误差及其他误差	1
1.2.2 误差分析	3
1.3 电工仪表的误差和准确度	4
1.3.1 仪表误差的表示方法	4
1.3.2 仪表的准确度等级	5
1.3.3 电工仪表的主要技术要求	7
1.3.4 电工指示仪表的分类、标志和型号	7
1.4 万用表的结构和原理	10
1.4.1 万用表的结构	10
1.4.2 万用表的测量原理	11
1.5 万用表的使用	13
1.5.1 MF—47 指针式万用表	13
1.5.2 数字万用表	15
1.6 认识实验	18

第2章 直流电路

□学习目标	24
2.1 电流表和电压表的扩程	24
2.2 直流电路的电位测量	26
2.3 基尔霍夫定律的验证	28



2.4 叠加定理的验证	30
2.5 直流电阻电路故障的检查	32
2.6 戴维南定理的验证	34
2.7 直流电路综合实验	36

第3章 正弦交流电路

□学习目标	37
3.1 常用电子仪器的介绍及使用	37
3.1.1 函数信号发生器	37
3.1.2 示波器	41
3.1.3 交流毫伏表	45
3.2 交流电路中 R、L、C 元件伏安特性的测定	46
3.3 正弦稳态下 RL、RC 电路相位差的研究	50
3.4 交流电路中 R、L、C 元件频率特性的测定	54
3.5 日光灯电路和功率因数的提高	58
3.6 三相交流电路实验	62
3.7 RC 电路的充放电过程	67

第4章 谐振电路和互感电路

□学习目标	72
4.1 R、L、C 串联谐振电路	72
4.2 并联谐振电路的实验	75
4.3 互感线圈同名端的判断	78

第5章 电动机和变压器

□学习目标	85
5.1 三相异步电动机的使用	85
5.2 单相变压器实验	89

第6章 电气控制电路

□学习目标	94
6.1 常用低压电气的识别	94



6.1.1 交流接触器	94
6.1.2 按钮	95
6.1.3 热继电器	96
6.1.4 低压断路器	97
6.1.5 行程开关	98
6.1.6 熔断器	98
6.1.7 中间继电器	99
6.1.8 时间继电器	100
6.2 三相异步电动机点动与长动控制实验	101
6.3 三相异步电动机正反转控制实验	104
6.4 三相异步电动机顺序起停控制实验	108
6.5 三相异步电动机 Y- Δ 降压起动控制实验	111
 第7章 电子装配实训	
□学习目标	116
7.1 焊接实训	116
7.2 万用表的组装与校验	121
7.3 简易电子门铃的制作与调试	127
 第8章 电子设计自动化软件 EWB 的基本应用	
□学习目标	129
8.1 EWB 基本操作方法	130
8.1.1 EWB 简介	130
8.1.2 EWB5.12 的安装要求	130
8.1.3 EWB 特点与功能	131
8.1.4 EWB 的基本操作	135
8.1.5 子电路的生成与使用	140
8.1.6 帮助功能的使用	140
8.2 虚拟仪器及其使用	141
8.2.1 测量仪表	142
8.2.2 示波器	143
8.2.3 函数发生器	147



8.3 EWB 的基本分析方法	148
8.3.1 EWB 在电路分析中的应用	148
8.3.2 电路仿真	151
附录一 电路基础实验室的主要仪器和设备	160
附录二 常用电子元器件的使用知识	176
参考资料	185

第 1 章 电工测量的基本知识

□ 学习目标

- 掌握电工测量的基本知识。
- 掌握电工仪表的基本知识。
- 掌握万用表的结构和测量方法。
- 掌握指针式万用表和数字式万用表的使用方法。
- 掌握基本电气物理量的测量方法。

1.1 电工测量的测量方法

1.1.1 直接测量法

在测量过程中,能够直接将被测量与同类标准量进行比较,或能够直接用事先刻度好的测量仪器对被测量进行测量,从而直接获得被测量的数值的测量方式称为直接测量。例如,用直流电桥测量电阻或用电流表测量电流,用电压表测量电压均属于直接测量。直接测量被广泛用于工程技术测量中。

