

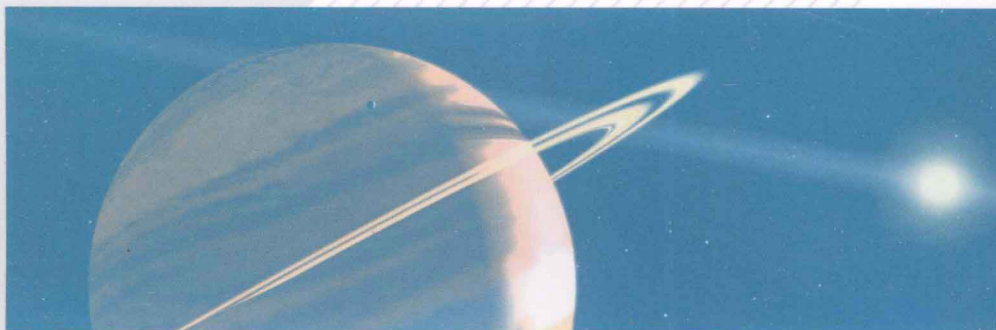


中等职业学校电类规划教材·电子技术应用专业系列

ZHONGDENG ZHIYE XUEXIAO DIANLEI GUIHUA JIAOCAI · DIANZI JISHU YINGYONG ZHUANYE XILIE

DIANZI
CELIANG
YU
CHANGYONG
YIQI
DE
SHIYONG

电子测量与 常用仪器的使用



■ 王成安 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

中等职业学校电类规划教材

电子技术应用专业系列

主 任 刘君义

号1498894第(010)字对册教CIP第件图本册国中

电子测量与常用仪器的使用

王成安 编著

许 菁 徐治乐 严加强 杨海祥 姚锡禄 于建华

俞雅珍 袁依凤 张金华 袁旭寿 赵 林 周德仁

周中艳

用动测器处用常已量隔干申

文如王 著 编 ◆

表查李 编 ◆

号 11 册字期文图文版市京北 号代编出书册出第另人 ◆

100041 申 著 编 ◆

表查李 编 ◆

号代编出书册出第另人 ◆

②11 申 著 编 ◆

11 申 著 编 ◆

11 申 著 编 ◆

11 申 著 编 ◆

11 申 著 编 ◆

11 申 著 编 ◆

人 民 邮 电 出 版 社

北 京

图书在版编目(CIP)数据

电子测量与常用仪器的使用 / 王成安编著. — 北京
人民邮电出版社, 2010.6
中等职业学校电类规划教材. 电子技术应用专业系列
ISBN 978-7-115-22764-5

I. ①电… II. ①王… III. ①电子测量—专业学校—
教材②电子测量设备—使用—专业学校—教材 IV.
①TM93

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第066954号

内 容 提 要

本书以测量对象为中心,介绍各种电子测量仪器的操作方法,内容实用,可操作性强。本书主要内容包括:电子测量技术的基础知识、常用信号发生器的使用、电流和电压的测量方法与测量仪器、频率和时间的测量技术与测量仪器、万用电桥和Q表的使用、晶体管特性图示仪的使用、信号频谱与电路频率特性的测量技术、数据信号的测量技术、智能化测量仪器与自动测量系统。结合每章内容安排了相应的实训课题,使理论和实践紧密结合。

本书可作为中等职业学校电子技术应用、电子电器应用与维修等专业教材,也可作为从事电子测量工作的技术人员的参考用书。

中等职业学校电类规划教材

电子技术应用专业系列

电子测量与常用仪器的使用

-
- ◆ 编 著 王成安
责任编辑 李海涛
 - ◆ 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>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 11 2010年6月第1版
字数: 257千字 2010年6月北京第1次印刷

