



电涡流传感器说明书

第一章 简介

电涡流传感器是以高频电涡流效应为原理的非接触式测量位移-振动传感器。它能高线性度、高分辨率对进入其测量范围内的金属物体位移及运动状况进行测量,也可用于高速旋转机械转子与机壳的热膨胀量、生产线的在线自动检测和自动控制、科学研究中的多种微小距离和微小运动的测量等。总之,电涡流位移传感器以其长期工作可靠性好、测量范围宽、灵敏度高、分辨率高、响应速度快、抗干扰力强、不受油污等介质的影响、结构简单、安装方便等优点,目前已被广泛应用于能源、化工、医学、汽车、冶金、机器制造、军工、科研教学等诸多领域,并且还在不断地扩展。

我所在生产ST-1型传感器的基础上集广大用户多年应用实践的要求,进一步研制出ST-2型电涡流位移-振动传感器此传感器由于选用了新型进口原料(PPS),使探头部分具有高强度、耐高温、耐压、耐油、耐水浸泡及耐化学腐蚀等突出优点可在环境较恶劣下工作。传感器的电缆全部采用耐高温防腐的聚四氟乙稀高频电缆,并且配备了高质量的接插件。传感器的前置放大器选用了先进的元器件,使得传感器在其全部的线性范围内,其温度特性和稳定性非常理想,并可直接与计算机相接因此,ST-2型电涡流位移传感器是一种高质量、高可靠性,并且给用户带来诸多方便的新一代传感器。

ST-2型传感器的选择十分灵活,用户可根据使用需要选用不同的探头体长度、形状、灵敏度、线性范围、和多种前置器的输出方式(DCV/DCV、DCV/DCA、DC/DCV、DC/DCI)及不同长度、不同粗细的固定电缆和延长电缆,(指的是传感器到前置器间的电缆)便于探头的安装和使用。

ST-1型电涡流传感器系列的成套特性和国外其它厂家的传感器性能相同并可替代。ST-2型传感器系列可根据使用的具体情况制作出通用型传感器、扩大量程传感器、屏蔽传感器、异型传感器、和针对测量微小位移而特殊制作的高灵敏度传感器等系列产品,

满足不同科研生产需要,这是我研究所区别国内和国外其它生产厂商的独有特点之一。

第二章 工作原理

将一块金属板放在传感器探头线圈附近,当传感器线圈中有一高频电流通过时,便产生了高频电磁场。此交变磁场通过靠近的金属板,便在金属板表面产生感生电流。在电磁学上称之为电涡流。(见图2-1)

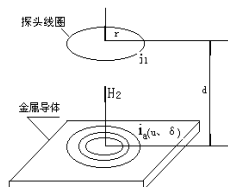


图2-1电涡流作用原理图

根据楞次定律,电涡流也产生一个交变磁场。其方向与传感器线圈的原磁场方向相反,因此这两个磁场相互迭加,改变了传感器线圈的阻抗。这一变化即与电涡流效应有关又与静磁学效应有关,即与金属导体的电导率、磁导率、几何形状、线圈的几何参数、激励电流频率以及线圈到金属导体的距离等参数有关。电涡流位移传感器正是利用这个定律将传感器线圈与被测金属导体之间距离的变化转换成线圈品质因数、等效阻抗和等效电感三个参数的变化。再通过测量、检波、校正等电路变为线性电压(电流)的变化。(见图2—2)

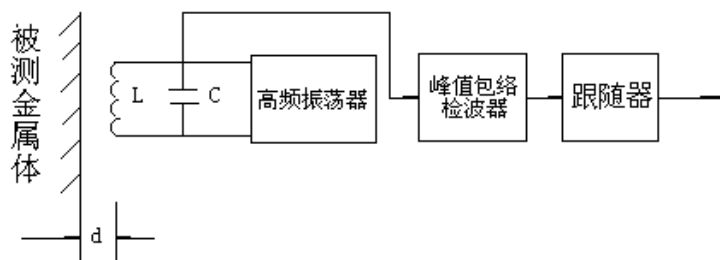


图2-2传感器工作原理

第三章、传感器的种类及主要技术指标

一、传感器系统主要技术指标

※测试条件:探头、延长电缆在 $-20^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$,前置器在 $-20^{\circ}\text{C}\sim +85^{\circ}\text{C}$;相对湿度 95%环境中。在室温 22°C ,标定材料为 45#钢

1、通用型传感器

通用传感器指的是国际通用的-24V电源-2V~-18V输出与国外其它厂家的传感器性能相接近并可替代。

1) 通用型传感器的主要技术指标:(电源输入-24V)

	标准传感器规格						
	03	05	08	11	18	25	50
探头直径(mm)	03	05	08	11	18	25	50
线性量程(mm)	0.8	1.5	2	4	6	10	20
灵敏度 mV/ μ	10	8	8	4	2	0.8	0.4
线性误差(%)	± 1.0	± 1.0	± 1.0	± 1.0	± 1.0	± 1.0	± 1.0
互换性误差(%)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
探头温度漂移	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
分辨率 $\mu\text{m/mV}$	0.1	0.125	0.125	0.25	0.5	1.25	2.5
最小被测面直径 mm	10	15	20	30	55	75	150

线性区电压(V)	-2~-10	-2~-12	-2~-18	-2~-18	-2~-14	-2~-10	-2~-10
频率响应 KHz	>5	>5	>5	>5	>5	>5	>5
波纹(mA)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
功耗(W)	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1

○灵敏度的计算方法：（用两点法如下）

$$M = \frac{V_2 - V_1}{Lm} \quad \text{式中：} V_1: \text{线性起始点输出电压值；} V_2: \text{线性末点输出电压值；}$$

Lm: 线性量程(mm); M: 灵敏度 (V/mm)。

○灵敏度误差: $\Delta S = \frac{M - B}{B}$ 式中: B为标准灵敏度 (V/mm),

灵敏度误差 $\leq \pm 5\%$

○非线性误差的计算方法:

$$S = \frac{\text{Max} [|V_i - V_{si}|]}{B} \quad \text{式中：} V_i \text{ 为} i \text{ 点的输出值，}$$

V_{si} 为 i 点的理论值, B为标准灵敏度, S为非线性误差 (mm),

○非线性度 :

$$x = \frac{S}{Lm} \times 100\%$$

Lm为线性量程, ζ 为非线性度

○波纹: 指的是传感器输出不变时, 前置器最大输出噪声的峰峰值。

○分辨率 ($\mu\text{m/mV}$): 每mV显示的位移值, 一般为灵敏度的倒数。

2) 普通型传感器的工作温度

温度类型	普通型	高温型
传感器使用的温度区域	-20°C~+80°C	20°C~+120°C
前置器使用的温度区域	-20°C~+60°C	20°C~+80°C

○通用型传感器温漂计算公式

$$X\% / ^\circ\text{C} = \frac{\Delta V}{V_a \times \Delta T} = \frac{\text{中点电压随温度变化量}}{\text{满量程电压} \times \text{温度变化量}}$$

ΔT : 从22°C升至80°C

○高温型传感器温漂计算公式

$$X\% = \frac{\Delta V}{V} = \frac{\text{中点电压随温度变化量}}{\text{满量程电压}} \times 100\%$$

注: 用户订购高温传感器时, 需说明高温传感器的使用温度区域, 以便在制作时进行试验调整。另外温度参数不包括专用传感器, 即以下 ST-KD、ST-GL、ST-PB 和异型传感器, 如有温度要求请和我所有关技术人员具体洽谈解决。

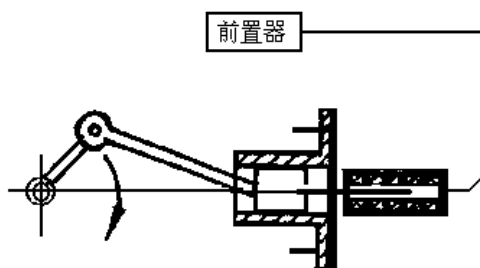
2、扩大量程传感器(ST-KD)

