



全国高等职业教育“十二五”规划教材  
中国电子教育学会推荐教材  
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

校级精品课  
配套教材

# 电子测量与仪器应用

◎ 赵文宣 主编

◎ 陈运军 张德忠 副主编

- 电子测量的内容、特点与方法
- 测量误差与电子测量仪器的分类
- 测量信号的产生      • 电压的测量      • 频率的测量
- 信号波形的测量      • 电子元器件参数的测量
- 频域的测量      • 数据域的测量      • 典型测量仪器应用
- ◆ 函数信号发生器      ◆ 直流数字电压表
- ◆ 数字多用表      ◆ 通用电子计数器      ◆ 晶体管特性图示仪
- ◆ 双踪示波器      ◆ 数字示波器      ◆ 扫频仪
- ◆ 全自动数字低失真度测量仪      ◆ 逻辑分析仪
- 自动测试技术及应用      • 电子产品测量与调试



- ◆ 在示范专业建设和精品课项目成果基础上，以测量对象为主线，以案例分析引导教学
- ◆ 以典型仪器仪表使用与现代电子测量仪器应用为核心，内容新颖实用，可操作性强
- ◆ 设有多个实验，把电子测量、电子调试技术和电子产品质量检测技术有机地结合在一起
- ◆ 提供免费的电子教学课件、练习题参考答案及精品课网站，以方便教学



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

全国高等职业教育“十二五”规划教材  
中国电子教育学会推荐教材  
全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

校级精品课  
配套教材

# 电子测量与仪器应用

赵文宣 主 编

陈运军 张德忠 副主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书按照教育部最新的职业教育教学改革要求,结合示范院校专业建设和精品课程项目成果进行编写,主要以测量对象为主线,介绍各种电子测量基础理论及通用电子测量仪器的组成原理、技术指标和操作方法。内容包括:电子测量技术基础、常用信号发生器的使用、电流和电压的测量方法、频率和时间的测量技术、万用电桥和 Q 表的使用、晶体管特性图示仪的使用、信号时域特性的测量技术、信号失真度的测量技术、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、虚拟测量技术及电子测量在电子产品检测、调试与维修中的应用。结合每章内容,安排了相应的典型仪器仪表介绍和实验课题及现代电子测量仪器的应用等,内容新颖实用,可操作性强,方便教学。

本书是高职高专院校相应课程的教材,以及应用型本科、成人教育、自学考试、电视大学、中职学校及培训班的教材,同时也是电子工程技术人员的参考书。

本书配有免费的电子教学课件、练习题参考答案和精品课网站,详见前言。

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

电子测量与仪器应用 / 赵文宣主编. —北京:电子工业出版社, 2012.8

全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列

ISBN 978-7-121-18048-4

I. ①电… II. ①赵… III. ①电子测量技术—高等学校—教材 ②电子测量设备—高等学校—教材  
IV. ①TM93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 200800 号

策划编辑:陈健德(E-mail: chenjd@phei.com.cn)

责任编辑:徐 萍

印 刷: 三河市鑫金马印装有限公司

装 订:

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: 787×1 092 1/16 印张: 21.25 字数: 544 千字

印 次: 2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 39.00 元

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。

## 职业教育 继往开来（序）

自我国经济在 21 世纪快速发展以来，各行各业都取得了前所未有的进步。随着我国工业生产规模的扩大和经济发展水平的提高，教育行业受到了各方面的重视。尤其对高等职业教育来说，近几年在教育部和财政部实施的国家示范性院校建设政策鼓舞下，高职院校以服务为宗旨、以就业为导向，开展工学结合与校企合作，进行了较大范围的专业建设和课程改革，涌现出一批示范专业和精品课程。高职教育在为区域经济建设服务的前提下，逐步加大校内生产性实训比例，引入企业参与教学过程和质量评价。在这种开放式人才培养模式下，教学以育人为目标，以掌握知识和技能为根本，克服了以学科体系进行教学的缺点和不足，为学生的顶岗实习和顺利就业创造了条件。

中国电子教育学会立足于电子行业企事业单位，为行业教育事业的改革和发展，为实施“科教兴国”战略做了许多工作。电子工业出版社作为职业教育教材出版大社，具有优秀的编辑人才队伍和丰富的职业教育教材出版经验，有义务和能力与广大的高职院校密切合作，参与创新职业教育的新方法，出版反映最新教学改革成果的新教材。中国电子教育学会经常与电子工业出版社开展交流与合作，在职业教育新的教学模式下，将共同为培养符合当今社会需要的、合格的职业技能人才而提供优质服务。

