

21

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN DIANZI JISHU GUIHUA JIAOCAI

世纪高职高专电子技术规划教材

电子测量

杜志勇 王鲜芳 主编

- 引入工程实践
- 突出基本概念
- 注重技能训练

免费提供

电子教案
习题解答

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专电子技术规划教材

电子测量

杜志勇 王鲜芳 主编

人民邮电出版社

图书在版编目(CIP)数据

电子测量/杜志勇,王鲜芳主编. —北京:人民邮电出版社,2005.8

21世纪高职高专电子技术规划教材

ISBN 7-115-13470-7

I. 电... II. ①杜... ②王... III. 电子测量—高等学校:技术学校—教材 IV. TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 079207 号

内 容 提 要

本书共分 10 章,包括四部分内容,第一部分介绍电子测量的主要内容、基本测量方法、仪器的分类和测量误差与测量数据的处理;第二部分阐述电子技术中基本电参数的测量原理与方法,以仪器原理分析与测量技术相结合的方式对常用电子测量仪器(信号源、示波器、电压表、扫描仪、频谱分析仪、失真度仪及晶体管特性图示仪等)的基本工作原理和使用方法进行介绍;第三部分介绍现代电子测量技术的发展及其在新领域中的应用;第四部分简介传感器的基本概念和常用的传感器。每章后附有习题和实训,供教学参考。

本书可作为高职高专电子类及相关专业的教材,亦可作为从事电子技术工作的工程技术人员和计量测试人员的参考书。

21 世纪高职高专电子技术规划教材

电子测量

-
- ◆ 主 编 杜志勇 王鲜芳
责任编辑 赵慧君
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京艺辉印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 10.75
字数: 250 千字 2005 年 8 月第 1 版
印数: 4 001-5 000 册 2007 年 2 月北京第 2 次印刷

ISBN 7-115-13470-7 / TN · 2510

定价:16.00 元

读者服务热线:(010)67170985 印装质量热线:(010)67129223

21 世纪高职高专电子技术规划教材

编 委 会

主 任 王俊鹏

副 主 任 张惠敏 向 伟

编 委 (以姓氏笔画为序)

朱乃立 阮友德 许恒玉 苏本庆 余本海

李存永 肖 琰 邱寄帆 张新成 林训超

胡修池 胡起宙 赵慧君 曾令琴 韩 丽

程 勇 潘春燕

丛书出版前言

遵照教育部提出的以就业为导向,高职高专教育从专业本位向职业岗位和就业为本转变的指导思想,人民邮电出版社协同一些高职高专院校和相关企业共同开发了 21 世纪高职高专电子技术规划教材。

随着职业教育在我国的不断深化,各高职高专院校越来越关注人才培养的模式与专业课程设置,越来越关心学生将来的就业岗位,并开始注重培养学生的职业能力。但是我们看到,高职高专院校所培养的人才与市场上需要的技术应用型人才仍存在差距。那么如何在保证知识体系完整性的同时,能在教材中体现正在应用的技术、正在发展的技术和前沿的技术成了本套教材探讨的重点,为此我们在如下几个方面做了努力和尝试。

1. 针对电子类专业基础课程较经典,及知识点又相对统一、固定的特点,采取本科老师与高职高专老师合作编写的方式,借助本科老师在理论方面深厚的功底,在写作质量上进行把关,高职高专老师则发挥其熟悉职业教育教学需求的优势把握教材的广度与深度,力图解决专业基础课程理论与应用相结合的目的。

2. 高职高专教育培养的人才是面向生产、管理第一线的技术型人才,基础课程的教学应以必需、够用为原则,以掌握概念、强化应用为教学重点,注重岗位能力的培养。本套教材在保证基本知识点讲解的同时,掌握“突出基本概念,注重技能训练,强调理论联系实际,加强实践性教学环节”的原则,在内容安排上避免复杂的数学推导和计算。

3. 专业课程引入工程实例,强化培养职业能力。让学生了解在实际工作中利用单片机和 PLC 做项目的流程,并通过一系列小的实例逐步让学生产生学习兴趣,并了解开发过程,最后通过一个大的完整案例对学生进行综合培训,从而达到对职业能力的培养。