1.1.2 间接测量法

这种测量法,先是通过直接测量几个与被测量有函数关系的量,然后再通过计算,求出被测量的数值(包括单位)。例如,用伏安法测量电阻,是利用电压表和电流表分别测量出电阻两端的电压和通过该电阻的电流,然后根据欧姆定律 $u=iR$ 计算出被测电阻 R 的大小。间接测量方式广泛应用于科研、实验室及工程测量中。

1.2 测量误差

在实际测量中,由于测量仪器仪表不够准确、测量方法不很完善、测量人员的技术水平不很高等种种因素的影响,都会使测量结果与被测量真值之间存在一定的差别,这种差别称为测量误差。所谓“真值”就是被测量在规定条件下客观存在的量值。真值是无法被准确知道的,即不能从测量中获得,而只能从国家计量标准中导出。

1.2.1 系统误差及其他误差

根据误差的性质和产生的原因,误差可以分为以下三大类:



一、系统误差

在多次测量同一个量时,如果误差的数值大小和符号(正或负)保持恒定,或遵循一定的规律变化,那么这类误差就称为系统误差。

1. 系统误差的种类。系统误差按其成因的不同以及表现出来的特点不同,又可分为两种:

(1)恒值误差。多次重复测量同一个量时,数值的大小和符号保持恒定不变的误差称为恒值误差。

(2)变值误差。在多次测量同一个量时,误差总是遵循一定的规律变化,这种误差称为变值误差。

变值误差又分累进误差、周期性误差以及按复杂规律变化的误差三种。累进误差在整个测量过程中是逐渐增加或逐渐减小;周期性误差按照某种规律周期性改变误差的数值大小和符号;按复杂规律变化的误差,其变化规律虽然复杂,但还是有一定的规律。

由于系统误差的数值大小和符号能准确确定,所以经常被用来修正测量数据。

2. 产生系统误差的原因。造成系统误差的原因主要有以下几个方面:

(1)测量仪器仪表和环境造成的误差。测量仪器仪表本身结构和制作工艺的不够完善,例如:仪表指示刻度不够准,会造成系统误差;使用仪器仪表时未满足所规定的使用环境条件,例如安装位置不够正确、环境温度不符合要求等,也会造成系统误差。

(2)测量方法和理论造成的误差。测量方法不够完善或者测量所依据的理论不够完善,例如采用近似公式,忽略了电源电阻等,都会造成系统误差。

(3)人员误差。人员误差也称“个人误差”。它是由测量人员的最小分辨力、感觉器官的生理变化、反映速度或固有习惯等因素而带来的误差。这种误差因人而异,并与个人实验时的心理或生理状态有关。

从以上分析可知,系统误差的主要特点是:系统误差产生在测量之前,具有确定性,多次测量不能减小和消除它,即不具有抵偿性。

二、随机误差

随机误差又称“偶然误差”。这种误差的现象是在相同条件下多次重复测量同一被测量时,误差的数值均发生变化,且没有固定的变化规律。随机误差是由众多的微小因素造成的。例如周围环境的各种随机量,如磁场、温度的微小变化、空气搅动、大地震动等偶然因素均可造成随机误差。随机误差是难以估计到的。

通过大量的测量实验发现,随机误差具有以下四个特点:

1. 有界性。即在有限次测量中,随机误差总是有界限的,不可能出现无穷大的随机误差。

2. 对称性。即在一定测量条件下的有限次测量中,绝对值相等的正误差与负误差出现的次数大致相同。

3. 抵偿性。由于随机误差具有对称性,所以取这些误差的算术平均值时,绝对值相等的正负误差便相互抵消了。

4. 单峰性。随机误差不会等于零,它总是在零的附近随机地波动,波动时大时小,且



绝对值小的误差出现的次数多于绝对值大的误差出现的次数。

三、疏忽误差

明显与实验测量结果不相符的误差称为疏忽误差。疏忽误差又称“过失误差”或“粗大误差”。它主要由测量过程中某些意外发生的不正常因素造成的。这其中包括测量人员的主观原因和外界条件的客观原因两个方面。测量人员粗心大意(如不正确操作、读错、记错以及计算出错等)是引起疏忽误差的主要原因。测量条件发生意外的突变引起测量仪器仪表指示值突然跳动也会造成疏忽误差。由于疏忽误差是一种严重偏离测量结果的误差,所以凡是含有疏忽误差的测量数据都是不可靠的,应当舍去。