近期由电子工业出版社组织策划和编辑出版的“全国高职高专院校规划教材·精品与示范系列”，具有以下几个突出特点，特向全国的职业教育院校进行推荐。

(1) 本系列教材的课程研究专家和作者主要来自于教育部和各省市评审通过的多所示范院校。他们对教育部倡导的职业教育教学改革精神理解得透彻准确，并且具有多年的职业教育教学经验及工学结合、校企合作经验，能够准确地对职业教育相关专业的知识点和技能点进行横向与纵向设计，能够把握创新型教材的出版方向。

(2) 本系列教材的编写以多所示范院校的课程改革成果为基础，体现重点突出、实用为主、够用为度的原则，采用项目驱动的教学方式。学习任务主要以本行业工作岗位群中的典型实例提炼后进行设置，项目实例较多，应用范围较广，图片数量较大，还引入了一些经验性的公式、表格等，文字叙述浅显易懂。增强了教学过程的互动性与趣味性，对全国许多职业教育院校具有较大的适用性，同时对企业技术人员具有可参考性。


(3) 根据职业教育的特点，本系列教材在全国独创性地提出“职业导航、教学导航、知识分布网络、知识梳理与总结”及“封面重点知识”等内容，有利于老师选择合适的教材并有重点地开展教学过程，也有利于学生了解该教材相关的职业特点和对教材内容进行高效率的学习与总结。

(4) 根据每门课程的内容特点，为方便教学过程对教材配备相应的电子教学课件、习题答案与指导、教学素材资源、程序源代码、教学网站支持等立体化教学资源。

职业教育要不断进行改革，创新型教材建设是一项长期而艰巨的任务。为了使职业教育能够更好地为区域经济和企业服务，殷切希望高职高专院校的各位职教专家和教师提出建议和撰写精品教材（联系邮箱：[chenjd@phei.com.cn](mailto:chenjd@phei.com.cn)，电话：010-88254585），共同为我国的职业教育发展尽自己的责任与义务！



# 前 言



电子测量技术是电子信息系统的基础环节。在电子信息技术快速发展的背景下，市场上出现了各式各样的电子产品，推动了现代经济的迅速增长。随着行业企业的不断壮大，对电子测量人才的需求在数量和层次上都日益提高，高职院校肩负着培养本行业高技能型人才的重任。在教育部教指委有关领导的指导下，结合示范院校专业建设和精品课程项目成果，我们在课程组工学结合经验的基础上编写了本书。

在编写过程中，力求落实“突出应用性、强调技能培训、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，从内容与方法、教与学、做与练等方面，多角度、全方位地体现高职教育的教学特色。在理论与实践的关系上，注意主次协调、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，为使学生在毕业后能够尽快胜任电子测量方面的工作，还对一些常规的、具有代表性的典型仪器仪表的工作原理、技术指标和使用方法进行了介绍。本书的主要编写特点如下。

(1) 以案例分析引导教学。每章由案例入手引入相关的知识和理论，通过案例学习有关概念和仪器设备原理与使用方法，体现做中学、学中练的教学思路。以培养高技能应用型人才为目的，理论联系实际，注重课程内容与岗位技能相结合。

(2) 理论教学以够用、适度为原则。全书对仪器工作原理通过组成框图进行讲解，对电子测量仪器本身突出正确使用和应用方法，培养学生的实践能力。

(3) 注重理论和设计充分结合。除每章开始的实际案例外，文中设置一个或多个操作实验，尤其是在第10章中把电子测量技术、电子调试技术和电子产品的质量检测技术，通过功放电路和语言复读机有机地结合在一起，加强学生的动手能力。

(4) 为了与行业技术紧密结合，本书介绍了电子测量仪器的新产品，如 UT2102 型数字存储示波器、DS8831Q 型频谱分析仪、Flyto L-100 逻辑分析仪等典型仪器的使用方法等。

