



职业教育电子类专业“新课标”规划教材

电子测量与仪器 仪表的使用

Electronic Measurement and The Use
of Instrument

主 编 魏朝晖 罗小红

副主编 曾祥红 林丽芳

主 审 谭立新

工学结合 **新理念**

考核评价 **新模式**

技能抽查 **新指导**



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

give as a present

赠送电子教案

电子测量与仪器仪表的使用

魏朝辉 罗小红 主编



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

图书在版编目(CIP)数据

电子测量与仪器仪表的使用/魏朝晖,罗小红主编.

—长沙:中南大学出版社,2014.5

ISBN 978-7-5487-1075-2

I.电... II.①魏...②罗... III.①电子测量技术-职业教育-教材②电子测量设备-职业教育-教材

IV.TM93

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第078354号

电子测量与仪器仪表的使用

魏朝晖 罗小红 主编

☐责任编辑 谢贵良

☐责任印制 易建国

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-88876770

传真:0731-88710482

☐印 装 长沙市宏发印刷有限公司

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 10 ☐字数 252千字 ☐插页

☐版 次 2014年8月第1版 ☐2014年8月第1次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-5487-1075-2

☐定 价 22.00元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容简介

本课程是电子技术应用专业的一门岗位核心能力训练课程，是电子技术应用专业学生必修的专业课。课程的任务是培养学生正确选择和规范使用常见电子仪器仪表，分析和理解测量结果，处理测量数据，对常用的电子仪器仪表进行维护和简单的维修等职业核心能力。并通过理实结合的教学实施过程，培养学生的语言表达、交往沟通、团队协作等能力，以及标准化、规范化等职业素养。课程采用任务驱动的项目化教学方式，要求学生理解电子测量的意义、特点与基本概念，掌握万用表、信号源、直流电源、兆欧表、示波器等常用电子测量仪表的基本结构、工作原理、测量对象和使用方法。

职业教育电子类专业“新课标”规划教材编委会

主 任：李正祥

副主任：张希胜 游百春

委 员：(按姓名首字母音序排列)

陈文华	范国学	奉天生	高 兴	黄建国
贺建辉	李 波	李 春	雷春国	卢次之
李俊新	罗 凯	刘梦龙	李茂之	刘 鹏
罗伟光	刘益华	乔立新	彭新明	唐卫民
王昌波	肖启梁	杨 军	严建国	颜学勤
易 瑜	喻义东	钟端阳	周孝军	曾雄兵
周维官				

出版说明

根据《国务院关于大力发展职业教育的决定》、国务院印发的《关于加快发展现代职业教育的决定》等文件提出的教材建设要求,和《中等职业学校专业教学标准(试行)》(2014)要求职业教育科学化、标准化、规范化等要求,以及习近平总书记专门对职业教育工作作出的重要指示,中南大学出版社组织全国近30余所学校的骨干教师及行业(企业)专家编写了这套《职业教育电子类专业“新课标”规划教材》。

本套教材的编写紧紧围绕目标,以项目模块重新构建知识体系结构,书中内容都以典型产品为载体设计活动来进行的,围绕工作任务、工作现场来组织教学内容,在任务的引领下学习理论,实现理论教学与实践教学融通合一、能力培养与工作岗位对接合一、实习实训与顶岗工作学做合一。

本套教材力求以任务项目为引领,以就业为导向,以标准为尺度,以技能为核心,使学校教师、学生在使用本套教材时,感到实用、够用、好用。归纳起来,本套教材具有以下特色:

(1) 以任务为驱动,对接真实工作场景性强,教学目的性强,实用性强,教、学、做合一。

(2) 各项目及内容循序渐进、由易到难,所选案例、任务、项目贴近学生实际情况,注重知识的趣味性、实用性和可操作性。

(3) 把培养学生学习能力贯穿于整个教材中,尽量避免各套教材的实训项目内容重复,注意主辅协调、合理搭配,提高教学效果。

(4) 考虑到各个学校实训条件不同,教材中许多项目设计了仿真教学,兼顾各中等职业学校的实际教学要求,让学生能轻松学习知识和技能。

(5) 注重立体化教材建设。通过主教材、电子教案、实训指导、习题及解答等教学资源的有机结合,提高教学服务水平,为高素质技能型人才的培养创造良好的条件。

由于职业教育改革和发展的速度很快,加之我们的水平和经验有限,因此在教材的编写和出版过程中难免出现问题和错误。我们恳请使用这套教材的师生及时向我们反馈质量信息,以利于我们今后不断提高教材的出版质量,为广大师生提供更多、更实用的教材。意见反馈及教学资源联系方式: 451899305@qq.com。

编委会主任 李正祥

2014年6月

前 言

《电子测量与仪器仪表的使用》是电子技术应用、机电一体化、电气自动化、通信技术等专业必不可少的专业课。在电子信息技术的推动下,现代经济对电子测量人才的需求在数量上和层次上都日益提高。近年来,微电子技术、大规模集成电路、信号处理芯片、新型显示器件和计算机技术的飞速发展促进了电子仪器的发展,使得功能单一的传统测量仪器逐步向智能仪器和模块式自动测试系统发展。在本书的编写过程中,力求落实“突出应用性、强调工具性、体现先进性”的原则,尽量使书中内容能够将传授知识、发展能力、提高素质融为一体。针对中职教育的特点,理论以够用为度,突出专业知识的实用性和实效性。例如对电子测量方法和分析做了全面的介绍,而对于仪器的使用和具体的测量问题,不求面面俱到,而是精选少量、通用的仪器进行详细讲解;在理论与实践的关系上,注意主辅协调、合理搭配,既注重基本测量原理的讲解,又突出基本操作技能的训练。本书还对一些常规的、具有代表性的仪器仪表的工作原理、技术指标和使用方法进行了介绍。

编写本书的宗旨是:

(1) 对每一项目的讲解力求突出基本概念,通俗易懂;对测量方法突出操作应用;对常用测量仪器仪表重点讲解工作原理和面板结构,不过多涉及内部单元具体电路。

(2) 以项目描述的基本要求为依据,以够用、实用为尺度,重点放在对知识应用性、操作性的介绍。

(3) 精选内容,主次分明,详略得当。

(4) 体现知识的先进性,使学生初步了解新技术功能和应用。

(5) 将培养学生学习能力的要求贯穿于整个教学中。在项目后面都附有相应的实训,而且尽量避免与其他课程的实验、实训内容重复,以满足学时数的要求。

全书分为7个项目,主要内容包括:测量方法与分析、万用表的选择与使用、电源的选择与使用、信号源使用与维护、兆欧表的选择与使用、示波器的选择与使用、晶体管特性图示仪的使用。每个项目后面都有任务实现和拓展提高以及大量习题,希望读者抓住各项目重点,巩固所学知识。

本书由魏朝晖、罗小红任主编,林丽芳、曾祥红任副主编。王松华编写项目1,吴锋宇编写项目2,曹海波编写项目3,罗小红编写项目4,林丽芳编写项目5,曾祥红、曹海波编写项目6,魏朝晖编写项目7。在教材编写过程中,得到了同行专家的大力支持,许多专家还对教材提出了许多修改意见,在此对他们表示衷心的感谢。