以上这些仅是高职高专教材出版的初步。如何配合学校做好为国家培养人才的工作,出版高质量的教材将是我们不断追求和奋斗的目标。

我们衷心希望,关注高等职业教育的广大读者能对本套教材的不当之处给予批评指正,提出修改意见,同时也热切盼望从事高等职业教育的老师、企业专家和我们联系,共同探讨相关专业的教学方案和教材编写等问题。来信请发至 zhaohuijun@ptpress.com.cn。

21 世纪高职高专电子技术规划教材编委会
2005 年 8 月

编者的话

本书针对高等职业教育培养技能型、应用型人才的特点,在保证一定理论深度的同时,突出了工程应用。本书在内容上,以常规的测试技术和测量仪器为主,注重基本概念、基本原理和基本应用的介绍,同时关注新技术发展和新器件的应用。在保持内容的科学性和完整性的前提下,编写时尽量避免繁琐的数学推导,而把讲述的重点放在对所用公式的物理解释和具体应用上。对测量基础知识和测量原理,着重讲清概念。对测量方法的讨论则侧重于归纳总结。对测量仪器仪表的介绍,重点放在各类仪器的组成框图和工作原理上。考虑到各类仪器发展很快,各个学校的实验条件环境不尽相同,因此本书不局限在对某一仪器的具体分析上。为便于学生复习和巩固课堂所学内容,本书每章后面均附“本章小结”和“思考与练习”。

本书由河南机电高等专科学校杜志勇担任主编并编写第1章、第2章、第3章、第4章,魏辉编写第5章、第10章,河南工业大学金广锋编写第6章、第7章,河南科技学院王鲜芳编写第8章、第9章。本书由郑州大学王俊鹏教授担任主审。王俊鹏教授在审稿中提出了许多宝贵的意见,在此谨致衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中的错误和不足之处在所难免,恳切希望各界同行和读者批评指正。

编者

2005年7月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 测量与计量	1
1.1.1 测量及其重要意义	1
1.1.2 计量的基本知识	1
1.1.3 测量与计量的关系	3
1.2 电子测量	3
1.2.1 电子测量的特点	3
1.2.2 电子测量的内容	4
1.2.3 电子测量的基本方法	5
1.3 电子测量仪器及发展	6
1.3.1 电子测量仪器分类	6
1.3.2 电子测量仪器发展概述	7
小结	7
习题	8
第 2 章 测量误差理论与实验数据处理	9
2.1 概述	9
2.1.1 关于误差的几个概念	9
2.1.2 测量误差的来源分析	10
2.1.3 测量误差的分类	10
2.2 测量误差的表示方法	12
2.2.1 测量误差的表示方法	12
2.2.2 测量仪器仪表误差的表示方法	13
2.2.3 数字仪表误差的表示方法	14
2.2.4 仪表选择的一般原则	14
2.3 测量误差的估计和处理	15
2.3.1 随机误差的分布规律	15
2.3.2 系统误差的判断及消除方法	17
2.3.3 粗大误差的判断准则及消除方法	18
2.3.4 等精度测量结果的处理步骤	19
2.4 误差的合成与分配	21
2.4.1 测量误差的合成	21
2.4.2 系统误差的分配	23