(5) 为了学生学习和归纳方便，书中设有教学导航、知识分布网络、知识梳理与总结及多种形式的练习题。

本书内容包括电子测量技术基础、常用信号发生器的使用、电流和电压的测量方法、频率和时间的测量技术、万用电桥和 Q 表的使用、晶体管特性图示仪的使用、信号时域特性的测量技术、信号失真度的测量技术、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、虚拟测量技术及电子测量在电子产品检测、调试与维修中的应用。

本书由四川信息职业技术学院赵文宣主编，陈运军、张德忠任副主编。其中，张德忠编写第 2~3 章，陈运军编写第 4~7 章并绘制相关图形，赵文宣编写第 1 章、第 8~10 章及附录 A。在编写过程中参考了扬州电子仪器有限公司、优利德电子仪器厂、安捷伦科技有限公司等单位的相关产品技术资料，在此表示感谢。

由于编者水平和时间有限，不当和错误之处在所难免，敬请各位读者批评指正。

为了方便教师教学，本书还配有电子教学参考资料包（包括电子教案、习题答案），请有此需要的教师登录华信教育资源网（[www.hxedu.com.cn](http://www.hxedu.com.cn)）免费注册后下载，有问题请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系。读者也可通过该精品课网站（[http://jpkc.scitc.com.cn/jpkc/2010/JPKC\\_DZCLYYQ/ShowTitle.php?TitleID=214](http://jpkc.scitc.com.cn/jpkc/2010/JPKC_DZCLYYQ/ShowTitle.php?TitleID=214)）浏览和参考更多的教学资源。

编 者



# 职业导航

## 前期必备基础

### 职业素养：

应学习职业生涯规划、职业道德、外语、法律法规及相关规章制度

### 岗位技术：

应学习模拟电子技术、数字电子技术、电路分析、计算机技术、高等数学等相关课程

### 动手能力：

应熟悉实验室的基本操作和安全用电的常识

## 电子测量与仪器应用

### 理论基础

#### 基本概念与课程定位

#### 第1章 电子测量与仪器基础

#### 第2章 测量信号产生与仪器应用

#### 第3章 电压的测量与仪器应用

#### 第4章 频率测量与仪器应用

#### 第5章 电子元件参数测量与仪器应用

#### 第6章 信号波形测量与仪器应用

#### 第7章 频域测量与仪器应用

#### 第8章 数据域的测量与仪器应用

#### 第9章 自动测试技术及应用

### 主要仪器介绍

TFG 2003系列DDS函数信号发生器

DS-26A型直流数字电压表

E312A型通用电子计数器

QBG-3型Q表

XJ4810型晶体管特性图示仪

CA8020A型双踪示波器  
UT2102型数字示波器

BT3C-B型扫频仪  
DS8831Q型频谱分析仪

KH4116型全自动数字失真度测量仪

Flyto L-100逻辑分析仪

### 测量实验与技能训练

实验1 信号发生器的使用

实验2 电压表波形响应和频率响应的研究

实验3 信号源的频率和周期的测量

实验4、5 用电桥和晶体管图示仪测量元器件参数

实验6、7 用模拟和数字示波器测量信号的时域参数

实验8 频率特性测试仪的使用

实验9 频谱分析仪测量电视信号

实验10 测量信号的失真度

实验11 测试数字电路参数

第10章 电子产品测量与调试

## 职业岗位

电子产品装配、调试、检验与维修

电子产品工艺与品质管理

电子产品营销及技术服务

电子产品辅助设计与开发



绪论	(1)
第 1 章 电子测量与仪器基础	(3)
1.1 测量及其意义	(4)
1.2 电子测量的内容和特点	(4)
1.3 电子测量方法的分类	(6)
1.3.1 按测量方式分类	(6)
1.3.2 按被测信号的性质分类	(6)
1.3.3 选择测量方法的原则	(7)
1.4 测量误差的基本概念	(7)
1.4.1 测量误差的表示方法	(8)
1.4.2 测量误差的来源	(11)
1.4.3 测量误差的分类	(11)
1.5 测量结果的表示及有效数字	(12)
1.5.1 测量结果的表示	(12)
1.5.2 有效数字及有效数字位	(12)
1.5.3 数字的舍入规则	(13)
1.5.4 数字近似运算法则	(13)
1.6 电子测量仪器的分类与误差	(14)
1.6.1 电子测量仪器的分类	(14)
1.6.2 电子测量仪器的误差	(15)
知识梳理与总结	(16)
练习题 1	(16)
第 2 章 测量信号产生与仪器应用	(18)
案例 1 函数信号发生器在测量放大电路中的应用	(19)
2.1 信号源的用途、种类、性能指标	(20)
2.1.1 信号源的用途	(20)
2.1.2 信号源的种类	(20)
2.1.3 信号源的性能指标	(21)
2.1.4 信号发生器的一般组成	(23)
2.1.5 信号发生器的测量方法	(23)
2.2 正弦信号发生器	(24)