书中引用了许多同行的著作和一些研究成果,无法全部在参考文献中列出,在此向所有参考著作的作者和科研成果的前辈致以深深的谢意。

由于编者水平有限,疏漏之处在所难免,恳请广大读者予以批评指正。

编 者

2014年3月

目 录

项目 1 测量方法与分析	(1)
1.1 项目描述	(1)
1.2 知识准备	(1)
1.2.1 电子测量的定义	(1)
1.2.2 电子测量的特点	(2)
1.2.3 电子测量的基本方法	(3)
1.2.4 测量误差的来源及分类	(3)
1.2.5 测量误差的表示方法	(7)
1.2.6 测量系统的组成	(7)
1.3 任务实现	(8)
1.3.1 测量误差的估计	(8)
1.3.2 测量数据处理	(11)
1.4 考核评价	(11)
1.4.1 考核内容	(11)
1.4.2 考核要求	(11)
1.4.3 评价标准	(12)
1.5 拓展提高	(12)
实训 1 用万用表测电阻(一)	(12)
实训 2 用万用表测电阻(二)	(12)
思考与练习	(13)
项目 2 万用表的选择与使用	(14)
2.1 项目描述	(14)
2.2 知识准备	(14)
2.2.1 万用表的功能	(14)
2.2.2 万用表的类型	(14)
2.2.3 万用表的组成	(15)
2.2.4 万用表的测量原理	(15)
2.2.5 万用表的选择	(17)
2.3 任务实现	(18)
2.3.1 万用表检测电阻和电位器	(18)
2.3.2 万用表检测电感	(19)

2.3.3	万用表检测电容	(19)
2.3.4	万用表检测二极管	(20)
2.3.5	万用表检测三极管	(20)
2.3.6	万用表检测场效应管	(21)
2.3.7	万用表检测晶闸管(可控硅)	(22)
2.3.8	万用表检测直流电压	(23)
2.3.9	万用表检测交流电压	(23)
2.3.10	万用表检测直流电流	(23)
2.3.11	万用表检测交流电流	(23)
2.4	考核评价	(23)
2.4.1	考核内容	(23)
2.4.2	考核要求	(23)
2.4.3	评价标准	(24)
2.5	拓展提高	(24)
实训1	电阻器、电位器及线路的通断、电感器、电容器的测量	(24)
实训2	二极管、三极管及直流电压、交流电压的测量	(26)
思考与练习		(29)
项目3	电源的选择与使用	(30)
3.1	项目描述	(30)
3.2	知识准备	(30)
3.2.1	直流稳压电源结构	(30)
3.2.2	直流稳压电源类型	(31)
3.2.3	直流稳压电源性能指标	(32)
3.2.4	直流稳压电源的操作方法与使用注意事项	(33)
3.2.5	直流稳压电源常见故障与简单维护	(34)
3.3	任务实现	(35)
3.3.1	直流稳压电源的调试	(35)
3.3.2	直流稳压电源的选择	(37)
3.4	考核评价	(37)
3.4.1	考核内容	(37)
3.4.2	考核要求	(37)
3.4.3	评价标准	(37)
3.5	拓展提高	(38)
实训1	三端集成稳压电源的组装与调试	(38)
实训2	串联型可调稳压电源的装配、调试与测量	(41)
思考与练习		(46)

项目 4 信号源的使用与维护	(47)
4.1 项目描述	(47)
4.2 知识准备	(47)
4.2.1 信号源的用途	(47)
4.2.2 信号源的结构及类型	(47)
4.2.3 信号源的性能指标	(49)
4.2.4 信号源的操作方法与使用注意事项	(50)
4.2.5 信号源常见故障与简单维护	(59)
4.3 任务实现	(60)
4.3.1 模拟信号源实验	(60)
4.3.2 数字信号源实验	(63)
4.4 考核评价	(67)
4.4.1 考核内容	(67)
4.4.2 考核要求	(68)
4.4.3 评价标准	(68)
4.5 拓展提高	(68)
实训 1 观测信号源输出正弦信号的频率和幅度	(68)
实训 2 观测一放大电路的输出波形	(68)
思考与练习	(69)
项目 5 兆欧表的选择与使用	(70)
5.1 项目描述	(70)
5.2 知识准备	(70)
5.2.1 欧姆表的原理与使用	(70)
5.2.2 直流电桥的原理与使用	(72)
5.2.3 兆欧表的类型和原理	(81)
5.2.4 兆欧表的使用方法	(83)
5.2.5 兆欧表的维护与简单维修	(84)
5.3 任务实现	(86)
5.3.1 兆欧表的认识	(86)
5.3.2 特殊电阻测量	(90)
5.4 考核评价	(91)
5.4.1 考核内容	(91)
5.4.2 考核要求	(91)
5.4.3 评价标准	(91)
5.5 拓展提高	(91)

