



# 电子测量技术

西南交通大学电气工程学院

# 第1章 绪论

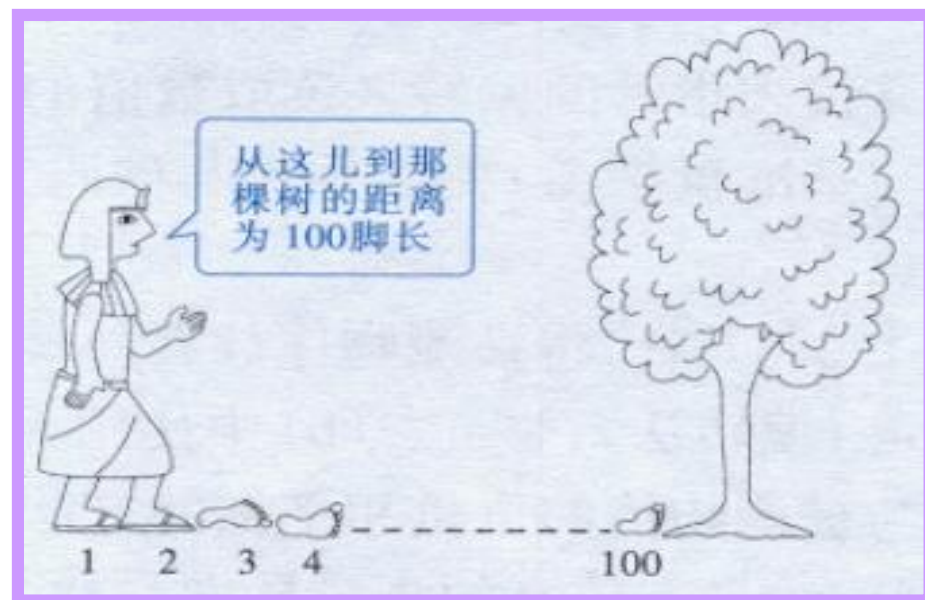
- 测量及其重要意义
- 电子测量
- 电测仪器及发展
- 计量的基本知识
- 本课程的主要内容

# 1.1 测量及其重要意义

## 1. 测量

例：长度的丈量

### ◆ 古典阶段



# 1.1 测量及其重要意义

## 1. 测量

例：长度的丈量

### ◆ 古典阶段

手指宽度

足底的长度



英寸 (2.54cm)

英尺 (30cm)

中国古代“度量衡”

布手知尺

手捧为升

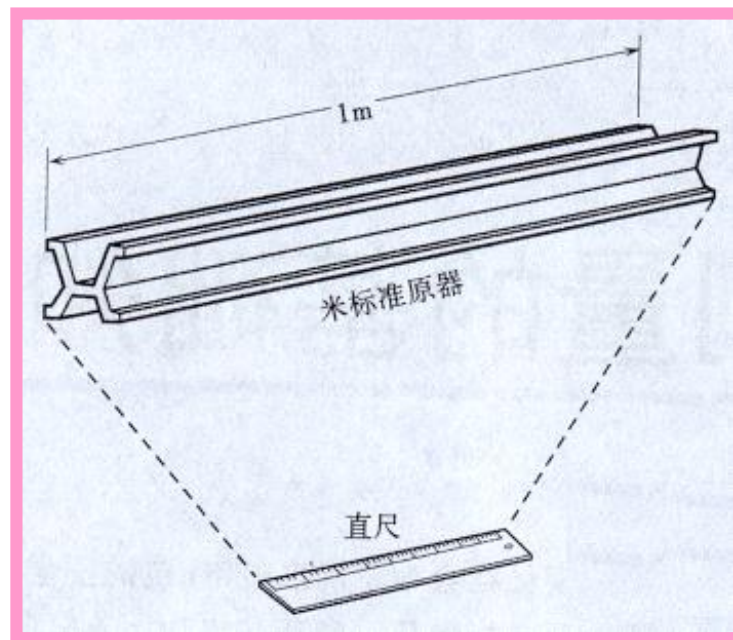
迈步为亩

## ◆ 经典阶段

米：地球子午线长度的四千万分之一。

复现精度： $10^{-7}$

实物基准宏观



## ◆ 现代阶段

米：光用 $1/299792458$ 秒的时间在真空中传播的长度。

复现精度： $10^{-9}$

微观自然基准

# 1.1 测量及其重要意义

## 1. 测量

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。

为确定被测对象的**量值或量值的依从关系**而进行的实验过程。

## 2.测量的意义

门捷列夫 (1834-1907)