2.2.1	低频信号发生器	(25)
2.2.2	高频信号发生器	(27)
2.2.3	合成信号发生器	(28)
2.3	函数信号发生器	(30)
2.3.1	函数信号发生器的分类	(31)
2.3.2	脉冲式函数信号发生器	(31)
2.3.3	正弦式函数信号发生器	(33)
2.4	脉冲信号发生器	(33)
2.4.1	矩形脉冲信号参数	(33)
2.4.2	脉冲信号发生器的分类	(34)
2.4.3	脉冲信号发生器的组成及工作原理分析	(34)
2.5	任意波形发生器	(35)
2.5.1	任意波形发生器技术特性	(35)
2.5.2	任意波形发生器工作原理分析	(36)
2.6	典型仪器——TFG 2003 型 DDS 函数信号发生器	(37)
2.6.1	主要性能指标	(38)
2.6.2	工作原理及使用条件	(39)
2.6.3	操作面板和用户界面	(40)
2.6.4	基本操作	(42)
实验 1	信号发生器的使用	(45)
知识梳理与总结		(47)
练习题 2		(48)
<b>第 3 章</b>	<b>电压的测量与仪器应用</b>	<b>(49)</b>
<b>案例 2</b>	<b>毫伏表的简单应用</b>	<b>(50)</b>
3.1	电压测量的分类与基本参数	(51)
3.1.1	电压测量的特点	(51)
3.1.2	电子电压表的分类	(52)
3.1.3	交流电压的基本参数	(54)
3.2	模拟交流电压表	(56)
3.2.1	均值电压表	(56)
3.2.2	峰值电压表	(59)
3.2.3	有效值电压表	(62)
3.2.4	典型仪器——DA-36 型超高频毫伏表	(64)
3.3	数字电压表	(65)
3.3.1	数字电压表的主要技术指标	(65)
3.3.2	转换器原理	(67)
3.3.3	数字电压表的自动功能	(70)
3.3.4	典型仪器——DS-26A 型直流数字电压表	(72)
3.4	数字多用表	(73)



3.4.1	数字多用表的特点	(73)
3.4.2	数字多用表的基本组成	(73)
3.4.3	测量电路	(74)
3.4.4	典型仪器——DT-9208 型数字多用表	(76)
3.5	电压表的选择和使用	(78)
3.5.1	电压表的选择	(78)
3.5.2	电压表的正确使用	(78)
	实验 2 电压表波形响应和频率响应的研究	(80)
	知识梳理与总结	(81)
	练习题 3	(82)
<b>第 4 章</b>	<b>频率测量与仪器应用</b>	<b>(83)</b>
	案例 3 用计数器测量电视机副载波振荡电路	(84)
4.1	频率的概念与测量方法	(85)
4.2	电子计数器测量原理与应用	(87)
4.2.1	电子计数器的分类	(87)
4.2.2	电子计数器的基本组成	(88)
4.2.3	电子计数器的主要技术指标	(89)
4.2.4	通用电子计数器测频原理	(91)
4.2.5	频率测量误差分析	(92)
4.2.6	电子计数器测量周期的原理	(94)
4.2.7	周期测量误差分析	(95)
4.2.8	倒数计数器	(95)
4.3	典型仪器——E312A 型通用电子计数器	(97)
	实验 3 信号源的频率和周期的测量	(101)
	知识梳理与总结	(103)
	练习题 4	(103)
<b>第 5 章</b>	<b>电子元件参数测量与仪器应用</b>	<b>(105)</b>
	案例 4 电子元件参数的测量	(106)
5.1	集总参数元件阻抗的测量	(106)
5.1.1	集总参数元件的类别	(107)
5.1.2	电桥法测量集总参数元件	(108)
5.1.3	典型仪器——QS18A 型万用电桥	(112)
5.1.4	谐振法测量集总参数元件	(114)
5.1.5	典型仪器——QBG-3 型 Q 表	(117)
5.2	电子器件特性及参数测量仪器	(119)
5.2.1	电子器件参数测量仪器的分类	(119)
5.2.2	晶体管特性曲线的测量方法	(120)
5.2.3	晶体管特性图示仪	(122)

