

# 项目1

## 认识检测及自动检测系统



### 项目目标

#### ◇ 知识目标：

1. 掌握检测的概念及自动检测系统的组成。
2. 掌握测量的定义及分类。
3. 理解传感器的概念及基本特性。

#### ◇ 能力目标：

1. 能认识常见传感器并了解其结构及特性。
2. 会计算测量误差。
3. 能初步认识自动检测系统及其组成。



### 项目描述

自动检测与转换技术是自动检测技术和自动转换技术的总称，是自动化科学技术的一个重要分支科学，是以信息提取、信息转换、信息处理为主要研究内容的一门技术。本项目主要包括：测量工具的使用、认识自动检测系统、电子秤性能指标的测试 3 个任务，要求学生通过这 3 个任务的学习，进一步掌握检测及自动检测系统的组成，了解工业生产、日常生活及 PLC 自动检测系统中传感器的功能、特性、技术指标等，并学会分析及计算测量误差。

## 任务 1 测量工具的使用



### 学习目标

#### ◇ 知识目标：

1. 掌握直接测量方法和间接测量方法。



2. 理解测量误差的含义。
3. 掌握绝对误差和相对误差的简单计算方法。

◇ 能力目标:

1. 会用各种测量工具。
2. 会使用万用表测量电阻值。
3. 会使用游标卡尺测量零件的尺寸。
4. 会计算绝对误差和相对误差。



### 工作任务

在现代工业生产及日常生活中,人们为了达到某些特定的目的,往往要进行各种测量,如用温度计测量患者的体温、用游标卡尺测量零件的尺寸、用万用表测电流值和电压值等。本任务的主要内容就是通过学习掌握测量的定义及测量方法,掌握测量误差的计算方法,并能正确使用万用表、游标卡尺等测量工具。



### 相关知识

#### 一、测量的定义

测量就是借助于专用的技术工具或手段,通过实验的方法把被测量与同性质的标准量进行比较,求取二者比值,从而得到被测量数值的过程。

#### 二、测量的方法

##### 1. 根据测量的手段,有直接测量方法和间接测量方法

直接测量就是用仪器仪表测量,测量值就是被测值。图 1-1-1 所示为直接测量。这种方式简单方便,但它的准确程度受所用的仪器误差的限制。如果被测量不能直接测量,或直接测量该被测量的仪器不够准确,那么利用被测量与某种中间量之间的函数关系,先测出中间量,然后通过计算公式,算出被测量的值,这种方式称为间接测量。



图1-1-1 直接测量



## 2. 根据被测量是否随时间变化, 有静态测量方法和动态测量方法

静态测量是指被测量是恒定的, 如测量物体的质量就属于静态测量。动态测量是指被测量随时间变化而变化, 如光导纤维陀螺仪测量火箭的飞行速度、方向就属于动态测量。

## 3. 根据测量时测量工具是否与被测对象接触, 有接触式测量方法和非接触式测量方法

例如, 将热电偶插入液体测温度就是接触式测量。用红外线温度仪测量食品的温度就是非接触式测量。

## 4. 根据被测对象是否在生产线上, 有在线测量方法和离线测量方法

在线测量, 即实时检测。图 1-1-2 所示为在线测量, 即在加工过程中实时对产品进行检测, 并依据测量的结果做出相应的处理。图 1-1-3 所示为离线测量, 离线测量无法实时监控生产质量。



图1-1-2 在线测量



图1-1-3 离线测量

## 三、测量误差

测量的目的是得到被测量的真值。真值是指在一定条件下被测量客观存在的实际值。真值有理论真值、约定真值和相对真值三种。理论真值是一个变量本身所具有的真实值。它是一个理想的概念, 一般是无法得到的, 所以在计算误差时, 一般用约定真值或相对真值来代替。约定真值是一个接近真值的值, 它与真值之差可忽略不计。实际测量中, 在没有系统误差的情况下, 把多次测量值的平均值作为约定真值。相对真值是指当高一级仪表的误差仅为低一级仪表的误差 1/3 时, 可认为高一级仪表测量值为低一级仪表测量值的相对真值。

测量值(也称示值)与真值之间的差值称为测量误差。测量误差按其不同特性分类, 有绝对误差和相对误差两种。

### 1. 绝对误差

绝对误差是测量值  $A_x$  与真值  $A_0$  之间的差值, 即

$$\Delta = A_x - A_0$$

在实验室测量中, 常用修正值  $\alpha$  表示真值与测量值之差, 即

$$\alpha = A_0 - A_x$$

由此可见, 修正值是绝对误差的相反数。绝对误差可表示测量值偏离真值的程度, 但不能表示测量的准确程度。



## 2. 相对误差

为了进一步说明测量的准确程度,引入了相对误差的概念。相对误差,即百分比误差,它可分为实际相对误差、示值相对误差和满度相对误差。

(1) 实际相对误差  $\gamma_A$ : 它用绝对误差  $\Delta$  与真值  $A_0$  的百分比来表示。

$$\gamma_A = \frac{\Delta}{A_0} \times 100\%$$

(2) 示值相对误差  $\gamma_0$ : 它用绝对误差  $\Delta$  与测量值  $A_x$  的百分比来表示。

$$\gamma_0 = \frac{\Delta}{A_x} \times 100\%$$

(3) 满度相对误差  $\gamma_m$ : 它用绝对误差  $\Delta$  与仪表满量程值  $A_m$  的百分比来表示。

$$\gamma_m = \frac{\Delta}{A_m} \times 100\%$$

对测量下限不为零的仪表而言,量程  $A_m = A_{\max} - A_{\min}$ 。

(4) 准确度: 传感器的误差是用准确度表示的。当绝对误差  $\Delta$  取最大值  $\Delta_m$  时,准确度常用最大满度相对误差来定义:

$$S = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\%$$

仪表的准确度习惯上称为精度等级。准确度表示传感器的最大相对误差。精度等级  $S$  规定取一系列标准值。我国的电工等级分为 7 级: 0.1、0.2、0.5、1.0、1.5、2.5、5.0。

**【例 1-1-1】**有一台测量仪表,测量范围为  $0 \sim 500^\circ\text{C}$ , 准确度为 0.5 级。现用它测量  $500^\circ\text{C}$  的温度,求该仪表引起的最大绝对误差和示值相对误差。

**解:** 由已知条件得知:

$$S = \frac{\Delta_m}{A_m} \times 100\% = 0.5\%$$

$$A_m = A_{\max} - A_{\min} = 500 - 0 = 500^\circ\text{C}$$

所以最大绝对误差  $\Delta_m = S \times A_m = 0.5\% \times 500 = 2.5^\circ\text{C}$

$$\text{最大示值相对误差 } \gamma_0 = \frac{\Delta_m}{A_x} \times 100\% = \frac{2.5}{500} \times 100\% = 0.5\%$$

