

振动测量仪表的原理，构成，安装及故障处理

-本特利传感器系统

一、 旋转机械的状态特征参量

常见的旋转机械有压缩机、汽轮机、电动机、发电机、泵等。它们都是由转动部件和非转动部件构成的，转动部件包括转子及与转子连接的联轴器、齿轮等；非转动部件包括各类轴承、轴承座、机壳以及基座等。当设备发生异常或出现故障时，一般情况下其振动情况都会发生变化，如振动幅值变化、振动频率变化、振动相位变化等。因此表征旋转机械的状态特征参量以振动参数为主，同时还会有温度、压力等工艺参数及电压、电流等电量参数。

下面结合淮安工厂的机组现状来讲一些表征旋转机械的状态特征的参数：

1. 振幅

也就是振动的幅值。振幅是描述振动大小的一个重要参数。运行正常的设备，其振动幅值通常稳定在一个允许的范围内，如果振幅提高变化，便意味着设备的状态有了改变。因此可以用来判断设备的运行状态。

2. 转速

旋转机械的转速变化与设备的运行状态有着非常密切的关系，它不仅表明了设备的负荷，而且当设备发生故障时，通常转速也会有相应的变化。例如当离心式压缩机组发生喘振时，转速会有大幅度的波动：当转子与静止件发生碰磨时，转速也会表现得不稳定。因此，转速通常是设备状态监测与故障诊断中比较重要的参数。

3. 轴位移

轴向位置是止推盘和止推轴承之间的相对位置。因为转子系统动静件之

间的轴向摩擦是旋转机械常见的故障之一，同时也是最严重的故障之一，所以轴位移也是最重要的参量之一。对轴位移的监测是为了防止转子系统动静件之间摩擦故障的发生。除些之外，当机器的负荷或机器的状态发生变化时，例如压缩机组喘振时，轴向位置会发生变化。因此轴向位置的监测可以为判断设备的负荷状态的冲击状态提供必要的信息。

4. 温度、压力与流量等工艺参数

4-1. 轴承温度

轴承温度是指示轴承状态和负荷变化的最敏感的参数，一般在大型旋转机械多采用滑动轴承，即轴瓦。过高的轴承温度表示正常的工作状态受到破坏，可能是超负荷、配合间隙不当，或者润滑不良，润滑油不符合要求等。同时轴承润滑油的温度并不能代表轴承轴瓦本身的温度来指示轴承状态和性能，因为轴承本身的温度比润滑油的温度一般来说要高十几度，因此，轴承轴瓦温度的测量应尽量选择将测温传感器直接埋入轴承中的方式。

4-2. 轴承润滑油温度

油温改变会导致润滑油的动力粘度改变，将对转子振动产生影响。提高油温、动力粘度下降，对油膜稳定有好处；但是随着动力粘度的下降，阻尼也随着下降，会加剧振动。当故障表现为油膜失稳时，提高油温、降低粘度是有好处的；当故障是其他因素造成时，则降低油温、提高动力粘度，从而增大阻尼，可能有利于故障的排除。因此要对油温进行监测，使之控制在适当的范围内。

4-3. 压力、流量

大家知道，离心式压缩机喘振故障是压缩机最危险的故障之一。产生喘振

的原因有很多种，但主要的原因是压缩机流量太小，使压缩机不能正常工作，气体打不出去，导致出口管网中的高压气体倒流的压缩机内。其最明显的特点是压缩机进、出口的流量和压力出现大幅度的波动，此时对压力、流量的监测非常有助于判明故障原因。

5. 电流、电压等电量参数

因为电流、电压等电量参数直接表征了设备的运行状态，对设备故障诊断也十分有用，所有对电流、电压的监测也非常重要。例如：当压缩机的转动部件与静止部件之间发生摩擦时，电流会发生变化。