由于被测面积较小又不可以通过其它方法加大被测面积, 而且要求测量量程比较大, 因此可以通过选用扩大量程传感器进行测量。

型 号	KD03	KD05	KD08	KD11	KD25
探头直径 (mm)	3	5	8	11	25
线性量程 (mm)	1.2	2	3	5	12

其它参数与通用型传感器的主要技术指标相同。

例如：测量发动机气缸内活塞的运动



3、高灵敏度传感器(ST-GL)

对于微小变形或微小振动(通常只有几个微米到几十个微米),如果选用标准传感器测量,由于非测量干扰信号(或杂波)与测量值相差不大,测量结果不能正确表现出实际情况,此时应选用高灵敏度传感器。高灵敏度传感器是在位移、振动值相同的情况下,靠提高传感器输出的灵敏度,来减少测量的误差。

例如：测量镀膜厚度、高速轴承振动等。

型 号	探头直径(mm)	灵敏度 (mV/ μ m)	线性量程(μ m)
GL03(08)	3, 8	20	500
GL03(08)	3, 8	40	200
GL03 (08)	3、 8	60	150
GL03(08)	3、 8	100	80
GL03(08)	3、 8	160	50

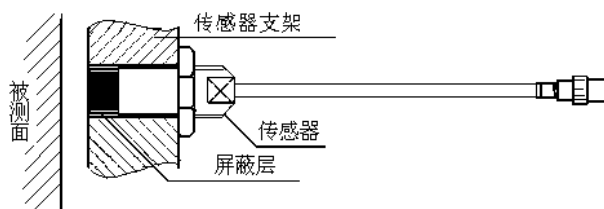
其它参数与通用型传感器的主要技术指标相同。

4、抗干扰的屏蔽式传感器(ST-PB)

在测量时因周围环境限制(三倍传感头直径范围内有金属物,或一侧贴近金属且现场定标有困难,或传感器在轴瓦内又无法按要求扩大空间)时,可选用屏蔽式传感器,在灵敏度不变的情况下,其量程比标准传感器小。

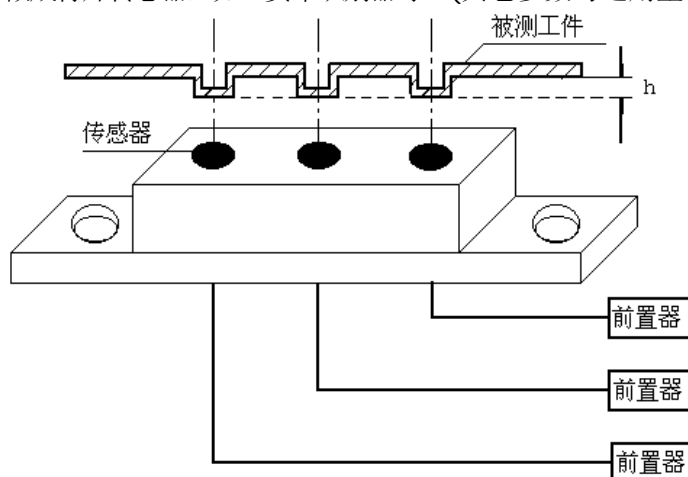
型 号	PB08	PB11
探头直径 (mm)	8	11
线性量程 (mm)	1	2

其它参数与通用型传感器的主要技术指标相同



5、异型传感器(ST-ET)

随着机械自动化程度的不断提高，越来越多的机械加工、机械制造和机器的使用需要更多现场的在线测量，但有些场合普通的传感器不适合测量的需要，因此，我所针对使用的不同情况为用户量身定做，将传感头制成多种形状，如：长方形、扁平形、环形，筒形；或将其缩小后镶嵌在工作台面的槽，孔内来适应测量的需要。也可利用传感器对不同金属材料测量的不同结果，做成特殊传感器，如：货币识别器等。（其它参数与通用型传感器的主要技术指标相同）



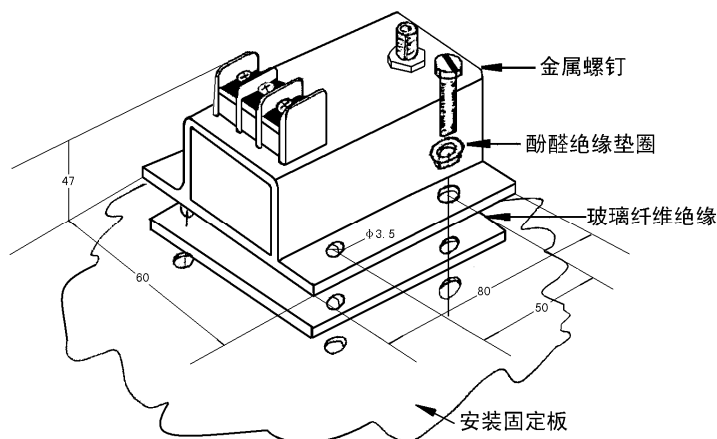
注：如需要特殊定做请和我所直接联系以便商讨测试方案。

二、前置器及调理器的技术指标

前置器是传感器系统的一个重要的组成部分，它是一个能屏蔽外界干扰的金属盒，内部装有全部的测量电路，它为探头提供高频交变电流和感受金属导体靠近探头引起线圈参数的变化，并转换成电流或电压输出。由于计算机的广泛使用，因此促进了测量技术的不断提高，为了适应现代科学的需要，我所设计了多种输出形式的前置放大器供广大用户选购。具体有：通用型前置器，变换电压型前置器（DCV/DCV），变换电流型前置器（DCV/DCA），电压调理器（DC/DCV），电流调理器（DC/DCI）等。

1、ST-1 型前置器（通用型）：

通用型前置器其特点是采用国际通用的-24V 电源供电，外特性输出与国外同类产品相同，其安装尺寸如下图。

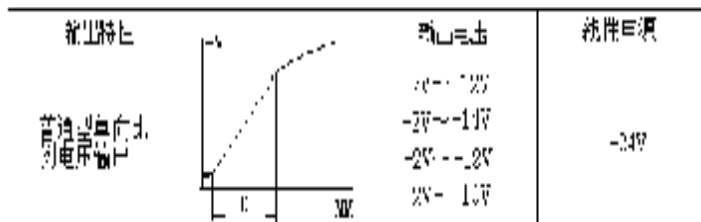


1) 电源输入: -24V

2) 公共端:

3) 输出:

普通型前置器的技术指标



2. ST-2 变换电压型 (DCV/DCV) 前置器

变换电压型 (DCV/DCV) 前置器是将原有的前置器与电压变换器组合成一体的前置器, 它能把普通型电涡流传感器的电压输出信号转换成可以直接输入到计算机的电平, 通常采用±15V电源供电, 此系统具有体积小, 精度高, 灵敏度高, 线性范围宽, 并可根据使用要求选择输出电压范围。

主要技术指标

规格型号	探头直径 (mm)	线性量程 (mm)	变换输出 (V)	线性误差
ST-2-U-03	3	1	0~+5V	1.5 %
ST-2-U-05	5	1.5	0~-5V	
ST-2-U-08	8	2	1~+5V	
ST-2-U-11	11	4	-5V~+5V	
ST-2-U-25	25	10	0V~+10V	
ST-2-U-50	50	20	-10V~+10V	

1) 电源输入: ±15V

2) 前置输出:

3) 变换输出: 把前置输出的线性电压变换成所需要的计算机电平, 用户也可根据自己的需要进行调整, 即用户可在前置器输出的线性范围内任选两点变换, 这样可相对增大传感器输出的灵敏度, 传感器出厂是按全量程进行定标。

4) 输出阻抗: 100 Ω

5) 使用温度: 0°C ~ 65°C

变换电压 (DCV/DCV) 型前置器的技术指标

输出特性	输出电压	线性电源
变换电压型单向比例电压输出	0~5V 0~-5V 1~5V 1~-5V 0~10V 0~-10V	±15V
变换电压型双向比例电压输出	-5V~+5V -10V~+10V	±15V

3、ST-2 变换电流型 (DCV/DCA) 前置器:

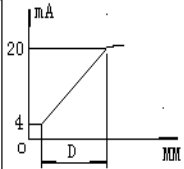
变换电流型 (DCV/DCA) 前置器是将原有的前置器与电流变换器组合成一体的新型前置器, 它能把普通型电涡流传感器的电压输出信号转换成电流输出信号, 这样可以减少

输入到相应设备时的传输损耗。通常采用 $\pm 15V$ 电源电压供电, (4-20)mA 电流输出。

主要技术指标

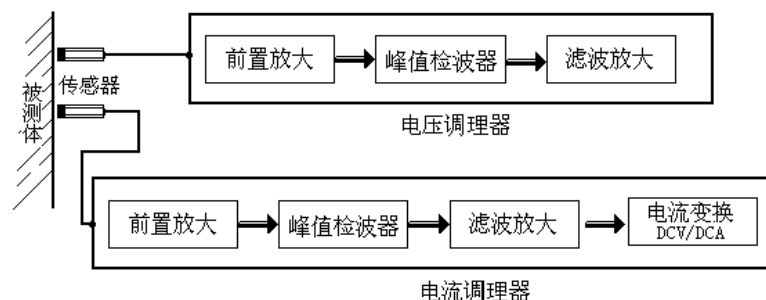
- 1) 电源输入: $\pm 15V$
- 2) 前置输出: 与电压型变换型相同(-2~-10)V。
- 3) 变换输出: (4-20) mA
- 4) 输出阻抗:
- 5) 使用温度: $0^{\circ}C \sim 65^{\circ}C$

变换电流 (DCV/DCA) 型前置器的技术指标

输出特性		输出电压	线性电源
变换电流型		(4-20) mA	$\pm 15V$

4、调理器

调理器可分为两种:一种是电压调理器(输出是1V~5V),另一种是电流调理器(输出是4~20mA)它们的内部电路组成。见方框图



*ST-2-u电压调理器 (DC/DCV):

电压调理器是将原有前置器的电压变化, 经过整流滤波组合成一体的前置器, 它能将普通型电涡流传感器测出的振动交流信号转换成直流电压信号后, 输入相应设备中, 显示被测工件的振动值。使用 $\pm 15V$ 电源供电, (0~5) V 直流电压输出。

主要技术指标

- 1) 电源输入: $\pm 15V$
- 2) 前置输出: 与电压型变换型前置器相同(-2 ~ 10)V。
- 3) 变换输出: (0~5) V
- 4) 输出阻抗: 100Ω
- 5) 频率响应: $10Hz \sim 500Hz$
- 6) 使用温度: $0^{\circ}C \sim 65^{\circ}C$ 。

*ST-2-i 电流调理器 (DC/DCI):

电流调理器是将原有前置器的电压变化, 经过整流滤波组合成一体的前置器, 它能将普通型电涡流传感器测出的振动交流信号转换成直流电流信号, 这样可以减少输入到相应设备时的传输损耗。通常采用 $\pm 15V$ 电源电压供电, (4-20)mA 电流输出。(或用户可

根据自己的需要进行调整)，即用户可在前置器输出的线性范围内任意变换，这样可相对增大传感器输出的灵敏度，传感器出厂是按全量程进行定标。

主要技术指标

- 1) 电源输入：±15V
- 2) 前置输出：与电压型变换型前置器相同(-2 - -10)V。
- 3) 变换输出：(4—20) mA
- 4) 输出阻抗：100 Ω
- 5) 频率响应：10Hz~500Hz
- 6) 使用温度：0℃~65℃。

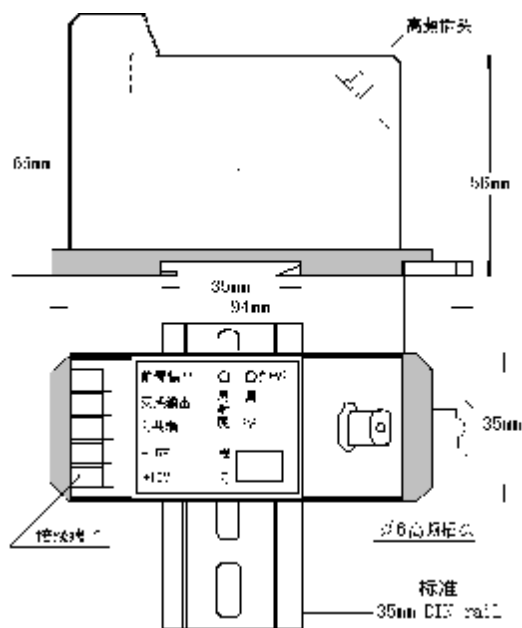
ST-2 调理器及主要技术指标

输出特性		输出电压	线性电源
电流调理器		(4-20) mA	±15V
电压调理器		1-5V	±15V

5、配有稳压源的前置器

将前置器安装在配有稳压电源的盒内，接输入~220V 电源，便可直接使用(其他指标同上)。还可根据用户需求进行多路输出的设计。

注：以上变换电压型前置器、变换电流型前置器和二种调理器的规格大小、外型尺寸、安装形式是完全相同的。具体外型尺寸、安装形式如下图所示。





第四章 传感器的应用

电涡流位移-振动传感器广泛应用在能源、化工、冶金、机械制造、军工、科研教学等诸多领域，并且还在不断地扩展。

一、旋转机械监测：见下面典型系统组态图

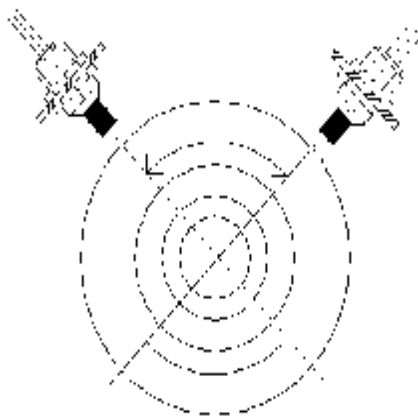
电涡流位移传感器(包括探头，前置放大器和延长电缆)，可以对许多旋转机械包括汽轮机、水轮机、离心机和轴流式压缩机、离心泵等进行在线测量和保护。对于旋转机械中，过大的轴向位移将会引起很大的机构损坏。

我所生产的ST-2-U型ST-2-I型及ST-2-u、ST-2-i型电涡流位移传感器都可以直接与计算机接口相连接，进行旋转机械的监测及故障分析并及时发现问题，这些问题包括轴的同步振动、轴的套筒松动、滚动部件轴承失效、轴承巴氏合金磨损、轴弯曲、电机马达空气间隙不匀、透平叶片信道共振、油膜失稳部件松动压缩机喘振、机壳内部轴的不对中、转子的不平衡、轴承间隙过大、轴向/径向、联轴器“锁死”、轴裂纹、以及齿轮的咬合问题。电涡流位移振动传感器对于蒸汽机、燃汽机、压缩机。透平机械、发电机组、各种离心机械、往复运动机械的振动量、位移量和磨损量的测量。最常用的两种电涡流位移传感器是 $\phi 8\text{mm}$ 和 $\phi 11\text{mm}$ 探头。由于它们结构尺寸小，并具有充裕的线性范围，因此可直接测量旋转面。具体测量项目有：

1、轴的径向振动量

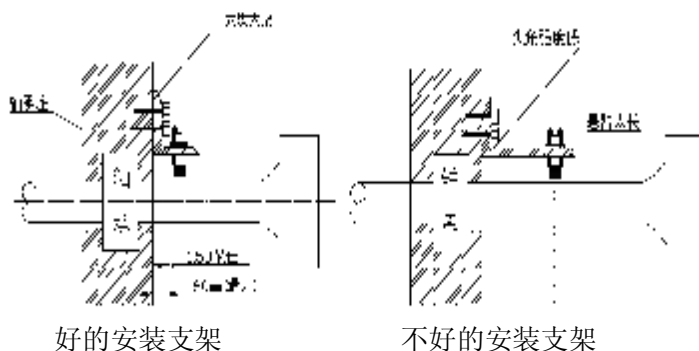
通过安装在轴的径向位置上的传感器，可测出转子的不对中，不平衡等机械故障，并可指示轴承的工作状态（一般使用探头为 $\phi 8$ 传感器）。

