



江苏省普通高校对口单招系列学习指导丛书

# 电工测量仪表

## 学习指导与巩固练习

### (电子电工类)

李家墅 主编



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY <http://www.phei.com.cn>

江苏省普通高校对口单招系列学习指导丛书

# 电工测量仪表学习指导与巩固练习 (电子电工类)

李家骥 主 编

张 成 副主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

## 内 容 简 介

本书是江苏省中等职业学校(三年制)电子电工类专业普通高校单独招生教学配套用书,是依据江苏省教育考试院2010年颁布的《江苏省普通高校对口单独招生电子电工专业综合理论考试大纲》第三部分《电工测量仪表》的要求编写的。

本书由电工测量的基本知识、电工仪表的基本知识组成,其中电工仪表的基本知识涉及磁电系仪表、电磁系仪表和电动系仪表。每章按学习内容分为若干小节,每小节均按学习目标、内容提要、例题解析、巩固练习四个环节展开。同时,书后配有各章的单元测试卷与学科综合测试卷。

本书除可作为中等职业学校电子电工类专业对口单招教学用书外,也可作为其他中机电类专业学生加强和完善电工测量仪表理论的自学用书。

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,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

电工测量仪表学习指导与巩固练习:电子电工类/李家墅主编. —北京:电子工业出版社,2012.11  
(江苏省普通高校对口单招系列学习指导丛书)

ISBN 978-7-121-18138-2

I. ①电… II. ①李… III. ①电工仪表—中等专业学校—升学参考资料 IV. ①TM93

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第205937号

策划编辑:张 凌 陶 亮

责任编辑:张 凌

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

装 订:北京中新伟业印刷有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编100036

开 本:787×1092 1/16 印张:8 字数:240.8千字

印 次:2012年11月第1次印刷

定 价:23.00元(附试卷)

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

## 编委会学校



南京市浦口中等专业学校  
南京市六合中等专业学校  
南京市溧水中等专业学校  
南京市高淳中等专业学校  
常州刘国钧高等职业技术学校  
淮安市淮阴区职业教育中心  
江苏省丹阳中等专业学校  
江苏省丰县职业技术教育中心  
江苏省灌云中等专业学校  
江苏省海门中等专业学校  
江苏省惠山中等专业学校  
江苏省江阴中等专业学校

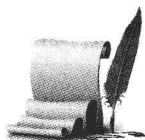
江苏省金湖中等专业学校  
江苏省金坛中等专业学校  
江苏省溧阳中等专业学校  
江苏省连云港中等专业学校  
江苏省涟水县职业技术教育中心  
江苏省如皋第一中等专业学校  
江苏省泰兴中等专业学校  
江苏省铜山中等专业学校  
江苏省徐州市张集中等专业学校  
江苏省盐城高级职业学校  
江苏省仪征工业学校  
江苏省张家港职业教育中心校

## 合作高校

扬州大学  
江苏大学  
南京信息职业技术学院

南京工业职业技术学院  
江苏技术师范学院  
无锡商业职业技术学院

## 出版说明



职业教育肩负着服务社会经济发展和促进学生全面发展的重任。职业教育的改革与发展,使得培养的人才规格更加地适应和贴近社会的需求,这也正是职业教育充满活力的源泉。

《国家教育事业第十二个五年规划》中明确提出,建立现代化职业教育体系是职业教育事业发展的一项重要工作内容,要“适度扩大高等职业学校单独招生试点规模,扩大应用型普通本科学校招收中等职业教育毕业生规模”。作为中、高等职业教育沟通衔接的重要渠道,普通高校对口单独招生是培养高素质、高技能人才的迫切需要,是增强职业教育吸引力的重要举措,是完善职业教育体系、推动职业教育健康发展、办人民满意职业教育的重要内容。对口单招已成为普通高校招生工作的重要组成部分。

为更好地适应行业发展现状,对接职业标准,实现中、高职教育在课程内容上的有机衔接,江苏省教育科学研究院和各专业联合考试指导委员会从2009年起分别对普通高校对口单独招生考试语文、数学、英语考试大纲,以及大部分专业综合理论考试大纲和技能考试标准进行了修订,并从2010年开始执行。然而,在实际对口单招教学过程中,师生们很难找到在内容的覆盖面与知识的深度上与考纲要求相匹配的教材与教辅资料,这给教学工作带来了许多不便。本套丛书的编写初衷正是致力于解决这一问题,给广大有志于通过对口单招进入大学深造的学子们提供学习上的便利。