实训 1 欧姆表的使用	(91)
实训 2 兆欧表、直流电桥的使用	(93)
思考与练习	(94)
项目 6 示波器的选择与使用	(97)
6.1 项目描述	(97)
6.2 知识准备	(97)
6.2.1 示波测量原理	(97)
6.2.2 模拟示波器的组成与工作原理	(103)
6.2.3 模拟示波器的技术指标与操作方法	(105)
6.2.4 数字存储示波器的组成及工作原理	(107)
6.2.5 数字示波器的技术指标与操作方法	(108)
6.2.6 智能仪器的特点和基本组成	(116)
6.2.7 虚拟仪器的概念与软硬件组成	(119)
6.3 任务实现	(121)
6.3.1 典型模拟示波器面板认识与操作	(121)
6.3.2 典型数字示波器面板认识与操作	(124)
6.4 考核评价	(125)
6.4.1 考核内容	(125)
6.4.2 考核要求	(126)
6.4.3 评价标准	(126)
6.5 拓展提高	(126)
实训 用示波器观测整流电路的输出波形	(126)
思考与练习	(128)
项目 7 晶体管特性图示仪的使用	(129)
7.1 项目描述	(129)
7.2 知识准备	(129)
7.2.1 晶体管特性图示仪的组成	(129)
7.2.2 晶体管特性图示仪的工作原理	(131)
7.2.3 晶体管特性图示仪典型产品介绍	(132)
7.3 任务实现	(136)
7.3.1 XJ4810 型半导体管特性图示仪的使用方法	(136)
7.3.2 XJ4810 型晶体管特性图示仪的使用注意事项	(138)
7.3.3 XJ4810 型半导体管特性图示仪的应用	(138)
7.4 考核评价	(139)
7.4.1 考核内容	(139)

7.4.2 考核要求	(139)
7.4.3 评价标准	(139)
7.5 拓展提高	(139)
实训 1 半导体二极管的测量	(139)
实训 2 半导体三极管及场效应管的测量	(142)
思考与练习	(148)

项目1 测量方法与分析

1.1 项目描述

本项目的主要内容：电子测量的特点、基本方法；测量误差的来源和分类，测量误差的分析及表示方法。通过该项目的学习实践，能让读者获得如下知识和技能：

- 了解电子测量的意义。
- 理解电子测量的定义及狭义的电子测量的主要内容。
- 掌握电子测量的基本特点及电子测量的基本方法。
- 了解误差的来源，掌握误差的分类及各种误差的概念、原理、来源，减少或消除误差的方法。
- 会对测量误差进行分析，掌握其表示方法，了解其测量系统的组成。
- 掌握有效数字的概念，能正确写出直接测量的有效数字，并掌握有效数字的运算法则，会对测量数据进行合理的处理。

1.2 知识准备

掌握电子测量的基本特点及其方法；掌握不同测量系统的组成及其简单的操作步骤，数据的记录及运算方法。

1.2.1 电子测量的定义

电子测量是泛指以电子技术为基础手段的一种测量技术，它是测量学和电子学相互结合的产物。电子测量除具体运用电子科学的原理、方法和设备对各种电量、电信号及电路元器件的特性和参数进行测量外，还可以通过各种敏感器件和传感装置对非电量进行测量，这种测量方法往往更加方便、快捷、准确，有时是使用其他测量方法不能替代的。因此，电子测量不仅用于电学专业，也广泛用于物理学、化学、机械学、材料学、生物学、医学等科学领域及生产、国防、交通、通信、商业贸易、生态环境保护乃至日常生活的各个方面。近几十年来计算机技术和微电子技术的迅猛发展为电子测量和测量仪器增添了巨大活力。电子计算机尤其是微型计算机与电子测量仪器相结合，构成了一代崭新的仪器和测试系统，即人们通常所说的“智能仪器”和“自动测试系统”，它们能够对若干电参数进行自动测量、自动量程选择、数据记录和处理、数据传输、误差修正、自检自校、故障诊断及在线测试等，不仅改变了若干传统测量的概念，更对整个电子技术和其他科学技术产生了巨大的推动作用。现在，电子测量技术(包括测量理论、测量方法、测量仪器装置等)已成为电子科学领域重要且发展迅速的分支学科。

