

精密点检



全寿期维修



以可靠性为中心的维修



预测性维修



预防性维修



事后维修

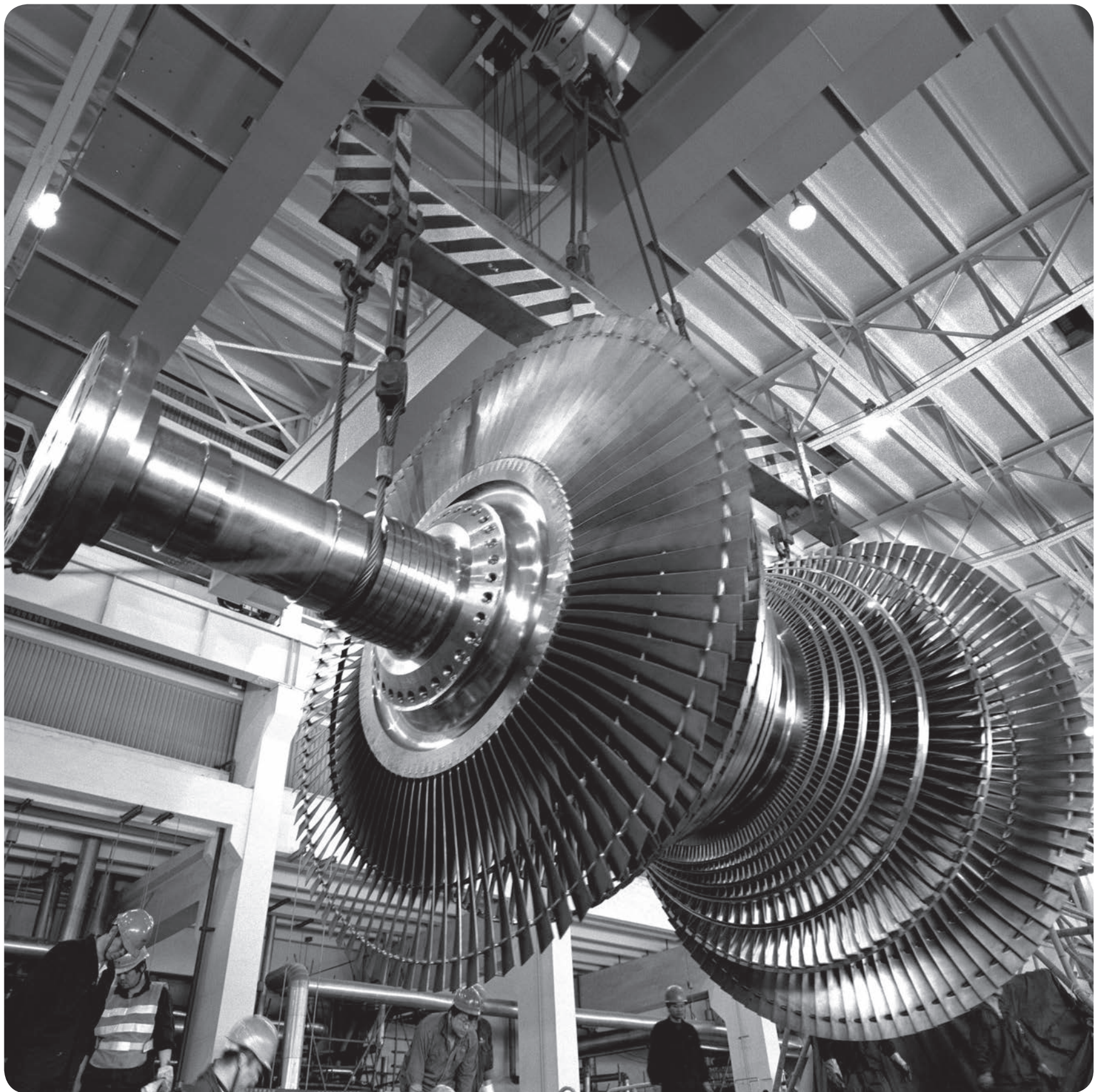
BEC 必可测
Innovator of EAM
设备管理技术创新者

精密点检解决 7 大问题：

- 1、所有辅机完全实现状态检修
 - 2、减少 98% 的非停与降负荷事故
 - 3、杜绝排放事故
 - 4、主机大修时间延长 2-6 年
 - 5、运维费用降低 30%
 - 6、数字化网络化智能化管控平台建立
 - 7、区域内人力资源统一调度
- 故障信息与解决方案资源共享