ISBN 978-7-115-22764-5

定价: 20.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

中等职业学校电类规划教材编委会

主任 刘君义

副主任 陈振源 韩广兴 华永平 金国砥 荣俊昌 周兴林

委员 白秉旭 卜锡滨 程 周 褚丽歆 范国伟 方四清

方张龙 费新华 耿德普 韩雪涛 胡 峥 金 仲

孔晓华 李关华 刘克军 刘文峰 刘玉正 马晓波

马旭洲 倪文兴 潘敏灏 裴 蓓 强高培 任 玮

申小中 谭克清 唐瑞海 王成安 王慧玲 许长斌

许 菁 徐治乐 严加强 杨海祥 姚锡禄 于建华

俞雅珍 袁依凤 张金华 张旭涛 赵 林 周德仁

周中艳 纵剑玲

欢迎广大读者来电来函。

电子信件地址: lihaitao@vip.sina.com.cn, wangding@vip.sina.com.cn

读者服务热线: 010-67170985

丛书前言

第1章 电子测量技术的基础

1.1 电子测量的基本概念

1.1.1 电子测量的定义和主要内容

本书电子产业是我国国民经济的支柱产业，产业的发展必然带来对人才需求的增长，技术的进步必然要求人员素质的提高。因此，近年来企业对电类人才的需求量逐年上升，对技术工人的专业知识和操作技能也提出了更高的要求。相应地，为满足电类行业对人才的需求，中等职业学校电类专业的招生规模在不断扩大，教学内容和教学方法也在不断调整。

为了适应电类行业快速发展和中等职业学校电类专业教学改革对教材的需要，我们在全国电类行业和职业教育发展较好的地区进行了广泛调研，以培养技能型人才为出发点，以各地中职教育教研成果为参考，以中职教学需求和教学一线的骨干教师对教材建设的要求为标准，经过充分研讨与论证，精心规划了这套《中等职业学校电类规划教材》。第一批教材包括4个系列，分别为《基础课程与实训课程系列》、《电子技术应用专业系列》、《电子电器应用与维修专业系列》、《电气运行与控制专业系列》。

本套教材力求体现国家倡导的“以就业为导向，以能力为本位”的精神，结合教育部组织修订《中等职业学校专业目录》的成果、职业技能鉴定标准和中等职业学校双证书的需求，精简整合理论课程，注重实训教学，强化上岗前培训；教材内容统筹规划，合理安排知识点、技能点，避免重复；教学形式生动活泼，以符合中等职业学校学生的认知规律。

本套教材广泛参考了各地中等职业学校电类专业的教学实际，面向优秀教师征集编写大纲，并在国内电类行业较发达的地区邀请专家对大纲进行了评议与论证，尽可能使教材的知识结构和编写方式符合当前中等职业学校电类专业教学的要求。

在作者的选择上，充分考虑了教学和就业的实际需要，邀请活跃在各重点学校教学一线的“双师型”专业骨干教师作为主编。他们具有深厚的教学功底，同时具有实际生产操作的丰富经验，能够准确把握中等职业学校电类专业人才培养的客观需求；他们具有丰富的教材编写经验，能够将中职教学的规律和学生理解知识、掌握技能的特点充分体现在教材中。

为了方便教学，我们免费为选用本套教材的老师提供教学辅助资源。老师可登录人民邮电出版社教学服务与资源网（<http://www.ptpedu.com.cn>）下载资料。

我们衷心希望本套教材的出版能促进目前中等职业学校的教学工作，并希望得到职业教育专家和广大师生的批评与指正，以期通过逐步调整、完善和补充，使之更符合中职教学实际。

欢迎广大读者来电来函。

电子函件地址：lihaitao@ptpress.com.cn, wangping@ptpress.com.cn

读者服务热线：010-67170985



前言

本书是按照中等职业学校电子信息类专业的教学要求进行编写的,以构建技能培训体系为目标,训练内容参考国家职业技能鉴定规范。本书以知识的先进性和技术操作的实用性为宗旨,打破了以往介绍电子测量技术的教材以测量仪器为中心的编写方法,而改以测量对象为中心,讲解各种仪器的具体使用方法。本书叙述简练,具有实际操作的指导性,反映了现代电子测量技术的新方法、新产品、新发展和新技术,适应日益发展的社会需求。

通过本课程的学习,将使學生掌握现代电子测量技术,掌握新型电子测量仪器的基本操作方法,在实际工作中能够制订先进合理的测试方案,正确选用测量仪器,正确处理测试数据,以获得最佳测试结果。

通过结合每章内容安排的实训课题的训练,将使學生明确关于电子测量的基本概念,了解测量误差理论和对数据的处理方法,掌握基本电参量的测量方法及结果分析方法,掌握通用电子测量仪器的整机组成和具体操作,了解现代测量技术及测量仪器的最新发展。