5.2.4 典型仪器——XJ4810 型晶体管特性图示仪	(126)
实验 4 用数字电桥测试电子元件参数	(130)
实验 5 半导体晶体管参数的测量	(133)
知识梳理与总结	(138)
练习题 5	(139)
<b>第 6 章 信号波形测量与仪器应用</b>	<b>(140)</b>
<b>案例 5 用示波器观测彩色电视机视放末级的三基色信号</b>	<b>(141)</b>
6.1 示波器的种类与技术指标	(142)
6.2 CRT 显示原理	(144)
6.2.1 CRT 示波管的结构及作用	(144)
6.2.2 波形显示原理	(146)
6.3 模拟示波器的原理与应用	(151)
6.3.1 模拟示波器的组成	(151)
6.3.2 模拟示波器的垂直通道 (Y 通道)	(151)
6.3.3 模拟示波器的水平通道 (X 通道)	(153)
6.3.4 示波器的多波形显示	(157)
6.4 取样示波器	(158)
6.4.1 取样示波器的工作原理	(158)
6.4.2 取样示波器的基本组成	(160)
6.4.3 取样示波器的主要参数	(161)
6.5 典型仪器——CA8020A 型双踪示波器	(162)
6.6 数字存储示波器的原理与应用	(166)
6.6.1 数字存储示波器的特点	(166)
6.6.2 数字存储示波器的主要技术指标	(168)
6.6.3 数字存储示波器的组成和工作原理	(169)
6.6.4 典型仪器——UT2102 型数字示波器	(171)
6.7 示波器的选择和使用	(178)
6.7.1 示波器选择的一般原则	(178)
6.7.2 示波器的正确使用	(179)
6.8 示波器的基本测量方法	(181)
6.8.1 电压测量	(181)
6.8.2 时间测量	(183)
6.8.3 测量相位差	(185)
6.8.4 测量频率	(186)
6.8.5 测量调幅系数	(187)
实验 6 测量信号发生器的时域参数 (1)	(188)
实验 7 测量信号发生器的时域参数 (2)	(189)
知识梳理与总结	(193)
练习题 6	(195)

第 7 章 频域测量与仪器应用 .....	(197)
案例 6 电视机中放幅频特性曲线的测量 .....	(198)
7.1 频域测量的概念与分类 .....	(199)
7.1.1 时域测量与频域测量的比较 .....	(199)
7.1.2 频域测量的分类 .....	(200)
7.2 线性系统频率特性测量 .....	(201)
7.2.1 幅频特性的测量 .....	(201)
7.2.2 相频特性的测量 .....	(203)
7.3 扫频仪的原理与应用 .....	(204)
7.3.1 扫频仪的组成 .....	(204)
7.3.2 扫频仪的工作原理 .....	(204)
7.3.3 典型仪器——BT3C-B 型扫频仪 .....	(207)
实验 8 频率特性测试仪的使用 .....	(211)
案例 7 用频谱分析仪测量有线电视信号 .....	(213)
7.4 频谱分析仪的原理与应用 .....	(214)
7.4.1 频谱分析仪的分类 .....	(214)
7.4.2 频谱分析仪的主要技术指标 .....	(215)
7.4.3 频谱分析仪的结构和工作原理 .....	(217)
7.4.4 典型仪器——DS8831Q 型频谱分析仪 .....	(219)
实验 9 用频谱分析仪测试 CATV 射频电视信号的频谱 .....	(226)
案例 8 用失真度仪测量放大电路的失真度 .....	(227)
7.5 失真度分析仪的原理与应用 .....	(228)
7.5.1 失真度的定义 .....	(228)
7.5.2 谐波失真度的定义 .....	(228)
7.5.3 基波抑制法的测量原理 .....	(229)
7.5.4 失真度测量仪的误差 .....	(229)
7.5.5 典型仪器——KH4116 型全自动数字低失真度测量仪 .....	(230)
实验 10 用失真度仪测量信号发生器的失真度 .....	(233)
知识梳理与总结 .....	(234)
练习题 7 .....	(235)
第 8 章 数据域的测量与仪器应用 .....	(236)
案例 9 逻辑分析仪在嵌入式系统调试中的应用 .....	(237)
8.1 数据域分析基础知识 .....	(238)
8.1.1 数据域分析的基本概念 .....	(238)
8.1.2 数据域测量的特点 .....	(238)
8.1.3 数据域测量的方法 .....	(240)
8.1.4 数据域测试系统与仪器 .....	(241)
8.1.5 数字系统的简易测试 .....	(241)

