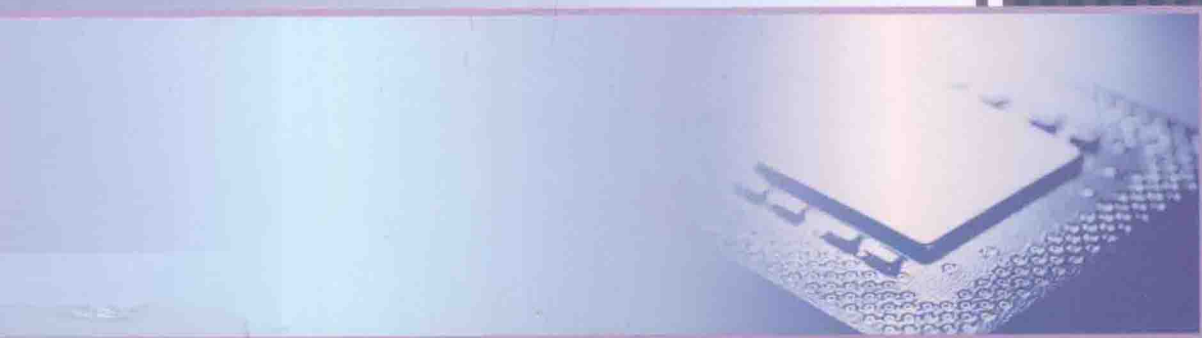




全国高职高专教育“十一五”规划教材

# 电子测量与仪器

■ 黄 燕 林训超 主编



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS

全国高职高专教育“十一五”规划教材

# 电子测量与仪器

黄燕 林训超 主编

高等教育出版社

### 图书在版编目(CIP)数据

电子测量与仪器/黄燕,林训超主编. —北京:高等教育出版社,2009.11

ISBN 978-7-04-028182-8

I. 电… II. ①黄…②林… 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. TM93

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第181581号

策划编辑 孙 薇      责任编辑 曲文利      封面设计 于 涛      责任绘图 尹 莉  
版式设计 范晓红      责任校对 王 超      责任印制 尤 静

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	咨询电话	400-810-0598
邮政编码	100120	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京铭成印刷有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
		畅想教育	<a href="http://www.widedu.com">http://www.widedu.com</a>
开 本	787×1092 1/16	版 次	2009年11月第1版
印 张	19	印 次	2009年11月第1次印刷
字 数	450 000	定 价	25.70元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 28182-00

# 前 言

以工作过程导向的课程开发方法和行动导向的教学方法，是当前世界上先进的职业教育课程开发方法之一，也是教育部在高等职业教育质量工程中提倡和在国家示范性高职院校建设项目课程改革中倡导的专业课程开发方法。所谓“工作过程”，是指在企业里为完成一项工作任务并取得工作成果而进行的一段完整的工作程序，它是动态的却又是相对稳定的。以工作过程导向，就是以针对岗位群的实际工作过程为主线，串起整个职业教育教学的各个环节和过程，让职业活动的各个元素，渗透和融合在以工作过程导向的教学过程中，渗透和融合在专业课程开发与设计中，从而形成职业化的课程和教学环境。通过这种环境培养出来的学生，浑身都会充满职业的气息，成为企业所需要的高职院校的毕业生。

按照以工作过程导向的课程改革思路，在德国职业教育专家的指导下，成都航空职业技术学院进行了电子信息工程技术专业课程体系的开发和设计，形成了适应中国高职教育的电子信息工程技术专业“1+3”结构专业课程体系，并对这个专业课程体系中的专业核心课程“电子测量与仪器”课程进行了重点开发和建设，本教材就是国家示范性高职院校建设项目以工作过程导向课程改革的成果。

