

电子测量技术国家网络精品课程教材

电子测量技术

(第三版)

朱英华 李崇维 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

电子测量技术 / 朱英华, 李崇维主编. —3 版. —
成都: 西南交通大学出版社, 2021.1
ISBN 978-7-5643-7588-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 211248 号

Dianzi Celiang Jishu

电子测量技术

(第三版)

朱英华 李崇维 主编

责任编辑 张华敏
助理编辑 杨开春 唐建明 陈正余
封面设计 原谋书装

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市金牛区二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031
发行部电话 028-87600564 028-87600533
网址 <http://www.xnjdcbs.com>
印刷 四川煤田地质制图印刷厂

成品尺寸 185 mm × 260 mm
印张 16
字数 401 千
版次 2005 年 9 月第 1 版
2008 年 9 月第 2 版
2021 年 1 月第 3 版
印次 2021 年 1 月第 9 次
定价 45.00 元
书号 ISBN 978-7-5643-7588-1

课件咨询电话: 028-81435775

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

第三版前言

本教材自 2008 年出版第二版以来,受到老师、同学以及业界科技人员的普遍欢迎,西南交通大学采用本教材教学的“电子测量技术”课程在 2009 年被评为国家网络教育精品课程。

近年来,电子测量理论、电子测量方法及电子测量仪器的发展非常迅速。我国国家质量技术监督局曾在 1999 年发布了国家计量技术规范《测量不确定度评定与表示》(JJF1059—1999),之后,随着新的国际计量标准和规范的出现,我国国家质量技术监督局又于 2012 年发布了国家计量技术规范《测量不确定度评定与表示》(JJF1059.1—2012)和《用蒙特卡洛法评定测量不确定度》(JJF1059.2—2012),对测量结果、测量不确定度等概念给出了新定义,并明确了测量不确定度作为测量结果的一部分。目前,数字示波器已广泛应用于生产、教学和科研工作中,同时虚拟仪器技术也发展迅速,采用 LabVIEW 软件构建的虚拟仪器已广泛应用于测量测试领域,因此,为了保证本教材内容的科学性和先进性,我们对本教材第二版进行修订,推出了第三版。

为了使本教材在内容上紧跟测试测量领域的最新发展,我们在本教材第三版中对第二版的原有知识点进行了更新,例如,根据新的国家计量技术规范,更新了第一章“测量误差及测量不确定度”部分的内容,另外我们还在第三版教材中补充了许多新内容,如数字示波器的工作原理及测量方法、LabVIEW 程序开发环境和程序设计等,使本教材第三版在内容上更加完善,以满足读者学习最新电子测量技术的需求。

本教材第三版提供了与教材内容相关的电子课件,可帮助读者更好地学习教材内容,读者可扫描书中的二维码免费获取。另外,为了帮助使用本教材教学的任课老师进行课程教学,本教材第 7 章中的 LabVIEW 程序设计部分的 VI 程序代码可免费提供给任课老师,如有需要请与出版社联系,联系方式:张老师 13689090266,郭老师 18030834821。

本教材自出版以来,广大读者给予了较高评价,并给出了积极的建议和富有建设性的意见,在此对广大读者的关心和支持表示诚挚的谢意。同时,本教材第三版的出版和修订还得到了西南交通大学电气工程学院各级领导的关心和支持,尤其是金炜东教授、赵舵副教授和马磊教授对本教材提出了许多宝贵的意见,在此表示衷心的感谢。此外,本教材的编写还参考和引用了部分国内外同行的资料和文献,在此谨向这些资料和文献的原作者表示感谢。

电子测量的内容极其广泛、繁杂,而且电子测量技术还在不断地发展和更新,因此,本教材不可能囊括电子测量技术的全部内容。对于本教材存在的不足和疏漏,欢迎广大读者指出并提出宝贵意见,谢谢!

