



高职高专机电类教学改革规划教材
国家精品课程配套教材

电工及电气测量 技术实训教程

白广新 主编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



高职高专机电类教学改革规划教材
国家精品课程配套教材

电工及电气测量技术实训教程

主 编 白广新
参 编 郝英明
主 审 徐 茜



机械工业出版社

本书为高职高专机电类教学改革规划教材，全书共分3篇。
第1篇主要介绍电工仪表及电气测量的基础知识。通过这一篇的学习，使学生首先建立电工及电气测量的基本概念，了解测量误差产生的原因，帮助学生今后所完成的每一个实训进行误差分析。通过本篇的学习，学生还可以初步了解电工仪表的基本知识，有利于提高学生对电工常用仪表的正确使用能力。

第2篇围绕常用电工仪器仪表的使用及常用元器件的识别展开，通过本篇的学习，可以培养和训练学生对常用电工仪器仪表的正确操作，可以使学生掌握常用元器件的正确判别方法，提高学生今后独立完成各项实训的能力。这是电类专业学生的基本操作能力。

第3篇给出了20个电工及电气测量技术的基本实训项目及3个综合实训，供教师和学生可在“电工及电气测量技术”课内实训时选用。每个实训项目都包括实训目的、本次实训的相关知识、实训接线图和实训内容等，使用方便。

本书配有电子教案供教师使用，可发电子邮件至 E-mail: szbgx@oa.szpt.net 邮箱索取。

图书在版编目 (CIP) 数据

电工及电气测量技术实训教程/白广新主编. —北京:机械工业出版社, 2007.1

高职高专机电类教学改革规划教材. 国家精品课程配套教材

ISBN 978-7-111-20671-2

I. 电... II. 白... III. ①电工技术—高等学校:技术学校—教材②电气测量—高等学校:技术学校—教材 IV. TM

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 165183 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王玉鑫 贡克勤 责任编辑:王玉鑫 版式设计:冉晓华

责任校对:王欣 封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京机工印刷厂印刷

2007年2月第1版第1次印刷

184mm×260mm·8.5印张·203千字

0 001—3 000册

标准书号:ISBN 978-7-111-20671-2

定价:14.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 68354423

封面无防伪标均为盗版

前 言

本教材的内容,是按照国家级精品课程《电工及电气测量技术》对课内实训的要求,并结合高职教育的特色和培养目标,经过反复研究而精心选定的。本书可供电类专业和相关专业电工及电气测量课程作为实训教材使用,也可供有关技术人员参考。

本教材以培养应用型人才为目标,以强化基础、突出能力、注重实用为原则,在学生掌握电工及电气测量基本知识的基础上,强化操作技能和综合能力的培养。通过学习和实训,使学生具有识图的能力;具有正确选择和检测常用电路元器件的能力;具有正确使用常用电工仪器仪表的能力;具有电路的安装制作能力;具有电路功能检测和排除故障的能力。全书共分3篇,第1篇主要介绍电工仪表及电气测量的基础知识;第2篇围绕常用电工仪器仪表的使用及常用元器件的识别展开;第3篇给出了20个电工及电气测量技术的基本实训项目及3个综合实训,供教师和学生课内实训时选用。考虑到课程的基础性和应用性,教材重点放在电工及电气测量的基本知识和基本技能的训练上,突出动手能力的培养,并保证全书具有一定的深度。

本教材编写特点:

1. 将“电工学”与“电气测量”的内容有机地融合,在电工学实训中加入电气测量仪表的基本结构与使用方法,在实训分析中逐步深入地学习误差理论与各种测量方法。
2. 内容较为齐全,适用面宽,通用性强。
3. 以高职高专教育为主线,侧重于培养学生各种能力,使综合素质得到提高。
4. 书中对实训目的、步骤、仪器设备、分析讨论、注意事项等有较详细叙述,以期开拓学生的思路,培养学生独立思维的能力和创新能力。

本教材由深圳职业技术学院白广新老师和郝英明老师编写,其中白广新编写第1篇和第2篇,郝英明编写第3篇,全书由白广新负责统稿工作,徐茜负责全书的主审工作。

深圳职业技术学院自动化系常江、陈伟、易丹等几位老师对本书初稿提出了许多宝贵意见和建议,在此表示衷心的感谢!