2.4.3	最佳测量条件的确定	24
2.5	实验数据处理	25
2.5.1	实验数据的整理	25
2.5.2	实验曲线的绘制	25
2.5.3	实验数据的函数表示	26
小结		27
习题		28
第3章	电路基本元器件参数的测量	29
3.1	电阻的测量	29
3.1.1	固定电阻的测量	29
3.1.2	电位器的测量	31
3.1.3	非线性电阻的测量	31
3.2	电容的测量	31
3.2.1	谐振法测量电容量	32
3.2.2	交流电桥法测量电容量和损耗因数	32
3.2.3	用万用表估测电容	33
3.2.4	电容的数字化测量方法	33
3.3	电感的测量	33
3.3.1	谐振法测量电感	34
3.3.2	交流电桥法测量电感	34
3.3.3	通用仪器测量电感	35
3.3.4	电感的数字化测量方法	35
3.4	半导体二极管的测量	36
3.4.1	用万用表测量二极管	36
3.4.2	用晶体管图示仪测量二极管	37
3.4.3	发光二极管的测量	37
3.5	半导体三极管的测量	37
3.5.1	用模拟万用表判别管脚	38
3.5.2	用晶体管特性图示仪测量三极管	39
3.5.3	三极管频率参数 f_T 的测试	39
3.6	晶体管特性图示仪	40
3.6.1	晶体管图示仪的基本组成	40
3.6.2	晶体管特性图示仪的工作原理	41
3.7	集成运算放大器的测量	42
小结		44
习题		45
第4章	电压测量	46
4.1	概述	46
4.1.1	电压测量的重要性	46

4.1.2	电压测量的特点	46
4.1.3	电压的主要特征	47
4.1.4	常用电压测量仪器	49
4.2	模拟式电压表	49
4.2.1	简单模拟直流电压表	49
4.2.2	简单模拟交流电压表	50
4.2.3	电子式电压表	50
4.3	数字式多用表	54
4.3.1	数字电压表的分类	54
4.3.2	数字电压表的主要技术指标	54
4.3.3	数字电压表的工作原理	56
4.4	电平的测量	60
4.4.1	电平的概念	60
4.4.2	电平的测量方法和刻度	61
4.4.3	噪声电压的测量	62
小结		62
习题		63
第5章	时间和频率的测量	65
5.1	概述	65
5.1.1	频率和周期的基本概念	65
5.1.2	时间与频率测量的特点	65
5.1.3	频率测量的基本方法	66
5.2	电子计数法测量频率	66
5.2.1	测频的基本原理	66
5.2.2	测频方法的误差分析	67
5.3	电子计数法测量周期	70
5.3.1	电子计数法测量周期的基本原理	70
5.3.2	测量周期方法的误差分析	71
5.3.3	提高测量准确度的方法	72
5.4	通用电子计数器	73
5.4.1	电子计数器面板及控键	73
5.4.2	电子计数器的主要电路	73
5.5	其他测量频率的方法	74
5.5.1	谐振法测频	75
5.5.2	电桥法测频	76
5.5.3	频率—电压转换法测频	76
5.5.4	比较法测频	77
5.5.5	示波器测频	77
小结		77

习题	78
第 6 章 信号发生器	79
6.1 概述	79
6.1.1 信号发生器的分类	79
6.1.2 信号发生器的主要技术特性	80
6.1.3 信号发生器的一般组成	81
6.2 通用信号发生器	82
6.2.1 低频信号发生器	82
6.2.2 高频信号发生器	85
6.2.3 脉冲信号发生器	89
6.3 函数信号发生器	90
6.3.1 工作原理及结构	90
6.3.2 ASI01D 型函数信号发生器简介	92
6.4 其他信号发生器	93
6.4.1 扫频信号发生器	93
6.4.2 噪声信号发生器	94
小结	95
习题	96
第 7 章 电子示波器	97
7.1 概述	97
7.1.1 电子示波器的基本特点	97
7.1.2 电子示波器的分类	97
7.2 电子示波器的基本原理	98
7.2.1 电子示波器的组成	98
7.2.2 示波器的主要技术性能	99
7.3 通用电子示波器的基本测量方法	99
7.3.1 示波器的运用	99
7.3.2 示波器的选择和使用	104
7.3.3 XJ4316 型双踪示波器简介	105
7.4 取样示波器	107
7.4.1 取样示波器的工作原理	107
7.4.2 取样示波器的组成	108
7.4.3 取样示波器的主要技术指标	109
7.5 数字存储示波器	109
7.5.1 数字存储示波器的性能特点	109
7.5.2 数字存储示波器的工作原理	110
7.5.3 数字存储示波器的显示方式	111
7.5.4 数字存储示波器的技术指标	111
7.5.5 数字存储示波器的应用	112