编者

2020 年 11 月

第二版前言

本教材自 2005 年出版以来，以其理论知识全面、内容新颖以及讲解清晰的特点，受到老师、同学的普遍欢迎，并被许多高校作为馆藏图书。在此期间，收到了不少读者的评价、建议和意见，在此，对于广大读者的关心和支持表示诚挚的感谢。

近年来，电子测量理论、电子测量方法在不断地发展和完善，电子测量仪器也不断地更新。因此，本教材的第二版补充了一些新内容，并对原来的部分内容进行了重写，使之更易于理解，结构上更完善。此外，我们还查阅了大量的文献资料，对原书中说法不妥之处进行了修订，以保证内容的科学性和合理性。

本教材第二版的出版和修订，不仅得到了广大老师、同学的支持和帮助，而且还得到了西南交通大学电气工程学院各级领导的关心和支持，其中晏寄夫副教授、胡鹏飞副教授和金炜东教授对本教材提出了许多宝贵的意见，在此编者表示衷心地感谢。另外，在本教材编写的过程中，参考和引用了部分国内外同行的资料和文献，谨向所有原作者表示感谢。

由于编者水平有限，难免会存在一些错误和不太令人满意的地方，欢迎广大读者多提宝贵意见，谢谢！

编者
2008 年 8 月

目 录

绪 论	1
习 题	7
1 测量误差与测量不确定度	8
1.1 测量误差	8
1.2 测量不确定度	18
1.3 建立测量模型	22
1.4 标准不确定度的评定	23
1.5 合成标准不确定度的评定	32
1.6 扩展不确定度的评定	36
1.7 测量不确定度报告	39
1.8 测量不确定度评定举例	42
习 题 1	45
2 电压测量技术	48
2.1 概 述	48
2.2 磁电式电压表	52
2.3 模拟电子电压表	55
2.4 数字式电压表	62
2.5 数字式多用表	80
2.6 电压测量的应用	83
习 题 2	88
3 时间与频率测量技术	90
3.1 概 述	90
3.2 频率和时间测量技术简述	93
3.3 电子计数器	94
3.4 电子计数器测量频率	97
3.5 电子计数器测量时间	101
3.6 提高电子计数器测频、测周准确度的方法	107
习 题 3	114

4	波形的显示和测量技术	116
4.1	概 述	116
4.2	示波管及波形显示原理	117
4.3	平板显示技术	122
4.4	模拟示波器	126
4.5	数字存储示波器	143
4.6	示波器的应用	160
	习 题 4	164
5	频域测量技术	167
5.1	概 述	167
5.2	频谱分析仪	170
	习 题 5	181
6	数据域测量技术	182
6.1	概 述	182
6.2	逻辑分析仪	186
	习 题 6	192
7	自动测试系统	193
7.1	概 述	193
7.2	测试总线技术	195
7.3	虚拟仪器	220
	习 题 7	248
	参考文献	250

本书数字会员使用说明：

1. 请使用微信扫描封底二维码，关注“交大 e 出版”微信公众号；
2. 点击商品链接或开通链接进入会员开通页面，选择“使用购物码支付”，输入刮层下的 12 位序列号并确认退出；
3. 至此，您已开通本书数字会员，可使用微信扫描书中任意二维码，免费畅享本书所有数字资源。

绪 论



本章课件

1. 测量及其重要意义

测量的目的是准确地获取被测参数的值。通过测量，人们可以获得对客观事物数量上的认知，可以从观察客观事物中总结出一般规律来。因而测量是人类认识自然和改造自然的重要手段。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，所获得的测量结果的量值一般包括两部分，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 $50\ \Omega$ ，某线路流过的电流 $3\ \text{A}$ ，某电压 $-10\ \text{V}$ 等。

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。其中，信息的获取技术是基础，而电子测量是获取信息的重要手段。

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。例如，光谱学的精密测量帮助人们揭示了原子结构的秘密；对 X 射线衍射的研究揭示了晶体的结构；利用射电望远镜发现了类星体和脉冲星。这类例子不胜枚举。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。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。