结合每章内容安排了相应的实训课题,使用各种仪器对被测对象进行测量训练。各学校可根据实际情况,选择合适的项目对学生进行实训。为方便学生学习,每章都安排了【章首导言】和【本章小结】,章后配以深浅度适中的【练习题】。

本书既强调基础知识,又力求体现新知识、新技术、新工艺,教学内容与国家职业技能鉴定规范相结合。在编写体例上采用新的形式,简洁的文字表述,加上大量的实物图片,直观明了。

本课程的教学时数为56学时,各项的参考教学课时见以下的课时分配表。

章 序	项 目 内 容	课 时 分 配	
		讲 授	实 践 训 练
1	电子测量技术的基础知识	4	2
2	常用信号发生器的使用	4	2
3	电流和电压的测量方法与测量仪器	4	4
4	频率和时间的测量技术与测量仪器	4	4
5	万用电桥和Q表的使用	2	2
6	晶体管特性图示仪的使用	2	2
7	信号频谱与电路频率特性的测量技术	4	4
8	数据信号的测量技术	4	4
9	智能化测量仪器与自动测量系统	4	0
合 计	56学时	32	24

本书由辽宁机电职业技术学院王成安编著。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2010年2月

目 录

第 1 章 电子测量技术的基础知识	1
1.1 电子测量的基本概念	1
1.1.1 电子测量的定义和主要内容	1
1.1.2 电子测量的特点	2
1.2 电子测量的基本方法	3
1.2.1 按照采用的测量手段分类	3
1.2.2 按照被测量的性质分类	3
1.3 常用电子测量仪器	4
1.3.1 通用电子测量仪器的分类	4
1.3.2 电子测量仪器的主要技术指标	5
1.4 电子测量的误差和处理方法	6
1.4.1 测量误差的表示方法	6
1.4.2 测量误差的来源与分类	8
1.4.3 测量误差的估计和处理	9
【本章小结】	12
实训 数字万用表的操作使用	13
【练习题】	14
第 2 章 常用信号发生器的使用	16
2.1 信号发生器的种类和技术指标	16
2.1.1 信号发生器的用途	16
2.1.2 信号发生器的分类	16
2.1.3 信号发生器的一般组成	17
2.1.4 信号发生器的主要技术指标	18
2.2 低频信号发生器的使用	19
2.2.1 低频信号发生器的组成与技术指标	20
2.2.2 低频信号发生器的操作	21
2.2.3 低频信号发生器的典型应用	24
2.3 高频信号发生器的使用	25
2.3.1 高频信号发生器的组成	25
2.3.2 高频信号发生器的主要性能指标	26
2.3.3 高频信号发生器的使用步骤与技巧	27
2.3.4 调幅高频信号发生器的典型应用	29
2.4 函数信号发生器简介	31
2.4.1 函数信号发生器的组成	31



2.4.2 函数信号发生器的性能指标	33
【本章小结】	33
实训 信号发生器的操作使用	34
【练习题】	37
第3章 电流和电压的测量方法与测量仪器	38
3.1 电流和电压测量的基本要求与方法	38
3.1.1 直流电流的测量	38
3.1.2 交流电流的测量	39
3.1.3 直流电压的测量	40
3.1.4 交流电压的测量	40
3.1.5 交流电压的基本参数	41
3.1.6 测量电压和电流时需要注意的问题	42
3.2 使用模拟式电压表测量电压的操作方法	43
3.3 使用数字式电压表测量电压的操作方法	45
3.3.1 数字式电压表的主要性能指标	45
3.3.2 数字式电压表的组成和类型	47
3.3.3 数字式电压表的操作步骤	47
3.3.4 使用数字万用表测量电压	48
3.3.5 智能数字化电子毫伏表	51
3.4 使用示波器测量电压的操作方法	52
【本章小结】	54
实训 电子电压表的操作使用	54
【练习题】	56
第4章 频率和时间的测量技术与测量仪器	58
4.1 频率和时间测量的基本要求和方法	58
4.1.1 频率的测量方法	59
4.1.2 时间的测量方法	60
4.2 使用示波器测量频率的操作方法	60
4.2.1 示波器的工作原理及主要技术性能	61
4.2.2 使用示波器测量信号频率的操作方法	64
4.2.3 使用示波器测量频率的操作方法	67
4.3 使用电子计数器测量频率	68
4.3.1 电子计数器的分类	68
4.3.2 电子计数器的主要技术指标	69
4.3.3 电子计数器的组成和测量功能	69
4.3.4 E-312A 型电子计数器测量频率的操作方法	71
4.4 使用数字频率计测量频率的操作方法	74