“电子测量与仪器”课程在电子信息工程技术专业“1+3”结构专业课程体系中属于专项能力训练课程，其课程核心目标是使用电子仪器完成电子测量工作任务。本课程的设计思路是贯彻以工作过程导向的课程开发方法和行动导向的教学方法，课程内容选取以实际工程应用中具有典型性的工作项目(任务)为案例，并经过教学加工和重新设计，把必须掌握的理论知识 and 技能融合在完成项目任务的过程中，并以完成项目任务为课程教学结果。即精选企业使用的典型电子测量任务为载体(频率计、电压表、示波器等仪器为工具)，按照从简单到复杂的职业能力训练过程进行教学设计，从简单参数测量到复杂参数测量再到系统参数测量。学习情境和教学单元按照完整工作过程进行教学设计，将体现完整工作过程的各个元素融会于学习情景设计中，并采用任务驱动的一体化的教学方法实施教学。

本教材的构建是以岗位职责需求为目标，适应电子测量与仪器应用发展的需要为出发点，与电子产品测试实际工作过程紧密联系，具有“教材内容实用、实效，理论与实际结合，掌握知识与培养能力并行”的特色。本教材注重培养学生在电子测量技术领域分析问题和解决问题的专项技能；使学生掌握电子测量的基本原理，分析、理解被测对象及其测量要求；选定测量方法并制订测量方案；选择常用的测量仪器或组建测量系统；进行实际的测量操作，采集和处理数据；以便学生在将来所从事的测试技术、计量和微机应用等技术活动中实现三个“正确”：正确地构建测量系统，正确地操作测量仪器，正确地进行数据采集、分析和处理。

系列的任务工作单是本教材的特色之一，任务工作单由企业技术专家提供，来源于企业工作一线，充分体现电子测量岗位工作任务完成过程的步骤(咨询、计划、决策、实施、检

查、评估)和相关要素(职责、任务、流程、对象、方法、工具、组织等),并经过教育专家的教学加工和重新设计,成为完成教学任务的教学载体。教材中的章节设计贯彻以工作过程导向,围绕项目任务展开教材内容,把必须掌握的理论知识和技能融会在完成测量项目任务的过程中,基本实现了基于工作过程的教材内容的开发。教材中采用项目教学或任务驱动法,使学生在完成测量任务中,学会并掌握工作过程所需要的知识和技能,同时感悟工作过程中的隐性知识,培养学生的各种能力并提高职业素养。

校企合作共同开发“航空电子信号采集系统”综合实训装置,是“电子测量与仪器”课程改革和本教材的另一特色,通过校企共建的专业实训室和共同开发的综合实训装置,将工作现场移植到学校教学中,使教学过程呈现岗位工作要素,即工作现场教学化、教学过程工作化,让学生在教学中感到工作就是学习、学习也就是工作。

本教材的主要内容为:第1章电子测量与仪器导论、第2章使用电子计数器测量频率与时间参数、第3章使用电压表测量电压参数、第4章使用示波器测量波形参数、第5章使用频率特性测试仪测量频域参数、第6章使用逻辑分析仪测量数字参数、第7章自动测试系统、附录1测量误差与数据处理、附录2信号发生器、附录3航空电子信号采集系统。

本教材编写者均为长期从事高等职业教育、担任“电子测量与仪器”课程讲授的一线教学骨干和长期从事电子测量工作的企业技术专家。其中,第1章由黄燕和林训超编写;第2章、附录1由黄燕编写;第3章、附录2由任菊编写;第4章、第6章由刘惠英编写,第5章、第7章由唐斌编写;本书中的任务工作单和附录3由雷鸣高工和陈孝波工程师编写;全书由黄燕和林训超主编,林训超统稿并撰写前言,电子科技大学通信学院副院长李广军教授于百忙之中审阅全书;最后,感谢为本教材编写做了大量工作的张春林、魏中以及黄宗磊等企业技术专家。

本教材适合高职高专电子信息类各专业学生使用,也可作为电子技术人员的参考书。

由于编者水平有限,错误和不妥之处在所难免,殷切希望广大读者批评指正。

编者

2009年9月

## 郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

反盗版举报传真：(010)82086060

E-mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

## 内 容 提 要

本教材是全国高职高专教育“十一五”规划教材，是高等职业教育电子信息类专业的专业核心课程“电子测量与仪器”课程的配套教材。本教材以企业电子测量工作任务为载体、以常规电子仪器为工具、以工作过程为主线设计和组织教学，着重培养学生使用电子仪器完成电子测量工作任务的专业技能。教材的内容符合职业工作实际，教学设计从简单电子参数测量到复杂参数测量再到系统参数测量，符合学生职业成长规律和认知规律。本教材的编写思想体现了以工作过程导向的课程改革理念，是高等职业教育课程改革的最新成果。