二、振动测量

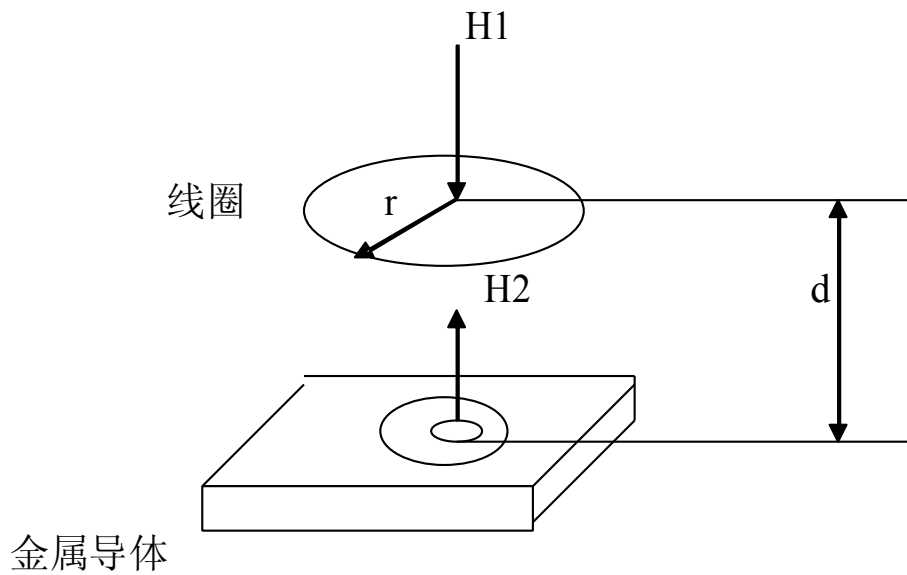
在对转轴振动测量仪器中，电涡流传感器使用最广泛。

世界上第一支电涡流传感器是由美国 Doald E.Bently 于 1954 年研究并应用于工业生产的。

1. 工作原理

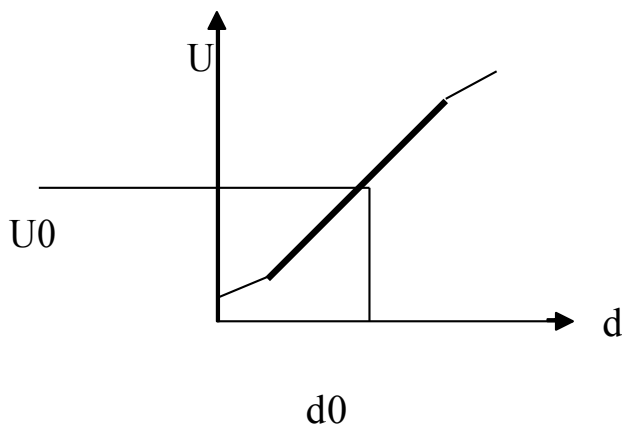
电涡流传感器的工作原理是电涡流效应。当接通传感器系统电源时，在前置器内会产生一个高频电流信号，该信号通过电缆送到探头的头部，在头部周围产生的交变磁场 H_1 。如果在磁场 H_1 的范围内没有金属导体材料靠近，则发射到这一范围内的能量全部被释放；反之，如果有金属导体材料靠近探头头部，则交变磁场 H_1 将在导体表面产生电涡流场，该电涡流场也会产生一个方向与 H_1 相反的交变磁场 H_2 。由于 H_2 的反作用，就会改变探头头部线圈高频电流的幅度和相位，即改变了线圈的有效阻抗。线圈的阻抗可用以下函数表示：

$Z=F$ （金属导体的磁导率，电导率，线圈尺寸 r ，线圈与金属导体的距离 d ，线圈激励电流强度 I ，线圈激励电流频率 f ）



对于特定的传感器，线圈尺寸 r ，线圈激励电流强度 I ，线圈激励电流频率 f 恒定不变；对于的测试对象，比如说轴，金属导体的磁导率，电导率恒定不变，那么线圈的阻抗 Z 就成为距离 d 的单值函数。

在实际应用中，通常将线圈封装在探头中，线圈阻抗的变化通过封装在前置器中的电子线路处理成电压或电流的输出。



从上图可以看出，该曲线呈 S 形，那在线性区中点 d_0 处（对应输出电压 U_0 ）线性最好。通常我们在安装探头时，也把这一点作为我们的安装电压。

前置器的原理在此略去不提。

2. 系统构成

典型的电涡流传感器系统主要包括传感器（也称探头）、延伸电缆和前置器

三大部分。根据使用场合不同，也有探头和延伸电缆一体的。

2-1. 探头

一套典型的探头通常由线圈、头部、壳体、高频电缆、高频接头组成。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。

传感器采用经过特殊处理的聚苯撑硫，通过“二次注塑”线圈密封在其中。这样就增强了探头头部的强度和密封性，可以在恶劣的环境下可靠工作。**(尽管如此，探头头部也是系统一个弱点，比较易碎，在使用时要小心)**头部直径取决于其内部的线圈的直径，由于线圈直径决定传感器系统基本性能---线性量程，因此通常用头部直径来分类和表征各型号的探头，一般传感器线性量程大致是探头头部直径的 1/4~1/2。常用的有 5mm,8mm,11mm,25mm 几种

介绍实物

型号：330905-00-12-10-02-05（空压机探头）

330905-00-25-05-02-05（循环氮压机探头）

3300 NSv™ Proximity Probes, 330905 3300 NSv Probe, M10 x 1 thread, without armor

Number-AXX-BXX-CXX-DXX-EXX Option Descriptions

A: Unthreaded Length Option (无螺纹长度选项)

Note: Unthreaded length must be at least 20 mm less than the case length

. Order in increments of 10 mm.

