

设备安康智能管控系统在宽厚板生产线的应用研究

文/山钢股份莱芜分公司板带厂 卢宪强 王 猛 宋程文

本项目研究立足于4 300 mm宽厚板生产线工艺及设备状况，通过设备安康智能管控系统对重点设备的重点部位进行监测数据采集、分析，基于设备结构工作原理及振动、温度数据进行设备故障预警机制及设备劣化趋势研究，从而达到减少故障停机时间、降低维修费用、提高系统安全性及整体提高设备管理水平的目的，现场应用取得较好效果。

机泵等旋转机械设备是钢铁工业领域的重要装置，由于其特殊的结构和理化性质，设备发生突发性故障事故及泄露、爆炸等安全事故的危害及损失巨大。一直以来，因设备的操作不当、运维不善及质量缺陷等原因引起的故障事故时有发生，不仅影响生产单位安全平稳运行，而且给企业和国家造成重大损失。

莱芜分公司板带厂宽厚板生产线由于产线长，设备种类多，为加强设备的管控能力，进一步推行预防性维护机制，通过对现场重点设备的重点部位进行状态监测，并形成分析机制，在设备故障停机前预判备件劣化趋势，及时处理，从而减少故障停机时间，降低维修费用，提高系统安全性。

设备安康智能管控系统

设备安康智能管控系统主要由智能安康无线传感器、数据传输设备及安康管控云平台三部分组成。通过智能安康无线传感器对设备运行数据进行采集，基于LoRa、NB-IoT或WiFi等物联网无线传输协议将大数据上传到云端平台。用户可通过手机、计算机等操作终端对机泵设备运行状态进行智能化监测与管控。系统采用工业互联网的云平台架构，具有极强的可用性、可靠性与可扩展性。利用大数据和云平台，IMSH系统提供设备健康分析与安全管控等增值服务。系统的软硬件架构图如图1所示。



图1 系统软硬件架构图

基于智能安康传感器的即插即用和工业互联网云平台的服务架构，通过人工智能、智慧流体、云计算+边缘计算、大数据和智能传感器的创新应用，为设备全生命周期的安全管控与高效运行保驾护航。项目技术路线图如图2所示。

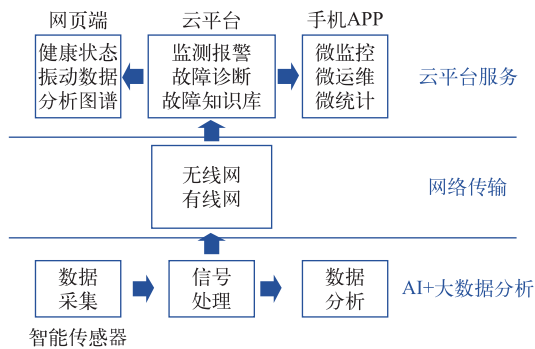


图2 技术路线图

本项目针对宽厚板生产线的主体设备的运行现状，运用一套基于设备健康分析和高效节能一体化的安全控制系统，目的在于及时发现设备故障的早期征兆，避免和减少重大生产事故的发生，从而有效延长设备运行寿命，降低维修费用，提高设备全生命周期的运行整体效率。

关键技术研究

1. 数据采集

以宽厚板生产线现场的机泵设备实地调研为基础，组织各级设备管理人员多次技术交流，最终确定了系统的功能需求和初步方案。经多次研究论证最终确认安装粗轧下接轴支撑轴承、主电动机轴瓦、助燃风机轴承及高压水除鳞电动机等关键设备重点部位143处，其中固定式无线传感器（LoRa）133处，移动式无线传感器（WiFi）10套。

采用1/4-28-M8×1的螺柱，螺柱1/4-28端用来连接传感器，M8×1端连接磁座。为获取准确的数据，传感器按规范安装在指定的位置；在机组轴承外壳确定好传感器的安装位置，清除安装位置上的油漆、锈迹等覆盖物，打磨出一个安装平面，安装平面直径大于20mm，确保磁座底面和安装表面能完全接触；将螺柱和传感器连接后拧到磁座上，使得传感器和磁座完成接触，无松动；在安装平面涂上结构胶和促进剂，然后将装有磁座的传感器固定上去；待胶水凝固后，要确保传感器无晃动现象；为防止接触面生

锈，在安装面外缘露出部分涂刷防腐漆。可依据现场机组传感器实际情况调整传感器的安装方式。

2. 实时监测

通过搭建云诊断平台，实现各个设备监测点数据的实时监测，同步形成监测数据的波形图、频谱图等。实现设备实时状态、历史状态及设备作业率统计，以及健康指数分析、图谱分析和诊断报告推送等功能。通过应用安康管控云上的AI数学模型与安康知识库，对机泵工作状态下的三轴振动和表面温度等大数据进行实时计算与分析推理，实现机泵设备的健康状态诊断分析，并动态出具诊断报告。设备运行频谱图及波形图如图3所示。

