

21世纪高职高专规划教材 电气、自动化、应用电子技术系列

范泽良 吴政江 编著
王永奇 主审

电子测量与仪器

清华大学出版社



21世纪高职高专规划教材 电气、自动化、应用电子技术系列

电子测量与仪器

范泽良 吴政江 编著
王永奇 主审

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

电子测量与仪器在电子技术高速发展的今天发挥着越来越重要的作用。本书由基本的测量概念入手,向读者循序渐进地介绍电子测量技术,并结合当前常用的电子测量仪器,分析其组成原理、技术指标和使用方法,以此来提高读者对测量技术的应用能力。全书共分为10章,分别介绍了电子测量技术基础,测量用信号源,电子示波器,电流、电压与功率测量,电子元器件的测量,电子计数器,频域测量技术,数据域测量,现代电子测量技术,最后提供了10个比较成熟的基本实训。本书1~9章都配有习题,以帮助读者抓住重点,巩固所学知识。

本书不需要读者具有高深的数学知识,只要具有基本的电路分析与电子技术知识,就可以轻松学习。本书适合于高职院校电子技术、信息与自动化专业的学生作为教材使用,也可供电子技术相关专业需要使用测量技术与仪器的学生和相关的从业人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

电子测量与仪器/范泽良,吴政江编著. --北京:清华大学出版社,2010.2

(21世纪高职高专规划教材. 电气、自动化、应用电子技术系列)

ISBN 978-7-302-21649-0

I. ①电… II. ①范… ②吴… III. ①电子测量—高等学校:技术学校—教材 ②电子测量设备—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 232220 号

责任编辑:胡连连

责任校对:袁 芳

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:19 字 数:435 千字

版 次:2010年2月第1版 印 次:2011年1月第2次印刷

印 数:4001~6000

定 价:32.00 元

产品编号:034545-01

出版说明

高职高专教育是我国高等教育的重要组成部分,担负着为国家培养并输送生产、建设、管理、服务第一线高素质技术应用型人才的重任。

进入 21 世纪后,高职高专教育的改革和发展呈现出前所未有的发展势头,学生规模已占我国高等教育的半壁江山,成为我国高等教育的一支重要的生力军;办学理念上,“以就业为导向”成为高等职业教育改革与发展的主旋律。近两年来,教育部召开了三次产学研交流会,并启动四个专业的“国家技能型紧缺人才培养项目”,同时成立了 35 所示范性软件职业技术学院,进行两年制教学改革试点。这些举措都表明国家正在推动高职高专教育进行深层次的重大改革,向培养生产、服务第一线真正需要的应用型人才的方向发展。

为了顺应当前我国高职高专教育的发展形势,配合高职高专院校的教学改革和教材建设,进一步提高我国高职高专教育教材质量,在教育部的指导下,清华大学出版社组织出版了“21 世纪高职高专规划教材”。

为推动规划教材的建设,清华大学出版社组织并成立了“高职高专教育教材编审委员会”,旨在对清华版的全国性高职高专教材及教材选题进行评审,并向清华大学出版社推荐各院校办学特色鲜明、内容质量优秀的教材选题。教材选题由个人或各院校推荐,经编审委员会认真评审,最后由清华大学出版社出版。编审委员会的成员皆来自教改成效大、办学特色鲜明、师资实力强的高职高专院校、普通高校以及著名企业,教材的编写者和审定者都是从事高职高专教育第一线的骨干教师和专家。

编审委员会根据教育部最新文件和政策,规划教材体系,比如部分专业的两年制教材;“以就业为导向”,以“专业技能体系”为主,突出人才培养的实践性、应用性的原则,重新组织系列课程的教材结构,整合课程体系;按照教育部制定的“高职高专教育基础课程教学基本要求”,教材的基础理论以“必要、够用”为度,突出基础理论的应用和实践技能的培养。

本套规划教材的编写原则如下:

- (1) 根据岗位群设置教材系列,并成立系列教材编审委员会;
- (2) 由编审委员会规划教材、评审教材;
- (3) 重点课程进行立体化建设,突出案例式教学体系,加强实训教材的出版,完善教学服务体系;

(4) 教材编写者由具有丰富的教学经验和多年实践经历的教师共同组成,建立“双师型”编者体系。

本套规划教材涵盖了公共基础课、计算机、电子信息、机械、经济管理以及服务等大类

的主要课程,包括专业基础课和专业主干课。目前已经规划的教材系列名称如下:

• 公共基础课

公共基础课系列

• 计算机类

计算机基础教育系列

计算机专业基础系列

计算机应用系列

网络专业系列

软件专业系列

电子商务专业系列

• 电子信息类

电子信息基础系列

微电子技术系列

通信技术系列

电气、自动化、应用电子技术系列

• 机械类

机械基础系列

机械设计与制造专业系列

数控技术系列

模具设计与制造系列

• 经济管理类

经济管理基础系列

市场营销系列

财务会计系列

企业管理系列

物流管理系列

财政金融系列

国际商务系列

• 服务类

艺术设计系列

本套规划教材的系列名称根据学科基础和岗位群方向设置,为各高职高专院校提供“自助餐”形式的教材。各院校在选择课程需要的教材时,专业课程可以根据岗位群选择系列;专业基础课程可以根据学科方向选择各类的基础课系列。例如,数控技术方向的专业课程可以在“数控技术系列”选择;数控技术专业需要的基础课程,属于计算机类课程的可以在“计算机基础教育系列”和“计算机应用系列”选择,属于机械类课程的可以在“机械基础系列”选择,属于电子信息类课程的可以在“电子信息基础系列”选择。依此类推。

为方便教师授课和学生学习,清华大学出版社正在建设本套教材的教学服务体系。本套教材先期选择重点课程和专业主干课程,进行立体化教材建设:加强多媒体教学课件或电子教案、素材库、学习盘、学习指导书等形式的制作和出版,开发网络课程。学校在选用教材时,可通过邮件或电话与我们联系获取相关服务,并通过与各院校的密切交流,使其日臻完善。

高职高专教育正处于新一轮改革时期,从专业设置、课程体系建设到教材编写,依然是新课题。希望各高职高专院校在教学实践中积极提出意见和建议,并向我们推荐优秀选题。反馈意见请发送到 E-mail: gzg@tup.tsinghua.edu.cn。清华大学出版社将对已出版的教材不断地修订、完善,提高教材质量,完善教材服务体系,为我国的高职高专教育出版优秀的高质量的教材。

高职高专教育教材编审委员会

前言

电子测量与仪器

电子测量是电子信息系统的基础环节。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。为此,在有关院校同仁的大力支持和帮助下,我们编写了这本《电子测量与仪器》教材,希望能够为电子测量技术的传播与发展尽一己之力。

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融传授知识、发展能力、提高素质为一体。针对高职教育的特点,理论以讲明、够用为度,突出专业知识的实用性和实效性。例如对电子测量技术的主要方面做了全面、系统的介绍,而对于具体的测量问题,不求面面俱到,而是精选少量、通用的例证进行详细讲解;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。另外,为了使学生在毕业后能够尽快胜任电子测量方面的工作,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。

全书内容共分 10 章,内容结构如下。

第 1 章:介绍了测量与电子测量、计量的基本概念,电子测量仪器的分类和发展。详细讲解了测量误差理论和测量数据的处理方法。

第 2 章:介绍了低频信号发生器、高频信号发生器、函数信号发生器和电视信号发生器的工作原理和使用方法,并对频率合成技术进行了讲解。

第 3 章:详细分析了示波管的结构和波形显示原理,并对通用示波器、取样示波器和数字存储示波器的组成原理、技术指标和使用方法以及示波器的基本测量技术等内容进行了阐述。