科学始于测量, 没有测量,  
便没有精密的科学。



开尔文 (1824-1907)

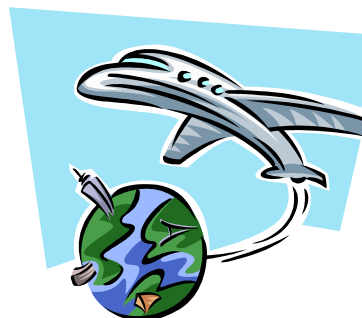
当你能够测量你所关注的事物, 而且能够用数量来描述他的时候, 你就对其有所认识; 当你不能测量他, 也不能将其量化的时候, 你对他的了解就是贫乏和不深入的。



## 钱学森 (1911-2009 )



信息技术包括测量技术、通信技术和计算机技术，测量技术是信息技术的关键和基础。





## ◆ 日常生活中处处离不开测量

### 家用电器:

空调、冰箱、电饭煲：温度测量

自动感应灯：亮度测量

数码相机、数码摄像机：自动对焦(红外测距)



医疗卫生：数字体温计：温度测量（接触式和非接触式）

电子血压计：压力检测

血糖测试仪、胆固醇检测仪：离子测量

# ◆科学的进步和发展离不开测量 离开测量就不会有真正的科学

没有望远镜就没有天文学，没有显微镜就没有细胞学，没有指南针就没有航海事业



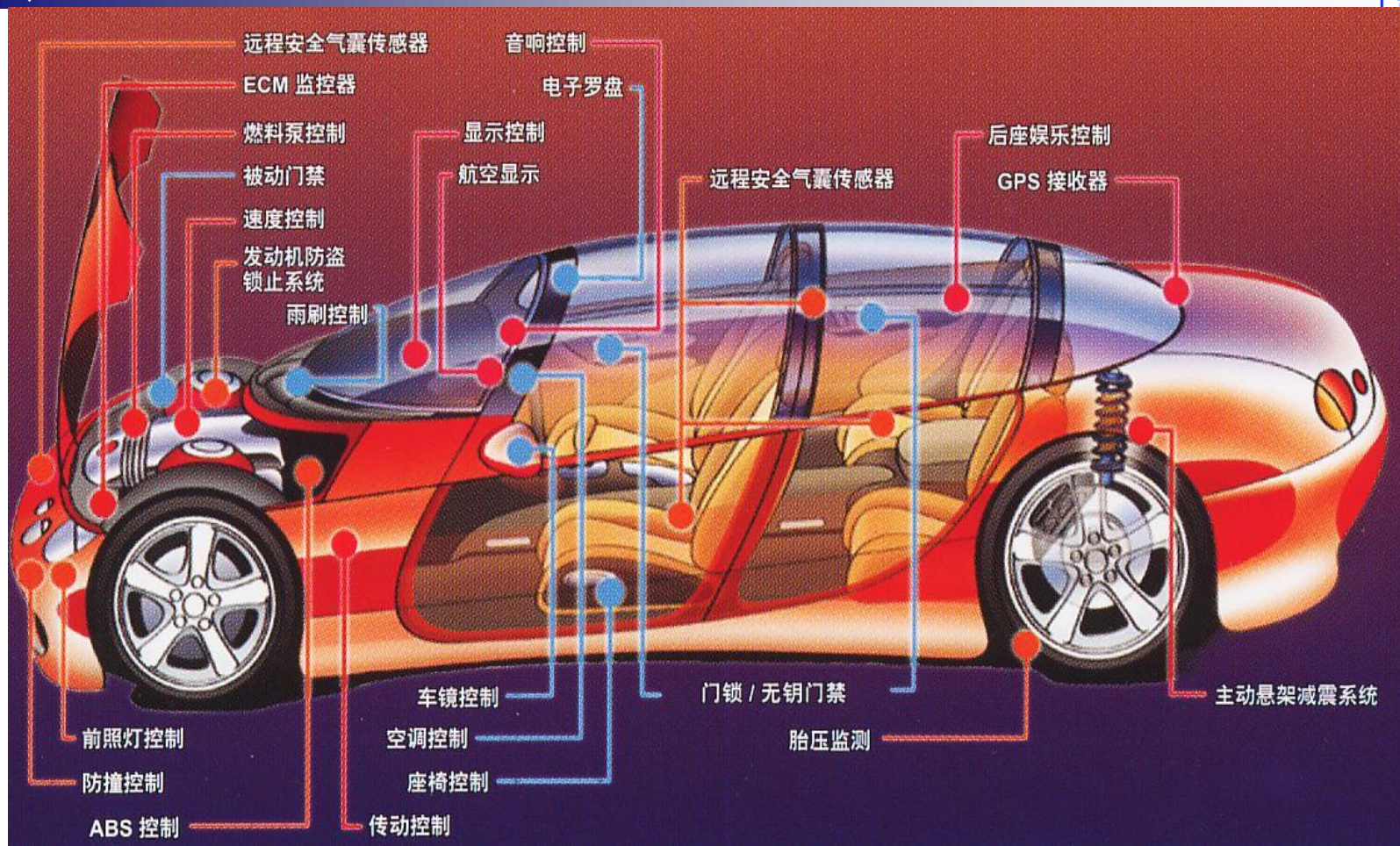
## ◆ 生产发展离不开测量

农业社会中，需要丈量土地、衡量谷物，就产生了长度、面积、容积和重量的测量；掌握季节和节候，出现了原始的时间测量器具，并有了天文测量。

现代化的工业生产中，处处离不开测量。

一架飞机中：	3000个测量传感器；
一个大型石油化工厂：	6000个测量传感器；
一个大型钢铁厂：	20000个测量传感器。





汽车测量传感器：汽车电子控制系统的信息源，关键部件，核心技术内容

