

## 前 言

本手册适用于对电子仪表以及对设备监测有实践经验的工程技术人员。您可以通过本手册，了解 JX20 系列电涡流位移传感器系统的工作原理、系统组成、产品性能，并获得传感器安装、维修方面的有关建议。

本手册第一章综合介绍了传感器的优越性能、各部分组成结构以及传感器系统的基本工作原理和影响传感器系统工作的一些因素。第二章介绍了对传感器系统进行验收的一般程序，以及对传感器系统最常见的三种使用方式和系统进行安装时应注意的问题提出了一些建议。第三章介绍了传感器系统的重新校准以及故障检查和维修的方法。另外附录 A 提供了传感器系统的型号命名和选型说明，附录 B 提供了传感器系统的技术规范。

本手册中有关传感器的型号规格的规定以及传感器的详细技术规范是依据美国石油部标准 API670 提出的。本手册提出的一些安装传感器系统方面的建议，主要参照 API670 标准以及经验所得，可作您参考之用。

若有不详之处，敬请来电来函。



## 第一章 综 述

### 第一节 系统简介

#### 为何采用电涡流位移传感器

- 电涡流位移传感器能测量被测体(必须是金属导体)与探头端面的相对位置。
- 电涡流位移传感器长期工作可靠性好、灵敏度高、抗干扰能力强、非接触测量、响应速度快、不受油水等介质的影响,常被用于对大型旋转机械的轴位移、轴振动、轴转速等参数进行长期实时监测,可以分析出设备的工作状况和故障原因,有效地对设备进行保护及进行预测性维修。
- 从转子动力学、轴承学的理论上分析,大型旋转机械的运行状态主要取决于其核心——转轴,而电涡流位移传感器能直接测量转轴的状态,测量结果可靠、可信。过去,对于机械的振动测量采用加速度传感器或速度传感器,通过测量机壳振动,间接地测量转轴振动,测量结果的可信度不高。

#### 系统组成

系统主要包括探头、延伸电缆(用户可以根据需要选择)、前置器和附件。

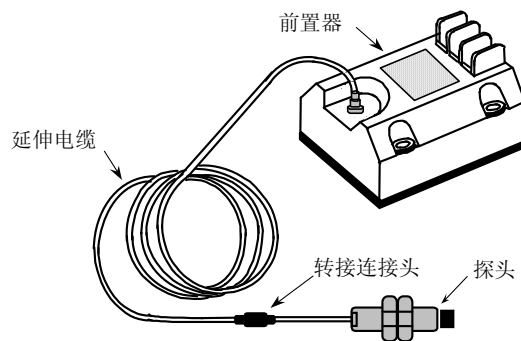


图1-1 传感器系统的组成

#### 与美国本特利(BN)公司产品兼容

JX20系列电涡流位移传感器的各项性能指标相当或接近美国本特利(BN)公司3300系列产品水平,可直接替换BN公司3300、7200系列产品。

## 第二节 系统的工作原理

传感器系统的工作机理是电涡流效应。当接通传感器系统电源时，在前置器内会产生一个高频电流信号，该信号通过电缆送到探头的头部，在头部周围产生交变磁场 $H_1$ 。如果在磁场 $H_1$ 的范围内没有金属导体材料接近，则发射到这一范围内的能量都会全部释放；反之，如果有金属导体材料接近探头头部，则交变磁场 $H_1$ 将在导体的表面产生电涡流场，该电涡流场也会产生一个方向与 $H_1$ 相反的交变磁场 $H_2$ 。由于 $H_2$ 的反作用，就会改变探头头部线圈高频电流的幅度和相位，即改变了线圈的有效阻抗。这种变化既与电涡流效应有关，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。假定金属导体是均质的，其性能是线性和各向同性的，则线圈——金属导体系统的物理性质通常可由金属导体的磁导率 $\mu$ 、电导率 $\sigma$ 、尺寸因子 $r$ ，线圈与金属导体距离 $\delta$ ，线圈激励电流强度 $I$ 和频率 $\omega$ 等参数来描述。因此线圈的阻抗可用函数 $Z=F(\mu, \sigma, r, I, \omega)$ 来表示。

如果控制 $\mu$ 、 $\sigma$ 、 $r$ 、 $\delta$ 、 $I$ 、 $\omega$ 恒定不变，那么阻抗 $Z$ 就成为距离 $\delta$ 的单值函数，由麦克斯韦尔公式，可以求得此函数为一非线性函数，其曲线为“S”形曲线，在一定范围内可以近似为一线性函数。

在实际应用中，通常是将线圈密封在探头中，线圈阻抗的变化通过封装在前置器中的电子线路的处理转换成电压或电流输出。这个电子线路并不是直接测量线圈的阻抗，而是采用并联谐振法，见图1-3，即在前置器中将一个固定电容 $C_0 = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$ 和探头线圈 $L_x$ 并联与晶体管 $T$ 一起构成一个振荡器，振荡器的振荡幅度 $U_x$ 与线圈阻抗成比例，因此振荡器的振荡幅度 $U_x$ 会随探头与被测间距 $\delta$ 改变。 $U_x$ 经检波滤波，放大，非线性修正后输出电压 $U_0$ ， $U_0$ 与 $\delta$ 的关系曲线如图1-4所示，可以看出该曲线呈“S”形，即在线性区中点 $\delta_0$ 处(对应输出电压 $U_0$ )线性最好，其斜率(即灵敏度)较大，在线性区两端，斜率(灵敏度)逐渐下降，线性变差。 $(\delta_1, U_1)$ ——线性起点， $(\delta_2, U_2)$ ——线性终点。

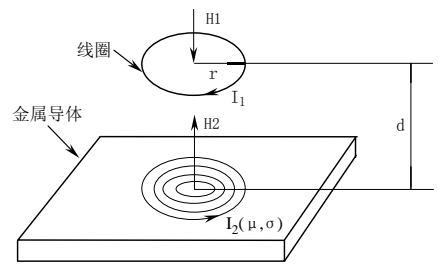


图 1-2 电涡流作用原理图

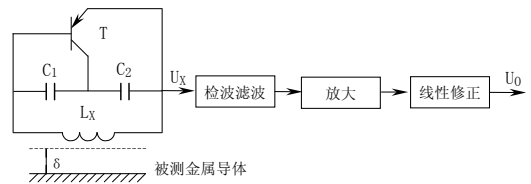


图 1-3 传感器原理框图

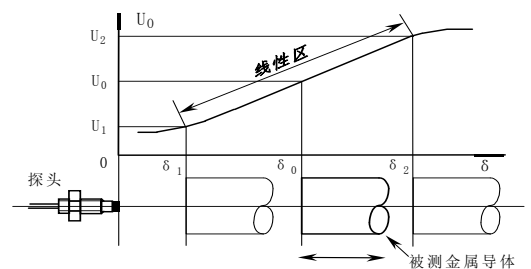


图 1-4 传感器输出特性曲线

## 第三节 产品说明

### 探 头

探头对正被测体表面，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。通常探头由线圈、头部、壳体、高频电缆、高频接头组成，其典型结构见图1-5所示。

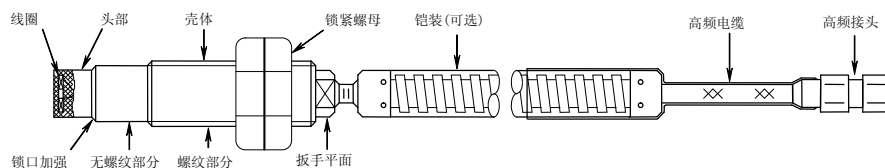


图 1-5 探头典型结构



线圈是探头的核心，它是整个传感器系统的敏感元件，线圈的物理尺寸和电气参数决定传感器系统的线性量程以及探头的电气参数稳定性。

探头头部采用耐高低温的PPS工程塑料，通过“二次注塑”工艺将线圈密封其中。这项技术增强了探头头部的强度和密封性，在恶劣环境中可以保护头部线圈能可靠工作。头部直径取决于其内部线圈直径，由于线圈直径决定传感器系统的基本性能——线性量程，因此我们通常用头部直径来分类和表征各型号探头，一般情况传感器系统的线性量程大致是探头头部直径的1/2~1/4。我们为JX20系列设计了 $\phi 5$ 、 $\phi 8$ 、 $\phi 11$ 、 $\phi 25$ 、 $\phi 50$ 五种直径的头部(见附录A)，也可生产其它规格的头部位。

探头壳体用于支撑探头头部，并作为探头安装时的装夹结构。壳体采用不锈钢制成，一般上面刻有标准螺纹，并备有锁紧螺母。为了能适应不同的应用和安装场合，探头壳体具有不同的型式和不同的螺纹及尺寸规格(见附录A)。

高频电缆是用于联接探头头部到前置器(有时中间带有延伸电缆转接)，这种电缆是用氟塑料绝缘的射频同轴电缆，通常电缆长度有0.5m、1m、5m、9m四种选择(见附录A)，当选择0.5m和1m时必须用延伸电缆以保证系统的总的电缆长度为5m或9m，至于选择5m还是9m应该是考虑能满足将前置器安装在设备机组的同一侧来决定。根据探头的应用场合和安装环境，探头所带电缆可以配有不锈钢软管铠装(可选择)，以保护电缆不易被损坏，对于现场安装探头电缆无管道布置的情况，应该选择铠装。

探头电缆接头是符合美国军用规范MIL-C-39012的高频同轴接头。

探头整体各部件通过机械变形联接，在恶劣环境中可以保证探头的稳定性和可靠性。

## 延伸电缆

作为系统的一个组成部分，延伸电缆(如图1-6所示)用来联接和延长探头与前置器之间的距离，您可以对延伸电缆长度和是否需要带铠装进行选择(详见附录A)，选择延伸电缆的长度应该使延伸电缆长度加探头电缆长度与配套前置器所要求的长度一致(5m或9m)，铠装选择的情况同探头电缆。

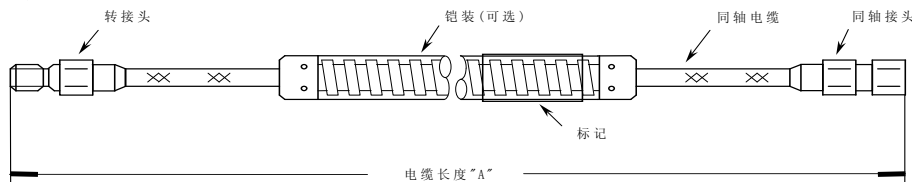


图1-6 延伸电缆

采用延伸电缆的目的是为了减短探头所带电缆长度，对于用螺纹安装探头时，需转动探头，过长的电缆不便使电缆随探头转动，容易扭断电缆，这种情形在探头安装部分有进一步说明。

延伸电缆的两端接头不同，带阳螺纹的接头(转接头)与探头联接，带阴螺纹的接头与前置器联接。

	注 意
<p>探头电缆和延伸电缆长度一经选定，使用时不能随意加长或缩短。如有必要，则须重新校准，否则可能引起传感器超差。</p>	

## 前置器

前置器是一个电子信号处理器。一方面前置器为探头线圈提供高频交流电流；另一方面，前置器感受探头前面由于金属导体靠近引起探头参数的变化，经过前置器的处理，产生随探头端面与被测金属导体间隙线性变化的输出电压或电流信号。

JX20系列前置器统一一种安装尺寸，提供两种输出方式：

前置器如图1-7所示。

- 外形尺寸：80mm × 60mm × 45mm。
- 安装尺寸：51mm × 51mm，采用四个M3 × 40 GB29-76螺栓安装(作为产品附件提供)
- 电压输出：供电电源 $U_t$ ：-20Vdc ~ -26Vdc，输出电压极限：-0.7V ~ ( $U_t - 1$ )V，线性范围输出起始电压：-2V ~ -18V。
- 电流输出：供电电源 $U_t$ ：+18Vdc ~ +30Vdc，输出电流：4 ~ 20mA。
- 探头插座是与探头和延伸电缆接头同一系列的高频插座，电源、输出端子是标准的重载隔离型三端接线端子。
- 前置器外壳是用铝铸造而成，表面已进行喷塑处理。为了屏蔽外界干扰，在前置器内部已将壳体与信号公共端(信号地)联接；在底板和安装孔处都加装了工程塑料绝缘，这样可以保证在安装前置器时，使前置器壳体与大地隔离(即所谓“浮地”)。
- 将工程塑料底板扳开，可以对前置器进行校准(校准的详细介绍见第三章)，除非需要进行传感器系统重新校准或前置器出现故障，一般不要打开底板。

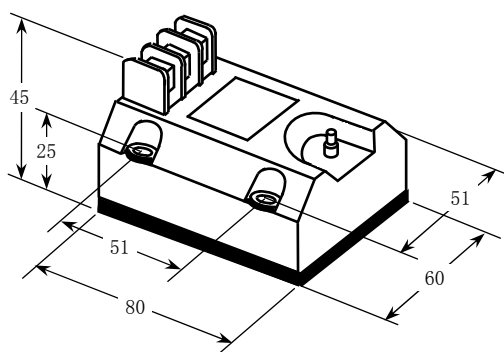


图1-7 前置器

前置器的实用设计：

- 前置器的结构使高频插座内凹，不易损坏高频插座。
- 三端接线端子镶嵌固定，直接与内部电路连接，确保连接可靠性。
- 前置器的容错性：电源端、公共端(信号地)、输出端任意接线错误不会损坏前置器，电源极性错误保护，输出短路保护。
- 前置器的核心是电子线路板，除个别校准用的元件外，其它元件均用环氧树脂胶灌封，这样可以提高前置器的抗振、防潮性能。前置器在出厂校准后，各校准元件也用硅胶密封，用户自行校准后，也应这样做。关于校准的详细介绍见第三章。

## 产品出厂标记

- 前置器的型号和编号贴在前置器壳体表面。
- 探头及延伸电缆的型号和编号也分别并封在电缆上靠近高频接头处的一段透明热缩套管里。





您可以根据出厂校验单上所标明的各型号和编号，对照产品上的标签，按出厂校准的情况进行系统配套，这样在出厂后一年内使用此传感器系统时可以不再校准。但是，一般要求在传感器使用前都应进行校准检查，尤其是当使用条件与出厂校准条件不同时，如被测体材料与出厂校准单注明校准材料牌号不同。

### 标准配套附件

- 每个标准安装探头配2个螺母(六角薄螺母GB6173-86, 材料1Cr18Ni9Ti, 螺纹规格与探头螺纹规格一致)、2个垫片(GB97-76, 规格与探头螺纹配套)、2个弹簧垫圈(GB93-76, 规格与探头螺纹配套), 每个反装探头配1个螺母、1个垫圈、1个弹簧垫圈, 无螺纹探头一般无配套零件。
- 每个探头配热缩套管: 规格 $\phi 8$ , 透明, 长200mm(用于编号及保护转接头)。
- 每个前置器配安装螺栓: 4个M3 $\times$ 40 GB29-76螺栓。
- 以上附件均可单独供货。

### 相关资料

- 产品合格证及出厂校验单
- 使用手册(本手册)
- 装箱单

## 第四节 被测体尺寸与材料的影响

在系统的工作原理部分, 介绍了被测金属导体的磁导率 $\mu$ 、电导率 $\sigma$ 、尺寸因子 $r$ 对测量也有影响, 因此除了探头、延伸电缆、前置器决定传感器系统的性能外, 严格地讲被测体也是传感器系统的一部分, 即被测体的性能参数也会影响整个传感器系统的性能。

### 被测体尺寸的影响

探头线圈产生的磁场范围是一定的, 在被测体表面形成的涡流场也是一定的, 如图1-8所示的涡流区作应范围, 几何尺寸可按下列公式计算:

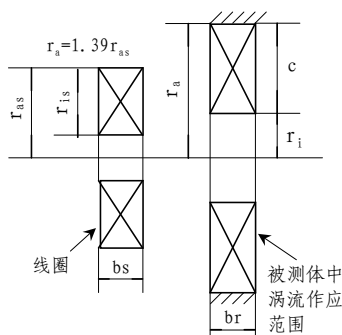


图1-8 被测体中电涡流作应范围

$$C=0.86r_{as}$$

$$r_i=0.52r_{as}$$

$$r_a=1.39r_{as}$$

所以, 当被测面为平面时, 以正对探头中心线的点为中心, 被测面直径应当大于探头头部直径1.5倍以上; 当被测体为圆轴而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, 否则灵敏度就会下降, 一般当被测面大小与探头头部直径相同时, 灵敏度会下降至70%左右。

被测体的厚度也会影响测量结果。在被测体中电涡流场作用的深度由频率、材料导电、导磁率决定, 深度 $b$ 可按下列式求得:

$$b = \sqrt{\frac{1}{\pi \cdot \delta \cdot \mu \cdot f}} \quad (\text{单位: m})$$

其中 $\delta$ —电导率、 $\mu$ —导磁率、 $f$ —频率(通常为1MHz左右)



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，一般厚度大于0.1mm以上的钢等导磁材料及厚度大于0.6mm以上的铜、铝等弱导磁材料，则灵敏度不会受其厚度的影响。

### 被测体表面加工状况的影响

不规则的被测体表面，会给实际的测量值造成附加误差，特别是对于振动测量，这个附加误差信号与实际的振动信号叠加一起，在电气上很难进行分离，因此被测表面应该光洁，不应该存在刻痕、洞眼、凸台、凹槽等缺陷(对于特意为键相器、转速测量设置的凸台或凹槽除外)。通常，对于振动测量被测面表面粗糙度Ra要求在 $0.4\mu\text{m} \sim 0.8\mu\text{m}$ 之间(API670标准推荐值)，一般需要对被测面进行衍磨或抛光；对于位移测量，由于指示仪表的滤波效应或平均效应，可稍放宽(一般表面粗糙度Ra不超过 $0.8\mu\text{m} \sim 1.6\mu\text{m}$ )。

### 被测体材料的影响

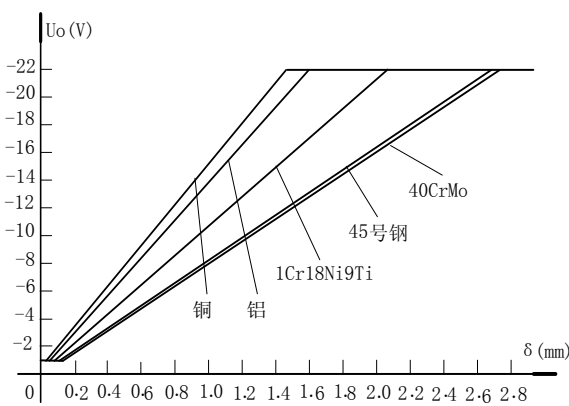


图1-9 典型材料传感器输出特性曲线

传感器特性与被测体的导电率和导磁率有关，当被测体为导磁材料(如普通钢、结构钢等)时，由于磁效应和涡流效应同时存在，而且磁效应与涡流效应相反，要抵消部分涡流效应，使得传感器感应灵敏度低；而当被测体为非导磁或弱导磁材料(如铜、铝、合金钢等)时，由于磁效应弱，相对来说涡流效应要强，因此传感器感应灵敏度要高。图1-9列出了同一套传感器测量几种典型材料时的输出特性曲线，图中各曲线所对应的灵敏度为：

铜：14.9 V/mm

铝：14.0 V/mm

不锈钢(1Cr18Ni9Ti)：10.4V/mm

45号钢：8.2 V/mm

40CrMo钢：8.0 V/mm (出厂校准材料)

除非在订货时进行特别说明，通常，在出厂前传感器系统用40CrMo材料试件进行校准，只有和它同系列的被测体材料，产生的特性方程才能和40CrMo的相近；当被测体的材料与40CrMo成分相差很大时，则须按第三章第一节所述步骤进行重新校准，否则可能造成很大的测量误差。

因为大多数的汽轮机、鼓风机等设备的转轴是用40CrMo材料或者与之相近的材料制造，因此传感器系统用40CrMo材料作出厂校准，能适合大多数的测量对象。

### 被测体表面残磁效应的影响

电涡流效应主要集中在被测体表面，由于加工过程中形成的残磁效应，以及淬火不均匀，硬度不均匀，结晶结构不均匀等都会影响传感器特性，API670标准推荐被测体表面残磁不超过 $\pm 2.0$ 高斯，测量圆周面的残磁变化不超过1.0高斯。当需要更高的测量精度时，应该用实际被测体进行校准。

### 被测体表面镀层的影响

被测体表面的镀层对传感器测量的影响，相当于改变了被测体材料，视镀层的材质，传感器灵敏度会变化。如果镀层均匀，且厚度大于涡流渗透深度(按上述被测体尺寸的影响一节计算)，则将传感器按镀层材料重新校准，不会影响使用，否则请与本公司联系。







## 第二章 使用说明

本章将告诉您在收到我公司发出的产品后，如何进行开箱验收、如何保存以及如何安装，对四种常用的使用方式(轴的径向振动测量、轴向位移测量、键向器、转速测量)进行了详细的说明。

### 第一节 验收与保存

#### 出厂包装

为了包装、运输的方便与安全，出厂包装时传感器系统各部分没有联接在一起，探头、延伸电缆、前置器是分别包装的。

#### 到货验收

- 小心地将系统各组成部分从包装盒取出。
- 检查是否存在运输造成的损坏。如果有，就应与承运单位交涉提出索赔，同时将情况反映给本公司。
- 对照订货清单和装箱单检查货物是否齐全，产品型号规格是否正确。
- 如果是成套订货，则按照第三章所述校准方法，将系统联接起来，通电检查系统静态特性是否符合出厂校验单注明的指标，通常这些指标应该是符合附录所规定的技术规范或者商定的技术协议。
- 如果产品完好，而且又不立即安装使用，最好将各部分小心地放回原包装盒内，封好保存，以备以后使用。
- 如果验收不合格，请尽快与本公司联系。

#### 贮存

传感器系统对保存的环境有一定的要求。传感器系统应存放在温度介于 $-30^{\circ}$  ~  $70^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度不大于90%的整洁室内，且室内空气中不得含有腐蚀性气体。存放期达一年以上的，使用前应重新校准。



## 第二节 传感器的典型应用

电涡流位移传感器系统以其独特的优点，广泛应用于电力、石油、化工、冶金等行业，对汽轮机、水轮机、发电机、鼓风机、压缩机、齿轮箱等大型旋转机械的轴的径向振动、轴向位移、鉴相器、轴转速、胀差、偏心、油膜厚度等进行在线测量和安全保护，以及转子动力学研究和零件尺寸检验等方面。图2-1列举了传感器的一些典型应用示意。

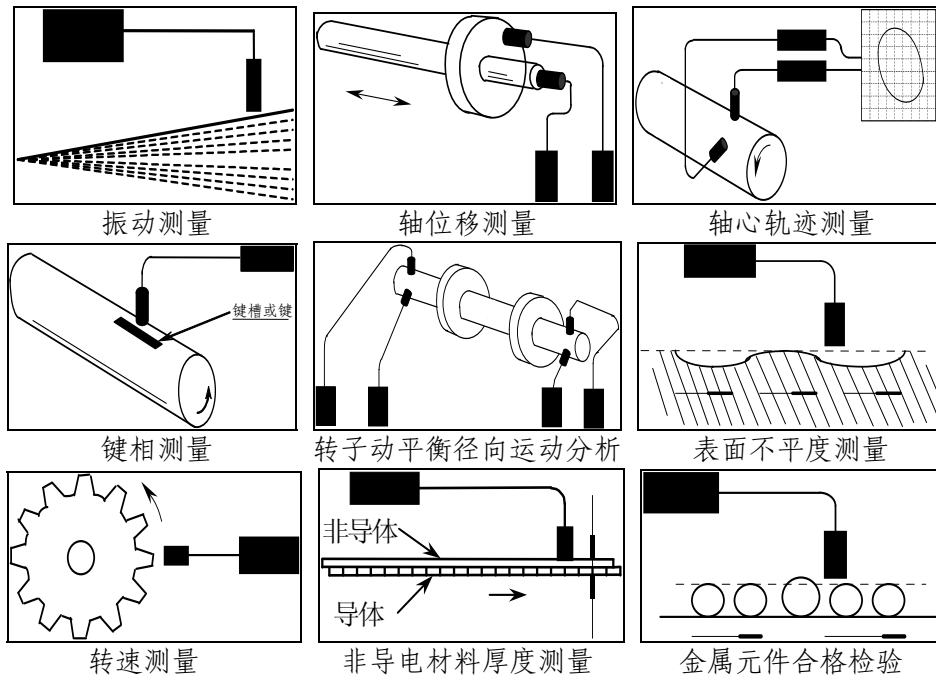


图2-1 典型应用示意

传感器有四种最常见的使用方式，即轴的径向振动测量、轴向位移测量、鉴相器信号测量以及转速测量。

### 轴的径向振动测量

测量轴的径向振动时，每个测点应安装两个传感器探头，两个探头分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剖分的，因此通常将两个探头分别安装在垂直中心线每一侧 $45^\circ$ ，定义为X探头(水平方向)和Y探头(垂直方向)。通常从原动机端看，X探头应该在垂直中心线的右侧，Y探头应该在垂直中心线的左侧。如图2-2所示。理论上，只要安装位置可行，两个探头可安装在轴承圆周的任何位置，保证其 $90^\circ (\pm 5^\circ)$ 的间隔，都能够准确测量轴的径向振动。

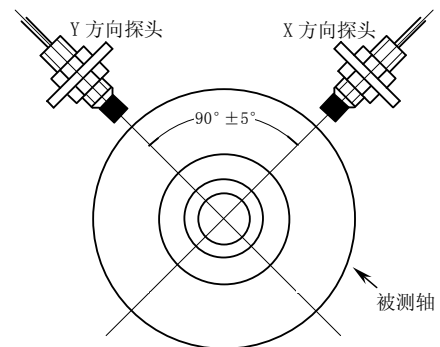


图 2-2 轴的径向振动测量

探头的安装位置应尽量靠近轴承，如图2-3所示，否则由于轴的挠度，得到的测量值将包含附加误差。探头安装位置与轴承的最大距离见表2-1。

表2-1 轴的径向振动探头安装位置与轴承的最大距离

测量轴承直径	最大距离
0 ~ 76mm	25mm
76 ~ 508mm	76mm
>508mm	152mm

※ API 670标准规定，轴的径向振动探头的安装位置与轴承的距离要在76mm之内

探头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倍探头直径宽度的轴的整个圆周面，见图2-3)应无刻划痕迹或其它任何不连续的表面(如油孔或键槽等)，且在这个范围内不能有喷镀金属或电镀，表面粗糙度应在 $0.4\mu\text{m} \sim 0.8\mu\text{m}$ 之间。

除非特别说明，通常将轴的径向振动测量探头安装在传感器的线性范围中点，对应的前置器输出电压为中点电压(线性范围中点间隙值和中点电压值可以从校准数据单或校准曲线中查到，一般电压输出传感器线性中点电压为 $-10\text{V}$ 左右，电流输出传感器线性中点电流为 $12\text{mA}$ )。特别是对于大轴承机器，其最大轴承间隙接近传感器线性工作范围时(建议选用线性工作范围更宽的传感器)。但是对于卧式机器，在机器启动时，轴会抬高 $0.25\text{mm}$ 左右，因而在停机时安装垂直方向探头，应将安装间隙(冷态间隙)调整到传感器的线性范围中点偏大 $0.25\text{mm}$ 左右，对应的前置器输出电压可从校准数据单或校准曲线中查到。

各探头头部间的安装距离应不小于最小安装距离。为防止两探头间的相邻干扰，对于不同规格的探头和不同的安装方法要求其间的距离也有所不同，详细说明请见第三节。

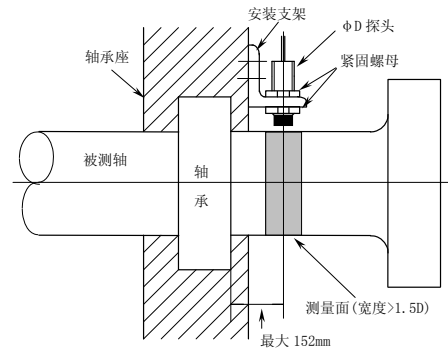


图 2-3 轴的径向振动测量时探头的安装

### 轴向位移测量

测量轴的轴向位移时，测量面应该与轴是一个整体，这个测量面是以探头中心线为中心，宽度为1.5倍探头头部直径的圆环(在停机时，探头只对正了这个圆环一部分，机器启动后，整个圆环都会成为被测面)，整个被测面应该满足第一章第四节被测体尺寸与材料的影响关于被测面的要求。

探头安装位置距离止推法兰盘不应超过 $305\text{mm}$ (API670标准推荐值)，如图2-4所示，否则测得的结果不仅包括轴向位置的变化，而且包括胀差在内的变化，不能真实地反映轴向位移量。

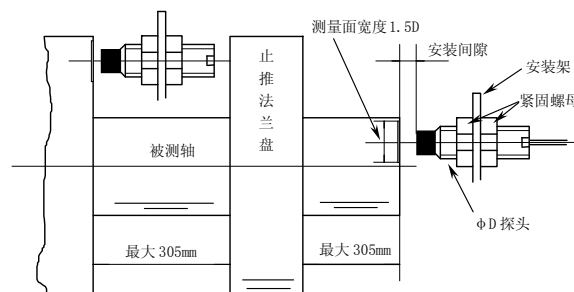


图 2-4 轴向位移测量

通常采用两套传感器对推力轴承端同时进行监测，这样即使有一套传感器损坏失效，也可以通过另一套传感器有效地对轴的轴向位移进行监测。这两个探头可以设置在轴的同

端面，也可以是两个不同端面进行监测，但这两个端面应在止推法兰盘305mm以内；安装方向可以相同，也可以不同。一般将这两套传感器的测量结果通过“与”的逻辑关系控制机器，安装方向不同时，其逻辑关系要先“非”再“与”。

在停机时安装传感器探头，由于轴通常都会移向工作推力的反方向，因而探头的安装间隙应该偏大，原则是保证：当机器启动后，轴处于其轴向窜动量的中心位置时，传感器应工作在其线性工作范围的中点。

### 鉴相器测量

鉴相器测量就是通过在轴上设置一个凹槽或凸键，称着鉴相标记。当这个凹槽或凸键转到探头安装位置时，相当于探头与被测面间距突变，传感器会产生一个脉冲信号，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。同时通过对脉冲计数，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，用于轴的动平衡分析以及设备的故障分析与诊断等方面。

凹槽或凸键要足够大，以使得产生的脉冲峰峰值不小于5V (API670标准要求不小于7V)。一般若采用 $\phi 8$ 探头，则这一凹槽或凸键宽度应大于7.6mm、深度或高度应大于1.5mm (推荐采用2.5mm以上)、长度应大于10mm。凹槽或凸键应平行于轴中心线，其长度尽量长，以防止当轴产生轴向窜动时，探头还能对着凹槽或凸键。

为了避免由于轴向位移引起探头与被测面之间的间隙变化过大，应将鉴相器探头安装在轴的径向，而不是轴向位置。应尽可能地将键相器探头安装在机组的驱动部分上，这样即使机组的驱动部分与载荷脱离，传感器仍会有键相信号输出。当机组具有不同的转速时，通常需要有多套鉴相器对其进行监测，从而可以为机组的各部分提供有效的鉴相信号。