当需要测量轴的径向振动时，要求被测轴的直径大于探头直径的三倍以上，同时避免把传感器安装在不显示任何振动的结点上。每个测点应同时安装两个传感器探头，两个探头应分别安装在轴承两边的同一平面上相隔 $90^\circ \pm 5^\circ$ 。由于轴承盖一般是水平分割的，因此通常将两个探头分别安装在垂直中心线每一侧 45° ，从原动机的端面看，分别定义为X探头（水平方向）和Y探头（垂直方向），X方向在垂直中心线的右侧，Y方向在垂直中心线的左侧。



探头的安装位置应该尽量靠近轴承，如图所示，否则由于轴的挠度，得到的值会有偏差。探头的中心线应与轴心线正交，探头监测的表面（正对探头中心线的两边 1.5 倍探头直径宽度的整个圆周面）应无裂痕或其它任何不连续的表面现象（如键槽、凸凹不平、油孔等），且在这个范围内不能有喷镀金属或电镀，其表面的粗糙度应在 $0.4\mu\text{m}$ 至 $0.8\mu\text{m}$ 之间。

例：测量轴的径向振动时探头的安装

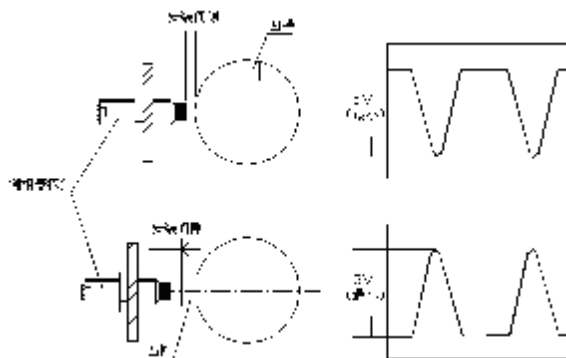


2、轴向位移的测量

对于旋转机械中，过大的轴向位移将会引起很大的机构损坏。轴向位移的测量，可以指示旋转部件与固定部件之间的轴向间隙或相对瞬时的位移变化，以预防机器的损坏，轴向位移是指机器内部转子沿轴心方向，相对于止推轴承二者之间的间隙而言。可测得其轴向窜动及止推轴承磨损或潜在轴承失效，平衡活塞的磨损与失效，止推法兰的松动，联轴节的锁住等（一般使用 $\phi 11$ 传感器）。

测量轴向位移时，测量面应该与被测轴是一个整体，这个测量面是以探头的中心线为中心，圆环宽度为 1.5 倍的探头直径。探头安装在距止推法兰盘不应超过 305mm（API 670 标准推荐值）的地方，否则测量结果不仅包含轴向位移的变化，而且包含胀差在内的变化，这样测量的结果不是轴的真实位移值。

3、键相测量(见图)



键相测量就是通过在轴上设置一个凹槽或凸槽，称为键相标记。当这个凹槽或凸槽转到探头位置时，相当于探头与轴的距离发生突变，这样传感器会产生一个脉冲信号，被测轴每转一圈就会产生一个脉冲信号，产生的时刻表明了轴在每转周期中的位置。因此通过对脉冲计数，就可以测量轴的转速，通过将脉冲与轴的振动信号比较，可以确定振动的相位角，这些数据可用于轴的动平衡分析以及设备的故障分析与诊断。

4、偏心测量：

偏心是在低转速的情况下，对轴弯曲程度的测量，这种弯曲可由下列情况引起：原有的机械弯曲、临时温升导致的弯曲及静止状态下的重力弯曲。

偏心的测量对于评价旋转机械全面的机械状态，是非常重要的。特别是对于透平机械，在启动或停机过程中，偏心测量已成为不可缺少的测量项目，他使你能看到由于受热或重力所引起的轴弯曲的幅度。转子的偏心位置，也叫轴的径向位置，它经常用来指示轴承的磨损，以及加载荷的大小。它同时也用来决定轴的方位角，方位角可以说明转子是否稳定。

5、胀差测量

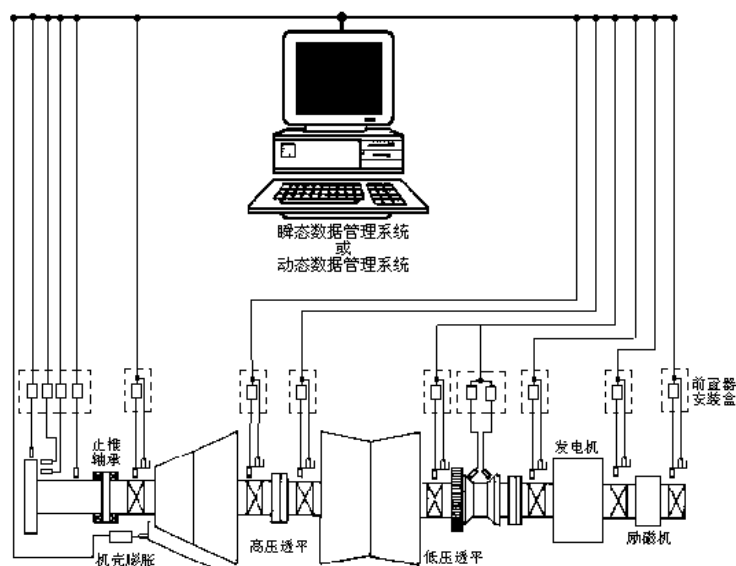
对于汽轮发电机组来说，在启动和停机过程中，由于金属材料的不同，因此散热及热膨胀系数也不相同，轴的热膨胀可能超过壳体膨胀，这样有可能导致透平机械的旋转部件和静止部件（如机壳、喷嘴、台座等）的相互接触，很可能导致机器的损坏，由此可见胀差的测量是非常重要的（一般使用 $\phi 25$ 传感器）。

6、转速测量

对于所有的旋转机械都需要监测轴的转速，转速是衡量机器正常运转的一个重要指标。而电涡流传感器测量转速的优越性是其它任何传感器没法比的，它既能响应零转速，也能响应高转速，抗干扰性能也非常强。

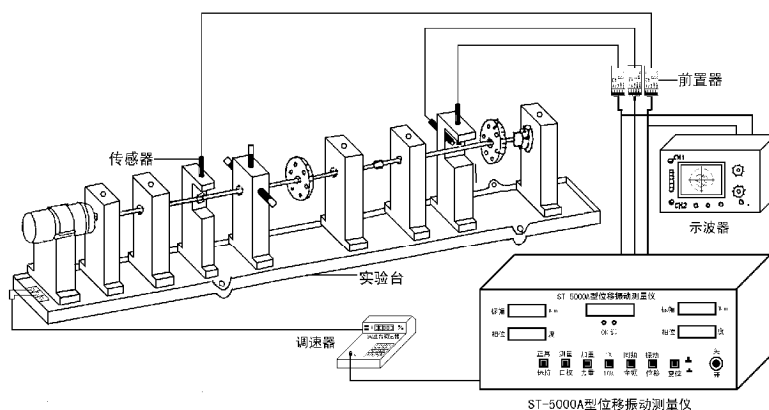
以上三种探头都能承受在汽轮机内所能碰到的恶劣环境。

典型的系统组态图



二、用于科研和教学的多功能柔性转子试验台

柔性转子试验台是大专院校、科研院所、进行柔性转子多种振动实验的装置，它可以模拟多种转动机械的运行状况：对转速、振幅、相位、位移等参数进行测量。并利用计算机等现代设备对实验进行科学的分析。见下图所示：



1、柔性转子试验台可以模拟大型旋转机械的运行状况。它使用配有调压器或实验台调速器的一个电动机作动力，带动一根带有配重盘的轴旋转，它可配备ST-5000型位移振动测量仪和示波器，对下面模拟机械工作状态的9个基本实验的实验结果进行观察，这几种实验应用在科研或机械教学上是非常理想的。详情请参见ST-5000A多功能柔性转子实验台实验系统使用说明书。