BEC 必可测科技

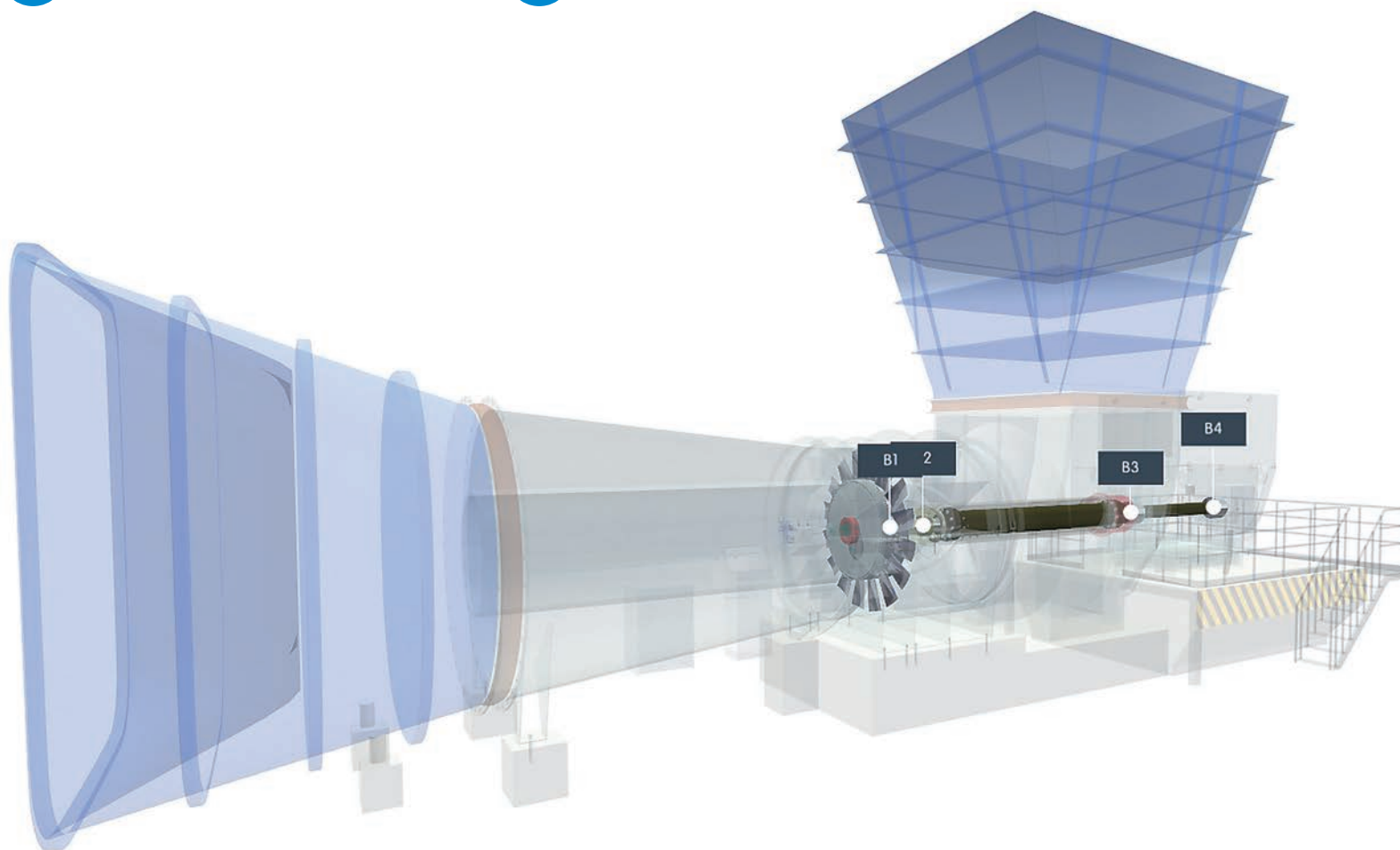




目录 CONTENTS



P ₂	理念	P ₂₆	对象
P ₄	流程与方法	P ₂₈	目标与效果
P ₁₀	技术	P ₃₀	高端培训
P ₁₄	工具	P ₃₂	业绩
P ₂₂	软件平台	P ₃₄	实效案例



是一种精益经营模式；是一种创新管理方法；是一套科学流程方法；是一套综合技术体系；
是一种前卫管理文化；是一个有机管控平台；
是世界观与方法论的统一；是关于设备管理的理念、流程、方法、工具与效果的“五位一体”；
是一种信仰与力量。