鉴相标记可以是凹槽，也可以是凸键，如图2-5所示，API670标准要求用凹槽的型式。当标记是凹槽时，安装探头要对着轴的完整部分调整初始安装间隙，而不能对着凹槽来调整初始安装间隙。而当标记是凸键时，探头一定要对着凸起顶部表面调整初始安装间隙，不能对着轴的其他完整表面进行调整。否则当轴转动时，可能会造成凸键与探头碰撞，剪断探头。

为了便于快速判断鉴相信号的位置，应该对鉴相器探头安装位置在机器外壳上做上标志，对于鉴相标记的角度位置应该在轴的露出部分做上标志。

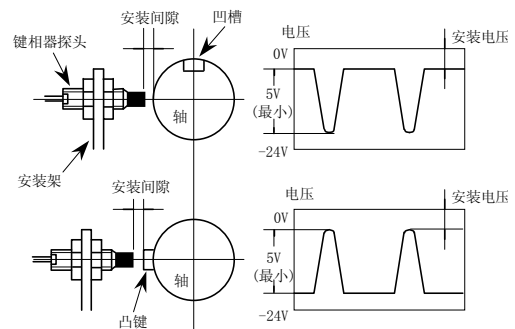



图 2-5 键相器测量



## 注 意

机器正在运转时安装鉴相器，如果轴上有凸键，不能调整探头的间隙，否则探头的头部有可能被切断。

### 转速测量

鉴相器可以测量机器的转速，但是鉴相器只能产生每转一个脉冲的信号，用它作为转速测量的精度不高。专门的转速测量一般都是在轴的测量圆周上设置多个凹槽或凸键标记，或者直接利用轴上的齿轮，使探头能每转产生多个脉冲。





标记的数量或者齿轮的齿数，就是传感器每转产生的脉冲数量，数量越大，测量越精确。但是当转速较高时，由于传感器的频率响应限制，标记的数量或者齿轮的齿数不能太多，一般要求脉冲的频率不能超过10kHz。

用计数器对脉冲计数时，如果每秒钟计数N个，标记的数量或者齿轮的齿数为K个，则转速V按下式计算：

$$V = \frac{60 \times N}{K} \quad \text{r/min (每分钟转数)}$$

轴上标记的要求以及转速测量探头的安装要求同鉴相器测量要求。对于采用齿轮的情况比较复杂，一般要求能够使得产生的脉冲幅度不小于5V，否则请与本公司联系。

### 第三节 探头的安装

#### 安装探头时，您应注意以下几个问题：

- 各探头间的距离
- 探头与安装面的距离
- 安装支架的选择
- 探头安装间隙
- 探头所带电缆的安装
- 电缆转接头的密封与绝缘
- 探头的抗腐蚀性
- 探头的高压环境

#### 各探头间的距离

当探头头部线圈中通过电流时，在头部周围会产生交变电磁场，因此在安装时要注意两个探头的安装距离不能太近，否则两探头之间会通过电磁场互相干扰(如图2-6所示)，在输出信号上迭加两探头的差频信号，造成测量结果的失真，这种情况称之为相邻干扰。排除相邻干扰有关的因素：被测体的形状，探头的头部直径以及安装方式。通常情况下探头之间的最小距离见表2-2。

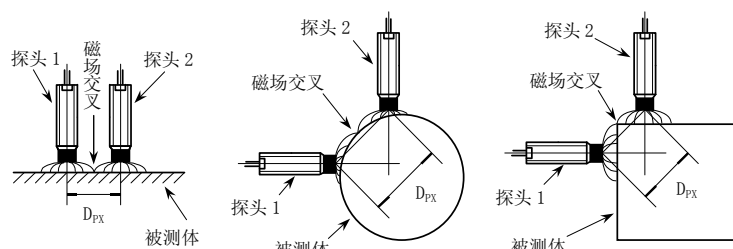


图2-6 各探头间的距离

表2-2

探头头部直径 (mm)	两探头平行安装 $D_{PX}$ (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)
$\phi 5$	40.6	35.6	22.9
$\phi 8$	40.6	35.6	22.9
$\phi 11$	80	70	40
$\phi 25$	150	120	80
$\phi 50$	200	180	150



**探头头部与安装面的距离**

探头头部发射的交变电磁场在径向和轴向上都有一定的扩散。因此在安装时，就必须考虑安装面金属导体材料的影响，应保证探头的头部与安装面之间不小于一定的距离，工程塑料头部体要完全露出安装面，否则应将安装面加工成平底孔或倒角，如图2-7所示。

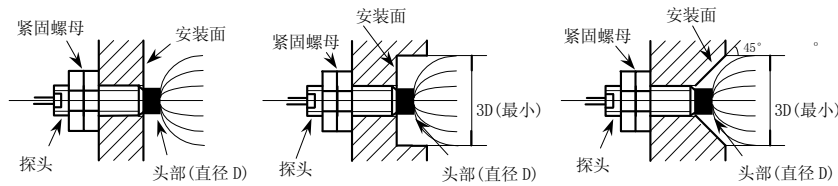


图2-7 探头头部与安装面的距离

**探头安装支架选择**

实际的测量值是被测体相对于探头的相对值，而需要的测量结果是被测体相对于其基座的，因此探头必须牢固在基座上，通常需要用安装支架来固定探头。对于不同的测量要求和不同的被测体结构，安装支架的形状和尺寸各种各样，常用的有机器内部探头安装支架和机器外部探头安装支架。

**• 机器内部探头安装支架**

在机器内部安装探头，对探头规格要求比较灵活，而且探头安装支架通常采用角钢就可以实现，但是在选择角钢的规格时，应使角钢的强度尽量高，否则就有可能由于支架的振动造成附加误差，如图2-9所示。对于几种常规探头，推荐采用的角钢尺寸见表2-3，加工形状如图2-8所示（本公司可提供加工好的支架），其它规格的探头安装支架可参照加工。在现场安装时，可以用锤子敲打支架，同时用示波器观察前置器的输出信号来检查其谐振频率的大小。一般要求谐振频率至少为机器转速的十倍，才能保证测量的准确性。

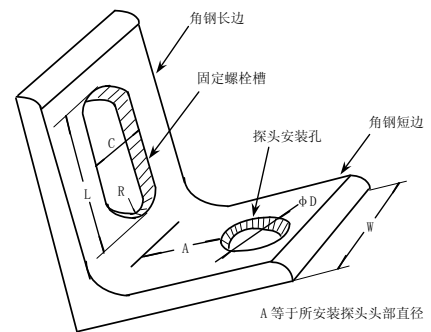


图2-8 角钢支架加工示意图

表2-3 (mm)

探头头部直径	探头螺纹	角钢型号	宽度 (W)	探头安装孔 (D)	固定螺栓槽 (C × L)	固定螺栓
φ 5	M8 × 1	3.2/2	15	8.5	4.5 × 10	M4 × 10
φ 8	M10 × 1	4/2.5	20	10.5	6.5 × 25	M6 × 20
φ 11	M14 × 1.5	5/3.2	25	14.5	8.5 × 25	M8 × 20
φ 25	M30 × 2	10/6.3	55	30.5	12.5 × 30	M12 × 30
φ 50	M14 × 1.5	18/11	75	14.5	16.5 × 50	M16 × 50

※ 角钢为热轧不等边角钢GB9788-88，固定螺栓为六角头螺栓GB30-76



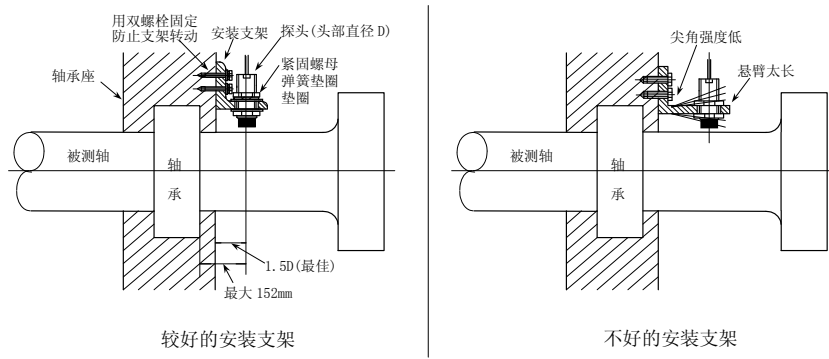


图2-9 探头安装支架的影响

另一种常见的机器内部探头安装支架如图2-10所示，对于几种常规探头安装支架的推荐加工尺寸见表2-4(本公司可提供加工好的安装支架)。这种支架的结构便于调整探头安装间隙：当探头与被测面间隙调整到合适位置时，拧紧固定螺栓，即可将探头安装间隙锁定。这种安装支架还可有效地防止由于震动而造成的探头松动。

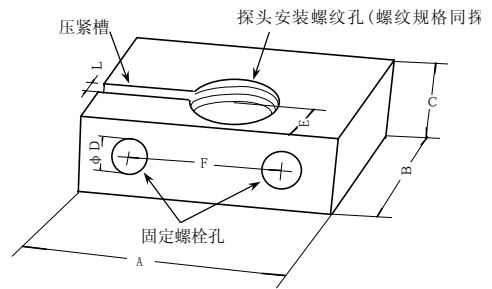


图 2-10 夹块支架

表2-4

(mm)

探头头部直径	探头螺纹	夹块长宽高 (A × B × C)	探头安装螺孔位置 (E)	压紧槽宽 (L)	固定螺栓孔 (D) (F)	固定螺栓
φ 5	M8 × 1	24 × 16 × 8	10	1.5	4.3 14	M4 × 25
φ 8	M10 × 1	30 × 22 × 10	14	2	6.5 20	M6 × 30
φ 11	M14 × 1.5	40 × 30 × 12	20	2.5	8.5 26	M8 × 40
φ 25	M30 × 2	85 × 60 × 20	40	4	10.5 55	M12 × 80
φ 50	M14 × 1.5	120 × 85 × 20	75	2.5	8.5 24	M8 × 100

※ 支架材料1Cr18Ni9Ti, 固定螺栓为六角头螺栓GB30-76

在机器内部安装探头，需要将探头电缆引出机壳外，为了避免在在过线孔处由于密封不良而产生漏油等现象，应该在机器外部安装一套电缆密封、保护装置(本公司可以提供)。关于这个装置的详细说明见电缆的安装部分。

※ 通常在机器内部安装的探头，选型时，应该选用带不锈钢软管铠装，以保护探头电缆不易被损坏。

● 机器外部探头安装支架

探头也可以采用专用的安装支架组件(本公司可以提供)，通过机器的外壳(如轴承盖)，将探头固定，如图2-11所示。这样安

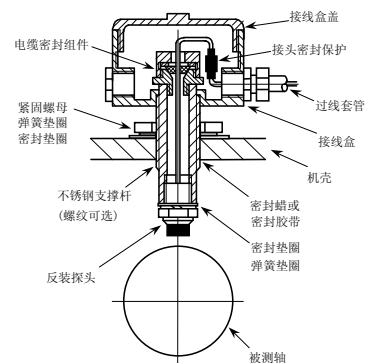


图2-11 机器外部探头安装

装的好处是，不必打开机壳，就可以调整探头安装间隙、拆卸或者更换探头，另外这种专用的安装支架可以起到电缆密封保护作用，不需另外的电缆密封装置。

※ 采用这种安装方式时，探头一般选用带固定螺母的反装探头。

### ● 机器外部双轴向位移探头安装支架

轴向位移通常采用双探头同时测量，当两探头并列测量同一轴端面时可以采用专用的双探头安装支架组件(本公司可以提供)，通过机器的外壳将探头固定，如图2-12所示。这种支架组件的结构可以在机器外面分别调整每个探头的安装间隙、拆卸或者更换探头，另外这种装置也能起到电缆密封保护作用，不需另外的电缆密封装置。

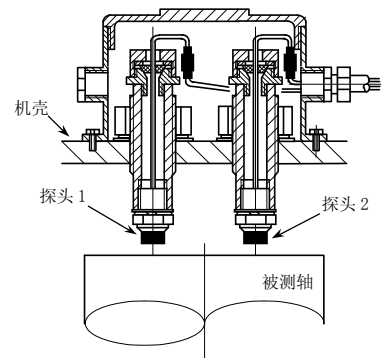
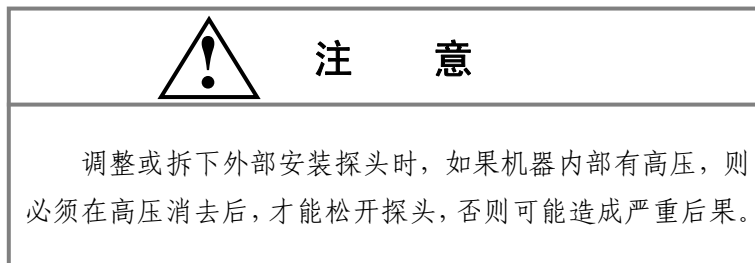


图2-12 机器外部双探头安装

※ 采用机器外部安装方式时，探头一般选用带固定螺母的反装探头。

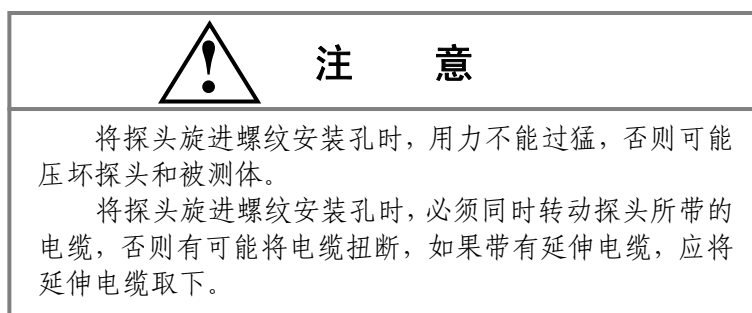


### 探头安装间隙

安装探头时，应考虑传感器的线性测量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工作范围接近时，尤其要注意(在订货选型时应使所选的传感器线性范围大于被测间隙的15%以上)。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；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。当位移向远离探头端部的方向变化时，安装间隙应设在线性近端；反之，则应设在线性远端。

调整探头安装间隙可以采用下列两种方法：

① 在探头端面和被测面之间塞入设定安装间隙厚度的塞尺，当探头端面和被测面压紧塞尺时，紧固探头即可。该方法适合于探头安装孔为螺纹孔的情况，通过旋动探头来调整安装间隙。

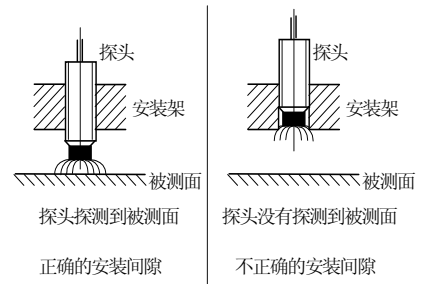


● 将探头、延伸电缆(如果有的话)、前置器联接起来，给传感器系统接上电源，用万用表监测前置器的输出，同时调节探头与被测面的间隙，当前置器的输出等于安装间隙所对应



的电压或电流值时(该值可由校准数据表中查得)再背紧探头所带两个紧固螺母即可。这种方法适用于探头安装孔为通孔的情形。

※ 通过测量前置器输出来确定安装间隙,有可能会产生一种假象,当探头头部还未露出安装孔时,由于安装孔周围的金属影响,可能使得前置器输出等于安装间隙所对应的电压或电流值,但这时探头测量的不是需要测量的被测体。探头调整到正确的安装位置,前置器输出应该是:首先是较大的饱和输出(此时探头还未放进安装孔内),然后是较小的输出(此时探头放进安装孔中),继续将探头拧进安装孔,前置器输出会变为较大的输出(此时探头头部露出安装孔,但与被测面间隙较大),再拧进探头,前置器输出等于安装间隙所对应的值,此时探头才是正确的安装间隙。



