

传感器与检测技术知识总结

1: 传感器是能感受规定的被检测量并按照一定规律转换成可输出信号的器件或装置。

一、传感器的组成

2: 传感器一般由敏感元件, 转换元件及基本转换电路三部分组成。敏感元件是直接感受被测物理量, 并以确定关系输出另一物理量的元件(如弹性敏感元件将力, 力矩转换为位移或应变输出)。转换元件是将敏感元件输出的非电量转换成电路参数(电阻, 电感, 电容)及电流或电压等电信号。

基本转换电路是将该电信号转换成便于传输, 处理的电量。

二、传感器的分类

1、按被测量对象分类

(1) 内部信息传感器主要检测系统内部的位置, 速度, 力, 力矩, 温度以及异常变化。(2) 外部信息传感器主要检测系统的外部环境状态, 它有相对应的接触式(触觉传感器、滑动觉传感器、压觉传感器)和非接触式(视觉传感器、超声测距、激光测距)。

2、传感器按工作机理

(1) 物性型传感器是利用某种性质随被测参数的变化而变化的原理制成的(主要有: 光电式传感器、压电式传感器)。

(2) 结构型传感器是利用物理学中场的定律和运动定律等构成的(主要有 电感式传感器; 电容式传感器; 光栅式传感器)。

3、按被测物理量分类

如位移传感器用于测量位移, 温度传感器用于测量温度。

4、按工作原理分类 主要是有利于传感器的设计 and 应用。

5、按传感器能量源分类

(1) 无源型: 不需外加电源。而是将被测量的相关能量转换成电量输出(主要有: 压电式、磁电感应式、热电式、光电式) 又称能量转化型;

(2) 有原型: 需要外加电源才能输出电量, 又称能量控制型(主要有: 电阻式、电容式、电感式、霍尔式)。

6、按输出信号的性质分类

(1) 开关型(二值型): 是“1”和“0”或开(ON)和关(OFF);
(2) 模拟型: 输出是与输入物理量变换相对应的连续变化的电量, 其输入/输出可线性, 也可非线性;

(3) 数字型: 计数型: 又称脉冲数字型, 它可以是任何一种脉冲发生器所发出的脉冲数与输入量成正比; 代码型(又称编码型): 输出的信号是数字代码, 各码道的状态随输入量变化。其代码“1”为高电平, “0”为低电平。

三、传感器的特性及主要性能指标

1、传感器的特性主要是指输出与输入之间的关系, 有静态特性和动态特性。

2、传感器的静态特性是当传感器的输入量为常量或随时间作缓慢变化时, 传感器的输出与输入之间的关系, 叫静态特性, 简称静特性。

表征传感器静态特性的指标有线性度, 敏感度, 重复性等。

3、传感器的动态特性是指传感器的输出量对于随时间变化的输入量的响应特性称为动态特性, 简称动特性。传感器的动态特性取决于传感器的本身及输入信号的形式。传感器按其传递, 转换信息的形式可分为 接触式环节; 模拟环节; 数字环节。评定其动态特性: 正弦周期信号、阶跃信号。

4、传感器的主要性能要求是: 1) 高精度、低成本。2) 高灵敏度。3) 工作可靠。4) 稳定性好, 应长期工作稳定, 抗腐蚀性好; 5) 抗干扰能力强; 6) 动态性能良好。7) 结构简单、小巧, 使用维护方便等;

四、传感检测技术的地位和作用

1、地位: 传感检测技术是一种随着现代科学技术的发展而迅猛发展的技术, 是机电一体化系统不可缺少的关键技术之一。

2、作用: 能够进行信息获取、信息转换、信息传递及信息处理等功能。应用: 计算机集成制造系统(CIMS)、柔性制造系统(FMS)、加工中心(MC)、计算机辅助制造系统(CAM)。

五、基本特性的评价

1、测量范围: 是指传感器在允许误差限内, 其被测量值的范围;

量程: 则是指传感器在测量范围内上限值和下限值之差。

2、过载能力: 一般情况下, 在不引起传感器的规定性能指标永久改变条件下, 传感器允许超过其测量范围的能力。过载能力通常用允许超过测量上限或下限的被测量值与量程的百分比表示。

3、灵敏度: 是指传感器输出量 Y 与引起此变化的输入量的变化 X 之比。

4、灵敏度表示传感器或传感检测系统对被测物理量变化的反应能力。灵敏度越高越好, 因为灵敏度越高, 传感器所能感知的变化量越小, 即被测量稍有微小变化, 传感器就有较大输出。K 值越大, 对外界反应越强。

5、反映非线性误差的程度是线性度。线性度是以一定的拟合直线作基准与校准曲线作比较, 用其不一致的最大偏差 Lmax 与理论量程输出值 Y (=y_{max}—y_{min}) 的百分比进行计算。

6、稳定性在相同条件, 相当长时间内, 其输入/输出特性不发生变化的能力, 影响传感器稳定性的因素是时间和环境。

7、温度影响其零漂, 零漂是指还没输入时, 输出值随时间变化而变化。长期使用会产生蠕变现象。

8、重复性: 是衡量在同一工作条件下, 对同一被测量进行多次连续测量所得结果之间的不一致程度的指标; (分散范围小, 重复性越好)

9、精确度：简称精度，它表示传感器的输出结果与被测量的实际值之间的符合程度，是测量值的精密程度与准确程度的综合反映。

10、分辨力是指传感器能检出被测量的最小变化量。

11、动态特性：反映了传感器对于随时间变化的动态量的响应特性，传感器的响应特性必须在所测频率范围内努力保持不失真测量条件。一般地，利用光电效应、压电效应等物性型传感器，响应时间快，工作频率范围宽。

12、环境参数：指传感器允许使用的工作温度范围以及环境压力、环境振动和冲击等引起的环境压力误差，环境振动误差和冲击误差。

六、传感器的标定与校准

1、标定（计量学称之为定度）是指在明确传感器输入 / 输出变换关系的前提下，利用某种标准器具产生已知的标准非电量（或其它标准量）输入，确定其输出电量与其输入量之间的过程。

2、校准是指传感器在使用前或使用过程中或搁置一段时间再使用时，必须对其性能参数进行复测或作必要的调整与修正，以确保传感器的测量精度。

3、标定系统的组成： 被测非电量的标准发生器； 待标定传感器； 它所配接的信号调节显示、记录器等。

4、静态标定是给传感器输入已知不变的标准非电量， 测出其输出，给出标定方程和标定常数，计算其灵敏度，线性度，滞差，重复性等传感器的静态指标。

5、传感器的静态标定设备有力标定设备，压力标定设备，温度标定设备等。

6、对设备要求： 具有足够的精度； 量程范围应与被标定传感器的量程相适应； 性能稳定可靠，使用方便，能适应多种环境。

7、传感器的动态标定的目的是检验测试传感器的动态性能指标。

8、动态标定指标是通过确定其线性工作范围， 频率响应函数，幅频特性和相频特性曲线，阶跃响应曲线，来确定传感器的频率响应范围，幅值误差和相位误差，时间常数，阻尼比，固有频率等。

