

Analysis of the Measurement Principle and Common Fault Causes of Bentley Shaft System Instruments

Hongxi Ren

China National Petroleum Liaoyang Petrochemical Company, Liaoyang, Liaoning, 111000, China

Abstract

The paper briefly introduces the components of the Bentley 3500 eddy current sensor measurement system, and through the analysis of the measurement principles of the probe, extension cable, and preamplifier, as well as the characteristics of the system's linear curve, understands and masters the key factors of measurement. Combined with the principle analysis, the common failure parts of the probe sensor system, especially the probe and extension cable, and the contents that need to be inspected mainly at the connection between the extension cable and the preamplifier in daily maintenance are summarized. The possible phenomena of faults are described. Finally, combined with the alarm function of the 3500 system, the analysis steps for finding daily faults are summarized. Combined with the typical cases that occurred in the company's application and the problems that are prone to occur during on-site installation, the precautions for the installation of shaft vibration and shaft displacement are expounded.

Keywords

Bentley; probe; vibration; displacement

本特利轴系仪表测量原理和常见故障原因分析

任洪喜

中国石油辽阳石化分公司, 中国·辽宁 辽阳 111000

摘要

论文简要介绍了本特利3500电涡流传感器测量系统的各部分组成, 通过对探头、延长电缆和前置器的测量原理分析和系统线性曲线的特点, 了解和掌握测量的关键因素。结合原理分析, 对探头传感器系统常出故障部位, 尤其是探头和延长电缆, 延长电缆和前置器的连接处在日常维护中需要重点检查的内容进行了归纳总结, 对故障可能出现现象进行了描述, 最后结合3500系统的报警功能, 归纳了查找日常故障的分析步骤。结合公司应用中出现的典型案例和现场安装的容易出现的问题, 阐述了轴振动和轴位移安装的注意事项。

关键词

本特利; 探头; 振动; 位移

1 引言

本特利内华达公司所生产的 3500 系统主要应用在大型旋转和往复机械设备的保护上, 作为机组控制系统的重要组成部分, 它可以向保护系统提供联锁信号, 同时也可以向 DCS 或状态监测系统提供监测用的动态变量(振动)和静态变量(位移、温度等参数)。3500 监测系统是当今最新的机器检测系统, 它是本特利内华达采用传统框架形式的系统中功能最强、最灵活的系统。3500 系统在辽阳石化公司有着广泛的应用, 分析了解其测量原理有助于日常仪表人员的维护和故障处理。

【作者简介】任洪喜(1978-), 男, 中国辽阳丹东人, 本科, 工程师, 从事化工仪表自动化研究。

2 测量系统组成及测量原理

2.1 测量系统组成

一个完整的 3500 系统主要是由上位机和软件、监视框架(由电源卡件、机架接口卡件、继电器卡件和各种功能的监视器卡件组成)、前置器、延长电缆和探头组成, 个别系统可能还有以太网或 MODBUS 通信卡件。其中探头、延长电缆、前置器和监视器构成一个完整的检测回路。根据各测量参数选用不同功能的监视器, 例如振动和位移可以选用 40 或 42 监视器卡件, 在监视器中实现通道参数的组态。系统的保护功能是通过 32 或 33 继电器卡件组态实现, 可以将监视器卡件各通道的参数报警进行逻辑组态, 最后通过卡件对应的继电器通道触点的闭合和断开将保护信号送给上位机系统或现场执行机构。

2.2 探头的检测原理

本特利系统的探头采用的是非接触式测量, 即电涡流

原理，如图1所示。系统通过给前置器供电，由前置器产生高频的交流电流信号经延长电缆（同轴电缆）传送给探头线圈。探头线圈接收交变的电流信号后，会在周围空间产生交变的磁场，一旦有金属物体接触到该交变磁场后，会在金属物体表面产生电涡流，反过来产生的电涡流又会产生相应感应磁场影响探头线圈的电流，最终前置器将检测到电流信号的变化，通过其内部的调制解调器将信号调幅或调幅输出，如图2所示。最终解调输出的信号与探头和被测物体的距离呈线性关系，如图3所示即前置器输出的直流电压与探头和被测物体的距离成线性，通过电压可以得出位移量。振动信号是叠加在输出的直流量中，通过示波器可以直观观测交流流量的变化，也就是振动。在实际应用中，我们可以通过测量前置器的输出端直流电压，来换算位移的具体值，如本特利8mm探头的灵敏度是7.87mV/um，根据变化的电压值就可以计算出位移的值。此外，在位移和前置器直流输出电压准确的前提下，我们也可以判断振动的值也是准确的。