4.4.1	数字频率计的测量原理	74
4.4.2	SP1500 型数字频率计	74
4.5	时间间隔的测量方法	77
4.6	相位差的测量方法	78
4.6.1	用示波器测量相位差	78
4.6.2	用电子计数器测量相位差	79
【本章小结】		80
实训 双踪示波器的操作使用		80
【练习题】		82
第 5 章 万用电桥和 Q 表的使用		83
5.1	使用万用电桥测量电阻、电容和电感的操作方法	83
5.1.1	万用电桥的电路结构	83
5.1.2	QS18A 型万用电桥的操作方法	84
5.2	使用高频 Q 表测量电容和电感的操作方法	87
5.2.1	QBG-3 型高频 Q 表的电路结构和性能指标	87
5.2.2	QBG-3 型高频 Q 表的使用方法	88
【本章小结】		90
【练习题】		90
第 6 章 晶体管特性图示仪的使用		92
6.1	晶体管特性图示仪的组成和面板	92
6.2	晶体管特性图示仪的操作方法	94
6.2.1	XJ4810 型晶体管特性图示仪的面板布置图和器件测试台	95
6.2.2	XJ4810 型晶体管特性图示仪的使用方法	97
【本章小结】		99
实训 晶体管特性图示仪的操作使用		99
【练习题】		101
第 7 章 信号频谱与电路频率特性的测量技术		102
7.1	使用频率特性测试仪测量电路的频率特性	102
7.1.1	信号频谱与频谱测量	102
7.1.2	频率特性的测量方法	103
7.1.3	频率特性测试仪	104
7.2	BT-3 型频率特性测试仪的使用	106
7.2.1	BT-3 型频率特性测试仪的面板布置	106
7.2.2	BT-3 型频率特性测试仪的操作	107
7.3	频谱分析仪的使用	110
7.3.1	频谱分析的基本知识	110



7.3.2	频谱分析仪的组成	111
7.3.3	频谱分析仪的主要技术指标	112
7.3.4	频谱分析仪的操作方法	113
【本章小结】		115
实训	扫频仪的操作使用	115
【练习题】		117
第8章	数据信号的测量技术	118
8.1	数据信号与数据域测量	118
8.1.1	数据域测量	118
8.1.2	数字测量系统的类型及其组成	121
8.2	数据域测量仪器的使用	121
8.2.1	宽带示波器	122
8.2.2	逻辑笔	122
8.2.3	逻辑夹	123
8.2.4	逻辑信号发生器	123
8.3	逻辑分析仪	124
8.3.1	逻辑分析仪的种类	124
8.3.2	逻辑分析仪的特点与组成框图	125
8.3.3	逻辑分析仪的触发	127
8.3.4	逻辑分析仪的数据捕获和存储	129
8.3.5	逻辑分析仪的显示方式	130
8.3.6	逻辑分析仪的应用	132
【本章小结】		135
实训	逻辑分析仪的操作使用	135
【练习题】		137
第9章	智能化测量仪器与自动测量系统	138
9.1	智能仪器	138
9.1.1	智能仪器的组成	138
9.1.2	标准接口总线	140
9.1.3	智能仪器与传统仪器的比较	142
9.2	智能仪器的独特处理功能	143
9.2.1	硬件故障的自检功能	143
9.2.2	自动测量功能	144
9.3	智能化数字电压表	145
9.3.1	智能化数字电压表的组成和特殊性能	145
9.3.2	典型智能化数字电压表的主要技术指标与操作	148
9.4	智能化数字存储示波器	155