**探头所带电缆的安装**

探头所带的电缆长度加延伸电缆的长度之和应不小于被测体到前置器安装位置之间的距离。探头所带电缆的长度应使探头与延伸电缆的联接处位于机器机壳的外面,这样可避免联接处转接头被机器内部的润滑油污染,而且当延伸电缆损坏或联接处接触不良时,不必打开机壳就能方便地进行维修或更换。由于探头电缆部分是处于暴露的,在机器检修和探头装拆时容易被损坏,因此通常应该选用带不锈钢软管铠装的探头来保护。如果在机器内部安装探头,建议采用如图2-13所示电缆密封装置(本公司可以提供)进行电缆密封和接头保护,两个或者多个探头可共用一套装置。

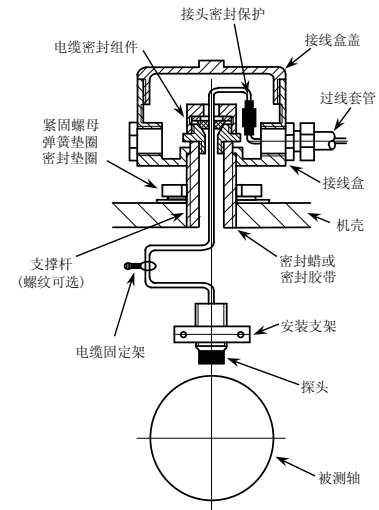



图2-13 探头电缆的安装

**电缆接头的密封与绝缘**


探头的内部结构已经绝缘,但是探头电缆接头是和信号“地”相接的,而且不具有密封性。为了避免接头和机壳接触以及加强其密封性,应该对接头进行绝缘保护。一种较好的办法是采用热缩套管收缩包裹。在产品出厂时本公司作为附件按每个探头200mm长提供了一节φ8透明热缩套管,现场安装时,剪下约50mm长的一节,接好接头后,将套管套在接头处,用电吹风将其加热收缩即可。这样还能起到防止接头松动的作用。



注 意

不要用粘性的电工胶带来绝缘接头,因为油雾会溶解胶带上的粘性物而污染接头。

如果需要脱开接头,只要用刀片小心将热缩套管划开。再次联接接头则另剪一节完好的未收缩的套管套上后收缩。这种热缩套管在市场上可采购到。



注 意

划开热缩套管时,只需在金属接头处开一段口子,就可用力扯掉,这样可避免将电缆划破。





### 探头的抗腐蚀性

探头头部材料为PPS工程塑料、壳体材料为1Cr18Ni9Ti耐酸碱不锈钢、电缆外表皮为氟塑料包裹，这些材料可以抗大多数化学物质的腐蚀。但也有一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。对于探头的抗腐蚀性说明如下：

探头长期接触下列物质，探头材料和性能不会受到影响：

空气、水、润滑油、氨氢氧化物、酒精、汽油、乙醚、稀硫酸、氢氧化钠

探头不能长期接触下列物质：

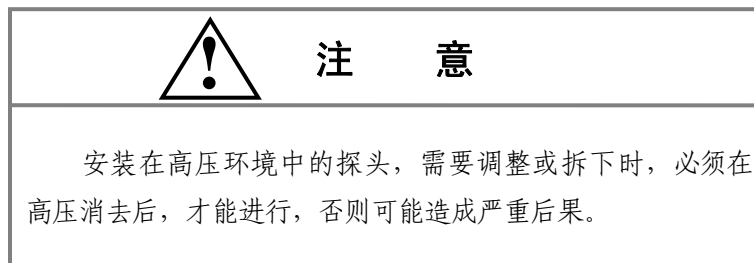
无水氨、苯甲醛、硝酸、三氯甲烷、高锰酸钾、98%硫酸

※ 如果探头的安装环境有其它对金属和工程塑料有腐蚀的化学物质时，请与本公司联系。

### 探头的高压环境

探头头部能承受12MPa的压力。如果在应用过程中由于压力过高而造成探头损坏，应该及时控制泄漏。另外，探头处在有腐蚀性物质的环境中时，探头的最大工作压力值有可能降低。

※ 由于高压造成探头损坏而导致泄露，本公司不承担责任。



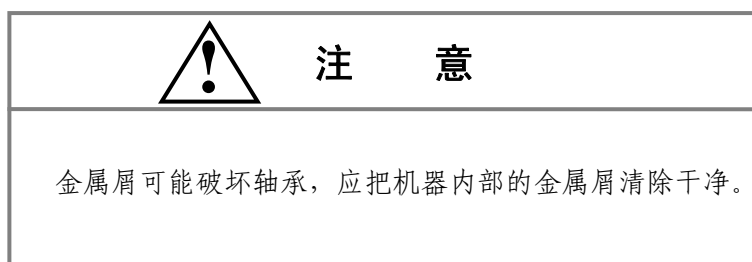
### 探头安装的一般步骤

1、根据测量部位的量程、安装空间的环境和尺寸、被测体材料等特性选定传感器，并检查传感器各部分外观是否完好、各部分是否配套(如探头直径与前置器型号中规定的配套探头直径是否一致、探头电缆长度加延伸电缆长度是否符合前置器对电缆长度的要求等)。通常成套订购的传感器，在出厂时提供有校验卡，校验卡上注明了配套校准的传感器各部分的型号、编号，可据此与产品上的标记核对。然后在传感器的探头、延伸电缆(如果有的话)、前置器上分别进行特定标记(如“1#瓦水平振动”、“轴位移”等)来说明其作用以及区分多套传感器各部分间的联接关系，电缆两端应都做标记以便在多根电缆头中进行分辨，这种标记应该能防油、防水。

2、将传感器各部分联接好，按第三章第一节校准所述通电检查传感器，若超差，则需重新校准。检查时特别要注意校准试件材料是否与被测体材料一致或者具有相近的成分，关于材料对测量的影响见被测体材料的影响。

3、如果未订购配套的安装支架，则加工合适的安装支架(参见探头安装支架选择)。外部安装探头支架较复杂，一般需订购。

4、在基座上加工支撑安装支架的螺孔，内部安装探头的支架一般都需要两个螺孔进行紧固，外部安装探头一般都是在机壳上加工通孔螺纹孔。



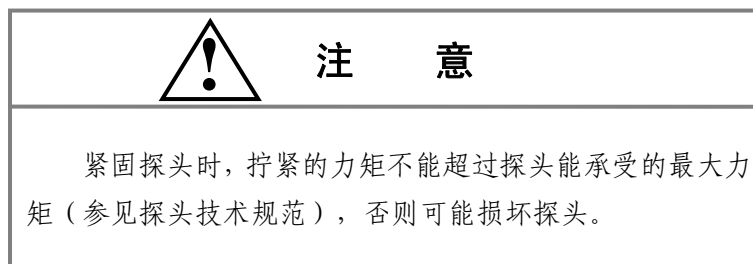


5、紧固内部安装探头支架。如果是外部安装探头，则应先将探头紧固在支架上，再将支架拧进安装螺孔内。

6、调整探头安装间隙。不同用途探头的初始安装间隙有不同的要求，参见第一章第二节传感器的典型应用关于轴的径向振动测量、轴向位移测量、鉴相器测量中的说明。关于调整的方法参见本章探头安装间隙的说明。

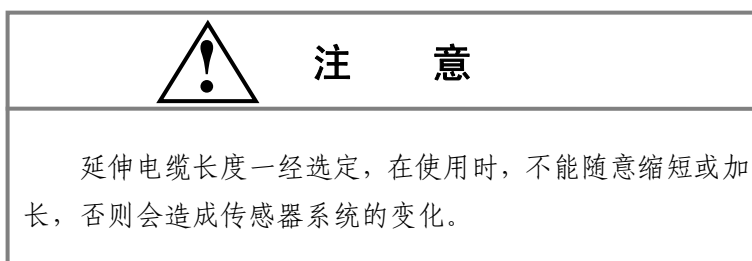
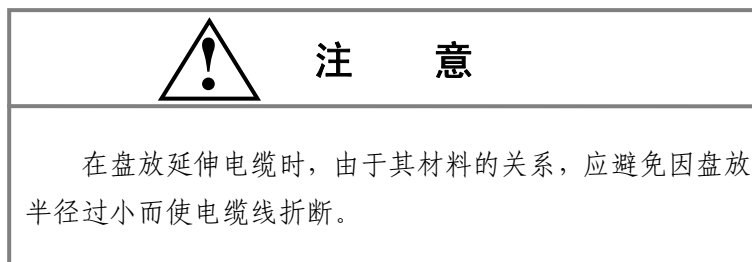
7、紧固内部安装探头，采用角钢支架则用两个螺母背紧，采用压块支架则用紧固螺栓锁紧；外部安装探头，则紧固外部安装支架。紧固螺钉、螺母都应用弹簧垫圈以防松动。（参见探头安装支架选择）

8、固定探头电缆。内部安装探头电缆，在机器内部先用电缆固定架固定，然后穿过电缆密封装置（参见探头所带电缆的安装），再拧紧电缆密封组件（多个探头共用一个电缆密封装置时，在各探头电缆都穿过来后再拧紧）；外部安装探头电缆，只需拧紧支架上的电缆密封组件。



#### 第四节 延伸电缆的安装

作为联接探头与前置器的中间部件，延伸电缆的安装应保证其在使用过程中不易受到损坏。通常采用管道铺设，否则应采用带铠装的延伸电缆。另外，应将过长的电缆线盘成直径不小于50mm的园环用绑绳扎紧后，用压片将其固定，不能随意剪断过长的电缆。

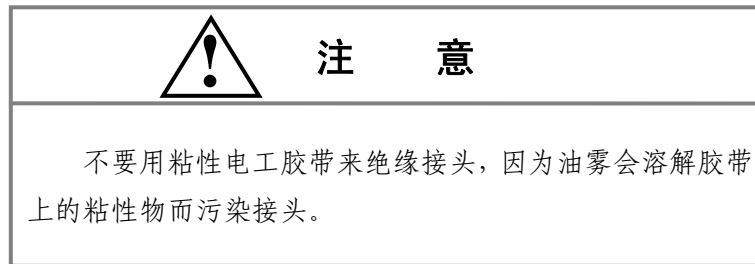


※ 在选型时，应保证延伸电缆的长度加探头电缆长度之和大于探头安装处到前置器安装处的距离，而且通常前置器都是集中安装在机器的同一侧。

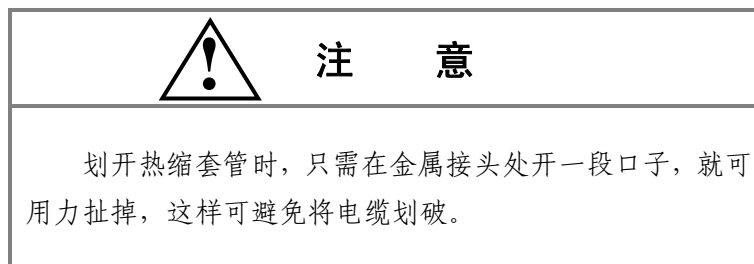


### 延伸电缆转接头的密封与绝缘

延伸电缆的外表皮是用聚塑料绝缘和密封的，探头的内部结构也已经绝缘，但是延伸电缆和探头电缆的接头是和信号“地”相接的，而且不具有密封性。由于延伸电缆转接头和探头电缆高频接头的联接处通常是悬空在接线盒里，为了避免联接处和机壳接触以及加强其密封性，应该对联接处进行绝缘保护。一种较好的办法是采用热缩套管收缩包裹。在产品出厂时本公司作为附件按每个探头200mm长提供了一节 $\phi 8$ 透明热缩套管，现场安装时，剪下约80mm长的一节，接好接头后，将套管套在接头处，用750W电吹风将其加热收缩即可。这样还能起到防止接头松动的作用。



※ 如果需要脱开接头，只要用刀片小心将热缩套管划开。再次联接接头则另剪一节完好的未收缩的套管套上后收缩。这种热缩套管在市场上可采购到。



### 铺设延伸电缆管道

为了保护电缆不易被损坏，通常采用管道铺设延伸电缆，管道设置如图2-14。

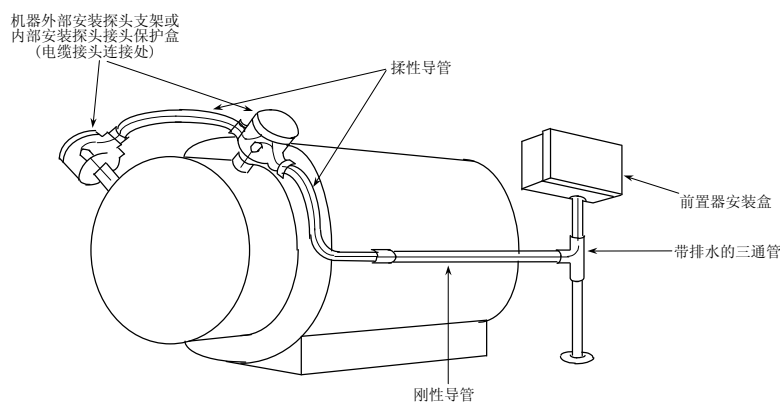


图2-14 延伸电缆管道的设置



## 延伸电缆安装的一般步骤

### 1、检查延伸电缆的长度

检查延伸电缆长度是否与探头和前置器要求配套，延伸电缆长度加上探头所带电缆长度应该与前置器要求的电缆长度一致，除非特殊规格，延伸电缆长度加上探头所带电缆长度为5m或9m。延伸电缆的长度在靠近高频接头端的产品标记中有说明(见图1-6)，详细的规定参见附录A。如延伸电缆型号标记为CWY-DO-20Y-40，表示延伸电缆长度为4m，如果与其配套的探头电缆长是1m(探头型号标记为CWY-DO-20T××-×××-×-××-××-10)，前置器要求的电缆长度是5m(前置器型号标记为CWY-DO-20Q××-50×)，则延伸电缆的长度就是正确的。如果是成套订货，通常在出厂校验单上表明了作为系统校验的探头、延伸电缆、前置器的型号和编号，对照出厂校验单上产品编号组成系统，一般不会错。

### 2、标记延伸电缆

在延伸电缆的两端分别进行特定标记(如“1#瓦水平振动”、“轴位移”等)来说明其作用以及区分多套传感器各部分间的联接关系，电缆两端应都做标记以便在多根电缆头中进行分辨，这种标记应该能防油、防水。

※ 以上两个步骤如果在进行探头安装时已经做过，则省略。

### 3、铺设延伸电缆

如果采用管道铺设则应预先将管道安装好(见图2-13)，并检查管道内应干净，无尖锐凸起或粗糙表面，以防污染和划伤电缆。将电缆穿过管道时，首先应该用橡皮套(产品出厂时每个接头都套有一个)套上需要塞进管道一端的接头(是转接头还是高频接头，视乎从管道的哪端开始塞进延伸电缆；从靠近前置器安装盒端开始，则是转接头塞入管道；从靠近探头接线盒端开始，则是高频接头塞入管道)，以保护接头不会被污染。

如果不用管道铺设，则需要选用带铠装的延伸电缆。安装时可采用线夹之类的东西将延伸电缆固定在较安全的地方，以减少电缆可能被损伤的机会。

### 4、联接延伸电缆

将延伸电缆的转接头穿到探头接线盒内，并套上一节约80mm长的 $\phi 8$ 透明热塑套管后，将延伸电缆的转接头与探头电缆高频接头联接并拧紧，把热塑套管移到联接处，使联接处两边的热塑套管长度一样，再用750W电吹风加热热塑管，使其收缩包紧接头。