由于时间紧迫和编者水平有限,书中难免存在一些问题,衷心希望读者批评指正。

编 者

目 录

前言

绪论 电工及电气测量技术实训的基本要求	1
---------------------	---

第 1 篇 电工仪表与电气测量基础知识

第 1 章 电工及电气测量基本知识	5	2.5 电工指示仪表的型式	15
1.1 电工及电气测量的概念	5	2.5.1 磁电式仪表	16
1.2 测量方式和测量方法的分类	5	2.5.2 电磁式仪表	17
1.3 测量单位制	6	2.5.3 电动式仪表	18
1.4 测量误差	7	2.6 电工仪表的选择与校验	20
1.4.1 测量误差的定义和分类	7	2.6.1 电工仪表的选择	20
1.4.2 测量误差的表示形式	8	2.6.2 电工仪表的校验	22
第 2 章 电工仪表基本知识	10	第 3 章 测量误差的估计及测量数据的处理	25
2.1 电工指示仪表的基本原理及组成	10	3.1 误差的粗略估计及测量准确度的评定	25
2.2 电工指示仪表的分类、标志和型号	10	3.2 测量数据的处理	25
2.3 电工指示仪表的误差和准确度	13		
2.4 对电工指示仪表的主要技术要求	15		

第 2 篇 常用电工仪器仪表的使用及常用元器件的识别

第 4 章 常用电工仪器的使用	31	5.5 绝缘电阻表	46
4.1 直流稳压电源	31	5.6 直流单臂电桥	46
4.2 示波器	33	5.7 直流双臂电桥	47
4.3 信号发生器	36	5.8 晶体管毫伏表	48
第 5 章 常用电工仪表的使用	38	第 6 章 常用元器件的识别与测试	50
5.1 电压表	38	6.1 电阻器	50
5.2 电流表	38	6.2 电容器	53
5.3 万用表	40	6.3 电感器	56
5.4 功率表	45		

第 3 篇 电工及电气测量技术实训

第 7 章 电工及电气测量技术基本实训	63	实训 5 戴维南定理	70
实训 1 直流电路的认识、电位电压的测量	63	实训 6 电阻的测量 (一)	72
实训 2 实际电源的外特性	65	实训 7 电阻的测量 (二)	75
实训 3 基尔霍夫定律	67	实训 8 荧光灯电路及功率因数的提高	77
实训 4 叠加定理	68	实训 9 电阻、电感、电容元件的伏安特性	79
		实训 10 RLC 串联谐振电路	81

实训 11	<i>RLC</i> 交流电路的特性	83
实训 12	<i>RLC</i> 串联电路中电压和电流关 系	87
实训 13	三相交流电路负载的联结	89
实训 14	三相功率的测量	92
实训 15	周期性非正弦交流电路的研究	94
实训 16	一阶电路的研究	96
实训 17	交流铁心电路的研究	99
实训 18	电压表和电流表的检验	101
实训 19	单相电能表、三相电能表的 使用	103

实训 20	同名端和互感系数的测定	105
第 8 章	电工及电气测量技术综合	
	实训	108
实训 1	<i>RC</i> 移相电路的设计与调试	108
实训 2	万用表的设计、装配与调试	110
实训 3	新型相位测量电路的研究	115
附录 A	常用电工仪表型号和规格	118
附录 B	实训课程考核方案	126
参考文献	127

绪论 电工及电气测量技术实训的基本要求

1. 实训课的作用

实训课是高职教育的一个重要的教学环节，是理论联系实际的重要手段。通过实训验证巩固所学的理论知识，通过操作技能训练，培养学生实际工作的能力。对于电工及电气测量技术实训课，应达到以下目的：