第 4 章:讲解了电流、电压和功率的测量原理,直流电流表、电压表和数字万用表的组成原理和使用方法。

第 5 章:讲解了 R 、 L 、 C 元件和半导体器件的相关概念和测量原理,中小规模集成电路的检测方法。介绍了 Q 表、数字电桥的组成原理、技术指标和使用方法。

第 6 章:介绍了时频关系与时频基准,电子计数器的分类、组成原理与基本测量技术,并对频率测量、周期测量和时间间隔测量的测量误差进行了分析。

第 7 章:讲解了线性系统频率特性测量和频谱分析测量;并对频率特性测试仪、频谱分析仪和失真度分析仪的组成原理、技术指标和使用方法进行了介绍。

第 8 章:介绍了数据域测量的基本概念,逻辑笔、逻辑夹的基本结构和使用方法。讲解了逻辑分析仪的组成原理、技术指标和使用方法以及可测试性设计等内容。

第9章:介绍了智能仪器、虚拟仪器和自动测试系统的基本组成原理和一些常见总线的概念。

第10章:提供了8个基本仪器仪表使用的实训和2个综合实训,供读者选用。

另外,教材1~9章均按照填空题、选择题、简答题和综合题的格式给出了大量的习题,希望能帮助读者抓住各章重点,巩固所学知识。

本书主要作为高职院校电子技术、信息与自动化专业的教材,同时适用于作为计算机硬件、机电一体化等相关专业教材使用,也可供涉及电子测量技术的技术人员参考。同时,为便于教学,本书配有电子教案和完整的习题答案,有此需要的教师和读者,可在清华大学出版社(www.tup.com.cn)的网站上下载,也可以直接向编者(zeliangfan01@126.com)索取。

本书由范泽良、吴政江编著,王永奇主审。编写的具体分工如下:范泽良编写第1、3~5、9章及附录,吴政江编写第2、6~8、10章。在教材编写过程中,得到了编者所在院校——贵州电子信息职业技术学院领导的大力支持,电子工程系的何军、严峥晖老师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

2009年11月

目 录

电子测量与仪器

第 1 章 电子测量技术基础	1
1.1 电子测量概述	1
1.1.1 电子测量的意义	1
1.1.2 电子测量的内容	2
1.1.3 电子测量的特点	2
1.1.4 电子测量的分类	3
1.2 计量的基本概念	5
1.2.1 计量	5
1.2.2 单位制	6
1.2.3 基准和标准	7
1.2.4 量值的传递与跟踪	7
1.3 测量误差的概念与表示方法	8
1.3.1 测量误差及其产生的原因	8
1.3.2 测量误差的分类	9
1.3.3 测量结果的评定	12
1.3.4 测量误差的表示方法	13
1.3.5 测量结果的数据处理	15
1.4 电子测量仪器概述	18
1.4.1 电子测量仪器的功能	18
1.4.2 电子测量仪器的分类	18
1.4.3 电子测量仪器的主要性能指标	19
1.4.4 电子测量仪器的发展概况	20
1.5 电子测量仪器的正确使用	21
1.5.1 测量方案的设计	21
1.5.2 电子测量仪器的放置	22
1.5.3 电子测量仪器的接地	23
本章小结	23
习题 1	24

