

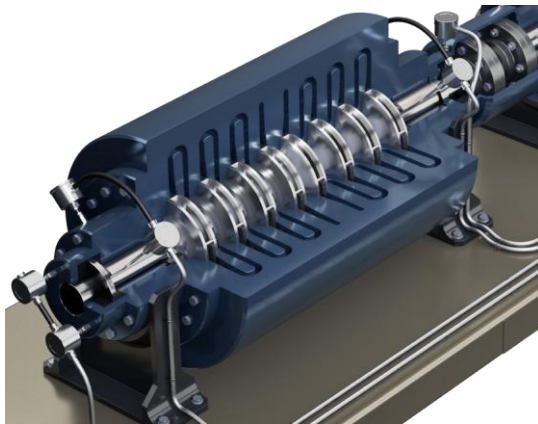
## MX5000在多级泵的应用

### 泵的可靠性与状态监测

#### 概述

泵是过程工业中关键的旋转机械之一，广泛应用于发电、油气、炼油、化工及水处理等行业。其作用是在加压下运输流体，以维持连续生产并保证系统效率。由于泵通常是大型互联旋转设备系统的组成部分，其可靠性直接影响装置产能与运行安全。

大多数大型多级工业泵采用流体膜轴承，该轴承依赖连续油膜支撑轴系，最大限度减少金属间的直接接触。这类设备一般结构坚固，在润滑、动平衡及对中良好的前提下，可实现长年稳定运行。



#### 故障

##### 不平衡

当泵的质量中心线与旋转中心线不重合时，会产生周期性振动。不平衡通常由叶轮结垢、冲蚀、腐蚀或检修时装配不当引起。

##### 不对中

驱动设备（驱动端）与被驱动设备（非驱动端）轴系中心线不共线时会产生不对中。该现象会引发轴向与径向振动，往往会加速轴承磨损及联轴器疲劳损伤。

##### 转子、定子碰磨

当设备间隙不足，或因转子失稳、不平衡导致转子涡动轨迹增大时，会发生转子与定子碰磨。这种接触会引发振动突升、温度升高，并可能造成密封损坏。

##### 流体诱发不稳定性

当轴承或密封件内的流体膜处于动态不稳定状态时，会产生诸如油膜涡动、油膜振荡等现象。其表现为亚同步振动、圆形轨迹运动，以及转子在系统被改变后的固有频率下运行，最终导致转子失稳。

##### 轴裂纹

转子一旦出现裂纹，通常会发生弯曲，进而改变1倍频（1X）振动特征。扩展中的裂纹会降低转子系统刚度，改变共振频率，产生随负荷与转速变化的振动特征。尽早检测可避免转子发生灾难性失效。