- 1) 培养学生实事求是、一丝不苟、严格、严密、严肃的科学态度，养成良好的实训习惯和作风。
- 2) 训练学生基本的实训技能，如正确使用常用的电工仪器、仪表，掌握基本的电工及电气测量技术、试验方法及数据的分析处理等。
- 3) 培养学生通过实训来分析问题和解决问题的能力，以巩固和扩展所学到的理论知识。

2. 实训课的要求

(1) 实训课前的准备工作 学生在每次实训课前，必须认真预习。具体要求是：

- 1) 阅读实训指导书，明确实训的目的与要求，并结合实训原理复习相关理论。了解完成实训的方法和步骤。设计好实训数据的记录表格。认真思考并解答预习思考题中的问题。
- 2) 理解并记住指导书中提出的注意事项。对实训中所用仪器设备的作用及使用方法要有初步了解。

(2) 实训过程中的主要工作

- 1) 接线前，首先了解各种仪器设备和元器件的额定值、使用方法和电源设备的情况。
- 2) 实训中要用的仪器、仪表、实验板以及开关等，应根据连线清晰、调节顺手和读数观察方便的原则合理布局。
- 3) 接线可按先串联后并联的原则先接无源部分，再接电源部分，两者之间必须经过开关。接线时应将所有电源开关断开，并将可调设备的旋钮、手柄置于最安全位置。接好线后，经仔细检查无误，教师复查后才能接通电源。合电源时，要注意各仪表的偏转是否正常。
- 4) 实训进行中要胆大心细，一丝不苟。认真观察现象，仔细读取数据，随时分析研究实训结果的合理性，如发现异常现象，应及时查找原因。

5) 实训完毕，先切断电源，再根据实训要求核对实训数据，然后请教师审核，通过以后再拆线，并将仪器设备排放整齐。

6) 注意仪器设备及人身安全。

(3) 实训课后的整理工作 整理工作主要是编写实训报告。这是实训的总结，应认真完成。报告内容应包括：

- 1) 实训名称。一般写在封面上，并注明作者及参与此实训的其他人员，提交实训完成的日期。
- 2) 实训目的。用简短文字叙述本次实训的目的，实训目的要具体，不超出实训范围，不泛指。
- 3) 实训仪器设备。将所用仪器仪表材料等进行列写，标注型号、数量等，这样可以为其

他人员为了得到相同的实训结果重复这一实训提供条件。

4) 实训电路。用电工图板正规地画出电路图。

5) 实训内容或步骤。按实际操做的前后顺序,用简练的语言准确完整地描述实训的过程;对特殊的实训方法加以说明。

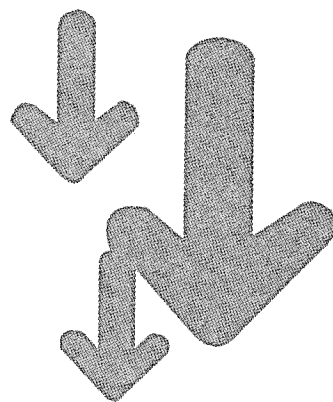
6) 数据的记录。对于应记录的数据要详实记录,认为有错误、不实等情况可以查清实训是否符合要求、接线是否正确、实训中是否存在问题等,改正错误重新再作;对于实训中的现象也同样要做好记录。

7) 实训分析。整理测试的实训数据,分析实训结果。看是否与理论中给出的结论相符,实训测试数据与理论计算数据是否相符,如果实训的结果与结论相近,要清楚有多大的误差,误差存在的原因有哪些?如果实训与结论不符,分析是什么原因;根据需要画出曲线图、波形图等以说明得出的结论,曲线图、波形图的作法要符合实训图的正确作法。分析实训中的现象是什么?为何有此种现象?存在的问题如何解决,并进行分析,一方面积累自己的实训经验,另外也为他人提供参考。分析实训中其他存在的问题和原因。