本教材共分7章，并有3个附录。第1章为本课程导论，介绍本课程的一些必要的基本概念、课程改革理念及课程学习方法；第2章到第7章，按照从简单到复杂再到系统的电子测量工作任务为主线设计章节，分别为：第2章使用电子计数器测量频率与时间参数、第3章使用电压表测量电压参数、第4章使用示波器测量波形参数、第5章使用频率特性测试仪测量频域参数、第6章使用逻辑分析仪测量数字参数、第7章自动测试系统。在附录中介绍了测量数据的处理方法、实施课程教学配套的部分实训仪器(信号发生器)和校企合作开发的实训装置(航空电子信号采集系统)。

本教材适用于高职高专院校电子信息工程技术类专业电子测量技术和电子仪器使用类课程的专业教材，也可作为高职高专电气技术、机电技术等相关专业的专业教材，以及其他学历培训用书、工程技术人员参考书和自学者的辅导书。

# 目 录

第 1 章 电子测量与仪器导论 .....	1
1.1 电子测量 .....	2
1.2 电子测量仪器 .....	7
1.3 电子测量仪器的计量检定 .....	13
1.4 电子测量过程中的注意事项 .....	18
1.5 怎样学习本课程 .....	23
本章小结 .....	26
第 2 章 使用电子计数器测量频率与时间参数 .....	27
2.1 概述 .....	28
2.2 电子计数器 .....	33
2.3 微波频率测量技术 .....	56
本章小结 .....	58
第 3 章 使用电压表测量电压参数 .....	59
3.1 概述 .....	60
3.2 模拟电压表 .....	67
3.3 数字电压表 .....	77
3.4 数字多用表 .....	93
本章小结 .....	96
第 4 章 使用示波器测量波形参数 .....	97
4.1 概述 .....	98
4.2 模拟示波器 .....	105
4.3 示波器测量功能 .....	119
4.4 数字存储示波器 .....	130
本章小结 .....	145
第 5 章 使用频率特性测试仪测量频域参数 .....	147
5.1 概述 .....	148
5.2 频率特性测试仪 .....	152
5.3 频谱分析仪 .....	165
本章小结 .....	178
第 6 章 使用逻辑分析仪测量数字参数 .....	179
6.1 概述 .....	180
6.2 逻辑分析仪的基本工作原理 .....	187



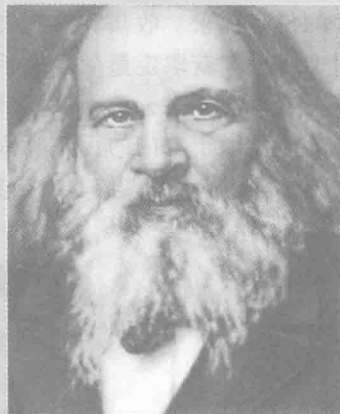
本章小结	197
第7章 自动测试系统	199
7.1 概述	200
7.2 接口总线系统	203
7.3 自动测试软件平台技术	214
7.4 自动测试系统的组建	216
本章小结	223
附录1 测量误差与数据处理	225
附录2 信号发生器	257
附录3 航空电子信号采集系统	283
参考文献	295

## 第1章 电子测量与仪器导论

著名科学家门捷列夫说过“没有测量，就没有科学”。

测量与仪器是科学研究中信息获取、处理和显示的重要手段，是人们认识客观世界取得定性或定量信息的基本方法，是信息工程的源头和重要组成部分。电子测量与仪器是指利用电子技术对电量与非电量进行测量的方法与设备。

信息技术产业的研究对象及产品是与电子测量紧密联系的，例如，从元器件的生产到电子设备的组装调试，从产品的销售到维护都离不开电子测量。因而，电子测量与仪器是电子产品开发、生产调试以及维护的重要方法与工具。除此之外，它们还广泛地应用于科学技术的各个领域，如地质学、医学、机械制造、冶金工业、食品业、航空航天和军事装备等。由此，从某种意义上来说，电子测量技术与仪器的水平常常是衡量一个国家科技发展和生产技术水平的重要标志之一。