第2章 测量用信号源	27
2.1 概述	27
2.1.1 信号发生器的功能	27
2.1.2 信号发生器的分类	27
2.1.3 信号发生器的发展趋势	28
2.2 低频信号发生器	28
2.2.1 基本组成和工作原理	29
2.2.2 XD-22A 型低频信号发生器	31
2.3 高频信号发生器	34
2.3.1 基本组成和工作原理	34
2.3.2 EE1051 型高频信号发生器	36
2.4 函数信号发生器	38
2.4.1 函数信号发生器的基本原理	38
2.4.2 MFG-8216A 型函数信号发生器	42
2.5 合成信号发生器	45
2.5.1 直接合成法	45
2.5.2 间接合成法	46
2.6 脉冲信号发生器	47
2.7 电视信号发生器	48
2.7.1 常用图案及其用途	48
2.7.2 CDXF-1VD 型电视信号发生器	49
本章小结	51
习题 2	51
第3章 电子示波器	53
3.1 概述	53
3.1.1 电子示波器的功用	53
3.1.2 电子示波器的特点与分类	54
3.2 示波管波形显示原理	54
3.2.1 示波管的组成结构	54
3.2.2 波形显示原理	57
3.3 通用示波器	62
3.3.1 通用示波器的组成	62
3.3.2 示波器的垂直通道	63
3.3.3 示波器的水平通道	66
3.3.4 示波器的多波形显示技术	70
3.3.5 通用示波器的主要技术指标	72

3.3.6 YB4320 型双踪示波器	73
3.4 取样示波器	76
3.4.1 取样的概念	76
3.4.2 取样示波器的工作原理	78
3.4.3 取样示波器的主要技术指标	79
3.5 数字存储示波器	80
3.5.1 数字存储示波器的组成原理	80
3.5.2 信号采集处理与波形显示技术	83
3.5.3 数字存储示波器的主要技术指标	86
3.5.4 DS1052E 型数字存储示波器	87
3.6 示波器的基本测量技术	90
3.6.1 电压测量	90
3.6.2 时间和频率的测量	92
3.6.3 相位差的测量	93
3.6.4 脉冲信号参数的测量	94
本章小结	96
习题 3	97
第 4 章 电流、电压与功率测量	100
4.1 直流电流的测量	100
4.1.1 直流电流的测量原理与方法	100
4.1.2 指针式直流电流表的工作原理	101
4.1.3 直流电流表的量程扩展	104
4.2 直流电压的测量	106
4.2.1 直流电压的测量原理与方法	106
4.2.2 电压表的灵敏度	107
4.3 交流电压的测量	108
4.3.1 交流电压的表征	108
4.3.2 交流电压的测量原理	111
4.3.3 电平(分贝)的测量	117
4.3.4 CA2172A 型毫伏表	119
4.4 电功率的测量	121
4.4.1 直流功率的测量	121
4.4.2 交流功率的测量	121
4.4.3 电能量的测量	122
4.5 数字电压表	123
4.5.1 数字电压表的组成原理	123
4.5.2 数字电压表的主要性能指标	124

4.5.3	A/D 转换器的工作原理	127
4.5.4	数字万用表	131
	本章小结	135
	习题 4	135
第 5 章	电子元器件的测量	138
5.1	电阻、电感和电容的测量	138
5.1.1	阻抗的概念	138
5.1.2	R 、 L 、 C 元件的基本特性	139
5.1.3	电阻的测量	141
5.1.4	电感的测量	143
5.1.5	电容的测量	145
5.2	Q 表	146
5.2.1	Q 表的组成和测量原理	146
5.2.2	Q 表的应用	148
5.3	YD2810B 型 LCR 数字电桥	150
5.3.1	主要性能特点	150
5.3.2	使用方法	151
5.4	半导体器件的测量	153
5.4.1	半导体二极管的测量	153
5.4.2	晶体三极管的测量	155
5.4.3	场效应管的测量	158
5.5	集成电路的测试	159
5.5.1	集成电路的分类与万用表检测	159
5.5.2	中小规模集成电路的一般测试	160
5.5.3	集成电路测试仪简介	163
	本章小结	164
	习题 5	164
第 6 章	电子计数器	167
6.1	概述	167
6.1.1	时频关系	167
6.1.2	时频基准	168
6.1.3	电子计数器的分类	169
6.1.4	电子计数器的主要性能指标	169
6.2	通用电子计数器的基本组成	170
6.2.1	A 、 B 输入通道	171
6.2.2	时基信号产生与变换电路	172