丛书的编写,力图体现以下特色:

**1. 依据考纲要求,强化单招特色** 编写完全依据对口单招高考的要求,有别于一般中等职业教育文化课程、专业课程的教材和教辅材料,强调对基础知识的掌握,着力培养应用知识解决问题的能力。通过适量的针对性训练,培养学生严谨的治学态度,养成良好的解题规范,使学生能准确把握问题的实质、快速找到解决问题的合理方案。

**2. 对应考纲内容,形成理论体系** 按照必需、够用的原则,依据考纲的要求对内容进行合理重组,使相关知识形成了较完整的体系,解决了目前中等职业教育相关教材知识不够系统、不够完整的问题。

**3. 针对单招实际,便于教学实施** 丛书的编写人员长期从事单招教学与研究,我们立足单招学生的实际基础水平与认知能力特点,结合单招高考的目标要求,精心组织内容,循序渐进,多角度地帮助学习理解知识,着力培养学生的知识应用能力。相信无论是对于教师的授课还是对于学生的学习,都会有一定的帮助与促进作用。

丛书包括三方面内容:与新授课学习配套的学习指导与巩固练习;与复习配套的复习要领与强化训练;考前冲刺的仿真模拟测试卷。“学习指导与巩固练习”注重学法指导,配以适量的典型题及解法指导、巩固练习、阶段测试卷、学科综合测试卷,促进基础知识的掌握、基本能力的培养、解题规范的形成;“复习要领与强化训练”针对考纲要求,将学科知识分解、重组,融入若干课题中,强调知识应用能力的培养;“仿真模拟测试卷”采用活页

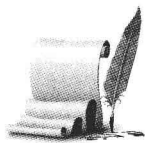
形式，在考核内容、难易度、区分度以及呈现方式上完全模拟单招统考试卷，强调学科知识的综合应用。

普通高校对口单招系列学习指导丛书的编写是一项全新的工作。由于没有成熟的经验可以借鉴，也没有现成的模式可以套用，加之时间仓促，尽管我们竭尽全力，遗憾在所难免。追求卓越，是我们创新和发展的动力，殷切希望读者批评指正。

丛书编委会

2012年8月

# 前 言



江苏省教育考试院 2010 年颁布的《江苏省普通高校对口单独招生电子电工专业综合理论考试大纲》中明确规定,《电工测量仪表》所占分值比例为 10%。可见,学好《电工测量仪表》有利于学生达到专业综合理论考纲的要求。然而,在实际的对口单招教学中,我们很难找到在内容的覆盖面与知识的深度上与考纲要求相匹配的教材与教辅资料,这给教学工作带来了许多不便。本书的编写初衷正是致力于解决这一问题,给广大有志于通过对口单招进入大学深造的学子们提供学习上的便利。

本书的编写,力图体现以下特色:

**1. 依据考纲要求,强化单招特色** 本书的编写完全依据对口单招高考的要求,有别于一般中等职业教育的专业教材和教辅材料,强调对电工测量基本知识的理解、各种电工仪表测量机构特点的掌握及正确使用,通过相关训练促进学生准确把握问题的实质、快速找到解决问题的合理方案。

**2. 对应考纲内容,形成理论体系** 按照够用、必需的原则,对应考纲的要求进行内容的组织,使相关知识形成了较完整的体系,解决了目前中等职业教育相关教材知识不够系统、不够完整的问题。

**3. 针对单招实际,便于教学实施** 本书的编写人员长期从事单招教学与研究,我们立足单招学生的实际基础水平与认知能力特点,结合单招高考的目标要求,精心组织内容,循序渐进,多角度地帮助学习、理解知识,着力培养学生的知识应用能力。相信无论是对于教师的教学还是对于学生的学习,都会有一定的帮助与促进作用。

本书由电工测量的基本知识、电工仪表的基本知识组成,其中电工仪表的基本知识涉及磁电系仪表、电磁系仪表和电动系仪表。每章按学习内容分为若干小节,各节内容都按照学习目标、内容提要、例题解析、巩固练习四个环节展开:“学习目标”是对考纲要求的分解和细化,并有机整合了知识目标与能力目标;“内容提要”是对学习重点、难点内容的归纳与提炼;“例题解析”是围绕重点学习目标设置典型例题,通过对问题的解析,提炼解题方法与思考要点;“巩固练习”着眼于目标达成,强化能力训练,并按高考题目的范式编制。作为核心的学习目标达成,在后面的各环节中都有具体的立足点。同时,为便于教学质量检测,本书配有各章的阶段测试卷与学科综合测试卷。

