**第2章**

1. 传递函数是指零初始条件下输出量的拉普拉斯变换与输入量的拉普拉斯变换之比。（√）
2. 传递函数既描述了系统的动态性能，也说明了系统的物理结构。（×）
3. 幅频特性 和 相频特性 共同表达了测量系统的频率响应特性。
4. 测量系统的动态特性一般可以从 时（间）域 和 频（率）域 两方面进行分析。
5. 用试验测定动态参数的方法有频率响应法、阶跃响应法、随机信号法。
6. 测量系统的输出量与输入量之间关系可采用传递函数表示，试说明串联环节、并联环节及反馈联接的传递函数的表示方法。

答：串联环节：



并联环节：



正反馈环节：



负反馈环节：



1. 试述测量系统的动态响应的含意、研究方法及评价指标。

答：含义：在瞬态参数动态测量中，要求通过系统所获得的输出信号能准确地重现输入信号的全部信息，而测量系统的动态响应正是用来评价系统正确传递和显示输入信号的重要指标。

研究方法：对测量系统施加某些已知的典型输入信号，包括阶跃信号、正弦信号、脉冲信号、斜升信号，通常是采用阶跃信号和正弦信号作为输入量来研究系统对典型信号的响应，以了解测量系统的动态特性，以此评价测量系统。

评价指标：稳定时间ts、最大过冲量Ad。

8. 某一力传感器拟定为二阶系统，其固有频率为800Hz，阻尼比为0.14。问使用该传感器作频率为400Hz正弦变化的外力测试时，其振幅和相位角各为多少？

解：





9. 用一阶系统对100Hz的正弦信号进行测量时，如果要求振幅误差为10%以内，时间常数应为多少？如果用该系统对50Hz的正弦信号进行测试，其幅值误差和相位误差为多少？

解：（1）

则 

（2）

τ取7.71×10-4时，



相位误差小于等于13.62°

10. 用传递函数为1/(0.0025*s*+1)的一阶系统进行周期信号测量。若将幅值误差限制在5%以下，试求所能测量的最高频率成分，此时相位差是多少？

解：，

则或

相位差:

11.对某二阶系统进行动态标定时，测得最大过冲=1.5以及在响应曲线上由n个周期取平均值的衰减周期=2*s*。试求该系统的阻尼比及系统固有频率。

解：

**第3章**

1. 在任何测量中都存在误差，这是绝对的。（√）
2. 绝对误差和相对误差均可为正值或负值。（√）
3. 在测量中不可能消除系统误差。（×）
4. 测量值与真值之差称为误差。
5. 就大多数测量而言，其随机误差都服从 正态分布 规律。

6.论述系统误差产生的原因及消除方法。

答：系统误差是由某些具有规律性的、影响程度可以确定的因素所引起的，如仪器本身及其安装使用方法、环境条件、测试人员的操作习惯等（其中，仪器误差：测量仪器本身不完善或老化所产生的误差；安装误差：测量仪器的安装和使用不正确而产生的误差；环境误差：测量仪器使用环境条件与仪器使用规定的条件不符而引起的误差；方法误差：测量方法或计算方法不当所形成的误差，或是测量和计算所依据的理论本身不完善等原因而导致的误差；操作误差：也称人为误差，观察者先天缺陷或观察位置不对或操作错误而产生的误差。）

消除方法：①根源控制，每一次测量之前都应该对测量过程可能产生系统误差的环节作详细分析，正确选择、安装、调整和操作测量仪器，严格遵守使用环境条件要求。②预检法，也称校准法，预先检定测量仪器的系统误差，制作误差曲线或者校准曲线，以之修正或校准实际测量结果。③交换法，测量过程通过变换某些条件（如被测对象的位置等），使产生系统误差的因素相互抵消，达到减小或消除误差的方法。

7.随机误差正态分布曲线有何特点。

1）单峰性。概率密度峰值出现在被测量的平均值附近，即误差Δ接近零位置；且标准差σ越小，曲线越狭窄陡峭。

2）对称性。绝对值相等、符号相反的随机误差出现的概率相等。

3）抵偿性。由上述对称性可以推断，当重复测量次数无限多（n→∝）时，正负误差互相抵偿，即随机误差的平均值趋于零。意味着增加重复测量次数可以减小测量结果的随机误差。

8.直接测量疏失误差计算的一般步骤。

答：一般步骤：①剔除疏失误差。②修正系统误差。③最后在确定不存在疏失误差与系统误差的情况下，对随机误差进行分析和计算。其中随机误差的计算步骤为：1.计算平均值； 2.计算平均值与测量值的偏差；3.计算均方根误差和极限误差；4.计算算术平均值的均方根误差和极限误差；5.计算算术平均值的相对极限误差； 6.得出被测量的值；7.检查偏差中有大于极限误差者，应将该次测量看做误差为差错予以剔除，然后按上述步骤重新计算。

9. 回归分析是试验数据处理的一种数学方法，它有何特点。

答：

1）两个变量不是对等关系，进行回归分析时，应该先根据研究目的确定自变量和因变量；

2）回归方程的作用在于给定自变量的值估计推算因变量的值，回归方程表明变量间的变动关系；

3）回归方程中自变量的系数成为回归系数，回归系数有正负号，正号表明回归方程配合的是一条上升的直线，负号表明回归方程配合的是一条下降直线；

4）回归方程要求自变量是给定数值，因变量是随机变量。

10. 某压力表量程为20MPa，测量值疏失误差不允许超过0.01 MPa，问该压力表的精度等级是多少？

解：

0.01MPa/20MPa×100%=0.5% 故测量等级为0.5级

11. 用量程为0～10A的直流电流表和量程为0～250V的直流电压表测量直流电动机的输电流和电压，示值分别为9A和220V，两表的精度皆为0.5级。试问电动机输入功率可能出现的最大误差为多少？(提示：电动机功率*P=IV*)