**【例 1-1-2】**有两台测温仪器,其测量范围为  $-200 \sim 800^\circ\text{C}$  和  $600 \sim 1100^\circ\text{C}$ , 已知其最大绝对误差为  $5^\circ\text{C}$ , 试分别确定它们的精度等级。

**解:** 已知最大绝对误差  $\Delta_m = 5^\circ\text{C}$

仪器一的最大测量范围  $A_{m1} = 800 - (-200) = 1000^\circ\text{C}$

所以

$$S_1 = \frac{\Delta_m}{A_{m1}} \times 100\% = \frac{5}{1000} \times 100\% = 0.5\%$$

仪器二的最大测量范围  $A_{m2} = 1100 - 600 = 500^\circ\text{C}$



所以

$$S_2 = \frac{\Delta_m}{A_{m2}} \times 100\% = \frac{5}{500} \times 100\% = 1\%$$

由此可知这两台测温仪器的精度等级分别为 0.5 级和 1 级。



## 任务实施

### 一、任务准备

实施本任务教学所使用的设备器材及工具仪表可参考表 1-1-1。

表1-1-1 设备器材及工具仪表

| 序号 | 分类   | 名称     | 型号规格         | 数量 | 单位 | 备注 |
|----|------|--------|--------------|----|----|----|
| 1  | 工具仪表 | 万用表    | DT-832 或自定   | 1  | 块  |    |
| 2  |      | 游标卡尺   | 0~200mm      | 1  | 把  |    |
| 3  |      | 电工常用工具 |              | 1  | 套  |    |
| 4  | 设备器材 | 标称电阻   | 金属膜标称电阻及色环电阻 | 若干 | 个  |    |
| 5  |      | 机械零件   |              | 3  | 个  |    |

### 二、测量工具的使用

#### 1. 识别器件

按照表 1-1-1 核对所用器材的数量、型号及规格，识别所用工具及器件。

#### 2. 用万用表测量各标称电阻

- (1) 仔细阅读万用表使用说明书。
- (2) 将万用表调至欧姆挡并调零。
- (3) 选择合适的倍率进行测量。
- (4) 准确读值，将测量数据填入表 1-1-2 中。

表1-1-2 测量数据

|        |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|
| 电阻的标称值 |  |  |  |  |  |
| 电阻的测量值 |  |  |  |  |  |
| 绝对误差   |  |  |  |  |  |
| 相对误差   |  |  |  |  |  |

#### 3. 用游标卡尺测量零件尺寸

用游标卡尺测量零件的尺寸并记录下来，与其他小组所测数据比较，统一填入表 1-1-3 中，求平均值。



表1-1-3 测量数据

| 小组   | 零件 1 | 零件 2 | 零件 3 | 零件 4 |
|------|------|------|------|------|
| 第一小组 |      |      |      |      |
| 第二小组 |      |      |      |      |
| 第三小组 |      |      |      |      |
| 平均值  |      |      |      |      |



## 任务测评

对任务实施的完成情况进行检查，并将结果填入表 1-1-4 中。

表1-1-4 任务测评表

| 序号  | 主要内容   | 考核项目                        | 评分标准                                                                                          | 配分   | 扣分 | 得分 |
|-----|--------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|----|
| 1   | 测量工具使用 | 万用表测量                       | 1. 能正确识别色环电阻；<br>2. 测量前能选择正确的挡位，测量前和换挡后均能调零；<br>3. 能选择正确的量程，测量方法准确；<br>4. 能准确读出所测电阻的阻值，误差计算准确 | 45 分 |    |    |
|     |        | 游标卡尺测量                      | 1. 使用前能检查调零；<br>2. 能识别游标卡尺的分度值，计算出其最小刻度；<br>3. 能正确读出游标卡尺的零刻度、最小刻度；<br>4. 能准确读出所测零件的数值，误差计算准确  | 45 分 |    |    |
| 2   | 安全文明生产 | 劳动防护用品穿戴整齐；遵守操作规程；操作结束要清理现场 | 1. 操作中，违反安全文明生产考核要求的任何一项扣 2 分，扣完为止；<br>2. 当发现学生有重大事故隐患时，要立即予以制止，并每次扣安全文明生产分 5 分               | 10 分 |    |    |
| 合 计 |        |                             |                                                                                               |      |    |    |

## 任务 2 认识自动检测系统



## 学习目标

### ◇ 知识目标：

1. 掌握检测及自动检测的定义。
2. 掌握自动检测的组成。
3. 认识 PLC 自动检测系统。



#### ◇ 能力目标:

1. 能认识 PLC 自动检测系统并了解其工作过程。
2. 会画出 PLC 自动检测系统的原理框图。



#### 工作任务

本任务的主要内容就是初步认识自动检测系统及其组成,通过观看智能传感器在工厂自动化生产线中的应用录像,以及参观智能传感器检测与应用技术实训室,加深对传感器应用领域的了解。最后在教师指导下,分组进行简单的相关操作练习。



#### 相关知识

### 一、检测的基本概念

为了提高测量精度,并能够对所采集的信息量进行分析、处理,从而完成自动控制,在测试中通常先将被测对象输出的物理量转换为电量,然后根据需要对变换后的电信号进行处理,最后以适当的形式显示、输出,简单地说,这个过程就是检测。严格地说,检测就是利用物理、化学效应,选择合适的方法与装置,将生产、科研、生活等各方面的有关信息通过检验测量的方法赋予定性或定量结果的过程。

自动检测就是在测量和检验过程中完全不需要或仅需要很少的人工干预而自动完成的检测。实现自动检测可以提高自动化水平,减少人为干扰因素或人为差错,提高生产过程或设备的可靠性和运行效率。图 1-2-1~图 1-2-3 所示为生活中常见的自动检测系统。



图1-2-1 自动门控制系统

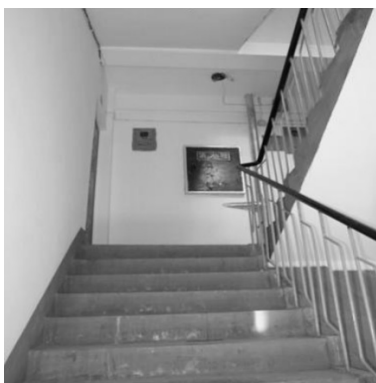


图1-2-2 楼道感应灯



图1-2-3 感应水龙头

## 二、自动检测系统的组成

自动检测系统需要由若干仪器仪表及附加设备构成一个有机整体,完成检测任务。自动检测系统应能完成对被测对象进行变换、分析、处理、判断、比较、存储、控制及显示等操作。一个完整的自动检测系统如图 1-2-4 所示,它包括传感器、测量电路、记录仪、显示仪及控制器等。