## 第五节 前置器的安装

作为传感器系统的信号处理部件，前置器对工作环境的要求比探头严格得多，通常将它安装在远离危险区，其周围环境应该无腐蚀性气体、干燥、震动小，环境温度与室温相差不大。为了保证前置器工作安全可靠，有必要采用专用前置器安装盒。本公司可以为您提供具有防爆合格证的防爆安装盒和普通金属安装盒，并已按前置器安装尺寸加工好前置器安装螺孔。



前置器安装盒在使用前,应该用压缩空气加以净化,以保证盒内没有残存的液体和金属屑,否则金属屑可能会导致前置器接线端子短路。过长的探头或延伸电缆应该固定在不接触前置器的地方。

为了防止不同地电位造成的干扰,必须采用单点接地。为了屏蔽外界干扰,前置器外壳直接与系统电气相接,因此应该将前置器安装盒及安装螺钉与前置器外壳绝缘。在设计制造时前置器已增加了绝缘底板和安装螺钉绝缘套,您只须装上安装螺钉即可,不必再考虑前置器的绝缘问题。

建议把尽可能多的前置器装在同一个安装盒内,这样不仅可以减少安装费用,还可以简化电缆的铺设,便于维修检查。在同一个安装盒中安装多个前置器时,要避免前置器间相互接触,以保证前置器之间相互绝缘。

API670标准建议把前置器安装盒都安装在机器的同一侧,以便于铺设电缆和维修检查。

※ 为了满足以上要求,订货时应选用足够长的传感器系统电缆,5m电缆长度不够时,应选用9m电缆长度。

前置器的安装尺寸同美国本特利(BN)公司7200、3300系列型前置器兼容(如图2-16),由于采用了工程塑料绝缘,无需如BN公司7200系列产品要求的绝缘垫板,但如果作为产品替换,原来的绝缘垫板不会影响前置器正常工作。

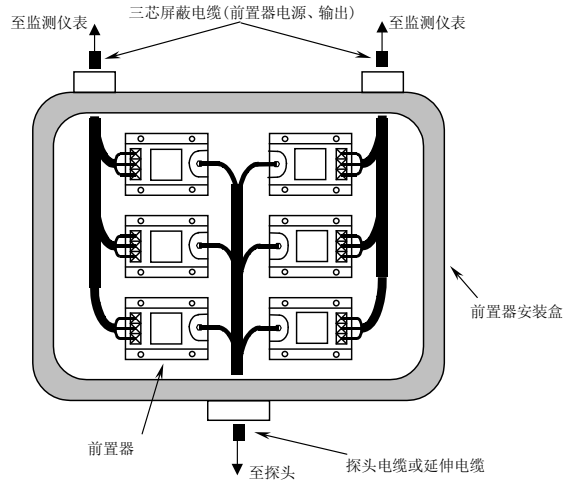


图 2-15 前置器的安装

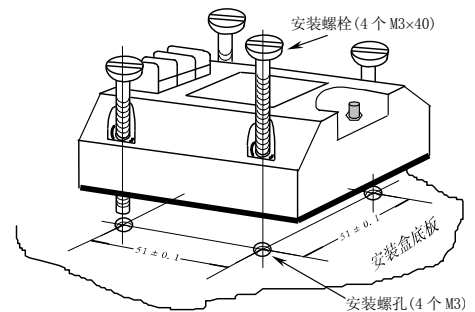


图 2-16 前置器的安装

### 第六节 系统连接

系统连接包括将传感器探头、延伸电缆(如果有的话)、前置器以及监测仪表之间的电气连接,以组成能投入工作的测量系统。探头、延伸电缆、前置器之间是通过将其标准的高频接头连接;前置器与监测仪表之间用三芯屏蔽电缆连接。通常将其中的红色线接电源(Ut端),黑色线接信号地(COM端),黄色线接信号输出(OUT端)。这种各色电线的分配是按16AG型多芯屏蔽电缆说明的,如果采用其它型号的电线的分配,将有所不同,但在接线时应该统一,以免由于混乱而接错线。屏蔽电缆的屏蔽层需在接监测仪表一端单点接信号地。系统连接如图2-17所示。

※ 前置器到监测仪表之间最长距离不得超过300m,否则信号衰减将会过大。

※ 前置器接线错误不会损坏前置器,但肯定会造成系统工作不正常。

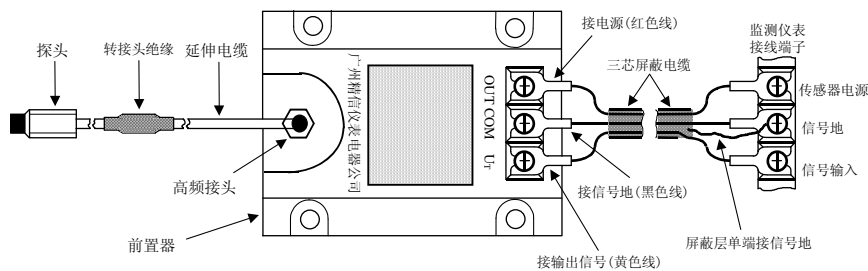


图 2-17 系统连接

### 第三章 校准与维修

本章主要说明何时该对传感器系统进行校准，以及发生故障时，如何对传感器系统进行维修。

#### 第一节 校准

##### 什么情况下应该对传感器进行重新校准？

- 传感器长期不使用达一年以上；
- 传感器连续使用两年；
- 被测体材料与出厂校准材料不符；
- 排除故障后。

##### 校准装置与设备

- 位移校准器
- 千分尺
- 数字万用表
- 直流稳压电源
- 电烙铁
- 电阻箱

※ 以上工具、设备，本公司均可提供。

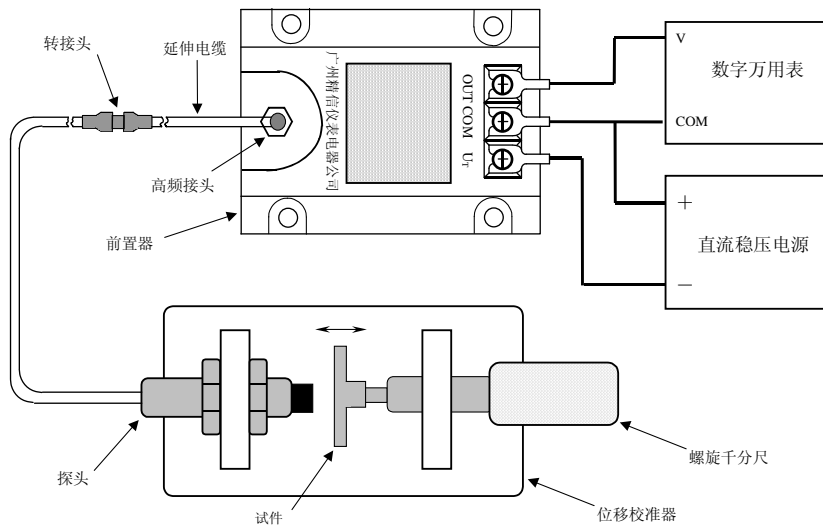


图 3-1 位移校准

##### 校准步骤

- 选择与被测体材料相同的试件，按图3-1所示安装好。
- 装好探头、千分尺（量程应大于传感器量程20%）。
- 将直流稳压电源的供电电压调到传感器系统所需电压范围。
- 分别将稳压电源、数字万用表、探头接到前置器上

!	注 意
如果有延伸电缆，一定要将延伸电缆接上，否则会导致校准结果错误。	



- 旋转千分尺调节钮，使探头与试件平面紧贴，再将探头头部与试件间距调到传感器线性起始距离。
- 打开电源，旋转千分尺调节钮，以十分之一量程为间隔，记录传感器输出电压或电流值。
- 计算传感器平均灵敏度，平均灵敏度的定义、计算方法和标准指标见附录B。
  - ◆ 如果平均灵敏度超差，应先断开供电电源，再将传感器的底盖板打开，可以见到未被灌封的调节元件，各调节元件用硅胶密封。灵敏度调节电阻位置如图3-2所示，去掉硅胶，用电烙铁焊下灵敏度调节电阻，用电阻箱代替。接通电源，调节电阻箱，依照上述步骤重新测量数据，并计算出平均灵敏度，直到平均灵敏度达到要求时为止。然后测出电阻箱的阻值，用1/4W、 $\pm 50\text{ppm}/^\circ\text{C}$ 的金属膜电阻代替电阻箱，焊接牢固并用硅胶密封。
  - ◆ 如果传感器线性起始点输出电压或电流，不符合标准特性方程(见附录B)或二次仪表的要求，可以调整零位调节电阻(其位置如图3-2所示)。
  - ◆ 如果传感器平均灵敏度和零位输出调节不到标准值或要求值，或者传感器其它指标，如非线性度等指标超差，则请联络本公司或本公司各地销售服务代理，由专业技术人员进行调节。
  - ◆ 盖上盖板。

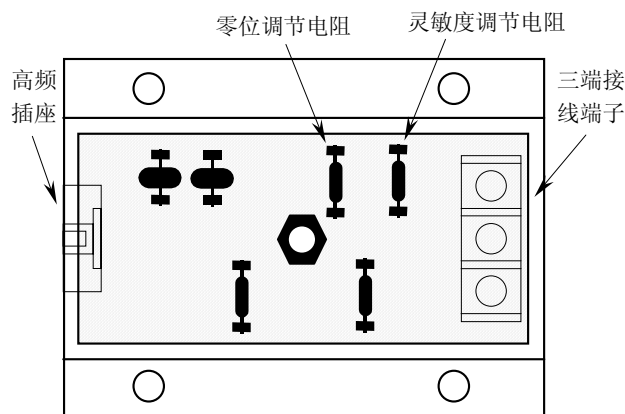


图3-2 前置器底部调节元件位置



## 注 意

除非专业技术人员，请不要调节除灵敏度调节电阻和零位调节电阻以外的其它调节元件，否则，可能造成传感器特性严重超差。

## 第二节 故障维修

传感器系统在校准或工作中出现不正常现象时，首先自行初步检查，问题严重时，请联络本公司或本公司各地销售服务代理。

### 初步检查步骤

- 系统检查

- 1) 接线端子接线是否接错；
- 2) 接线是否短路或开路；
- 3) 电源电压是否正确；
- 4) 测量仪器是否短路或开路。

- 探头检修

- 1) 探头高频插头和探头头部是否干净，如有脏物，请用无水酒精擦洗。
- 2) 延伸电缆(如果有延伸电缆的话)是否短路或开路，如有故障，应更换延伸电缆。
- 3) 检查探头是否短路或开路：先将延伸电缆脱开(如果有的话)，然后用数字万用表测量探头高频插头的插针与插头外壳间的电阻值，其正常数值应在 $2.0 \sim 7.0 \Omega$ 之间，如果电阻值很小(小于 $1.0 \Omega$ )，则说明此探头出现短路；如果测得的电阻值非常大(大于 $100 \Omega$ )，说明此探头已开路或接触不良。当发现有上述两种情况时，就得更换探头。

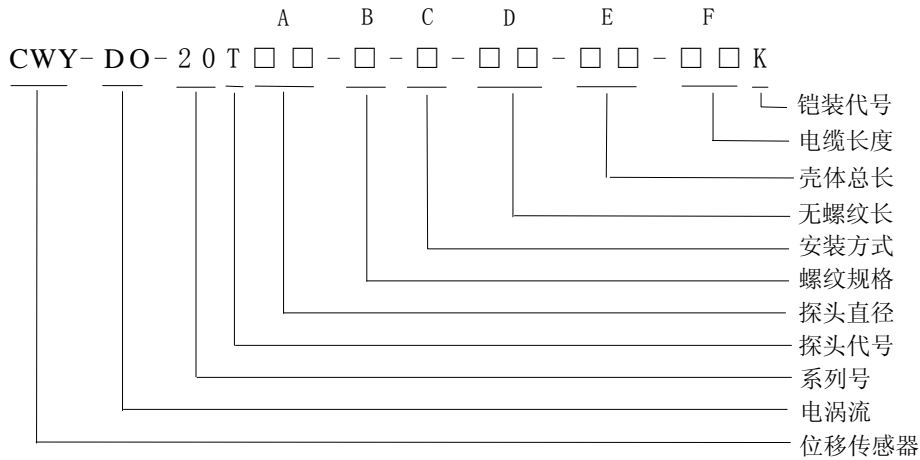
- 前置器的检修

- 1) 先检查探头和延伸电缆是否与前置器配套。如果有延伸电缆，一定要将延伸电缆接上。
- 2) 将判定完好的探头，与前置器相连。当探头头部紧靠金属导体时，前置器的输出值应该最小；当探头头部远离金属导体时，前置器的输出值应该最大。否则就可以判定此前置器已损坏，或者传感器系统接触不良，这时应该对系统进行修理或更换前置器。



## 附录A 型号命名与选型说明

### 第一节 探头型号、规格



#### A □□ 探头直径选择

探头直径	量程	头部长 度
φ 5	0 5	1mm / 5mm
φ 8	0 8	2mm / 5mm
φ 11	1 1	4mm / 11mm
φ 25	2 5	12mm / 23mm
φ 50	5 0	25mm / 37mm

#### B □ 螺纹规格选择

常用探头壳体螺纹规格

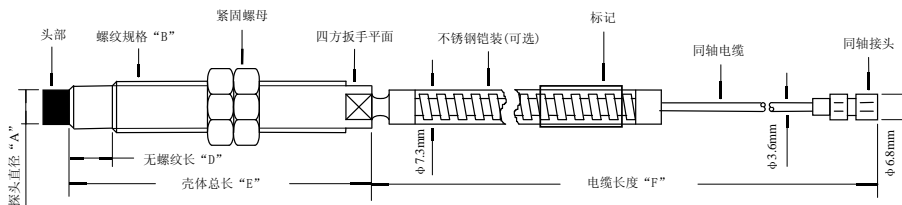
探头直径	公制螺纹	英制螺纹
φ 5	M8 × 1	1/4-28
φ 8	M10 × 1	3/8-24
φ 11	M14 × 1.5	1/2-20
φ 25	M30 × 2	1.25-12
φ 50	M14 × 1.5	1/2-20