本书由六合中等专业学校的李家墅老师主编,海门中等专业学校张成老师副主编。在本书的编写过程中,我们参考了部分专业书籍,获得了一些单招资深专家的指导和建议,在此,谨对这些资料的原作者及指导、帮助本书编写的同志们一并表示衷心的感谢!

限于编者水平,加之时间较仓促,本书难免存在不妥与疏漏,恳请广大读者批评指正。

编 者

2012 年 8 月

# 目 录



|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第 1 章 电工测量的基本知识 ..... | 1  |
| 1.1 电工测量 .....        | 1  |
| 1.2 测量误差 .....        | 5  |
| 1.3 电工仪表的误差和准确度 ..... | 10 |
| 第 2 章 电工仪表的基本知识 ..... | 18 |
| 2.1 电工指示仪表的基本知识 ..... | 18 |
| 2.2 磁电系测量机构 .....     | 28 |
| 2.3 磁电系电流表和电压表 .....  | 33 |
| 2.4 模拟万用表 .....       | 41 |
| 2.5 电磁系仪表 .....       | 52 |
| 2.6 电动系测量机构 .....     | 60 |
| 2.7 电动系仪表 .....       | 64 |
| 巩固练习参考答案 .....        | 79 |

# 第 1 章

## 电工测量的基本知识

### 考纲要求

- ◇ 了解测量的内容、特点和基本方法。
- ◇ 了解测量误差产生的原因和特点。
- ◇ 掌握误差的表示方法。
- ◇ 会对测量结果进行简单的数据处理。

### 1.1 电工测量



#### 学习目标

1. 了解电工测量的概念、内容和基本方法。
2. 了解测量方法的分类及各自特点。
3. 了解电工测量中常用的基本术语。



#### 内容提要

##### 一、测量的概念和常用术语

###### 1. 测量与测量过程

测量是将被测量与标准量进行比较的过程。在这个过程中，它一定需要有作为测量单位复制实体的度量器参与（直接参与或间接参与）；同时又需要有能将被测量与度量器进行比较的测量仪器的参与。

测量过程一般包括三个阶段：①准备阶段。在这个阶段，首先要明确“被测量”的性质及测量所要达到的目的，然后再选定合适的测量方式、合理的测量方法及足够准确度的测量仪器。②测量阶段。建立测量仪器所必须满足的测量条件，慎重地进行操作，认真地记录数据。③数据处理阶段。根据记录的数据，考虑测量条件的实际情况，对测量数据进行合理的运算和修正，以求得测量结果与真实值的无限接近。

总之，研究一个完整的测量过程，通常必须研究如下几个方面：①测量对象；②测量方式和测量方法；③测量设备，其中包括度量器与测量仪器仪表。

###### 2. 测量中的几个常用术语

在测量过程中，经常会遇到“准确度”、“精确度”、“灵敏度”、“分辨力”等术语，下面

逐一进行说明。

(1) 准确度。准确度是指测量结果与被测量真实值之间相接近的程度，它是测量结果准确程度的量度。

(2) 精确度。精确度又称精度。测量的精确度是指测量数据集中于真实值附近的程度。测量的精确度越高，说明测量的平均值越接近真实值，且各次测量的数据也越集中，测量的精确度是对测量结果的综合评价。

(3) 精密度。精密度是指在测量过程中所测数值重复一致的程度，它表明在同一条件下进行重复多次测量时，所得到的一组测量数据彼此之间相符合的程度，它是测量重复性的量度。若测量值非常集中，则精密度高；若非常分散，则精密度低。