9.4.1 数字存储示波器的性能特点和技术指标	155
9.4.2 数字存储示波器的工作原理	156
9.4.3 数字存储示波器的实际应用	158
9.5 自动测试系统与个人仪器	159
9.5.1 自动测试系统的发展与组成	159
9.5.2 个人仪器	160
【本章小结】	163
【练习题】	163
参考文献	164

【本章导言】

现实生活中离不开测量。比如人的身高和体重、购物时要用电子秤称一下商品的重量、人们做衣服时需要裁缝量体裁衣、判断病人是否发烧需要测量体温等。在科学实验和生产实践中,更是离不开测量技术。电子测量是使用电子仪器对电的各种参数进行的测量。最普遍的电子量是我们日常生活中用到的 220V 交流电。它是如何得到的?需要用什么样的仪器进行测量?测量的结果都是准确吗?对误差应该如何处理?本章将就电子测量的这些基本问题展开讨论。有了这些基础知识,就可以实际学习各种测量仪器的使用。

1.1 电子测量的基本概念

1.1.1 电子测量的定义和主要内容

1. 电子测量的定义
测量是人类对客观事物取得数值的认识过程。在实际工作中需要借助于专门的设备,通过实验的方法,就可以获得客观事物被测量的值。

从广义来说,凡是以电子技术为手段进行的测量都可以说是电子测量。从狭义上讲,电子测量是指对各种电参量和电性能的测量。

科学家一致认为,电子测量技术的水平是衡量一个国家科技水平的重要标志之一。

为了确定被测量的量值,往往需要把被测量与标准量进行比较。因此,被测量的量值包括数值(大小及符号)和用于比较的标准量的单位名称两部分。如某电阻为 $10k\Omega$ 、某导线流过电流为 5A、某段电路两端的电压为 5V 等。

2. 电子测量的主要内容

(1) 电能量的测量

电能量的测量包括对各种电压、电流、电功率的测量。

(2) 电信号特征的测量

电信号特征的测量包括对频率、时间、周期、相位差、失真度等参数的测量。

第 1 章 电子测量技术的基础知识

【章首导言】解卦最重阴阳的旺衰，子旺，丑申，同相，率旺，中爻参量阴阳各数土金

现实生活中离不开测量，比如人的身高和体重、购物时要用电子秤称一下商品的重量、人们做衣服时需要裁缝量体裁衣、判断病人是否发烧需要测量体温等。

在科学实验和生产实践中,更是离不开测量技术。电子测量是使用电子仪器对电的各种参数进行的测量。最简单的例子就是我们日常生活中用到的 220V 交流电。它是如何得到的? 需要什么仪器进行测量? 测量的结果都是准确的吗? 对误差应该如何处理? 本章将就电子测量的这些基本问题展开讨论。有了这些基础知识, 就可以实际学习各种测量仪器的使用了。

1.1 电子测量的基本概念

1.1.1 电子测量的定义和主要内容

1. 电子测量的定义

测量是人类对客观事物取得数值的认识过程。在这一过程中需要借助于专门的设备,通过实验的方法,就可以获得客观事物被测量的量值。

从广义来说,凡是以电子技术为手段进行的测量都可以说是电子测量;从狭义上讲,电子测量是指对各种电参量和电性能的测量。

科学家一致认为，电子测量技术的水平是衡量一个国家科技水平的重要标志之一。

为了确定被测量的量值,往往需要把被测量与标准量进行比较。因此,被测量的量值包括数值(大小及符号)和用于比较的标准量的单位名称两部分。如某电阻为 $10\text{k}\Omega$ 、某导线流过电流为 5A 、某段电路两端的电压为 5V 等。

2. 电子测量的主要内容

(1) 电能量的测量

电能量的测量包括对各种电压、电流、电功率的测量。

(2) 电信号特征的测量

电信号特征的测量包括对频率、时间、周期、相位差、失真度等参数的测量。



(3) 电子元件参数的测量

电子元件参数的测量包括对电阻、电感、电容、品质因数、晶体管各种参数的测量。

(4) 电子设备性能的测量

电子设备性能的测量包括对电路的放大倍数、灵敏度、通频带、噪声系数等技术指标的测量。

(5) 特性曲线的测量

特性曲线的测量包括对电路的频率特性曲线、器件的伏安特性曲线等的测量。

3. 电子测量的应用范围

电子测量的范围并不仅限于对各种电量的测量，还包括对各种非电量进行的测量。只要是使用了电子仪器，都可以说是电子测量。

在上述各种测量参数中，频率、时间、电压、相位、阻抗的测量是测量其他参数的基础。在对各种非电量进行测量时，往往借助于各种传感器，将压力、流量、温度、速度等非电量转换成电信号，再使用电子测量设备进行测量。