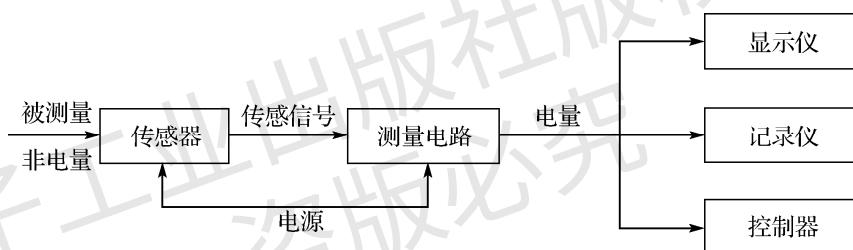


图1-2-4 一个完整的自动检测系统

(1) 传感器。传感器直接作用于被测量,并将被测量转换成电信号。传感器输出的电信号往往很弱,必须要由测量电路转换成标准电信号。

(2) 测量电路。测量电路是中间变换装置,它包括信号处理电路和信号转换电路。信号处理电路把来自传感器的信号转换成更适合于进一步传输和处理的形式。信号转换是指电信号之间的转换(如放大),将阻抗的变化转换成电压的变化,或将阻抗的变化转换成频率的变化,以及 A/D、D/A 等。测量电路将转换后的电信号进行各种运算、滤波、分析,将结果传输至显示、记录部分或控制系统的执行机构。

测量电路根据不同情况有很大的伸缩性。在简单的检测系统中可以完全省略,将传感器的输出直接进行显示或记录(如由热电偶或毫伏表组成的测温系统),但就大多数检测系统而言,测量电路是必不可少的,尤其是在功能强大的检测系统中往往还要将计算机作为一个中间变换环节,以实现波形存储、数据采集、非线性校正和消除系统误差等功能,远距离测量时还需要数据传输装置。

(3) 显示/记录仪。显示/记录仪是检测系统的最后一个环节,其作用是将测量电路送来的信号显示或记录下来,供观测与研究。





(4) 控制器。控制器是执行机构，它的作用是根据电子控制单元的指令驱动机械部件运动。许多检测系统能输出与被测量有关的电流或电压信号，作为自动控制系统的控制信号，来驱动这些执行机构。

### 三、检测技术的应用

目前，检测技术已在国防建设、航空、航天、交通运输、石油化工、环境保护、生物工程、医学诊断、矿产资源、海洋探测、宇宙开发、生命科学、家用电器等领域都得到了广泛的应用。

在工程技术领域中，工程研究、产品开发、生产监督、质量控制和性能实验等，都离不开检测技术；在机械制造行业中，通过对机床的许多静态、动态参数（如工件的加工精度、切削速度、床身振动等）进行在线检测，从而控制加工质量；在化工、电力等生产过程中，温度、压力、流量、液位等过程参数的检测是实现生产过程自动化的基础；在工业机器人中，自动检测技术应用于手臂的位置和角度的控制，传感器应用于视觉和触觉的判断，机器人成本的二分之一是消耗在高性能的传感器上的。

在国防建设领域，检测技术用得更多。例如，利用红外探测可以发现地形、地物及敌方各种军事目标；如果研究飞机的强度，就要在机身、机翼上贴上几百片应变片进行动态测量。

在航空、航天领域，大型飞机在云层上被自动驾驶，并能在恶劣的气候条件下安全“盲目”着陆；空-空导弹的自动跟踪、人造卫星在太空进行遥感、遥测等高科技都应用了检测技术。

在交通运输领域，汽车的行驶速度、行驶距离、发动机旋转速度及燃料剩余量等有关参数都需要自动检测，汽车防滑控制、防盗、防抱死、排气循环、电子变速控制等装置都应用了检测技术。

日常生活中，我们使用的家用电器也都离不开检测技术。例如，自动洗衣机、空调、热水器、吸尘器、照相机、音像设备等都应用了检测技术。

总之，检测技术已广泛应用于工业生产和日常生活等方方面面，成为国民经济发展和社会进步的一项重要基础技术。



#### 任务实施

#### 一、任务准备

实施本任务教学所使用的设备器材及工具仪表可参考表 1-2-1。

表1-2-1 设备器材及工具仪表

| 序号 | 分类   | 名称        | 型号规格       | 数量 | 单位 | 备注 |
|----|------|-----------|------------|----|----|----|
| 1  | 工具仪表 | 万用表       | DT-832 或自定 | 1  | 块  |    |
| 2  |      | 电工常用工具    |            | 1  | 套  |    |
| 3  | 设备器材 | 机电一体化实训装置 |            | 1  | 套  |    |



## 二、观看智能传感器在工厂自动化生产线中的应用录像

记录智能传感器的品牌及型号，并查阅相关资料，了解该智能传感器在实际生产中的应用。

## 三、参观智能传感器检测与应用技术实训室

参观智能传感器检测与应用技术实训室（见图 1-2-5），认识智能传感器检测与应用技术实训岛设备（见图 1-2-6），其主要内容如表 1-2-2 所示。



图1-2-5 智能传感器检测与应用技术实训室

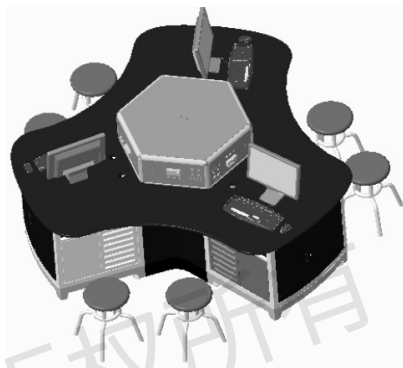


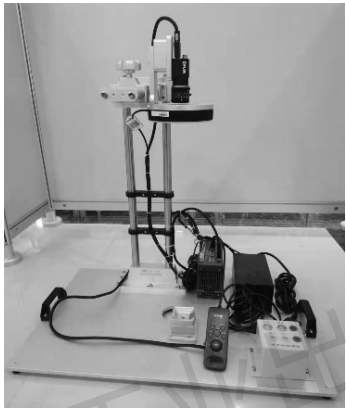
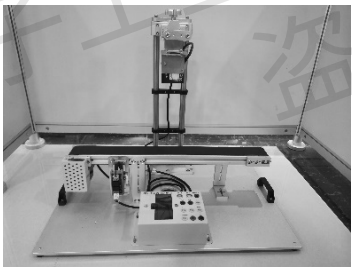
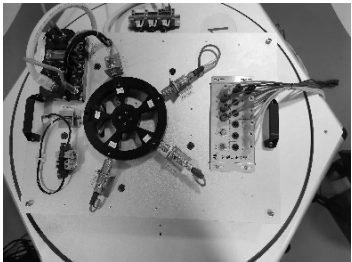
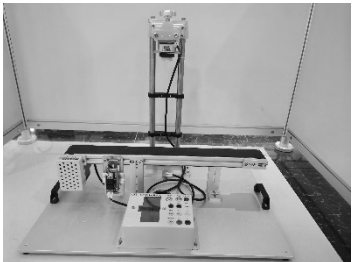
图1-2-6 智能传感器检测与应用技术实训岛设备