小结	113
习题	113
第 8 章 数据域测量技术	115
8.1 数据域测试的基本概念	115
8.1.1 数据域测试的特点	115
8.1.2 数字信号的特点	116
8.2 数据域测量技术	116
8.2.1 简单逻辑电路的简易测试	117
8.2.2 穷举法和随机测试	117
8.3 逻辑分析仪	118
8.3.1 逻辑分析仪的基本组成	118
8.3.2 逻辑分析仪的触发方式	119
8.3.3 逻辑分析仪的显示方式	120
8.3.4 逻辑分析仪的基本应用	122
8.3.5 模块化的逻辑分析仪	123
小结	123
习题	124
第 9 章 计算机测试技术	125
9.1 概述	125
9.2 智能仪器	126
9.2.1 智能仪器的定义	126
9.2.2 智能仪器的特点	126
9.2.3 智能仪器的基本组成	127
9.2.4 智能仪器的一般测量过程	128
9.3 自动测试系统	128
9.3.1 自动测试系统的基本概念	128
9.3.2 自动测试系统的发展趋势	129
9.3.3 自动测试系统的分类	130
9.4 虚拟仪器	133
9.4.1 概述	133
9.4.2 虚拟仪器系统的组成	136
9.4.3 虚拟仪器开发的软件平台	137
9.4.4 用 LabVIEW 设计虚拟仪器的方法	139
9.5 LabVIEW 简介	140
9.5.1 LabVIEW 是什么?	140
9.5.2 LabVIEW 的运行机制	140
9.5.3 虚拟仪器的设计实例	144
小结	145
习题	146

第 10 章 传感器概述	147
10.1 概述	147
10.1.1 传感器	147
10.1.2 传感器的静态特性	147
10.1.3 动态特性	150
10.2 常见传感器	151
10.2.1 温度传感器	151
10.2.2 电位器式传感器	153
10.2.3 电容式传感器	154
10.2.4 光电传感器	156
10.2.5 霍尔传感器	158
10.3 传感器的选择原则	159
小结	160

第 1 章

绪 论

本章简述测量与计量的基本概念，明确电子测量的基本内容、分类、测量方法和手段，了解电子测量的特点和意义，概述电子测量仪器的测量范围和分类，展望测量仪器的发展趋势。

1.1 测量与计量

1.1.1 测量及其重要意义

测量是人类认识自然和改造自然的重要手段。通过测量，人们可以获得对客观事物数量上的认识，因而可以从观察客观事物中总结出一般规律来。从定义上讲，测量是人们为了确定被测对象的量值或确定一些量值的依从关系而进行的实验过程。为了确定被测量的量值，要把它与标准量进行比较。因此，通过实验所获得的被测量的量值总要包括两部分，即数值（大小及符号）和用于比较的标准量的单位名称。如某电阻 5Ω ，某线路流过的电流 $3A$ ，某电压 $10V$ 等。用来确定被测量量值的装置称为测量器具，它包括测量仪器和量具。测量仪器将被测的量转换成示值，或与示值相等效的信息。例如指针式电压表，它把被测的量转换成指针的偏转量，且可利用刻度读出其对应的电压值。量具是以固定的形式复现出某一个量或几个量的已知量值，可作为标准元件使用。例如电阻器、电容器及电感器等。

在科学技术发展过程中，测量结果不仅用于验证理论，而且是发现新问题、提出新理论的依据。历史事实证明：科学的进步、生产的发展与测量理论技术手段的发展和进步是相互依赖、相互促进的。评价一个国家的科技状态，最快的办法就是去审视那里所进行的测量以及由测量所累积的数据是如何被利用的。因此，测量手段的现代化，已被公认为是科学技术和生产现代化的重要条件和明显标志。

1.1.2 计量的基本知识

1. 计量的基本概念

随着生产的发展，商品的交换和国内外的交流，客观要求同一量在不同的地方，用不同的测量手段测量时，所得的结果应该一致。因而，出现了大家公认的统一单位，来体现这些单位的基准。用这些基准来校准的测量器具，还用法律的形式被固定下来，从而形成了与测量有联系而又有别于测量的新概念，这就是计量的概念。也就是说计量是为了保证量值的统一和准确一致的一种测量。它具有统一性、准确性和法制性等主要特征。