8.2	逻辑分析仪	(243)
8.2.1	逻辑分析仪的特点和分类	(244)
8.2.2	逻辑分析仪的基本组成和功能	(245)
8.2.3	逻辑分析仪的工作原理	(246)
8.2.4	逻辑分析仪与电子示波器的比较	(250)
8.2.5	逻辑分析仪的应用	(251)
8.3	典型仪器——Flyto L-100 逻辑分析仪	(253)
8.3.1	Flyto L-100 逻辑分析仪的主要技术指标	(253)
8.3.2	Flyto L-100 逻辑分析仪的特性	(254)
8.3.3	Flyto L-100 逻辑分析仪的使用方法	(255)
	实验 11 用逻辑分析仪测试数字电路参数	(258)
	知识梳理与总结	(258)
	练习题 8	(259)
<b>第 9 章</b>	<b>自动测试技术及应用</b>	<b>(260)</b>
9.1	自动测试技术的发展	(261)
9.2	智能仪器及应用	(263)
9.2.1	智能仪器的基本组成	(263)
9.2.2	智能仪器的特点	(264)
9.2.3	智能仪器的典型功能	(265)
9.2.4	智能仪器应用举例	(267)
9.3	虚拟仪器	(270)
9.3.1	虚拟仪器的特点	(270)
9.3.2	虚拟仪器的硬件构成与分类	(271)
9.3.3	虚拟仪器的软件结构	(272)
9.3.4	典型产品介绍	(274)
9.4	自动测试系统	(275)
9.4.1	自动测试系统的基本组成	(275)
9.4.2	GPIB 标准接口总线系统	(277)
9.4.3	VXI 总线系统	(280)
9.5	网络化仪器	(284)
9.5.1	网络化仪器的结构和特点	(284)
9.5.2	现场总线系统	(285)
	知识梳理与总结	(288)
	练习题 9	(288)
<b>第 10 章</b>	<b>电子产品测量与调试</b>	<b>(290)</b>
10.1	功放静态参数的测量与调试	(291)
10.2	功放动态参数的测量与调试	(294)

10.2.1 功放输出功率的测试.....	(294)
10.2.2 功放失真度的测试.....	(296)
10.3 测量技术在电子产品检验中的应用 .....	(299)
<b>附录 A LabVIEW 软件功能与应用 .....</b>	<b>(312)</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>(325)</b>



# 绪 论

## 1. 电子测量的概念

测量的目的是准确地获取被测参数的值。通过测量能使人们对事物有定量的概念，从而发现事物的规律性。因而，测量是人们认识事物不可缺少的手段。离开测量，人们就不能真正准确地认识世界。物理定律是定量的定律，只有通过精密的测量才能确定它们的正确性。光谱学的精密测量帮助人们揭示了原结构的秘密，对 X 射线衍射的研究揭示了晶体的结构，用射电望远镜发现了类星体和脉冲星……这类例子不胜枚举。

另一方面，科学技术的发展也推动了测量技术的发展。像时间这样的基本量，在以前很长一段时期内一直用沙钟和滴漏进行极其粗略的测量，直到伽利略对摆的观察才启发人们用计数周期的谐振系统（如钟表）来测量时间。目前，使用铯原子谐振和氢原子谐振来测量时间，其准确度相当于在 3 万年内误差小于 1s。可见，现代测量仪器是科学研究的成果之一，而测量仪器又促进了科学技术的发展，两者的关系是相辅相成的。

电子测量是指利用电子技术进行的测量。在电子测量中采用的仪器称为电子测量仪器，简称电子仪器。电子测量分为两类：一类是测电压、电容或场强之类的电子量；另一类是运用电子技术来测量压力、温度或流量之类的非电物理量。