2. 电子测量概述

1) 电子测量的内容

电子测量是测量学的一个重要分支，是泛指以电子技术为手段而进行的测量。它是测量技术中发展最为先进的一部分，是测量学和电子学相结合的产物。

按具体的测量对象来分类，电子测量包括：

- ① 电能量的测量，如各种频率及波形下的电压、电流、功率、电场强度等的测量。
- ② 电信号特征的测量，如信号的波形和失真度、频率、周期、时间、相位、调幅度、调频指数、噪声以及数字信号的逻辑状态等参量的测量。
- ③ 电路参数和元器件的测量，如电阻、电感、电容、阻抗、品质因数、电子器件参数等的测量。
- ④ 电子设备性能的测量，如增益、灵敏度、衰减量、输出功率、放大倍数、噪声系数、频率特性等参数的测量。
- ⑤ 非电量的电测量。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

通过各种敏感器件和传感装置将许多非电量（如位移、速度、温度、压力、流量等）转换成电信号，再利用电子测量设备进行测量。传感技术的发展为这类测量提供了新的方法和途径。

2) 电子测量的特点

与其他测量相比，电子测量具有以下几个明显的特点：

a. 测量频率范围宽

电子测量除测量直流外，还包括测量交流，其频率范围低至 10^{-6} Hz 以下，高至 10^{12} Hz 以上。随着当今电子技术的发展，电子测量正向着更高频段发展。在不同的频率范围内，不仅被测量的种类会有所不同，而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。

b. 量程范围宽

量程是指测量范围的上限值与下限值之差。由于被测量的数值往往相差很大，因而要求测量仪器具有足够宽的量程。例如，数字万用表对电阻的测量范围，小到 10^{-5} Ω ，大到 10^8 Ω ，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）级的电压，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。

c. 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^{-15} ~ 10^{-16} 的数量级，这是目前在测量准确度方面达到的最高指标。因此，人们通常尽可能地把其他参数变换成频率信号再进行测量。例如，利用 A/D 变换器将电压信号转换为频率，再用电子计数器计数，就构成了数字电压表；利用传感器将重力转换为电信号，再用电子计数器计数，就构成了电子秤。

d. 测量速度快

电子测量是利用电子运动和电磁波传播进行工作的，它具有其他测量方法通常无法类比的高速度。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。像卫星、宇宙飞船等各种航天器的发射和运行，没有快速、自动的测量与控制，简直是无法想象的。

在有些测量过程中，为了减小误差，往往会在相同条件下对同一量进行多次测量，再用求平均值的方法得到结果；但是测量条件容易随时间变化，这时可以采用提高测量速度的方法，在短时间内完成多次测量。

e. 易于实现遥测和长期不间断的测量

如今，人们可以通过各种类型的传感器或电磁波、光、辐射的方式，对距离遥远或环境恶劣的、人体不便于接触或无法到达的区域（如人造卫星、深海、核反应堆内等）进行电子测量，从而实现遥测、遥控，并且可以在被测对象正常工作的情况下进行长期不间断的测量。

f. 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、自动转换量程、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。

由于电子测量技术有上述一系列优点，因此，它被广泛应用于科学技术的各个领域。

3) 电子测量的方法

一个物理量的测量可以通过不同的方法来实现。电子测量的方法很多，常见的有以下几种分类。

a. 按测量手段分类

按测量手段的不同，电子测量方法可分为直接测量、间接测量和组合测量。

① 直接测量：在测量过程中，测量结果不需要经过量值的变换或计算，可以直接从测量仪器仪表中读取，这种可以直接获取被测量量值的方法，称为直接测量。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。由于直接测量的测量过程简单迅速，因此被广泛应用于实际工程测量中。

② 间接测量：利用直接测量的量与被测量之间的函数关系（公式、曲线或表格等），通过计算而得到被测量量值的测量方法，称为间接测量。例如，要测量电阻 R 上消耗的直流功率 P ，在没有功率表的情况下，可以先直接测量电压 U 、电流 I ，而后根据函数关系 $P = UI$ 进行计算，“间接”获得功率 P 。间接测量费时、费事，多用在不便于直接测量的情况或科学实验中。