解：仪表基本误差△I=10×0.5%=0.05A △U=250×0.5%=1.25V

由常用函数相对误差和绝对误差可知函数y=u1u2的绝对误差为±（u1△u2+u2△u1）

故最大误差△P=±（U△I+I△U）=±（220×0.05+9×1.25）=±25W

12. 用精度为0.5级、量程为0～10MPa的弹簧管压力表测量管道流体压力，示值为8.5MPa。试问测量值的最大相对误差和绝对误差各为多少？

答：最大相对误差△p=±(0.5%\*10)MPa=±0.05MPa

绝对误差=△p/p=±0.05/8.5=±0.59%

13. 什么叫做传递误差？为何测量系统中采用负反馈可以提高测量精度？

答：误差传递就是指一个物理量的误差收多个物理量影响时，每个物理量该变量引起该物理量的变化量。(传递误差是针对整个系统而言，而非系统中的疏失误差) 在系统中引入负反馈开辟了补偿顺联环节误差的新途径，因为在系统的误差计算公式中，顺联与负反馈误差的符号相反，可以减小或抵消误差，使整个系统误差大大减小，以提高测量精度。

14.什么叫做等精度测量和非等精度测量，为什么在非等精度测量中引入“权”的概念计算更为合理？

答：等精度测量是指在测量条件（包括测量仪器、测量人员、测量方法及环境条件等）不变的情况下，对某一被测量进行的多次测量。非等精度测量，是指在不同测量条件下，即或者用不同的仪器，或者采用不同测量方法，或者不同测量次数以及由不同测量者进行的测量，各次测量结果的精度不同。“权”值的大小与测量的标准误差密切相关，标准差越小，说明相应的测量结果越可靠，对应的“权”值也就越大。在非等精度的情况下，对更加可靠的数据采用更大的权值，则会使得结果更加合理。

**第4章**

1.从敏感元件与被测对象的接触状态分，测温方法有接触式和非接触式。（√）

2.从敏感元件与被测对象的接触状态分，测温方法有直接接触式和间接接触式。（×）

3.接触式测温方法中又有膨胀式和热电式，例如常用的有水银温度计、热电阻温度计和热电偶温度计。非接触式测温方法中主要包括基于经典热辐射理论的热辐射测温方法和基于激光技术的散射光谱法、激光干涉法等。

4.使用玻璃管液体温度计应注意零点漂移、露出液柱的校正这两个问题。

5．温标有哪几种？彼此之间的关系如何？

答：温标有热力学温标、国际实用温标、摄氏温标和华氏温标。

热力学温标T与摄氏温标t的关系为：T=t+273.15；

摄氏温标tC与华氏温标tF的关系为：。

6.为何水银温度计可作为精密标准温度计？

答：水银不粘玻璃，不易氧化，在相当大的温度范围内保持液态，在200℃以下，其膨胀系数几乎和温度成线性关系。

7.简述接触式和非接触式温度测量方法各自的特点。

答：1）由于接触式温度测量方法必须将敏感元件与被测对象接触，因此容易破坏被测温度场，非接触式温度测量方法则无此问题。

2）接触式温度测量中敏感元件与被测对象达到热平衡需要一定时间，所以产生的时间滞后比较大；非接触式温度测量直接测量被测物体的热辐射或者光波信号，响应速度较快。

3）由于敏感元件材料有耐温极限，所以接触式测温有温度限制范围，非接触式测温则无此问题。

8．全浸入式玻璃管水银温度计插入被测介质中到10℃处，指示值为70℃。露出液面的平均温度为25℃，求被测介质实际温度。

解：

故被测介质的实际温度为70.432。

9．为什么热电偶要进行冷端温度补偿？冷端温度补偿有哪些方法？

答：热电偶热电势的大小是热端温度和冷端的函数差，为保证输出热电势是被测温度的单值函数，必须使冷端温度保持恒定；热电偶分度表给出的热电势是以冷端温度0℃为依据，否则会产生误差。因此，常采用一些措施来消除冷锻温度变化所产生的影响，如冷端恒温法、冷端温度校正法、补偿导线法、补偿电桥法。

10．辐射式温度计有哪几种？简述各自的工作原理。

答：单色辐射式光学测温计：利用亮度比较取代出射度比较进行测温；

全辐射高温计：通过测量物体全部辐射能来确定物体的温度；

比色高温计：利用两种不同波长的辐射强度的比值来测量温度；

红外测温仪：将物体发射的红外线具有的辐射能转变为电信号，根据对应关系确定温度。

11．简述红外测温仪和红外热像仪的工作原理。

答：红外测温仪将物体发射的红外线具有的辐射能转变为电信号，根据对应关系确定温度。

红外热像仪利用红外扫描原理测量物体的表面温度分布，它摄取来自被测物体各部分射向仪器的红外辐射通量的分布，利用红外探测器的水平扫描和垂直扫描，按顺序直接测量被测物体各部分发射出的红外辐射，综合起来就得到物体发射的红外辐射通量的分布图像。

**第5章**

1、有一U型管压力计，封液为水，测量时封液液柱高度h＝500mm，求左右两端介质的压力差。

解：根据U型管压力计的计算公式



已知水的密度ρ=1000kg/m3，g=9.8m/s2，h=0.5m

故：



答：左右两端介质的压力差为4900Pa。

2、简述电阻式、电容式、压电式压力传感器结构特点及应用范围。

答：电阻式传感器又称应变式传感器，是应用最为广泛的测力传感器，其测量范围大，测量精度高。应变片一般由基底、敏感栅、覆盖层和引出线4部分组成。敏感栅是应变片的核心部分，其作用是感受被测构件的变形，并将应变转换成电阻的变化，敏感栅的材料是金属，应用最多的是康铜和镍铬合金。基底和覆盖层的作用是固定和保护敏感栅。引出线的作用是从敏感栅引出信号。

电容式传感器是通过将力作用下位移的变化转换为电容量的变化进行力与压力测量的，具有功率小、阻抗高、动态特性好、结构简单等优点。常在结构上采用对称配置的差动式电容传感器，并用交流电桥测量其输出。