3. 分析实例

（1）莱钢板带厂宽厚板生产线粗轧机支撑轴承概要信息见表1。

表1 概要信息

所属项目	设备名称	年运行时间/h	型号	编号	额定转速/(r/min)
莱钢板带厂宽厚板轧钢	粗轧机支撑轴承	4 434	4 300 mm	Jzj002	120
额定电压/kV	最小振动/(mm/s)	统计时间/天	使用寿命/h	厂家	出厂时间
10	0.01	30	20 000	上海重型机器厂	2008-10-9

（2）状态监测

以传感器监测代替人力巡检，实时上传监测数据，通过PC端与手机APP可以随时查看设备的运行情况。包括测点的三个方向的振动值与温度值，当振动值超出正常范围时，会在平台上对该设备进行故障报警与故障预测。

5月17日该设备三个方向的振动值均突然变大，超过设定值的下限，且温度也有明显的升高，判定在该时间段可能存在设备异常运行状态。

（3）图谱分析

通过多种图谱分析及特征值提取，对设备可能存在的故障进行预测，并且采用基于大数据的AI算法，对所有监测的同类型设备的故障数据进行整理分析，进一步提高故障诊断的正确率，能够有效帮助维修人员判断故障类型，制订维修计划。

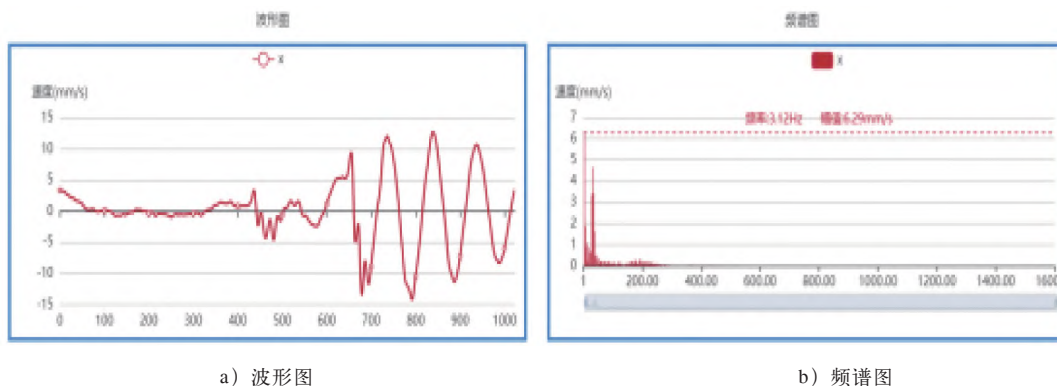


图3 5月17日粗轧上接轴支撑轴承振动数据波形、频谱图

图3为该设备5月17日某一时刻的x方向（径向）的振动波形图与频谱图。从图3a中可以看出该振动信号包含不同的振动频率，且可通过时域图分析出振动的峰值与有效值，并且分析出各种无量纲指标，如峭度指标、裕度指标与脉冲指标等。从图3b中可以看出，主导频率分量出现在3.12 Hz，结合转速得知，该频率为齿轮啮合频率，可以简单判断出该设备的齿轮存在故障隐患。

除了基于波形图与频谱图对设备故障进行基本预测之外，安康平台还基于振动波形数据进行了多种图谱分析，使故障特征更为明显，提取更为方便。

相关性分析分为自相关分析与互相关分析（轴向+径向），主要是以信号卷积算法来分析信号之间的相关性，如图4所示。

相关性分析能够更加突显出振动信号中的周期成分，使原本不是非常明显的周期信号变得更加明显，便于从中提取故障特征。从图6中可以看出，相比于常规波形图，自相关性分析图谱中的周期性更为明显；而互相关分析主要用来判断两个信号间的相关性，如径向与轴向振动信号之间的相关性，能够分析出共存于两个信号之中的周期成分。从互相关分析图中可以看出两个方向的信号具有相同的振动频率。