③ 组合测量：当某个被测量与几个未知量有关，通过改变测量条件对被测量进行多次测量，根据被测量与未知量的函数关系列方程组并求解，从而得到未知量的测量方法，称为组合测量。它是一种兼有直接测量和间接测量的方法。组合测量复杂、费时；但易达到较高的准确度，适用于科学实验或一些特殊场合。

b. 按被测量性质分类

按被测量性质的不同，测量方法又分为时域测量、频域测量、数据域测量和随机测量。

① 时域测量：是指以时间作为函数的量的测量。例如，电压、电流等被测量的稳态值和有效值大多利用仪表直接进行测量，它们的瞬时值可通过示波器等仪器显示其波形来进行观测得到，并可以观测其随时间变化的规律。

② 频域测量：是指以频率作为函数的量的测量。例如，电路的增益、相位移等被测量可通过分析电路的频率特性或频谱特性来进行测量。

③ 数据域测量：是指对数字量进行的测量。例如，使用逻辑分析仪可以同时观测许多单次并行的数据；对于微处理器地址线、数据线上的信号，既可显示其时序波形，也可利用“1”“0”来显示其逻辑状态。

④ 随机测量：主要是指对各类噪声、干扰信号等随机量的测量。

c. 按测量方式分类

① 直读法：使用直接指示被测量大小的指示仪表进行测量，能够直接从仪表刻度盘上或者显示器上读取被测量数值的测量方法，称为直读法。例如，用欧姆表测量电阻时，从欧姆表的指示盘上可以直接读出被测电阻的数值。这一读数被认为是可信的，因为欧姆表的数值事先用标准电阻进行过校验，标准电阻已将它的量值和单位传递给欧姆表，间接地参与了测量。直读法的测量过程简单，操作容易，读数迅速，但测量的准确度不高。

② 比较法：将被测量与标准量在比较仪器中直接比较，从而获得被测量数值的方法，

称为比较法。例如，利用电桥测量电阻，标准电阻直接参与了测量过程。在电子测量中，比较法具有很高的测量准确度，但是测量操作比较复杂。

比较法又分为零值法、微差法和替代法三种。

零值法又称为平衡法，它是利用被测量和标准量对仪器的相互抵消作用，当指零仪表指示为零时，表示二者的作用相等，仪器达到平衡状态，此时按一定的关系可计算出被测量的数值。

微差法是通过测量被测量与标准量的差值或正比于该差值的量，根据标准量来确定被测量数值的方法。

替代法是分别把被测量和标准量接入同一测量系统中，当用标准量替代被测量时，调节标准量，使系统的工作状态在替代前后保持一致，然后根据标准量来确定被测量数值的方法。用替代法测量时，由于替代前后测量系统的工作状态是一样的，因此仪器本身的性能和外界因素对替代前后的影响几乎是相同的，有效地消除了外界因素对测量结果的影响。

电子测量的方法除了上述几种常见类型外，还有很多其他方法，比如动态与静态测量技术、模拟与数字测量技术、实时与非实时测量技术、有源与无源测量技术、点频和扫频与多频测量技术等。

3. 电子测量仪器及其发展概况

用于测量一个量或为测量目的提供一个量的器具，称为测量仪器，包括各种指示仪器、比较式仪器、记录式仪器、信号源和传感器等。利用电子技术测量电量或非电量的测量仪器，称为电子测量仪器。

电子测量仪器的发展大体上经历了三个阶段：模拟式仪器、数字化仪器和自动测试系统。

1) 模拟式仪器

这类仪器目前在很多实验室里仍能看到，如指针式的电压表、电流表、功率表、电阻表等。它们的基本结构是电磁机械式的，借助指针来显示测量结果。模拟式仪器功能简单、精度低、响应速度慢。

2) 数字化仪器

数字化仪器是将待测的模拟信号转化为数字信号进行测量，并以数字信号的方式输出测量结果。这类仪器目前相当普及，数字电压表、数字频率计就是典型的数字化仪器。数字化仪器精度高、响应速度快，读数清晰、直观，测量结果可打印输出，也容易与计算机技术相结合。

