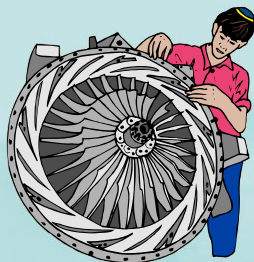


润滑油实时在线监测传感技术



风力发电



汽轮机



液压系统



传动系统



发动机油



FRONTWAVE TECHNOLOGY™

先波™传感器 Inside

深圳市先波科技有限公司

第一部分：概述

润滑油在线监测是设备润滑磨损状态监测与实时诊断技术的重要发展方向，而监测仪器的开发与选择是这一故障诊断技术实现准确监测应用的关键。在对当前国内外油液磨损颗粒在线监测传感器、油质在线监测传感器及应用技术介绍基础上，给予了当前油液在线监测传感器技术的相关评述，为油液在线监测技术的研究、应用及推广提供一定帮助。

- 润滑油在线监测是设备故障诊断的重要方向
- 实现按质换油，优化换油周期，延长设备使用寿命
- 减少废油产生，具有重大的经济和环境意义

润滑油核心参数

- **粘度**
 - 粘度是衡量润滑油润滑能力的一个重要指标
 - 氧化和各种杂质的掺入会导致粘度升高
- **磨损颗粒量**
 - 磨损颗粒量有效反映机械部件表面磨损和疲劳状态
 - 较大颗粒的出现一般是机械系统失效的重要先兆
- **介电常数（含水率）**
 - 油液污染后其物理或化学性能都会发生变化，根据同牌号新油与在用油的介电常数的变化，便可综合测定在用油的总体污染程度和质量。

第一部分：粘度的在线监测

- 对润滑油来讲粘度是衡量润滑能力的一个重要指标。当润滑油经过被润滑的运动副表面时，局部的高温高压会使润滑油氧化，同时各种杂质的掺入也会降低润滑油的流动性，导致粘度升高。因此，实时监测润滑油的粘度变化能反映润滑油的质量状态及剩余寿命

润滑油液工业生产中，经常需要在线检测流体的粘度，以保证最佳的过程运行环境与产品质量，从而提高生产效益。通过在线测量过程中的液体粘度，可以得到液体流变行为的数据，对于预测产品工艺过程的工艺控制，输送性以及产品在使用时的操作性有着重要的指导价值。液体的特性往往与产品的其他特性如颜色，密度，稳定性，固体成分含量和分子量的改变有关系，而检测这些特性的最方便和灵敏的方法就是在线检测液体的粘度。在生产过程中 根据工艺技术要求的范围进行在线粘度检测，可以最大限度的减少产品的报废率和生产线的停工期。

第一部分：粘度的在线监测

基于不同的专利技术的在线黏度监测传感器均已投入市场，国际上目前比较成熟的是基于振动法的在线粘度监测传感技术

- 固体在液体中作不产生漩涡的光滑周期运动要受到液体对其运动的阻尼作用，阻尼的大小与液体的黏度有关，根据此原理进行液体黏度测量的方法叫做振动法
- 应用振动原理通过分析其振动频率变化和振幅的衰减并通过内部运算来获得润滑油黏度的变化信息。传感器可以通过管螺纹直接安装于被测润滑油的回油通路中，根据设定的采样频率实时测量流过管路的润滑油的黏度的变化。

第一部分：粘度的在线监测

传感器技术分类

一：QCM在线液体粘度监测技术

是一种基于石英晶体微天平（QCM）技术发展出的一款新型压电超声振动粘度监测技术。测量精度高 量程小 适合无压力状态的低粘度产品的监测。代表公司是 FRONTWAVE TECHNOLOGY（先波）

二：音叉振动在线粘度监测技术

是一种利用了音叉的机械谐振监测液体粘度技术，适合于压力状态的中低粘度产品监测

代表公司是MEAS（精量）和FRONTWAVE TECHNOLOGY（先波）

三：扭矩微震动在线粘度监测技术

第一部分：粘度的在线监测



MEAS/FPS



FRONTWAVE TECHNOLOGY/先波

第二部分：润滑油含水率（介电常数）

油液的污染形式通常是金属磨粒、氧化物、油泥、结碳、**水分**、沉淀物、燃油以及氢、氯、热、电、空气等造成的污染。油液污染后其物理或化学性能都会发生变化，特别是油液的介电常数会发生变化。在线监测油液介电常数的变化可以实时反映油液的总体污染程度或者是含水率。