9、常用的标准动态激励设备有激振器、激波管、周期与非周期函数压力发生器；（其中激振器可用于位移、 速度、加速度、力、压力传感器的动态标定）

10、传感器与检测技术的发展方向： 开发新型传感器。传感检测技术的智能化。 复合传感器 研究生物感官，开发仿生传感器。

11、开发新型传感器： 利用新材料制作传感器； 利用新加工技术制作传感器； 采用新原理制作传感器。

12、传感检测技术的智能化：传感检测系统目前迅速地由模

拟式、数字式向智能化方向发展。

功能： 自动调零和自动校准； 自动量程转换； 自动选择功能； 自动数据处理和误差修正； 自动定时测量； 自动故障诊断。

第二章 位移检测传感器

1、移可分为线位移和角位移两种，测量位移常用的方法有：机械法，光测法，电测法。

2、位移传感器的分类：参量型位移传感器，发电型位移传感器，大位移传感器。

一、参量型位移传感器

1、参量位移传感器的工作原理： 将被测物理量转化为电参数，即电阻，电容或电感等。

2、电阻式位移传感器 的电阻值取决于材料的几何尺寸和物理特征，即 $R = \rho L / S$

（1）电位计由骨架、电阻元件、电刷等组成；

（2）电位计优点：结构简单，输出信号大，性能稳定，并容易实现任意函数关系， 缺点：是要求输入量大， 电刷与电阻元件之间有干摩擦， 容易磨损，产生噪声干扰。

3、 线性电位计的空载特性： $R_x = R X / L = K_r X$ (K_r ——电位计的电阻灵敏度)。 电位计输出空载电压为 $U_o = U_i X / L = K_u X$ (K_u ——电位计的电压灵敏度)

非线性电位计空载特性： 其电阻灵敏度 $K_r = DR / Dx$, 电压灵敏度 $K_u = Du_o / Dx$

4、电阻应变式位移传感器 是将被测位移引起的应变元件产生的应变，经后续电路变换成电信号， 从而测出被测位移。

5、电容式位移传感器： 是利用电容量的变化来测量线位移或角位移的装置。

(1)变极距型的电容位移传感器： 有较高的灵敏度， 但电容变化与极距变化之间为非线性关系， 其它两种类型的位移传感器具有比较好的线性，但敏度比较低。

(2)变极板面积型电容位移传感器： 用于线位移测量， 也可用于角位移测量。

(3)变介质型电容式位移传感器 用于位移或尺寸测量的改变介质型电容位移传感器，一般都具有较好的线性特性，但也有输入 / 输出呈非线性关系。

(4)容栅式电容位移传感器 是在面积型电容位移传感器的基础上发展来的，可分为长容栅和圆容栅。 （特点：因多极电容及平均效应， 分辨力高， 精度高， 量程大对刻划精度和安装精度要求可有所降低， 一种很有发展前途的传感器。

6、电容式位移传感器的绝缘和屏蔽

（1）若绝缘材料性能不佳，绝缘电阻随环境温度和湿度而

变化，还会使电容位移传感器的输出产生缓慢的零位漂移；

（2）绝缘材料应具有高的绝缘电阻、低的膨胀系数、几何尺寸的长期稳定性和低的吸潮性；

（3）通常对电容位移传感器及其引线采取屏蔽措施，即将传感器放在金属壳内，接地应可靠；

（4）可以消除不稳定的寄生电容，还可以消除外界静电场和交变磁场的干扰。

7、电感式位移传感器：将被测物理量位移转化为自感 L 、互感 M 的变化，并通过测量电感量的变化确定位移量。主要类型有自感式、互感式、涡流式和压磁式。输出功率大，灵敏度高，稳定性好等优点。

（1）自感式电感位移传感器原理：缠绕在铁心的线圈中通以交变电流，产生磁通，形成磁通回路。

为了提高自感位移传感器的精度和灵敏度，增大特性的线性度，实际用的传感器大部分都作为差动式

改善其性能考虑的因素有：（1）损耗问题，（2）气隙边缘效应的影响，（3）温度误差，（4）差动式电感位移传感器的零点剩余电压问题。

（2）互感式位移传感器（测量范围最大）：将被测位移量的变化转换成互感系数的变化，基本结构原理与常用变压器类似，故称为变压器式位移传感器。

（3）涡流式位移传感器：利用电涡流效应将被测量变换为传感器线圈阻抗 Z 变化的一种装置。只要分为高频反射和低频透射两类。

二、发电型位移传感器

1、发电型位移传感器（压电位移传感器）是将被测物理量转换为电源性参量。

2、压电式位移传感器的基本工作原理是将位移量转换为力的变化，然后利用压电效应将力的变化转换为点信号。

三、大位移传感器

1、磁栅式位移传感器是根据用途可分为长磁栅和圆磁栅位移传感器，分别用于测量线位移和角位移。磁头分动态和静态。

2、当磁头不动时，输出绕组输出一等幅的正弦或余弦电压信号，其频率仍为励磁电压的频率，其幅值与磁头所处的位置关系。当磁头运动时，幅值随磁尺上的剩磁影响而变化。

4、光栅式位移传感器有测量线位移的长光栅和测量角位移的圆光栅。其性质：光栅移动方向与莫尔条纹移动方向垂直。

5、两块光栅作为一个标尺光栅（不动的）和一个指示光栅（动的），标尺光栅是一个长条形光栅，光栅长度由所需量程决定。

6、莫尔条纹的性质：当两个光栅沿刻线垂直方向相对移动时，莫尔条纹相对栅外不动点沿着近似垂直的运动方向移动，光栅移动一个栅距 W ，莫尔条纹移动一个条纹间距 B ；光

栅运动方向改变，莫尔条纹的运动方向也作相应改变；光栅条纹的光强度随条纹移动按正弦规律变化。

7、感应同步器是利用电磁感应原理将线位移和角位移转换成点信号的一种装置。根据用途，可将感应同步器分为直线式和旋转式两种，分别用于测量线位移和角位移。

原理：当滑块的两相绕组用交流电励磁时，由于电磁感应，在定尺的绕组中会产生与励磁电压同频率的交变感应电动势 E 。当滑尺相对定尺移动时，滑尺与定尺的相对位置发生变化，改变了通过定尺绕组的磁通，从而改变了定尺绕组中输入的感应电动势 E 。