3) 自动测试系统

随着科学技术和生产力的发展，测量任务越来越复杂，测量工作量也越来越大，对测量准确度和测量速度的要求也越来越高，不仅要求能够连续地实时显示，而且要求能够实时处理大量测试数据。而传统仪器难以满足这些要求，于是人们开发出了各种自动化仪表。

20世纪70年代中期诞生了以微处理器为基础的智能仪器，它具有键盘操作、可实现自动测量等特点，如智能化数字电压表、数字存储示波器等。70年代末期，人们利用 GPIB 接口总线将一台计算机和一组电子仪器联合在一起，组成了自动测试系统。80年代初期，又出现了以个人计算机为基础，用仪器电路板的扩展箱与个人计算机内部总线相连的个人仪器。

个人仪器充分利用了计算机的软件和硬件资源,极大地降低了成本,提高了计算机的利用率。1987年,出现了用于通用模块化仪器结构的标准总线——VXI总线,为模块化电子仪器提供了一个开放的平台,使不同厂商的产品能够在同一个计算机平台上运行。1989年,美国国家仪器公司提出了虚拟仪器的概念,它是一种功能意义上的仪器,是以计算机为核心,由强大的测试应用软件支持的、具有虚拟仪器面板和必要的仪器硬件及通信功能的测量信息处理系统。虚拟仪器充分利用了计算机的软件资源,通过软件完成测试任务,用户甚至只需要对软件进行灵活的组合、集成,就可以组建功能不同的多种虚拟仪器。自从虚拟仪器概念提出后,组建自动测试系统的技术得到了迅速发展。

近年来,随着计算机网络技术的迅速发展,为测量与仪器技术带来了前所未有的发展机遇,网络化测量技术与具备网络功能的新型仪器——“网络化仪器”应运而生,目前已推出了多种网络化仪器仪表。网络化仪器仪表是以PC机和工作站为基础,通过组建网络来构成测试系统,提高了工作效率并实现了信息资源共享,成为仪器仪表和测量技术发展的方向之一。

随着现代科学技术的发展,以及多学科技术的创新与融合、测量仪器与计算机及通信的互动,电子测量技术和仪器仪表技术也将不断地进步和发展。

4. 计量的基本知识

1) 计 量

计量和测量是相互联系而又有区别的两个概念。计量是通过实验手段对客观事物取得定量信息的过程,也就是利用实验手段把待测量直接或间接地与另一个同类的已知量进行比较,从而得到待测量值的过程。测量过程中所使用的器具和仪器直接或间接地体现了已知量,测量结果的准确与否,与所采用的测量方法、实际操作和作为比较标准的已知量的准确程度有着密切的关系。因此,作为比较标准的各类量具、仪器仪表,必须定期地对其进行检验和校准,以保证其测量结果的准确性、可靠性和统一性,这个过程就称为计量。计量可看作是测量的特殊形式。在计量过程中,所使用的量具和仪器是标准的,用它们来校准、检定受检量具和仪器设备,以衡量和保证受检量具和仪器设备的可靠性。因此,计量又是测量的基础和依据。计量工作是国民经济中一项极为重要的技术基础工作,在工农业生产、科学技术、国防建设、国内外贸易以及人们生活等各个方面起着技术保证和技术监督的作用。