《黄帝内经·素问》：不治已病治未病，不治已乱治未乱。

唐·孙思邈《备急千金要方》：

上医医未病之病，中医医欲病之病，下医医已病之病。

必可测科技，始终遵循“上医”之道，致力防患于未然——在设备发生故障之前，运用多种先进手段进行精准预判，及时采取维护措施，消弭一切可能出现的问题。



从被动到主动：

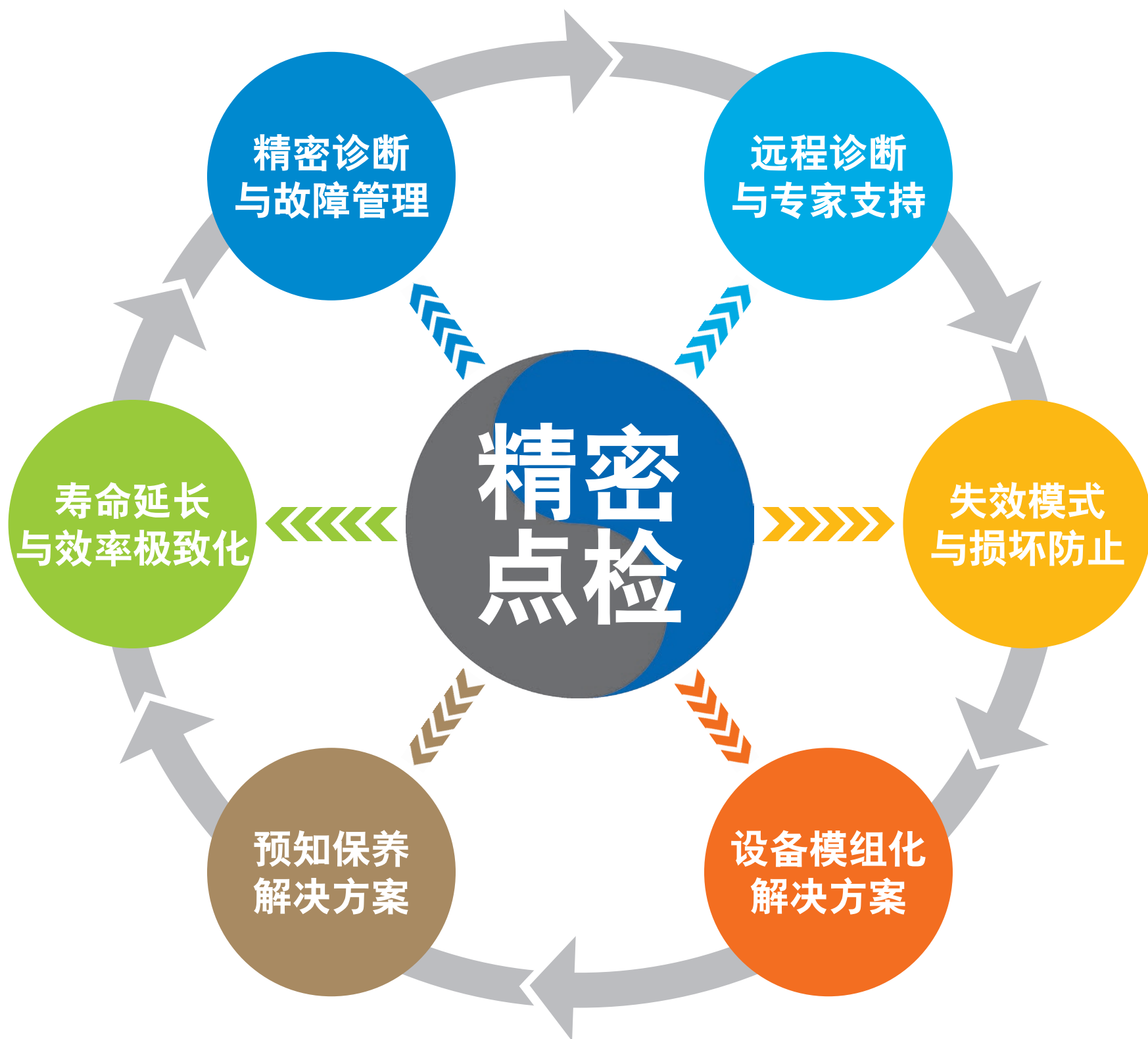
改善像一片沃土，培育微小而持续的改变，实现至臻境界。

必可测科技，始终坚持结合运用美国“以可靠性为中心”的设备维护策略，及日本“持续改善”的原则和方法，以精确的维护手段，实现设备全寿期的最优化管理。



一切完美的事物，无一不是创新的结果。

必可测科技，始终持续关注设备的稳定性和长效性，通过建立坚实的设备管理制度及同步跟进的人才培训，最终帮助用户达到设备管理的至臻境界——设备寿命极致化、企业效益极致化、人文素养极致化，成为世界级企业。



精密点检

是一种精益经营模式

是一种创新管理方法

是一套科学流程方法

是一套综合技术体系

是一种前卫管理文化

是一个有机管控平台

是世界观与方法论的统一

是关于设备管理的理念、流程、方法、
工具与效果的“五位一体”

是一种信仰与力量



精密点检 成功的关键



方法