(4) 灵敏度。灵敏度是指仪器仪表读数的变化量与相应的被测量的变化量的比值，它反映仪器仪表对被测量的反应能力。

(5) 分辨力。分辨力是指仪器仪表所能反映被测量的最小变化值。

(6) 误差。误差是指测量结果相对于被测量真实值的偏离程度。

(7) 量限（也称量程）。量限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。

需要指出的是，准确度与误差本身的含义是相反的，但两者又是紧密联系的，测量结果的准确度高，它的误差就小，因此在实际测量中往往采用误差的大小来表示准确度的高低。

## 二、电工测量的概念和电学度量器

### 1. 电工测量

电工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，从而确定这个未知电量（或磁量）（包括数值和相应的单位）的过程。电工测量的主要对象是：反映电和磁特征的物理量，例如电流（ $I$ ）、电压（ $U$ ）、电功率（ $P$ ）、电能（ $W$ ）和磁感应强度（ $B$ ）等；反映电路特征的物理量，例如电阻（ $R$ ）、电容（ $C$ ）和电感（ $L$ ）等；反映电和磁变化规律的非电量，例如频率（ $f$ ）、相位移（ $\varphi$ ）和功率因数（ $\lambda$ ）等。

### 2. 电学度量器

电学度量器是电量和磁量测量单位的复制体，它是电气测量设备的一个重要组成部分。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。按照准确度的高低，电学度量器可分为：基准器、标准器和工作量具三大类，常用的标准器有标准电池、标准电阻、标准电感和标准电容。

## 三、测量方法及其分类

测量方法是指人们认识自然界事物的一种手段，例如关于电阻的测量，测量方法有很多种：使用模拟万用表欧姆挡测量，使用伏安法测量，还可以使用直流电桥进行测量。根据不同的分类标准，测量方法分类如下。

### 1. 按被测量的测量方式分类

测量方法可以分为直接测量法、间接测量法和组合测量法三种。

(1) 直接测量法是指将被测量与作为标准的量直接比较，或用事先刻度好的测量仪表进行测量，从而直接测得被测量数值的测量方法。例如使用模拟万用表的电压挡测量电压，使用模拟万用表的欧姆挡测量电阻，使用直流电桥测量电阻等。

(2) 间接测量法是指通过与被测量有一定函数关系的几个量进行直接测量,然后再按这个函数关系计算出被测量数值的测量方法。例如使用伏安法测量电阻。

(3) 组合测量法是指直接或间接地测量与被测量有一定函数关系的某些量,再通过联立方程组求得被测量数值的方法。例如测量电源参数  $E$  和  $r$ , 测试原理图如图 1-1-1 所示,  $R_1$ 、 $R_2$  均为未知电阻, 开关  $S$  置 1 时, 电压表读数为  $U_1$ , 电流表读数为  $I_1$ ; 开关  $S$  置 2 时, 电压表读数为  $U_2$ , 电流表读数为  $I_2$ ; 则可使用方程组 
$$\begin{cases} E = U_1 + I_1 r \\ E = U_2 + I_2 r \end{cases}$$
 解得电源参数  $E$  和  $r$  的值。其中电压电流的测量方法属于直接测量法, 而整个测试方法属于组合测量法。

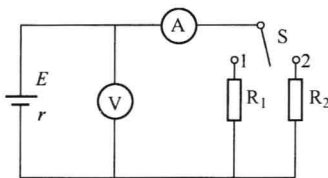


图 1-1-1 电源参数测试原理图

## 2. 按度量器参与测量过程的方式分类

测量方法可以分为直读法和比较法两种。

(1) 直读法是指用直接指示被测量数值的指示仪表进行测量,直接在仪表上读取被测量数值的测量方法。在直读法的使用过程中,度量器并不直接参与作用。直读法的测量过程简单,操作容易,但准确度不高。

(2) 比较法是指将被测量与度量器通过比较仪器进行比较,从而测得被测量数值的测量方法。在比较法的使用过程中,度量器是直接参与作用的。比较法测量准确度高,但操作比较麻烦且仪器设备也较贵。

根据被测量与标准量进行比较时的特点不同,又可将比较法分为平衡法、较差法和替代法三种。

① 平衡法又称零值法,是指在测量过程中,连续改变标准量以使它产生的效应与被测量产生的效应相互抵消或平衡(由指零仪表显示),从而由一定关系式确定被测量数值的测量方法。平衡法的准确度主要取决于标准量的准确度和指零仪表的灵敏度。

② 较差法是指通过测量被测量与标准量的差值或正比于差值的量,从而根据标准量的数值确定被测量数值的测量方法。较差法的准确度主要取决于标准量的准确度及测量差值的误差,差值越小则测量准确度便越高。