## 2. 电子仪器与测量技术的发展

本课程主要讨论第一类电子测量仪器。近 20 多年来，电子技术特别是微电子技术和计算机技术的迅猛发展促进了电子仪器技术的飞跃发展。电子仪器与计算机技术相结合使功能单一的传统仪器变成先进的智能仪器和由计算机控制的模块式测试系统。微电子技术及相关技术的发展，不断为电子仪器提供各种新型器件，如 ASIC 电路、信号处理器芯片、新型显示器件及新型传感器等，不仅使电子仪器变得“灵巧”、功能强、体积小、功耗低，而且使过去难以测试的一些参数变得容易测试，调制域仪器的出现就是一例。

电子仪器及测量技术的发展又是其他技术发展的保证。微型计算机采用总线结构，信号多路传输，信息在某些指定时刻有效，因而采用传统示波器、电压表之类的仪器对计算机系统进行测试难以奏效，必须采用如逻辑分析仪、特征分析仪、仿真器及计算机开发系统之类的新型数据域测试仪器进行测试、调试和故障诊断。微电子技术的飞跃发展，使数字电路的集成度和工作速度不断提高，在一个芯片内可包含数百万个器件，但芯片的引脚数是有限的，为了通过有限的引脚对高度复杂的芯片进行全面测试，不仅要求研究新的测试理论和测试算法，开发大型先进的测试系统，而且要求采用新的电路设计，即数字电路的可测性设计技术、内建自测试技术及边界扫描设计技术。

以前，数字电路的设计者所追求的目的是实现要求的逻辑功能。现在，除了逻辑功能外，还要求设计的电路可测和易测，若设计时不考虑测试问题，则可能面临这样的情况，即采用当今世界上最先进的测试设备也无法对电路进行全面测试，因而不能投产。包括协议分析仪在内的新型通信仪器的出现，保证了计算机网络和通信产业的迅速发展；光纤测试仪器的出现则促进了光纤通信的发展。





20 世纪 70 年代以来, 计算机技术和微电子技术的惊人发展对电子仪器及自动测试领域产生了巨大的影响。20 多年来在仪器和测试领域产生了 4 项重大发明, 它们是智能仪器、 GPIB 接口总线、个人仪器及 VXI 总线系统。这些技术的采用, 改变了并且将继续改变仪器和测试领域的发展进程, 使之朝着智能化、自动化、小型化、模块化和开放式系统的方向发展。

杰出科学家门捷列夫曾说过, “没有测量, 就没有科学。” 电子信息科学是现代科学技术的象征, 它的三大支柱是: 信息的获取技术(测试/测量技术)、信息的传输技术(通信技术)、信息的处理技术(计算机技术)。三者中信息的获取是首要的, 因为电子测量是获取信息的重要手段。因此, 国内高校的许多工科专业, 尤其是电子信息类专业, 都把“电子测量”作为一门十分重要的基础课程。“电子测量与仪器应用”课程建设紧随学科建设的步伐, 不断适应电子测量技术发展的规律, 近几年来取得了丰硕的成果。

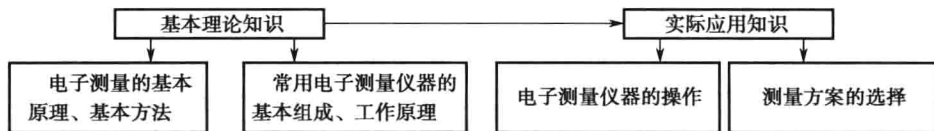
### 3. 课程定位

“电子测量与仪器应用”是应用电子、电子信息工程、通信技术等专业不可缺少的专业课, 培养学生具备电子测量技术方面的基础能力, 使学生掌握有关电子测量的基本知识, 具备正确选择测量方案和使用电子测量仪器的能力, 同时也为后续有关课程学习和进行相关测量打下基础。

### 4. 课程内容与要求

#### 1) 知识结构

本课程的知识结构分解如下图所示。



本课程的主要内容包括: 电子测量和仪器的基本知识、测量信号产生与仪器应用、电压测量与仪器应用、频率测量与仪器应用、电子元器件参数测量与仪器应用、信号波形测量与仪器应用、频域测量与仪器应用、数据域测量与仪器应用、自动测量技术及应用、电子产品测试与调试等。