电子测量有广义和狭义之分。

1. 广义的电子测量是指利用电子技术进行的测量

非电量的测量属于广义电子测量的内容，可以通过传感器将非电量变换为电量后进行测量。

2. 狭义的电子测量是指对电子技术中各种电参量所进行的测量

狭义电子测量的内容主要包括：

1) 能量的测量

能量的测量指的是对电流、电压、功率、电场强度等参量的测量。

2) 电路参数的测量

电路参数的测量指的是对电阻、电感、电容、阻抗、品质因数、损耗率等参量的测量。

3) 信号特性的测量

信号特性的测量指的是对频率、周期、时间、相位、调制系数、失真度等参量的测量。

4) 电子设备性能的测量

电子设备性能的测量指的是对通频带、选择性、放大倍数、衰减量、灵敏度、信噪比等参量的测量。

5) 特性曲线的测量

特性曲线的测量指的是对幅频特性、相频特性、器件特性等特性曲线的测量。

上述各种参量中，频率、时间、电压、相位、阻抗等是基本参量，其他的为派生参量，基本参量的测量是派生参量测量的基础。电压测量是最基本、最重要的测量内容。

测量是用实验的方法，将被测量与所选择的作为标准的同类量进行比较，从而确定它的量值过程。

电子测量是以电子技术理论为依据，以电子测量设备和仪器为手段，对待测的电量或非电量进行的测量。

1.2.2 电子测量的特点

测量是人类认识和改造自然的重要手段，是人们为确定被测对象的量值而进行的实验过程。随着科学技术的发展，需要进行大量的测量工作。测量学慢慢成为一门完整的理论与实践相结合的学科。随着测量学的发展，诞生了以电子技术为手段的测量方法，称为电子测量。

电子测量涉及宽广频率范围内的所有电量、磁量以及各种非电量的测量。当前，电子测量已大量应用于科学研究、实验测试、工业生产、通讯医疗及军事领域，已成为现代科学技术不可缺少的手段。

电子测量与其他测量相比，具有以下特点：

(1) 测量速度快；

(2) 测量频率范围宽；

(3) 测试动态范围广；

(4) 测量的准确度高；

(5) 易于实现遥测和长期不间断的测量；

(6) 影响因素众多，误差处理复杂；

(7) 易于实现测量过程的自动化和测量仪器的智能化。

1.2.3 电子测量的基本方法

在测量的过程中,采用正确的测量方法是非常重要的,它直接关系到测量工作能否正常进行及测量数据的有效性。应根据测量任务的要求,认真选择可行的测量方法,然后选择合适的测量仪器组成测量系统,进行实际测量。

测量的分类方法大致有下列几种:

(1) 按测量手段分,有直接测量、间接测量和组合测量三种。

①按预先选好的测量仪器,对未知量直接进行测量,从而得到被测量的测量方法称为直接测量。直接测量并不一定都是用直读仪表进行的测量,如用比较式仪器电桥测量电阻值,因为可以直接从仪器度盘上获得被测量,所以仍属于直接测量。

②对一个与被测量有确切函数关系的物理量进行直接测量,然后通过代表该函数关系的公式、曲线或表格求出被测量的方法,称为间接测量。例如测量晶体管集电极电流,不必断开电路串入电流表进行直接测量,而用直流电压表测量集电极电阻上的电压,然后用此电压除以集电极电阻即可求出集电极电流。