外部水容易渗入机械内部的大中型机械联动机组的液压、润滑循环系统中，由于循环油系统泄漏，密封元件损坏，引起外部水渗入液压和润滑系统漏水是经常发生的故障。冷却水一旦漏到油中，便造成油品乳化变质，破坏正常的润滑，引起摩擦副异常磨损，导致设备事故发生。因此，在线监测油中是否漏水并及时报警，对保证设备的可靠运转，延长寿命十分必要

第二部分：润滑油含水率（介电常数）

国内外开发的油液在线水分监测传感器技术主要采用电学方法，其原理就是利用油液的电学性能如介电常数能反映油品污染状况，而水分污染对油的电学性能参数又特别敏感这一特性实现。传感器采用的电学方法主要分为电容法和电阻法。电容法将油液及其中的污染物作为一个特别构造的电容器电介质，水分等存在及数量引起介电常数变化，从而改变这个电容器的电容量。传感器通过对电容量变化大小的检测实现对油液中水分的状态监测

代表公司：Kittiwake公司

Lubrigard公司

FRONTWAVE TECHNOLOGY先波 公司

第二部分：润滑油含水率（介电常数）

根据同牌号新油与在用油的介电常数的变化，便可综合测定在用油的总体污染程度和质量。以及润滑油的含水率。

由于水的介电常数与油相比差别较大，当润滑油中混入水时微量的水就会引起混合油液介电常数的明显改变。将不同含水率的润滑油混合液和纯润滑油的介电常数进行比较，再通过电路信号处理，便可得到润滑油含水率数值

第二部分：润滑油含水率（介电常数）

对于含有一定水分的润滑油可以看作是是以油为连续相，水为分散相的两相混合液体，一般来说，水在润滑油中的存在方式有3中状态，1是溶解水 2是游离水，3乳化水

溶解于润滑油中的水分与油一起为均匀的单相物质。水在烃内的溶解度很低。因为烃类分子比水分子大得多，偶极矩特别低，极化性很弱。水与烃分子之间没有氢键，它们之间的吸引力仅靠诱导力和分散力。芳香烃和不饱和烃例外，它们的分子能在一定限度内与水分子缔合。因此当油液中的含水量在溶解饱和度以下时，水以溶液分子状态存在于油液中，溶解水的含量很少

其中溶解水和游离水是同时存在并且随着温度压力和空气湿度变化而变化，溶解水和游离水之间存在着动态平衡。

游离水在系统内剧烈的运动（搅动）可以形成乳化水。

油中只存在单一溶解水主要指对变压器油和环境要求苛刻的油品。
溶解水对于工业液压油一般来说没有影响，

第二部分：润滑油含水率（介电常数）

微水（ppm级）监测

目前实验室技术和标准采用的是库仑法卡尔费休水分测试方法，

一：油中微水存在方式不单一是溶解水，微水监测不仅仅是溶解水

二：对于电力行业等特殊要求的油品，其中不允许有其他状态的水分存在，只有溶解水的存在。因此目前在线监测传感器技术采用湿度传感器直接测量油中水活性 a_w 和温度 T 。通过水活度、温度与微量水（溶解水）的关系。