根据对滑尺的正、余弦绕组供给励磁电压方式的不同，又分为鉴相和鉴幅型测试系统。

特点：精度较高，对环境要求低，可测大位移；工作可靠，抗干扰能力强，维护简单，寿命长；对局部误差有平均化作用。）

8、激光式位移传感器结构由：激光器、光学元件、光电转换元件组成激光测试系统，将被测位移量转化成电信号。（特点：精度高，测量范围大、测试时间短、非接触、易数字化、效率高。）

9、激光干涉测长技术用途：精密长度测量（磁尺、感应同步器、光栅检定）；精密机床位移检测与校正；集成电路制作中的精密定位。

10、常用的激光干涉测长传感器：单频激光干涉传感器；双频激光干涉传感器。

第三章 力、扭矩和压力传感器

一、测力传感器

1：测量力的传感器多为电气式，根据转换方式分为参量型和发电型。参量型测力传感器有电阻应变式，电容式，电感式，发电型测力传感器有压电式，压磁式。

2：电阻式应变测力传感器原理是将力作用在弹性元件上，弹性元件在力作用下产生应变，利用贴在弹性元件上应变片将应变转换成电阻的变化，然后利用电桥将电阻变化转换成电压或电流的变化，在送入测量放大电路测量。

弹性元件：（1）柱型弹性元件；（2）薄壁环型弹性元件；（3）梁型弹性元件：悬臂梁式、两端固定梁式。

3、应变片是非电量电测中一种常见的转换元件。由于应变片使用简单，测量精度高，体积小，动态响应好，应用广。

4、金属丝的作用是感受机械试件的应变变化，称为敏感栅。

5、对金属丝的要求：（1）具有较高的电阻系数（单位长度的电阻要大）；（2）具有尽可能大的电阻应变灵敏度系数；（3）具有较小的温度系数；（4）具有较高的弹性极限，以便得到较宽的应变测量范围；（5）良好的加工性和焊接性；（6）对铜的热电动势要小。

6、底基的作用：是将试件的应变准确地传给敏感栅，所以底基应具有较低的弹性模量，较高的绝缘电阻，良好的抗湿抗热性能。（常用底基：纸基、胶基、玻璃纤维布基）

纸基制作简单，价格便宜，比较柔软，易于粘贴，应变极限打，但耐潮湿性和耐热性差。

胶基比纸基更柔软，且具有较好的绝缘性，较高的弹性，耐热和耐潮湿性都较好，

7、箔式电阻应变片：敏感栅是用（ 3~5 ）um 厚的金属箔粘于胶基上，用光刻技术加工成需要的形状。

优点：（ 1 ）金属箔很薄，因而所感受的应力状态与试件表面的应力状态更接近；（ 2 ）箔式敏感栅面积大，散热条件好，允许通过较大的电流，灵敏度较高，输出信号功率比较大，为丝式电阻应变片的 100~400 倍；（ 3 ）箔式敏感栅的尺寸可以做的很准确，基长可以很短，并能制成任意形状，从而可扩大使用范围；（ 4 ）便于成批生产。

缺点：生产工序复杂，引线的焊点采用锡焊，不适于在高温环境中测量，另外价格比较高。

8、半导体应变片的工作原理是基于压阻效应。

（ 1 ）压阻效应是指固体受到应力作用时，其电阻率发生变化。这就叫 压阻效应 。

（ 2 ）优点：半导体应变片横向效应小，其横向灵敏度几乎为零；机械滞后小，可制成小型和超小型片子。

（ 3 ）缺点：应变灵敏系数的离散性大，机械强度低，非线性误差大，温度系数大，使用于需要大信号输出场合。

9、应变片的布置和接桥方式：电桥又单臂、双臂、四臂工作方式（平衡条件 $U_o = 0 \quad R_1 R_3 = R_2 R_4$ ）

工作方式	单臂	双臂	四臂
应变片所在位置	R1	R1 , R2	R1 , R2 , R3 , R4
输出电压 U_o	$1/4 U_i K$	$1/2 U_i K$	$U_i K$

10、压电式传感器是基于压电元件的压电效应而工作的。压电效应有正压电效应和逆压电效应。

（ 1 ）正压电效应 是当某些晶体沿一定方向受外力作用而变形时，在其相应的两个相对表面产生极性相反的电荷，当外力去掉后，又恢复到不带电状态，电荷的极性取决于变形的形式。

（ 2 ）逆压电效应 是当某些晶体的极化方向施加外电场，晶体本身将产生机械变形，当外电场撤去后，变形也随之消失。

电压式传感器的前置放大器的输入阻抗应尽可能的高。

11、压电式力传感器是利用压电晶体的纵向和剪切向压电效应。（单分量和多分量）

12、电荷放大器的选择：要求电荷放大器输入阻抗高于 10^{12} ，低频响应为 0.001Hz

13、压磁效应 是在机械力作用下，铁磁材料内部产生应力变化，使磁导率发生变化，磁阻相应也发生的现象。外力是拉力时，在作用力方向铁磁材料磁导率提高，垂直作用力方向磁导率降低；作用力为压力时，则反之

14、压磁式力传感器工作原理是根据压磁效应原理，当在一次侧绕组通过交变励磁电流时，铁心中产生磁场，由于压磁元件在未受力时各向同性，磁力线呈轴对称分布。

15、压磁式力传感器结构主要是由压磁元件，弹性机架，基座和传力钢球等组成。

二、扭矩传感器

1、电阻应变式扭矩传感器的工作原理 是在轴类零件受扭矩作用时，在其表面产生切应变，此应变可用电阻应变片测量。（集流环按工作原理分类：电刷-滑环式、水银式、感应式。）

2、压磁式扭矩仪又叫磁弹式扭矩仪工作原理是根据磁弹效应，受扭矩作用的轴的导磁性发生相应变化，即磁导率发生变化，从而引起线圈的感抗变化，通过测量电路测量感抗的变化可确定扭矩。

3、电容式扭矩测量仪工作原理 是利用机械结构，将轴受扭矩作用后的两端相对转角变化变换成电容器两极板之间的相对有效面积的变化，引起电容量的变化来测量扭矩。其最优点是灵敏度高，测量时它需要集流装置传输信号。