随着电子技术的飞速发展，电子测量技术被广泛用于农业、工业、医疗、天文、地质、军事等领域。例如：对核反应堆内的温度进行测量、使用电子血压计测量人的血压、使用 CT 机对人体内部器官进行扫描、对飞船发射过程中的各种运行参数进行实时监控测量等。

1.1.2 电子测量的特点

与其他测量技术相比，电子测量技术具有明显的特点。

1. 测量频率的范围宽

电子测量不仅能测量直流流量，还能测量交流流量，测量的频率范围低至 10^{-6}Hz ，高至 10^{12}Hz 。近几年来，电子测量的频率范围不断向更高频段发展。需要注意的是，在不同的频率范围内，即使要测量同一种物理量，也需要使用不同的测量方法和测量仪器。例如对电流和电压的测量，在直流、低频和高频不同的频率范围内，就需要使用不同类型的电流表和电压表。

2. 测量仪器的量程宽

量程是测量范围的上限值与下限值之差。由于许多被测量的数值相差很大，其他测量技术很难达到要求，而电子测量仪器有足够宽的量程，完全可以满足测量的需要。例如现在已经普及的数字万用表，能测出 $10^{-5}\Omega \sim 10^8\Omega$ 的电阻值，量程达 13 个数量级。而用于测量信号频率的电子计数器，其量程高达 17 个数量级。

3. 测量的准确度高

电子测量的准确度比其他测量方法要高得多。例如对频率和时间的测量，可以将原子内部电子的旋转频率作为基准，测量精度高达 $10^{-13} \sim 10^{-14}$ 数量级。

4. 测量的速度快

电子测量以电磁波传播的速度进行工作，具有其他测量技术无法比拟的高速度，这也是电子测量技术广泛应用于现代科技各个领域的重要原因。例如人造卫星、载人飞船等各种航天器发射时，需要快速测出它的运行参数，再通过对参数的处理进而决定下一步的控制，只有使用电子测量系统才能完成这种任务。

5. 可以实现遥测

电子测量可以通过使用各种类型的传感器实现对目标的遥测。对于距离遥远或因环境恶劣而人体无法到达的区域，如人造卫星运行的空间、深海下、深地下、核反应堆内部等目标，



均可通过各种电子测量设备对各种参数进行遥测。

6. 可实现测量过程的自动化

大规模集成电路和微型计算机在电子测量设备上的应用,使电子测量技术有了跨越式发展,测量设备增加了程控、遥控、自动转换量程、自动调节、自动校准、自诊断故障和自恢复等功能,实现了对测量结果进行自动记录、自动运算、自动分析和自动处理。近几年来出现的智能化电子测量仪器,使测量过程完全实现了自动化,推动了科学技术的发展。

1.2 电子测量的基本方法

在电子测量技术中,采用合适的测量方法是最重要的。根据测量中采用的方法不同,电子测量技术也有不同的分类方法。

1.2.1 按照采用的测量手段分类

1. 直接测量法

直接测量法就是可直接从电子测量仪器上读出测量结果的方法。直接测量的特点是测出的数据就是被测量的值。例如用电压表测量电压、用电流表测量电流、用电桥测量电阻、用频率计测量频率等,都是采用直接测量的方法,可在测量仪器上直观且迅速地读出被测量的数值。

2. 间接测量法

间接测量法是利用被测量与某中间量之间的函数关系(公式、曲线或表格等),先测出中间量,然后再通过计算公式算出被测量数值的测量方法。例如用伏安法测量电阻时,先测量出电阻两端的电压和流过电阻的电流,然后由公式 $R = U/I$,间接求出电阻值,这种测量方法就是间接测量法。