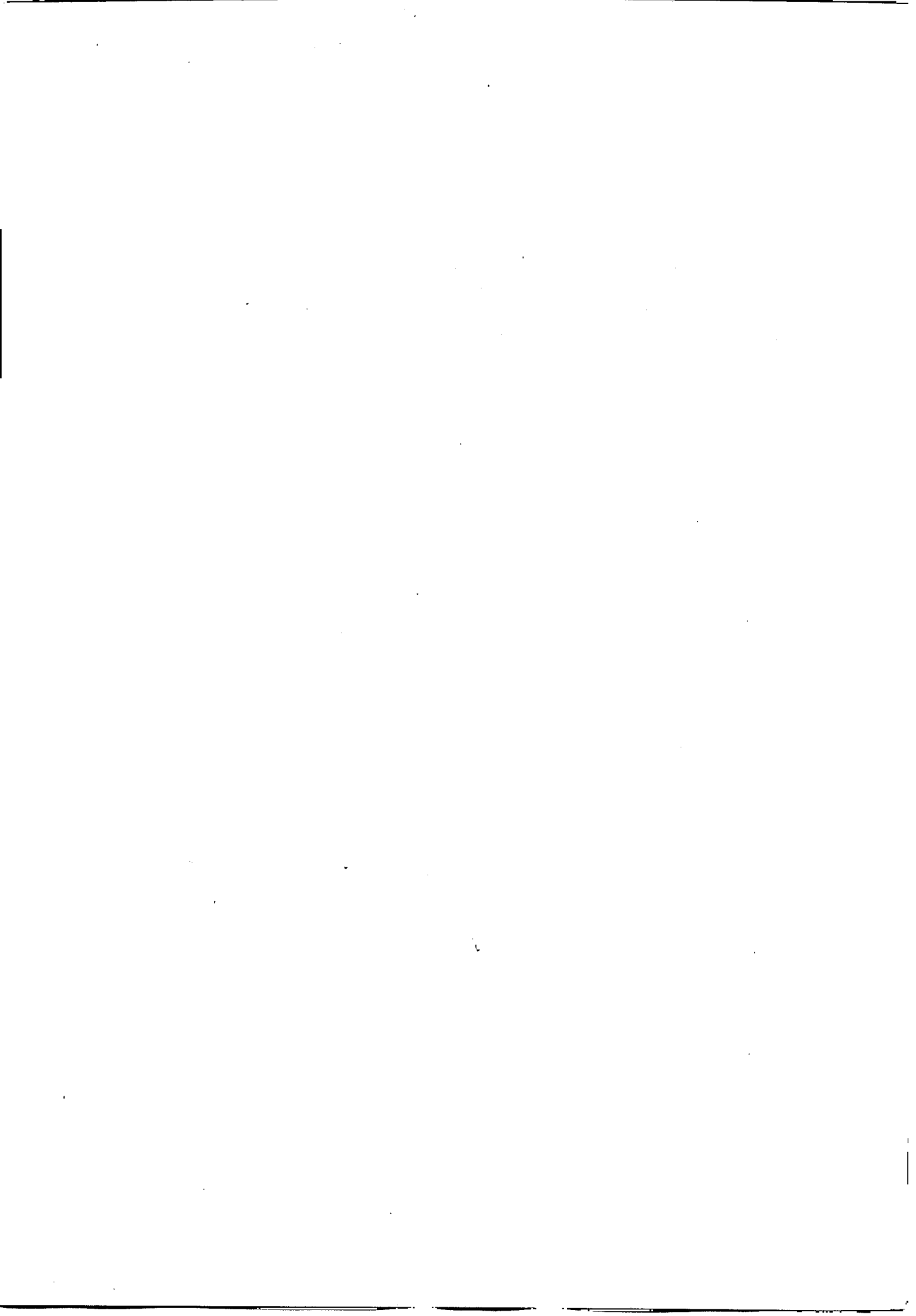
8) 实训小结。先围绕实训目的写出实训的结论,不要写与此实训无关的结论,也不要写未经证实的结论。在实训中得出的结论基本相符,但误差超出允许值时,应有说明。写出个人的心得体会和合理化建议。