著名科学家门捷列夫

### 学习目的与要求

掌握电子测量、电子测量仪器的基本概念及其内涵；掌握电子测量标准与计量的概念；熟悉电子测量过程中的注意事项，为后续章节的学习打下基础。

## 1.1 电子测量

测量科学的先驱开尔文说：“一个事物如果能够测量它，并且能用数字来表达它，你对它就有了深刻的了解，但如果你不知道如何测量它，且不能用数字表达它，那么你的知识可能就是贫瘠的。”

### 一、测量的基本概念

测量是探求、收集和整理表征事物性质及其相互关系的各种资料与数据的过程，是人们对客观世界获取定量信息的手段。也就是说，测量是以确定被测对象量值为目的的全部操作。从本质上讲，测量就是将未知量与一个假定已知量进行比较的过程。在测量过程中，人们借助于专门的设备，依据一定的理论，通过实验的方法来确定被测量的量值。例如，图 1-1 所示是人们非常熟悉的两个测量实例，用天平称重物以及用万用表测电流。

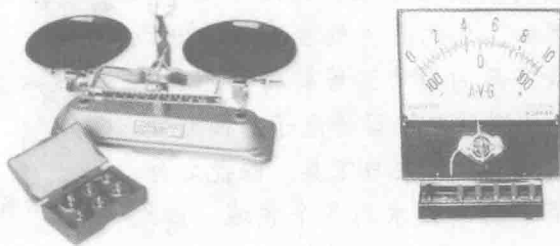


图 1-1 测量实例

对天平来说，测量过程就是把未知质量的物体放在天平左边的砝码盘里，标准砝码放在天平右边的砝码盘里，调整标准砝码直到两边平衡，物体的质量就可以通过已知标准砝码的质量总和来表示。对万用表来说，测量过程就是指针的指示值能分割出多少个标准单位刻度。所以，被测量的大小就是量值 = 数值 × 计量单位。没有计量单位的数值是不能作为量值的，也是没有物理意义的。

从上面的测量实例可以得出测量的内涵有以下几方面：

**测量目的** 获取被测对象的定量值。

**测量过程** 通过实验去认识被测对象的过程。

**测量方法** 比较。

**测量标准** 同类已知单位。

**测量结果** 最终能表示给测量人员。



**提示：**测量过程中，已知量就被称为“标准”，专门的设备就称为“测量仪器”，读数值的精度和标准是一致的。利用标准来调节仪器的精度过程称为“校准”。在实际应用中，测量仪器必须定期送到标准计量室进行校准。

## 二、电子测量的基本概念

电子测量是泛指以电子技术为基本手段进行的测量。在电子测量过程中,是以电子技术理论为依据,以电子测量仪器和设备为工具,对各种电磁参量进行测量,还可以通过各种传感器对非电量进行测量,如图 1-2 所示为电子测量的示意图。