以设备的全寿期为管理对象、以多技术矩阵为工具、以优化的状态检测和精密诊断为核心、以指导优化检修和提供世界级维修技术为保证。

交付物

完整的“精密点检”《工作标准》《技术标准》和《管理标准》。精确完善的专家智能诊断系统、远程诊断平台、精密总体检报告、完整故障解决方案、设备保养品质管控体系、仪器工具和培训，及确定的效果。

发现问题



导入精密点检知识体系



应用关键性矩阵
确定设备范围



根据设备种类确定检测
技术手段和检测标准

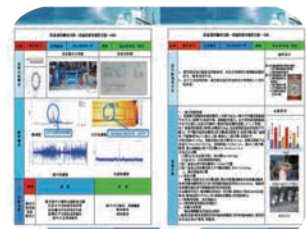


确定设备失效模式、
原因及损坏防止对策



进行设备总体检并出具
详细的总体检报告

解决问题



根据诊断结果出具
详细改善解决方案



解读故障模式及原因，
阐释改善方案如何执行



专家现场指导改善



双方验证改善结果



典型案例研讨会

预防问题



远程诊断平台建立



软件系统技术培训



设备故障交互处理示范



系统安装及日常维护培训



技术升级再培训

全 寿 期 管 理



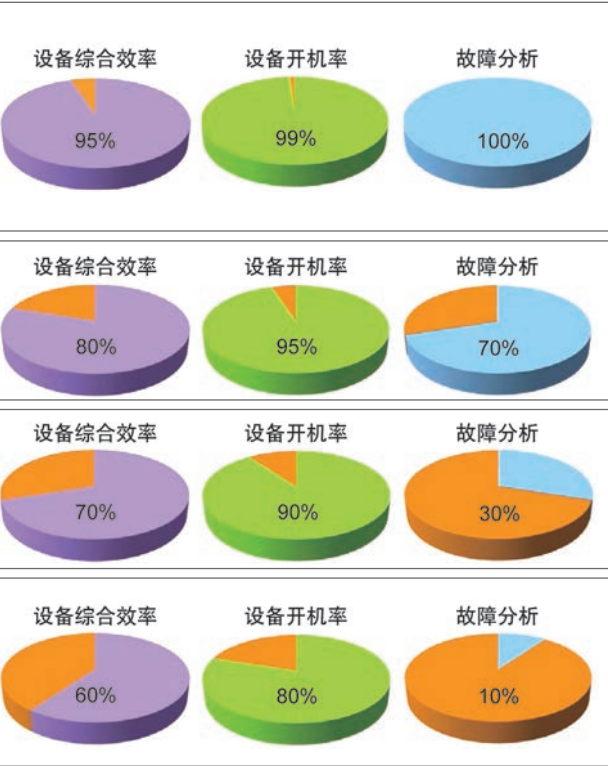
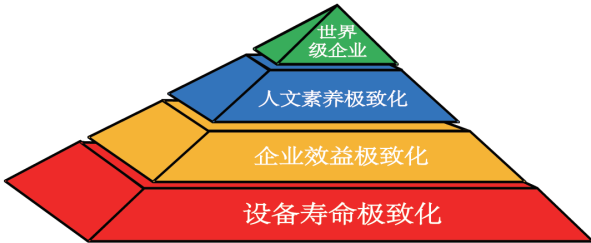
世界级企业可靠度体系