第 1 篇

电工仪表与电气 测量基础知识



- 第 1 章 电工及电气测量基本知识
- 第 2 章 电工仪表基本知识
- 第 3 章 测量误差的估计及测量数据的处理



第1章 电工及电气测量基本知识

1.1 电工及电气测量的概念

电工及电气测量就是借助于测量设备，把未知的电量或磁量与作为测量单位的同类标准电量或标准磁量进行比较，从而确定未知电量或磁量（包括数值和单位）的过程。

一个完整的测量过程，通常包含如下几个方面。

1. 测量对象

电气测量的对象主要是反映电和磁特征的物理量，如电流（ I ）、电压（ U ）、电功率（ P ）、电能（ W ）以及磁感应强度（ B ）等；反映电路特征的物理量，如电阻（ R ）、电容（ C ）、电感（ L ）等；反映电和磁变化规律的非电量，如频率（ f ）、相位（ φ ）、功率因数（ $\cos\varphi$ ）等。

2. 测量方式和测量方法

根据测量的目的和被测量的性质，可选择不同的测量方式和不同的测量方法（详见1.2节）。

3. 测量设备

对被测量（未知量）与标准量（已知量）进行比较的测量设备，包括测量仪器和作为测量单位参与测量的度量器。进行电量或磁量测量所需的仪器仪表，统称为电工仪表。电工仪表是根据被测电量或磁量的性质，按照一定原理构成的。电工测量中使用的标准电量或磁量是电量或磁量测量单位的复制体，称为电学度量器。电学度量器是电气测量设备的重要组成部分，它不仅作为标准量参与测量过程，而且是维持电磁学单位统一，保证量值准确传递的器具。电工及电气测量中常用的电学度量器有标准电池、标准电阻、标准电容和标准电感等。

除以上三个主要方面外，测量过程中还必须建立测量设备所必须的工作条件；慎重地进行操作；认真记录测量数据；并考虑测量条件的实际情况，进行数据处理，以确定测量结果和测量误差。

1.2 测量方式和测量方法的分类

1. 测量方式的分类

测量方式主要有如下两种：

(1) 直接测量 在测量过程中，能够直接将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，用电压表测量电压、用电能表测量电能以及用直流电桥测量电阻等都是直接测量。直接测量广泛应用于工程测量中。

(2) 间接测量 当被测量由于某种原因不能直接测量时，可以通过直接测量与被测量有一定函数关系的物理量，然后按函数关系计算出被测量的数值，这种间接获得测量结果的方式称

为间接测量。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流过该电阻的电流，然后根据欧姆定律计算出被测电阻的大小。间接测量方式广泛应用于科研、实验室及工程测量中。

2. 测量方法的分类

在测量过程中，作为测量单位的度量器可以直接参与，也可以间接参与。根据度量器参与测量过程的方式，可以把测量方法分为直读法和比较法。

(1) 直读法 在测量时通过仪表指针的偏转直接读得被测量数值的测量方法，称为直读法，如用电流表、电压表、万用表测量时直接读取数据。

直读法测量时，度量器不直接参与测量过程，而是间接地参与测量过程。例如，用欧姆表测量电阻时，从指针在标度尺指示的刻度可以直接读出被测电阻的数值。这一读数被认为是可信的，因为欧姆表标度尺的刻度事先用标准电阻进行了校验，标准电阻已将它量值和单位传递给欧姆表，间接地参与了测量过程。

直读法简便、快速，但易造成测量误差。

(2) 比较法 将被测量与度量器在比较式仪表内直接比较，从而得到被测量数值的方法，称为比较法。例如，用天平测量物体质量时，作为质量度量器的砝码始终都直接参与了测量过程。用电桥测量电阻也属于比较法。该法准确度高，可以达到 $\pm 0.001\%$ ，但操作较麻烦，相应的测量设备也比较昂贵。

根据被测量与度量器进行比较时的不同特点，可以把比较法分为零值法、较差法和替代法三种。

1) 零值法。又称平衡法，它是利用被测量对仪器的作用，与标准量对仪器的作用相互抵消，由指零仪表做出判断的方法，即当指零仪表指示为零时，表示两者的作用相等，仪器达到平衡状态。此时按一定的关系可计算出被测量的数值。显然，零值法测量的准确度主要取决于度量器的准确度和指零仪表的灵敏度。