湿度方法原理监测微水-只监测油中的溶解水-仅仅适用电力行业特殊要求的油品（如变压器油）

任何有与空气接触的工业用油不能用湿度方法监测微水

润滑油微水检测只能采用是库仑法卡尔费休水分测试方法，没有合适的在线监测技术

第二部分：润滑油含水率（介电常数）



Kittiwake



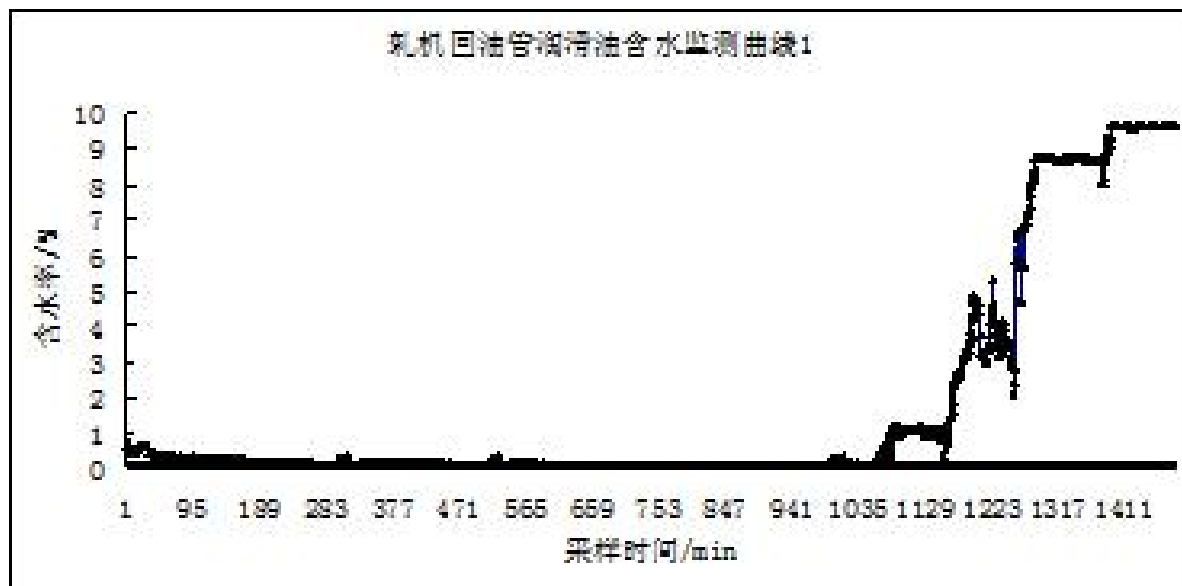
Lubrigard



FRONTWAVE TECHNOLOGY先波

第二部分：润滑油含水率（介电常数）

钢厂轧机润滑系统含水率监测



传感器对油含水率变化的响应敏感，且对应的示值稳定，经现场取样比对，证明显示的示值正确。从曲线观察含水率在前大部分时间是稳定且有少许波动，但在后端，出现了含水率超限报警，观察曲线有快速上升到饱和的现象，经停机检查系轧机密封损坏发生漏水事故所致。

观察到轧机润滑油含水率0.15%左右波动快速上升到2%左右，这个时间持续了20分钟，说明了轧机密封开始损坏发生漏水现象，但随着生产过程的继续，密封垫损坏愈加严重，漏水继续加大，含水率很快上升到3%的上限。进而发生大量漏水使得传感器测量的含水率直至饱和。

第三部分：磨损颗粒监测

- 表面磨损和疲劳是旋转机械设备如汽轮机、车辆变速箱、液压系统和轴承失效的主要模式。测定润滑油中的磨损颗粒量特别是铁磁性磨损颗粒量是一种有效的反映机械部件表面磨损和疲劳状态的方法，在航空、运输及动力机械中获得广泛应用。对于液压设备和旋转机械，油中污染颗粒不仅导致设备故障的主要原因，也是反映设备状况的一项重要指标。正因如此，作为全面生产维护（**Total Productive Maintenance**）的一个重要组成部分，颗粒污染度的实时监测正成为液压行业日益关注的课题
- 在实际应用中，在线监测机械系统的润滑油铁磁性磨损颗粒量变化对维持系统的正常运转具有重要意义。它不仅能优化设备维修周期，减少停机时间，延长设备使用寿命，而且可以减少重大事故的发生。

第三部分：磨损颗粒监测

在线监测方法：

1：磁电型磨粒在线监测传感器。金属颗粒

加拿大GasTops公司开发的MetalSCAN磨粒传感器和英国Kittiwake开发的FG型在线磨粒量传感器，其铁颗粒监测范围为100微米以上，非铁金属颗粒为250m以上

2：光阻法—颗粒计数法—所有金属和非金属颗粒，

目前自动颗粒计数器在油液污染分析中应用广泛，其原理分为遮光型、光散型和电阻型等。而遮光型颗粒计数器是目前应用最广泛的一种。颗粒直径4微米—50微米

3：磁塞法—铁磁性颗粒1微米以上

QCM /电容 /电感

第三部分：磨损颗粒监测

磁电型磨粒在线监测传感技术

- 利用油液流经传感器具有磁场的待检区域时金属颗粒所产生的扰动，使检测区与磨粒数量相关的磁力线或磁通量发生改变，并进行标定而检测出磨粒数量的原理进行工作的。由于润滑油中不可避免会进入一些非铁磁性颗粒以及气泡等，正确区分磨损颗粒是这类传感器的关键技术。



先波 HQWDS-10型磨损颗粒传感器



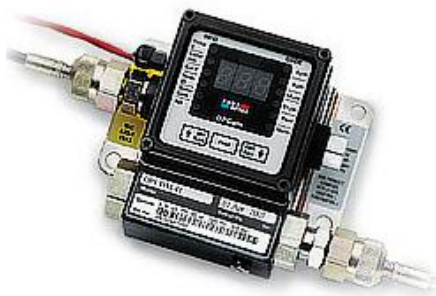
MetalSCAN debris sensor

第三部分：磨损颗粒监测

遮光型颗粒计数器技术

其方法是使一定体积的样品，流过仪器传感器，用光遮挡法（也称光阻法）检测出大于某粒径的颗粒数量，然后计算并显示出大于该粒径的颗粒数或浓度。执行标准GB/T14039-2002（ISO4406：1999）、NAS1638等颗粒污染度等级标准