3. 组合测量法

如果被测量与几个中间量有关,在测量中需要通过改变测量条件,分别测量这几个中间量,再通过被测量与这几个中间量的函数关系,列出方程组并求解,最后才能得到被测量的结果,这种测量方法就是组合测量法。例如已知导体的电阻 R 与温度 t 的函数关系式为

$$R_t = R_{20}[1 + \alpha(t - 20) + \beta(t - 20)^2]$$

式中, R_{20} 是该导体在温度为 20°C 时的电阻值, α 和 β 为其温度系数。为了测量该导体电阻的温度系数 α 和 β ,可分别测出该导体在温度为 t_1 、 t_2 和 20°C 时的电阻值 R_1 、 R_2 和 R_{20} ,然后求解方程组:

$$R_1 = R_{20}[1 + \alpha(t_1 - 20) + \beta(t_1 - 20)^2]$$

$$R_2 = R_{20}[1 + \alpha(t_2 - 20) + \beta(t_2 - 20)^2]$$

就可以求得温度系数 α 和 β 的值。

1.2.2 按照被测量的性质分类

1. 时域测量法

时域测量法是指对以时间为函数的量(例如随时间变化的电压、电流等)的测量。这些



量的稳态值、有效值可用仪表直接测量，它们的瞬时值则可通过示波器等仪器进行测量，显示出其幅值和时间的关系，以便得到其随时间变化的规律。

2. 频域测量法

频域测量法是指对以频率为函数的量（例如电路的增益、相位移等）的测量。这些量的测量可通过对电路的频率特性和频谱特性进行测量而进行。

3. 数据域测量法

数据域测量法是指对数字量的测量。数据域测量可以同时观察多条数据通道上的逻辑状态或显示某条数据线上的时序波形，也可以用计算机分析大规模集成电路芯片的逻辑功能。例如可用逻辑分析仪来分析计算机微处理器的地址线 and 数据线上的信号。

4. 随机域测量法

随机域测量法是指对随机信号的测量，例如对自然界中的噪声信号、电路受到的干扰信号等的测量。它是近些年来发展起来的测量技术。

除了按照被测量性质进行分类外，还有其他的分类方法，例如有源测量与无源测量、动态测量与静态测量、集中式测量与分布式多路测量等。

1.3 常用电子测量仪器

使用电子技术对各种电量或非电量进行测量的仪器称为电子测量仪器。电子测量仪器的种类很多，根据测量精度的要求不同，有高精度测量仪器、普通测量仪器和简易测量仪器 3 种；按测量显示方式和工作原理的不同，有模拟式测量仪器和数字式测量仪器两大类；根据测量用途的不同，有专用测量仪器和通用测量仪器等。

专用测量仪器是指在各专业领域中专门用于测量某些特殊参量的仪器，如在机械行业用的超声波探伤仪、在医疗行业用的心电图仪等；通用测量仪器则是可以用于各种电路和设备的测量仪器，例如示波器可以用于各种电路的波形测量和电路调试监控。

1.3.1 通用电子测量仪器的分类

通用测量仪器主要用于测量电路特性和各种电子元器件的参数，按其功能可分为以下几类。

1. 信号发生器

信号发生器能产生各种信号，在测量过程中充当信号源的角色。现在的信号发生器可以产生音频和射频信号，波形有正弦波、脉冲波、特殊函数和噪声等，能根据需要提供不同幅度和不同功率的信号。

2. 信号分析仪

信号分析仪用来观测、分析和记录各种电量的变化，例如各种示波器、波形分析仪、频谱分析仪和逻辑分析仪等，都属于信号分析仪器。它们能对时域信号、频域信号和数据域信号进行定量分析。

3. 电平测量仪器

电平测量仪器用于测量表示电能的量，包括各种电压表、电流表、功率表、多用



表等。

4. 时间、频率和相位测量仪器

这类仪器用于测量各种具有周期性性质的量，例如测量信号的频率、周期和相位，各种频率计、相位计、计数器等都属于这种仪器。

5. 网络参数测量仪器

这类仪器有频率特性测试仪（扫频仪）、阻抗测量仪及网络分析仪，主要用于测量电气网络的频率特性、阻抗特性、噪声特性等。

6. 电子元件参数测量仪

这类仪器有Q表、万能电桥、RLC测量仪、晶体管特性图示仪、模拟集成电路测试仪和数字集成电路测试仪等，用于测量电子元件（如电阻、电容、电感、晶体管等）的电参数，有的仪器还可以显示元件的各种特性曲线。

