

## 智能化电机故障诊断设备系统介绍

### 设备系统简介

电机驱动产业链的价值远远高于自身的价值。电机的健康状态反映系统的健康状态。有效的早期故障诊断，使主动运维有的放矢。减少停机事件，提高运行效率。智能电机故障诊断系统由此而生。

智能电机故障诊断系统由美国 Analog Devices Inc (ADI) OtoSense™ AI (ADI OtoSense) 专家系统，结合物联网智能电机“遥感”传感器 ADI Smart Motor Sensor – SMS，连接联桥网云旋转无忧™应用云平台（国产化）组成<sup>1</sup>。对交流异步电机 10 个常见故障<sup>2</sup>：供电异常，定子异常，转子异常，机轴平衡，定转子对称，轴承异常，轴心偏移，散热异常，固定异常，性能问题等进行实时监测、诊断、预警、报警、运行健康状态评价。可有效集成到不同应用场景，比如泵及泵站监管系统，风机 TCM 系统，实现数字化巡检，主动运维，减少停机事件。智能电机故障诊断系统目前最佳适用于 500KW 以下三相异步电机<sup>2</sup>。风力发电机（风冷水冷箱体机型，双馈绕组）需要附加参数（风机 CMS）完善算法模型。

SMS<sup>3</sup>，如下图，是由 ADI 研制的一款新型电机数据采集物联网“遥感”传感器（IoT）。SMS 同时采集电机旋转磁场，轴向和径向振动，温度数据。其中一个优势是安装简便，不触及电机系统连线（不需停机），一般固定在电机散热片上即可工作（提供固定结构件）。另一个特点是采集磁场，通过对磁场的解析换算获得转速、频率等信息，配合振动进行诊断。同时其磁场的高次谐波结合电机模型可用来进行故障诊断。SMS 通过 WiFi 路由器连接互联网将数据推送到旋转无忧™应用云平台中的 ADI OtoSense™ AI 专家系统。输入电机铭牌信息和轴承规格型号，专家系统可以监测，诊断电机常见故障，实时评估电机系统运行健康状况。预测电机运行故障，及时预警，报警。



图 1 SMS 传感器，具有不需要停机连线安装的特点（源于 ADI 信息）

联桥网云旋转无忧™应用云平台可结合终端客户应用场景，搭建个性化解决方案。从 SMS 以电机设备配置安装上线，集成 ADI OtoSense™ AI 的数据处理专家系统，原始数据归属，数据可视化，到和客户应用云平台对接提供软件服务。个性化解决方案以基础管理，设备管理，数据管理，远程监测，和故障诊断为基础，根据应用场景客户需求搭建包括结合客户专家系统的运营管理解决方案。解决方案包括移动端微信小程序或 H5 应用软件（不是 APP）。



图 4 中心化多租户应用云平台

① 应用云平台首页。展示被监测设备（电机）状况。绿色表示运行正常，黄色表示预警，红色表示故障报警，灰色表示掉线。② 应用云平台某设备运行状态页面。包括设备电机异常或故障区域，电机铭牌及基础信息，故障报警，预警，以及监测点（功能）。③ 设备电机运行数据显示，包括原始数据，性能数据和健康状态。本图显示性能数据。包括，转速，磁场，振幅，及振动加速度等等。④ 在上图 4-② 点击故障报警红色数据指标，应用云平台进入图 4-④ 风机发电机出现故障前的健康状态数据。供工程人员分析，溯源。



图 5 移动端（智能手机）应用软件

① 微信小程序“OtoSense SMS”登录页面。只有授权人员手机可以登录。需要手机验证码确认。授权人只能看到自己被授权监管的设备。授权机制由中心化多租户应用云平台设置。② OtoSense SMS 首页。类似于电脑端的应用云平台，该页面展示所有被监控设备的健康状态。并可通过该页面进入某设备状况页面。首页下端可以选择进入“设备”列表页面，报警列表页面和软件设置页面“我的”。添加新的 SMS 传感器设备是在设备列表页面完成。切换某个 SMS 传感器通讯模式是在软件设置页面完成。③ 点击首页显示的某个设备（比如，圆圈中红色报警设备），进入该设备运行状况。具体预警报警以及被监测功能内容显示。④ 点击故障信息框（红色方框），进入风机发电机出现故障前指定时间段的健康状态数据。可供现场维修人员参考。OtoSense SMS 移动手机应用平台仅提供性能数据和健康状态信息，不提供原始数据。