只有通过全寿期设备管理，才有可能实现设备管理的极致化；只有实现设备管理的极致化，才能创造企业效益的极致化；设备管理极致化和企业效益极致化，必然要求企业员工人文素养极致化。真正的世界级企业，建立在这三个极致化的基础上。

RCM：以可靠性为中心的维修

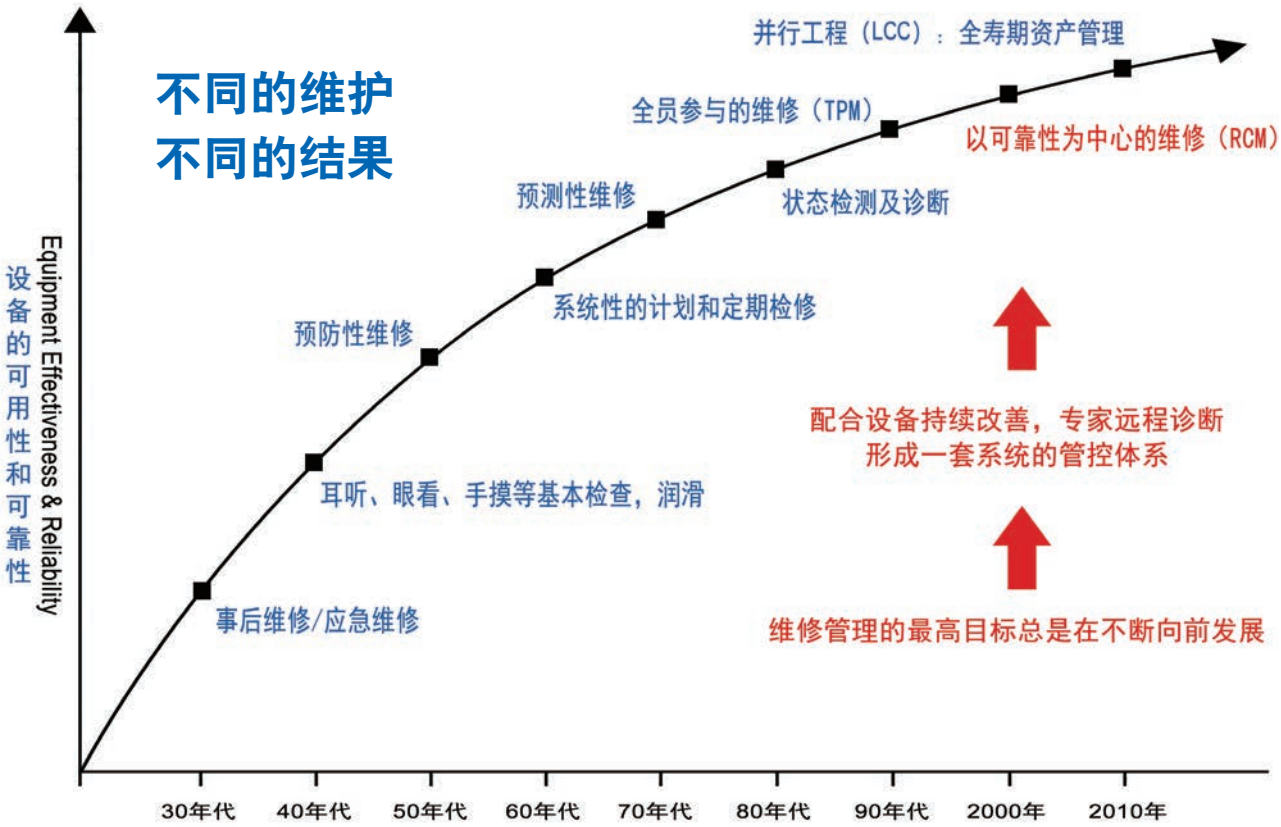
设备可靠度提升的历史脉络 ↑

全寿期维修—LCC	目前正在发展的最先进的管理模式。通过整合各种设备管理资源，把管理过程从状态监测、根源性分析、可靠度提升延伸到了设计缺陷分析和寿命延长等环节，进而干预工程设计、设备监造、运行维护及报废处理，大幅度延长设备寿命和检修周期。本模式的直接维修费用约占设备价值的 1.0% ~ 1.5%。
以可靠性为中心的维修—RCM	90 年代开始推广的模式，其中包含了全员参与的主动性维修（TPM）。此模式采用高级分析仪和智能化分析软件，准确量化设备状态，对故障机理进行根源性分析，能够发现萌芽阶段的故障特征，并及时提供解决方案，予以干预调整，确保设备运行在最佳状态。该模式从传统的功能性修复提升为以可靠性为中心。本模式的直接维修费用约占设备价值的 1.5% ~ 2.0%。
预测性维修	又称状态维修，是 80 年代初的主要维修模式，采用高级分析仪器和软件工具，帮助量化设备状态，能够发现早期的故障特征，提前规划检修任务，避免故障扩大，提高设备的可用率。本模式的直接维修费用约占设备价值的 2.0% ~ 2.5%。
预防性维修	即定期检修加事后维修，是 70 年代的主要维修模式。此模式采用简易的听针、点温仪等工具并继续使用眼观、耳听、手摸等原始手段进行检查，能够发现进行着的故障特征，并在恶性事故突发前采取措施。本模式的直接维修费用约占设备价值的 2.0 ~ 3.0%。
事后维修	又称救火式维修，是 20 世纪 60 年代以前的主要维修模式。维修人员主要采用眼观、耳听、手摸和简单润滑等初级技术手段，并根据自身经验进行状态判断。由于经验的无法量化及不易传承，往往在设备故障发生后采取措施，其损失往往十分巨大。本模式的直接维修费用约占设备价值的 2.8 ~ 3.5%。