只能



pollution monitoring devices



on-line particle counter

QCM磁塞颗粒测量法

- 一种基于QCM的新型在线实时监测润滑油中磨损颗粒量和润滑油粘度变化的传感器，其特征在于运用压电敏感器件与润滑油接触，控制穿过该敏感器件表面的磁场以吸附润滑油中的铁磁性磨损颗粒到压电器件表面，测量压电器件的谐振或波传输参数以获得润滑油中磨损颗粒量和润滑油粘度变化的信息

大型机械设备润滑在线监测与智能诊断系统、

先波科技设备润滑在线监测与智能诊断系统产品分类、

液压等污染系统

型号： FWT1000

监测参数： 温度

运动粘度

油中含水率

颗粒污染度

介电常数

测试油路： 有泵/无泵

本地显示： 有/无

防爆要求： 无/防爆等级

齿轮箱等磨损系统

型号： FWT2000

监测参数： 温度

运动粘度

油中含水率

金属磨损颗粒

介电常数

测试油路： 有泵/无泵

本地显示： 有/无

防爆要求： 无/防爆等级

发动机

型号： FWT3000

监测参数 温度

运动粘度

油中含水率

铁磁性磨损颗粒

介电常数

测试油路： 有泵/无泵

本地显示： 有/无

防爆要求： 无/防爆等级

专项在线润滑监测

型号： FW---

监测参数： 温度

运动粘度

油中含水率

颗粒污染度

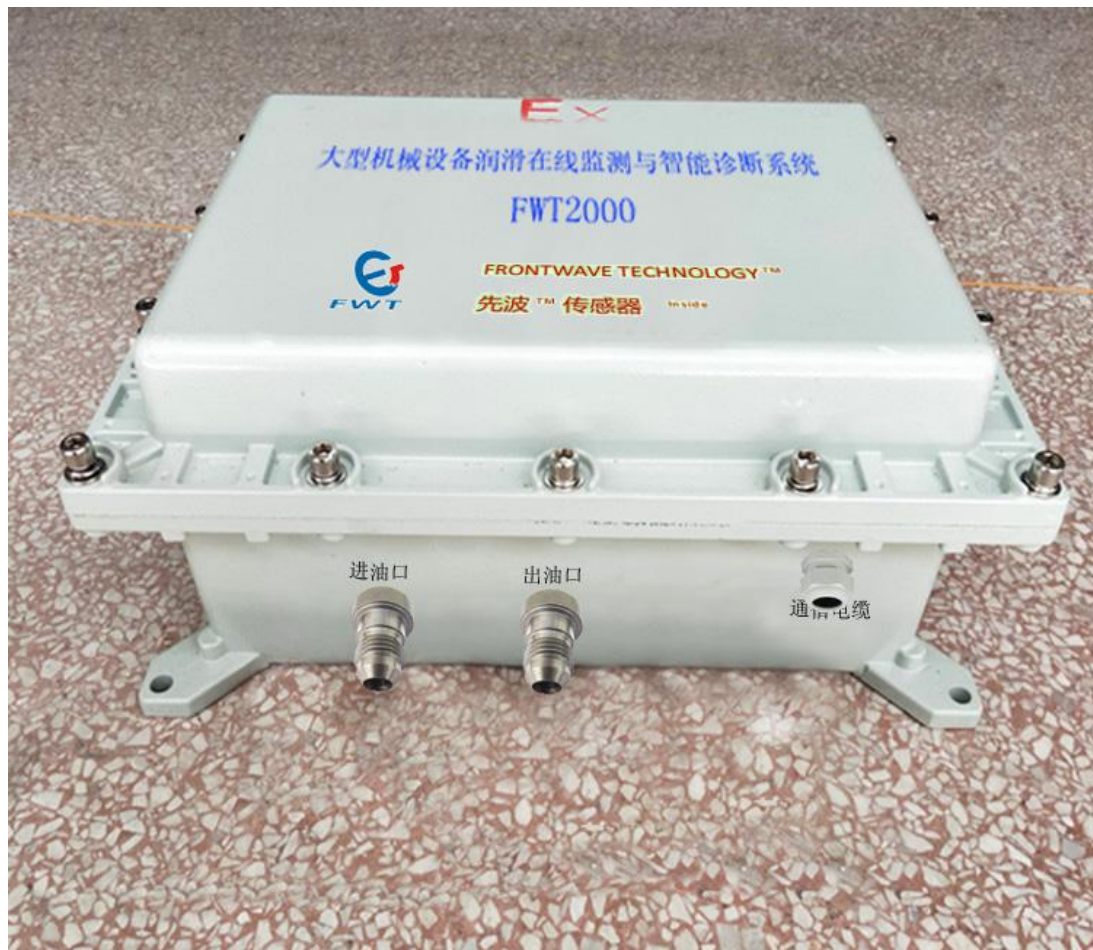
介电常数

测试油路： 有泵/无泵

本地显示： 有/无

： 无/防爆等级

大型机械设备润滑在线监测与智能诊断系统、



大型机械设备润滑在线监测与智能诊断系统、

FWT1000 系统技术参数

	运动粘度		油含水率	温度	颗粒污染度	介电常数
参 数	小于 60cst	大于 60cst	0.05%—5%	-20° --150°	4、6、14、21 μm 颗粒数量等级 (ISO、NAS 等级)	1-6
精 度	0.5CP	2%FS	0.05%	0.5°	正负 1 个等级	3%
测量方法	石英音叉震动	音叉震动	阻抗谱 (EIS)		光阻断颗粒计数	电容法
传感器/产地	FPS2800/USA	FWS-4/FWT	FWD-2/FWT	PT100/CHA	PQM-2/进口组装	FWD-2/FWT
泵	进口 步进电机控制内啮合齿轮泵 / 活塞泵 — 根据现场选配 (可选配)					
减压装置	进口颗粒计数传感器专用减压阀 42MPA 减压至 0.6MPA(可调) — (可选配)					
供电	DC/DC24V					
本地显示	7 吋触摸屏 (可选配)					
远程传输	RS485 (MODBUS.RTU)					