表1-2-2 智能传感器检测与应用技术实训岛主要设备功能

| 名称    | 图示                                                                                  | 功能说明                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 物联网模块 |  | <p>软件系统包括基本信息模块、用户管理模块、硬件维护模块、远程操作模块、报警与维护记录模块。</p> <p>（1）系统实时采集各设备的运行数据信息，包括故障报警信息、启动停止状态等。</p> <p>（2）所有设备监控数据存储于云服务器，永久保存，用户不需要自己另外架设服务器。</p> <p>（3）系统可以设置任何信息为关键监控点，通过关键监控点设置系统报警点，一旦系统报警点发生报警，报警信息将以短信方式发送到事先设置好的设备管理员或设备厂家手机上。</p> <p>（4）系统管理员可以通过系统远程操控设备，包括启动停止设备、修改运行参数、读取设备程序、修改设备程序等，从而可以实现远程数据分析、远程维护和产品远程改进。</p> <p>（5）系统所有远程操作都通过网页界面操作，不需要安装桌面软件，可以用 PC、智能手机等终端设备进行远程登录、远程监控与操控设备，在智能手机等移动终端既可以用网页登录，也可以用 App 登录。</p> <p>（6）系统设置一个管理员，可以设置多用户，管理员可以管理和分配其他用户的操作权限，管理员和其他用户都用账号和密码登录。</p> <p>（7）能够接入内部供电管理系统，监控供电系统运行环境、运行状态，查询故障报警信息，实时提醒供电负载负荷状态，自动切换供电装置，并能够实现远程操控设备。</p> |

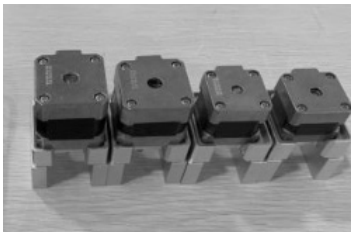


续表

| 名称         | 图示                                                                                  | 功能说明                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 物联网模块      |    | (8) 能够通过网络系统与机器人连接, 实时读取机器人各关节位置信息、运行状态信息、运行负荷信息、运行时长累计信息, 自动提示机器人运行故障报警信息, 远程对机器人进行故障诊断及故障报警复位处理                                                                                                                                                             |
| 视觉传感器检测模型  |   | 通过工业视觉缺陷检测与定位功能应用, 体现视觉的优势与特点, 学习掌握当前视觉系统在工业领域的应用; 采用开放设计理念, 能够上下前后多方位调节, 满足不同任务的使用需求, 有多种检测模块供学生实训使用, 满足不同层次训练要求                                                                                                                                             |
| 激光传感器检测模型  |  | 激光传感器主要通过激光的光学特性, 利用激光检测和扫描待检测物料, 通过系统对检测的数据信息进行计算和分析, 从而判断待检测物料的产品型号、外观尺寸、外观光洁度等; 能够充分体现激光传感器的应用特点与优势, 使学生真实体验到它的工业应用场景, 学到专业应用技术; 采用开放设计理念, 能够上下前后多方位调节, 满足不同任务的使用需求, 有多种检测模块供学生实训使用, 满足不同层次训练要求                                                            |
| 智能传感器检测模型  |  | 智能传感器检测模型主要由智能电感传感器、智能电容传感器、智能光电传感器、智能光纤传感器、智能霍尔传感器、智能网关、数字量扩展模块、直流减速电机、智能传感器检测模型组件等组成。各传感器连接数字量扩展模块通过智能网关和 PLC 进行以太网协议通信, 同时支持以总线形式直接连接 PLC 输入端。智能传感器检测模型把工业常用类型的传感器通过以太网网关将其组态, 运用 profinet 与 PLC 进行通信, 数据传输稳定, 信号反馈及时, 并且已成为工业传感器发展的趋势, 也是智能传感器实训室不可或缺的一部分 |
| 超声波传感器检测模型 |  | 超声波传感器主要通过超声波的声波特性, 利用超声波检测和扫描待检测物料, 通过系统对检测的数据信息进行计算和分析, 从而判断待检测物料的产品型号、进行距离计算等; 能够充分体现超声波传感器的应用特点与优势, 使学生真实体验到它的工业应用场景, 学到专业应用技术; 采用开放设计理念, 能够上下前后多方位调节, 满足不同任务的使用需求, 有多种检测模块供学生实训使用, 满足不同层次训练要求                                                            |



续表

| 名称    | 图示                                                                                | 功能说明                                         |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 待检测物料 |  | 4 种不同规格的步进电动机，通过不同传感器的检测，可区分电动机型号、进行电动机外观检测等 |