压电传感器的工作原理是基于某些物质的压电效应，这些物质在外力作用下表面会产生电荷，经过电荷放大器的放大，可以实现电测的目的。热能与动力工程测量中，常用石英晶体作为压电材料。

电阻和电容式压力传感器常用于静态或准静态压力的测量，压电式传感器主要用于动态压力的测量。

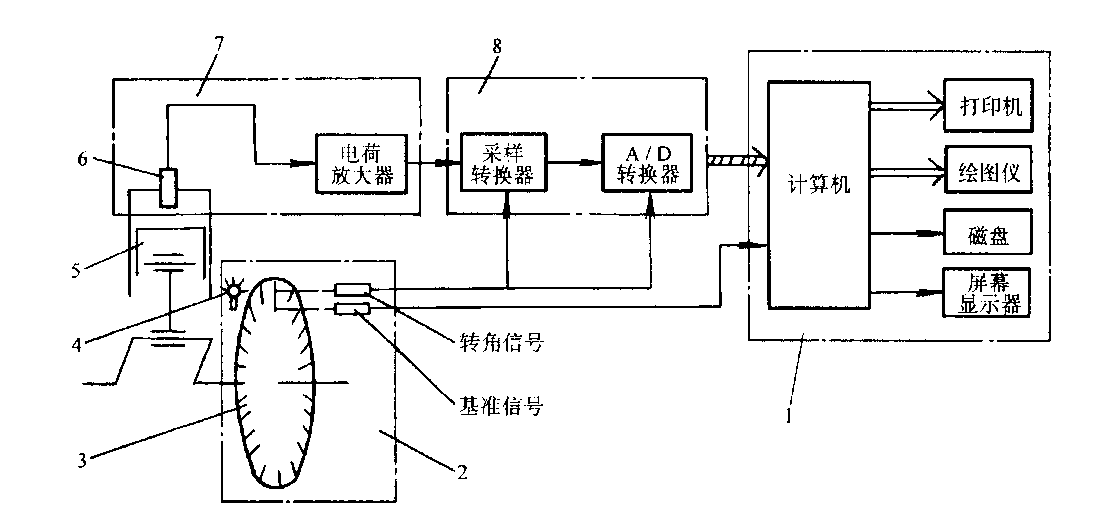
3、进行动态压力测量时有哪些误差来源？如何减少误差？

答：动态压力测量系统中，压力传感器安装在需要进行压力测量的部位，其间有空腔和管道的情况是很多的，甚至是无法避免的。这会严重影响传感器的动态特性，造成动态压力测量的失真，这一点在进行动态压力测量时必须予以考虑。

空腔和管道的容积，导压管长度和内径对动态压力测量时的容腔效应和滞后有很大的影响。采用较小的空腔容积，较短的导压管和较大的内径，可增大系统的固有频率，减小时间常数，降低容腔效应和滞后的影响。

4、试解释图5-20所示的内燃机缸内动态压力采集系统工作原理

答：缸内动态压力测量系统的组成如下图所示：



1－计算机系统 2－曲轴转角信号发生器 3－光栅盘 4－光源

5－内燃机 6－压电传感器 7－压力信号转换单元 8－采样单元

内燃机气缸动态压力测量中，最常用的传感器是石英晶体压电传感器，传感器输出的信号经电荷放大器进行放大。上止点位置和曲轴转角信号是缸内动态压力测量的另外两个非常重要的信号，上止点位置信号可用磁电式或电容式传感器获取，也可采用气缸压缩线法确定，曲轴转角信号现多采用绝对式角数字编码器确定。来自压力传感器并经放大的信号用作压力信号源，压力信号是连续的，这种连续信号由转角脉冲信号来触发采样，将连续的压力信号转变为一个个相应的阶梯形信号，即将连续的信号转换为离散的数字信号，输入计算机数据采集系统进行信号采集。采样单元由采样保持器和模数转换器组成，采样保持器在曲轴转角信号触发下对电压信号进行采样，并使采样值在模数转换器进行模数转换的过程中保持不变。计算机系统对采样单元进行控制并且对采集的数据进行显示和分析处理。

**第6章**

1.皮托管测速为接触式测量，而LDV为非接触式测速方法。（√）

2.恒流式热线风速仪通过测定热线的电阻值就可以确定流体速度的变化。（√）

3.皮托管利用流体 总压 与 静压 之差来测量流速。

4.探头的头部尺寸决定了皮托管测速的空间分辨率，受工艺、刚度、强度和仪器惯性等因素的限制，目前最小的皮托管头部直径约为 0.1～0.2mm。

5.当激光照射到跟随流体一起运动的微粒上时， 散射光 与 入射光 之间的频率偏离量称作多普勒频移。

6.用皮托管－U型管装置测量空气流动，测得压差为19.7kPa，绝对静压为100kPa，空气温度15℃，皮托管的校正系数为1，试计算空气流速。

* 1. 假设空气可压缩
  2. 假设空气不可压缩

【提示：气流马赫数*Ma*可按下式估算，符号含义见教材】

解：（1）可压缩

查表得

则

（2）不可压缩

1. 试述热线风速仪的两种基本工作方式，并对比分析其各自的特点。

答：（1）恒流式，在热线风速仪的工作过程中保持加热电流不变，热线的表面温度随流体流速而变化，电阻值也随之改变。因此，通过测定热线的电阻值就可以确定流体速度的变化。

（2）恒温式子热线风速仪工作过程中，通过套接热线两端的电压以保持热线的电阻不变，这样就可以根据电压值的变化，测出热线电流的变化，进而计算流速。

特点：恒流式因热线热惯性的影响，存在灵敏度随被测流体流动变化频率减小而降低，而且会产生相位滞后等缺点。因此，现在的热线风速仪大多采用频率特性较好的恒温式。另外，在实际应用中，由于测速公式的含糊关系不易确定，通常都采用实验标定曲线的方法，或把标定数据通过回归分析整理成经验公式。应用时，如果被测流体的温度偏离热线标定时的流体温度，则需要进行温度修正，为此可以采用自动温度补偿电路。