2) 较差法。是通过测量被测量与标准量的差值，或正比于该差值的量，根据标准量来确定被测量的数值的方法。较差法可以达到较高的测量准确度。

3) 替代法。是分别把被测量和标准量接入同一测量仪器，在标准量替代被测量时，调节标准量，使仪器的工作状态在替代前后保持一致，然后根据标准量来确定被测量的数值。用替代法测量时，由于替代前后仪器的工作状态是一致的，因此仪器本身性能和外界因素对替代前后的影响几乎是相同的，有效地克服了所有外界因素对测量结果的影响。替代法测量的准确度主要取决于度量器的准确度和仪器的灵敏度。

各种方法均有优、缺点，要根据具体条件选择合适的方法进行测量。

1.3 测量单位制

测量单位是确定一个被测量的标准，因此测量单位的确定和统一是非常重要的。我国国务院于1984年2月27日发布了《关于在我国统一实行法定计量单位的命令》，命令规定我国统一实行以国际单位制为基础的法定计量单位。国际单位制是1960年第11届国际计量大会通过的，其国际代号为SI。有关电工及电气测量中常用的并具有专门名称的SI导出单位见表1-1。

表 1-1 部分具有专门名称的 SI 导出单位

量	SI 导出单位		
	名称	符号	用其他 SI 单位表示的表示式
频率	赫 [兹]	Hz	s^{-1}
力, 重力	牛 [顿]	N	$kg \cdot m/s^2$
能量, 功, 热量	焦 [耳]	J	$N \cdot m$
功率, 辐射通量	瓦 [特]	W	J/s
电量, 电荷量	库 [仑]	C	$A \cdot s$
电位, 电压 电势, 电动势	伏 [特]	V	W/A
电容	法 [拉]	F	C/V
电阻	欧 [姆]	Ω	V/A
电感	亨 [利]	H	Wb/A
电导	西 [门子]	S	A/V
磁通量	韦 [伯]	Wb	$V \cdot s$
磁感应强度, 磁通量密度	特 [斯拉]	T	Wb/m^2
摄氏温度	摄氏度	$^{\circ}C$	

需要说明的是, 工程测量中, 电能的单位常用“千瓦时”(kW·h), 也称“度”, 它不是 SI 单位。由于它很实用, 所以在电能的测量中, 习惯上仍然常用“千瓦时”作为电能的测量单位。“千瓦时”与 SI 单位中能量单位“焦耳”的换算关系是: $1kW \cdot h = 3600J$ 。

1.4 测量误差

1.4.1 测量误差的定义和分类

1. 测量误差的定义

在测量过程中, 由于受到测量方法、测量设备、试验条件及观测经验等多方面因素的影响, 测量结果不可能是被测量的真实数值, 而只是它的近似值, 即任何测量的结果与被测量的真实值之间总是存在着差别, 这种差别称为测量误差。

2. 测量误差的分类

根据产生测量误差的原因, 可以将测量误差分为系统误差、偶然误差和疏失误差三大类。

(1) 系统误差 能够保持恒定不变或按照一定规律变化的测量误差, 称为系统误差。

系统误差主要是由于测量设备、测量方法的不完善和测量条件的不稳定而引起的。由于系统误差表示了测量结果偏离其真实值的程度, 即反映了测量结果的准确度, 所以在误差理论中, 经常用准确度来表示系统误差的大小。系统误差越小, 测量结果的准确度就越高。

(2) 偶然误差 偶然误差又称随机误差, 是一种大小和符号都不确定的误差, 即在同一条件下对同一被测量重复测量时, 各次测量结果服从某种统计分布; 这种误差的处理依据概率统计方法。产生偶然误差的原因很多, 如温度、磁场、电源频率等的偶然变化等都可能引起这种