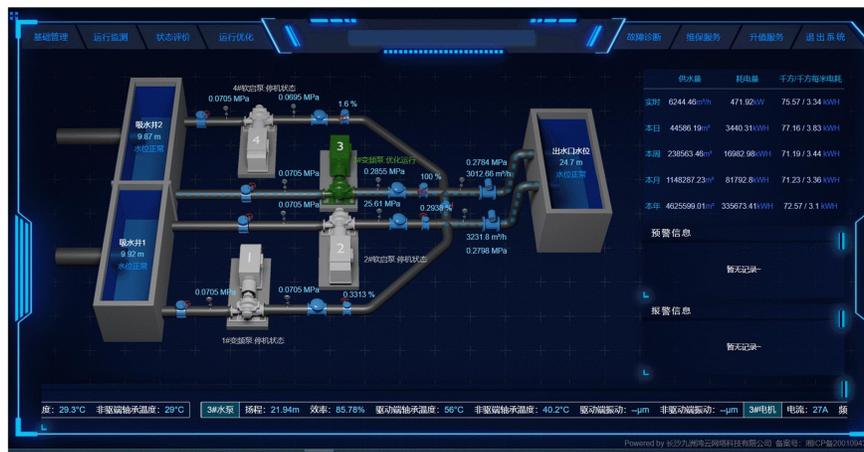


图 6 个性化平台（泵及泵站智能化应用云平台案例）

个性化应用云平是根据客户应用场景和特定需求定制开发配置生成。图 6 为泵及泵站物联网智能化运维服务云平台（应用云平台）。应用云平台包括基础管理，运行监测，状态评价，运行优化，故障诊断，维保服务和增值服务七大功能模块。其中状态评价和故障诊断集成了 ADI OtoSense 智能电机故障诊断系统。个性化应用云平采用分布式云平台结构，可提供客户标准化或个性化配置。也可根据客户需求嵌入到客户已有的平台体系。个性化应用云平台的其中一个特点是满足原始数据归属客户的需求。

联桥网云旋转无忧™云平台重要特点

1. SMS 传感器设备安装配置简便，24/7 诊断电机运行健康状况，对运行异常状态提供早期预警，使数字化巡检，主动运维成为可能。从而降低运维成本，减少备件库存，提高设备系统和运营效率。
2. 提供物联网云平台系统集成解决方案，原始数据归属客户，采集原始数据和经过处理的电机运行信息可作为结合客户应用场景的二次开发数据。
3. SMS 传感器与 ADI OtoSense™专家系统采集数据对电机设备实时提供市场上目前最先进和全面的定性故障诊断。包括：供电异常，旋转设备定子、转子异常，基轴平衡，定转子对称，轴承异常，轴心偏移，散热异常，电机固定异常等。
4. 具有快速实施，不受已经安装，系统运行限制。可为客户提供定制化服务，包括集成到客户已有信息化云平台，或私有云服务器中。

参考

<sup>1</sup>美国 ADI 正式签署了和联桥网云共同开拓中国市场的战略技术合作协议。SMS 设备及 ADI OtoSense™专家系统 Licenses 由联桥网云引进并落地中国，且逐步实现国产化。

<sup>2</sup>适用范围：标准低电压电机（IEC / NEMA 电机），电机 Frame 尺寸：450 (IEC60034)/ 500 (NEMA MG1)，功率：0.37kW ~ 500kW。启动及运行方式无限制（DOL, VFD），线圈联线方式无限制（Star, Delta）。高压电机（双馈）需要结合应用场景的数据，可以对机械、电器、散热进行诊断。

<sup>3</sup>SMS, Smart Motor Sensor 性能指标如下表所示。

SMS	<p>智能电机故障诊断传感器 (ADI SMS)</p> 	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 为集数据采集与无线通讯为一体的终端产品。</li> <li>(2) 传感器具有 9 种自主检测电机异常的诊断能力，可对电机运行状态进行监测。</li> <li>(3) 适用电机范围：0.37kw-500kw。</li> <li>(4) 数据采集频率：实时采集。</li> <li>(5) 发送数据格式：waveform,FFT,rms。</li> <li>(6) 监测振幅范围：±40g。</li> <li>(7) 监测振动方向：轴向和径向。</li> <li>(8) 监测频率范围：1Hz~3KHz。</li> <li>(9) 数据定时上传：数据上传间隔 20min/次，并具有故障重连、断线重拨等功能。</li> <li>(10) 与终端通信方式：WiFi 通信；工作协议：802.11b/g/n；频率范围：2.4GHz。</li> <li>(11) 防护等级：IP55。</li> <li>(12) 供电电压：DC9V-DC12V。</li> <li>(13) 工作温度：-20℃ ≤ +55℃。</li> </ol>
-----	--	---