③ 替代法是指将被测量与标准量分别接入同一测量装置,在标准量替代被测量的情况下,调节标准量使测量装置的工作状态保持不变,从而由标准量的大小来确定被测量的数值的测量方法。替代法的准确度主要取决于标准量的准确度和测量装置的灵敏度。



### 例题解析

【例 1-1-1】使用电桥测量电阻阻值属于( )。

- A. 直接测量      B. 间接测量      C. 替代法      D. 较差法

【要点解析】电桥测量电阻,很多学生会联想到《电工基础》里使用惠斯通电桥测量电

阻,其实在现代电工测量中,已经把电桥模块化,产品化,只要简单的电路连接,改变标准电阻(电阻箱)的数值,使检流计(用于检测电流的有无,而不测量电流的大小)指针指零,直接读取标准电阻的数值即可完成测量。如图 1-1-2 所示为常用的 QJ—23 型直流单臂电桥。

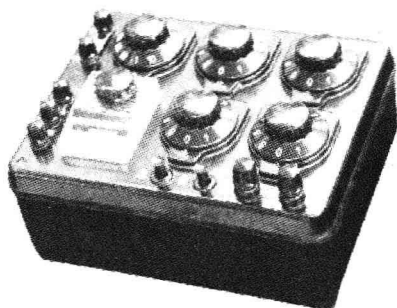


图 1-1-2 QJ—23 型直流单臂电桥

【答案】 A。



## 巩固练习

### 一、单项选择题

- 电学度量器没有直接参与的测量是 ( )。  
A. 较差法      B. 零值法      C. 替代法      D. 直读法
- 比较测量法有 ( ) 种。  
A. 二      B. 三      C. 四      D. 五
- 以下各种电学度量器中,准确度最高的是 ( )。  
A. 基准器      B. 标准器      C. 工作量具      D. 模拟万用表
- 反映测量重复性的术语是 ( )。  
A. 准确度      B. 精密程度      C. 灵敏度      D. 分辨力
- 测量时先测出与被测量相关的电量,然后通过计算求得被测量数值的方法叫做 ( )。  
A. 直接测量法      B. 间接测量法      C. 替代测量法      D. 比较测量法

### 二、判断题

- 比较测量法的优点是方法简便,读数迅速。( )
- 欧姆表测电阻属于直接测量法。( )
- 伏安法测电阻属于比较测量法。( )
- 一个物理量的测量只能用一种方法来实现。( )

### 三、填空题

- 测量过程的三个阶段是:(1) \_\_\_\_\_; (2) \_\_\_\_\_; (3) \_\_\_\_\_。  
一个完整的测量过程,通常包含以下三个方面:(1) \_\_\_\_\_; (2) \_\_\_\_\_; (3) \_\_\_\_\_。
- 准确度是测量结果 \_\_\_\_\_ 的量度;精密程度是测量结果 \_\_\_\_\_ 的量度;误差则反映了测量结果相对于被测量真实值的 \_\_\_\_\_ 程度;量限是指

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\_\_\_\_\_。

12. 电学度量器是电量或磁量\_\_\_\_\_的复制体,按准确度的高低依次分为\_\_\_\_\_,标准器和\_\_\_\_\_,实验室使用的 MF—47 型万用表属于\_\_\_\_\_。常用的标准器有\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_是电动势的复制体。

13. 测量方法按被测量的测量方式分类,有\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三种;按度量器参与测量过程的方式分类,有\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。根据被测量与标准量进行比较时的特点不同,比较法又分为\_\_\_\_\_,\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三种。

14. 平衡法的准确度主要取决于\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_;  
较差法的准确度主要取决于\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_;替代法的准确度主要取决于\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_。

#### 四、简答题

15. 什么是电工测量? 电工测量的对象有哪些?

16. 按度量器参与测量过程的方式分,测量方法有哪些种类? 各自的优缺点有哪些?