Length configuration:

Maximum unthreaded length: 230

Minimum unthreaded length: 0 mm

Example: 0 6 = 60 mm

B: Overall Case Length Option (壳体长度选项)

Order in increments of 10 mm.

Metric thread configurations:

Maximum length: 250 mm

Minimum length: 20 mm

Example: 0 6 = 60 mm

C: Total Length Option (总长度选项)

0 5 0.5 metre (20 in)

5 0 5.0 metres (16.4 feet)

7 0 7.0 metres (23.0 feet)

D: Connector and Cable-Type Option (连接器及电缆类型选项)

0 1 Miniature coaxial ClickLoc connector with connector protector, standard cable

0 2 Miniature coaxial ClickLoc connector, standard cable

1 1 Miniature coaxial ClickLoc connector with connector protector, FluidLoc[®] cable

1 2 Miniature coaxial ClickLoc connector, FluidLoc[®] cable

E: Agency Approval Option (认证选项)

0 0 Not required

0 5 Multiple Approvals

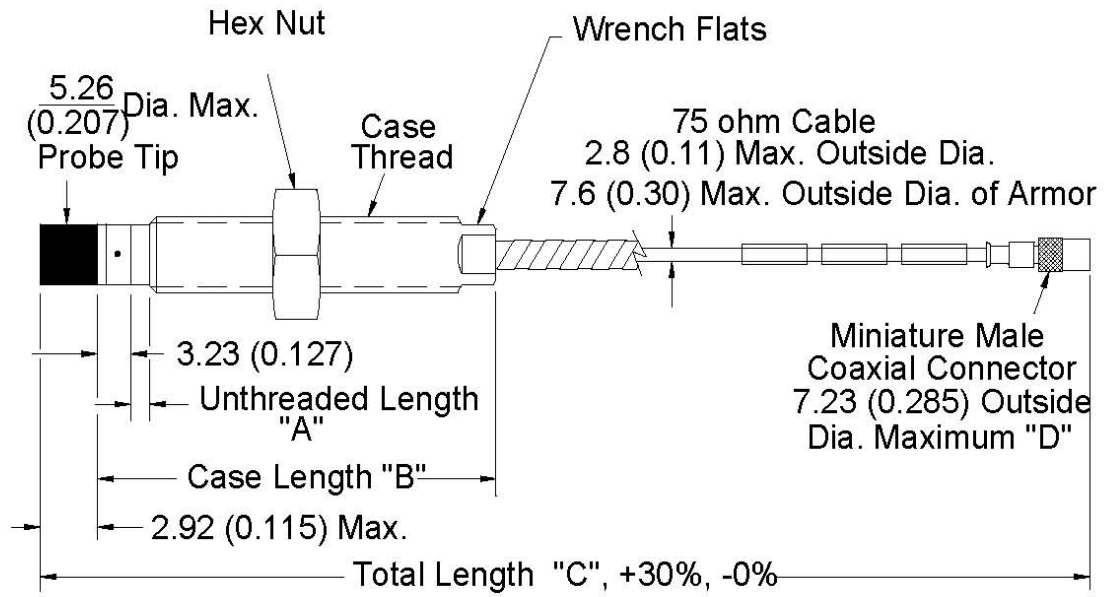


Figure 18 3300 NSv™ Proximity probes, Standard Mount

- 330901, ¼ -28 UNF-2A, without armor
- 330902, ¼ -28 UNF-2A, with armor
- 330903, M8x1 thread, without armor
- 330904, M8x1 thread, with armor
- 330905, M10x1 thread, without armor
- 330908, 3/8-24 UNF-2A, without armor
- 330909, 3/8-24 UNF 2A, with armor
- 330910, M10x1 thread, with armor

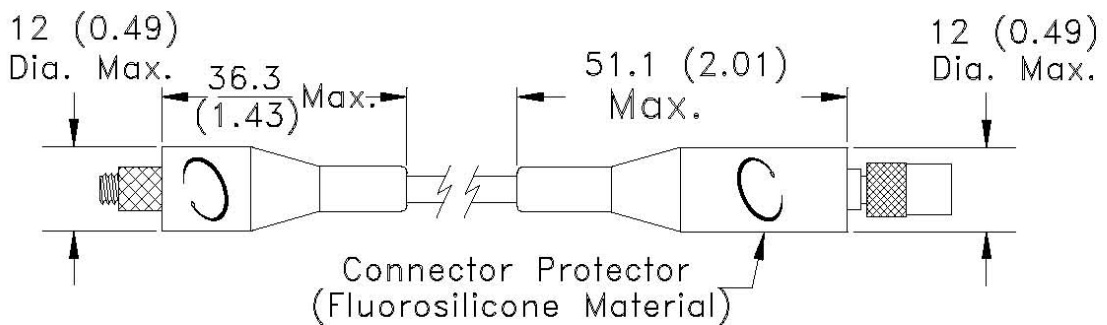


Figure 19 Installed Connector Protectors

2-2. 延伸电缆

延伸电缆是用于连接探头和前置放大器（或是变送器）的，也是用同轴电缆，长度需要根据传感器的总长度来配置。这主要取决于前置放大器（或是变送器）与安装在设备上的探头二者之间的距离来确定。