6.2.3	主控门	172
6.2.4	控制逻辑电路	173
6.2.5	计数及显示电路	174
6.3	通用电子计数器的基本测量技术	175
6.3.1	频率测量	175
6.3.2	周期测量	176
6.3.3	频率比的测量	177
6.3.4	时间间隔的测量	177
6.3.5	累加计数	178
6.3.6	自校	178
6.4	电子计数器的测量误差	179
6.4.1	误差的来源	179
6.4.2	频率测量误差分析	181
6.4.3	周期测量误差分析	182
6.4.4	时间间隔测量误差分析	182
6.5	E312A 型通用电子计数器	183
6.5.1	主要技术性能	183
6.5.2	基本结构与工作原理	184
	本章小结	186
	习题 6	187
第 7 章	频域测量技术	189
7.1	概述	189
7.1.1	频域测量与时域测量的比较	189
7.1.2	频域测量的分类	190
7.2	线性系统频率特性测量	191
7.2.1	幅频特性的测量	191
7.2.2	相频特性的测量	193
7.2.3	频率特性测试仪的基本组成和工作原理	193
7.2.4	BT3C-B 型频率特性测试仪	196
7.3	频谱分析仪	200
7.3.1	频谱分析仪的分类	200
7.3.2	频谱分析仪的主要技术指标	201
7.3.3	频谱分析仪的基本结构与工作原理	202
7.3.4	频谱分析仪的应用	205
7.4	失真度分析仪	206
7.4.1	失真度分析仪的组成原理	206
7.4.2	ZC4121A 型自动失真仪	208

本章小结·····	213
习题 7 ·····	213
第 8 章 数据域测量 ·····	215
8.1 概述 ·····	215
8.1.1 数据域测量的基本概念·····	215
8.1.2 数字系统的故障模型与测量方法·····	217
8.1.3 数据域测试系统与仪器·····	219
8.1.4 数字电路的简易测试·····	220
8.2 逻辑分析仪 ·····	222
8.2.1 逻辑分析仪的特点与分类·····	222
8.2.2 逻辑分析仪的基本组成原理·····	223
8.2.3 逻辑分析仪的工作原理·····	224
8.2.4 逻辑分析仪的主要技术指标·····	229
8.2.5 逻辑分析仪的应用·····	230
8.3 可测试性设计 ·····	233
8.3.1 可测试性设计概述·····	233
8.3.2 扫描设计技术·····	234
8.3.3 内建自测试技术·····	236
8.3.4 边界扫描测试技术·····	236
本章小结·····	239
习题 8 ·····	239
第 9 章 现代电子测量技术 ·····	241
9.1 智能仪器 ·····	241
9.1.1 智能仪器的特点·····	241
9.1.2 智能仪器的工作原理和组成·····	242
9.1.3 S-100 和 STD 总线 ·····	244
9.1.4 智能仪器设计·····	246
9.2 虚拟仪器 ·····	248
9.2.1 虚拟仪器的概念·····	248
9.2.2 虚拟仪器的基本组成与分类·····	250
9.2.3 虚拟仪器的特点与应用·····	251
9.2.4 虚拟仪器总线·····	252
9.3 自动测试系统 ·····	256
9.3.1 自动测试系统的组成·····	256
9.3.2 GPIB 和 LXI 总线 ·····	257
9.3.3 USB 仪器简介 ·····	259

本章小结.....	261
习题 9	262
第 10 章 实训篇	264
10.1 实训一：万用表的使用	264
10.2 实训二：数字电桥的使用	267
10.3 实训三：毫伏表和低频信号发生器的使用	269
10.4 实训四：函数信号发生器的使用	271
10.5 实训五：数字存储示波器的使用	272
10.6 实训六：电子计数器的使用	277
10.7 实训七：频率特性测试仪的使用	279
10.8 实训八：失真度测量仪的使用	280
10.9 实训九：放大电路基本参数的测量	281
10.10 实训十：直流电压、电流表的安装与调试	283
附录 A 物理量与 SI 单位	286
附录 B 国际标准基本单位与导出单位	288
参考文献	289