## 1.2 测量误差



### 学习目标

1. 了解测量误差的种类。
2. 知道测量误差产生的原因、特点及抑制的方法。
3. 掌握误差的表示方法,会进行相关计算。



### 内容提要

#### 一、测量误差的种类

##### 1. 测量误差

测量的目的就是希望获得被测量的实际大小,即真实值(又称真值)。所谓真实值,就是在一定的时间和环境的条件下,被测量本身所具有的真实数值。而测量过程中,由于测量

设备、测量方法、测量环境和测量人员的素质等条件的限制,测量所得到的结果不可能是被测量的真实数值,而是近似值。测量结果与真实值之间存在的差异,我们称为测量误差。研究测量误差的目的就是要了解测量误差产生的原因和特点,从而寻求减小测量误差的方法,使得测量结果更接近真实值。

## 2. 测量误差的种类及特点

根据测量误差产生的原因,可将测量误差分为系统误差、随机误差(又称偶然误差)和疏失误差三类。

(1) 系统误差是指在相同条件下多次测量同一量时,保持恒定不变或按照一定规律变化的测量误差。系统误差产生的原因主要是:测量设备不准确、测量方法不完善、测量条件不稳定及测量人员的生理特点。根据系统误差的来源,又可分为以下四种。

① 基本误差。它是由测量仪器本身结构和制作上的不完善所引起的测量误差。

② 附加误差。它是由使用仪器仪表时未能满足所规定的使用条件而引起的测量误差。

③ 方法误差(又称理论误差)。它是由测量过程中,测量方法不完善或者测量所依据的理论不完善等原因而造成的测量误差。

④ 人身误差(又称个人误差)。它是由于测量人员的感觉器官不完善所导致的测量误差。

系统误差决定了测量的准确度,系统误差越小,测量结果越准确。

(2) 随机误差是指一种大小和符号都不确定的测量误差,即在相同条件下对同一对象重复进行测量时,在极力消除一切明显的系统误差后每次测量结果仍会出现无规律的随机性变化。这种误差产生的原因主要是由于周围环境偶然性变化所致,例如电磁场的微变、热起伏、空气扰动、电源电压及频率偶然变化等。

随机误差决定了测量的精密度,随机误差越小,测量的精密度越高。

系统误差和随机误差是两个性质完全不同的测量误差,系统误差反映在一定条件下测量误差产生的必然性,而随机误差反映在一定条件下测量误差产生的随机性。系统误差和随机误差两者对测量结果的综合反映为测量的精确度。

(3) 疏失误差是指在测量过程中操作、读数、记录和计算等方面出现错误而导致的测量误差。

## 3. 测量误差的抑制

错误是可以避免的,误差是不可能绝对消除的。了解误差的目的就是为了尽可能的减小误差对测量结果的影响,并将其控制在允许的范围内。

消除测量误差,应根据测量误差产生的原因和特点采取相应的措施和方法。但是,在测量中,一个测量结果有可能既存在系统误差,又存在随机误差,要完全区分开是很不容易的。所以我们要根据实际的情况,采取确实可行的抑制方法。对于精确度要求不高的工程测量,主要考虑系统误差的抑制;而对于科研或对测量精确度要求高的测量,必须同时考虑抑制系统误差和随机误差。

### (1) 系统误差的抑制方法

① 对度量器、仪器仪表进行校正。在特殊的要求下,可以引入校正值进行修正测量结果。

② 消除产生误差的根源。在测量过程中尽量使各种仪器仪表工作在规定的条件下,以抑制各种外界环境因素所造成的附加误差。

③ 正确选择测量方法以抑制方法误差。

④ 采取特殊的测量方法,如正负误差补偿法、替代法等。例如,在测量小电流时,考

虑到外磁场的影响,可以使用正负误差补偿法,即把电流表转动  $180^\circ$ ,进行两次测量,将两次测量的平均值作为最后的测量结果,就可以有效的抑制外磁场对测量的影响。

### (2) 随机误差的抑制方法

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值。重复测量的次数越多,随机误差便越小。

### (3) 疏失误差的抑制方法

含有疏失误差的测量结果都是应该摒弃的。若避免出现疏失误差,要求测量人员在测量过程中采取认真负责的工作态度,这是从根本上消除疏失误差的最好方法。

## 二、测量误差的表示方法

测量误差通常用绝对误差和相对误差表示。

### 1. 绝对误差

绝对误差 ( $\Delta A$ ) 是指被测量的测量结果 ( $A_x$ ) 与真实值 ( $A_o$ ) 的差值,即

$$\Delta A = A_x - A_o$$

绝对误差 ( $\Delta A$ ) 由两部分组成:数值(符号和大小)和相应的单位名称。绝对误差 ( $\Delta A$ ) 单位与测量结果 ( $A_x$ )、真实值 ( $A_o$ ) 的相同。若绝对误差 ( $\Delta A$ ) 为正误差说明测量结果偏大(测量结果大于真实值);为负误差说明测量结果偏小。