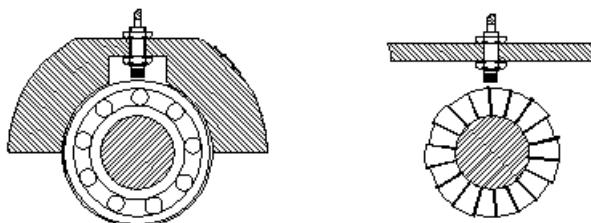
2、9个基本实验：

- 1) 刚性转子动平衡。
- 2) 性转子动平衡
- 3) 子的临界转速。
- 4) 转子结构形式的变化对临界转速的影响。
- 5) 柔性转子的振型。
- 6) 转子在振动过程中由于摩擦引起的振动。
- 7) 滑动轴承油膜形成。

- 8) 滑动轴承油膜震荡。
9) 非接触测量轴的径向振动和轴向位移。

三、滚动轴承、电机换向器的整流片的动态监测

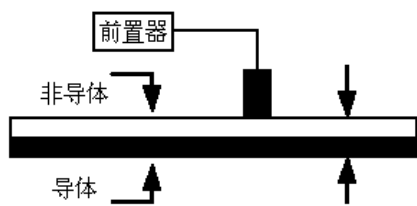
对于使用滚动轴承的机器预测性维修很重要。探头安装在轴承外壳上，以便观察轴承外环，由于滚动组件在轴承旋转时，滚动组件与轴承有缺陷的地方相互碰撞时，外环会产生微小变形，监测系统可以监测到这种变形信号。当信号变形时意味着发生了轴承故障，如滚动组件的裂纹缺陷或者轴承环的缺陷。



四、其它用途：

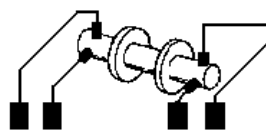
测量柴油机燃烧喷咀形阀的上升动作；
测量气缸内活塞的动作；
监测轧辊的压限量；
检测汽车、自行车、摩托车的偏摆；
检测电风扇轴的动平衡、扇叶的动平衡；
监测原子反应堆的料棒振动；
测量船舶螺旋桨各部位的振动；
测量压力机在高压下的变形；
测量蒸汽管的热胀量；
测量导弹、火箭发射台在发射时的动态；
判断高速电机的磨损；
测量制动物体的移动；
测量建筑物、桥梁、车辆、飞机、堤坝等实验模型的振动，离心，静力试验时的位移式形变；
测量机械构件在受力时相对于零位的位移或形变；
监测精密机床的振动；
大型磨床安装工件时的精密定位；
检测流水线中工件的尺寸公差并自动计数；
测量转速；
在线检测管，棒材在冷轧过程中的尺寸公差；
磁悬浮列车测量定位；
磁悬浮设备定位与测量；
检测长轧钢焊接处的翘曲度；
检测工件的内外径；
检测加热设备隔热材料的厚度；
检测金属表面非金属涂层的厚度；
测量纺织机械高速旋转锭子的振动；
汽车、飞机、坦克的耐振试验；
货币真伪的识别；
组合新型压力、速度、流量等传感器。

五、电涡流传感器应用例图

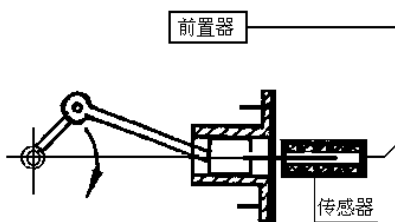


非导电材料厚度的测量

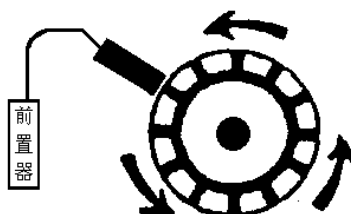
《20》



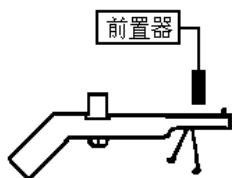
转子动平衡 径向运动分析



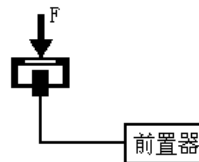
汽缸内活塞的动作



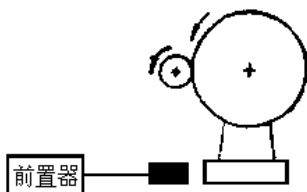
动力膨胀



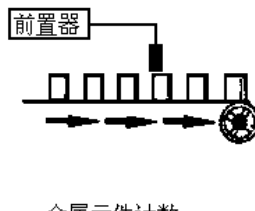
机枪振动及射击训练



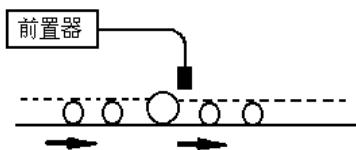
组成新型传感器例：压力传感器



磨床精密定位



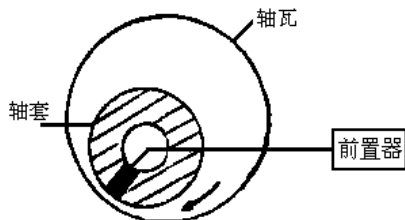
金属元件计数



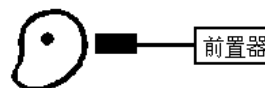
金属元件合格检



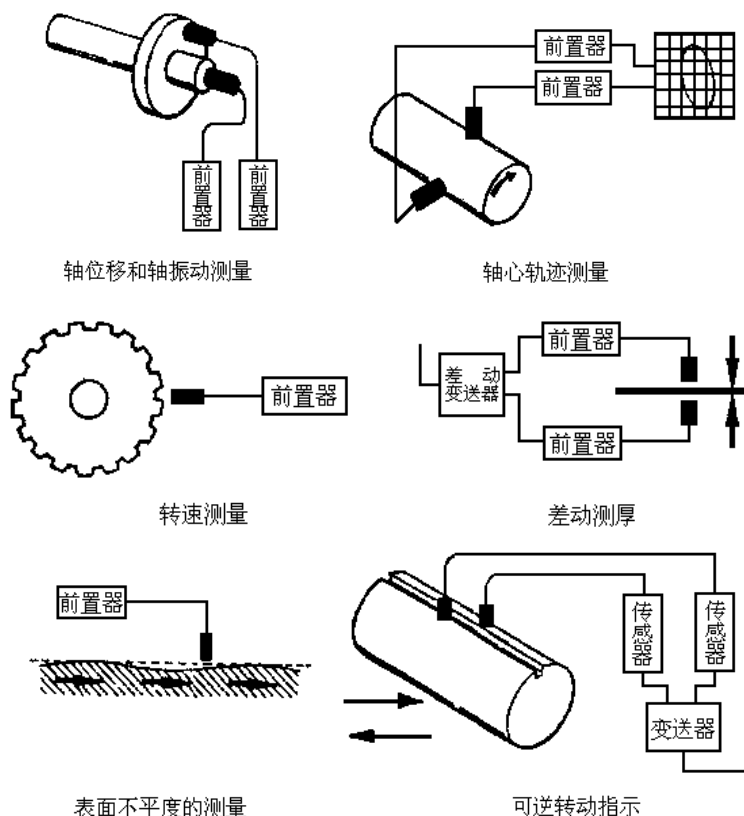
振动测量



油膜厚度测量



转角测试



第五章 传感器的使用方法及安装要求

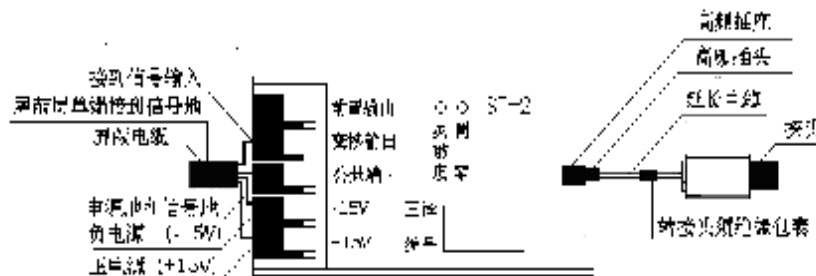
一、传感器的使用方法

传感器使用时，供电电源应使用线性电源，不要使用开关电源或其它非线性电源。否则将直接影响测量精度。

1、电涡流传感器系统的连接

传感器系统连接是指将探头、（延长电缆线）前置器、以及供电电源连接在一起，其具体步骤是：

- 1) 安装好传感器
- 2) 把传感器与前置放大器联接起来
- 3) 按前置器上的接线要求接通电源。查接线正确无误（见下图）。



- 4) 接通电源开始工作

注：接前置器和监测仪表系统时，应注意屏蔽线只能单端接地，不可同时将屏蔽线一端接前置器的信号地，另一端接到仪表的信号地，通常建议屏蔽线接到仪表端的信号地。其前置器端子连接顺序如下