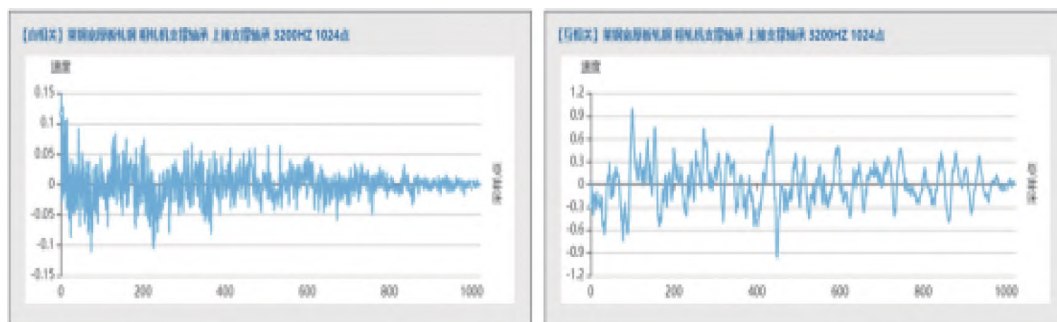


图4 相关性分析图

(4) 评估结果

经过振动波形图与图谱特征值分析，以及AI智能算法等多方面评估，该设备齿轮可能存在一定的故障。

(5) 实际验证

设备智能安康系统持续推送粗轧机上接轴支撑轴承的振动超限报警，系统提供诊断报告反馈可能存在的故障隐患，遂在当天检修期间检查并对接轴承套筒及十字包进行了更换，更换后振动值恢复正常，目前运行平稳。

技术创新点

1) 此前，智能安康无线传感器及基于大数据的故障诊断和预测技术在化工、石化等企业的恒定高速设备上应用，并取得了相当的效果。但在冶金轧钢设备上还属首次应用，对于冶金轧钢设备的实际工况复杂、设备结构多样及作业工艺独特等因素，此次应用具有诸多实际意义。

2) 宽厚板生产线中的主体设备工作机制多为高

(下转第102页)

和风险报告两种形式进行风险监督。

(1) 风险会议

项目部召开风险会议（一般每月一次），组织相关人员对新收集识别的风险进行讨论，确定风险措施、风险等级；对未消除的风险应对措施进行跟进，检查应对措施效果，分析风险趋势并更新风险应对措施等。

(2) 风险报告

风险会议后，项目部根据会议结果起草编制《XXX项目风险分析报告》，风险分析报告包括①项目TOP10概述，当期风险TOP10取消及新增情况简述；②项目风险TOP10排名，明确风险负责部门、风险等级和风险趋势等信息；③风险分析报表，含新识别的风险项和未消除的风险项经过讨论确定后形成《风险分析报表》。风险TOP项目需对风险报告及时进行跟踪和记录。

风险管理参考经验

某项目实施全面风险管理过程中，总体上按照风险管理程序文件的要求有序推进，对项目管理有明显的促进作用。有以下经验供参考：

1) 风险管理需专人负责。风险管理涉及较多的

相关方，风险项的识别、评估、应对和监督等程序较为复杂，必须安排专人跟进。

2) 风险管理纳入项目管理过程中。项目进度管理的行动项可能与风险管理行动项有重叠之处。为减轻负担，将风险管理纳入项目管理过程中显得尤为重要。在项目管理过程中存在的重大问题需及时反馈到风险管理中。

3) 风险的监督和检查。风险管理重在实施和跟进，必要的监督、检查非常重要。风险项应对措施执行不力需及时报告并限期完成。

结束语

根据全面风险管理的要求，将风险管理应用在某核电科研项目具体实施过程中，对项目管理有明显的促进作用，积累了风险管理的宝贵经验，有益于后续项目管理，特别是风险管理能力和水平的提高。EA

参考文献

- [1] (美) Project Management Institute. 项目管理知识体系指南[M]. 5版. 北京: 电子工业出版社, 2013: 309-310.

(收稿日期: 2022-03-15)

(上接第99页)

冲击、中低速和往复式，相对于恒高转速设备的诊断研究应用已经日趋成熟，设备振动诊断专业对于低速重载设备的劣化趋势、振动规律的研究还相对较少，故此项目将宽厚板生产线中代表性设备（粗精轧机、双边剪等）中的关键部位的故障诊断方法研究与应用作为重点研究内容，长期连续收集监测数据，深入研究其变化规律，制定并不断优化其报警阈值，对现场低速重载类设备的诊断起到实际作用。

应用效果

(1) 减少设备故障停机时间

由该平台提供振动监测与云计算、大数据健康分析等服务，使得设备故障的早期征兆可以被及时发现，避免和减少重大的生产事故发生，从而有效地降低事故的发生率，为企业的安全生产提供有效保障。重点设备故障率较往年降低了0.54%。

(2) 降低维修成本

利用设备的在线安康监测技术，可发现设备的早期隐患，安排相应的维修人员进行视情维修，将设备故障遏制在萌芽状态，有效节约维修成本，提高设备管理水平，降低备件维护成本。

(3) 提升点检安全绩效

在加热炉、高压除磷系统及轧机进出口机架辊等存在煤气、高温和高速点检高风险区域安装无线传感器，降低了设备维护人员点检的安全风险，提升了设备管理专业的安全点检绩效。EA

参考文献

- [1] 张鉴斌. 某电厂保安电源系统改造的可行性探讨[J]. 价值工程, 2014 (33): 21-22.
[2] 尚轩, 方旭. 通信机房UPS电源的设计与维护思考[J]. 现代制造技术与装备, 2019(2): 56-57.

(收稿日期: 2022-03-22)