绝对误差 ( $\Delta A$ ) 通常用于衡量在对同一被测量进行的多次测量中,哪次测量结果更准确。判断方法为:绝对误差 ( $\Delta A$ ) 的绝对值最小的那次测量结果最准确,即那次的测量结果最接近真实值。

需要指出的是:①绝对误差和校正值是一对大小相等,极性相反的量;②由于测量的真实值 ( $A_o$ ) 通常无法确定,所以一般用标准表的指示值或多次测量的平均值作为被测量的真实值。

### 2. 相对误差

相对误差 ( $\gamma$ ) 是指测量的绝对误差 ( $\Delta A$ ) 与被测量真实值 ( $A_o$ ) 的百分比,即

$$\gamma = \frac{\Delta A}{A_o} \times 100\%$$

相对误差是一个没有单位、有符号(正号可以省略)的百分数。

相对误差 ( $\gamma$ ) 通常用于衡量对不同值的被测量进行的测量时,哪一次的测量结果更准确。判断方法:相对误差 ( $\gamma$ ) 的绝对值最小的那次测量结果最准确。

需要指出的是,工程测量中的相对误差通常用绝对误差 ( $\Delta A$ ) 与被测量的测量值 ( $A_x$ ) 的百分比来近似表示,称为示值相对误差 ( $\gamma_A$ ),即

$$\gamma_A = \frac{\Delta A}{A_x} \times 100\%。$$

利用绝对误差和相对误差的概念,可将被测量的测量值表示为

$$A_x = A_o + \Delta A \quad \text{或} \quad A_x = A_o(1 + \gamma)$$



### 例题解析

#### 【例 1-2-1】

电路中,某电阻两端电压为 10V,用电压表甲测得电压为 10.1V,用电压表乙测得电压为 9.8V,哪次测量更准确,为什么?

【要点解析】 (1) 绝对误差的计算公式为  $\Delta A = A_x - A_0$ ，这是求解绝对误差的一般通式，在这个题目中，被测量是电压，所以计算的公式为  $\Delta U = U_x - U_0$ 。(2) 对同一被测量进行两次测量，看哪一次测量更准确，只要比较绝对误差就可以了。 $\Delta U_1 = U_{x1} - U_{01} = 10.1 - 10 = 0.1\text{V}$ ， $\Delta U_2 = U_{x2} - U_{02} = 99.8 - 10 = -0.2\text{V}$ ，若认为  $-0.2 < 0.1$  电压表乙测量准确就错了，这里应该用绝对误差的绝对值比较，最小的那次测量准确，因为那次测量结果最接近真实值。

【解】 用电压表甲测量的绝对误差为：

$$\Delta U_1 = U_{x1} - U_{01} = 10.1 - 10 = 0.1\text{V}$$

用电压表乙测量的绝对误差为：

$$\Delta U_2 = U_{x2} - U_{02} = 99.8 - 10 = -0.2\text{V}$$

$$\because |\Delta U_1| < |\Delta U_2|$$

$\therefore$  电压表甲测量的更准确。

### 【例 1-2-2】

用甲、乙两块电压表测量两个不同的电压，第一次用甲表测量 100V 电压时的示数为 98.5V，第二次用乙表测量 10V 电压时的示数为 9.5V。试比较哪次测量更准确，为什么？

【要点解析】 对不同被测量进行两次测量，看哪一次测量更准确，要用相对误差进行衡量 ( $\gamma$ )——相对误差 ( $\gamma$ ) 的绝对值最小的那次测量结果最准确。

【解】 第一次用甲表测量的绝对误差和相对误差为：

$$\Delta U_1 = U_{x1} - U_{01} = 98.5 - 100 = -1.5\text{V}$$

$$\gamma_1 = \frac{\Delta U_1}{U_{01}} \times 100\% = \frac{-1.5}{100} \times 100\% = -1.5\%$$