4、光电式扭矩测量仪：这种扭矩传感器的工作转速 为（ 100~800 ） r/min ，测量精度为 1%。

5、钢弦式扭矩传感器是将扭矩转换成钢弦固有频率变化进行工作。（优点：抗干扰能力强，允许导线长达几百米到几千米，测量精度可达 $\pm 1\%$ 。）

三、压力式传感器

1、弹性式压力传感元件有：波登管、膜片和波纹管三类。
2、电量式压力计是用各种传感器或测量元件将压力变换成电量或电参数，再经后接相应的测量电路进一步变换，最后由显示或记录仪显示或记录下来，以实现压力测量的装置。常用的测压力系统所用的传感器有电容式，电感式，电阻式，涡流式，压电式。

（ 1 ）电容式压力传感器是将压力转换成电容的变化，经电路变换成电量输出。其特点是灵敏度高，适合测量微压，频响好，抗干扰能力较强。

（ 2 ）应变式压力传感器的工作原理是利用应变片将弹性元件在压力作用下产生的应变转换成电量的变化。应变式压力传感器体积小重量轻，精度高，测量范围宽，从几帕到 500MPa ，频响高，同时耐压，抗振，应用广泛。

（ 3 ）压阻式压力传感器是利用压阻效应将压力变换成电阻的变化实现压力测量。其特点是频响宽，动态响应快，测量范围从几 Pa 到三亿 Pa ，适用于爆炸，冲击压力的测量。

（ 4 ）电感式压力传感器是将压力变化转换成电感变化，通

过测量电路再将电感变化转换成电量实现压力测量。其特点是频响低，使用于静态或变化缓慢压力的测试。

（5）涡流式压力传感器属于电感式压力传感器中的一种，它是利用涡流效应将压力变换成线圈阻抗的变化，再经测量电路转换成电量。它有良好的动态特性，适合在爆炸等极其恶劣的条件下工作，如测量冲击波。

（6）霍尔式压力传感器结构原理是波登管在压力作用下其末端产生位移，带动了霍尔元件在均匀梯度的磁场中运动。由于波登管的频响较低，适用于静态或变化缓慢压力的测量。

（7）压电式压力传感器工作原理是压力通过膜片或活塞，压块作用在晶片上，晶片上是产生了电荷，经后接放大器的变换，由显示或记录仪器显示或记录，实现对压力的测量。其特点是具有频响宽，可测压力范围大，体积小，重量轻，安装方便，可测多向压力等特点，应用广泛，适用于测动态力和冲击力，但不适于测静态力。

第四章 速度、加速度传感器

一、速度传感器

1、测速发电机是机电一体化系统中用于测量和自动调节电机转速的一种传感器。它由绕组的定子和转子构成。

2、根据励磁电流的种类，测速发电机分为直流测速发电机（电磁式和永磁式两种）和交流测速发电机两类。

3、在实际应用中，机电一体化系统对测速发电机的主要要求有：输出电压对转速应保持较精准的正比关系。转动惯量要小。灵敏度要高，即测速发电机的输出电压对转速的变化反应要灵敏。

（1）直流测速发电机是一种微型直流发电机。其工作原理是根据电磁感应原理，在恒定磁场中，旋转的电枢绕组切割磁通，并产生感应电动势，而后测速的发电机。

（2）空载时，直流测速发电机的输出电压和电枢感应电动势相等，因而输出电压与转速成正比。

负载时，测速发电机的输出电压应比空载时小，这是电阻 r_s （中枢绕组）的电压降造成的。

（3）直流测速电动机在理想情况下系数 C_e 和 C 与输出电压之间的关系： $C = C_e / (1 + R_s / R_l)$, $V_{cf} = C_e N / (1 + R_s / R_l)$ 。

（3）直流测速电动机产生误差的原因和改进方法？

有负载时，电枢反映去磁作用的影响，使输出电压不再与转速成正比，遇到这种问题可以在定子磁极上安装补偿绕组，或使负载电阻大于规定值。

电刷接触降压的影响，这是因为电刷接触电阻是非线性的，即当电机转速较低，相应的电枢电流较小时接触电阻较大，从而使输出电压很小，只有当转速较高，电枢电流较大时，电刷压降才可以认为是常数，为了减小电刷接触压降的影响，即缩小不灵敏区，应采用接触压降较小的铜-石墨电极

或铜电极，并在它与换向器相接触的表面上镀银。

温度影响，这是因为励磁绕组中长期流过电流易发热，其电阻值也相应增大，从而使励磁电流减小的缘故，在实际使用中可在直流测速发电机的绕组回路中串联一个电阻值较大的附加电阻，在接到励磁电源上。

4、交流测速电动机 可分为永磁式，感应式和脉冲式三种。

交流测速电动机的工作原理是利用定子，转子齿槽相互位置的变化，使输出绕组中的磁通产生脉冲，从而产生感应电动势，这种工作原理称为感应子式发电机原理。

5、线振动速度传感器 的工作原理是当一个绕有 N 匝的线圈作垂直于磁场方向相对运动时，线圈切割磁力线，由法拉第电磁感应定律可得其线圈产生感应电动势。

6、陀螺式角速度传感器 分为：转子陀螺、压电陀螺、激光陀螺、光纤陀螺。

（1）转子陀螺式角速度传感器是一种惯性传感器，安装简单，使用方便，但有机活动部件，被测角速度范围 $\pm 30^\circ \sim 120^\circ /s$ ，质量较大，成本高，寿命低。

（2）压电陀螺式利用压电晶体的压电效应工作，分：振梁型、双晶片型、圆管型。

（3）光纤陀螺式：具有无机械传动部件、无需预热时间、对加速度不敏感、动态范围宽、体积小、灵敏度高等优点。

7、霍尔式传感器的工作原理是利用霍尔元件组成的传感器，在被测物上粘有多对小磁钢，霍尔元件固定于小磁钢附近，当被测物转动时，每当一个小磁钢转过霍尔元件，霍尔元件输出一个相应的脉冲，测得单位时间内的脉冲个数，即可得被测物的转速和角速度。

8、电涡流式转速传感器的工作原理是在传感器靠近在被测物上设定的等距标记安装，当被测物转动时，传感器输出频率与转速成正比的信号。

9、半导体硅流速传感器的工作原理是依据发热体与放置发热体的流体介质的热导率与流体流速相关原理制成的。

二、加速度传感器

1、常用加速度传感器的种类有压电式，应变式，磁致伸缩式。

2、压电式加速度传感器的频率范围广、动态范围宽、灵敏度高，故应用较为广泛

压电加速度传感器的工作原理 是利用压电陶瓷的压电效应可构成不同使用要求的振动加速度传感器来制作的。

常用的三种原理结构式压缩型，剪切型，弯曲型。其特点是它可以作得很小，重量很轻，对被测机构的影响就小，压电传感器的内阻抗很高，输出的能量很微小，要在接高输入阻抗的前置放大器。放大器有两种是电压放大器和电荷放大器。