电子测量技术基础

【本章要点】

本章主要介绍了测量、计量的基本概念和常用术语,电子测量的内容、特点与分类,量值的传递与跟踪等。详细阐述了误差理论及测量数据的处理,主要包括:误差的基本概念和定义;误差的来源、分类及表示方法,测量数据的处理。对电子测量仪器的功能、分类、技术指标以及电子测量仪器的使用进行了综述。

测量是人们对客观事物取得数量概念的认识过程,是人们认识和改造自然界的一种不可缺少的手段。在自然界中,对于任何被研究的对象,若要定量地进行评价,必须通过测量来实现。在电子技术领域中,正确的分析必须来自对目标量的正确测量。

英国科学家 A. H. 库克(Cook)对测量的阐述为:“测量是技术生命的神经系统。我们通过测量认识周围的物质世界,通过测量把这些知识变成数字语言,然后用数学方法把它整理成合乎逻辑的系统;通过测量,可使这种系统性知识借助于工程技术用来改造物质世界;精密的测量是精确的知识和经济的设计所必需的;方便的测量是敏捷的通信和有效的组织所必需的。”

1.1 电子测量概述

1.1.1 电子测量的意义

测量是通过实验方法对客观事物取得定量数据的过程。在这个过程中,人们借助专门的设备,把被测对象直接或间接地与同类已知单位进行比较,从而取得用数值和单位共同表示的测量结果。

测量结果的量值由两部分组成:测量数值(大小及符号)和相应的单位名称,即

$$\text{测量结果 } X = \text{测量数值} + \text{测量单位} \quad (1-1)$$

没有单位的量值是没有意义的,如将交流电的电压表示为 220,没有加单位“伏(V)”,就毫无意义。

电子测量是泛指一切以电子技术为基本手段的测量。具体来说,是以电子技术理论为依据,电子测量仪器和设备为手段,对各种电量、非电量、电信号以及电子元器件的特性和参数进行的测量。

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。电子测量是测量领域的主要组成部分,是测量学和电子学相结合的产物。电子测量不仅应用于电子科学领域,也广泛应用于物理学、化学、光学、机械学、材料学、生物学、医学等科学领域,以及生产、国防、交通、信息技术、贸易、环保乃至日常生活领域等各个方面。

如今,电子测量技术已成为电子科学领域重要而发展迅速的分支,对整个电子技术和其他科学技术产生了巨大的推动作用。电子测量水平的高低可以直接反映出一个国家科学技术发展的状况。

1.1.2 电子测量的内容

电子测量是测量学的一个重要分支。从广义上说,凡是利用电子技术进行的测量都是电子测量;从狭义上讲,电子测量是指在电子学中测量有关电参量的值。它所涉及的内容通常包括以下几方面。

- ① 电能量的测量。主要包括各种频率、波形下的电压、电流和电功率等的测量。
- ② 电路元器件参数的测量。主要包括电阻、电感、电容、阻抗、品质因数等电子元件参数等的测量。
- ③ 电信号特性的测量。主要包括电信号的波形、频率、周期、相位、失真度、调幅度、调频指数及数字信号的逻辑状态等的测量。
- ④ 电子设备性能的测量。主要包括电子设备的增益、衰减、灵敏度、频率特性和噪声指数等的测量。
- ⑤ 特性曲线的显示。主要包括幅频特性、相频特性等的测量。

上述各项测量内容中,具有重要意义的是频率、电压、时间、阻抗等基本电参量,它们在其他许多派生电参量测量的基础。例如,放大器的增益测量实际就是其输入/输出端电压的测量,脉冲信号波形参数的测量可以归结为电压和时间的测量。在许多情况下,电流的测量不方便操作,通常就以电压测量来代替。同时,由于时间和频率的测量具有其他测量所不可比拟的精确度,因此,人们越来越关注如何把其他待测量转换成时间或频率进行测量的方法和技术。