1. 从信号处理、实际应用等角度对比分析LDV三种基本光路系统的特点。

答：基本光路系统大致有三种，即参考光束系统、单光束系统和双光束系统。在参考光束系统中，光束经微粒散射后强度将大大削弱，系统需采用1：9的比例将光源发射的光束分割成参考光与信号光，以得到高信噪比和高效率的多普勒信号。单光束系统要求两散射光接收孔的孔径适当，孔径过大会使光电检测器接收到的频率信号加宽，过小将使检测器接收到的散射光信号太弱，都会降低测量精度。另外，这种系统对光能的利用率很低，且需要遮蔽周围环境的光线，目前已经较少应用。双光束系统的速度分量*vn*和差拍信号*fD*之间的关系与

其他两种在表达形式上完全相同，但其多普勒频移与光电检测器的接收方向无关，因此得以最广泛应用。

10.简述激光多普勒测速技术（LDV）的主要优点。

答：1）对流场无干扰。

2）输出特性的直线性相当好，不必进行标定。

3）除流体折射率外，测量精度不受其它物理参数的影响。

4）空间分辨率高，无惯性因而频响特性好。

5）测速范围广，可以从10-3mm/s级的低速到超音速。

6）测量方向特性稳定。

7）可以测量逆流现象中循环流的湍流速度成分。

11.论述PIV技术的特点，并根据测量原理，比较PIV与LDV对示踪粒子的要求。

答：PIV技术的特点是能够在不破坏流场状态的情况下测量整体流场的瞬时速度信息。PIV的基本原理是通过测量流场中示踪粒子在某一时间微元内的位移来计算流体速度，其中作为粒子位移信息载体的是*t*和*t* +时刻的粒子图像；LDV则是利用多普勒效应，即当激光照射到跟随流体一起运动的微粒上时，微粒散射的散射光频率将偏离入射光频率，其中散射光与入射光之间的频率偏离量与流体的流速成正比。因而，对于LDV，微粒的直径最好为干涉条纹宽度的1/2或条纹间距的1/4左右，这样可以获得最佳质量的多普勒信号，同时其需具备良好的跟随性、较高的散射效率以及良好的物理化学性质；PIV系统对示踪粒子的种类、粒径、播散量有具体的要求，要求示踪粒子具有高的散射效率，具有良好的物理化学性质，同时需要示踪粒子能够很好地跟随流体的运动速度和方向，使用时应该严格遵照以获得较好的测量结果。

**第7章**

1.根据测量方法的基本特点，一般可将目前所使用的流量计归纳为容积型流量计、速度型流量计、质量型流量计这三大类型，其中涡轮流量计属于速度型流量计。

2.电磁流量计（简称EMF）是基于（法拉第）电磁感应定律进行工作的。

3．流量有哪几种表示方式？常用流量测量方法和流量计有哪些？各有什么特点？选用时应考虑哪一些主要因素？

答：流量分为瞬时流量和累计流量，累计流量又有体积流量和质量流量之分。

常用流量测量方法有容积型流量测量、速度型流量测量和质量型流量测量。

容积型的有：椭圆齿轮式流量计、腰轮（罗茨）流量计、刮板式流量计、伺候式容积流量计、皮膜式流量计和转筒流量计。容积式流量计工作原理简单，测量结果受流体流动状态的影响较小，精确度高，适合于测量高粘度、低雷诺数的流体，但不适宜用于高温高压和肮脏介质的流量测量。

速度型流量计的有：差压式（又称节流式）流量计、转子式流量计、涡轮流量计、电磁流量计、旋涡流量计、超声波流量计。速度流量计有着良好的使用性能，可用于高温高压流体测量，其精度较高；但是，由于它们以平均流速为测量依据，因此，测量结果受流动条件（如雷诺数、涡流，以及截面上流速分布等）的影响较大，这对精确测量带来困难。

质量型流量计分为直接型、推导型和温度压力测量补偿型。直接型有量热式质量流量计、角动量式质量流量计、振动陀螺式质量流量计、马格努斯效应式质量流量计、科里奥利力式质量流量计。

考虑的因素有：流体性质、用途、工况等。

4.简述节流式流量计的组成及工作原理。

答：节流式流量计由节流装置、差压信号管道（导压管）和差压计三部分组成。流体通过节流元件所产生的差压信号经导压管传入差压计，差压计根据具体的测量要求把差压信号以不同的形式传递给显示仪表，从而实现对被测流体差压或流量的显示、记录和自动控制。

5．根据节流式流量计的工作原理和误差分析理论，说明为什么对同一节流式流量计测量流量的上下限比值有一定的范围要求？

解：根据反应流量与节流压降关系的流量方程：



式子中，流量系数与节流装置的流动状态（雷诺数）有关。流量改变则流速发生变化，雷诺数也会随之改变，当雷诺数变化较大时，流量测量就不准确。

6.通常从哪几个方面对涡轮流量计进行修正？

答：流体粘度的影响、流体密度的影响、流体压力和温度的影响、流动状态的影响。

7．当被测流体的工作参数偏离节流式流量计的设计条件时，应该对测量值进行哪些修正？试设计一种对密度具有温度压力补偿的流量测量系统。

答：可以进行以下修正：1.节流元件开孔尺寸d因温度变化的修正；2.被测流体密度变化修正；3.通过综合修正系数进行修正。温压补偿流量测量系统设计：可以在一般节流式流量计上添加补偿电桥和压力变送器进行温压补偿，使工况流体（气体）状态值接近标况值。

8．简述影响涡轮流量计特性的主要因素和使用涡轮流量计时应该注意的主要问题。

答：影响涡轮流量计特性的主要因素有：

（1）流体粘度的影响：涡轮流量计的仪表常数K与流体的粘度密切相关，随着流体（尤其指液体）粘度的增大，流量计的线性测量范围缩小。

（2）流体密度的影响：涡轮流量计是一种速度型流量计，它根据流体速度的大小测量流体的体积流量。当被测流体的密度值受状态参数（温度、压力）的影响而发生明显变化时，应在测量回路中加入密度（或温度、压力）补偿器，以补偿相应的测量误差。