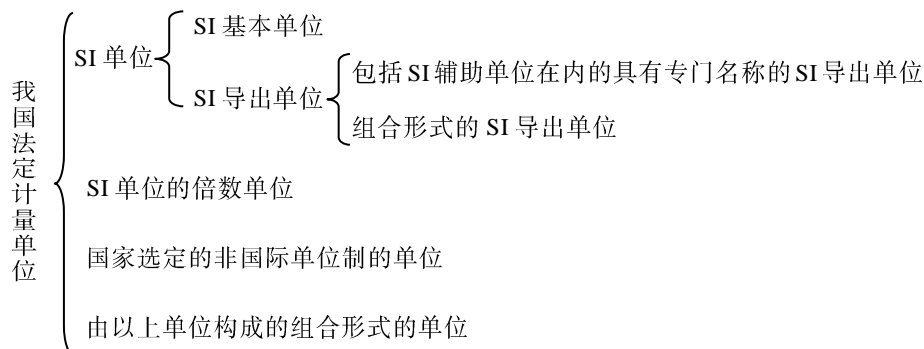
2) 单位制

任何测量都需要有一个统一的体现计量单位的量作为标准,这样的量称作计量标准。计量单位是有明确定义和名称,并令其数值为1的固定的量。例如,长度单位1米(m),时间单位1秒(s)等。计量单位必须以严格的科学理论为依据进行定义。法定计量单位是国家以法令的形式规定使用的计量单位,是统一计量单位制和单位量值的依据和基础,因而具有统一性、权威性和法制性。

我国确立了以国际单位制(符号为SI)为基础的法定计量单位,并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》,确定了我国法定计量单位以国际单位制为基础。所有国际单位制的单位都是我国法定计量单位,同时又根据我国的实际情况,选

择了 16 个非国际单位制单位，与国际单位制同时使用，构成了我国的法定计量单位，如表 1 所示。

表 1 我国法定计量单位的构成



国际单位制包括基本单位、导出单位和辅助单位。其中基本单位有 7 个，它们是构成国际单位制中其他单位的基础，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，例如，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，国际单位制中有 19 个具有专门名称的导出单位。国际上把既可以作为基本单位又可以作为导出单位的单位单独列为一类，称为辅助单位。国际单位制中有 2 个辅助单位，分别是平面角的单位“弧度 (rad)”和立体角的单位“球面角 (sr)”。

我国选定的 16 个非国际单位制单位分别是表示时间的“分”“时”“天”，表示平面角的“秒”“分”“度”，表示长度的“海里”、表示质量的“吨”和“原子质量单位”，表示体积的“升”，表示旋转速度的“转每分”，表示速度的“节”，表示能量的“电子伏”，表示级差的“分贝”，表示线密度的“特克斯”以及表示面积的“公顷”等。其中有 10 个是经过国际计量大会认可、允许与 SI 并用的单位，其余的“海里”“转每分”“节”“分贝”“公顷”和“特克斯”6 个单位也是世界各国普遍采用的单位。

3) 计量器具

计量器具是指能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。按照用途分类，计量器具可分为计量基准、计量标准和工作计量器具三类。

a. 计量基准

计量基准是一个国家直接按照物理量单位定义的、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。它是经过法定手段认定的，可作为统一全国量值的最高级依据的计量器具。

计量基准一般分为主基准、副基准和工作基准，也可以称之为一级基准、二级基准和三级基准。主基准是原始基准，用作国家基准，是目前所能达到的最高准确度的计量器具；副基准为次级基准，可以代替主基准向下传递量值；工作基准是专门用于向下一级标准器具或仪器进行量值传递的计量基准。

b. 计量标准

计量标准是指准确度低于计量基准，用于检定其他计量标准或工作计量器具的计量器具。计量标准的量值由计量基准传递而来，准确度低于计量基准、高于工作计量器具。

c. 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，确定其是否合格所进行的全部工作。按照规定，企、事业单位必须配备与生产、科研、经营管理相适应的计量检测设备，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。检定规程由国家制定。检定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，都做了技术规定。

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所用的计量器具，构成一个单位的传递网，从而保证在实际测量中所得到的测量数值准确和一致。

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符合规定。在每一级的比较中，都认为上一级标准所体现的量值是准确无误的。实际上，测量总存在着误差，因而上下级所体现的单位值并不完全一致，级别越高的越准确。由此可见，量值传递是由上一级逐级向下传递的，由国家基准或经比对后公认的最高标准开始向下传递，一直传递到工作所用的计量器具。通过这种量值的传递网络，保证所有量值的统一、标准和一致。

习 题

1. 什么是测量？什么是电子测量？
2. 被测量量值的含义是什么？
3. 电子测量的基本方法有哪些？
4. 简述直接测量、间接测量和组合测量的特点，并各举一个测量实例。
5. 电子测量包括哪些内容？
6. 简述电子测量的特点。
7. 比较测量和计量的异同。