- (1) 变换输出
- (2) 前置线性输出
- (3) -15V
- (4) +15V
- (5) 公共端

2、前置器的调整方法:

1) ST-2-U变换电压型前置器(以变换器输出0~5v为例):

当用户需要变换测量量程时,先将传感器移到前置器线性量程的起点位置上,调整调零电位计将变换输出调到0V,然后将传感器移到前置器输出的中点位置上,调整灵敏度电位计,将变换输出调到大约2.5V位置上,然后,将传感器移到前置器线性量程的终点位置上,调整灵敏度电位计,将变换输出调整到5V,经过反复调整后,变换器起点电压为0v、满量程电压为+5V,误差小于2%,由于整个调整过程比较麻烦,并且须要有标定装置,所以用户最好先确定输入/输出形式,要求厂家在出厂前将变换器调整好。

2) ST-2-I 变换电流型前置器:

当用户需要变换测量量程时,先将传感器移到线性量程的起点位置上。调整调零电位计,将变换输出调到4mA,然后将传感器移到线性量程一半位置上,调整灵敏度电位计,使变换输出为12mA,然后将传感器移到线性量程的终点位置上仍调整灵敏度电位计,将变换输出调到20mA,经过反复调整后,将变换器起点调为4mA、满量程电压调为20mA,误差小于2%,由于整个调整过程比较麻烦,并且须要备有标定装置,所以用户最好先确定输入/输出关系,要求厂家在出厂前将变换器调好。

3) ST-2-u 电压调理器 (DC/DCV):

当用户需要变换测量量程时,应将传感器固定在线性量程中点,(这时前置器输出大约在-6V左右)将电压表放在前置器的公共端与变换输出的端子上,调整调零电位器使输出为0V,然后起动机台使其振动值(峰-峰)达到满量程时,调整灵敏度电位器,调到大约5V位置上,在调整完成后,任意取几个测点的值进行验证调整后方可使用,由于整个调整过程比较麻烦,并且须要备有标定装置,所以用户最好先确定输入/输出关系,要求厂家在出厂前将变换器调好。

4) ST-2-i 电流调理器 (DC/DCI):

当用户需要变换测量的量程时,先将传感器移到标定装置上固定好,(这时前置器输出电压应在-6V左右)将电压表放在前置器的公共端与变换输出的端子上,调整调零电位器使输出为4mA,然后起动机台使其振动的峰-峰值达到半量程时,调整灵敏度电位计,调到大约12mA位置上,再使标定台达到满量程时,调整灵敏度电位计,调到大约20mA位置上,经过反复调整后,可将变换器起点调为4mA、满量程电压调为20mA,误差小于2%,调整完成后,任意取几个测点值进行验证调整后方可使用,由于整个调整过程比较麻烦,并且需要备有标定装置,所以用户最好先确定输入/输出关系,要求厂家在出厂前将变换器调好。

二、传感器的安装要求

1、安装注意事项

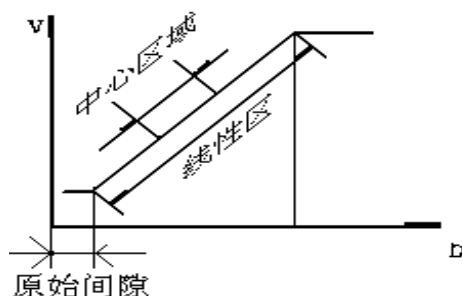
- I 被测物体的表面要光滑,平坦。因不规则表面(严重的碰伤、腐蚀点、裂纹)所引起的传感器输出变化,并不表明被测物体位置的变化,从而导致测量误差,应予以避免。
- I 非钢材被测体和小于三倍传感器直径的被测表面影响传感器的输出特性。传感器出厂时使用45#钢标定,被测对象不符合规定时应重新标定(型号不同的钢材灵敏度误差小于10%)。
- I 应当保持传感器探头周围有足够的空间,在3倍探头直径的范围内,不应有金属物体,传感器安装应该远离转动体台阶面,例如:轴肩,轴环,顶尖孔(对于轴向传感器来说)等,这样可避免周围金属结构的干扰,准确测量振动值。
- I 传感器可在有酸碱腐蚀的环境中使用。
- I 在安装传感器之前,保证螺纹孔中不能有异物,且螺纹良好。当把传感器探头拧入机架

固定时，传感器引线应随传感头自由旋转，不应有扭力。

- I 传感器的托架应选择钢材等紧固件，且其共振频率应大于10倍的被测体转速。
- I 当探头安装在机壳内部时，如有延长电缆接头，应将接头露出机壳外，注意多余的电缆要引出机壳外，并注意检查电缆接头是否密封好。

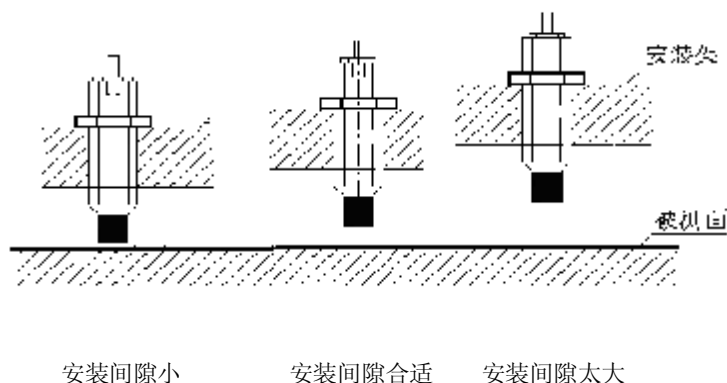
2、安装间隙（探头端面到被测面的距离）

安装探头时，应注意考虑传感器的线性范围和被测间隙的变化量，当被测间隙总的变化量与传感器的线性范围接近时，这种情况应特别注意。通常测量振动时，将探头的安装间隙设在传感器的线性中点附近(即下图的中心区域)。测量位移时要根据位移往哪个方向变化或往哪个方向的变化量较大来决定其安装间隙的设定。当位移向远离探头头部的方向变化时，其安装间隙应设在传感器的线性起始端；反之应设在线性末端。



*探头安装间隙的调整方法：

将探头、延伸电缆（选择）、前置器连接起来，并给传感器系统接上电源，用万用表测量前置器的输出，同时调整探头与被测面的间隙，间隙的估算值为满量程的一半加原始间隙。当前置器的输出电压等于需要安装间隙所对应的电压或电流时（该间隙电压或电流值可通过传感器校验单查到），拧紧探头的螺母固定探头。在探头端面和被测面之间塞入设定安装间隙厚度的塞尺。当探头端面和被侧面压紧塞尺时，紧固探头即可。
注：安装探头时，探头所带电缆必须随之转动，以防损坏电缆。安装螺母必须拧紧。



3、探头之间的最小间距

当探头头部线圈中通过电流时，在头部周围会产生交变磁场，因此在安装时要注意两个探头的安装距离不能太近，否则两个探头之间会通过磁场互相干扰（如下图所示），在输出信号上迭加两个探头的差额信号，造成测量结果的失真，这种情况我们称之为相邻干扰。通常情况下探头之间的最小安装距离见下表：

探头头部直径(mm)	两探头平行安装 D_{CX} (mm)	两探头垂直安装 (被测体为圆形) D_{CY} (mm)	两探头垂直安装 (被测体为方形) D_{CF} (mm)
------------	--------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

φ 3	25	22	15
φ 5	41	36	23
φ 8	41	36	23
φ 11	80	70	40
φ 18	100	90	65
φ 25	150	120	80
φ 50	200	180	150