1.2.2 误差分析

误差分析的目的就是评定实验数据的精确或误差,通过误差分析,可以认清误差的来源及其影响,并设法排除数据中所包含的无效成分,还可进一步改进实验方案。在实验中注意哪些是影响实验精确度的主要方面,这对正确地组织实验方法、正确评判实验结果和设计方案,从而提高实验的精确性具有重要的指导意义。

一、减小误差的方法

在测量中,出现误差是必然的、不可避免的,要想完全消除它是很困难的。但是只要采用合理的测量方法,测量人员有严谨的工作作风,就可以将误差控制在最小范围内,以至基本消除。

减小系统误差没有千篇一律的方法,必须根据实际情况进行分析。下面介绍几种常用的方法:

1. 预先研究可能产生误差的来源并加以适当校正。其中包括测量前校正所有有关的仪器仪表;审核有关的测量方案和理论;确定有关的校正公式、曲线和数据等。
2. 消除产生误差的根源。如测量前认真检查有关仪器仪表是否调整好、仪表指针是否调在零位,还要检查仪器仪表是否安放在合适的位置上,各种接线是否正确;同时还要选好利于观察仪表的位置,以免出现因视觉而产生的误差。
3. 采取特殊的测量方法。如正负误差补偿法、替代法等。例如,用电流表测量电流时,考虑到外磁场对读数的影响,可以把电流表转动 180° ,进行两次测量。在两次测量中,必然出现一次读数偏大,而另一次读数偏小,取两次读数的平均值作为测量结果,其正负误差抵消,可以有效地消除外磁场对测量的影响。

二、减小随机误差的方法

与系统误差不同,随机误差不能利用实验的方法减小或消除,唯一的方法是尽可能进行多次测量,并取各次测量的算术平均值,以减小随机误差的影响。测量次数越多,其随机误差的影响越小,测量结果的算术平均值越接近真值。

三、减小疏忽误差的方法

由于疏忽误差在绝大多数情况下是由测量人员粗心大意造成的,所以提高测量人员



的技术水平、培养严谨的科学态度和工作作风是避免疏忽误差的关键。

1.3 电工仪表的误差和准确度

1.3.1 仪表误差的表示方法

仪表误差的大小可以用绝对误差、相对误差和引用误差三种表示法表示。

一、绝对误差

测量时,仪表指示的数值 A_x 与被测量的真值 A_0 之间的差值称为仪表的绝对误差,用 Δ 表示,则

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

绝对误差的单位与被测量的单位相同。

[例 1-1] 真值为 10A 的电流,用电流表甲测量时指示为 10.1A,用电流表乙测量时指示为 9.8A,分别求甲、乙电流表测量时的绝对误差。

解 设甲电流表的绝对误差为 Δ_1 ,乙电流表的绝对误差为 Δ_2 ,则由式(1-1)得

$$\Delta_1 = A_x - A_0 = 10.1 - 10 = 0.1(A)$$

$$\Delta_2 = A_x - A_0 = 9.8 - 10 = -0.2(A)$$

由此可见,绝对误差有正负之分。 Δ 为正时,测得的值偏大; Δ 为负时,测得的值偏小。测量同一个量时, Δ 的绝对值越小,测得的结果越准确。

二、相对误差

相对误差等于绝对误差 Δ 与被测量的真值之比,并用百分数表示。若相对误差用 γ 表示,则

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

相对误差 γ 也有正负之分。

[例 1-2] 用两只电流表测量两个大小不同的电流,设甲电流表在测量真值为 400A 的电流时,指示值为 404A,乙电流表在测量真值为 100A 电流时,指示值为 102A,分别求出甲、乙两电流表在上述测量中的绝对误差和相对误差。