#### 2) 课程要求

课程要求分为以下两方面。

##### (1) 知识教学要求

- ① 了解电子测量技术的基本知识;
- ② 了解常用电子测量仪器的用途、性能及主要技术指标;
- ③ 掌握常用电子测量仪器的基本组成和工作原理。

##### (2) 能力培养要求

- ① 能根据被测对象正确地选择测量方案和仪器;
- ② 熟练掌握常用电子测量仪器(通用电子示波器、信号源、电子电压表、计数器、扫频仪、晶体管特性图示仪等)的正确操作;
- ③ 能对测量结果进行正确的处理;
- ④ 能对电子测量仪器进行基本维护和简单维修。

# 第1章

## 电子测量与仪器基础

### 教学导航

教	知识重点	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 电子测量的内容</li><li>2. 电子测量方法的分类</li><li>3. 测量误差的表示方法、来源及分类</li><li>4. 测量结果的表示</li><li>5. 电子测量仪器的分类及误差</li></ol>
	知识难点	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 测量误差的表示方法</li><li>2. 测量结果的表示</li><li>3. 有效数字的处理</li></ol>
	推荐教学方式	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 从测量误差的实际应用入手, 通过对应用的分析, 加深对测量误差的感性认识</li><li>2. 另举一实例, 进行案例分析, 介绍测量误差, 巩固理论知识, 将理论与实际结合起来, 同时拓展学生知识面</li></ol>
	建议学时	4 学时
学	推荐学习方法	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 本章注重对概念、各种测量仪器分类、误差等的理解</li><li>2. 通过案例掌握测量误差, 并对其进行实际应用</li><li>3. 查有关资料, 加深理解, 拓展知识面</li></ol>
	必须掌握的理论知识	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 测量误差的表示方法、来源及分类</li><li>2. 测量结果的表示</li></ol>
	必须掌握的技能	能够熟练认识各种测量仪器并能正确表示测量结果



## 1.1 测量及其意义

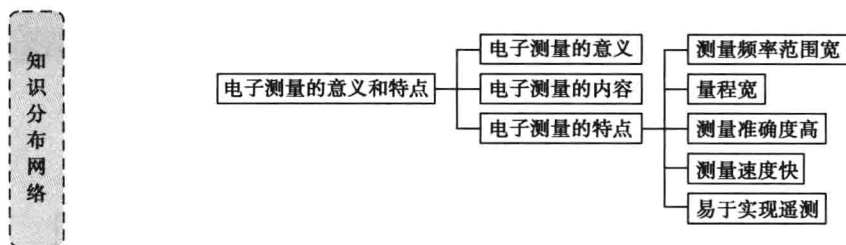
测量是人们对客观事物取得数量概念的认识过程。在这种认识过程中，人们依据一定的理论，借助于专门的设备，通过实验的方法求出被测量的量值或确定一些量值的依从关系。

通常，测量结果的量值由两部分组成：数值（大小及符号）和相应的单位名称。没有单位的量值是没有物理意义的。

一般来说，测量是一种比较过程，把被测量与同种类的单位量通过一定的测量方法进行比较，以确定被测量是该单位的若干倍。被测量的数值与所选单位成反比。

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。测量手段的现代化，已被公认是科学技术和生产现代化的重要条件和明显标志。

## 1.2 电子测量的内容和特点



### 1. 电子测量的意义

随着测量学的发展和无线电电子学的应用，诞生了以电子技术为手段的测量，即电子测量。

电子测量涉及极宽频率范围内所有电量、磁量及各种非电量的测量。目前，电子测量不仅因为其应用广泛而成为现代科学技术中不可缺少的手段，同时也是一门发展迅速、对现代科学技术的发展起着重大推动作用的独立学科。从某种意义上说，近代科学技术的水平是由电子测量的水平来保证和体现的。电子测量的水平是衡量一个国家科学技术水平的重要标志之一。

### 2. 电子测量的内容

本课程中，电子测量的内容是指对电子学领域内电参量的测量，主要有以下几项。

- (1) 电能量的测量，如电流、电压、功率等的测量。
- (2) 电路、元器件参数的测量，如电阻、电感、电容、阻抗的品质因数、电子器件参数等的测量。
- (3) 电信号特性的测量，如频率、波形、周期、时间、相位、谐波失真度、调幅度及逻辑状态等的测量。
- (4) 电路性能的测量，如放大倍数、衰减量、灵敏度、通频带、噪声指数等的测量。