除了对电参量的测量外,在科学研究和生产实践中,常常需要对许多非电量进行测量。非电量是指各种非电物理量,如压力、位移、温度、湿度、亮度、颜色、物质成分等。对非电量的测量通常是利用传感元件将被测物理量转换成与之相关的电压、电流等,而后再通过对电压、电流的测量,得到被测物理量的大小。传感技术的发展为这类测量提供了新的方法和途径。

1.1.3 电子测量的特点

电子测量与其他测量相比,具有以下几个显著的特点。

- ① 测量频率范围宽。被测信号的频率范围除测量直流外,测量交流信号的频率范围可低至 10^{-6} Hz, 高至 10^{12} Hz 左右。当然,对于不同频段的测量需采用不同的测量原理和使用不同的测量仪器。但随着科学技术的发展,能在一定宽度的频率范围内正常工作的仪器已不断涌现出来。

② 测量量程宽。量程是指仪器所能测量各种参数的范围,通常指测量范围的上下限之差或上下限之比。电子测量仪器具有相当宽的量程,例如高档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;而数字式频率计,其量程可高达 17 个数量级。一些更为先进的仪器,其量程更宽。

③ 测量准确度高。电子测量的准确度高可以达到相当高的水平,特别是对频率和时间的测量,可以达到 $10^{-14}\sim 10^{-13}$ 量级,是目前在测量准确度高方面所能达到的最高指标。正是因为频率测量的准确度高,所以在测量中人们尽可能地将其他参数转换成频率来进行测量。电子测量的准确度高,是它在现代科学技术领域能得到广泛应用的重要原因之一。

④ 测量速度快。电子测量是基于电磁波的传播和电子运动来进行工作的,加之现代电子测量中电子计算机的广泛使用,使测量过程的高速度得以实现。这也是电子测量在现代科学技术领域得到广泛应用的另一重要原因。例如,导弹的发射速度、人造卫星的发射和运行参数等的测量,没有高速度的电子测量,都是无法实现的。

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、人体难以接近或无法达到的区域(如海洋深处、核反应堆内、宇宙中的星体等),可通过传感器或通过电磁波、光辐射等方式进行测量。

⑥ 易于实现测量自动化和测量智能化。由于电子计算机的出现和飞速发展,尤其是低功耗、体积小、高速度、可靠性高的微型计算机的出现与发展,使电子测量逐步实现了自动化与智能化。例如,在测量中能实现自动量程转换、自动校准、自动调节、自动诊断故障和自动修复,对于测量结果可以自动记录、自动进行数据处理等。

1.1.4 电子测量的分类

一个物理量的测量,可以通过不同的方法来实现。测量方法选择的正确与否,直接关系到测量结果的可信度,也关系到测量工作的经济性和可行性。

电子测量的分类形式有多种,下面介绍几种常用的分类。

1. 按测量手段分类

(1) 直接测量

直接测量指用已标定的仪器对某一待测未知量直接进行测量,或者是将未知量与其同类的标准量在仪器中进行比较,从而直接获得未知量的数值的方法。例如,用电压表测量电压、用电子计数器测量频率和用电桥测量电阻的阻值等。

直接测量的测量过程简单迅速,是测量中普遍采用的一种方式。

(2) 间接测量

对与未知待测量有确切函数关系的其他变量进行直接测量,然后通过函数关系(可以是公式、曲线或表格等)计算出待测量的方法,称为间接测量。例如,在直流电路中,电功率 P 的测量,可直接测出负载的电流 I 和电压 U ,再根据功率 $P=UI$ 的函数关系,便可间接地求得负载消耗的电功率 P 。

间接测量比直接测量费时费事,通常在直接测量不方便、误差较大或缺乏直接测量的仪器等情况下采用。