7. 数据域测试仪器

数据域测试仪器用于测量和分析数字系统中以离散时间或事件为自变量的数据流，它能完成对数字逻辑电路中的实时数据流的记录和显示，并能对数字系统的软件故障和硬件故障进行分析和诊断。逻辑分析仪就属于这种仪器。

8. 电波特性测试仪

这类仪器包括测试接收机、场强计、干扰测试仪等，用于测量在电路中和空间中各点的电场强度、磁场强度和噪声强度等。

9. 虚拟仪器

虚拟仪器是建立在计算机的基础上，通过各种应用程序将通用计算机和必要的数据采集硬件结合起来，在计算机平台上创建的测量仪器。用户可自行定义其功能和操作面板，实现数据的采集、分析、存储和显示。例如在计算机上定义一台示波器、在计算机显示器上定义一台时钟等。

1.3.2 电子测量仪器的主要技术指标

1. 电子测量的环境

电子测量仪器由各种电子元器件组成，会受到温度、湿度、电网电压、电磁干扰、机械振动等外界环境的影响。同一台测量仪器，使用同样的测量方法，在不同的环境中使用就会出现不同的测量结果。因此在使用测量仪器时，应在厂家规定的测量环境下进行，才能保证一定的测量精度。

2. 测量功能、范围和准确度

测量功能是指能测量什么被测量，测量范围是指能测量出被测量的数值大小，准确度是指在一定测量范围内被测量的精确度。对于不同的测量范围，测量仪器的测量准确度往往是不同的。

3. 电源

电源为测量仪器提供工作能量。国内测量设备一般使用市电（220V）或使用各种电池，某些国外测量设备对电源有特殊的要求，在使用时要注意查看仪器铭牌上标注的输入电压数值。



1.4 电子测量的误差和处理方法

一个物理量在一定的条件下,被测量的真实大小或真实数值称为这个量的真值。由于无论采用何种测量方法和仪器,误差都是不可避免的,因此真值只是个理想的概念,实际的测量值是无法达到的。

在测量过程中,测量值与真值的差异称为测量误差。研究测量误差的目的,就是要寻找各种误差产生的来源,尽可能减小误差,同时对测量误差进行正确的估计和处理,使测量结果尽量接近被测量对象的真值。

1.4.1 测量误差的表示方法

测量误差有多种表示方法,最基本的误差表示方法有绝对误差和相对误差两种。

1. 绝对误差

(1) 定义

测量值(仪器上的示值) x 与真值 A_0 的差,叫做绝对误差,用 Δx 表示。

$$\Delta x = x - A_0$$

在上式中,绝对误差 Δx 既有大小、量纲,又有正负。它的大小和正负分别表示测量值偏离真值的程度和方向。

因为真值 A_0 是无法得到的,所以在实际测量中常使用更高一级标准仪器的测量值(仪器示值) A 代替真值, A 称为约定真值。于是,绝对误差的表达式为

$$\Delta x = x - A$$

例 1-1 用一个电压表测量电压,读数为 101V; 而用标准电压表测得的结果为 100V, 则绝对误差为多少?

解: $\Delta U = U_x - A = 101 - 100 = 1V$

(2) 修正值

与绝对误差 Δx 数值相等但符号相反的值,称为修正值,一般用 C 表示。

$$C = -\Delta x = A - x$$

测量仪器在使用前都要由更高一级标准仪器给出受检仪器的修正值,修正值通常以表格、曲线或公式的形式给出。由修正值可以求出实际值为

$$A = C + x$$

例 1-2 某电流表的量程为 5A, 通过检定而得出其修正值为 -0.02A。如用这只电流表测电路中的电流, 其示值为 4.5A, 则被测电流实际值为多少?

解: $A = C + X = (-0.02) + 4.5 = 4.48 A$

由上可见,利用修正值可以减小误差的影响,使测量值更接近于真值。在实际应用中,应定期将测量仪器送计量部门检定,以便得到正确的修正值。

2. 相对误差

绝对误差虽能表示测量值偏离真值的程度和方向,但不能确切反映测量的准确程度。为了确切反映测量的准确程度,又引入了相对误差的概念。