（3）流体压力和温度的影响：当被测流体的压力和温度与流量计标定时的状态有较大偏离时，将使涡轮变送器的结构尺寸及其内部的流体体积发生变化，从而影响到流量计的特性。

（4）流动状态的影响：涡轮流量计的仪表特性直接受流体流动状态的影响，其中对涡轮变送器进口处的流速分布尤为敏感。进口处流速的突变和流体的旋转可使测量误差达到不能忽略的程度，而这些流动状态的形成主要取决于该处的管道结构。

使用涡轮流量计时应该注意的主要问题有：

（1）安装涡轮流量计前，管道要清扫。被测介质不洁净时，要加过滤器。否则涡轮、轴承易被卡住，测不出流量来。

（2）拆装流量计时，对磁感应部门不能碰撞。

（3）投运前先进行仪表系数的设定。仔细检查，确定仪表接线无误，接地良好，方可送电。

（4）安装涡轮流量计时，前后管道法兰要水平，否则管道应力对流量计影响很大。（5）被测介质对涡轮不能有侵蚀，特别是轴承处，否则应采取措施。

9．简述光纤流量计和超声波流量计的工作原理、特点。

答：a.光钎流量计

工作原理：在节流元件前后分别安装一组敏感膜片和Y形光钎，膜片感受流体压力的作用而产生位移，Y形光钎根据输入输出光强的相对变化测量膜片位移的大小，由位移量就可以确定节流压差，从而确定被测流量的大小。

特点：利用光钎传感技术检测节流元件前后的差压。

b.超声波流量计：

工作原理：超声波在顺流和逆流中的传播速度差与介质的流动速度v有关，测出这一传播速度差就可求得流速，进而可换算为流量。

特点：1）非接触测量，不扰动流体的流动状态，不产生压力损失。2）不受被测流体物理、化学特性（如粘度、导电性等）的影响。3）输出特性呈线性。

10．简述各种质量流量计的工作原理。

答： （1）冲量式固体粉粒流量计。它是基于动量定理进行流量测量的方法，其工作原理是当被测固体粉粒从一定的高度自由下落到一定倾斜角的检测板上时，对检测板产生一个冲力，其大小可根据动量定理求出。

（2）热式质量流量计。它是一种直接型质量流量计，有不同结构，其基本原理是利用流体流动过程中换热量与质量流量之间的直接关系进行流量测量。

（3）科氏力质量流量计。其工作原理就是运用了科里奥利力现象，即流体质量流量对振动管振荡的调制作用机制。

**第8章**

1.从本质上讲，液位测量是一门检测气体-液体之间分界面的技术。（×）

2.差压式液位计的理论依据是可压缩流体（液体）的静力学原理。（×）

3.测量导电液体的电容式液位计主要利用被测液体液位变化时可变电容传感器两电极之间充填介质的介电常数发生变化，从而引起电容量变化这一特性进行液位测量。（×）

4.液位测量的技术主要基于相界面两侧物质的物性差异或液位改变引起有关物理参数变化的现象。

5.光纤液位计的主要优势一方面是具有高灵敏度，另一方面还具有优异的电磁绝缘性能和防爆性能。

1. 根据差压式液位计的基本工作原理，说明为什么对于密闭容器内的液位测量，当其中的液体及其蒸汽的密度变化较大时，不能直接利用图8-1b和式（8-2）的测量方法？

答：差压式液位计的理论依据是不可压缩流体（液体）的静力学原理，液位*H*与静压*p*或差压Δ*p*之间满足以下关系：，当密闭容器中的有液体及其蒸汽密度变化较大时，液位与差压的关系将变化不定，差压的变化不能完全反映液位的变化，因而不能直接利用图8-1b和式（8-2）的测量方法。

1. 比较分析用于导电液和非导电液的电容式液位传感器的不同结构，简述各自的工作原理。

答：测量导电液：不锈钢棒、聚四氟乙烯套管以及容器内被测的导电液体共同组成一个圆柱形电容器，其中不锈钢棒和被测导电液体构成电容器的两个电极，聚四氟乙烯套管为两电极间的绝缘介质。液位升高时，两电极极板的覆盖面积增大，可变电容传感器的电容量就成比例地增加。测量导电液体的电容式液位计主要利用传感器两电极的覆盖面积随被液体液位的变化而变化，从而引起电容量的变化。

测量非导电液：两根同轴装配、相互绝缘的不锈钢管分别作为圆柱形可变电容传感器的内、外电极，外管管壁上布有通孔，以便被测液体自由进出。测量非导电液体的电容式液位计主要利用被测液体液位变化时可变电容传感器两电极之间充填介质的介电常数发生变化，从而引起电容量变化。

8. 简述电阻式液位计的种类、工作原理及其特点。试设计一套水位自动检测报警系统。

答：（1）电接点液位计。其工作原理是根据同一介质在气、液状态下电阻值大学的不同来分辨和指示液位的高低。存在指示信号的不连续性的问题，即电接点液位计固有的不灵敏区，或称作测量的固有误差，其大小取决于电接点的安装间距。用电接点液位计测量锅炉汽包水位时，除了上述问题外，测量筒内水柱的温降会造成筒内水位与汽包重力水位之间的偏差。