### 1. 电子测量的基本要素

从图 1-2 中可以得出电子测量的 5 个基本要素,如图 1-3 所示。

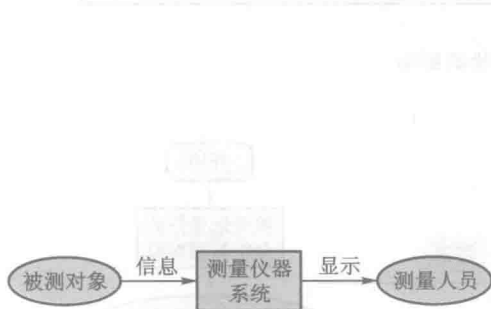


图 1-2 电子测量示意图

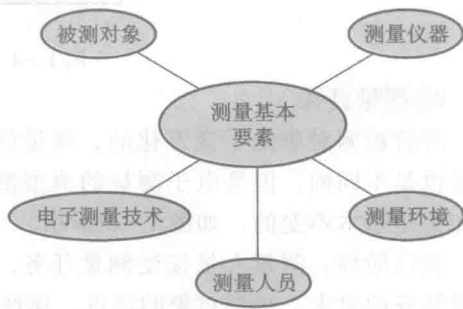


图 1-3 电子测量的基本要素

**被测对象：**主要指待测的物理量，如温度、压力、电压、重量和时间等量中的相应量值信息。

**测量仪器系统：**包括量具、测试仪器、测试系统及附件等。

**测量人员：**完成整个测量工作，可通过手动测量和自动测量来完成。手动测量指由测量人员直接参与完成；自动测量指测量工作交给智能设备（如计算机等）完成，但测量策略、软件算法、程序编写需由测量人员事先设计好。

**电子测量技术：**指测量中所采用的原理、方法和技术措施。它需要解决两个方面的问题：测量所采用的方案以及测量结果的分析。电子测量的基本技术有：变（转）换、比较、处理和显示。



**提示：**变（转）换技术包括：量值变换、阻抗变换、频率变换、波形变换、参量变换、能量变换、模/数和数/模转换。

比较技术包括：电压比较、阻抗比较、频率（时间）比较、相位比较、数字比较。

处理技术包括：模拟运算、数字计算、数字信号处理。

显示技术包括：指针式显示、发光二极管显示、阴极射线显示、液晶显示。

**测量环境：**指测量过程中，人员、对象和仪器系统所处空间的物理和化学条件的总和。



**提示：**测量环境包括：温度、湿度、力场、电磁场、辐射、化学气雾、粉尘、霉菌和相关电磁量（工作电压、源阻抗、负载阻抗、地磁场、雷电等）的数值、范围及其变化，如图 1-4 所示。

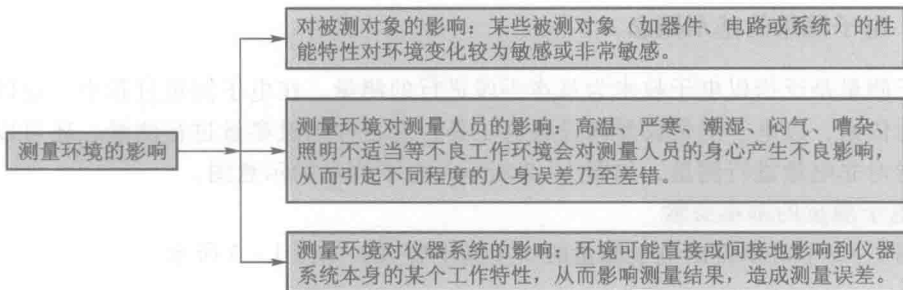


图 1-4 测量环境的影响

## 2. 测量过程

尽管被测对象是千变万化的，测量的复杂程度也是不同的，但是电子测量的典型测量过程却都是基本不变的，如图 1-5 所示。

**资讯阶段：**测量人员接受测量任务，分析测量任务的要求、被测对象的特点、属性。

**决策阶段：**根据现有仪器设备状况，拟定合理的测量方案，选用测量仪器，决定测量技术。

**计划阶段：**制订出测量策略（包括测量算法），拟定测量步骤。

**实施阶段：**完成仪器互连并组建成测量系统，对仪器和系统进行操作，按照逻辑和时序完成测量，记录测量数据。

**检查阶段：**分析测量误差，确定测量数据的有效性。

**评估阶段：**对测量数据进行处理并显示测量结果，编制测量技术报告。

## 3. 电子测量的特点

20 世纪 30 年代，测量科学与电子科学开始结合，产生了电子测量技术。采用各种电子测量技术所进行的电子测量在以下几个方面具有很强的能力，如图 1-6 所示。