## 电机缺陷

转子断条、铁芯叠片损伤、转子偏心等电气问题，均会产生不平衡磁拉力，表现为振动异常与电流特征异常。

## 监测仪表

仪表通过振动监测、温度监测及工艺参数跟踪，为上述故障提供早期预警。建议采用以下振动传感器：

### 振动传感器（电涡流位移传感器、加速度传感器、速度传感器）

检测幅值与频率变化，用于判断不平衡、不对中或碰磨。电涡流位移传感器可测量轴涡动轨迹、相位角及动态运动。

### 温度传感器

监测轴承与密封温度，识别润滑问题，或由碰磨、不对中引起的摩擦发热。

### 电机电流传感器

有助于识别电气缺陷、扭矩变化和负载不平衡。

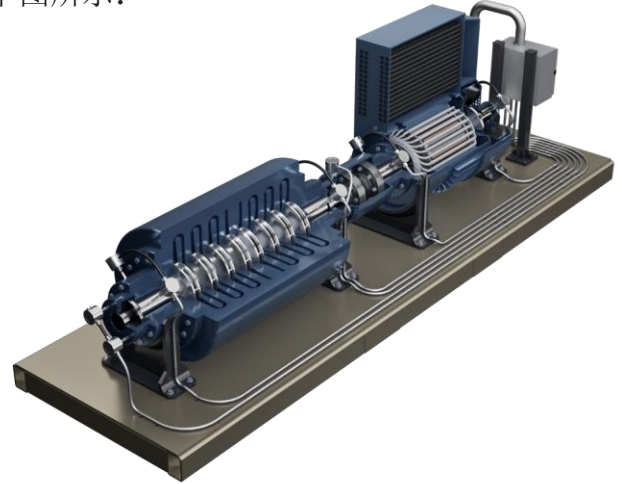
### 压力与流量监测

有助于检测可能导致流致振动的水力不平稳或气蚀情况

现代系统将这些信号整合进预测分析平台，操作人员可进行数据趋势分析、识别偏差，并在故障发生前制定干预措施。

大多数大型多级泵使用流体薄膜轴承。鉴于设备的关键性，Metrix建议采用XY方向安装电涡流位移传感器监测每个径向轴承，配置2个位移传感器监测轴向位置，配置1个键相传感器监测转速与相位角。我们同样建议对每个轴承进行温度监测，并对电机进行定子温度监测。

如下图所示：



## 关键机组——多级泵

MX5000系统适合用于监测此类关键设备。该系统搭配上 11 路振动传感器和6 路温度传感器，可轻松集成到工厂信息系统中，与设备的进出口压力、温度和流量数据进行关联分析。

这能够在设备运行过程中呈现完整的工况图景，使用户能够在造成重大损害之前，及时发现异常情况。此外，这也为合理安排维护计划提供了机会，确保在适当且必要的时机进行维护工作。

通过这样做可以有效避免计划外停机和工艺中断，提高人员安全性，同时降低运行成本。下面展示的是一台四轴承机器的典型监测系统配置：



典型的MX5000监测系统

MX5000 的核心组件是 传感器接口模块 (SIM)。每个 SIM 都是一个四通道监测模块，可以相互连接以构建完整的监测系统。框架仿真模块

(REM) 提供满足 API 670 要求所需的框架功能，包括 4 个机械继电器、框架旁路、复位和报警倍增功能，以及许多其他框架级特性。温度接口模块 (TIM) 是一个八通道的温度监测模块，可与 REM 和 SIM 组合，构成用于关键设备的完整监测框架。SIM 和 TIM 均可独立使用，且每个模块都配备 4 个固态继电器、每通道对应的 4–20 mA 输出，以及用于通信的 Modbus 接口。

## 历史案例

### 炼油厂案例

在一次计划性的检修后，一台大型原油输送泵重新投入运行。投运后不久，其振动幅值便超过报警阈值。

通过对轨迹图、通过对轴心轨迹图、频谱数据、启停曲线的分析发现，存在显著的1倍频分量，且共振频率未发生变化，这与严重不平衡特征一致。相位测量结果表明，各轴承相位保持稳定，说明故障为机械不平衡，而非不对中。



后续检查发现，叶轮安装方向与平衡定位相差 180°。经纠正并对转子重新做动平衡后，振动恢复正常。此次及时排查避免了密封损坏及非计划停机。这次泵的潜在停机，可能导致炼油厂每天减少 10 万桶 的加工量。以每桶 5 美元 的利润计算，日产量损失将达到 50 万美元，且这还不包括