电荷放大器输出电压与电缆分布电容无关。 一般加速度传感器的尺寸越大，其固有频率越低

3、应变式加速度传感器的工作原理是经过质量块-弹簧惯性系统将加速度转换为力，再将力作用于弹性元件，从而将力转换为应变，通过测量应变可以测量加速度。

第五章 视觉、触觉传感器

1：视觉传感器在机电一体化系统中的作用有三种：进行位置检测。进行图像识别进行物体形状，尺寸缺陷的检测。

2：视觉传感器（以光电变换为基础）的组成及各组成环节的作用？

(1)照明部：为了从被测物体得到光学信息而需要照明，是充分发挥传感器性能的重要条件。

(2)接受部：由透镜和滤光片组成，具有聚成光学图像或抽出有效信息的功能。

(3)光电转换部：将光学图像信息转换成电信号。

(4)扫描部：将二维图像的电信号转换为时间序列的一维信号。
在机器人领域，几乎都是采用工业电视摄像机作为视觉传感器。

3：光电式摄像机是由接收部分，光电转换部分和扫描部分组成的二维视觉传感器。

4：固体半导体摄像机原理是由许多光电二极管组成阵列，作为摄像机的感光部分以代替光导摄像管。它是由摄像元件（CCD），信号处理电路，驱动电路和电源组成。摄像元件（CCD）是一种MOS行晶体开光集成电路。

5：二维CCD摄像元件的构成主要有隔行传送方式和帧传送方式两种。

6：激光式视觉传感器的原理是利用激光作为定向性高密度光源的视觉传感器构成的，这种传感器用作激光扫描器来识别商品上的条形码。

7：红外图像传感器原理是把波长（2~20）um的红外光图像转换成如同电视图像的时序扫描信号输出的传感器。它通常由红外敏感元件和电子扫描电路组成。

8：人工视觉（机器视觉）：使用机器的自动化方法实现类似人类视觉的功能。

人工视觉系统的硬件构成一般由图像输入，图像处理，图像存储和图像输出四个系统构成。各部件的用途是（1）图像输入是通过视觉传感器将对象物体变成二维或三维图像，再经光电变换将光信号变成电信号，通过扫描采样将图像分解成许多像素，再把表示各个像素信息的数据输入计算机进行图像处理。（2）图像处理是对获取的图像信息进行预处理（前处理），以滤去干扰，噪声，并作几何，色彩方面的校正，以提高信噪比。目的是改善图像质量，以利于进行图像识别。（3）图像存储是把表示图像各个像素的信息送到存储，以备调用。图像的信息量大。（4）图像输出分为两类：一类是只要求瞬时知道处理结果，以及计算机用对话形式进行处理的显示终端，该类称为软拷贝。另一类是可长时间保存结果，称

为硬拷贝。

9：物体图像信息的输入识别物体前先将物体的有关信息输入到计算机内。被输入的信息主要有明亮度信息，颜色信息和距离信息。

10：图像处理的方法有微分法和区域法。

10：接触觉传感器最早是微动开关。它工作范围宽，不受电磁干扰，简单，易掌握，成本低，但响应速度低，动作压力高。原理：它们都是通过在一定接触力下，切换通—断状态，输出高或低的电平信号，以表示是否发生接触。

11：硅橡胶触觉传感器的工作原理是硅橡胶与金属电极对置，接触，硅橡胶受压其电阻值就改变，当金属电极受力压硅橡胶时，输出电压相应变化。

12：压觉传感器定义通过高密度配置这种传感器，可以获得同物体接触时各部分不同的压力，将该压力变换成相应处的电压信号，可以获得关于物体形状的信息。特点：动作准确，精度高，缺点是体积大，不能高密度配置。

13：滑动觉传感器应用于工业机器人手指把持面与操作对象之间的相对运动，以实现实时控制指部的夹紧力。

第六章 温度传感器

1：温度代表物质的冷热程度，是物体内部分子运动剧烈程度的标志。测量温度的方法有接触式和非接触式。

2：接触式的特点是感温元件与被测对象直接物理接触，进行热传导。

3：非接触式的特点是感温元件与被测对象不物理接触，而是通过热辐射进行热传递。

4：热电偶式温度传感器属于接触式热电动势型传感器，它的工作原理是热电效应。

热点效应：当两种不同金属导体两端相互紧密地连接在一起组成一个闭合电路时，由于两个接触点温度T和T₀不同，回路中将产生热电动势，并有电流通过，这种把热能转换成电能的现象称为热电效应。

5：热电动势由接触电动势和温差电动势组成。

6：接触电动势是由于两种不同导体的自由电子密度不同而在接触处形成的电动势。

7：温差电动势是在同一根导体中由于两端温度不同而产生的电动势。

中间导体定律：导体a，b组成的热电偶，当引入第三个导体时，只要保持其两端温度相同，则对总热电动势无影响，这一结论被称为中间导体定律

8：热电偶通常由热电极，绝缘材料，接线盒和保护套组成。

9：热电偶可分为：（1）普通热电偶：主要用于测量液体和气体的温度。

（2）铠装热电偶（缆式热电偶）：特点是测量结热容量小，热惯性小，动态响应快，挠性好，适用于普通热电偶不能测

量的空间温度。

(3) 薄膜热电偶： 主要用于测量固体表面小面积瞬时变化的温度，特点是热容量小，时间常数小，反应速度快。

(4) 并联热点偶：它是把几个同一型号的热电偶的同性电极参考端并联在一起。适用于测量平均温度。

(5) 串联热电偶：(热电堆)

10：热电偶参考端电位补偿法有：恒温法，温度修正法，电桥补偿法，冷端补偿法，电位补偿法。

11：电位补偿法是在热电偶回路中接入一个自动补偿的电动势。

12：热电阻式传感器可分为金属热电阻式和热敏电阻式。

13：金属热电阻式温度传感器是电阻体，电阻体是由金属导体构成的。

14：热电阻的结构主要由不同材料的电阻丝绕制而成，为了避免通过交流电时产生感抗，或有交变磁场时产生感应电动势，在绕制时采用双线无感绕制法。

15：热敏电阻式温度传感器的感温元件是对温度非常敏感的热敏电阻，所用材料是陶瓷半导体，其导电性取决于电子-空穴的浓度。 其特点 是热敏电阻的温度系数比金属热电阻大，体积小，重量轻，很适用于小空间温度测量，它的热惯性小，反应速度快，适用于测量快速变化的温度。