解 绝对误差分别为:

$$\text{甲电流表: } \Delta_1 = A_{x_1} - A_{01} = 404 - 400 = 4(A)$$

$$\text{乙电流表: } \Delta_2 = A_{x_2} - A_{02} = 102 - 100 = 2(A)$$

相对误差分别为:

$$\text{甲电流表: } \gamma_1 = \frac{\Delta_1}{A_{01}} \times 100\% = \frac{4}{400} \times 100\% = 1\%$$

$$\text{乙电流表: } \gamma_2 = \frac{\Delta_2}{A_{02}} \times 100\% = \frac{2}{100} \times 100\% = 2\%$$

上面的计算结果表明:如果从绝对误差来看,甲电流表的误差比乙电流表大,但如果



从绝对误差对测量的影响来看,甲电流表的绝对误差只约占测量结果的1%,而乙电流表的绝对误差却约占测量结果的2%,显然前者测量结果的相对误差小些。由于相对误差便于对不同测量结果的测量误差进行比较,所以在工程上凡要求计算测量结果的误差或是评价测量结果的准确度时,一般都用相对误差。

在相对误差的实际计算中,有时难以确定被测量的真值,这时可用仪表指示值 A_x 代替真值 A_0 ,而求出相对误差的近似值。即

$$\gamma \approx \frac{\Delta}{A_x} \times 100\% \quad (1-3)$$

需要指出的是,相对误差虽然能表明测量结果与被测量的真值之间的差异程度,也能说明测量不用数值时的准确度,但它不能完全说明仪表性能的好坏,即仪表的准确度。显然,用相对误差难以衡量仪表本身性能的好坏。这是相对误差的不足之处。

三、引用误差

引用误差是用来衡量仪表本身性能好坏的量,它是反映仪表基本误差的数值。一般所说的仪表误差,指的就是此基本误差。引用误差规定为绝对误差 Δ 与仪表量程 A_m 的比值,并以百分数表示。引用误差若用 γ_m 表示,则

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% \quad (1-4)$$

可见引用误差是相对误差的特例。

上式中,仪表的量程 A_m 是指仪器仪表在规定的准确度下,对应于某一测量范围内所能测量的最大值。量程又叫“量限”、“上限”或“满刻度”。

[例 1-3] 某量程为 150V 的电压表,假设测量 100V 电压时的指示值为 97V,求该电压表的引用误差 γ_m 。

解 由题意知

$$A_x = 97\text{V}; A_0 = 100\text{V}; A_m = 150\text{V}; \Delta = 97 - 100 = -3(\text{V})$$

由式(1-4),得

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\% = \frac{-3}{150} \times 100\% = -2\%$$

1.3.2 仪表的准确度等级

一、仪表的准确度

为了确切地表示仪表的准确度,规定采用最大引用误差来表示仪表的准确度。所谓最大引用误差是指仪表在规定的正常工作条件下进行测量时,可能产生的最大绝对误差 Δ_m 与所用的量程 A_m 之比的百分数。若仪表的准确度用 δ 表示,则

$$\delta = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% \quad (1-5)$$

最大引用误差越小,仪表的基本误差就越小,其准确度就越高。



二、仪表的级别

仪表的级别是表示仪表准确度的等级。对于指示式仪表,仪表在有效量程范围内和规定使用条件下测量时,其基本误差不得超过相应的准确度级别。新国标规定:电流表、电压表的准确度有 11 个等级,每个等级所对应的基本误差,如表 1-1 所示。

表 1-1 电流表、电压表的准确度等级及其对应的基本误差

准确度等级	0.05	0.1	0.2	0.3	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	5.0
基本误差(%)	± 0.05	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 1.0	± 1.5	± 2.0	± 2.5	± 3.0	± 5.0

有功功率表和无功功率表分为 10 个等级,分别为 0.05 级、0.1 级、0.2 级、0.3 级、0.5 级、1.0 级、1.5 级、2.0 级、2.5 级和 3.5 级。相位表和功率因数表分为 10 个等级,分别为 0.1 级、0.2 级、0.3 级、0.5 级、1.0 级、1.5 级、2.0 级、2.5 级、3.0 级和 5.0 级。