		<p>(14) 储存温度: <math>-40^{\circ}\text{C} \leq +85^{\circ}\text{C}</math>。</p> <p>(15) 相对湿度: <math>\geq 95\%</math> (无凝结)。</p> <p>(16) 数据查询: 通过 PC 端输入相应账号密码进行查询。</p> <p>(17) 产品认证: CE 认证。</p>
--	--	--

## 技术，原理和功能

将 SMS 传感器连接到电机设备，该传感器开始将数据传输到联桥网云旋转无忧™云平台，其中集成了 ADI OtoSense™ AI 专家系。在初始学习期间，SMS 传感器与 ADI OtoSense™专家系统配合，根据被监测电机名牌参数和轴承型号和系统已有电机模型拟合。学习期结束后，旋转无忧™云平台能够检测电机设备性能异常和生成有关即将发生的电机问题的警报。



图 15 SMS 传感器和旋转无忧™云平台

在初始学习期间，SMS 传感器每 3 分钟向旋转无忧™云平台的 ADI OtoSense™专家系统发送被监测电机数据样本。ADI OtoSense™算法模型提取最有用的参数用于分析目的，并生成为每个参数量身定制的个性化模型。如下图所示。

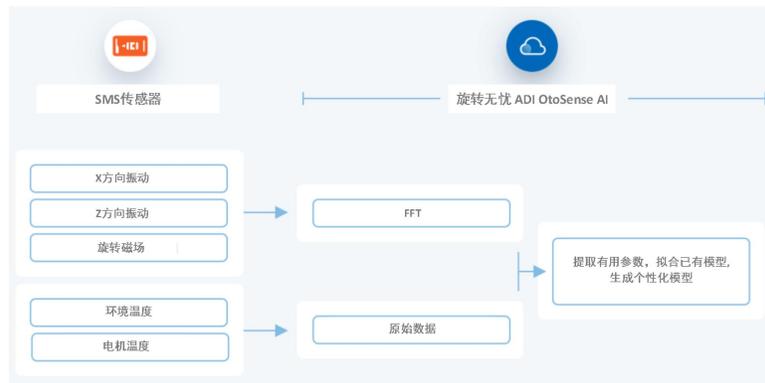


图 16 学习状态和个性化模型生成

学习阶段完成后，旋转无忧™云平台的 ADI OtoSense™会将传入的传感器数据与个性化模型

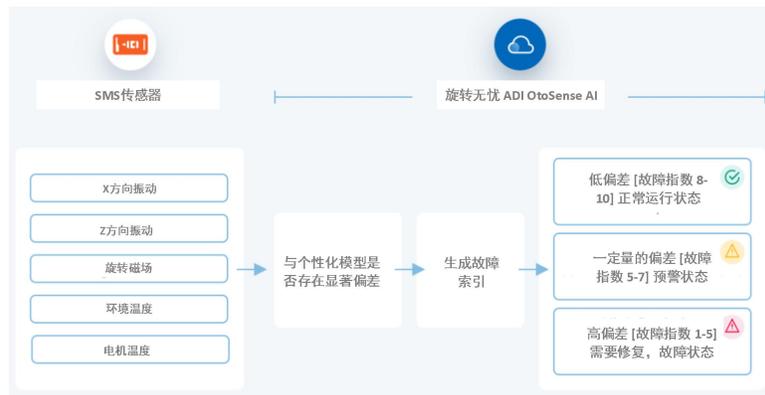


图 17 智能电机故障诊断流程

进行比较，检测到即将发生的电机故障（图 9）有关 10 个关键电机属性，以及原始数据，和处理传感器数据的状态更新可通过 OtoSense SMS 移动应用软件和系统平台的中心化和个性化应用软件平台获得。

根据 SMS 上传的传感器数据，ADI OtoSense™ 专家系统分析可深入了解下面 9 种电机属性，性能，以及整体情况。电机性能问题被归属于第 10 个电机属性，在电机健康评价中体现。