计量与测量两者不同，但又有密切的联系。测量是用已知的标准单位量和同类被测量比较，这时认为被测量的真实数值是存在的，测量误差是由测量仪器和测量方法引起的。计量

是用法定标准的已知量来测量同一类事物的未知量，并认为误差是由受检仪器引起的。它的任务是确定测量结果的可靠性。

2. 单位制

测量单位的确定和统一是非常重要的。为了对同样一个量在不同的时间、地点进行测量时，得到相同的结果，必须采用公认的而且固定不变的单位。为此每个国家的计量机关都以专门的“法律”来规定这样的单位。单位制的种类很多。为了有利于各国之间的科学文化交流，统一单位制已成为各国的共同要求。

(1) 国际单位制（代号 SI）

国际单位制包括整个自然科学的全部物理量的单位，它由 7 个基本单位、2 个辅助单位和 19 个具有专门名称的导出单位组成。所有单位都各有一个主单位，它利用十进制倍数、分数的 16 个词头组成。

国际单位制分为基本单位、导出单位和辅助单位三种。基本单位是构成单位制中其他单位的基础，主要有米（m）、千克（kg）、秒（s）、安培（A）、开尔文（K）、摩尔（mol）、坎德拉（cd）。由基本单位通过定义、定律及其他函数关系派生出来的单位称为导出单位，如频率的单位赫兹（Hz），能量（功）的单位焦耳（J），力的单位牛顿（N），功率的单位瓦特（W）等。国际上把既可作为基本单位又可作为导出单位的单位，单独列为一类叫做辅助单位。国际单位制中有两个辅助单位，即平面角的单位弧度（rad）和立体角的单位球面度（sr）。

国际单位制具有严格的统一性、突出的简明性与广泛的实用性，是生产、科研、文教、贸易和日常生活中广泛应用的统一单位。

(2) 我国的法定计量单位

我国确立了以国际单位制为基础的法定计量单位，国家以法律形式强制使用。1984 年 2 月国务院颁布了《中华人民共和国法定计量单位》，决定我国法定计量单位以国际单位制为基础，并包括 10 个我国自己规定的非国际单位制单位，如时间（分、时、天）、平面角（秒、分、度）、长度（海里）、质量（吨）和体积（升）等。

3. 计量器具

凡是能用以直接或间接测出被测对象量值的量具、计量仪器和计量装置都统称为计量器具。计量器具按用途可分为计量基准、计量标准和工作计量器具三类。

(1) 计量基准

计量基准器具即国家计量基准器具，简称计量基准。它是指一个国家直接按物理量单位定义、用以复现和保存计量单位量值，具有最高准确度水平的基准。它是经过法定手续认定，可作为统一全国量值的最高级的计量器具的依据。

计量基准一般分为主基准、副基准和工作基准，又分别称为一级、二级和三级基准。主基准为原始基准，用做国家基准；副基准为次级基准，可代替主基准向下传递量值；工作基准是专用于向下一级标准器具或仪器进行量值传递用的。

计量基准器具须经国家鉴定并由国务院计量行政部门审批颁发计量基准证书。它要求有正常工作的环境条件和相应完善的管理制度。计量基准的量值应与国际上的量值保持一致。属于基本的、通用的及为各行各业服务的计量基准，建立在国家法定的检定机构内；属于专业性强，仅为个别行业服务的，或工作条件要求特殊的计量基准，则由国务院授权建立在其他部门的有关技术机构中。

(2) 计量标准

计量标准器具简称计量标准,指准确度低于计量基准,其量值由基准传递而来,用于检定其他计量标准或工作计量器具的计量器具。

根据计量法规定,县以上各级计量行政部门、国务院各部门及全国的企事业单位,经批准都可根据需要,建立社会共用的计量标准器具,经考核合格后作为本地区、本部门、本单位的最高计量标准器具,并在社会上实施计量监督,具有公证作用。它是统一该地区、部门或单位量值的依据。