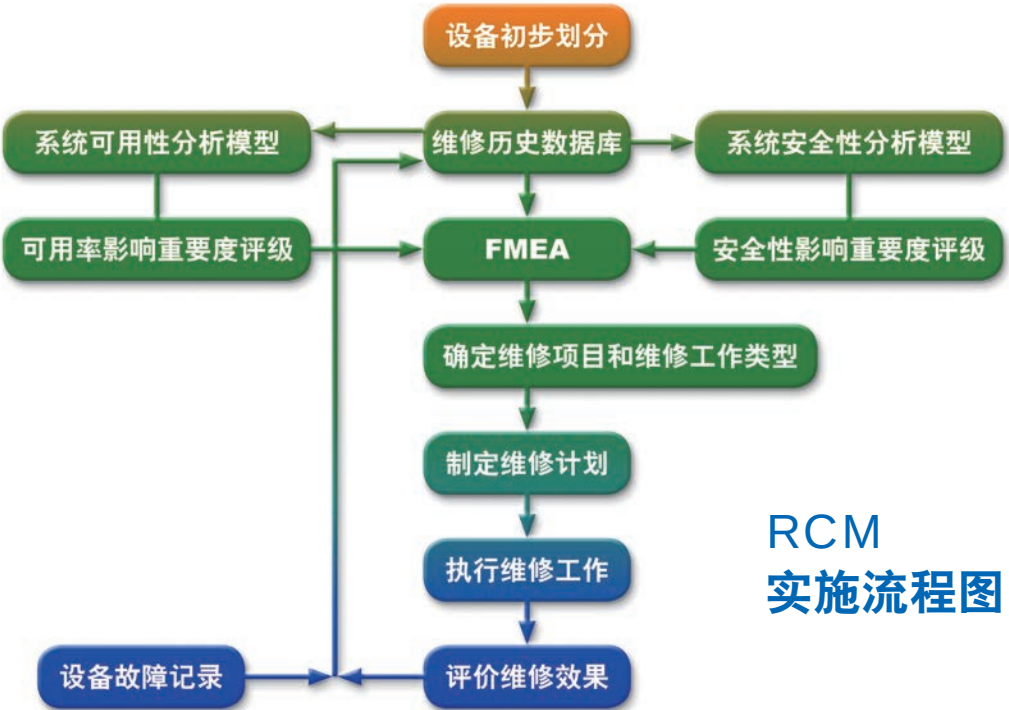


以可靠性为中心的维修可产生的巨大效益

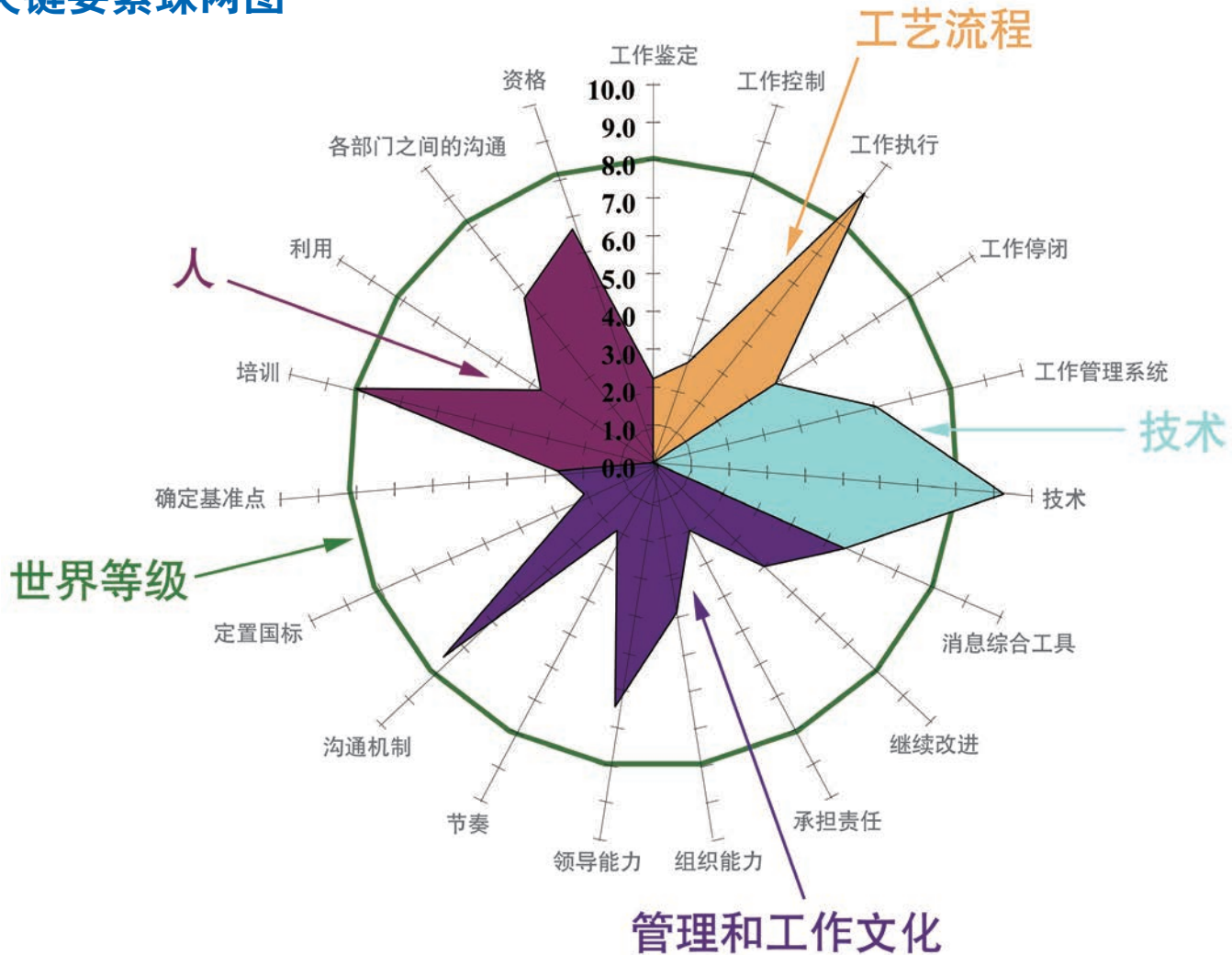
- 非计划停机减少 98%（比前三年平均数）
- 设备可靠度提升 7%
- 设备生产率提升 2 ~ 40%
- 设备寿命延长 1 ~ 10 倍
- 事后维修工作减少 30 ~ 40%
- 维修费用降低 7 ~ 60%
- 备件库存降低 10 ~ 60%
- 备件库存周转率提升 50 ~ 75%
- 维修资源得以优化配置
- 提升计划执行力
- 完成由事后维修向主动预防及预测性维修的转变
- 提供持续改善的方法与流程
- 细化工单，标准化作业
- 安全与环境保护显著改善



- 通过对系统设备进行功能与故障分析，明确系统内各故障的后果；
- 用规范化的逻辑决断方法，制定出针对各种故障的预防性措施；
- 通过现场故障数据统计、专家评估、量化建模等手段，在保证安全性和完好性的前提下，以最小的维修停机损失，和最小的维修资源消耗为目标，优化系统设备。