采用延伸电缆的目的主为了缩短探头尾部电缆长度，因为通常安装时需要转动探头，过长的电缆不便随探头转动，容易扭断电缆。

延伸电缆根据探头的使用场合和安装环境，可以选用带有不锈钢铠甲，以保护电缆。

实例： 330930-060-00-05 （空压机）

330930-065-00-05 （循环氮压机）

其中 -060 6 米长度

-065 6.5 米长度

-05 认证机构

2-3. 前置放大器

前置放大器简称前置器，它实际上是上个电子信号处理器：一方面前置器为探头线圈提供高频交流电源，通常为-24VDC。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。

目前前置放大器的输出有两种方式：一种是未经进一步处理的、在直流电压上叠加交流信号的“原始信号”。(信号要送至框架式仪表)

另一种是经过进一步处理得到的 4-20mA 或 1-5V 的标准信号。

--我们工厂的机组都用的是后一种，通常叫作变送器。

实例：990-04-70-01-00 (空压机用)

990-05-70-01-00 (循环氮压机用)

其中：-04 P-P 范围：4mil. (100 微米)

-05 P-P 范围：5mil. (127 微米)

-70 总长度 7 米

变送器的总长度=探头长度+延伸电缆长度

这里的长度指的是电气长度，不是物理长度。

变送器、延长电缆和探头组合配套。允许的组合有：

变送器	探头长度	电缆长度
5 米	5 米	0
5 米	1.0 米	4.0 米
5 米	0.5 米	4.5 米
7 米	7 米	0
7 米	1.0 米	6.0 米
7 米	0.5 米	6.5 米