误差；另一方面观测者本身感官分辨本领的限制，也是偶然误差的一个来源。偶然误差反映了测量的精密度，偶然误差越小，精密度就越高，反之则精密度越低。

系统误差和偶然误差是两类性质完全不同的误差。系统误差反映在一定条件下误差出现的必然性；而偶然误差则反映在一定条件下误差出现的可能性。

(3) 疏失误差 疏失误差是测量过程中操作、读数、记录和计算等方面的错误所引起的误差。显然，凡是含有疏失误差的测量结果是应该废弃的。

3. 测量误差的消除方法

测量误差是不可能绝对消除的，但要尽可能减小误差对测量结果的影响，使其减小到允许的范围内。

消除测量误差，应根据误差的来源和性质，采取相应的措施和方法。一个测量结果中既存在系统误差，又存在偶然误差，一般情况下，在对精密度要求不高的工程测量中，主要考虑对系统误差的消除；而在科研、计量等对测量准确度和精密度要求较高的测量中，必须同时考虑消除上述两种误差。

(1) 系统误差的消除方法

1) 对测量仪表进行校正。在准确度要求较高的测量结果中，引入校正值进行修正（见 2.6 节）。

2) 消除产生误差的根源。即正确选择测量方法和测量仪器，尽量使测量仪表在规定的使用条件下工作，消除各种外界因素造成的影响。

3) 采用特殊的测量方法。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。

(2) 偶然误差的消除方法 根据统计学原理，在足够多次的重复测量中，正误差和负误差出现的可能性几乎相同，因此偶然误差的平均值几乎为零。所以，要消除偶然误差可采用在同一条件下，对被测量进行足够多次的重复测量，取其平均值作为测量结果的方法。

1.4.2 测量误差的表示形式

测量误差的表示形式有绝对误差和相对误差两种，下面分别加以介绍。

1. 绝对误差

测量值 A_x 与被测量值 A_0 之间的差值，称为绝对误差，用符号 Δ 表示，

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

由于被测量的真值 A_0 是不知道的，所以用标准表测得的真值 A 来替代。这样绝对误差定义为

$$\Delta = A_x - A$$

式中 A ——标准表的指示值，称为实际值。

注意：

1) 绝对误差是有正、负的。当测量值大于实际值时，绝对误差为正；当测量值小于实际值时，绝对误差为负。

2) 绝对误差的单位与被测量的单位相同。

3) 绝对误差和误差的绝对值不能混为一谈。

例 1-1 某电路中的电流为 10A，用甲电流表测量时的读数为 9.8A，用乙电流表测量时其读数为 10.4A。试求两次测量的绝对误差。

解 由式 (1-1) 可得：

$$\text{甲表测量的绝对误差为 } \Delta I_1 = I_1 - I_0 = 9.8\text{A} - 10\text{A} = -0.2\text{A}$$

$$\text{乙表测量的绝对误差为 } \Delta I_2 = I_2 - I_0 = 10.4\text{A} - 10\text{A} = 0.4\text{A}$$

由上例可知，对同一个被测量而言，测量的绝对误差越小，测量就越准确。

2. 相对误差

当被测量不是同一个值时，绝对误差的大小不能反映测量的准确度，这时应该用相对误差的大小来判断测量的准确度。

例 1-2 电压表甲测量实际值为 100V 的电压时，实测值为 101V；电压表乙测量实际值为 1000V 的电压时，实测值为 998V。根据式 (1-1) 可知，甲表的绝对误差为 $\Delta_{\text{甲}} = 101\text{V} - 100\text{V} = 1\text{V}$ ；乙表的绝对误差为 $\Delta_{\text{乙}} = 998\text{V} - 1000\text{V} = -2\text{V}$ ， $|\Delta_{\text{甲}}| < |\Delta_{\text{乙}}|$ 。如果认为甲表比乙表准确度高，显然是错误的。应用相对误差来进行评定。