电阻表有 12 个等级,分别为 0.05 级、0.1 级、0.2 级、0.5 级、1.0 级、1.5 级、2.0 级、2.5 级、3.0 级、5.0 级、10 级和 20 级。

知道仪表的准确度等级和量程,就可以算出该仪表在测量时,可能产生的最大绝对误差 Δ_m 。

按照仪表的防御外磁场和电场的性能分为 I、II、III、IV 四个等级。其中 I 级的防御能力最好。I 级仪表在外磁场或外电场的影响下,允许其指示值改变 $\pm 0.5\%$; II 级仪表允许改变 $\pm 1.0\%$; III 级仪表允许改变 $\pm 2.5\%$; IV 级仪表允许改变 $\pm 5.0\%$ 。

[例 1-4] 一只量程为 250V、准确度为 1.5 级的电压表,测量时,它可能产生的最大绝对误差 Δ_m 是多少?

解:由表 1-1 查出,准确度为 1.5 级的电压表允许的基本误差(即最大引用误差)为 $\pm 1.5\%$ 。故根据式(1-5)得

$$\Delta_m = \delta A_m = \pm 1.5\% \times 250 = \pm 3.75(\text{V})$$

就是说,这只电压表在全部有效刻度上,读数的绝对误差 Δ_m 都不会超出 $\pm 3.75\text{V}$ 的范围。

如果知道某仪表的准确度等级和量程,也可算出该仪表在测量某一值时,可能产生的最大相对误差。

[例 1-5] 如果用上例中的电压表去测量 150V 的电压,其可能产生的最大相对误差是多少?

解:由上例计算知最大绝对误差 $\Delta_m = \pm 3.75\text{V}$

由式(1-3)得与 Δ_m 相应的最相对误差 $\gamma_{\max}$ 为

$$\gamma_{\max} = \frac{\Delta_m}{A_x} \times 100\% = \pm \frac{3.75}{150} \times 100\% = \pm 2.5\%$$

由此可见,在一般情况下,测量结果的准确度(即最大相对误差),并不等于仪表的准确度。测量结果的准确度不仅与仪表的准确度有关,而且还与被测量的数值大小有关。同一仪表由于它可能产生的最大绝对误差不变,所以测量不同值(即不同的 A_x)时,测量结果的最大相对误差不同。



1.3.3 电工仪表的主要技术要求

1. 为了避免由于测量方法不完善而引起测量的误差,必须注意正确使用仪表,主要应注意以下几点:

(1)按测量对象的性质选择仪表类型。首先视被测量是直流还是交流,以便选用直流仪表或交流仪表。如果测量交流量,还要注意是正弦波还是非正弦波;测量时还要区分被测量是平均值、有效值、瞬时值,还是最大值,对于交流量还要注意频率。

(2)按测量对象的实际需要,选择仪表等级。根据工程性质,只要使测量结果的误差在工程实际允许范围内即可。例如常用的标准和部分精密测量中,可用准确度 0.1 到 0.2 级的仪表;在实验测量中,可用 0.5 到 1.5 级的仪表;在工厂生产中,可用 1.0 到 5.0 级的仪表。

(3)由于同一只仪表同一量程的最大绝对误差不变,所以被测量的数值越接近满刻度测量结果的最大相对误差就越小。在选择仪表量程时,通常应使被测量的读数占仪表满刻度的 $1/2$ 或 $2/3$ 以上为宜。

(4)按测量对象和测量线路的电阻大小选择仪表内阻。对测量电压的电压表,内阻越大越好,要求电压表内阻值要大于被测对象 100 倍较好。对测量电流的电流表,内阻越小越好,常要求电流表内阻小于被测对象 100 倍。