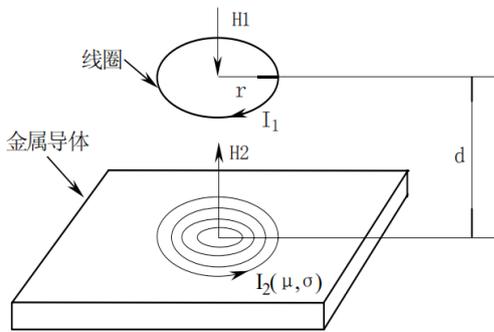


图1 电涡流原理框图

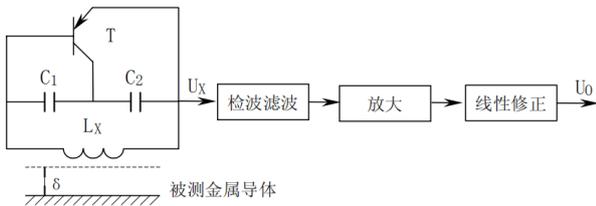


图2 电涡流原理框图

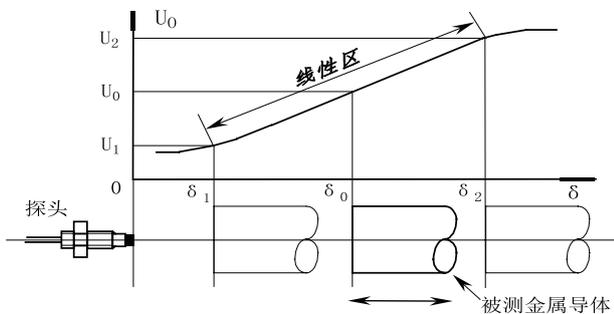


图3 传感器输出特性曲线

2.3 本特利 3500 系统应用注意事项

首先，本特利前置器分为 5m 和 9m 两个测量系统，也

就是探头电缆和延长电缆的总长度必须是 5m 或 9m，与使用的前置器配套，这里电缆的长度实际代表的是与前置器阻抗和容抗的匹配。其次，本特利 3500 系统在实际应用中要考虑继电器卡件通道是组态成正常带电还是失电的模式。通道触点的常开和常闭如果选用的是正常带电触点，那么当 3500 系统断电，就会造成触点的翻转，这在实际应用中会产生联锁信号触发，导致现场设备误动作。

3 常见故障的分析和处理

3.1 检测系统常见故障分析

通过测量探头的直流电阻可以了解探头线圈的完好性。常见的故障是探头容易被测量轴碰坏或者在拆装过程中缺乏有效保护造成探头损坏。此外，探头线圈金属材料的老化也是影响测量准确性的一个重要原因。除了上述原因外，还要考虑探头安装支架的稳定性及探头延长电缆连接是否连接完好。探头与延长电缆之间的连接处，通常称为“猪尾头”也是故障的多发部位，常见的是连接处未锁紧或者猪尾头裸露与金属物体接触，表征出来的现象就是测量数值指示漂移或者上下波动。在连接猪尾头时建议采用耐油浸的胶布缠绕保护或使用热缩管进行热缩防护。

延长电缆内部走的是高频交流信号，一旦接触不好或有破损会将外界电磁干扰引入信号，造成测量数值漂移波动。因此重点是检查与探头和前置器连接处是否锁紧，延长电缆连接头中心的外导体金属片是否完好，电缆是否有破皮现象。

前置器是调制解调探头信号的设备，供电电压在 -26.5VDC~17.5VDC 之间，同时前置器输出的直流电压与探头和被测物体距离呈线性关系。通过检测前置器供电电压和输出直流电压可判断前置器是否工作正常，这里也要考虑前置器的环境温度 35℃~85℃，因此要远离高温热源。

通过前面的对各个元件的可能故障原因的分析，我们总结了下面的检查方法：①根据故障现象来判断故障的大致部位，是指示波动还是显示开路。结合本特利 3500 系统软件提供的报警信息和硬件 OK 指示灯来进一步判断故障的部位。②可利用软件和硬件复位功能对故障进行复位操作，通过软件可以对硬件进行自检。如果是硬件故障可对卡件进行热插拔处理，但在线热插拔最好先解除连锁。③对于指示波动的故障要着重检查线路接线连接、屏蔽接地和延长电缆的连接。④可以通过测量前置器供电电压和间隙电压来大致判断故障的部位，探头可以测量线圈电阻来判断初步探头的好坏。⑤日常检修过程中，通过利用本特利的 TK3 对探头系统进行校验，可以检查出线性不好或故障的元器件^[1]。

3.2 探头安装常见问题

3.2.1 轴位移零点的设定

轴位移测量零点，也就是机械零点，通常有三种选取的方法，止推盘的测量面靠近工作瓦的位置、轴窜量的中间

位置、靠近非工作瓦的位置。零点设定时要综合考虑转子止推轴承间隙等因素,否则零点设定不准确,将使机组报警连锁保护误动作,从而导致机组状态监测分析数据不准。机组的轴向位移应保持在允许范围内(具体应以厂家提供的数据为准)超过这个数值就会引起动静部分发生摩擦碰撞,发生严重损坏事故,如轴瓦磨损、轴弯曲、隔板和叶轮碎裂等。由于位移是矢量,因此要在3500系统中对方向进行设定,也就是要选择轴向探头方向运动为正向还是轴远离探头方向为正。最后还要在3500系统中设定测量探头系统的零点电压,对于8mm探头系统来说,线性中点是-9.75V,一般现场为了调试方便,普遍设定为-10V。确定机械零点和系统零点后,现场安装需要调整探头和轴止推盘的距离,最终实现轴在机械零点位置时,探头系统输出的线性电压是-10V。