(3) 工作计量器具

工作计量器具不用于检定工作,只用于日常测定,必须定期用计量标准来检定其性能,判断其是否合格。

4. 计量检定和量值传递

计量检定是指为评定计量器具的计量性能,确定其是否符合所进行的全部工作。

按照规定,企事业单位要配备与生产、科研、经营管理相适应的计量检测设施,制定检定办法和制度,对本单位使用的工作计量器具实施定期检定。检定规程由国家制订。规程中对计量器具的计量性能、检定项目、检定条件和方法、检定周期及检定数据处理等,都作了技术规定。

量值传递就是通过计量检定,将国家基准所复现的单位值,经各级计量标准逐级传递到工作用计量器具,构成一个各种单位的传递网,从而保证在实际测量中测量所得到的数值的准确和一致。

国家基准只用来统一为数不多的接近于最高准确度的计量标准。用准确度等级较高的计量标准或计量器具去检定等级低一级的计量标准或计量器具,逐级检定,以判断其准确度是否在符合规定的范围内。在每一级的比较中,都以上一级标准所体现的量值视为准确无误的。实际上,测量总存在误差,因而上下级所体现的单位值并不完全一致,级别愈高的愈精密。

由此可见,量值传递是由上向下逐级传递的。由国家基准开始向下传递,一直传递到工作用计量器具。通过这种量值传递的全国网络,以保证举国上下一切量值的统一、标准和一致。

1.1.3 测量与计量的关系

为了保证测量结果的准确性和一致性,即保证同一量在不同的地方,采用不同的测量手段所得结果应该是一致的。国家以《计量法》的形式规范测量过程,而计量就是具有法制效力的基准量的测量。

总之,计量是测量的一种特殊形式,是测量工作发展到一定阶段的客观需要;而测量是计量联系生产实际的重要途径,没有计量,测量所得到的数据就会失去准确性、可靠性。因此,测量和计量是相辅相成的。

1.2 电子测量

1.2.1 电子测量的特点

从广义上讲,凡是利用电子技术进行的测量都可以说是电子测量;从狭义上讲,电子测

量是指在电子学中测量有关电的量值。电子测量是测量技术中发展最为先进技术之一，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，还可通过各种敏感器件和传感装置对非电量进行测量，而且往往更加方便、快捷、准确，是用其他测量方法所不能替代的。

与其他一些测量相比，电子测量具有以下几个明显的特点。

1. 测量频率范围宽

除测量直流外，还要测量交流，其频率范围低至 10^{-6} Hz 以下，高至 1THz ($1\text{THz} = 10^{12}\text{Hz}$)。随着电子技术的发展，目前还在向着更高频段发展。当然在不同频率范围内，不仅被测量的种类会有所不同，并且所采用的测量方法和使用的测量仪器也不同。例如，在直流、低频、高频范围内，电流和电压的测量需要采用不同类型的电流表和电压表。

2. 量程范围宽

量程是测量范围的上限值与下限值之差。由于被测量的数值相差很大，因而要求测量仪器具有足够宽的量程。如数字万用表对电阻测量小到 $10^{-5}\Omega$ ，大到 $10^8\Omega$ ，量程达到 13 个数量级；数字万用表可测量由纳伏 (nV) 级至千伏 (kV) 级电压，量程达 12 个数量级；而数字式频率计，其量程可达 17 个数量级。

3. 测量准确度高

电子测量的准确度比其他测量方法高得多。例如，普通长度的测量准确度最高为 10^{-8} 数量级，而用电子测量方法对频率和时间进行测量时，由于采用原子频标和原子秒作为基准，可以使测量准确度达到 $10^{-13} \sim 10^{-14}$ 的数量级。这是目前在测量准确度方面达到的最高指标。