测量的绝对误差 Δ 与实际值 A 的比值称为相对误差，用符号 γ 表示。在电工测量中，通常以百分数表示相对误差，即

$$\gamma = \Delta/A \times 100\% \quad (1-2)$$

相对误差数值无单位。

在例 1-2 中，甲、乙两电表的相对误差分别为 $\gamma_{\text{甲}} = 1\%$ ； $\gamma_{\text{乙}} = -0.2\%$ 。

显然，乙表较甲表的准确度高。

相对误差表明了误差对测量结果的相对的影响，给出了测量误差的清晰概念。相对误差可以对不同测量结果的误差进行比较，所以它是误差计算中最常见的一种表示方法。工程上确定测量结果的误差或估计测量结果的准确度，大多采用相对误差。

由于被测量的实际值 A 和测量值 A_x 相差不大，所以工程上常用测量值 A_x 代替进行计算，即相对误差

$$\gamma = \Delta/A_x \times 100\%$$

利用绝对误差和相对误差的概念，可以把一个测量结果完整的表示为

$$\text{测量结果} = A \pm \Delta A$$

或

$$\text{测量结果} = A(1 \pm \gamma)$$

也就是说，测量不仅要确定被测量的大小，还必须确定测量结果的误差，即确定测量结果的可靠程度。

第2章 电工仪表基本知识

电工仪表是实现电磁测量过程所需技术工具的总称。电工仪表不仅可以测量电磁量，还可以通过各种变换器来测量非电磁量，如温度、压力、速度等。电工仪表种类繁多，归纳起来，可分成两大类：电工指示仪表和测量仪器。本章重点介绍电工指示仪表。

2.1 电工指示仪表的基本原理及组成

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（可动部分）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，如图 2-1 所示。

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。

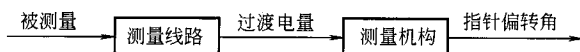


图 2-1 电工指示仪表的组成

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。

各种测量机构都包含固定部分和可动部分。从基本原理上看，测量机构都有产生转动转矩、反作用力矩和阻尼力矩的部件，这三种力矩共同作用在测量机构的可动部分上，使可动部分发生偏转并稳定在某一位置上保持平衡。因此，尽管电工指示仪表的种类很多，但只要弄清楚产生这三个力矩的原理和它们之间的关系，也就懂得了仪表的基本工作原理。

2.2 电工指示仪表的分类、标志和型号

1. 电工指示仪表的分类

电工指示仪表可以根据其原理、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 可以把仪表分为电磁系、磁电系、电动系、感应系、静电系和整流系等。

(2) 根据测量对象分类 可以分为电流表（包括安培表、毫安表、微安表）、电压表（包括伏特表、毫伏表、微伏表、千伏表）、功率表（又叫瓦特表）、电能表、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) 按仪表的使用方式分类 可以分为安装式仪表（或称板式仪表）和可携式仪表等。

(5) 按仪表使用条件分类 分为 A、A₁、B、B₁ 和 C 五组。有关各组仪表使用条件的规定可查阅国家标准 GB/T 776—1976《电气测量指示仪表通用技术条件》。

(6) 按仪表的准确度等级分类 分为 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5 和 5.0 共 7 个准

确度等级。


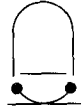









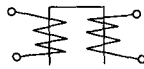




除以上分类以外，还可以按外壳的防护性能及耐受机械力作用的性能分类，读者可查阅 GB/T 776—1976 中的有关规定。

2. 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基本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、使用条件组别、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。

电工指示仪表表面常见标志符号所表示的基本技术特性，见表 2-1。

表 2-1 常见电工指示仪表和附件的表面标志符号

仪表工作原理的图形符号			
图形符号	意义	图形符号	意义
	磁电系仪表		热电系仪表（带接触式热变换器和磁电系测量机构）
	电动系仪表		电动系比率表
	感应系仪表		磁电系比率表
	电磁系仪表		静电系仪表
	铁磁电动系仪表		铁磁电动系比率表
	整流系仪表（带半导体整流器和磁电系测量机构）		电磁系比率表
工作电流种类的符号			
图形符号	意义	图形符号	意义
	直流		交流（单相）
	交、直流两用		具有单元件的三相平衡负载交流