普通轿车：约安装几十到近百只测量传感器。

豪华轿车：测量传感器数量可多达二百余只。

# ◆在高新技术和国防现代化建设中则更是离不开测量



例如，每种新设计的飞机，需要测试飞机高速飞行中受气流冲击作用下的性能，通过风洞试验测定机身、机翼的受力和振动分布情况，以验证和改进设计。



测量是科学进步和生产发展的重要技术基础。测量水平的高低，已成为一个国家科技发展水平的重要标志。

## 1.2 电子测量

### 1. 电子测量

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。

电子测量是电子学和测量学相结合的产物。

## 2. 电子测量的内容

- (1) 电能量的测量
- (2) 信号特性的测量
- (3) 电路参量的测量
- (4) 电子设备的性能测量
- (5) 非电量的电测量



# 重要的基本电参量：

电压

阻抗

频率、时间、相位

### 3. 电子测量的特点

■ 频率范围宽

$10^{-6}$ —— $10^{12}$

■ 量程范围大

■ 测量准确度高

时间频率  $10^{-15}$ —— $10^{-16}$

■ 测量速度快

■ 易于实现遥测和长期不间断的测量

■ 易于实现测量过程的自动化和测量仪器微机化

## 4. 电子测量的方法

### (1) 按测量手续分类

#### ● 直接测量法



借助于测量仪器将被测量与同性质的标准量进行比较，直接测出被测量的数值。

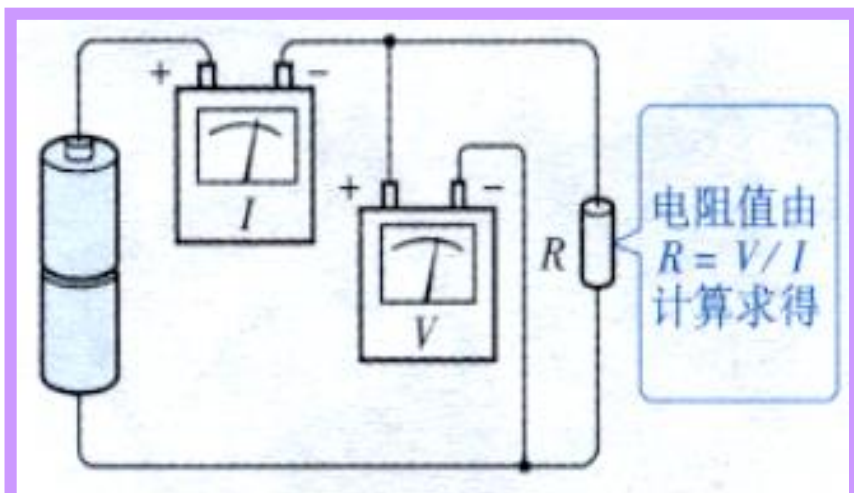
特点：测量简单，但精度不易提高。