维护关键要素蛛网图

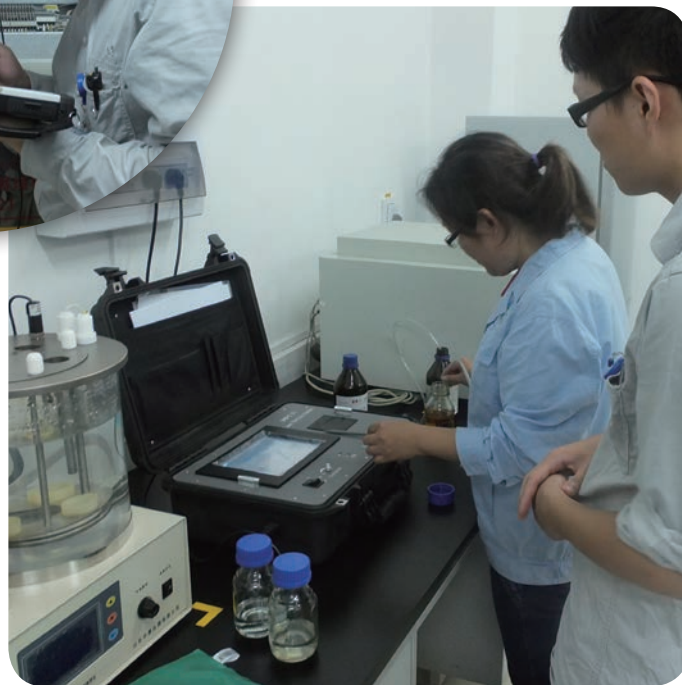


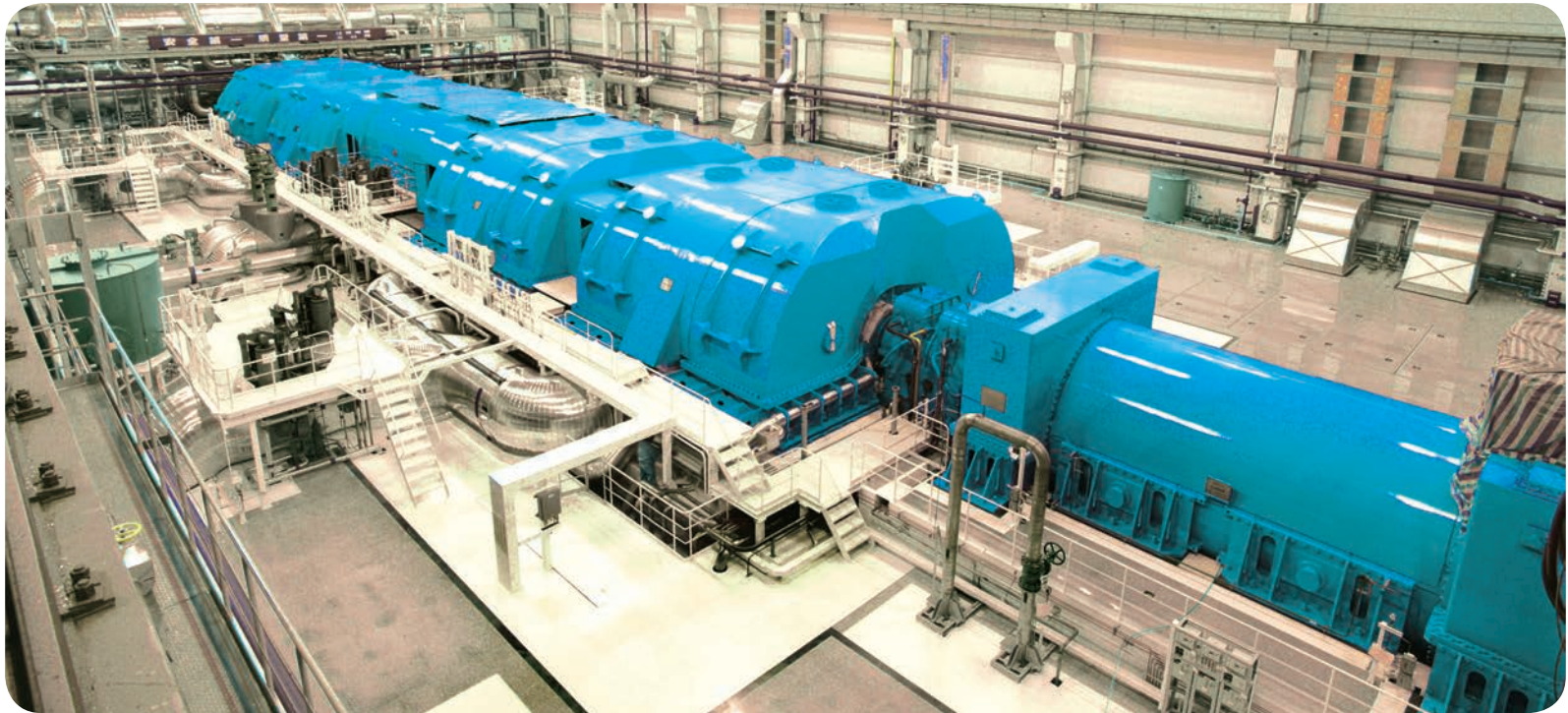
- 根据企业设备维护方面的管理水平，由低到高可以将其分为应急型、维持型、改进型和优化型四个层次。应急型企业执行事后维修策略，在设备出现故障甚至导致严重后果时才救火似的突击维修；维持型企业执行预防性维修策略，严格按照计划定期检修设备，以不发生意外为首要目的；改进型企业通过在维持型水平基础上，通过培训团队强化纪律等措施，使设备开机率和企业竞争力达到行业平均水平；而优化型企业通过引入最先进的管理体系并有组织地学习，从而不断提高设备可靠度和延长寿命，提升企业效率；
- 任何企业都应该不断提高自身设备维护能力，以期达到世界级效率水平，从而提升企业效益。但首先企业应客观认识自身所具备的成熟度，才能采取正确合理的改进措施；盲目追求最新技术及最先进的维修策略，有可能导致事与愿违的结果。

P₁₀

技术

运用 **振动、红外、超声、油液、电流** 等技术,进行完整的设备全周期化精密总体检





汽轮机设备总体检技术

设备不需停机

- 振动频谱分析诊断技术
 - 油品分析诊断技术
 - 设备相位变位诊断技术
 - 设备应力分析诊断技术
- 固有频率分析技术——可以诊断大部分常见的问题
 - 轴心轨迹诊断技术——设备变位分析，设备疲劳变形诊断
 - 变频超声波诊断技术——设备接触面不正常磨损诊断
 - 设计分析诊断技术——可以诊断同类型设备的共性问题

- 功 能

 - 设计异常诊断
 - 设备基础异常诊断
- 组装异常诊断
 - 设备系统异常诊断
- 设备变形异常诊断
 - 设备及组件老化疲劳异常诊断

应用范围：汽轮机本体及附属设备



电磁阀总体检技术

设备不需停机

- 超声波机械诊断技术
- 控制信号诊断技术
- 控制阀诊断技术

- 功 能

 - 电磁阀动作不良
 - 电磁阀开合度不良
- 电磁阀时序问题
 - 电磁阀内漏、外漏

应用范围：所有电磁阀



电机总体检技术

设备不需停机

■ 电流频谱诊断 ■ 温度诊断 ■ 超声波诊断 ■ 振动分析诊断

功 能

- 诊断电机的机械问题：轴承问题、设计问题、对中问题、润滑问题、转子弯曲问题、热膨胀不良问题、共振问题、配合公差问题、间隙问题、组装不良问题、加工不良问题
- 诊断电机的电气问题：转子问题、定子问题、定子端环问题、三相不平衡、动静态不对中、匝间短路问题、绝缘问题、谐波问题、轴电流问题
- 诊断电机的控制问题：控制卡问题、控制盘问题、缺相问题