联桥网云旋转无忧™应用云平台的一个主要功能是结合应用场景的原始数据经过算法模型可视化性能属性。简单描述如下：

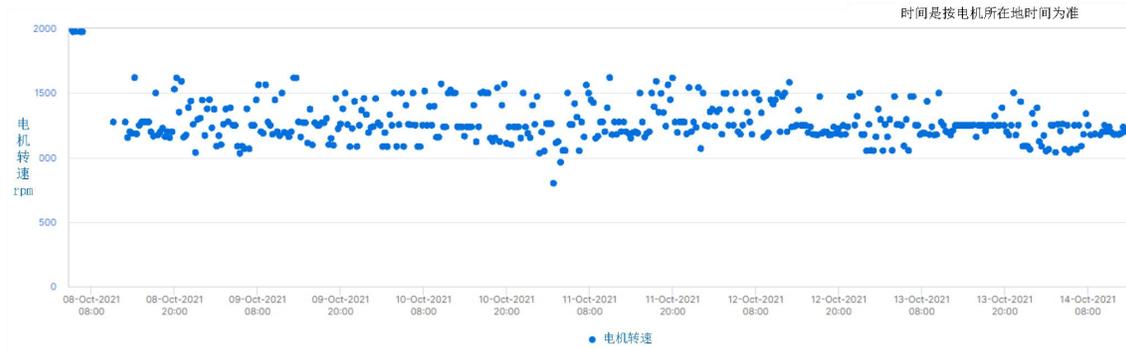


图 18 被监测电机设备转速

1.电机转速可视化，随时间变化的电机转速，参考上图，反应电机在该时间段运行工况频率，根据应用场景可以反映系统效率。比如水泵高效工况区和电机转速（频率）直接相关。电机转速是通过 SMS 采集的原始磁场时间波形（Magnetic Field Time Waveform）数据转换成频谱（FFT），通过 ADI OtoSense™ 专家系统计算生成。属于推算检测信息。

2.振动数据和信息可视化，径向振动频谱（X），参考下图，是由 SMS 振动传感器采集的振动时间波形通过 FFT 转换成振动频谱。属于原始采集数据。同时采集的振动数据还有轴向（Z）振动时间波形和频谱。

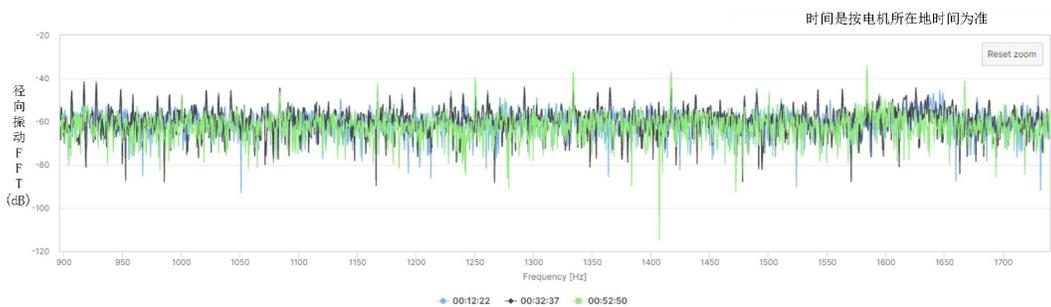


图 19 被监测电机设备径向（X）振动频谱

由采集的振动原始数据通过 ADI OtoSense™ 专家系统计算获得轴向和径向振动加速度，振动速度和振动位移。下图是定性计算径向（X）振动加速度，振动速度和振动位移。

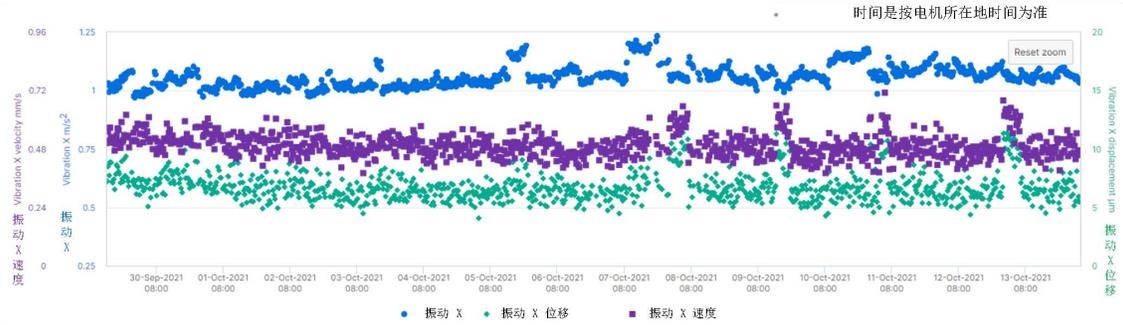


图 20 被监测电机设备径向（X）振动加速度，振动速度和振动位移

3. 磁场数据和信息可视化，SMS 传感器从电机外壳采集获取电机边缘旋转磁场时间波形，通过 FFT 转换成一组磁场频谱，以频率为横轴，分贝 (dB) 幅值为纵轴的谱线。如下图所示。磁场原始数据携带了电机机电信息，结合振动和温度采集数据，ADI OtoSense™ 专家系统可以推测电机运行状态，计算出转速和电流。