4. 测量速度快

电子测量是通过电子运动和电磁波传播进行工作的，具有其他测量方法通常无法比拟的高速度。这也是电子测量技术广泛地应用于现代科技各个领域的重要原因。像卫星、宇宙飞船等各种航天器的发射和运行，如果没有快速、自动的测量与控制，简直是无法想象的。

5. 易于实现遥测

电子测量可以通过各种类型的传感器实现遥测、遥控。例如，对于遥远距离或环境恶劣的，人体不便于接触或无法到达的区域（如人造卫星、深海、地下、核反应堆内等），可通过传感器或通过电磁波、光、辐射的方式进行测量。

6. 易于实现测量过程的自动化和测量仪器微机化

由于大规模集成电路和微型计算机的应用，使电子测量出现了崭新的局面。例如，在测量过程中能够实现程控、遥控、自动转接量程、自动调节、自动校准、自动诊断故障和自动恢复，对于测量结果可进行自动记录、自动进行数据运算、分析和处理。

电子测量技术的一系列优点，使它广泛应用于科学技术的各个领域。现在，电子测量技术（包括测量理论、方法、测量仪器、装置等）已形成电子科学领域重要而发展迅速的分支。

1.2.2 电子测量的内容

通常人们把电参数测量分为电磁测量和电子测量两类。电磁测量主要指交直流电量的指示测量法和比较测量法，以及电磁量的测量方法等。电子测量是指以电子技术理论为依据，以电子测量仪器和设备为手段，对电量和非电量进行的测量，电量的测量是本课程研究的主

要任务。

按具体的测量对象来分类,电子测量包括以下几种。

(1) 电能量的测量

包括各种频率及波形下的电压、电流、功率、电场强度等的测量。

(2) 电路参数的测量

包括电阻、电感、电容、阻抗、品质因数、电子器件参数等的测量。

(3) 电信号特征的测量

包括信号、频率、周期、时间、相位、调幅度、调频指数、失真度、噪音以及数字信号的逻辑状态等的测量。

(4) 电子设备性能的测量

包括放大倍数、衰减、灵敏度、频率特性、通频带、噪声系数的测量。

(5) 特性曲线的显示

包括幅频特性曲线、晶体管特性曲线等的显示。

上述各种待测电参数中,频率、时间、电压、相位、阻抗等是基本电参数,是其他参数测量的基础。

另外,在科学研究和生产实践中,常常需要对各种非电量进行测量。人们通过传感器将许多非电量(如位移、速度、温度、压力、流量、物面高度以及物体成分等)转换成电信号,再利用电子测量设备进行测量。在生产的自动过程控制系统中,将生产过程中各有关非电量转换成电信号进行测量、分析、记录并据以对生产过程进行控制,是一种典型的方法。

1.2.3 电子测量的基本方法

一个电参量的测量可以通过不同的方法来实现。测量方法的选择正确与否,直接关系到测量结果的可信赖程度,也关系到测量工作的经济性和可行性。不当或错误的测量方法,不仅得不到正确的测量结果,甚至会损坏测量仪器和测量设备。实际测量过程中,必须根据具体的测量对象、环境、条件和要求,选择正确的测量方法,合适的测量仪器,构成合理的测量电路,进行正确的操作,才能得到比较理想的测量结果。测量方法的分类形式有多种。下面介绍几种常见的测量方法。

1. 按测量手段分类

(1) 直接测量

指直接从电子仪器或仪表上读出测量结果。例如,用电压表测量电压,用电桥法测量电阻阻值,用电子计数器测量频率等。直接测量的特点是不需要对被测量与其他实测的量进行函数关系运算,因此测量过程简单迅速,是工程测量中广泛应用的测量方法。

(2) 间接测量

指先对几个与被测量有确定函数关系的电参量进行测量,再将测量结果带入表示该函数关系的公式、曲线或表格,通过计算求出被测量。例如,要测量电阻 R 上消耗的直流功率 P ,若没有功率表,可以通过直接测量电压 U 、电流 I ,而后根据函数关系 $P=UI$,经过计算,“间接”获得功率 P 。因此,间接测量费时费事,多用于一些不便于用直接测量的情况或间接测量结果比直接测量更为准确的实验中。