※ 选择探头直径，应保证其线性量程大于被测体最大移动范围 20% 以上，除非被测面面积不能满足最小试件尺寸要求或安装空间限制，应该选择较大的线性量程。

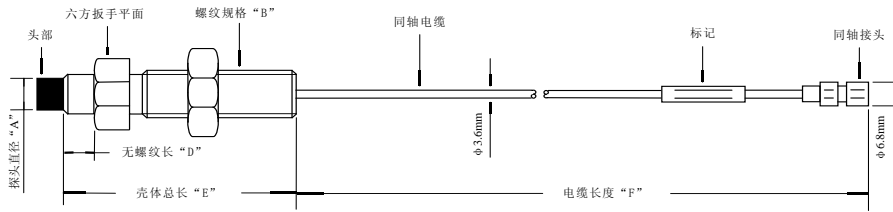
※ 螺纹规格允许有其它选择。

#### C □ 安装方式选择

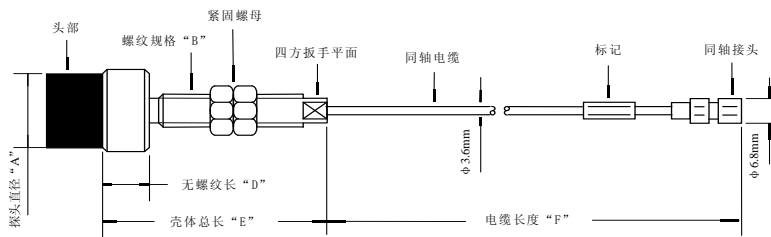
#### B 标准安装



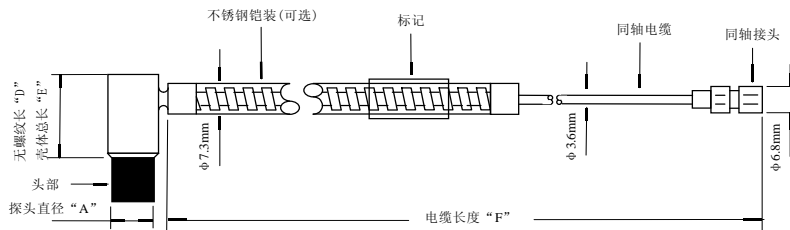
**F1** 反向安装(方式一) 通常用套筒固定于机器外



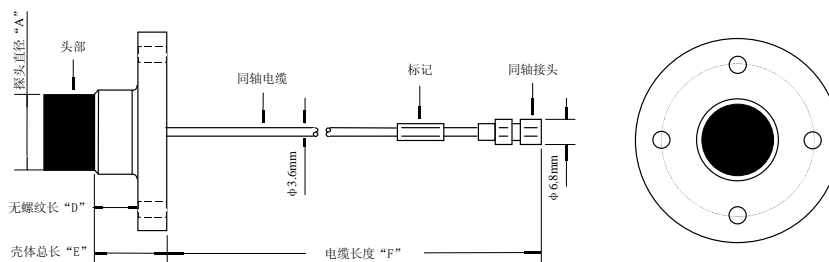
**F2** 反向安装(方式二)  $\phi 50$  探头常用方式



**C** 电缆侧出 安装轴向空间较小时选用, 通常用夹块固定



**L** 法兰安装 安装轴向空间较小时选用, 用螺栓固定



※ 除非采用机器外部安装支架安装探头或者安装空间限制, 通常选择标准安装类型的探头。

**D □□ 无螺纹长选择**

以 10mm 为单位

最小无螺纹长 0mm **0** **0**,

最大无螺纹长 250mm **2** **5**,

递增量 10mm **0** **1**

※ 探头的无螺纹部分是为了方便安装: 采用螺孔安装时, 适当长度的无螺纹部分可以减少需要旋入螺孔的长度。

**B □□ 壳体长度选择**

以 10mm 为单位

最小壳体长度 20mm **0** **2** ,

最大壳体长度 250mm **2** **5** ,

递增量 10mm **0** **1**

※ 探头壳体长度取决于安装位置与被测面的距离。

**F □□ 电缆长度选择**

**0** **5** 0.5m  
**1** **0** 1.0m

**5** **0** 5.0m  
**9** **0** 9.0m

※ 电缆长度选择应考虑被测面与前置器安装位置之间的距离。采用螺孔安装时, 建议选择 05 (0.5m)、10 (1.0m), 易于保证旋动探头时, 探头电缆与探头能一起转动, 不易扭断电缆, 而且需选用延伸电缆, 延伸电缆长度与探头总长之和为 5m 或 9m。在机器内部安装探头, 选择探头总长应保证电缆接头能处于机器外部, 以防机器内部的机油污染接头。

**K □ 铠装选择**

“K”表示电缆带铠装, 无“K”表示电缆不带铠装

※ 如果探头电缆无管道保护, 建议选择铠装探头, 以使探头电缆不易被损坏。

**选型示例**

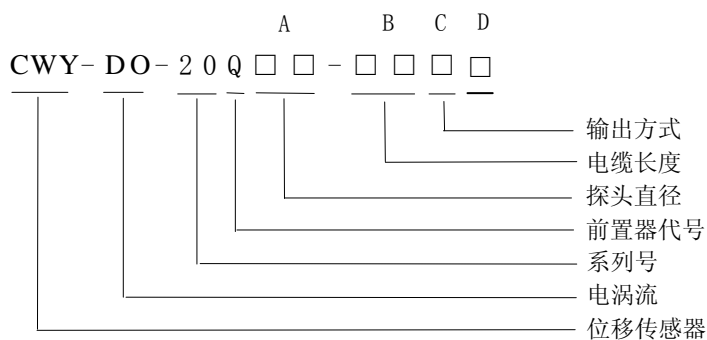
CWY-D0-20T08-M10×1-B-01-05-50

表示: 探头直径 $\phi$ 8、壳体螺纹M10×1、标准安装方式、无螺纹长10mm 壳体长度50mm、电缆长度5m、不带铠装。





## 第二节 前置器型号、规格



### A □□ 探头直径选择

0	5	配 φ5 探头,
0	8	配 φ8 探头,
1	1	配 φ11 探头,
2	5	配 φ25 探头,
5	0	配 φ50 探头;

### B □□ 电缆长度选择

5	0	5m 电缆长系统,
9	0	9m 电缆长系统;

### C □ 输出方式选择

V	-2 ~ -18V 输出 (-20Vdc ~ -26Vdc 供电)
I	4 ~ 20mA 电流输出 (+18Vdc ~ +30Vdc 供电)

Z0	2 ~ 18V 输出 (+20 Vdc ~ +30Vdc 供电)
Z1	1 ~ 5V 输出 (+12 Vdc ~ +15Vdc 供电)
Z2	0 ~ 5V 输出 (+12 Vdc ~ +15Vdc 供电)
Z3	0 ~ 10V 输出 (+12 Vdc ~ +15Vdc 供电)

S0	-5 ~ +5V 输出 (±12Vdc ~ ±15Vdc 供电)
S1	-10 ~ +10V 输出 (±12Vdc ~ ±15Vdc 供电)
S2	0 ~ 5V 输出 (±12Vdc ~ ±15Vdc 供电)
S3	0 ~ 10V 输出 (±12Vdc ~ ±15Vdc 供电)

注: 在输出方式后加 CX 表示扩展量程, X 为扩展量程, 单位 mm, 如 VC4 表示 -2 ~ -18V 输出, 扩展量程 4mm

### D □ 特殊试件选择(可选项)

此选项为可选, 以金属实际材质定义, 无此选项为标准试件材质



- ※ 前置器出厂时按 40CrMo 钢校准, 如果被测体材料不是 40CrMo 钢, 订货时应说明被测体材料, 出厂时则按指定材料校准。
- ※ 负电压输出信号与美国本特利·内华达公司 BN3300、7200 系列及德国 PHILIPS 产品兼容, 4~20mA 电流压输出信号便于输入计算机数据采集系统。

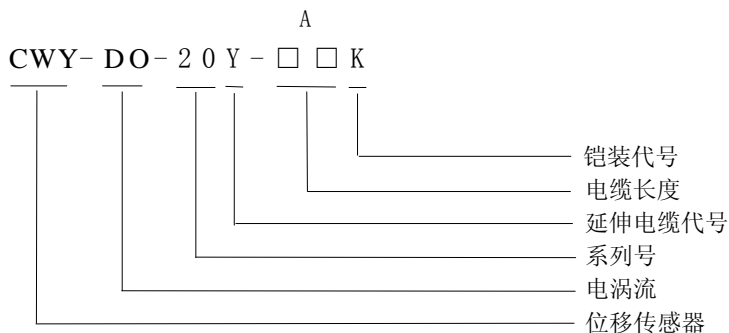
#### 选型示例

CWY-DO-20Q08-50V

表示: 配  $\phi 8$ 、5m 长电缆探头, 负电压输出 (-18Vdc ~ -26Vdc 供电)。



### 第三节 延伸电缆型号、规格



#### A □□ 电缆长度选择

4 0 4.0m,   
 4 5 4.5m,   
 8 0 8.0m,   
 8 5 8.5m

#### K 铠装选择

“K”表示电缆带铠装，无“K”表示电缆不带铠装

- ※ 作为系统的一个组成部分，延伸电缆用来联接和延长探头与前置器之间的距离，您可以对延伸电缆长度和是否需要带铠装进行选择，选择延伸电缆的长度应该使延伸电缆长度加探头电缆长度同配套前置器所要求的长度一致(5m或9m)。
- ※ 如果延伸电缆无管道保护，建议选择铠装，以防电缆容易被损坏。
- ※ 探头电缆长度选择为5m或9m时，不需另外配延伸电缆。

#### 选型示例

CWY-DO-20Y-40K

表示：电缆长度4m、带铠装。



## 附录B 技术规范

### 第一节 技术要求

#### 传感器安全可靠性能

- 探头壳体电气绝缘;
- 探头头部采用耐高低温和化学腐蚀的聚苯硫醚(PPS)注塑成形保护,线圈被严格密封;
- 探头采用机械联接的坚固结构,增强头部、壳体、电缆及铠装的连接强度;
- 电缆绝缘和护套采用耐高低温和化学腐蚀的氟塑料;
- 铠装套有耐高低温和化学腐蚀的氟塑料热缩管绝缘保护层;
- 接头有套管保护;
- 前置器底部有工程塑料板,避免由于形成地电势回路而造成系统损坏。
- 前置器外壳结构能保护高频接头及接线端子免遭碰撞损坏或松脱。
- 前置器接线错误不会导致系统损坏;
- 传感器系统本质安全型防爆,带电操作不会出现火花。

#### 技术指标

※技术指标的前提条件(有特别说明的除外):

负载  $10k\Omega$ , 被测试件材料为 40CrMo, 环境温度  $20^{\circ}\text{C}$ , 所有误差计算以标准特性方程为基准。

供电电源:

电压输出:  $-24\text{Vdc}$ ;

电流输出:  $+24\text{Vdc}$ ;

最大电流不低于  $50\text{mA}$ 。

#### 系统指标

- 线性量程、线性范围、线性中点、非线性误差、最小被测面

探头直径	线性量程 (mm)	线性范围 (mm)	线性中点 (mm)	非线性误差	最小被测面 (mm)
$\phi 5$	1	0.25 ~ 1.25	0.75	$\pm 1\%$	$\phi 15$
$\phi 8$	2	0.25 ~ 2.25	1.25	$\pm 1\%$	$\phi 20$
$\phi 11$	4	1.0 ~ 5.0	3.0	$\pm 1\%$	$\phi 30$
$\phi 25$	12	1.5 ~ 13.5	7.5	$\pm 1.5\%$	$\phi 50$
$\phi 50$	25	2.5 ~ 27.5	15	$\pm 2\%$	$\phi 100$

※非线性误差指实际输出值与理论值(按标准特性方程计算)最大误差。

- 标准特性方程(在线性范围内,标准输入输出特性曲线所满足的方程)

探头直径 输出	$\phi 5$	$\phi 8$	$\phi 11$	$\phi 25$	$\phi 50$
负电压	$U = -8 \times d$	$U = -8 \times d$	$U = -4 \times d + 2$	$U = -0.8 \times d - 0.8$	$U = -0.4 \times d - 1$
4 ~ 20mA	$I = 16 \times d$	$I = 8 \times d + 2$	$I = 4 \times d$	$I = 1.33 \times d + 2$	$I = 0.64 \times d + 2.4$

(U-前置器输出电压,单位V; I-前置器输出电流,单位mA; d-探头距试件距离,单位mm)

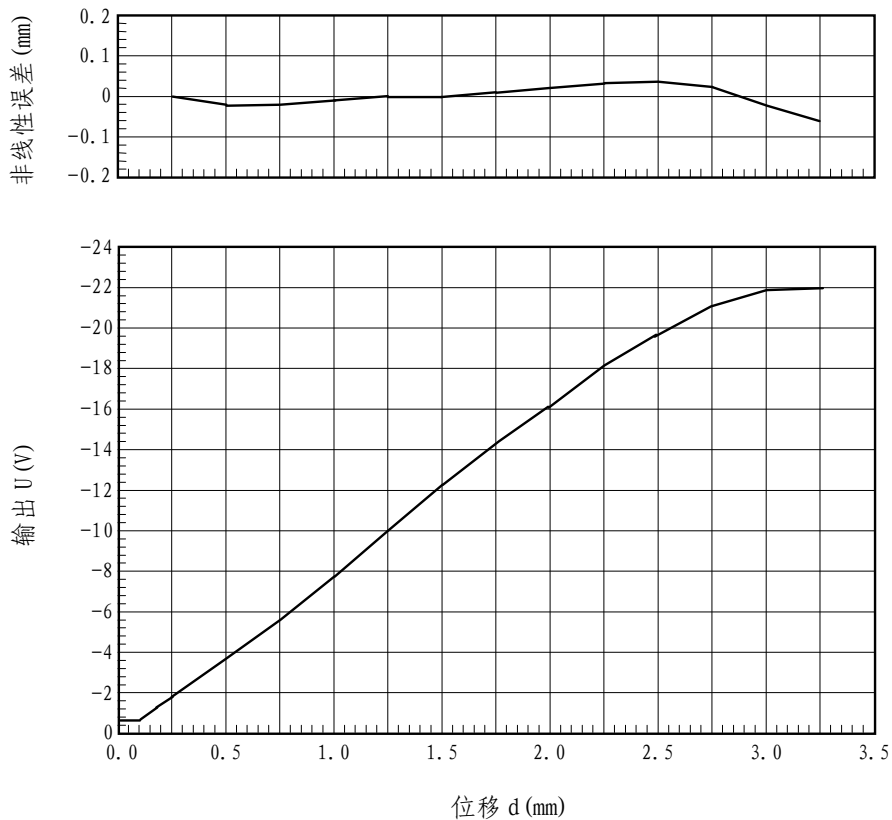
● 平均灵敏度（线性范围内输出变化除线性范围）

探头直径 \ 输出	φ 5	φ 8	φ 11	φ 25	φ 50
负电压	8V/mm	8V/mm	4V/mm	0.8V/mm	0.4V/mm
4 ~ 20mA	16mA/mm	8mA/mm	4mA/mm	1.33mA/mm	0.64mA/mm

平均灵敏度误差：≤ ± 5 %

● 纹波（测量间隙恒定时最大输出噪声峰峰值）

探头直径 \ 输出	φ 5	φ 8	φ 11	φ 25	φ 50
负电压	20mV	20mV	20mV	15mV	15mV
4 ~ 20mA	30 μ A	30 μ A	30 μ A	25 μ A	25 μ A



标准输入输出特性曲线方程为：U = -8×d

图 B-1 典型的 φ 8 探头配套电压输出前置器的传感器输入输出特性曲线 (20℃)





● 分辨率

		(μm)				
输出	探头直径	φ 5	φ 8	φ 11	φ 25	φ 50
	负电压		0.1	0.1	0.2	1.0
4~20mA		0.1	0.1	0.2	1.0	2.0

● 相邻干扰

(探头之间通过电磁场耦合, 会使传感器系统输出两探头工作频率之差的干扰信号。两相邻探头不产生相邻干扰的最小探头中心间距见表)

探头直径	(mm)		
	两平行探头	两垂直探头 (测物体为圆形)	两垂直探头 (被测物体为方形)
φ 5	40	35	23
φ 8	40	35	23
φ 11	80	70	40
φ 25	150	120	80
φ 50	200	180	150

● 长期稳定性

探头直径	φ 5	φ 8	φ 11	φ 25	φ 50
系统最大漂移量(%/年)	± 0.05	± 0.05	± 0.05	± 0.05	± 0.05

● 动态特性

整个系统为一阶系统, 时间常数  $5.25 \pm 0.25\mu\text{s}$ ,

幅频特性: 0~1kHz衰减小于1%, 10kHz衰减小于5%

相频特性: 0~1kHz相位差小于 $-10^\circ$ , 10kHz相位差小于 $-100^\circ$

0~10kHz 范围内各频率点, 对于标准幅频特性误差不超过 $\pm 5\%$ , 对于标准相频特性误差不超过 $\pm 5\%$ 。标准幅频、相频特性曲线见图。