## 4. 电子测量的方法

### (1) 按测量手续分类

#### ● 间接测量法

先通过测量与被测量有确定函数关系的其它物理量，再根据函数关系（公式、曲线、表格等）计算出被测量，间接得到被测量量值的测量方法。



特点：测量精度高，但测量费时、费事。

## 4. 电子测量的方法

### (1) 按测量手续分类

#### ● 组合测量法

当某项测量结果需要多个未知参数表达时，可通过改变测量条件进行多次测量，根据测量的量与未知参数间的函数关系列出方程组并求解，进而得到未知量，这种测量方法称为组合测量。

特点：测量复杂、费时，但易达到较高的准确度。

例如：电阻的电阻温度系数的测量。已知电阻阻值与温度之间满足关系：

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

在三个不同温度下测得相应的三个电阻值代入上式得

$$\left. \begin{aligned} R_{t_1} &= R_{20} + \alpha(t_1 - 20) + \beta(t_1 - 20)^2 \\ R_{t_2} &= R_{20} + \alpha(t_2 - 20) + \beta(t_2 - 20)^2 \\ R_{t_3} &= R_{20} + \alpha(t_3 - 20) + \beta(t_3 - 20)^2 \end{aligned} \right\} \longrightarrow \begin{matrix} R_{20} \\ \alpha \\ \beta \end{matrix}$$