防爆等级	标准产品是无防爆要求和隔爆。 正压氮气防爆可选配					
应用场合	机械设备液压系统及电力行业和石油化工透平油机组和螺旋压缩机组					

机械设备液压系统及电力行业和石油化工透平油机组和螺旋压缩机组

大型机械设备润滑在线监测与智能诊断系统、

FWT2000 系统技术参数

参 数	运动粘度		油含水率	温度	金属磨损颗粒	介电常数
		小于 60cst	大于 60cst	0.05%—5%	-20° —150°	铁磁性磨损颗粒：70—100um, 100—150um、>150um; 非磁性磨损颗粒 200—300um, 300—400um、>400um;
精 度	0.5CP	2%FS	0.05%	0.5°	正负 1 个等级	3%
测量方法	石英音叉震动	音叉震动	阻抗谱 (EIS)		电感涡流测试法	电容法
传感器/产地	FPS2800/USA	FWS-4/FWT	FWD-2/FWT	PT100/CHA	PQM-3/进口组装	FWD-2/FWT
泵	进口 步进电机控制内啮合齿轮泵 /活塞泵 —根据现场选配					
供电	DC/DC24V					
本地显示	7 吋触摸屏 (可选配)					
远程传输	RS485 (MODBUS.RTU)					
防爆等级	无防爆要求 隔爆 和正压氮气防爆三种可选					
应用场合	大型机械设备磨损颗粒监测, 齿轮箱 主驱动等					

大型机械设备磨损颗粒监测， 齿轮箱 主驱动等

大型机械设备润滑在线监测与智能诊断系统、

FWT3000 系统技术参数

	运动粘度		油含水率	温度	金属磨损颗粒	介电常数
参 数	小于 60cst	大于 60cst	0.05%—5%	-20—150°	大于 3 微米铁磁性金属颗粒 电感磁塞法	1-6
精 度	0.5CP	2%FS	0.05%	0.5°	正负 1 个等级	3%
测量方法	石英音叉震动	音叉震动	阻抗谱 (EIS)		电感涡流测试法	电容法
传感器/产地	FPS2800/USA	FWS-4/FWT	FWD-2/FWT	PT100/CHA	PQM-4/法国	FWD-2/FWT
泵	进口 步进电机控制内啮合齿轮泵 /活塞泵 —根据现场选配					
供电	DC/DC24V					
本地显示	7 吋触摸屏 (可选配)					
远程传输	RS485 (MODBUS.RTU)					
防爆等级	标准产品是无防爆要求和隔爆。 正压氮气防爆可选配					
应用场合	汽柴油发动机 和发电机					

汽柴油发动机 和发电机润滑在线监测

深圳市先波科技有限公司是由留学归国专家以及国内具有多年工业流体在线监测行业经验的专业人士共同成立的国内首家从事新型工业流体在线监测传感器及其应用产品开发的国家级高新科技专业公司。

谢谢各位