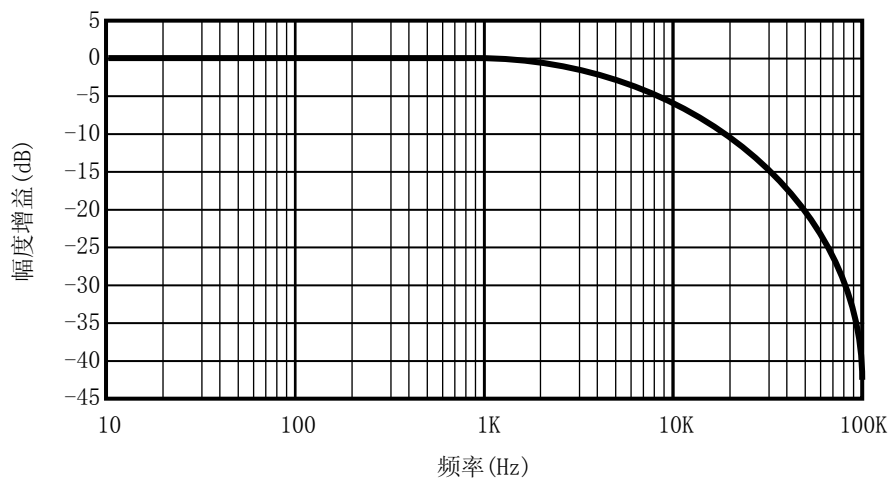


图 B-2 传感器标准幅频特性曲线



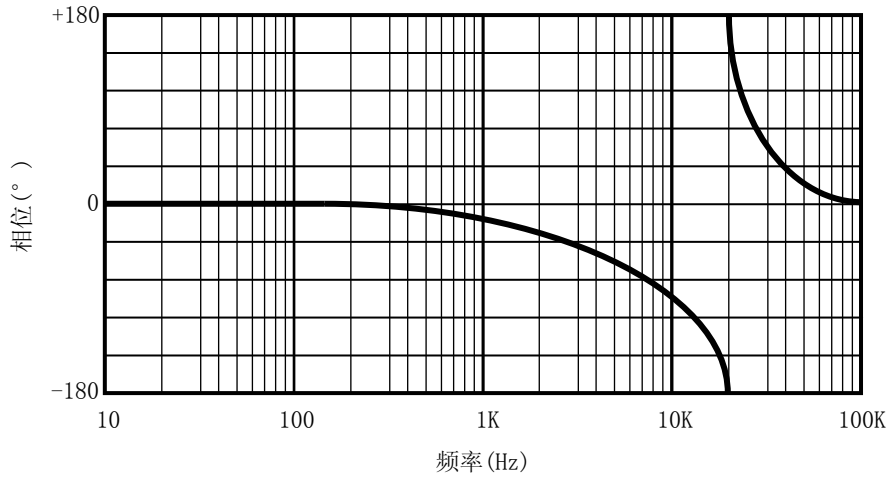


图 B-3 传感器标准相频特性曲线

**探头指标**

- 互换性误差

对于经校准的前置器以及延伸电缆, 互换同型号的探头带来的误差不大于 ± 5%。

- 额定直流电阻 (不包括电缆直流电阻)

探头直径	φ 5	φ 8	φ 11	φ 25	φ 50
探头线圈直流电阻 (Ω)	1.25	1.52	3.30	0.95	0.86

额定直流电阻误差: < ± 5%

- 探头电缆

分布电容: (50 ± 3) pF/m

芯线直流电阻: (0.30 ± 0.02) Ω/m

屏蔽层直流电阻: (0.028 ± 0.002) Ω/m

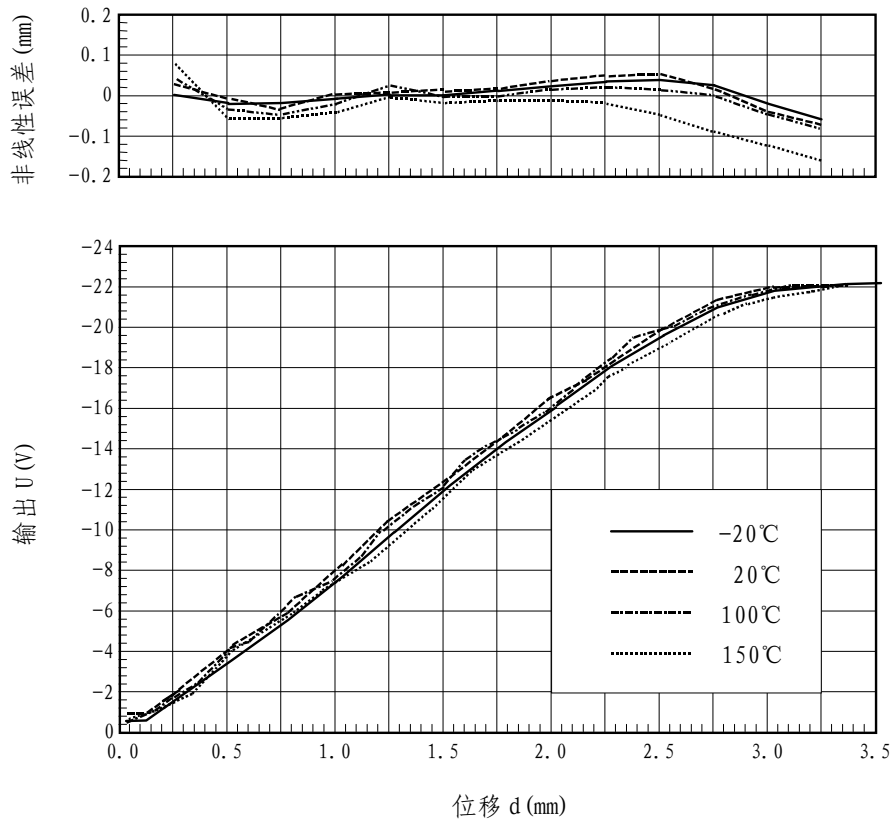
- 探头温漂

探头在 -20℃ ~ +150℃ 温度范围内, 线性中点温漂系数、平均灵敏度误差和非线性误差:

探头直径	φ 5	φ 8	φ 11	φ 25	φ 50
单点温漂系数 (/℃)	± 0.05%	± 0.05%	± 0.05%	± 0.05%	± 0.05%
全程平均灵敏度误差	± 15%	± 15%	± 15%	± 15%	± 15%
全程非线性误差	± 2%	± 3%	± 5%	± 7%	± 8%



典型探头温漂曲线见图 B-4。



标准输入输出特性曲线方程为:  $U = -8 \times d$

图 B-4 典型的  $\phi 8$  探头和 5 米长电缆配套电压输出前置器典型温度漂移

● 抗扭强度

		( Nm )				
承扭部位 \ 探头直径	$\phi 5$	$\phi 8$	$\phi 11$	$\phi 25$	$\phi 50$	
壳体额定扭矩	15	20	23	27	30	
顶部与壳体之间	0.08	0.1	0.12	0.18	0.2	
壳体与电缆之间	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
壳体和不锈钢铠装之间	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	

● 抗拉强度

		( N )				
抗拉部位 \ 探头直径	$\phi 5$	$\phi 8$	$\phi 11$	$\phi 25$	$\phi 50$	
顶部与壳体之间	20	20	20	26	30	
顶部与电缆之间	200	200	200	200	200	
壳体与接头之间	250	250	250	250	250	
壳体和铠装之间	200	200	200	200	200	



- 探头壳体与所带电缆屏蔽层之间的绝缘电阻不小于 5 MΩ。
- 抗磁场干扰：探头处于  $1.0 \times 10^3 \text{ A/m}$  50Hz 交变磁场中，输出变化的峰-峰值：  
( $\mu\text{m}$ )

探头直径	$\phi 5$	$\phi 8$	$\phi 11$	$\phi 25$	$\phi 50$
线性起点处输出变化	20	20	30	70	130
线性中点处输出变化	30	30	50	120	230
线性末点处输出变化	60	60	100	250	600

- 工作温度：探头及电缆：-50℃ ~ +170℃；
- 工作介质：空气、油、水。
- 探头最大工作压力：12Mpa。
- 防水性：将探头安装在线性中点，浸入 60℃ 水中 1 小时后，24 小时内每隔两小时读取传感器输出变化小于 1%。
- 抗化学腐蚀  
探头连续接触到下列物质后，探头性能不会受到影响：  
空气、水、润滑油、氨氢氧化物。  
连续接触下列物质，探头材料不会受到影响：  
酒精、汽油、乙醚、稀硫酸、氢氧化钠  
探头不应连续接触下列物质：  
无水氨、高压蒸汽、苯甲醛、硝酸、二氧化碳、磷（湿的）、  
三氯甲烷、高锰酸钾、二氧化硫、98%硫酸、盐酸

### 前置器指标

- 互换性误差：对于标准的探头以及延伸电缆，互换同型号的前置器带来的误差不大于  $\pm 5\%$ 。
- 供电电源影响：供电电源每变化 1V，输出变化不超过  $\pm 0.02\%$ 。
- 功耗：前置器消耗电流不大于 12mA（不包括输出电流）。
- 输出负载能力
  - 1) 电压输出：输出阻抗不大于  $10\Omega$ ，最大输出电流 40mA，最大驱动信号电缆长度 300m。
  - 2) 4~20 电流输出：最大负载电阻不小于  $750\Omega$ ，带最大负载电阻时输出变化-1%。
  - 3) 输出信号电缆长度对输出信号的影响见图 B-5。

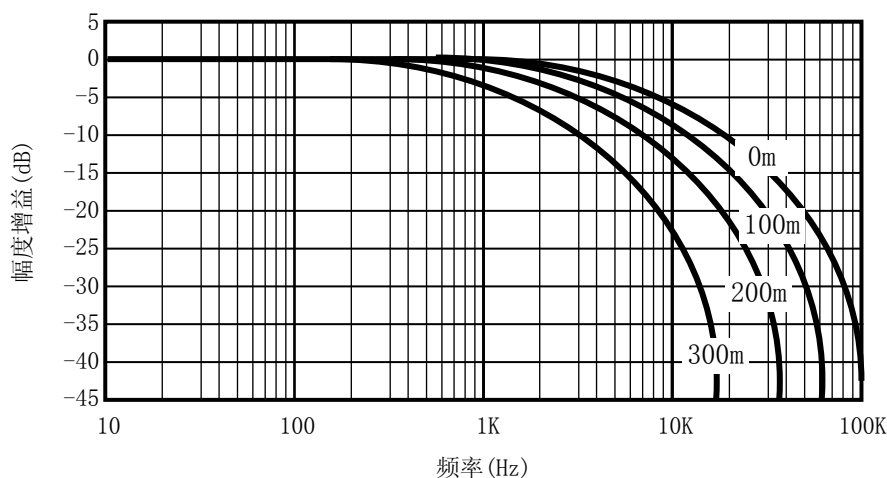


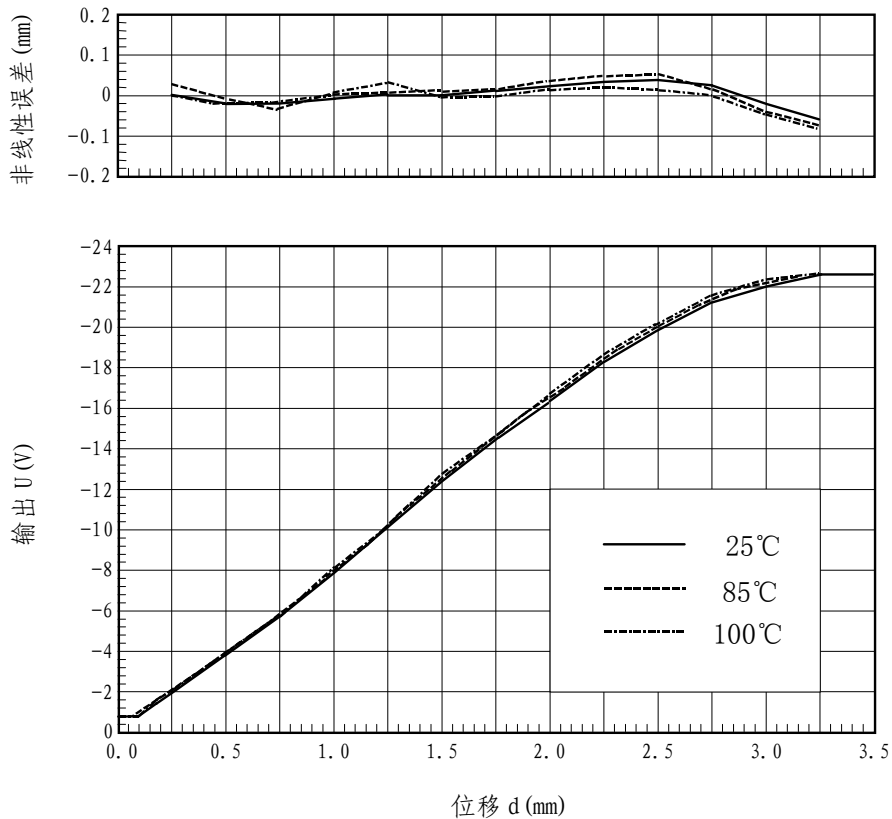
图 B-5 信号电缆对系统幅频特性的影响

● 前置器温漂

前置器在 0℃ ~ +100℃ 温度范围内，线性中点温漂系数、平均灵敏度误差和非线性误差：

探头直径	φ 5	φ 8	φ 11	φ 25	φ 50
单点温漂系数 (/℃)	± 0.05%	± 0.05%	± 0.05%	± 0.05%	± 0.05%
全程平均灵敏度误差	± 15%	± 15%	± 15%	± 15%	± 15%
全程非线性误差	± 2%	± 3%	± 5%	± 7%	± 8%

典型的前置器温漂曲线见图 B-6。



标准输入输出特性曲线方程为：U = -8×d

图 B-6 典型的电压输出前置器配套 φ 8 探头温度漂移

● 抗磁场干扰：前置器处于  $1.0 \times 10^3 \text{ A/m}$  50Hz 交变磁场中，输出变化的峰-峰值：  
(μm)

探头直径	φ 5	φ 8	φ 11	φ 25	φ 50
线性起点处输出变化	2	2	3	7	13
线性中点处输出变化	3	3	5	12	23
线性末点处输出变化	6	6	10	25	60

● 对错误接线反应：

当温度在 70℃ 以下时，前置器供电电源接反，长时间不会对前置器有影响；输出端与电源线接反，在 0.1 小时内不会导致系统损坏；输出端与地线接反，在 1 小时内不会导致系统损坏。





- 对 40CrMo 钢 (标准出厂校准材料) 以外的被测体材料的附加误差
  - 1) 对于下列材料, 附加灵敏度误差在  $\pm 5\%$  之内:  
35 号钢    30CrNi3    40CrNiMoA    45 号钢    37CrNi3    20CrNiMo  
Cr17Ni4Nb
  - 2) 对于下列材料, 附加灵敏度误差在  $\pm 7.5\%$  之内:  
30CrMo    40CrNi    12CrNi3    70 号钢    65 号钢    40 号钢    30 号钢  
20 号钢  
15CrMo    0Cr17Ni7Al    0Cr17Ni4Cu4Nb
  - 3) 对于下列材料, 附加灵敏度误差在  $\pm 10\%$  之内:  
1Cr12    2Cr13    SIS2324
  - 4) 对于下列材料, 附加灵敏度误差在  $\pm 30\%$  之内:  
0Cr18Ni9    GH4169    GH901    GH625
- 前置器壳体与绝缘底板之间的直流绝缘电阻不小于  $10M\Omega$ 。
- 工作环境:  
温度:  $-50^{\circ}\text{C} \sim +120^{\circ}\text{C}$ 。  
相对湿度: 95%不冷凝。