（2）热电阻液位计。其工作原理是利用通电的金属丝与液、气之间传热系数的差异及其电阻值随温度变化的特点进行液位测量。

水位自动检测报警系统：在存贮液体的容器内，将热丝安置于液面下预定的检测点A处并在其电路中并联一个小灯泡*R*0。选择正温度系数较大的热丝材料和合适的电源E、灯泡（*R*0）R0，使得热丝露出液面时的电阻值*R*s>>*R*0，在这样的参数匹配条件下，液位正常时，热丝浸没于液体中，散热量较大，温度较低，电阻值较小，对回路电流起分流作用，使流经灯泡的电流减少，故灯泡较暗；当液位低于预定高度时，热丝露出液面，散热量减少，温度升高，电阻值增加至*R*s（*R*s>>*R*0），这时，回路电流主要从*R*0通过，即灯泡变亮。这样，就可以根据灯泡的亮度判断液位是否低于预定的高度。

9.综述光纤传感技术在液位测量中的应用现状及其发展趋势。

答：光纤传感技术的应用一方面缘于高灵敏度，另一方面是由于它还具有电瓷绝缘性能和防爆性能，不受电磁干扰的影响，耐高温高压、抗腐蚀，从而在易燃易爆介质的液位测量领域有着越来越广泛的应用。

**第9章**

1. 接触式转速表不消耗被测速转轴的能量，因测速元件与被测速转轴直接接触而具有较高精度。（×）

2. 磁电式转速传感器结构简单，无需配置专门的电源装置，缺点在于脉冲信号会因转速过高而减弱。（×）

3. 光电式转速传感器是利用光电元件对光的敏感性来测量转速的，可分为投射式、反射式两种。

4. 常用的测功机有电力测功机、水力测功机和磁粉测功机等，这些测功机都是根据测功机作用转矩与反作用转矩大小相等、方向相反的原理来测量转矩的，即平衡力法。

5.非接触式转速表主要有哪几种？各有什么特点？

答：光电式转速传感器：结构复杂且脉冲信号不稳定。

磁电式转速传感器：结构简单，无需配置专门的电源装置，且脉冲信号不会因转速过高而减弱，测速范围广，因此适用范围非常广泛。

1. 转矩测量有哪几种方法？各有什么典型测量仪器？

答：测量方法有传递法、平衡力法和能量转换法。变形型转矩传感器主要包括光电式转矩传感器、感应式转矩传感器、钢铉转矩传感器、机械转矩传感器等；应力型包括光弹转矩传感器、磁弹转矩传感器、磁致伸缩式转矩传感器等；应变型转矩传感器则包括应变转矩传感器、圆盘转矩传感器、用电感集流环的转矩传感器等。

1. 一台电力测功机力臂长度1m，砝码指示力为10N，求发动机转速3000r/min时的有效功率和扭矩。

解：扭矩T=1\*10=10Nm

P=10\*3000/9550=3.141kw

1. 试叙述水力测功机工作范围图中各曲线的含义。

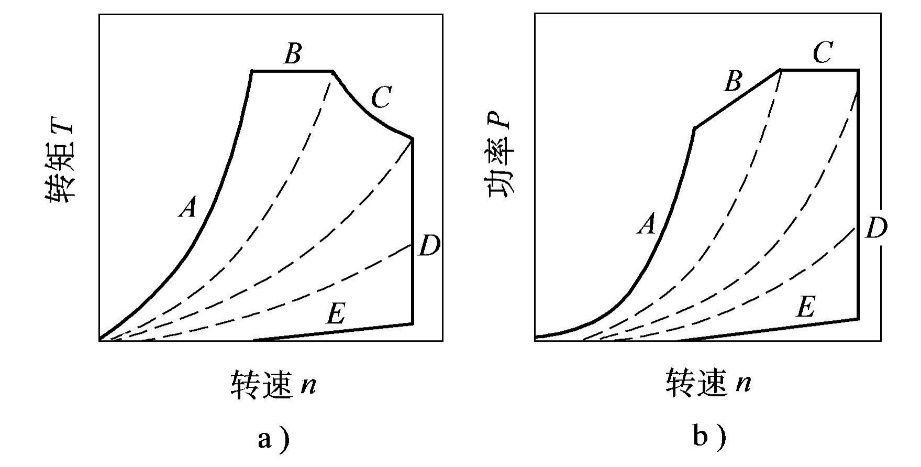
答：曲线A为测功机的最大负荷调节位置时的特性曲线，也称固有特性曲线，转矩和功率分别随转速的二次方和三次方增加。

曲线B为测功机转子和轴允许的最大转钜下的强度限制线。

曲线C为测功机出水温度达到最大允许值时的功率限制线，即测功机能吸收和测量的最大功率。

曲线D为受离心力负荷或轴允许转速所限制的最高转速限制线。

曲线E为测功机空转时能测量的最小转矩和功率限制线，此时制动器内腔的水完全放掉，阻力矩仅由转子和空气之间的摩擦以及轴承的摩擦产生。



9．测功机的选型主要有哪几个依据？请分别介绍。

答：（1）工作范围

对于一台测功机，它的工作范围是已知的，必须保证被测动力机械的特性全部落在所选测功机的工作范围之内。

（2）测量精度

测功机的测量精度应符合测量要求，在满足工作范围的条件下，应使测量尽可能接近满量程进行，以获得较好的测量准确度，通常被测动力机械最大功率与测功机工作范围的最大功率之比应不低于3:4。

（3）响应速度

动力机械工况变化的响应速度是测功机的一项重要指标。一般来说，电力测功机的响应速度要快于水力测功机，直流和交流电力测功机的响应速度又快于电涡流测功机，选型时要根据试验的具体要求进行选择。

（4）工作稳定性

测功机的工作稳定性是指当被测动力机械和测功机的调节机构位置不变，而输出转矩与制动转矩间的平衡被破坏时，测功机自行进行负荷调整以减小转速波动，从而能迅速返回平衡位置并保持等速运转的能力。

（5）低速制动性

低速制动性也是测功机的一项重要性能指标，它表示的是转速下降时，制动转矩的减少快慢程度。

**第10章**

1、论述色谱分析仪在气体组分鉴别和浓度测量中的作用、工作原理

答：色谱分析仪由组分分离和组分浓度测量或定性分析两部分组成。

组分分离的基本原理是：被分析的混合物在流动气体或液体（称流动相）的推动下，流经一根装有填充物（称固定相）的管子（称色谱柱），因固定相的吸附或溶解作用，混合物中的各种组分在流动相和固定相中产生浓度分配。由于固定相对不同的组分具有不同的吸附或溶解能力，因此，混合物经过色谱柱后，各种组分在流动相和固定相中形成的浓度分配关系不同，最终导致从色谱柱流出的时间不同，从而达到组分分离的目的。