③当被测量与几个未知量有关,可以改变测量条件并进行多次测量,按被测量与未知量之间的函数关系组成联立方程,经过求解,得出各未知量,这种方法叫做组合测量。例如欲测量电阻的测试系数,可以通过改变温度,测量不同温度下的电阻值,列出方程组即可求出。

直接测量法多用于工程技术,间接测量法多用于科学实验,组合测量法多用于精密测量场合。

(2) 按测量方式分,有替代法、指零法、差值法等。

(3) 按与被测量的距离分,有原位测量和远距离测量。

(4) 按测量性质分,有时域测量、频域测量、数据域测量和随机测量四种,这是一种比较科学的分类方法。

①时域测量:测量与时间有函数关系的量。例如电压、电流等,它们的稳态值、有效值多用仪表直接测量,它们的瞬时值可通过示波器显示其波形,以便观察其随时间变化的规律。

②频域测量:测量与频率有函数关系的量。例如电路增益、相移等,可以通过分析电路的幅频和相频特性或频谱特性等进行测量。

③数据域测量:对数字逻辑量进行的测量。例如用具有多个输入通道的逻辑分析仪,可以同时观测许多单次并行的数据。对于计算机的地址线、数据线上的信号,即可以显示其时序波形,也可以用1,0显示逻辑状态。

④随机测量:对于各种噪声、干扰信号等随机量的测量均属于这一类。

在测量之前,应首先研究被测量本身的特点,所需要的准确程度,环境条件及所具有的测量设备等进行综合考虑,以确定采用哪种测量方法和选择哪些测量设备。只有这样,才能保证不损坏仪器,不损坏器件,减少测量误差。

合理选择测量方法和测量仪器是电子测量中的基本问题。

1.2.4 测量误差的来源及分类

测量工作是在一定条件下进行的,外界环境、观测者的技术水平和仪器本身构造的不完

善等原因,都可能导致测量误差的产生。通常把测量仪器、观测者的技术水平和外界环境三个方面综合起来,称为观测条件。观测条件不理想和不断变化,是产生测量误差的根本原因。通常把观测条件相同的各次观测称为等精度观测;观测条件不同的各次观测称为不等精度观测。

具体来说,测量误差主要来自以下四个方面:

(1) 外界条件。主要指观测环境中气温、气压、空气湿度和清晰度、风力以及大气折光等因素的不断变化,导致测量结果中带有误差。

(2) 仪器条件。仪器在加工和装配等工艺过程中,不能保证仪器的结构能满足各种几何关系,这样的仪器必然会给测量带来误差。

(3) 方法。理论公式的近似限制或测量方法的不完善。

(4) 观测者的自身条件。由于观测者感官鉴别能力有限以及技术熟练程度不同,也会在仪器对中、整平和瞄准等方面产生误差。

测量误差主要分为三大类:系统误差、随机误差、粗大误差。

1. 系统误差

1) 定义

系统误差又叫做规律误差。它是在一定的测量条件下,对同一个被测尺寸进行多次重复测量时,误差值的大小和符号(正值或负值)保持不变;或者在条件变化时,按一定规律变化的误差。前者称为定值系统误差,后者称为变值系统误差。

系统误差是分析过程中某些固定的原因引起的一类误差,它具有重复性、单向性、可测性。即在相同的条件下,重复测定时会重复出现,使测定结果系统偏高或系统偏低,其数值大小也有一定的规律。例如,测定的结果虽然精密度不错,但由于系统误差的存在,导致测定数据的平均值显著偏离其真值。如果能找出产生误差的原因,并设法测定出其大小,那么系统误差可以通过校正的方法予以减少或者消除,系统误差是定量分析中误差的主要来源。