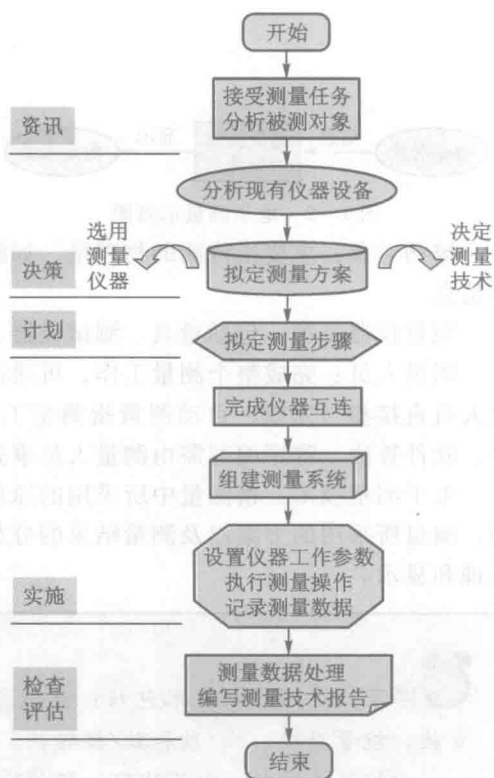


图 1-5 测量过程

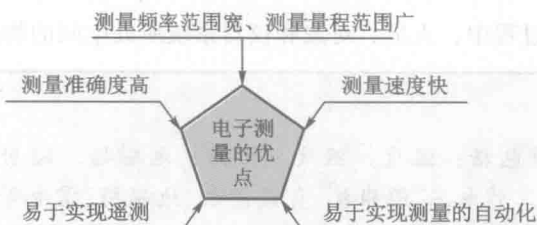


图 1-6 电子测量的优点

### (1) 测量频率范围宽

电子测量的频率范围极宽,被测信号的频率范围除测量直流外,测量的交流信号低至 $10^{-4}$ Hz以下,高至 $10^{12}$ Hz以上。在不同的频率范围内,电子测量所依据的原理、使用的测量仪器、采用的测量方法也各不相同。

### (2) 测量量程范围广

电子测量的另一个特点是被测对象的量值大小相差悬殊,要求电子测量仪器应具有足够的测量范围。如数字万用表对电压测量由纳伏(nV)级至千伏(kV)级电压,量程达12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,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。这是目前人类在测量准确度方面达到的最高指标。因此,为了提高测量准确度,人们往往把其他参数转换成频率或时间后再进行测量。

### (4) 测量速度快

由于电子测量是基于电子运动和电磁波传播的原理进行的,因此,它具有其他测量不能比拟的高速度,这也是它在现代科学技术中得到广泛应用的另一个原因。例如,原子核的裂变过程、航空器和航天器的运行参数等的测量,都需要高速度的电子测量。

### (5) 易于实现遥测

通过各种类型的传感器,采用有线或无线的传输方式,可以实现对人体不便于接触或无法达到的领域(如深海、地下、卫星、高温炉、核反应堆内等)进行远距离测量,即遥测。

### (6) 易于实现测量的自动化

电子测量的被测量可通过模/数转换后与计算机相连接,组成各种自动测试系统,实现自动测量、数据分析和处理。

如今,电子测量不仅应用于电学各专业,还广泛应用于物理学、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方面。特别是在信息技术产业中,电子测量的地位尤为重要,从元器件的生产到电子设备的组装调试,从产品的销售到维护都离不开电子测量。如果没有统一和精确的电子测量,就无法对产品的技术指标进行鉴定,也就无法保证产品的质量。

电子测量除了以上的优点之外,也存在测量易受干扰、误差处理较为复杂等缺点。

## 4. 电子测量的内容

电子测量按具体的电参数对象进行分类,基本内容如图1-7所示。

### 5. 电子测量方法的分类

为了实现测量目的,正确选择测量方法是极其重要的,它直接关系到测量工作能否正确进行和测量结果的有效性。由于电子测量对象的广泛性、测量原理和测量方法的多样性,一个测量方案可以纳入不同的分类方法,因而可以赋予不同的名称。电子测量的几种常见分类方法如图1-8所示。