实训室的网络架构图如图 1-2-7 所示。

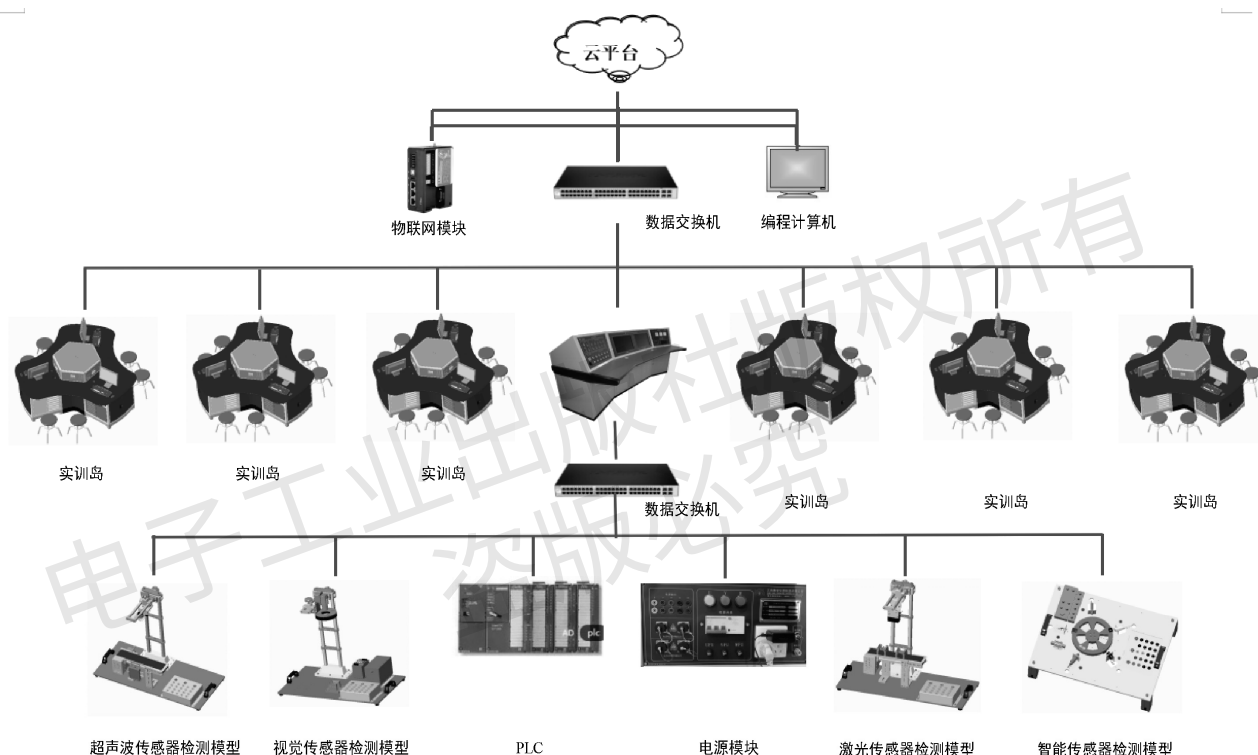


图1-2-7 实训室的网络架构图

## 四、认识 PLC 自动检测系统

查询 PLC 自动检测系统的位置检测和材料属性检测的有关资料，观摩自动分拣生产线 PLC 自动检测系统（见图 1-2-8），了解其组成及工作过程。

### 1. PLC 自动检测系统中的传感器的位置及作用

自动分拣生产线 PLC 自动检测系统实训台由物料筒、推料气缸、光纤传感器、传送带、交流电动机、光电传感器、金属传感器、无杆气缸、真空吸盘、阀岛、金属工件料仓、非金属工件料仓、开关电源、PLC、变频器、旋转编码器等组成，其结构图如图 1-2-9 所示。

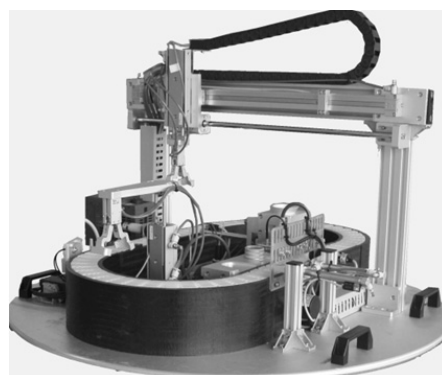


图1-2-8 自动分拣生产线PLC自动检测系统

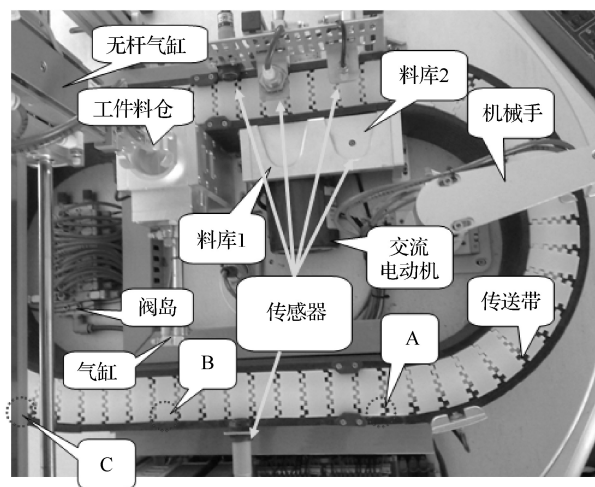


图1-2-9 自动分拣生产线PLC自动检测系统实训台结构图

#### 1) 漫反射传感器

漫反射传感器的功能是检测物料筒内是否有物料。

#### 2) 光电传感器

光电传感器如图 1-2-10 所示，其功能是检测蓝色物料、金属物料和白色物料。

#### 3) 金属传感器

金属传感器如图 1-2-11 所示，其功能是检测金属物料。



图1-2-10 光电传感器



图1-2-11 金属传感器

#### 4) 光纤传感器

光纤传感器如图 1-2-12 所示，其功能是检测白色物料。



图1-2-12 光纤传感器



## 2. PLC 自动检测系统的工作过程

### 1) 系统原始状态

系统原点：所有推料气缸缩回，机械手：上、左（料库 2）、松，无杆气缸：放料位（物料筒对上）、松。

### 2) 系统工作过程

按下启动按钮后，光纤传感器检测物料筒是否有物料，如果物料筒有物料，则 1s 后顶料，1s 后再推料，将物料推出到传送带上。物料推出后，推料气缸缩回，系统启动传送带，传送带继续运行到物料属性判别位。金属传感器对物料进行属性检测，如果是金属物料，则置位辅助继电器软元件，传送带停止运行并把金属物料推到料库 1；如果是非金属物料，则物料留在传送带上继续往后传送。

经检测若是蓝色物料，则置位辅助继电器软元件，传送带继续往后传送，送至 C 位时停 5s，等待取料；经检测若是白色物料，则置位辅助继电器软元件，到达料库 2 时传送带停止运行，把白色物料推到料库 2，停留 3s。系统启动机械手把白色物料从料库 2 搬至传送带 A 位上，然后系统重新启动传送带，把白色物料又继续往后传送，到了 B 位后，系统启动无杆气缸抓料，把白色物料重新放回物料筒。

在任何时候，若按下停止按钮，则系统就会停止工作（急停）；若按下复位按钮，则系统回到原点位置，若再次按下启动按钮，则自动分拣生产线重新自动分拣运行。

## 3. 记录 PLC 自动检测系统中的传感器的名称、位置及作用

将 PLC 自动检测系统中的传感器的名称、位置及作用记录下来，填入表 1-2-3 中。

表1-2-3 PLC自动检测系统中的传感器

| 序号 | 传感器的名称 | 传感器的位置 | 传感器的作用 |
|----|--------|--------|--------|
| 1  |        |        |        |
| 2  |        |        |        |
| 3  |        |        |        |
| 4  |        |        |        |
| 5  |        |        |        |
| 6  |        |        |        |