## 4. 电子测量的方法

(1) 按测量手续分类

(2) 按测量性质分类

- 时域测量
- 频域测量
- 数据域测量
- 随机测量

**时间**

**频率**

**数字量**

**噪声,干扰信号**

示波器

频谱分析仪

逻辑分析仪

## 4. 电子测量的方法

(1) 按测量手续分类

(2) 按测量性质分类

(3) 按测量读数的获得方式分类

- 直读测量法

从仪器仪表的指示直接获取读数。

- 比较测量法

把被测量与同类的标准量进行比较，根据比较的结果推算出测量读数。

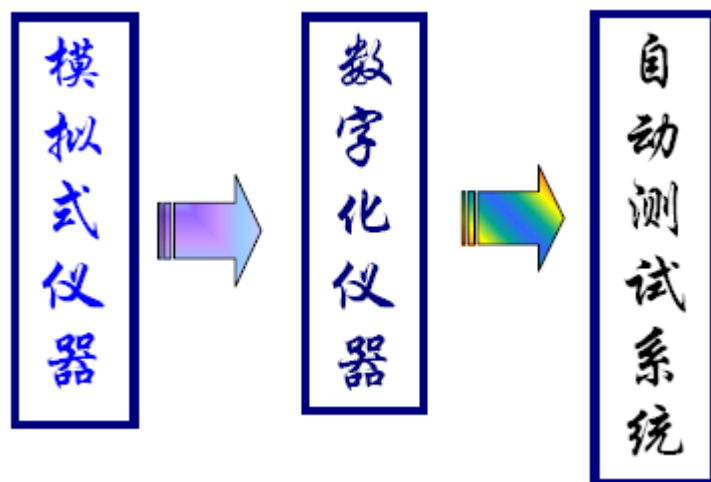


# 1.3 电子测量仪器及其发展

**电子测量仪器**是指用于进行电子测量的仪器。

如：指示仪器、比较式仪器、纪录式仪器、信号源、传感器等。

发展：



# 1. 模拟式仪器

利用**电磁学**原理，借助**指针偏转**（机械式）来显示测量结果。



电压表



多用表



电流表

特点：功能简单、精度低、响应速度慢

## 2. 数字化仪器

将模拟信号转化为**数字信号**进行测量，并以**数字方式**输出测量结果。



数字兆欧表



数字多用表

特点：精度高、响应速度快、读数清晰直观、容易与计算机结合

### 3. 自动测试系统

#### (1) 智能仪器

仪器内置微处理器或数字处理器，既能自动测试又具有较强的数据处理能力。

带软驱的示波器



智能电参数测量仪



有功功率、  
无功功率、  
电压、电流

## (2) 虚拟仪器

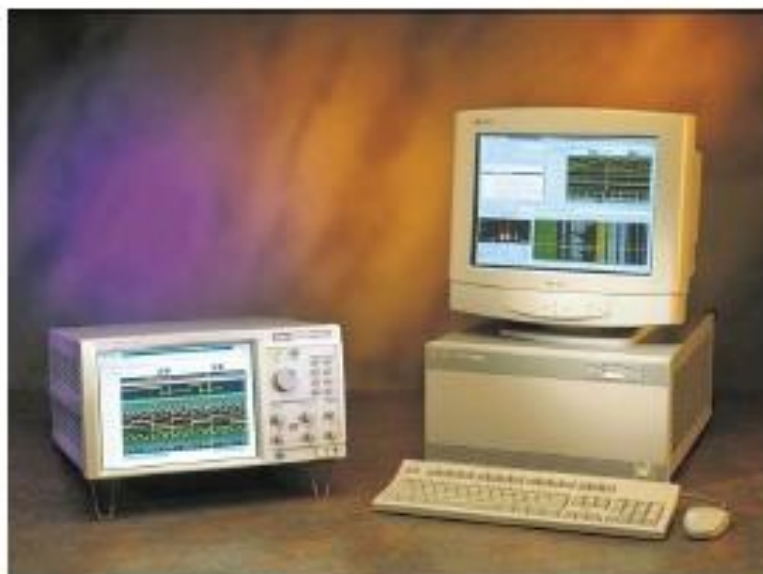


虚拟示波器

是一种功能意义上的仪器，以**计算机**为核心，具有**虚拟**仪器面板，通过**软件**来完成测试任务，硬件只解决信号的输入输出。

### (3) 网络化仪器

具有网络功能的16700  
系列逻辑分析仪



是在远程测控中使用的仪器，以PC机和工作站为基础，通过组建网络来构成测试系统。

# 1.4 计量的基本知识

## 1. 计量

体现已知量在测量过程中作为比较标准的各类量具、仪器仪表，必须定期进行检验和校准，以保证测量结果的准确性、可靠性和统一性，这个过程称为计量。



## 2. 单位制

计量单位:

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)。



### 3. 计量器具

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。

按用途分类：

- 计量基准
- 计量标准
- 工作计量器具

## 4. 计量检定和量值传递

**计量检定：**

**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。**

**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用计量器具，构成一个各种单位的传递网，从而保证在实际测量中测量所得到的数值的准确和一致。**

# 1.5 本课程的主要任务

本章结束



1. 测量误差与测量不确定度理论；
2. 电测仪器的技术性能和基本组成、  
仪器的工作原理、使用方法；
3. 电信号参数、电路元器件和电路参数的  
概念和基本测量方法。
4. 自动测试系统的设计与实现。