3.2.2 振动探头的安装

理论上,只要振动的测量范围在探头测量曲线的线性段内就可以。对于一个轴振动测量系统而言,其在正常运转时,探头工作在线性测量曲线的中点,这就是最好的测量状态。根据探头的线性工作范围,安装时应注意安装间隙误差,本特利一般规定安装零位间隙电压为:-9~-11V。由于仪表人员安装探头都是在机组冷态时进行,因此要考虑到热态时滑动轴承在运转时轴颈会上抬0.25mm左右,轴颈会靠近振动测量探头,这会使前置器输出的间隙电压的绝对值变小^[2]。线性中点电压+上抬电压=安装电压,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近端;反之应设在线性远端。

3.3 典型故障案例

3.3.1 故障案例一

2007年7月份空压机低速轴位移GE10163C出现指示波动,指示值在连锁值上下波动,其保护逻辑是三选二且GE20163A和GE20163B指示均正常,因此未造成连锁停车。该探头在机组低速和停车时表现正常,只有机组正常运行时才表现出来。经调取上位机振动和转速的历史趋势,发现随着机组转速的增高,GE10163C位移值逐渐波动和漂移,机组到正常转速时,位移值已经变成了断点。这说明,波动和转速的频率有关(实际是振动频率)。经检查探头传感器系统发现,延长电缆和前置器连接的“猪尾巴”内部导体金属片,折了一片,至此故障原因得以查清。

3.3.2 故障案例二

2007年8月21日空压机的电机/发电机与齿轮箱一侧相连接的轴振动探头ZE20111X和ZE20111Y已在出现故障后由系统自动旁路,同时电机/发电机另一侧与压缩机相连轴的振动探头ZE20110X、ZE20110Y因振动波动和故障已

被旁路掉。由于四个探头出现故障,使电机/发电机失去了保护。

到现场在线对卡件进行通道和卡件进行检查,用万用表分别量四个探头的通道供电电压和间隙电压,结果发现其中有一通道供电电压过低小于-17.5,其余三个通道正常,于是摘除该通道供电,故障消失,其余三个通道数据正常显示^[3]。

经对通道进行了检查,发现前置器侧的电源线与地线短接,重新接线后对通道进行复位,故障消除。

3.3.3 故障案例三

空压机机组的蒸汽透平自2007年初投产开车以来,一直存在轴位移过高的现象,只要机组负荷一提升,其进汽端GE20105A/B/C 3个轴位移探头便会同时出现负向位移过高,直至超过报警值。为了查出位移过高的原因,由厂家技术人员到现场指导透平开盖检查。经过对设备的检查,厂家人员确认设备本体没有故障,最后对3500系统的组态进行检查后发现,是轴位移方向组态错误。技术人员在组态时方向定义为轴止推盘朝向探头为正向,而实际止推盘是受进汽影响向汽轮机侧轴瓦运动,因此远离探头,测量出现负值。经过厂家技术人员的指导,重新设定方向(远离探头为正)并重新调试机械零点(汽轮机侧轴瓦)后,机组运行一直正常,始终在机械零点附近。

4 结语

除上述本特利系统常见的问题外,影响本特利3500探头系统测量可靠性还有两个重要因素:①电缆与干扰信号电缆(动力电缆)并行敷设,相当于两个电路之间有一个耦合磁场存在,干扰线的干扰电压经过电磁耦合加到测量线上而产生干扰信号。当测量导线与前置器供电导线之间出现绝缘不良,两者之间会产生漏电电流而造成干扰,直接影响测量结果。在实际应用中本特利3500系统采用的是单端屏蔽接地,这种方法可以抑制共模干扰,可是如果系统的接地处理不当,或者同轴电缆破损造成多点接地,形成大地回流干扰。②在理想状态下,转轴不振动时,涡流传感器输出应该为一正比于间隙的直流电压。但是当被测表面存在机械缺陷(如轴表面不圆、局部腐蚀、有坑凹或伤痕、轴有弯曲)或电磁缺陷(如轴表面局部存在较强剩磁或有残余应力)时,即使不振动,涡流传感器也会有波动电压输出。

参考文献

- [1] 黄永科,王庭栋,周晨坚.压缩机组本特利振动保护系统回路及信号优化[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(16):158-159+162.
- [2] 吴勇,潘航.本特利3500监测系统在储气库压缩机中的应用[J].压缩机技术,2022(6):37-40+32.
- [3] 杨建刚.旋转机械振动分析与工程应用[M].北京:中国电力出版社,2007.