## 4. 画出 PLC 自动检测系统的原理框图

画出 PLC 自动检测系统的原理框图，并指出系统中传感器、转换电路及执行器等装置。



### 任务测评

对任务实施的完成情况进行检查，并将结果填入表 1-2-4 中。



表1-2-4 任务测评表

| 序号  | 主要内容          | 考核项目                        | 评分标准                                                                                                      | 配分   | 扣分 | 得分 |
|-----|---------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|----|
| 1   | 认识 PLC 自动检测系统 | 系统组成                        | 1. 能认识 PLC 自动检测系统并了解其工作过程;<br>2. 能掌握 PLC 自动检测系统的组成;<br>3. 能了解 PLC 自动检测系统各部分的作用;<br>4. 能画出 PLC 自动检测系统的原理框图 | 45 分 |    |    |
|     |               | 传感器认识                       | 1. 能认识系统中各传感器;<br>2. 能熟知各传感器的安装位置;<br>3. 能理解各传感器的作用;<br>4. 能熟记系统中各传感器的类型                                  | 45 分 |    |    |
| 2   | 安全文明生产        | 劳动保护用品穿戴整齐;遵守操作规程;操作结束要清理现场 | 1. 操作中,违反安全文明生产考核要求的任何一项扣 2 分,扣完为止;<br>2. 当发现学生有重大事故隐患时,要立即予以制止,并每次扣安全文明生产分 5 分                           | 10 分 |    |    |
| 合 计 |               |                             |                                                                                                           |      |    |    |

### 任务3 电子秤性能指标的测试



#### 学习目标

##### ◇ 知识目标:

1. 掌握传感器的组成及分类。
2. 理解传感器的基本特性。
3. 掌握传感器测量装置性能指标的计算方法。

##### ◇ 能力目标:

1. 能用电子秤进行测量。
2. 会测试电子秤的迟滞特性。
3. 会测试电子秤的性能指标。



#### 工作任务

本任务是通过学习,认识常用的传感器,了解传感器的概念、组成及作用,掌握传感器测量装置性能指标的计算方法,并能对电子秤性能指标进行测试。



## 相关知识

### 一、传感器的定义及作用

#### 1. 传感器的定义

传感器是指能够把感受到的力、温度、声音、位移、速度、光、化学成分等非电量，按一定的规律转换为容易进行测量、传输、处理和控制的电压、电流等电量的器件或装置。图 1-3-1 所示为部分传感器的外形图。



(a) 力传感器



(b) 超声波传感器



(c) 位置传感器



(d) 温度传感器



(e) 湿度传感器



(f) 气敏传感器



(g) 压力传感器

图1-3-1 部分传感器的外形图

人可以通过五官（视、听、嗅、味、触）接收外界的信息，经过大脑的思维（信息处理），做出相应的动作。同样，如果用计算机控制的自动化装置来代替人的劳动，则可以说计算机相当于人的大脑，而传感器则相当于人的五官，故被称为“电五官”，外界信息由它提取，并转换为系统易于处理的电信号，再由计算机对电信号进行处理，发出控制信号给执行器，执行器





对外界对象进行控制。图 1-3-2 所示为人与机器的机能对应关系。

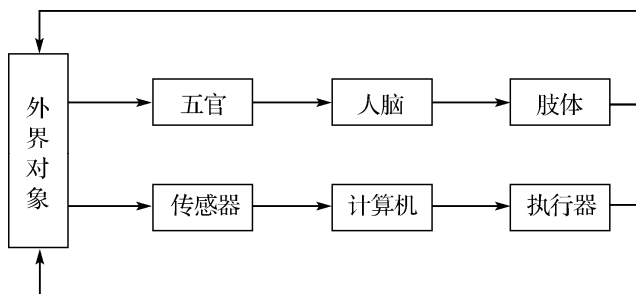


图1-3-2 人与机器的机能对应关系

## 2. 传感器的作用

传感器与被测对象直接连接，它位于自动检测系统的最前沿，是信号直接采集者，是获取准确信息的关键器件。因此，传感器性能的好坏直接影响检测的结果及控制的精确度。

传感器是人体五官的延伸，人体五官虽然能感受自然、获取信息，如人的手指可以感受物体的温度、软硬、轻重、大小等，但人体五官感知自然却有极大的局部性，如它没有察觉磁性的功能，看不见红外线及紫外线，听不到超声波，也不能了解化学溶液中某种物质的含量等。另外，人体能感受温度，但只是在一个较小的温度范围内，仅能粗略地区别温度的高低。而温度传感器可以感受到 $-200\sim 2000^{\circ}\text{C}$ 温度范围，其灵敏度和分辨率也很高。因此，传感器是一种代替或补充人的感觉器官的装置。

在基础学科研究中，传感器更具有突出的地位。随着现代科学技术的发展，传感器进入了许多新领域。例如，在宏观上要观察上千光年以外的茫茫宇宙，微观上要探索小到 $10^{-13}\text{m}$ 的粒子世界，时间上要观察有长达数十万年的天体演化过程，有短到 $10^{-24}\text{s}$ （瞬间）的反应。此外，还出现了对生化物质的认识，以及新能源、新材料的开拓等具有重要作用的尖端技术研究，如超高温、超低温、超高压、超高真空、超强磁场、超弱磁场等。许多基础科学研究的障碍，首先就在于获取对象信息困难，而一些新机理和高灵敏度的检测传感器的出现，往往会引发该领域内的突破，一些传感器的发展，往往是很多边缘学科开发的先驱。

在现代工业生产，尤其是自动化生产过程中，要用各种传感器来检测和传递生产过程中的各个参数，使设备工作在正常状态，并使产品达到合格的质量。在计算机控制系统中，为了收集和测量诸多参数，广泛采用了各种传感器。被测参数的精度的高低直接影响计算机控制系统的精度，可以说没有众多优良的传感器，现代化生产也就失去了基础。

总之，随着自动化等新技术的发展，传感器的应用已渗透到各个领域。

## 二、传感器的组成及分类

### 1. 传感器的组成

传感器通常由敏感元件、传感元件及转换电路组成，如图 1-3-3 所示。

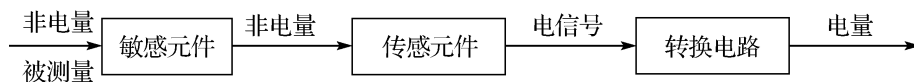


图1-3-3 传感器的组成框图

(1) 敏感元件是指传感器中能够灵敏地感受被测变量并做出响应的部分。例如，铂电阻能根据温度的升降而改变电阻值，电阻值的变化就是对温度升降做出的响应，所以铂电阻就是一种温度敏感元件。

(2) 传感元件是指传感器中能将敏感元件输出的非电量转换成电信号的部分，也称转换元件，如把位移量转换成电容极板的间隙变化、把声音转换成频率的变化等。有些传感器把敏感元件和传感元件合二为一，而有些敏感元件的输出本来就是电量，不用转换就能传送到别处，如铂电阻的电阻值、应变半导体的电阻值、热电偶的电动势等，这样的传感器就没有必要再设置传感元件。

(3) 转换电路是指将传感元件输出的微弱电信号转换成易于处理的电量的部分。常用的转换电路有放大电路、电桥电路、脉冲调宽电路、谐振电路等，它们将电阻、电容、电感等转换成电压、电流或频率，将非标准信号转换成标准信号，以便与带有标准信号的输入设备或仪表相配套。因此，在某些领域，也将传感器称为变换器。