重新启动和安全相关的额外成本。

### 电厂案例

泵的可靠性影响重大。单台泵故障就会导致产能下降，并使公用事业单位面临处罚。



一台锅炉给水泵故障可能迫使一台 600 兆瓦机组停机。按批发电价 40 美元 / 兆瓦时计算，停机一天将造成超过 57.5 万美元的发电收入损失。

### 天然气管道案例

主干线压缩机站发生故障会导致输送流量下降，每小时可能造成数百万美元的合同违约金或延期交货损失。

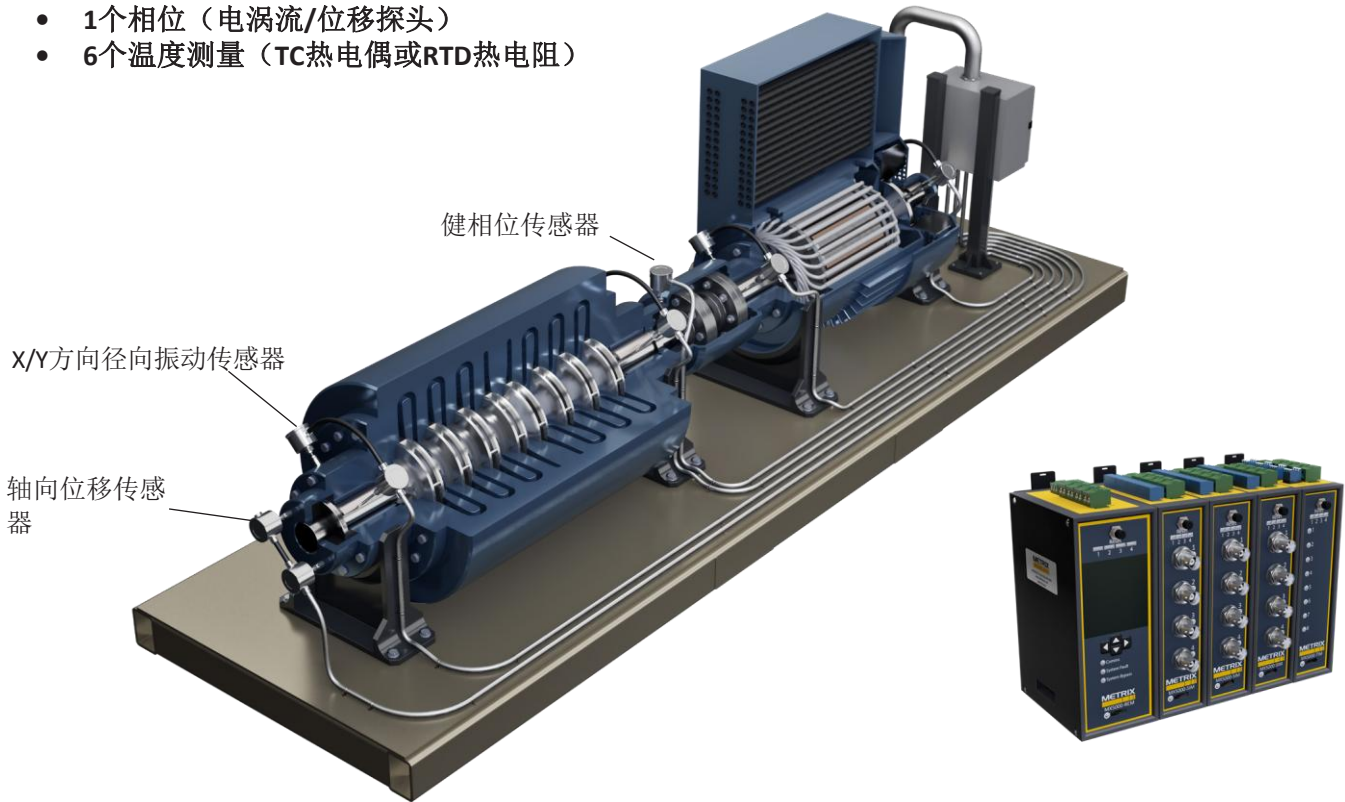


假设预测性监测在三年内仅避免一天停机时间，那么在振动监测仪表上的投资就能实现快速且可量化的回报，通常在避免首次事故时即可回本。

### 关键机组-电机驱动泵

推荐的传感器套件最低配置：

- 8个X/Y径向振动（电涡流/位移探头）
- 2个轴向位移（电涡流/位移探头）
- 1个相位（电涡流/位移探头）
- 6个温度测量（TC热电偶或RTD热电阻）



MX5000包括：

- 1个框架仿真模块（REM）
- 3个传感器接口模块（SIM）
- 1个温度接口模块（TIM）

Metrix提供多种工业监控系统以满足您的需求。如需了解更多关于基于状况的监测和实时保护的信息，请立即联系我们。请致电+1 281.940.1802，发送邮件 [info@metrixvibration.com](mailto:info@metrixvibration.com)，或访问我们的英文网站 [metrixvibration.com](http://metrixvibration.com) 或者中文网站 [metrixvibration.cn](http://metrixvibration.cn)。

注：我们 Metrix将持续不断改进产品。请访问我们的网站下载本文件的最新版本。本文件中使用的所有商标、服务标志和/或注册商标均归Metrix Instrument Company, L.P.所有。

© 2026年，Metrix Instrument Company, L.P.版权所有。