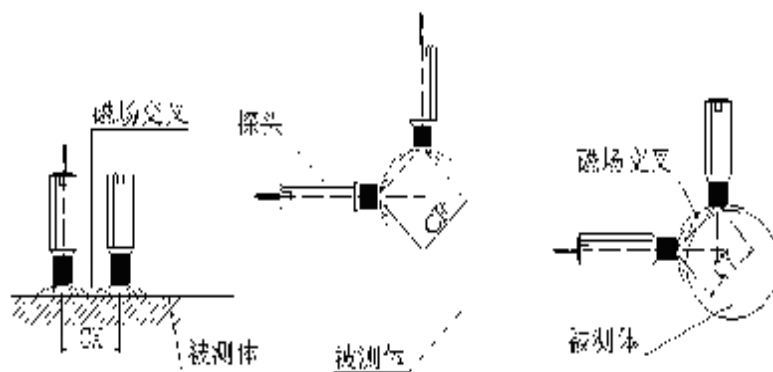
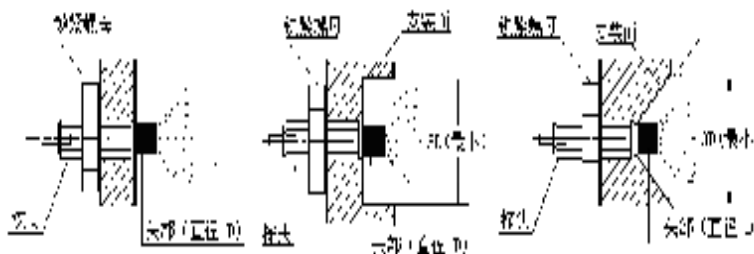


图:各探头间的安全距离

4、探头安装支架的选择

实际的安装测量是被测体相对于探头端面的相对值，因此探头必须牢牢固定在基座上，通常需要用安装支架来固定探头。



5、电缆（延长电缆）转接头的密封与绝缘

虽然探头的内部结构已绝缘，但是探头电缆（延长电缆）的接头是和信号“地”相连接的而且不具有密封性。为了避免电缆接头和机壳（大地）接触以及加强其密封性能，应该对电缆接头进行绝

6、电缆（延长电缆）的保护

延长电缆作为连接探头和前置器的中间部分，它是整个系统的一个重要组成部分，所以延伸电缆的安装应保证其在使用过程中不易受损坏，在环境不好的地方，建议采用带铠装的延伸电缆，应避免延伸电缆的高温环境。

注：如延伸电缆在订货时已经确认，在使用时，不能随意缩短或加长延伸电缆的长度，更不能取消其不用，否则会造成传感器系统特性变化。在盘放延伸电缆时，应该避免盘放的直径过小而折坏电缆线。

7、探头的抗腐蚀性（及对探头的抗腐蚀性说明）

探头头部材料为 PPS 工程塑料、壳体材料为 1Cr18Ni 9Ti 耐酸碱不锈钢、最大能承受

14Mpa 的压力，一般型探头最大能承受 150℃ 的温度，电缆外的表皮为聚四氟乙烯、这些材料可以抗绝大多数化学物质的腐蚀。但有些化学物质可能会对探头造成腐蚀，安装时应注意被测体的环境是否存在使探头遭到损坏的化学物质。

探头可以连续接触下列物质	探头不可以连续接触下列物质
空气、水、汽油、酒精、润滑油、乙醚、硫酸、氢氧化钠	无氧水、苯甲酸、硝酸、二氧化碳（过量）、磷（湿的）、三氯甲烷、二氧化硫、98%浓硫酸、盐酸

三、前置器安装

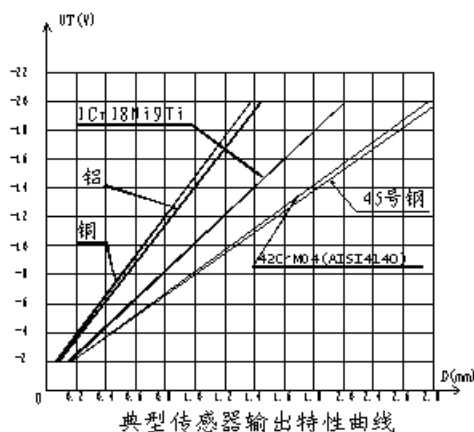
前置器是整个传感器的信号处理部分，一般情况下要求将其安装在远离高温环境的地方，其周围环境应无明显的蒸汽和水珠、无腐蚀性气体、干燥、振动小、前置器周围环境温度与室温相差不大的地方。（如有特殊要求请与厂家联系特殊定做）

ST-1 前置器在安装时，壳体金属部分不要同机壳或大地接触。安装必须采用浮地式以避免干扰信号影响测量电路。

ST-2 前置器，为方便安装，产品出厂时已作了绝缘配置。

第六章 被测体对电涡流传感器特性的影响

传感器特性与被测体的电导率 δ 、磁导率 ξ 有关，当被测体为导磁材料时（如普通钢、结构钢等），由于涡流效应和磁效应同时存在，磁效应反作用与涡流效应，使得涡流效应减弱，即传感器的灵敏度降低。而当被测体为弱导磁材料（铜、铝、合金钢等）时，由于磁效应弱，相对来说涡流效应要强，因此传感器感应的灵敏度要高。见下图典型传感器输出特性曲线。此图例出了同一套 $\phi 8$ 传感器测量几种典型材料的输出特性曲线图中各曲线所对应的平均灵敏度为：



材料	灵敏度
42CrMo4 (AISI 4140) 钢:	8.0V/mm (7.88V/mm)

45#钢:	7.88V/mm (7.74V/mm)
不锈钢: (1Cr18Ni9Ti)	10.41V/mm
铝:	14.1V/mm
铜:	15.0V/mm

*订货时应注意:

用户必须指明被测体是何材料、形面和尺寸等。如用户没特别指明,出厂时均采用45号钢作为被测材料进行校验标定。校准时,被测平面直径大于或等于3倍的探头直径。45号钢以外被测材料的附加误差:

材料	误差
A3钢、35号钢30CrNi3、40CrNiMoA、42CrMo4、20CrNiMo、Cr17Ni4Nb	±5%
30CrMo、40CrNi、12CrNi、70号钢、65号钢、40号钢、30号钢、20号钢、15CrMo、0Cr17Ni7Al、0Cr17Ni4Cu4Nb	±7%
1Cr12、2Cr13、SIS2324	±20%
0Cr18Ni9、GH4169N、GH901、GH625	±50%

被测表面平整度对传感器的影响:

不规则的被测体表面,会给实际的测量结果带来附加误差,因此被测体表面应该平整光滑,不应有凸起、洞眼、刻痕、凹槽等缺陷。一般要求,对用于振动测量的被测体表面粗糙度要求在 $0.4\mu\text{m}\sim 0.8\mu\text{m}$ 之间;对于位移测量被测体表面粗糙度要求在 $0.4\mu\text{m}\sim 1.6\mu\text{m}$ 之间。

被测体表面磁效应对传感器的影响:

电涡流效应主要集中在被测体表面,如果由于加工过程中形成残磁效应,以及淬火不均匀、硬度不均匀、金相组织不均匀、结晶结构不均匀等都会影响传感器特性API670标准推荐被测表面残磁不超过0.5微特斯拉。在进行振动测量时,如果被测体表面残磁效应过大,会出现测量波形发生畸变。