### 延伸电缆指标

- 互换性误差  
对于经校准的探头以及前置器, 互换同型号的延伸电缆带来的误差不大于  $\pm 5\%$
- 额定直流电阻  
芯线:  $(0.30 \pm 0.02) \Omega/\text{m}$   
屏蔽层:  $(0.028 \pm 0.002) \Omega/\text{m}$
- 电容为  $(50 \pm 3) \text{pF}/\text{m}$
- 抗磁场干扰  
延伸电缆处于  $1.0 \times 10^3 \text{A}/\text{m}$  50Hz 交变磁场中, 输出变化的峰-峰值:

探头直径	( $\mu\text{m}$ )				
	$\phi 5$	$\phi 8$	$\phi 11$	$\phi 25$	$\phi 50$
线性起点处输出变化	1	1	1	2	3
线性中点处输出变化	1	1	1	3	6
线性末点处输出变化	2	2	3	6	15

### 外观

- 传感器探头壳体表面应光洁, 不得有伤痕。
- 电缆要完好无损。
- 接头要清洁并且连接可靠。
- 铠装不得显现油污。
- 螺母不得有毛刺。
- 前置器表面喷镀层不得有剥落和伤痕, 紧固件不得松动。



## 第二节 技术指标测试方法

### 测试设备

(1) 直流稳压电源	稳定度 $\pm 0.05\%$
(2) 校准仪 TK-3	精度 $\pm 1\%$
(3) 数字万用表	精度 $\pm 0.01\%$
(4) 千分表	精度 $\pm 0.1\%$
(5) 百分表	精度 $\pm 1\%$
(6) 振动台	精度 $\pm 2\%$
(7) 示波器	精度 $\pm 5\%$
(8) 兆欧表	量程 $500\text{M}\Omega$ 、 $1\text{kV}$ 、精度 $5\%$
(9) 高温箱	室温 $\sim 200^\circ\text{C}$
(10) 高低温箱	$-50^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$
(11) 调温调湿箱	室温 $\sim 80^\circ\text{C}$ ，湿度 $<98\%$
(12) 恒温水槽	室温 $\sim 70^\circ\text{C}$
(13) 冷冻柜	室温 $\sim -25^\circ\text{C}$
(14) 阻抗分析仪	$1\text{Hz} \sim 1\text{MHz}$
(15) 40CrMo 试件	表面粗糙度 $Ra6.3$
(16) 磁场传感器	
(17) 信号发生器	
(18) 磁场试验装置	

### 除有特殊要求外均按下列环境要求作试验

温度:	$22 \pm 5^\circ\text{C}$
相对湿度:	$(65 \pm 15)\%$
大气压力:	$8.6 \times 10^4\text{Pa} \sim 1.06 \times 10^5\text{Pa}$

无电磁干扰及影响仪器正常工作的机械振动。

### 传感器测试

下述试验中的测量及计算以电压输出方式的传感器为例，电流输出方式的传感器类同。

#### • 输出特性试验

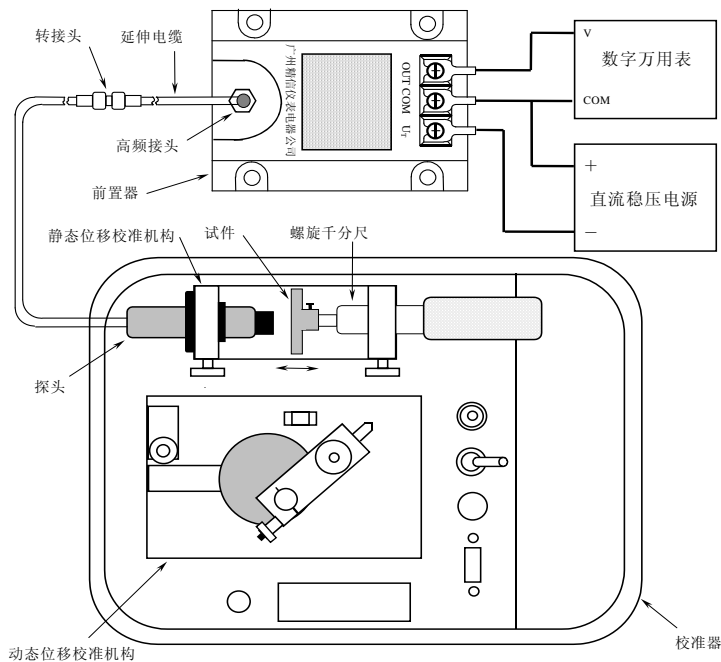


图 B-7 传感器输出特性试验

- 1) 将传感器按图 B-7 方式装在静态位移校准机构上。
- 2) 以十分之一量程为间隔, 从线性起点开始测量传感器输出电压, 并绘制输入输出特性曲线。传感器典型输入输出特性曲线见图 B-1。
- 3) 平均灵敏度

用两点法按下式计算:

$$S = \frac{U_2 - U_1}{L_N} \quad (\text{V/mm}) \dots\dots\dots (1)$$

式中:  $U_1$ —线性起点输出电压值 (V);  
 $U_2$ —线性末点输出电压值 (V);  
 $L_N$ —线性量程 (mm);  
 $S$ —平均灵敏度 (V/mm)。

灵敏度偏差

$$\Delta S = \frac{S - S_s}{S_s} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

式中:  $S_s$ —标准灵敏度;

- 4) 非线性误差

$$\Delta = \max[|U_i - U_{si}|] / S_s \quad (\text{mm}) \dots\dots\dots (3)$$

非线性度

$$\delta = \frac{\max[|U_i - U_{si}|]}{U_N} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中:  $U_i$ —第  $i$  点输出电压 (V);  
 $U_{si}$ —第  $i$  点理论电压值 (V);  
 $S_s$ —标准灵敏度 (V/mm);  
 $\Delta$ —非线性误差 (mm);  
 $U_N$ —理论输出电压量程 (V);  
 $\delta$ —非线性度。

#### • 纹波试验

纹波试验在静态位移校准器上进行, 分别将传感器置于线性起点、中点及末点上, 用示波器测出其纹波峰-峰值。

#### • 分辨力试验

- 1) 分辨力试验在静态位移校准器上进行, 在线性量程的 10%、50% 和 90% 三点上进行测量。
- 2) 分别在三个测量点上缓慢增加位移, 直到刚好可察觉输出电压的最小变化, 记下位移量。
- 3) 分别在三个测量点上缓慢减少位移, 直到刚好可察觉输出电压的最小变化, 记下位移量。
- 4) 在每个测量点上至少测量 3 个循环, 取其最大示值为传感器分辨力。

#### • 互换性试验

- 1) 探头互换性试验

试验 10 支同型号、规格探头, 将每个探头分别配标准前置器和延伸电缆, 按前述方式进行输出特性试验, 计算灵敏度误差和非线性误差。

- 2) 前置器互换性试验

试验 10 只同型号、规格前置器, 将每个前置器分别配标准探头和延伸电缆, 按前述方式进行输出特性试验, 计算灵敏度误差和非线性误差。

- 3) 延伸电缆互换性试验



试验 10 根同型号、规格延伸电缆，将每个延伸电缆分别配标准探头和前置器，按前述方式进行输出特性试验，计算灵敏度误差和非线性误差。

- 动态特性试验

- 1) 用校准仪进行动态特性试验

将传感器探头固定在动态位移校准机构上(如图 B-8)，安装在线性中点，测量频率从 1~200Hz (50~1200rpm) 时的输出峰-峰值，作出幅频特性曲线。

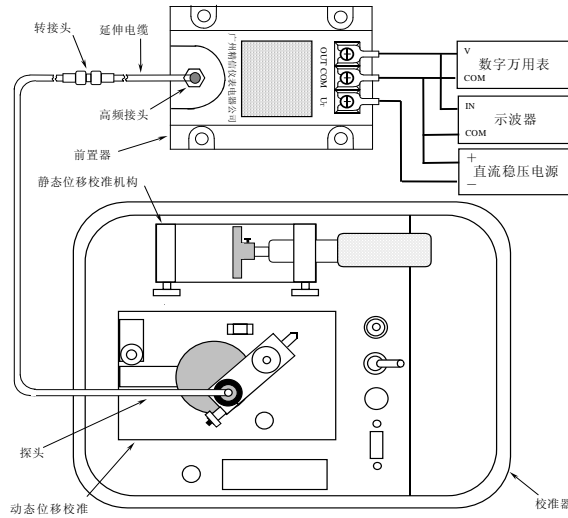


图 B-8 用校准仪进行动态特性试验

- 2) 用振动台进行动态特性试验

将传感器探头固定在振动标准台上(如图 B-9)，安装在线性中点，测量频率从 1Hz~10kHz 时的输出峰-峰值，作出幅频特性曲线。

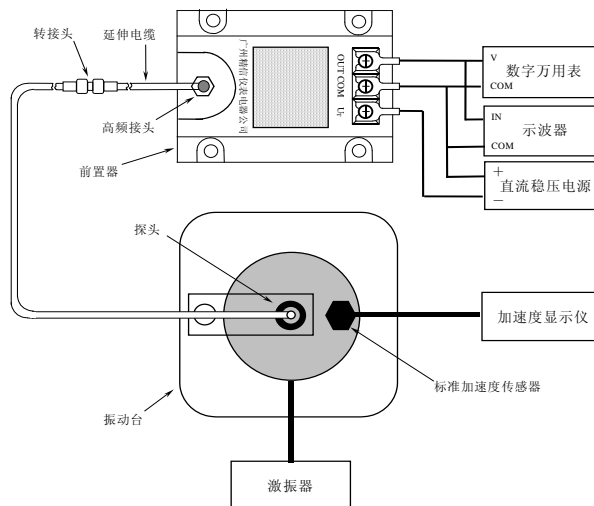


图 B-9 用振动台进行动态特性试验

- 稳定度试验

- 1) 稳定度

保持环境温度 20℃，在测量量程内任选一点，每隔 2 小时测量一次，连续测量 24 小时，共读取 13 个数据。



$$S_t = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_N} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

式中:  $U_{\max}$ —24小时内读取的最大电压值(V);  
 $U_{\min}$ —24小时内读取的最小电压值(V);  
 $U_N$ —理论输出电压量程(V)。

## 2) 长期稳定度

保持环境温度 20℃, 在测量量程内任选一点, 每隔 2 天测量一次, 连续测量 30 天, 共读取 16 个数。

$$S_t = \frac{U_{\max} - U_{\min}}{U_N} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中:  $U_{\max}$ —30天内读取的最大电压值(V);  
 $U_{\min}$ —30天内读取的最小电压值(V);  
 $U_N$ —理论输出电压量程(V)。

## • 温漂试验

### 1) 探头中点温漂试验

(1) 将探头安装在线性中点, 置于高低温箱内, 温箱温度以室温为基准, 每次升或降低 20℃, 直至额定上限或额定下限, 各点保温半小时后, 读取输出值。

(2) 探头温漂系数

$$\delta_t = \max\left[\frac{|U_2 - U_1|}{\Delta T L_N S_s} \times 100\%\right] \dots\dots\dots (7)$$

式中:  $U_2$ —升降温度的输出电压(V);  
 $U_1$ —常温下的输出电压(V);  
 $L_N$ —传感器量程(mm);  
 $S_s$ —标准灵敏度(V/mm);  
 $\Delta T$ —探头的试验温度范围(℃);  
 $\delta_t$ —温漂系数(%/℃)。

(3) 灵敏度误差为各温度下的灵敏度与标准灵敏度之差。

(4) 非线性误差为各温度下的测量位移结果与标准特性方程确定的位移量之差。

### 2) 前置器中点温漂试验

(1) 将探头安装在线性中点, 将前置器置于高低温箱内, 温箱温度以室温为基准, 每次升高或降低 20℃, 直至额定上限或额定下限, 各点保温半小时以后, 读取输出值。

(2) 前置器温漂系数

$$\delta_t = \max\left[\frac{|U_2 - U_1|}{\Delta T L_N S_s} \times 100\%\right] \dots\dots\dots (8)$$

式中:  $U_2$ —升降温度的输出电压(V);  
 $U_1$ —常温下的输出电压(V);  
 $L_N$ —传感器量程(mm);  
 $S_s$ —标准灵敏度(V/mm);  
 $\Delta T$ —探头的试验温度范围(℃);  
 $\delta_t$ —温漂系数(1/℃)。

(3) 灵敏度误差为各温度下的灵敏度与标准灵敏度之差。

(4) 非线性误差为各温度下的测量位移结果与标准特性方程确定的位移量之差。





### 3) 探头全程温漂试验

- (1) 将探头置于高低温箱内, 安装在校验台上, 温箱温度以室温为基准, 每次升高或降低 20℃, 直至额定上限或额定下限, 各点保温半小时以后, 读取各个位移下的输出电压, 作出该温度下的输入输出曲线。
- (3) 灵敏度误差为各温度下的灵敏度与标准灵敏度之差。
- (4) 非线性误差为各温度下的测量位移结果与标准特性方程确定的位移量之差。

### 4) 前置器全程温漂试验

- (1) 将前置器置于高低温箱内, 探头安装在常温(20℃)环境下, 温箱温度以室温为基准, 每次升高或降低 20℃, 直至额定上限或额定下限, 各点保温半小时以后, 读取各个位移下的输出电压, 作出该温度下的输入输出曲线。
- (2) 计算不同温度下, 各个位移对应的灵敏度误差及非线性误差, 并作出灵敏度误差和非线性误差的温度曲线。
- (3) 灵敏度误差为各温度下的灵敏度与标准灵敏度之差。
- (4) 非线性误差为各温度下的测量位移结果与标准特性方程确定的位移量之差。

### • 绝缘试验

- 1) 用兆欧表测量探头壳体与电缆屏蔽层(或高频接头的外表面)的绝缘电阻。
- 2) 用兆欧表测量前置器外壳与前置器绝缘底板之间的绝缘电阻。

### • 湿度试验

- 1) 将前置器放在 40℃、相对湿度为 85% 的湿度试验箱内,
- 2) 一小时后, 每隔两小时记录传感器输出值, 共试验 24 小时。
- 3) 传感器的输出变化应不超过 1%。

### • 探头浸泡试验

- 1) 将探头安装在线性中点, 和试件一起放入 60℃ 的水中。
- 2) 一小时后, 每隔两小时记录传感器输出值, 共试验 24 小时。
- 3) 传感器的输出变化应不超过 1%。

### • 压力试验

将 12MPa 的油压加在探头上, 持续半小时, 再进行输出特性试验。

### • 振动试验

- 1) 将传感器固定在试验台上。
- 2) 振动试验振幅为 0.19mm, 频率为 55Hz, 时间为 20 分钟。
- 3) 试验后检查各零部件, 应无松动、损坏及其它有害变形, 并进行输出特性试验。

### • 冲击试验

- 1) 将传感器固定在试验台上。
- 2) 冲击试验加速度为 980m/s<sup>2</sup>
- 3) 试验后检查各零部件, 应无松动、损坏及其它有害变形, 并进行输出特性试验。

### • 抗扭试验



- 1) 将传感器固定在试验台上。
- 2) 对探头试验部位施加扭矩，缓慢增加扭力，直至试验部位损坏。
- 3) 损坏时的扭矩值应不低于规定值。

- *抗拉试验*

- 1) 将传感器固定有试验台上。
- 2) 对探头试验部位施加拉力，缓慢增加拉力，直至试验部位损坏。
- 3) 损坏时的拉力值应不低于规定值。