16：非接触式温度传感器采用热辐射和光电检测的方法。其工作机理是当物体受热后，电子运动的动能增加，有一部分热能转变为辐射能量的多少与物体的温度有关，当温度较低时，辐射能力很弱；当温度较高时，辐射能力很强。

17：非接触式温度传感器可分为全辐射式温度传感器，亮度式温度传感器和比色式温度传感器。

18：全辐射温度传感器是利用物体的全光谱范围内总辐射能量与温度的关系测量温度。特点是适用于远距离，不能直接接触的高温物体，其范围是(100~2000 度)

19：亮度式温度传感器利用物体的单色辐射亮度随温度变化的原理，并以被测物体光谱的一个狭窄区域内的亮度与标准辐射体亮度进行比较来测量温度。特点是量程较宽，有较高的测量精度，一般用于测量(700~3200 度) 范围的浇铸。轧钢，锻压，热处理时的温度。

20：比色温度传感器以测量两个波长的辐射亮度之比为基础。特点是用于连续自动检测钢水，铁水，炉渣和表面没有覆盖物的高温物体温度，其量程为(800~2000) 度，测量精度为0.5%。它的优点是反应速度快，测量范围宽，测量温度接近于实际值。

21：半导体温度传感器以半导体 P-N 结的温度特性为理论基础的。是利用晶体二极管与晶体三极管为感温元件。采用半导体二极管作温度传感器，有简单，价廉的优点，用它可制成半导体温度计，测量范围在(0~50) 度。用晶体三极管制

成的温度传感器测量精度高，测量范围较宽在(-50~150) 度之间，因而用于工业，医疗等领域的测量仪器或系统。都还有很好的长期稳定性

第七章 气敏、湿度、水份传感器

一、气敏传感器

1：气敏传感器是一种将检测到的气体成分和浓度转换为电信号的传感器。

2：气敏元件的工作机理是吸附效应。 半导瓷气敏电阻值将随吸附气体的数量和种类而改变。

3：如果材料的功函数大于吸附分子的离解能，吸附分子将向材料释放电子而成为正离子吸附。氧气和氮氧化合物倾向于负离子吸附，称为氧化型气体。

4：氢气，CO 碳氢化合物和酒类倾向于正离子吸附，称为还原型气体。

5：半导瓷气敏元件与半导体单晶体相比，具有工艺简单，使用方便，价格便宜，对气体浓度变化响应快，即使在低浓度下灵敏度也很高等优点，故可用于制作多种具有实用价值的气敏元件。其缺点是稳定性差，老化较快。

6：常用气敏元件的种类按其结构可分为：烧结型，薄膜型和厚膜型。

7：(1) 烧结型器件的一致性较差，机械强度也不高，但它价格便宜，工作寿命较长， 应用广泛。(2) 薄膜型气敏元件 (如氧化锡，ZnO 气敏性最好) 为物理性附着系统，器件之间的性能差异仍较大。(3) 厚膜气敏元件的一致性较好，机械强度高，适于批量生产。

8：气敏元件的几种应用实例有： 气敏电阻检漏报警器。矿灯瓦斯报警器。 一氧化碳报警器。 煤气传感器。它可分为半导式和接触燃烧式。

二、湿度传感器

9：湿敏元件是利用湿敏材料吸收空气中的水份而导致本身电阻值发生变化的原理制成的。优点是灵敏度高，体积小，寿命长，可以进行遥测和集中控制。

10：湿度是指大气中所含的水蒸气量。最常用的两种方法是绝对湿度和相对湿度。

11：绝对湿度是指一定大小空间中水蒸气的绝对含量。

12：相对湿度是指为某一被测蒸气压与相同温度下饱和蒸气压比值的百分数，这是一个无量纲值。

13：氯化锂湿敏电阻式利用吸湿性盐类潮解，离子导电率发生变化而制成的测湿元件。

14：负特性湿敏半导瓷是由于它们的电阻率随湿度的增加而下降。

15：正特性湿敏半导瓷是一类材料(Fe₃O₄ 半导瓷) 的电阻率随着湿度的增加而增大。

16：半导体陶瓷湿敏元件的材料，主要是不同类型的 金属氧

化物。

半导体湿敏元件具有较好的热稳定性，较强的抗沾污能力，能在恶劣，易污染的环境中测得准确的湿度数据，而且有响应快，使用温度范围宽（可在 150 度以下使用），可加热清洗。

17：热敏电阻式湿敏元件 特点 和 应用 是：（1）灵敏度高且响应速度快，（2）滞后现象：（3）不像干湿球温度计需要水和纱布及其它维修保养：（4）可连续测量：（5）抗受风，油，尘埃能力强。应用：使用这种绝对湿度传感器的湿度调节，可制造出精密的恒湿槽。

18：高分子膜湿敏元件它用于工业湿度计测中。

19：高分子膜湿度传感器的工作原理是以随高分子膜吸收或放出水份儿引起电导率或电容变化测量环境相对湿度的装置。

20：电子湿度计的构成它由检测部分（有携带型，墙袋型和凸缘型三种传感器），数字显示器和变换器等构成。

21：高分子膜湿敏元年的主要用途是广泛用于湿度监视，记录和控制，尤其可用于普通湿度计难以测量的小于 20%RH 的湿度中，湿度计使用在超过 90%RH 的高湿度区域中会出现结露，结露时，湿度传感器在沾湿间歇不能测量，一旦沾湿现象消失，恢复原来特性。

22：结露传感器的优点是（1）实际使用时，传感器特性并不因表面的垃圾和尘埃以及其它气体的污染而受影响。（2）可以用于高湿状态。（3）具有快速开关特性，所以工作点变动小。（4）工作电路可用直流电压。

三、水份传感器

23：水份是存在于物质中水的数量，以百分比表示。该项指标是掌握物质保存状态和质量管理的指标。

24：水份传感器（水份计）有直流电阻型，高频电阻型，电容率型，气体介质，近红外型，中子型和核磁共振型。

25：水份传感器的工作原理是利用了被测物质的电学性质，高分子物质的电阻 R 与其含水率 M 之间的关系，通过测定电阻值，就能测定水份含量。 。

26：直流电阻式水份传感器的工作原理是利用微型计算机储存了温度修正以及各种试样水份与电阻值相关的特性，通过转换开关进行各种试样的水份测定。

第八章 传感检测系统的构成

一：电桥

1：传感检测系统的组成及其各环节的功能是：通常是由传感器，中间转换电路，微机接口电路，分析处理及控制显示电路等部分组成，分别完成信息的获取，转换，传输，分析处理，显示记录等功能。