3. 探头安装

探头安装时一定要安装在探头线性段的中间，电压值在 6-9V 之间。

安装时将探头靠近转轴，并用万用表测量 V_{sig} ，当电压稳定在 6-9V 之间时，用扳手拧紧锁紧螺母。

4. 传感器系统的故障处理

变送器不需要定期校验。然而如果下列状况出现时，你需要检验系统的比例因数。

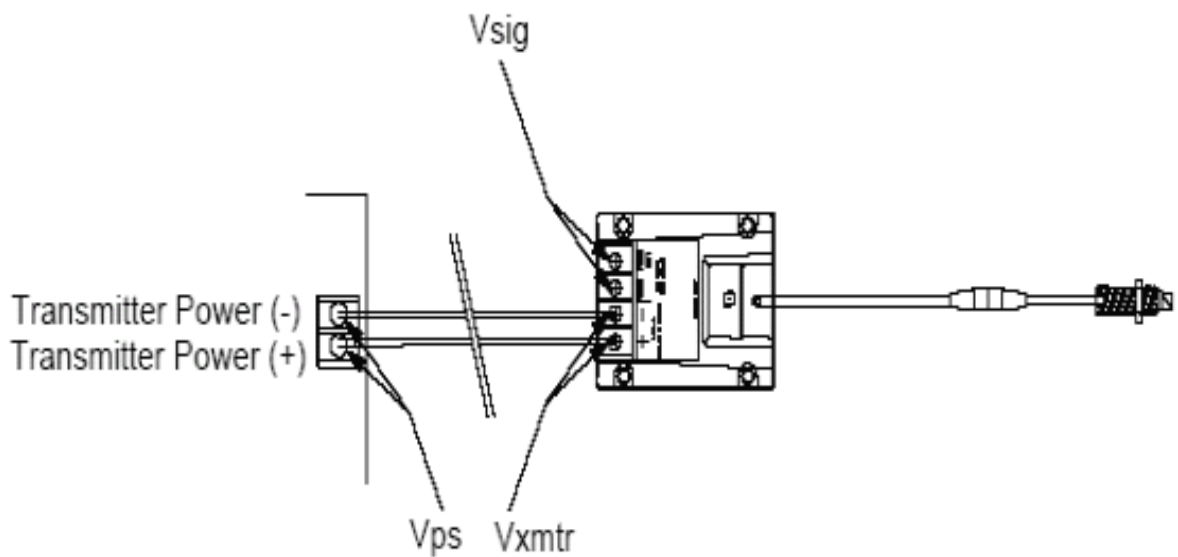
- 系统的元件被代替或干扰

- 系统的性能改变或不稳定
- 变送器没有被正确的校准

比例因数的确认、比例因数的调整、零点/量程的校准需要下列设备：数字万用表、千分尺、供电电源。

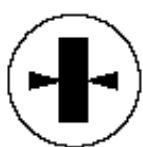
（校验这部分略去不讲）

在检查所有故障之前，首先要确定安装正确并且连接完全可靠。



符号的含义：

符号	含义	测量位置
V_{SIG}	传感器输出电压	OUT 与 COM
V_{PS}	电源供电电压	电源+与-
V_{XMTR}	变送器电压	变送器+与-



Connect



Disconnect



Observe



Record Value

连接

断开

查看

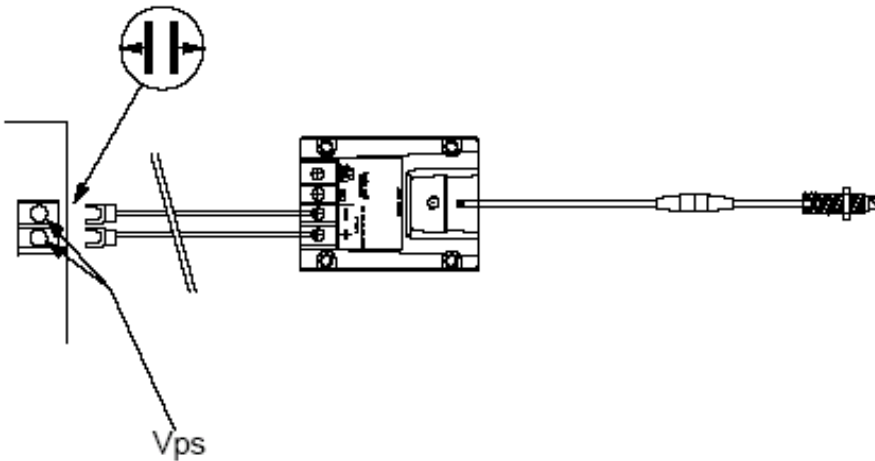
记录

下面是发现故障的类型及其处理流程：

故障类型 1: $V_{XMTR} < 12Vdc$ 或 $V_{XMTR} > 35Vdc$

可能原因:

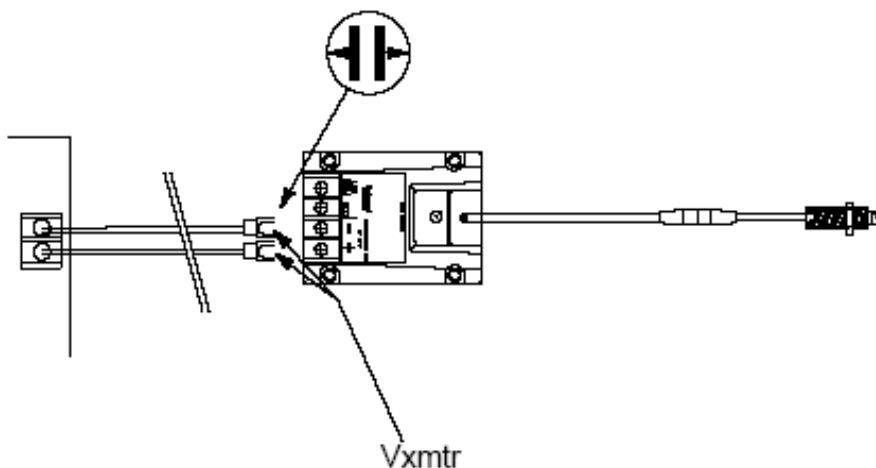
- 电源故障
- 接线故障
- 变送器故障



测量 V_{PS} : 是否 $V_{PS} < 12Vdc$ 或 $V_{PS} > 35Vdc$

是: 电源故障

否: 进行下一步



测量 V_{XMTR} : 是否 $V_{XMTR} < 12Vdc$ 或 $V_{XMTR} > 35Vdc$

是: 接线故障

否: 变送器故障

故障类型 2: $V_{SIG}=0Vdc$

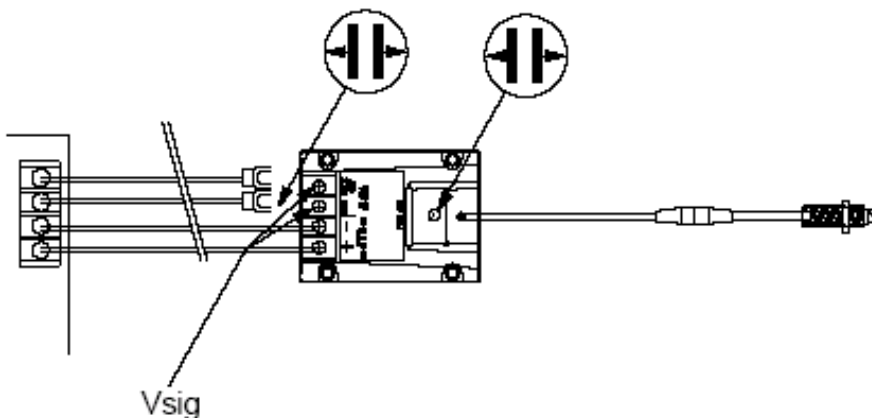
可能原因:

- 电源电压不正确
- 现场接线短路
- 变送器端子连接短路
- 变送器故障

故障类型 1 是否存在?