#### (1) 直接测量与间接测量

直接测量:用已标定的仪器,直接地测量出某一待测未知量的量值。例如,用电压表测量电压,用电子计数器测量频率等。

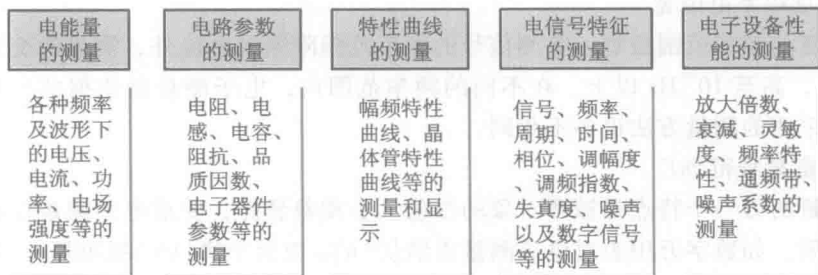


图 1-7 电子测量的内容



图 1-8 电子测量的几种常见分类

间接测量：对与未知待测量  $y$  有确切函数关系的变量  $x$  (或  $n$  个变量) 进行直接测量，然后通过函数表达式  $y=f(x)$  或  $y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ，计算出待测量  $y$ 。例如，要测电路中已知电阻  $R$  上消耗的功率  $P$ ，先测量加在  $R$  两端的电压降  $U$ ，再根据公式  $P=U^2/R$  求出  $P$ 。

#### (2) 时域测量、频域测量与数据域测量

时域测量：指测量幅值随时间变化的信号，如脉冲、方波及正弦波等。例如，示波器屏幕的横坐标代表时间，纵坐标代表幅值，用示波器能显示被测信号的瞬时波形，从而测量它的幅度、上升沿和下降沿等参数。

频域测量：指测量幅值和相位随频率变化的信号。例如，频谱分析仪屏幕的横坐标代表频率，纵坐标代表幅值，用频谱分析仪来分析被测信号的频谱、测量放大器的幅频特性等。



#### 提示：频域测量和时域测量的比较

频域测量和时域测量是测量线性系统性能的两种方法，是从两个不同的角度去观测同一个被测对象，其结果应该是一致的。从理论上讲，时域函数的傅里叶变换就是频域函数，而频域函数的傅里叶逆变换也就是时域函数。

数据域测量：指测量数字系统的功能和故障诊断。例如，逻辑分析仪对数字系统的逻辑状态进行测量，即测量数字信号是 1 还是 0。



提示：对数字系统进行测量的基本方法是：在系统的输入端加激励信号，观察由此产生的输出响应，并与预期的正确结果进行比较，一致则表示系统正常；不一致则表示系统有故障。

### (3) 静态测量与动态测量

**静态测量：**指对不随时间变化的（静止的）物理量进行的测量。

静态（直流）测量技术：测量过程不受时间限制，测量系统的输出与输入二者之间有着简单的对应关系和理想特性，测量精度也最高。

稳态（交流）测量技术：用正弦规律变化的电信号（最简单的周期性信号）作被测系统的激励，然后观测在此激励下的输出响应，以频率为变量对被测线性系统进行测量。可以测线性系统的稳态参数，包括：系统的阻抗、增益或损耗、相移、群延迟和非线性失真度，以及这些参量随频率变化的情况。

**动态测量：**指对随时间不断变化的物理量进行的测量。

动态（脉冲）测量技术：自然界存在大量瞬变冲击的物理现象，如爆炸、冲击、碰撞、放电、闪电和雷击等，对这类随时间瞬变对象进行测量，称为动态测量和瞬态测量。

瞬态测量有两种：一种是测量幅值随时间呈非周期性变化（突变、瞬变）的电信号；另一种是以最典型的脉冲或阶跃信号作被测系统的激励，观察系统的输出响应（随时间的变化关系），即研究被测系统的瞬态特性。

除此之外还有一些其他的分类方法。例如，根据被测量与测量结果获取地点的关系，分为本地测量和远地测量；根据对测量精度的要求不同，分为工程测量和精密测量；根据工作频率的不同，分为低频测量、高频测量和微波测量等。

## 1.2 电子测量仪器

采用电子技术测量电量或非电量的测量装置称为电子测量仪器。它是伴随着信息技术的发展而发展的，由最初的电子管仪器到晶体管仪器，再发展到集成电路仪器；由模拟仪器到数字仪器，再发展到智能仪器。随着计算机技术的发展，还出现了自动测试系统及虚拟仪器。