第二次用乙表测量的绝对误差和相对误差为：

$$\Delta U_2 = U_{x2} - U_{02} = 9.5 - 10 = -0.5\text{V}$$

$$\gamma_2 = \frac{\Delta U_2}{U_{02}} \times 100\% = \frac{-0.5}{10} \times 100\% = -5\%$$

$$\because |\gamma_1| < |\gamma_2|$$

$\therefore$  第一次用甲表测量的更准确。



### 巩固练习

#### 一、单项选择题

- 由于电源电压、频率的突变所引起的误差叫 ( )。  
A. 系统误差      B. 偶然误差      C. 疏失误差      D. 绝对误差
- 消除偶然误差可以采用 ( ) 的方法。  
A. 对测量仪表进行校正      B. 正负误差补偿法  
C. 增大重复测量的次数      D. 替代法
- 偶然误差是一种 ( ) 的误差。  
A. 大小和符号都不固定      B. 大小固定、符号不固定  
C. 大小固定、符号固定      D. 大小和符号都固定不变
- 偶然误差又叫做 ( )。  
A. 系统误差      B. 随机误差      C. 疏失误差      D. 绝对误差

5. 对由于地磁引起的系统误差, 可以采用 ( ) 的方法加以抑制。
  - A. 选用高灵敏度的仪表
  - B. 正负误差补偿法
  - C. 选用高准确度的仪表
  - D. 增大重复测量的次数
6. 引入校正值可以抑制 ( )。
  - A. 仪表基本误差所引起的系统误差
  - B. 附加误差
  - C. 方法误差
  - D. 人身误差
7. 让仪表在规定的使用条件下工作, 可以抑制 ( )。
  - A. 疏失误差
  - B. 基本误差
  - C. 附加误差
  - D. 人身误差
8. 仪表的标度尺刻度不准, 造成的误差是 ( )。
  - A. 基本误差
  - B. 附加误差
  - C. 相对误差
  - D. 绝对误差
9. 在测量不同大小的被测量时, 可以用 ( ) 来表示测量结果的准确程度。
  - A. 绝对误差
  - B. 相对误差
  - C. 示值相对误差
  - D. 最大绝对误差
10. 某电路的电流为 10A, 用电流表测量时, 读数为 9.8A, 则测量的相对误差为 ( )。
  - A.  $\pm 0.2\%$
  - B.  $0.2\%$
  - C.  $-0.2A$
  - D.  $-0.2\%$
11. 使用等值替代法测量的优点主要是可以消除由于 ( ) 引起的系统误差。
  - A. 测量仪器
  - B. 示值误差
  - C. 随机误差
  - D. 方法误差

## 二、判断题

12. 测量误差实际上就是仪表误差。( )
13. 随机误差是周围环境偶发性变化所引起的。( )
14. 造成系统误差的原因主要是操作者粗心大意。( )
15. 测量误差的常用表示方法是基本误差和附加误差。( )
16. 系统误差决定了测量的准确度, 随机误差决定了测量的精密度。( )
17. 由于测量人员的感官不完善所致的测量误差属于系统误差。( )
18. 工程中, 一般采用相对误差来反映仪表的准确度。( )
19. 相对误差的大小反映了测量的准确度。( )
20. 测量误差可以通过选用精密的测量仪表和科学完善的测量方法来彻底消除。( )
21. 测量的精确度越高, 随机误差也就越小。( )

## 三、填空题

22. 根据产生误差的原因, 可将测量误差分为系统误差、\_\_\_\_\_误差和\_\_\_\_\_误差。系统误差通常又分为四种, 即\_\_\_\_\_误差、\_\_\_\_\_误差、\_\_\_\_\_误差和\_\_\_\_\_误差。测量的准确度由\_\_\_\_\_误差所决定。
23. 表示测量误差通常可用\_\_\_\_\_误差和\_\_\_\_\_误差。在衡量对同一被测量所进行的多次测量中, 哪次结果更准确时, 可用\_\_\_\_\_误差; 而在衡量对不同值的被测量所进行的测量, 哪个结果更准确时, 可用\_\_\_\_\_误差。
24. 对于同一个被测量而言, 测量的绝对误差\_\_\_\_\_, 测量的结果就越准确; 对于不同的被测量而言, 测量的相对误差\_\_\_\_\_, 测量的结果就越准确。
25. 绝对误差有正负之分的, 正误差说明测量值比真实值\_\_\_\_\_; 负误差说明真实值比测量结果\_\_\_\_\_。
26. 用惠斯通电桥测量电阻, 若把电源正、负极对调重复试验, 取两次的平均值作为测