2：电桥是把电阻，电感和电容等元件参数转换成电压或电流的一种测量电路。这种测量电路简单直接，而且精度和灵敏

度都较高，在缉拿侧系统中应用较多。

3：按电源的不同电桥分为直流电桥和交流电桥。按电桥的工作方式可分为平衡电桥和不平衡电桥。按电桥被测电阻的接入方式可分单臂电桥和差动电桥。

4：直流电桥是在电桥的输入端加入直流电源 E。

5：交流电桥是采用交流电源供电的电桥。

6：当用电桥进行测量时，可采用零测法和偏差测量法。

7：平衡状态的应用是基于零测法。利用热电阻传感器测量温度，应用的就是电桥的平衡状态。它一般适合于测量静态值。不平衡状态的应用基于偏差测量法。它既可以测量静态值又可以测量动态值，其测量精度受检流计的精度及电源稳定性的影响，但能满足实际测量的要求。

8：衡量电桥的工作特性质量的两项指标是电桥的灵敏度及电桥的非线性误差。

9：电桥的灵敏度 是指单位输入量时的输出变化量。

10：电桥调零是在测量时，由于是利用了电桥的不平衡输出反映被测量的变化情况，因此，测量前电桥的输出应调为零，称为电桥调零。

11：电桥调零通常采用 串联调零 和并联调零 两种方法。串联调零电路，微调电位器 R_w 串联在桥路中，它多用在桥臂参数 R 值较大的场合。调零电位器的阻值 $R_w \ll R_o$ 为并联调零电路，微调电位器 R_w 并联在电桥输出端，多用在桥臂参数 R 值较小的场合。

三：调制与解调

12：调制是指将直流信号换成交流信号的过程。常用的调制器有晶体管调制器和提高输出电压的晶体管调制器。

13：调解是指当直流信号被调制成交流信号后，若再将该交流信号还原成直流信号。常用的调制器是二极管调制器和三极管调制器。

四：滤波器

14：滤波方式有无源滤波，有源滤波和数字滤波。

15：若检测系统中对滤波要求不太高，可以采用无源滤波器。无源滤波器电路简单缺点是带负载能力差。

16：一阶低通滤波器是指传递函数为一阶。它适用于精度要求不高的场合。高通滤波器是指 RC 电路具有高频信号容易通过并抑制低频信号的作用。

17：带通滤波器用于通过某一频段的信号，而将此频段以外的信号加以抑制或衰减。衡量带通滤波器的工作特性好坏的重要指标是品质因数，其定义为中心频率 f_o 与通频带宽度 B 之比。在 f_o 一定的条件下，Q 越大通频带越窄，选择性越好。

18：有源滤波器 由运算放大器和 RC 网络组成。

19：有源滤波器与无源滤波器相比具有的 优点是（1）有源滤波器不用电感线圈，因而在体积，重量，价格，线性等方面具有明显的优越性，便于集成化。（2）由于运算放大器输入

阻抗高，输出阻抗低，可以提供良好的隔离性能，并可提供所需增益。（3）可以使低频截止频率达到很低范围。

20：一阶低通滤波器的缺点是对截止频率以外的信号衰减较慢，因此选择性差。二阶低通滤波器（ $R_1=R_2=R, C_1=C_2=C$ ）能克服一阶低通滤波器的缺点。二阶高通滤波器可以克服一阶滤波器在 ω 小于 ω_0 附近衰减慢的缺点。带通滤波器品质因数 Q 越大，通频带宽度越窄，则选择性越好，改变 R_f 或 R_F 可以改变 Q 和 B ，不影响 f_0 。带阻滤波器是抑制某个频率范围内的频率分量，使其衰减，而让此频带以外的频率顺利通过。

21：数字滤波方法有（1）限定最大偏差法，它最要用于变化比较缓慢的参数。（2）算术平均值法。适用于压力测量，流量测量。（3）加权平均滤波法。

22：模/数（A/D）转换是指将模拟量变为数字量。数/模（D/A）是指将数字量变为模拟量。

23：数/模（D/A）转换器的技术指标是（1）分辨率；（2）精度：转换器的精度是指输出模拟电压的实际值与理想值之差。这种误差由参数电压的波动，运算放大器的零点漂移，模拟开关的压降以及电阻阻值的偏差引起的。（3）线性度。通常用非线性误差的大小表示数/模转换器的线性度。（4）输出电压（或电流）的建立时间。

24：模拟量、转换为数字量的方法很多，目前用的较多的是逐次逼近法。

25：多路模拟开关环节 通常在微机控制的检测系统中，要采用多路信号，为了减少检测通道的设备，而使多个信号的采样共同使用一个模/数转换器，需将经过多路传感器转换后的信号采用分时法切换到模/数转换器上。

26 由于多路模拟开关在接通时有一定的导通电阻，在某种情况下对信号的传递精度带来较大影响，一般可通用加大负载阻抗以减小其影响。

27：采样保持器的原理 是模/数转换器在将模拟量转换成数字量的过程中需要一定的时间，这就要在模/数转换开始时将信号电平保持住，而在模/数转换结束后又能对输入信号进行采样。

28：为了使采样保持器达到一定的精度，需在它的输入级采用缓冲器，以减少信号源的输出阻抗，增加负载的输入阻抗。采样开关被接通的时间称为采样时间。

七：传感器检测信号的细分与辨向原理

1：几何量测量中采用机械式细分、光学式细分和电子式细分等方法。

2：辨向原理：相位角不能是 0° 、 180° 、 360° ，否则会出现两路信号刚好相差整数周期或相位刚好相反。

3：四倍细分电路：又称直接细分。

29：按照干扰的来源可以分两类是系统内部的干扰和来自系 _____

统外部的干扰。

30：产生内部干扰的因素 有：信号通过公共电源，地线和传输线的阻抗相互耦合形成的干扰。

31：外部干扰的因素 有：外部高压电源因绝缘不良形成的漏电，广播电视，高频感应加热等，空间电磁波的辐射，周围机械振动和冲击的影响等。

32：形成干扰的三个条件是：干扰源，干扰的耦合通道，干扰的接收电路。

33：抑制干扰的方法有：（1）接地：在测量系统中有四种接地系统：安全地，信号源地，数字信号地和模拟信号地。

（2）屏蔽： 静电屏蔽：其方法有两种 是用金属屏蔽罩罩住带静电的物体，并将屏蔽罩接地，使罩外空间不存在静电场 用屏蔽罩罩住测量电路，保证罩内部存在静电场。 低频磁感应屏蔽：其原理是使绝大部分磁通量经屏蔽体通过，选用导磁性能好的材料做屏蔽罩。 高频磁感应屏蔽：其对辐射电磁场屏蔽。（3）隔离：变压器隔离电路和光电耦合电路。