图 1-3-4 所示为变隙式差动气体压力传感器。它由 C 形弹簧管、电感线圈、衔铁及转换电路等组成。其中 C 形弹簧管为敏感元件，衔铁为传感元件。C 形弹簧管的下部与大气相通，内部感受被测压力  $P$ 。

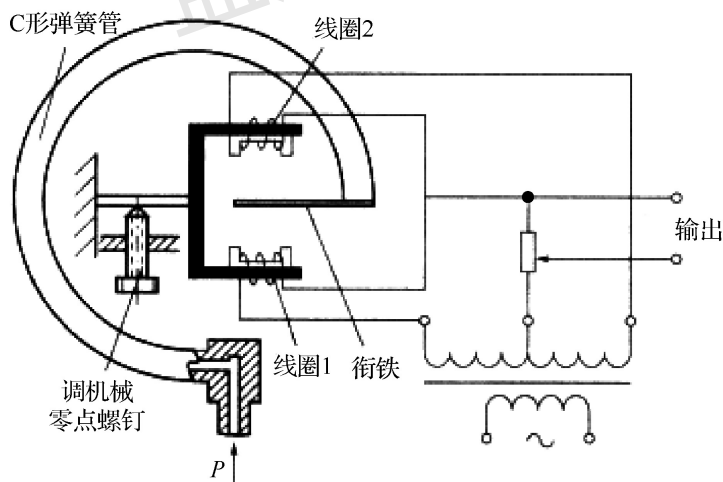


图1-3-4 变隙式差动气体压力传感器

当被测压力进入 C 形弹簧管时，C 形弹簧管产生变形，其自由端发生位移，带动与自由端连接成一体衔铁运动，使线圈 1 和线圈 2 中的电感大小相等、方向相反，即一个线圈的电感量增大，另一个线圈的电感量减小。电感的这种变化通过电桥电路转换成电压输出，由于输出电压与被测压力之间呈比例关系，所以只要用检测仪表测量出输出电压，即可得知被测压力的大小。



## 2. 传感器的分类

传感器的分类方法很多，常用的分类方法如下。

(1) 按被测参数可分为位移传感器、压力传感器、温度传感器、流量传感器、速度传感器、加速度传感器、气体传感器、湿度传感器及转矩传感器等。这种分类方法的优点是清楚地表达了传感器的用途，使用户一目了然，便于使用。

(2) 按输出信号类型可分为开关型传感器、模拟式传感器和数字式传感器。开关型传感器输出的是开关量（“1”和“0”或“开”和“关”）；模拟式传感器的输出量是与被测量呈一定关系的模拟信号，如果需要与计算机配合或用数字显示，还必须经过模/数（A/D）转换电路；数字式传感器的输出量是脉冲或代码，是数字量，可直接与计算机连接或用数字显示，读取方便，抗干扰能力强。

(3) 按工作原理可分为电阻式传感器、电容式传感器、电感式传感器、霍尔式传感器、压电式传感器、光电式传感器等。这种分类的优点是对传感器的工作原理表达得比较清楚，而且类别少，较为系统。

## 三、传感器的基本特性

在传感器的使用过程中，要求其能检测被测量的变化，并将其不失真地转换成相应的电量，这种变换关系主要取决于传感器的基本特性，即输入-输出特性。由于被测量的状态不同，传感器的基本特性分为静态特性和动态特性两种。

### 1. 静态特性

静态特性是指被测量处于稳定状态（不随时间变化或随时间变化很小）时，传感器输出与输入之间的关系特性。它表示传感器在被测量各个值处于稳定状态下输入-输出的关系。传感器静态特性的主要指标有线性度、灵敏度、迟滞、重复性、分辨力、稳定性等。

#### 1) 线性度

线性度（非线性误差）是指传感器输出量与输入量之间的实际关系曲线偏离拟合直线的程度。

通常将传感器输出的起始点与满量程点连接起来的直线作为拟合直线。图 1-3-5 所示为线性度示意图。

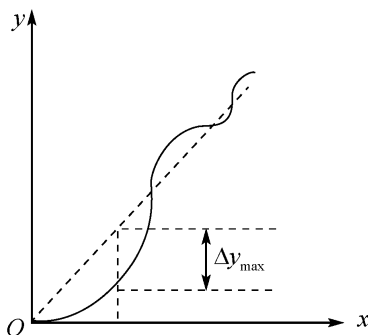


图1-3-5 线性度示意图



在输出特性曲线与拟合直线间,垂直方向上的最大偏差与输出范围之比为线性度,用 $\gamma_L$ 表示,即

$$\gamma_L = \pm \frac{\Delta y_{\max}}{y_{\max} - y_{\min}} \times 100\%$$

式中,  $\Delta y_{\max}$  为最大偏差;  $y_{\max} - y_{\min}$  为输出范围。

在实际应用中,人们总是希望传感器的输入与输出呈线性关系,但事实上,大多数传感器的静态特性曲线是非线性的。为了得到线性关系,常引用各种非线性补偿环节,如采用非线性补偿电路或计算机软件进行线性处理,从而减小检测系统的非线性度。

## 2) 灵敏度

灵敏度是传感器静态特性的一个重要指标,其定义为输出量的增量与引起该增量的输入量增量之比,用 $S$ 表示,即

$$S = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

对于线性传感器来说,灵敏度是一个常数, $S$ 越大,灵敏度越高。

## 3) 迟滞

传感器在输入量由小到大(正行程)及输入量由大到小(反行程)变化期间,其输入/输出特性曲线不重合的现象称为迟滞。对于同一大小的输入信号,传感器的正、反行程输出信号大小不相等,这个差值称为迟滞差值,如图1-3-6所示。产生迟滞现象的主要原因是传感器的机械部分不可避免地存在间隙、摩擦及松动等。

## 4) 分辨力

分辨力是指在规定范围内传感器所能检测到输入量的最小变化量的能力,是仪表所能显示的最小单位。分辨率是分辨力与仪表满量程的比值,反映传感器输入量极小变化的分辨能力。

## 5) 重复性

重复性是指传感器在输入量按同一方向发生全程连续多次变化时,所得特性曲线不一致的程度,如图1-3-7所示。 $\Delta R_{\max 1}$ 、 $\Delta R_{\max 2}$ 分别是正、反行程的最大偏差。多次按相同输入条件测试的输出特性曲线越重合,其重复性越好,误差越小。