是: 按照故障类型 1 处理

否: 进行下一步



测量 V_{SIG} : 是否 $V_{SIG}=0Vdc$

是: 现场接线短路

否: 查看故障类型 3

故障类型 3: $0Vdc < V_{SIG} < 1Vdc$

可能原因:

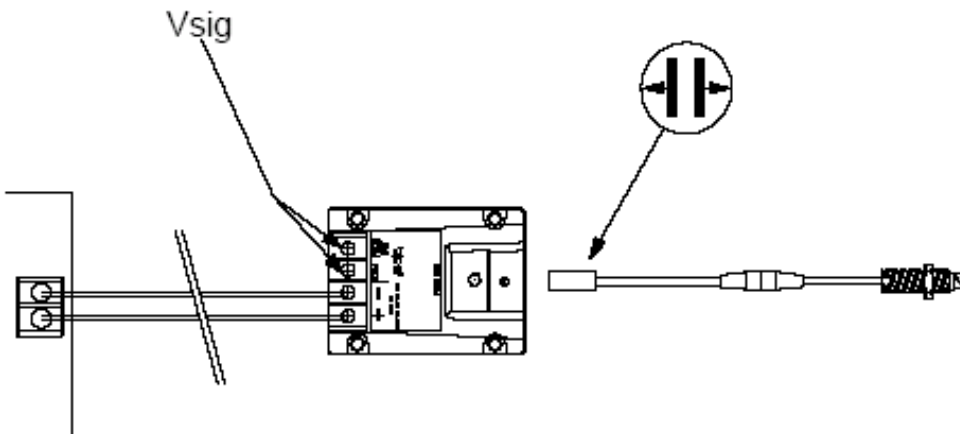
- 电源电压不正确
- 变送器故障
- 探头短路
- 延长电缆短路

- 连接器短路
- 探头距离被测轴过近

故障类型 1 是否存在？

是：按照故障类型 1 处理

否：进行下一步



测量 V_{SIG} ：是否 $0V_{dc} < V_{SIG} < 1V_{dc}$

是：变送器故障

否：探头、延长电缆或连接器故障，查看故障类型 6

故障类型 4: $13V_{dc} < V_{SIG}$

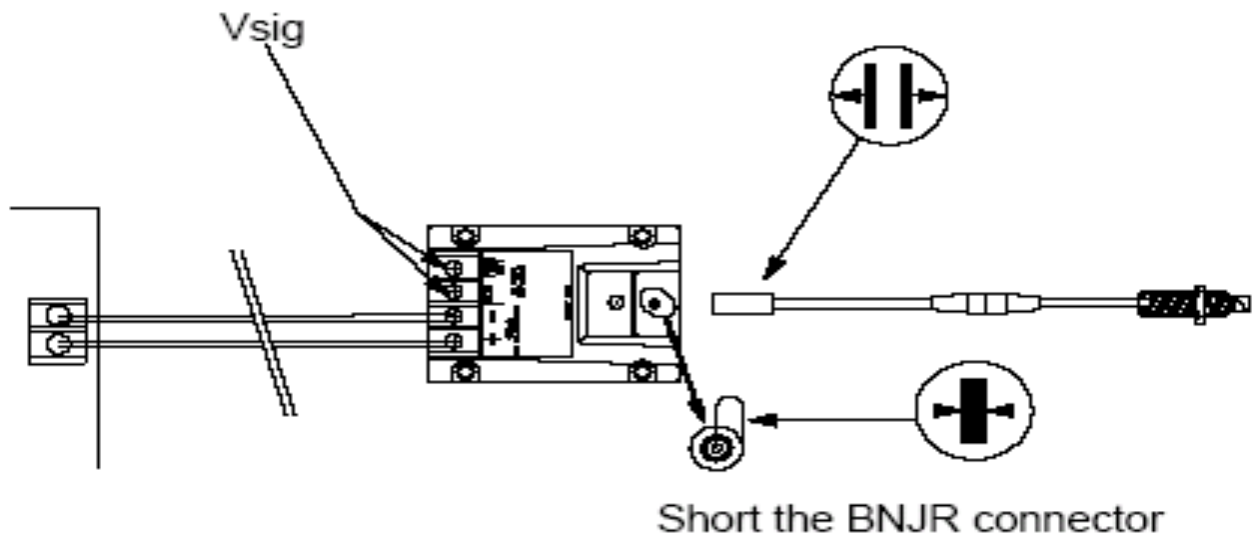
可能原因：

- 探头距离被测轴太远