（4）滤波： 电源滤波 退耦滤波器 有源滤波 数字滤波

34：典型噪声干扰的抑制（1）设备启，停时产生的电火花干扰：消除这种干扰的方法通常是 采用 **RC** 吸收电路，即将电阻 R 和电容 C 串联后并联到继电器触点或电源开关两端。（2）共模噪声：噪声电压或电流同时加到两信号上所产生的噪声称共模噪声。抑制这种干扰采用差分放大器，因为它几乎对共模噪声没有放大作用。（3）串扰：克服串扰的有效方法是将不同信号线分开，并且留有最大可能的空间隔离。

35：克服串扰在设计及组装检测系统时， 应注意的问题是：（1）信号线，数据线，控制线尽可能分开，以避免不同类型的走线平行或靠近。（2）走线尽可能短，尽可能不在集成芯片之间走线。（3）电源线和地线要设计的尽量粗而短。（4）对于单稳态，多谐振荡器等易受电源影响的器件，要在近旁的电源-地线之间接入电容器进行去耦，易受干扰的器件要远离振荡器。

36：传感检测系统中的微机接口是将被测的模拟量，经过传感器，放大器，采样保持器， A/D 转换后输入微型计算机。

37：传感检测系统中微机接口的基本方式是（1）开关量接口方式（2）数字量接口方式（3）模拟量接口方式。

38：ADC 与 CPU 的时间协调， 其时间常数远比 CPU 的指令周期长。其控制方式有（1）延时等待式（2）中断式。（3）查询式。

39：液晶显示器是一种低功耗器件，其液晶显示器的驱动方式由电极引线的选择方式确定一般有静态驱动和时分分割驱动。

40：为消除环境温度的影响，需要对传感器信号进行温度补偿，其补偿在计算机能力允许时，可采用计算机软件进行，

也可采用硬件电路实现。利用计算机软件进行温度补偿时常用公式法和表格法。

第九章 信号分析及其在测试中的应用

1：信号有静态信号与动态信号。 静态信号 是指其量值与时间无关的信号。 动态信号 是指其量值随时间变化的信号。

2：信号分为确定性信号与非确定性信号。

3：确定性信号是指能用明确的数字解析关系式或图表描述的信号。确定性信号分为周期信号和非周期信号。

4：周期信号是指若信号依一定的时间间隔 T 周而复始，则该信号为周期信号。 实际上周期信号往往不是仅含一个正（余）弦的简单周期信号，但它们具有取值周期重复性的特征。

5：非周期信号是指在时域内不按周期重复出现，但仍可用明确的数字关系式或图表描述的信号。

6：非确定性信号是指非周期性信号时域波形不确定，无法用确切的数字关系式描述，也不能准确预测未来的结果的信号。

7：模拟信号是指在某一自变量连续变化的间隔内，信号的数值连续，为模拟信号。

8：离散信号是指自变量在某些不连续数值时，输出信号才具有确定值称为离散信号。

9：数字信号是指如果将其各离散点的幅值也作离散化，以二进制编码表示。

10：信号均值 U_x 是指信号 $x(t)$ 在整个时间坐标的积分平均，它表示信号中常值分量或直流分量。

11：信号的方差 是指描述信号的（波动范围），其正平方根 $\sigma_x = \sqrt{\sigma_x^2}$ 称为信号的标准差。

12：信号的均方值 描述信号的强度，表示信号的（平均功率）。

13：信号的概率密度函数 描述了信号的（指定幅值的取值机会）。

14：任意一个周期信号 $x(t)$ 都可认为由两类基本信号组成 一类是以 a_0 描述的直流分量，一类是由许多正交的，幅值分别以 a_n 和 b_n 描述的，频率各为基频整数倍的余弦和正弦分量的迭加而组成。

15：周期信号频谱的特点：（1）离散性：频谱谱线是离散的。（2）收敛性：谐波幅值总的趋势随谐波次数的增加而降低。（3）谐波性：谱线只出现在基频整数倍的频率处。

16：非周期信号 包括准周期信号和瞬态信号。准周期信号的特点是谱线离散，并无法确定其基频 ω_0 和谐频 $n\omega_0$ ，只有频率分量幅值大小而没有共同周期。

17：振动测试的目的 是（1）检查机器运转时的振动特性，检验产品质量，为设计提供依据。（2）考核机器设备承受振动和冲击的能力及对系统的动态响应特征进行测试。（3）分析查明振动产生的原因，寻找振源，为减振和隔振措施提供资料。（4）对工作机器进行故障监控，避免重大事故发生。

18：振动测试的内容是（1）振动参数的测试：对振动的位移，

幅值，频率，相位，波形等参数的测定。（2）物体结构参数的测试：对结构的固有频率，阻尼，刚性，振型等参数的测定。

19：按产生振动的原因可分为自由振动，强迫振动和自激振动；按振动系统结构参数特性可分为线性振动和非线性振动；按振动的规律可分确定性振动和随机振动。

20：振动的激励方式有（1）稳态正弦激振（2）随机激振（3）瞬态激振。常用的瞬态激振是 快速正弦扫描激振 脉冲激振 阶跃激振

21：激振器 是对被测对象施加某种预定要求的激振力，从而激起被测对象振动的装置。

22：电动式激振器按其磁场形成的方法是永磁式和励磁式。前者多用于小型激振器，后者用于较大型的激振器。它主要用于对被测对象作绝对激振。

23：振动测试的方法有机械法，电测法和光学法。

24：电测法测振系统 有（1）压电式测振系统：它是利用压电式加速度传感器直接测得振动加速度的测振系统。（2）磁电式测振系统：该系统用磁电式传感器把振动速度转换成电压，经测振仪器进一步变换，再由指示仪器指出其振动值或用记录仪记录出波形，或直接由数据处理装置进行需要的数据处理。（3）电参数测振系统：该系统采用电容式或电感式，电阻应变式，涡流式传感器把振动参数转换成电容或电感，电阻，电抗等电参数变化进行测振的系统。其优点是传感器大多数为非接触式，且灵敏度较高，适于微小振动的旋转体测振。

25：机械阻抗的倒数称为 机械导纳。

26：机械阻抗是复数，可写成幅值，相角或实部，虚部形式，也可用幅，相特性或奈奎斯特图表示。

27：功率谱密度函数，可用于工业设备工作状况的分析和故障诊断。