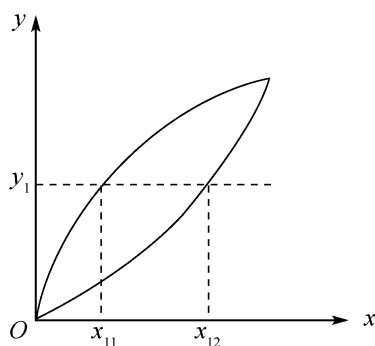


图1-3-6 迟滞

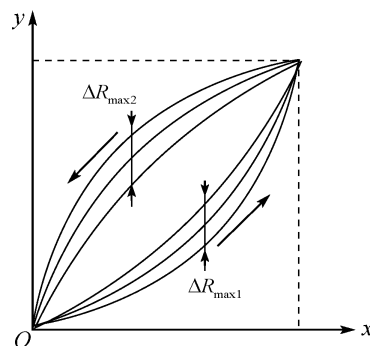


图1-3-7 重复性



## 6) 稳定性

稳定性一般包括稳定度和环境影响量两个方面。

稳定度是指传感器在任何条件均保持恒定不变的情况下,输出信号稳定时间的长短,其值越大说明稳定度越高。

环境影响量是指由环境变化而引起的示值变化量,示值变化量由零点漂移和灵敏度漂移两个因素构成。漂移是指在输入量不变的情况下,传感器输出量随着时间而变化的现象。产生漂移的原因有两个方面:一是传感器自身结构参数;二是周围环境(如温度、湿度等)。当输入状态为零时,输出的变化称为零点漂移。零点漂移在测量前是可以发现的,并且可用重新调零的办法来解决。灵敏度漂移会使一般输入-输出特性曲线的斜率产生变化。影响环境影响量的因素有温度、湿度、气压、电源电压、电源频率等。在这些因素中,温度变化对仪表的影响最难克服,必须予以重视。例如,克服热电偶温度漂移可采用电桥电路补偿法。

## 2. 动态特性

动态特性是指输入量随时间变化时,传感器的响应特性。传感器要检测的输入信号是随时而变化的,传感器的特性应能跟踪输入信号的变化,这样才可以获得准确的输出信号。如果输入信号变化太快,传感器就可能跟不上。因此,动态特性是传感器的重要特性之一。传感器主要有固有频率、时间常数、频率范围、响应时间、阻尼系数、临界速度等动态技术指标。



### 任务实施

## 一、任务准备

实施本任务教学所使用的设备器材及工具仪表可参考表 1-3-1。

表1-3-1 设备器材及工具仪表

| 序号 | 分类   | 名称     | 型号规格       | 数量 | 单位 | 备注 |
|----|------|--------|------------|----|----|----|
| 1  | 工具仪表 | 万用表    | DT-832 或自定 | 1  | 块  |    |
| 2  |      | 电工常用工具 |            | 1  | 套  |    |
| 3  | 设备器材 | 电子秤    | AS-1.5     | 1  | 套  |    |
| 4  |      | 标准砝码   | 10mg~1kg   | 1  | 套  |    |

## 二、电子秤性能指标的测试

### 1. 识别器件

按表 1-3-1 核对所用器材的数量、型号和规格,识别所用工具及器材。

### 2. 检测迟滞特性

仔细阅读电子秤的使用说明书,了解其量程、最小感量和分度值,以便规范检测过程。



把砝码按照从小到大的顺序放在电子秤上进行测量,同时记录测量数据,并填入表 1-3-2 中。然后把砝码按照从大到小的顺序再进行测量,同时记录测量数据并填入 1-3-3 中,和上组数据对比是否相同,从而可以说明电子秤的迟滞特性的优劣。根据测量数据,在直角坐标系中描点作出输入-输出关系曲线(横坐标是标准砝码值,纵坐标是测量值),观察电子秤的迟滞特性,计算出最大迟滞差值。

### 3. 检测最小感量

最小感量就是电子秤所能测量出的最小质量,即量程范围的下限。方法是分别放置 10mg、20mg、30mg、50mg、70mg、100mg、120mg、150mg、200mg 等砝码在电子秤上进行测量。电子秤显示出的数值最小值即最小感量。

### 4. 检测分辨力(分度值)

先在电子秤上放置 1kg 的砝码,然后分别放上 10mg、20mg、50mg 的砝码,使电子秤显示数值发生变化的砝码最小量即分辨力  $\Delta X_{\min}$ 。

### 5. 整理数据并计算

将测量数据填入表 1-3-2 和表 1-3-3 中,并进行相关数据的计算、作图,将所得结果与说明书比较,看两者是否一致。

表1-3-2 测量数据1

| 项目      | 检测次数 |     |   |   |    |    |     |     |     |      |      |      |
|---------|------|-----|---|---|----|----|-----|-----|-----|------|------|------|
|         | 1    | 2   | 3 | 4 | 5  | 6  | 7   | 8   | 9   | 10   | 11   | 12   |
| 砝码/g    | 0.2  | 0.5 | 1 | 5 | 10 | 50 | 100 | 200 | 500 | 1000 | 1200 | 1500 |
| 电子秤读数/g |      |     |   |   |    |    |     |     |     |      |      |      |
| 绝对误差    |      |     |   |   |    |    |     |     |     |      |      |      |
| 相对误差    |      |     |   |   |    |    |     |     |     |      |      |      |

表1-3-3 测量数据2

| 项目      | 检测次数 |      |      |     |     |     |    |    |   |    |     |     |
|---------|------|------|------|-----|-----|-----|----|----|---|----|-----|-----|
|         | 1    | 2    | 3    | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9 | 10 | 11  | 12  |
| 砝码/g    | 1500 | 1200 | 1000 | 500 | 200 | 100 | 50 | 10 | 5 | 1  | 0.5 | 0.2 |
| 电子秤读数/g |      |      |      |     |     |     |    |    |   |    |     |     |



### 任务测评

对任务实施的完成情况进行检查,并将结果填入表 1-3-4 中。



表1-3-4 任务测评表

| 序号  | 主要内容       | 考核项目                          | 评分标准                                                                                     | 配分   | 扣分 | 得分 |
|-----|------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|------|----|----|
| 1   | 电子秤性能指标的测试 | 测试                            | 1. 能将砝码按照从小到大、从大到小的顺序进行迟滞特性测量, 数据记录正确;<br>2. 能按步骤检测最小感量, 数据记录正确;<br>3. 能按步骤检测分辨力, 数据记录正确 | 60 分 |    |    |
|     |            | 数据处理                          | 1. 能正确计算绝对误差和相对误差;<br>2. 能正确作出迟滞特性曲线, 并得出最大迟滞差值                                          | 30 分 |    |    |
| 2   | 安全文明生产     | 劳动保护用品穿戴整齐; 遵守操作规程; 操作结束要清理现场 | 1. 操作中, 违反安全文明生产考核要求的任何一项扣 2 分, 扣完为止;<br>2. 当发现学生有重大事故隐患时, 要立即予以制止, 并每次扣安全文明生产分 5 分      | 10 分 |    |    |
| 合 计 |            |                               |                                                                                          |      |    |    |

电子工业出版社版权所有  
盗版必究