被测体表面镀层对传感器的影响

被测体表面的镀层对传感器的影响相当于改变了被测材料,使其镀层的材质、厚薄,传感器的灵敏度会略有变化。

被测体表面尺寸对传感器的影响

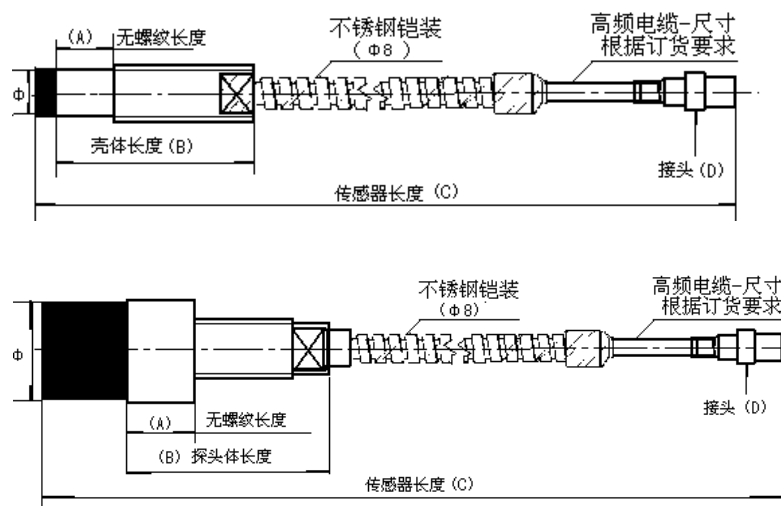
由于探头线圈产生的磁场范围是一定的,而被测体表面形成的涡流场也是一样的。这样就被测体表面大小有一定要求。通常,当被测体表面为平面时,以正对探头中心线的点为中心,被侧面直径应大于探头直径的1.5倍以上;当被测体为圆轴且探头中心线与轴心线正交时,一般要求被测轴直径为探头头部直径的3倍以上,否则传感器的灵敏度会下降,被测体表面越小,灵敏度下降越多。实验测试,当被测体表面大小与探头头部直径相同时,其灵敏度会下降到72%左右。被测体的厚度也会影响测量结果。被测体中电涡流场作用的深度由频率、材料导电率、导磁率决定。因此如果被测体太薄,将会造成电涡流作用不够,使传感器灵敏度下降,一般要求厚度大于0.1mm以上的钢材料等,导磁材料及厚度大于0.05mm以上的铜、铝等弱导磁材料,则灵敏度不会受其厚度的影响。

第七章 订货指南

电涡流传感器的基本配置: 探头 + 延长电缆 + 前置器

一、探头选择:

探头是采集被测体信号的重要部分，它能精确地探测出被测体表面相对于探头端面间隙的变化。传感器探头一般由线圈、不锈钢壳体、高频电缆、高频接头组成。探头壳体用于支撑探头头部，它是探头安装时的固定结构，壳体一般采用不锈钢制成，通常壳体上有标准螺纹，并备有紧固螺母。为了适应不同的安装要求，备有光面壳体和不同尺寸的壳体供选用。探头都带有一段高频电缆用于连接探头头部到前置器（此电缆可根据用户要求进行选择），一般情况下，探头的电缆不超过 1.5 米， $\phi 8$ 以上探头的电缆可加长到 9 米。特殊情况可根据用户需要进行调配，根据探头现场的应用环境，探头所带电缆可配有不锈钢软管铠装来保护电缆不受损坏。



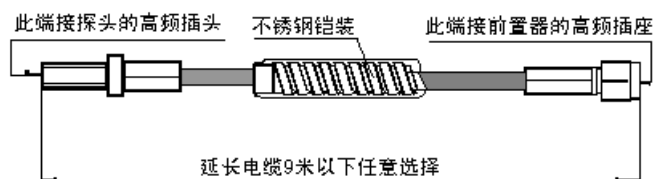
传感器类型 Φ CK A B CL J

ST- □□ - □□ - □□ - □□ - □□ - □□ - □□ - 编号

其中：传感器类型为 ST-00(普通型)、ST-KD(扩大量程)、ST-GL(高灵敏度)、ST-PB(屏蔽)、ST-ET(异型)， Φ ：传感器直径，(例如： $\phi 8$ 传感器应写 08) CK：加不加铠装指传感器连接电缆是否加装金属软管（不加为 00，加为 01），A：指传感器外壳中无螺纹部分的长度（以 mm 为单位）B：为传感器外壳的总长度的选择（以 mm 为单位）CL：指的是传感器加连结电缆的长度（例如：10 为 1m,05 为 0.5m）J：是否有接头（没有 00 有 02）。

二、延长电缆选择

延长电缆是为了现场安装方便而设计的，它不是传感器的必要组成部分，延长电缆不是指直接连接在传感器探头上的那部分电缆，它必须通过高频接头才能连接到探头的电缆线上的，它是系统的一个组成部分，延长电缆用于增加探头头部到前置器的距离。采用延长电缆的目的是为了减短探头所带电缆的长度，对于用螺纹安装传感器时，需要转动探头，如果探头所带电缆太长，转动探头时容易扭断电缆线。



SL KL

ST-□□-□□-编号

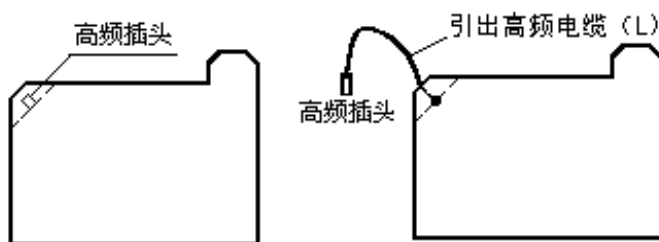
其中：SL 为电缆长度选择（例如：40 为 4m 电缆，45 为 4.5m 电缆），KL 为铠装选择（00 为没有铠装，01 为有铠装）。

注：探头电缆和延长电缆长度一经选定，使用时不能随意加长或缩短，如有必要则需重新校准，否则可能引起传感器系统精度不准确！

三、前置器选择

前置器是传感器系统的重要组成部分，通常情况下前置器不带引出电缆，带有引出电缆的前置器主要用在与用户设备装在同一机箱内以便于使用，从输出方式上可供选择的范围有五种，用户可根据需要进行选择。

前置器类型	输出方式
通用型 ST-1	见第 8 页技术指标
变换电压型: ST-2-U	0~5V 或 0~-5V ……
变换电流型: ST-2-I	4~20mA
电压调理器: ST-2-u	1~5V
电流调理器: ST-2-i	4~20mA



前置器类型 Φ L XL

ST- □-□ - □□ - □□ - □□ - 编号

其中：前置器类型见上表， Φ ：为传感器直径(例如 $\Phi 8$ 传感器应写 08)，L：指前置器引出电缆长度（单位为 cm）XL：表示几米系统前置器。（例如：15 为 1.5m 系统前置器，20 为 2m 系统前置器）。

请用户按以上提供的各种选择要求来电话订购传感器或填写订货清单。

附：传感器订货清单

	技术参数		标准传感器规格						特殊
	(Φ)传感器直径(mm)	传感器量程(mm)	03	05	08	11	18	25	
传感器	传感器灵敏度 mV/μ	0.8	1.5	2	4	2	1.5	0.8	0.4
探头	(A) 天馈线长度 (mm)	10	4	4	2	00	05	15	15
	(B) 壳体长度 (mm)	00	00	00	00	50	50	45	60
	安装螺环尺寸	20	30	30	50	50	50	45	60
	* (O) 传感器长度 (m)	05×0.8	08×1	10×1	14×1.5	14×1.5	14×1.5	14×1.5	14×1.5
	电缆粗细 (mm)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	(J) 接头	1.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	3.5
	* (OK) 铠装	SMA	SMA	SMA	SMA	SMA	SMA	SMA	SMA
电缆	(SL) 延长电缆长度 (m)	无	无	无	无	无	无	无	无
	(KL) 延长电缆铠装	无	无	无	无	无	无	无	无
前置器	(L) 引出电缆长度	00	00	00	00	00	00	00	00
	* (XL) 系统长度 (m)	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
	前置输出 (V)	-2~-10	-2~-10	-2~-10	-2~-10	-2~-10	-2~-10	-2~-10	-2~-10
	变换输出 (见输出方式)								
	供电电源 (V)	±15	±15	±15	±15	±15	±15	±15	±15
	数量								

注：*传感器长度指的是传感器探头加所带电缆的长度。铠装指的是传感器电缆所带的φ8不锈钢软管。*系统长度指的是传感器到前置器之间的电缆长度。
 如果用户对以上所选标准传感器在使用上不合要求，请在特殊栏逐项填写或另用图形文字说明。

带电源前置器