利用色谱进行混合物组分定性判别的基本依据是色谱流出曲线（色谱峰图）。常用的方法有两种：保留时间分析和加入纯物质比对分析法。保留时间是指被测组分开始进入色谱柱到流出色谱柱后出现浓度最大值所需的时间，反映组分在色谱柱中滞留的时间长短。不同组分在保留时间上的显著差别是组分分离的必要条件。同样，当相关条件不变时，同一组分的保留时间相同。组分与保留时间之间的一一对应关系正是进行组分定性分析的基础。加入纯物质比对分析法通常用来判别混合物中是否含有某种特定的组分。具体做法是：首先测取被测混合物的色谱峰图，然后在被测混合物中加入特定组分的纯物质，测取新的色谱峰图。比较前后两幅色谱峰图，如果原来图中的某一峰值在新图中获得增高，则说明被测混合物中含有特定组分；如果在新的图中出现了原来图中不存在的峰，则说明被测混合物中不含特定组分。

进行组分浓度的定量测量时，色谱柱分离出来的各种组分被载气依次送入检测器，由检测器完成其浓度测定。检测器的种类很多，常用的有热导检测器（TCD）、氢火焰电离检测器（FID）、电子捕获型检测器（ECD）和焰光光度检测器（FPD）等，测试时需要根据被测组分选择使用。通常，测量CO和CO2等无机组分采用热导检测器；测量有机组份，特别是碳氢化合物（HC）时，则选用氢火焰电离检测器。电子捕获型检测器适用于含卤和含氧成分测量，焰光光度检测器适用于含硫成分的测量。此外，还可用红外分析技术进行浓度的测量。

2、 简述NDIR红外不分光分析仪的工作原理和用途特点。

答：在排放气体所含的主要成分中，除了同原子的双原子气体（H2、N2和O2等）外，其它非对称分子气体，如CO、CO2、H2O、NO等在红外区均有特定的吸收带（波段）。这种特定的吸收带对于某一种分子是确定的、标准的，其特性如同“物质指纹”。也就是说，根据特定的吸收带，可以鉴别分子的种类，这是红外光谱分析的基本依据。利用这一原理制成的红外分光光度计可对混合气体进行定性分析，鉴别所含组分种类。通过进一步利用光能吸收与组分浓度之间的关系，可以用于各组分含量的定量测量。

在热能与动力机械工程测量中，往往需要测定混合气体中某种已知组分的含量，如排放气体中CO或CO2的含量等，以之作为判断或控制燃烧过程的重要依据。在这种情况下，可以采用不分光的方法，通过测量特定吸收带内待测组分对红外辐射的吸收程度，即可确定其浓度。这种不分光测量方法的理论基础是比尔（Bill）定律，它描述了气体对一定波长的红外辐射的吸收强度与气体浓度之间的关系。

典型的不分光红外气体分析仪由参比室、测量室两部分和测量仪器部分组成。参比室内封有某种不含待测组分的气体，称为比较气体。测量室则通以被测混合气体,在被测气体进入测量室之前，两气室中均无待测组分，红外辐射在选定的狭窄波段（被测组份的吸收带）上未被吸收，这时，半导体检测器上交替接收到的红外辐射通量相等，检测器只有直流响应，检测电路中的交流选频放大器的输出为零。进入测量状态后，当含有待测组分的被测气体流经测量室时，由对特定波段红外辐射的吸收作用，使透过测量室的辐射通量减弱，减弱的程度取决于被测气体中待测组分的浓度；而透过参比室的辐射通量始终保持不变的，所以透过测量室和参比室的红外辐射通量不再相等，半导体检测器接收到的是交变的红外辐射，交流选频放大器的输出不再为零。经过适当标定，就可以根据输出信号的大小确定待测组分的浓度。

3、综述O2、CO、CO2、HC以及NO等燃烧气体排放组分浓度的测量方法

答：目前常用来测量O2含量的仪器为氧化锆氧量分析仪，它是利用氧化锆浓差电池所形成的氧浓差电势与O2含量之间的量值关系进行氧含量测量的。普通氧化锆晶体中所含的氧离子空穴浓度很小，即使在高温下，虽然热激发会增加氧离子空穴，但其浓度仍然十分有限，不足以作为良好的固体电解质。实验研究证明，若在普通氧化锆中掺入一定数量的其它低价氧化物,如氧化钙（CaO）或氧化钇（Y2O3）等，则不仅因为应力的改变而提高了晶体的稳定性，而且还因为Zr+4被Ca+2或Y+3置换而生成氧离子空穴。也就是说，普通氧化锆中掺入氧化钙或氧化钇后，氧离子空穴浓度大大增加，当温度升高到800℃左右时，即成为一种良好的氧离子导体。在氧化锆材料的两侧分别涂以多孔性的铂电极（也称铂黑），让一侧处于参比气体（如空气）中，另一侧处于被测气体（如烟气）中。参比气体中的氧浓度高于被测气体，当氧离子通过氧化锆中的氧离子空穴，从浓度高的参比侧向浓度低的测量侧迁移时，电极上因电荷积累而产生电动势。由于该电动势与氧化锆两侧气体的氧浓度有关，故称作氧浓差电动势，通过测量氧浓差电势便可测量O2浓度。