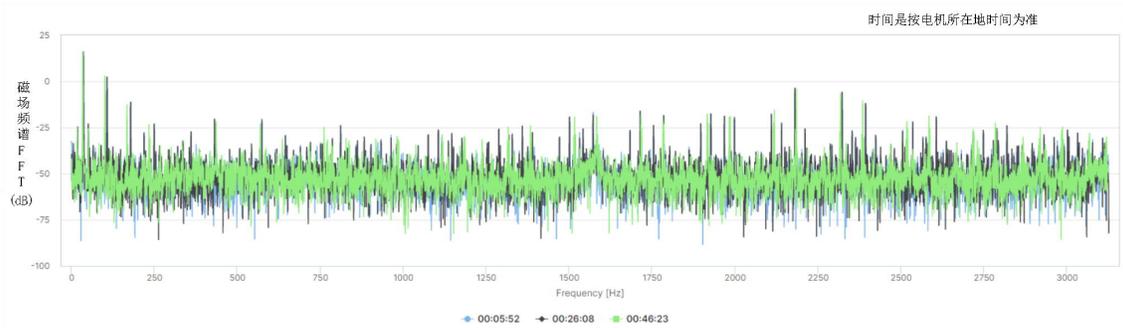


图 21 被监测电机设备径向（X）振动加速度，振动速度和振动位移

4. 电机故障诊断专家系统将采集的磁场原始数据转换成磁场相关的电机性能信息。如下图所示。结合其他采集数据转换成的电机性能信息，ADI OtoSense™ 专家系统可以对电机转子，转子和定子间隙，安装轴对称，运行负荷，电子绕组，外接电源等一系列和电机运行相关变量进行推算评估。通过电机 10 种常见故障进行诊断，评价健康状态。

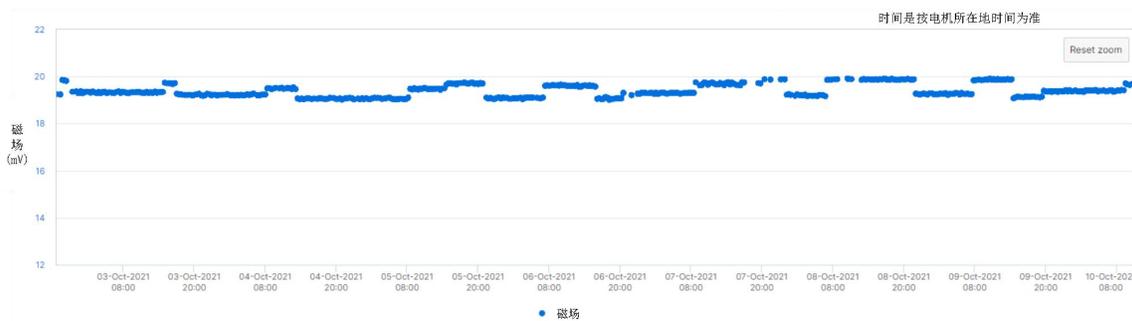


图 22 被监测电机设备由磁场原始数据转换成磁场相关电机性能信息

5.故障诊断预警，基于上述 SMS 采集的原始数据，以及数据信息化转换，ADI OtoSense™ 专家系统通过对应模型，经验参数及实况分析计算出当前被检测电机进行状况。是确有故障还是运行不合理。确有故障则根据严重程度发出预警或报警，并出具可能的原因以及解决方案（结合实际应用场景），如下图。以点的形式表示运行状态，方便系统统计分析和优化衡量。电机状态的额定值为 0-10，其中‘7-10’表示正常运行，‘5-7’表示建议进行监视（预警），‘0-5’表示即将发生电机故障（报警）。



图 23 被监测电机设备故障诊断预警报警可视化

联桥网云旋转无忧™云平台由一组功能模块组成，每一个模块都具备和不同应用场景平台体系进行对接集成，有效的将智 ADI OtoSense™ 专家系统信息集成到其应用场景，解决问题，体现价值。