- 探头开路
- 延长电缆开路
- 连接器开路
- 变送器故障

故障类型 1 是否存在？

是：按照故障类型 1 处理

否：进行下一步



测量 V_{SIG} : 是否 $0V_{dc} < V_{SIG} < 1V_{dc}$

是: 变送器故障

否: 探头、延长电缆或连接器故障, 查看故障类型 6

故障类型 5: $V_{SIG}=V_{XMTR}$

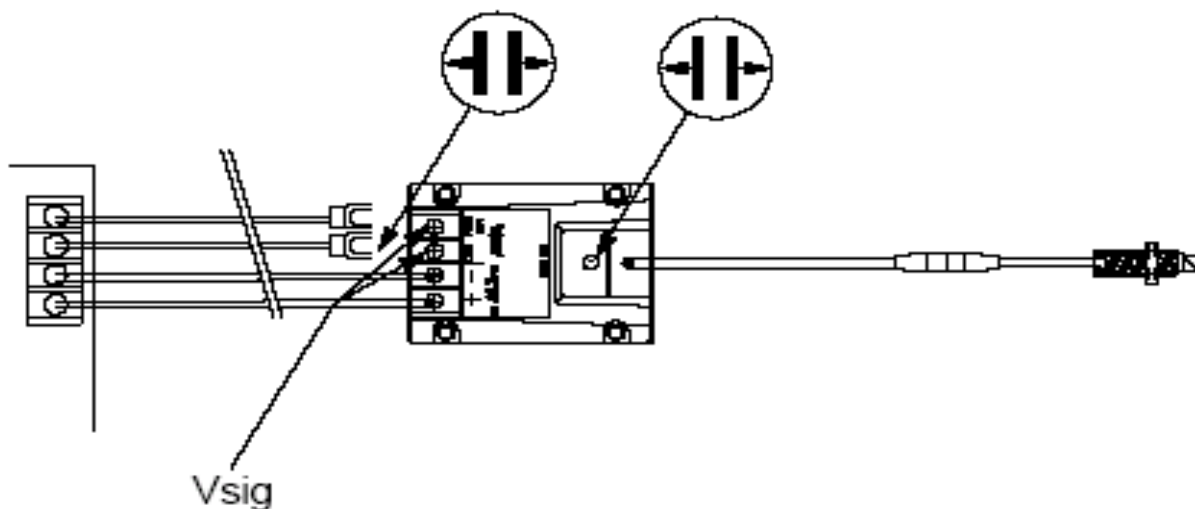
可能原因:

- 电源电压不正确
- 现场接线故障
- 变送器故障

故障类型 1 是否存在?

是: 按照故障类型 1 处理

否: 进行下一步



测量 V_{SIG} : 是否 $V_{SIG}=V_{XMTR}$

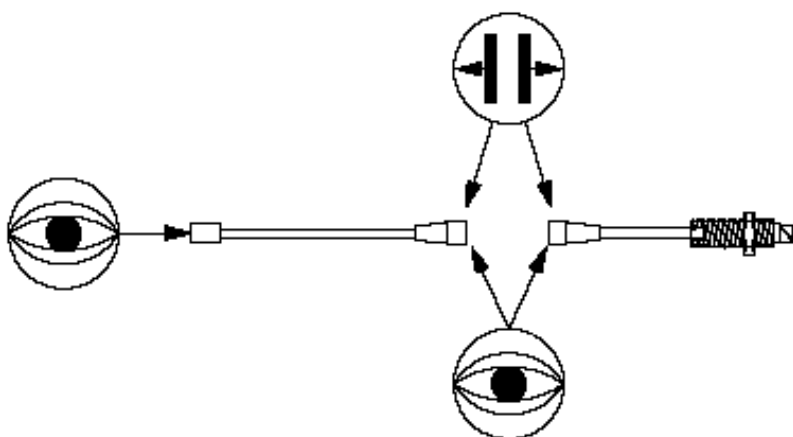
是: 变送器故障

否: 现场接线故障

故障类型 6: 探头、延长电缆或连接器故障

可能原因:

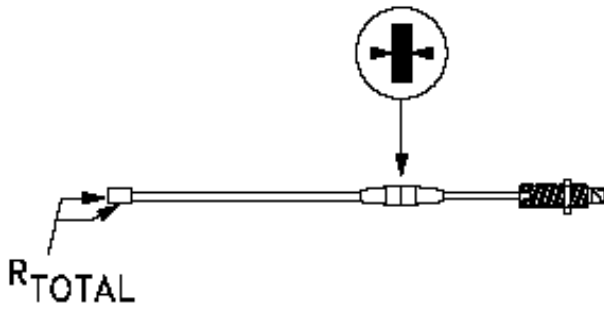
- 探头短路或开路
- 延长电缆短路或开路
- 连接器短路或开路



检查连接处: 看连接处是否变脏、生锈或者松动

是: 清洁连接处, 然后重新检测系统

否: 进行下一步



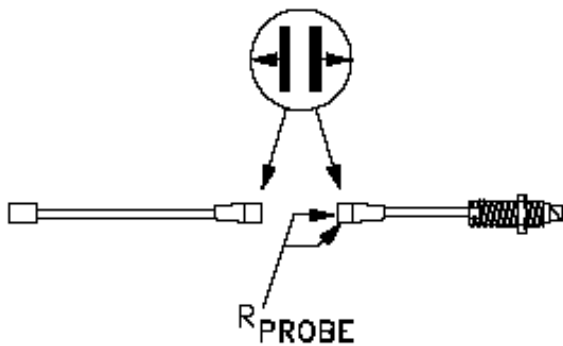
测量总电阻 R_{TOTAL} ：测量值是否在正常范围内

5 米系统： $5.3 \pm 0.7 \Omega$

7 米系统： $6.5 \pm 0.9 \Omega$

是：重新检测系统

否：进行下一步



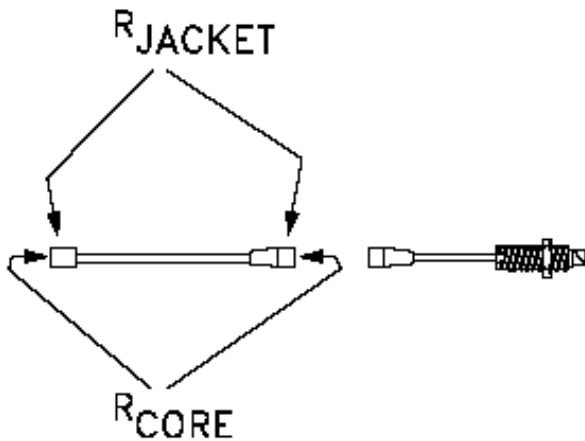
测量电阻 R_{PROBE} ：测量值是否在正常范围内

0.5 米系统： $4.0 \pm 0.5 \Omega$

1 米系统： $4.2 \pm 0.5 \Omega$

否：探头故障

是：进行下一步



测量电阻 R_{JACKET} 与 R_{CORE} ：测量值是否在正常范围内

DC resistance, nominal	
Center conductor	0.220 Ω /m (0.067 Ω /ft)
Shield	0.066 Ω /m (0.020 Ω /ft)

否：延长电缆故障

是：重新检测系统

故障类型 7：供电电流 $< 3.6\text{mA}$

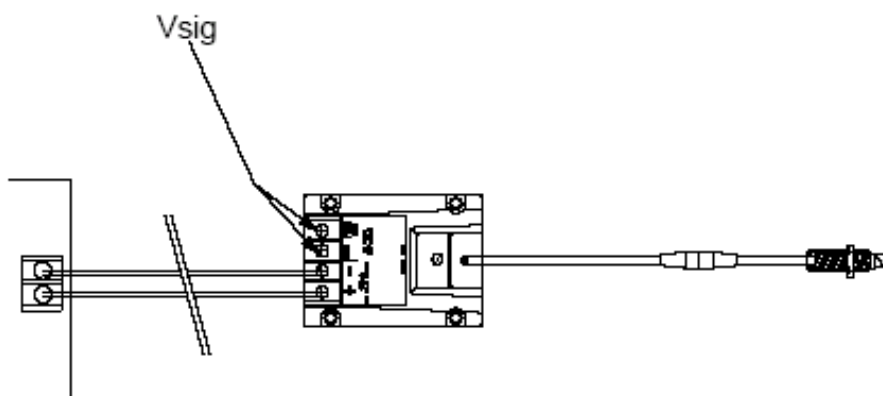
可能原因：

- 电源电压不正确
- 变送器故障
- 探头短路或开路
- 延长电缆短路或开路
- 连接器短路或开路
- 探头距离被测轴过近或过远

故障类型 1 是否存在？

是：按照故障类型 1 处理

否：进行下一步



测量 V_{SIG} : 是否 $V_{SIG} < 1Vdc$

是: 查看类型 3

否: 进行下一步

测量 V_{SIG} : 是否 $V_{SIG} > 13Vdc$

是: 查看类型 4

否: 变送器故障