### 一、电子测量仪器的分类

电子测量仪器品种繁多，按功能分类可分为专用仪器和通用仪器两大类。专用仪器是为特定目的而专门设计制造的，它只适用于特定的测量对象和测量条件。通用仪器的灵活性好，应用面广，按功能主要可以分为以下几类，如图 1-9 所示。

### 二、电子测量仪器的技术条件

电子测量仪器的技术条件如图 1-10 所示。

**测量仪器的用途：**是指使用仪器的目的，它决定了仪器的功能、仪器的工作条件及工作特性。

**测量仪器的工作特性：**是用数值、误差范围等来表征仪器的性能，通常称为技术指标。分为电气工作特性和一般工作特性两类。以电压表为例，电气工作特性包括量程、误差、工作频率范围、波形响应及输入特性等；一般工作特性包括电源、尺寸、重量、可靠



信号发生器	• 用于提供测量所需的各种波形信号。如低频信号发生器、高频信号发生器、脉冲信号发生器、函数信号发生器和合成信号发生器等。
信号分析仪器	• 用于观测、分析和记录各种电量的变化,包括时域、频域和数据域分析仪,如电压表、示波器、电子计数器、频谱分析仪和逻辑分析仪等。
网络特性测量仪器	• 用于测量电气网络的频率特性、阻抗特性等,如频率特性测试仪、阻抗测试仪和网络分析仪等。
电子元器件测量仪器	• 用于测量各种电子元器件的电参数或显示元器件的特性曲线等,如电路元件( $R$ 、 $L$ 、 $C$ )测试仪、晶体管特性图示仪、集成电路测试仪等。
电波特性测试仪器	• 用于对电波传波、电磁场强度、干扰强度等参量进行测量,如测试接收机、场强测量仪、干扰测试仪等。
辅助仪器	• 用于配合上述各种仪器对信号进行放大、检波、衰减、隔离等,如各种放大器、检波器、衰减器、滤波器、记录仪以及交、直流稳压电源等。

图 1-9 通用电子测量仪器分类

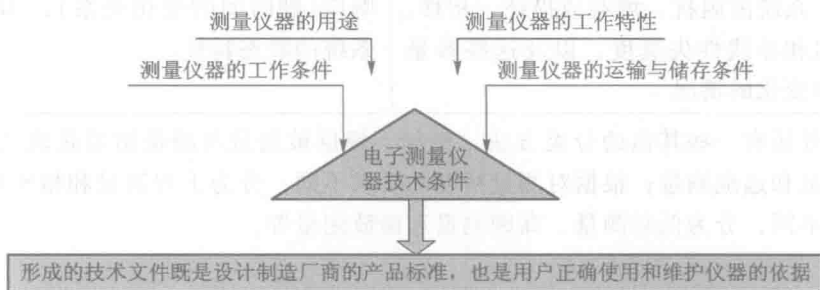


图 1-10 电子测量仪器的技术条件

性等。

**测量仪器的工作条件：**不但包括仪器适用的外界条件，而且还包括仪器的工作状态。分为基准工作条件、额定工作条件两种。基准工作条件是为了进行比较实验和校准实验而对各种影响量和影响特性规定的一组数值。额定工作条件是指测量仪器工作特性有效范围与影响量额定使用范围的总和。在额定工作范围内，仪器应满足规定的性能。

**测量仪器的运输与储存条件：**是指温度条件、湿度条件、大气压力条件、振动力条件、冲击条件等的总和。在这些条件规定的范围内，仪器在非工作状态条件下运输或储存应不致损坏，当它以后工作在额定条件时，其性能不会降低。

例如，我国制定的直流数字电压表技术条件标准(ZBY095—82)中，对A、B、C三个组别的额定工作条件分别作出规定，见表1-1。仪表对大气压也有要求，这是因为气压低，空气就稀薄，仪表的散热条件变差，功耗易超出额定值。因此，在高山、高原地区适当缩短仪表的连续开机时间或采用强迫风冷。

表 1-1 我国对直流数字电压表额定工作条件的规定

仪表组别	A	B	C
环境温度/ $^{\circ}\text{C}$	+5 ~ +40	-10 ~ +40	-25 ~ +55
相对湿度/(%)	20 ~ 80	10 ~ 90	5 ~ 95