2. 电工指示仪表的技术性能的好坏,对测量结果的准确性、可靠性有很大影响。为了保证测量结果的准确、可靠,对电工仪表有如下几点要求。

(1)准确度高、误差小,其数值应符合所属准确度的要求。

(2)误差不应随时间、温度、湿度、外磁场等外界环境条件的影响而变化。

(3)仪表本身消耗功率应越小越好,否则在测量小的功率时,会引起较大的误差。

(4)仪表应有足够高的绝缘强度和耐压能力,还应有承受短时间过载的能力,以保证使用安全。

(5)应有良好的读数装置,被测量的数值应能直接读出。

(6)构造坚固,使用、维护方便。

3. 仪表的选用原则。

用同样量程的两只仪表去测同一被测量,准确度越高的仪表测出结果的准确度也越高。所以在量程相同的情况下,宜选用准确度较高的仪表。

总之,选用仪表时,应从工作实际需要出发。既要考虑到仪表的准确度,又要注意到仪表的量程。量程很大时去测小数值的量时,不一定能获得满意的结果。另外,仪表的准确度越高,价格越贵,维修越困难,所以不要盲目追求高准确度仪表。如果用准确度较低的仪表就能满足测量要求时,可以不要选高准确度的仪表。

1.3.4 电工指示仪表的分类、标志和型号

一、电工指示仪表的分类

电工指示仪表的基本原理是把被测电量或非电量变换成仪表指针的偏转角。因此它也称为“机电式仪表”,即用仪表指针的机械运动来反映被测电量的大小。电工指示仪



表通常由测量线路和测量机构两部分组成。测量机构是实现电量转换为指针偏转角,并使两者保持一定关系的机构。它是电工指示仪表的核心部分。测量线路将被测电量或非电量转换为测量机构能直接测量的电量。测量线路的构成必须根据测量机构能够直接测量的电量与被测量的关系来确定,它一般由电阻、电容、电感或其他电子元件构成。

电工指示仪表可以根据原理、结构、测量对象、使用条件等进行分类。

(1)根据测量机构的工作原理分类,可以把仪表分为磁电系、电磁系、电动系、感应系、静电系、整流系等。

(2)根据测量对象分类,可以分为电流表(安培表、毫安表、微安表)、电压表(伏特表、毫伏表、微伏表以及千伏表)、功率表(又称瓦特表)、电度表、欧姆表、相位表等。

(3)根据仪表工作电流的性质分类,可以分为直流仪表、交流仪表和交直流两用仪表。

(4)按仪表使用方式分类,可以分为开关板式仪表和可携式仪表。开关板式仪表通常固定在开关板或配电盘上,误差较大。可携式仪表一般误差较小,准确度高。

(5)按仪表的使用条件分类,可以分为A、A1、B、B1和C五组。有关各组的规定可以查阅国家标准GB76—76《电测量指示仪表通用技术条件》。

上面所说的电工仪表的分类方法,实际上是通过不同的角度来反映仪表的技术性能。通常,在直读式电工仪表的刻度盘上都标有一些符号来说明上述各种技术性能。

二、电工指示仪表的标志

电工指示仪表的表盘上有许多表示其技术特性的标志符号。根据国家标准的规定,每一个仪表必须有表示测量对象的单位、准确度等级、工作电流的种类、相数、测量机构的类别、使用条件级别、工作位置、绝缘强度试验电压的大小、仪表型号和各种额定值等标志符号。可参见表1-2、表1-3和表1-4。

表1-2 常见电工指示仪表和附件的表面标志符号

名称	称号	名称	称号	名称	称号	名称	称号
千安	KA	兆兆欧	TΩ	千瓦	KW	毫韦伯/米 ²	mT
安培	A	兆欧	MΩ	瓦特	W	微法	μF
毫安	mA	千欧	kΩ	兆乏	Mvar	微微法	pF
微安	μA	欧姆	Ω	千乏	kvar	亨	H
千伏	kV	毫欧	mΩ	乏尔	var	毫亨	mH
毫伏	mV	微欧	μΩ	兆赫	MHz	微亨	μH
微伏	μV	库仑	C	千赫	kHz	摄氏度	℃
兆瓦	MW	毫韦伯	mWb	赫兹	Hz		