CO和CO2常采用热导检测器进行浓度测量，它是利用热传导性能随被测气体组分浓度改变而变化的原理实现测量的。工作时，纯载气流经检测器的参比室，而载气与被测组份的混合物流经测量室。测量室和参比室内分别置有阻值相等的热敏电阻，它们分别接在测量电桥两个相邻的桥臂上。电桥的另外两个桥臂为固定电阻。在非测量状态下，电桥平衡。测量时，因两路气体的热传导性能存在差异，两个热敏电阻之间因散热程度不一而出现电阻差值，致使电桥失去平衡。气体热传导性能的差别大小与被测组分浓度有关，即两个热敏电阻的电阻差值与浓度有关，因此，通过测量电桥的输出信号可以确定被测组分浓度的大小。

HC常采用氢火焰电离检测器进行质量浓度测量。氢火焰电离检测器的工作原理是HC在火焰中的电离现象。被测气体由载气推动与H2混合，混合后的气体喷出时，在空气助燃下由电热丝点燃。在燃烧火焰中HC产生离子和电子，其数目随HC所含C原子数目的增加而增加。这些离子和电子在周围电场的作用下，按一定的方向运动而形成电流，电流的大小即反映HC组份的浓度。

NO常采用化学发光法测量其浓度，它是利用NO-O3反应体系的化学发光现象实现测量的。NO和O3在反应室中混合后将产生化学反应，反应中的过剩能量促成了激发态NO2\*分子的产生。激发态NO2\*分子在跃迁到基态而趋于稳定的同时，会发射波长范围为0.6～3μm的光子（*hv*），即近红外谱线，其发光强度与反应物NO和O3的浓度成正比，只要O3的数量足够多，以致可以忽略O3浓度在反应过程中的变化，那么，就可以认为发光强度与NO的浓度成正比，即通过检测发光光强就可以确定NO的浓度。

4、简述空气动力学粒径谱仪和扫描电迁移率粒度谱仪各自的工作原理

答：空气动力学粒径谱仪通过测量颗粒物通过两束平行激光束的飞行时间从而测得颗粒物的空气动力学粒径。带悬浮微粒的气体（气溶胶）分流成为鞘气和样气，样气经喷嘴加速并在鞘气的包裹下通过检测区域。由于惯性作用不同，不同粒径的颗粒物经过加速喷嘴时产生不同的加速度，粒径越大，加速度越小。颗粒物飞出喷嘴后，在检测区域直线通过两束距离很近的平行激光束，产生单独连续的双峰飞行时间信号。颗粒物飞出加速喷嘴时加速度不同导致颗粒物通过检测区域的速度和时间不同，即飞行时间不同，故飞行时间包含了颗粒物的空气动力学粒径信息，通过测量飞行时间和标定即可确定颗粒物的粒径。

扫描电迁移率粒度谱仪基于荷电粒子在电场中的电迁移特性进行测量。荷电是指带电离子或电子和中性粒子碰撞并使其带电的过程。当气体和电场强度一定时，荷电粒子的电迁移特性与粒子的粒径成反比，粒径越大，电迁移率越低。典型扫描电迁移率粒度谱仪中，带悬浮微粒的气体（气溶胶）在进样口用旋风除尘器去除大粒径的颗粒，其余的样气在通过扩散荷电器时产生离子并使粒子荷电，因为荷电粒子被中心极杆排斥，故其在中心极杆的作用下从内向外运动，由于粒子的粒径不同时其电迁移性不同，因此不同粒径的粒子到达外部圆柱时所处的区域也不同。外部圆柱体上设有多级静电计同时检测不同区域的电流，就可以快速准确地测量粒径分布。

**第11章**

1.被广泛地应用于长距离、高准确度的位移测量的位移传感器是C

A.电感式传感器 B.电容式传感器 C.激光位移传感器 D.光纤式传感器

2.测振系统分为机械测振系统、电子测振系统以及光学测振系统。

3.什么是加速度传感器的安装谐振频率？它与传感器的固有频率之间有何关系？

答：加速度传感器使用频率的上限取决于和传感器安装方法有关的安装谐振频率。从理论上来讲，当振动体的质量与传感器的惯性质量之比为无限大时，安装谐振频率与传感器固有频率相等。

4.简述模态测量的基本原理

答：以某种激励作用在被测对象上，使之产生受迫振动，测出输入（激励）和输出（响应）的信息，从而确定出被测系统的固有频率、阻尼比以及振动形态等动态特性参数，进而寻求系统的最优参数及其匹配。

**第12章**

1.传声器是一种声-电信号转换器件，有动圈式、压电式和电容式等种类。

2.A计权网络模拟人耳40phon等响度曲线设计，主要衰减人耳不敏感的低频声音，对中频段声音有一定衰减 （对）

3.声功率级不能直接测得，可在一定条件下利用声压级进行换算（对）

4.若A点的声功率是B点的100倍，则A点的声功率级比B点大B dB

A.10 B.20 C.40 D.100

5.在噪声测量中，声功率级不是直接检测量，而是通过测量声压级或声强级换算而来，请问：

（1）声压法和声强法测量各有什么特点？

（2）为什么总是用声功率级作为固定式机械设备噪声的评价值，而不是声压级？

答：

（1）声压法特点：利用声级计进行噪声测量时，如果周围环境存在其他声源，则声级计读数仲讲包含被测噪声以外的噪声，这一噪称作背景噪声声强法特点：在实际声强测量中，测取的是每一测量单元的声强。

（2）声功率级是设备发出的噪声能量的全部，声压级是设备发出的噪声能量的一部分（一平方米）；用声功率级考核体现“总量控制”，能全面衡量设备发出噪声的大小。

6.有一个1/3倍频程带通滤波器，其中心频率80nfHz，求上、下截止频率

解：

由于：,

当，则有（Hz）

（Hz）

7.将一台柴油机放置在广场上进行噪声测量，在其中心位置半径1m的半球内测量8个点，声压级分别为80、81、83、80、81、83、82、81dB（A），求该柴油机的平均声压级和声功率级；当测量球面半径变为2m时，平均声压级的测量值将变成多少？

解：声压级平均值：,

代入求得；

声功率级,

,，在广场上测量故V为无穷大，因此;

;

故=89.5。

当测量球面半径变为2m

,=95.52。