2) 特征

系统误差的特征是它的确定性,即实验条件一确定,系统误差就获得了一个客观上的确定值,一旦实验条件改变,系统误差也按一种确定的规律变化。一般而言,由于测量步骤的不尽完善会引起测量结果的误差,其中有的来自系统误差,有的来自随机误差。随机误差被假设来自无法预测的影响量或影响的随机的时间和空间变异。一些系统误差可以消除,大多可以降低。

系统误差有下列一些情况:误读、误算、视差、刻度误差、磨损误差、接触力误差、挠曲误差、余弦误差、阿贝误差、热变形误差等。

系统误差的特点是测量结果向一个方向偏离,其数值按一定规律变化,具有重复性、单向性。我们应根据具体的实验条件,系统误差的特点,找出产生系统误差的主要原因,采取适当措施降低它的影响。

3) 来源

(1) 仪器误差。这是由于仪器本身的缺陷或没有按规定条件使用仪器而造成的误差。如仪器的零点不准,仪器未调整好,外界环境(光线、温度、湿度、电磁场等)对测量仪器的影响等所产生的误差。

(2) 理论误差(方法误差)。这是由于测量所依据的理论公式本身的近似性,或实验条件

不能达到理论公式所规定的要求,或者是实验方法本身不完善所带来的误差。例如热学实验中没有考虑散热所导致的热量损失,伏安法测电阻时没有考虑电表内阻对实验结果的影响等。

(3) 操作误差。这是由于观测者个人感官和运动器官的反应或习惯不同而产生的误差,它因人而异,并与观测者当时的精神状态有关。

(4) 试剂误差。这是由于所用蒸馏水含有杂质或所使用的试剂不纯所引起的测定结果与实际结果之间的偏差。

系统误差有些是定值,如仪器的零点不准;有些是积累性的,如用受热膨胀的钢质米尺测量时,读数就小于其真实长度。

需要注意的是,系统误差总是使测量结果偏向一边,或者偏大,或者偏小,因此,多次测量求平均值并不能消除系统误差。

电脑在进行数据处理的过程中,也会有误差,如在处理数据型字段的时候,由于处理位数的不一样,所得结果是有误差的,与我们计算中采用四舍五入法得出的结果类似。

4) 减少误差

(1) 采用修正值方法。

对于定值系统误差可以采取修正措施。一般采用加修正值的方法。

(2) 从产生根源消除。

用排除误差源的办法来消除系统误差是比较好的办法。这就要求测量者对所用标准装置、测量环境条件、测量方法等进行仔细分析、研究,尽可能找出产生系统误差的根源,进而采取措施。

(3) 采用专门的方法。

①交换法:在测量中将某些条件,如被测物的位置相互交换,使产生系统误差的原因对测量结果起相反作用,从而达到抵消系统误差的目的。

②替代法:替代法要求进行两次测量,第一次对被测量进行测量,达到平衡后,在不改变测量条件情况下,立即用一个已知标准值替代被测量,如果测量装置还能达到平衡,则被测量就等于已知标准值。如果不能达到平衡,修整使之平衡,这时可得到被测量与标准值的差值。即:被测量 - 标准值 = 差值。

③补偿法:补偿法要求进行两次测量,改变测量中某些条件,得到两个误差值大小相等、符号相反的测量结果,取这两次测量的算术平均值作为测量结果,从而抵消系统误差。

④对称测量法:即在对被测量进行测量的前后,对称地分别对同一已知量进行测量,将对已知量两次测得的平均值与被测量的测量值进行比较,便可得到消除线性系统误差的测量结果。

⑤半周期偶数测量法:对于周期性的系统误差,可以采用半周期偶数观察法,即每经过半个周期进行偶数次观察的方法来消除误差。

⑥组合测量法:由于按复杂规律变化的系统误差,不易分析,采用组合测量法可使系统误差以尽可能多的方式出现在测得值中,从而将系统误差变为随机误差处理。

5) 消除误差

(1) 在测量结果中进行修正。对于已知的恒值系统误差,可以用修正值对测量结果进行修正;对于变值系统误差,设法找出误差的变化规律,用修正公式或修正曲线对测量结果进