应用范围：发电机、交流电动机、直流电动机、变频电机、伺服电机、同步电机、步进电机、电机控制系统、电机变频系统、电机负载分配系统、电机传动机构及其他相关设备



泵类设备总体检技术

设备不需停机

■ 振动频谱分析诊断技术 ■ 油品分析诊断技术 ■ 设计分析诊断技术
■ 轴心轨迹诊断技术——设备变位分析，设备疲劳变形诊断
■ 解调分析——可对滚动轴承和齿轮故障进行早期诊断
■ 变频超声波诊断技术——设备接触面不正常磨损诊断
■ 设计分析诊断技术 ■ 设备应力分析诊断技术

功 能

- 设计异常诊断 ● 组装异常诊断 ● 设备变形异常诊断
- 设备及组件老化疲劳异常诊断 ● 设备基础异常诊断
- 设备系统异常诊断 ● 齿轮啮合异常

应用范围：磨煤机、风机、空压机、真空泵、齿轮箱、水泵、油泵



变频器总体检技术

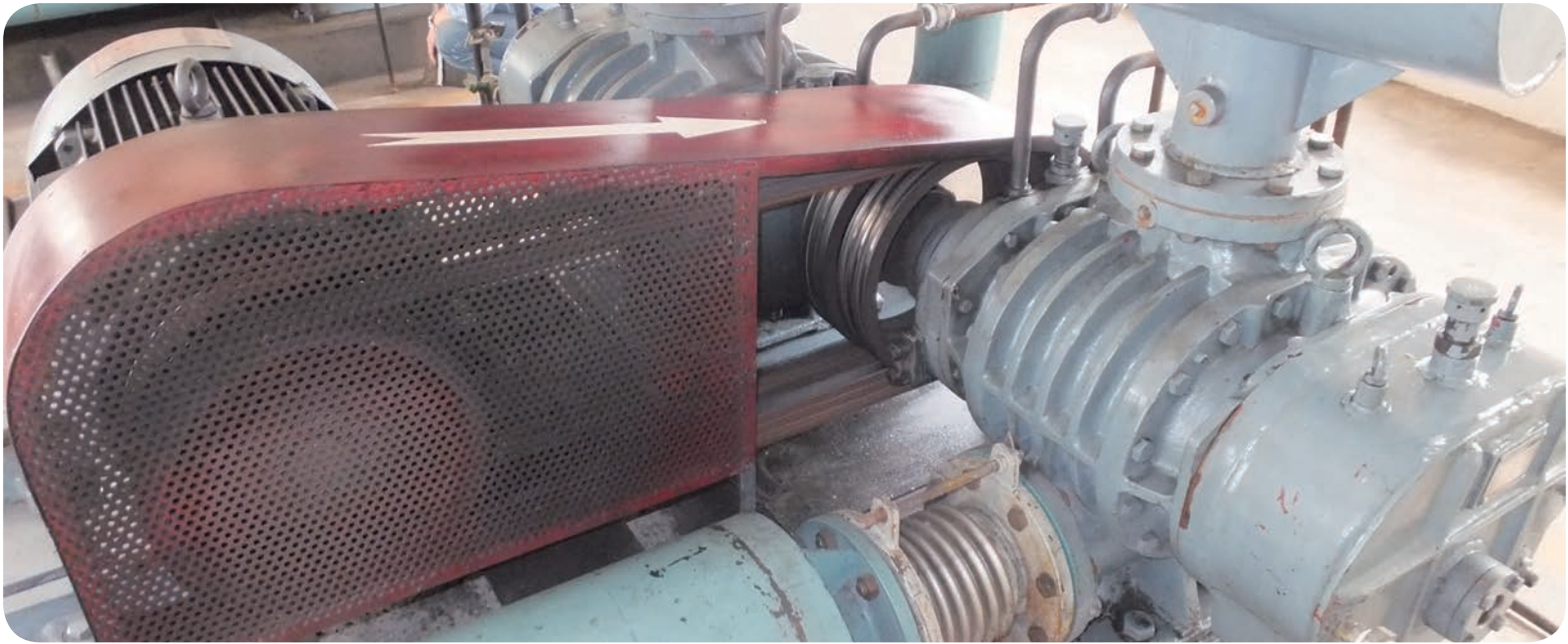
设备不需停机

■ 电流频谱诊断 ■ 红外温度诊断 ■ 超声波诊断

功 能

- 变频器控制异常诊断 ● 电子接点诊断 ● 干扰诊断

应用范围：变频器及控制卡、触发卡、电子接点等相关组件



皮带机设备总体检技术

设备不需停机

- 振动频谱分析诊断技术
- 皮带张力诊断
- 皮带平行诊断
- 油品分析诊断技术
- 解调分析
- 设计分析诊断技术
- 设备相位诊断技术
- 齿轮箱分析诊断技术
- 设备磨损状况

- 功 能
- 设计异常诊断
- 设备基础异常诊断
- 组装异常诊断
- 设备系统异常诊断
- 设备变形异常诊断
- 设备及组件老化疲劳异常诊断
- 设备材质异常诊断

应用范围：压缩机、泵、齿轮箱、风机、皮带机、联轴器、输送系统、冷冻机、粉碎机及其他转动设备



变压器、高低压断路器设备总体检技术

设备不需停机

- 电磁应力诊断技术
- 局部放电诊断
- 热成像诊断技术

- 功 能
- 实现对变压器的综合数据分析与诊断，一旦发现异常状况可以及时进行纵向和横向比较，通过多种分析方法佐证故障的类型和状态。从而给出准确的预警信息，为设备的正常运行、故障运行、超负荷运行等情况提供强有力的数据支持
- 变压器局部放电测试，高低压盘异常、负载分配压降问题
- 谐波问题、突波问题、控制器问题、接点异常、电缆线击穿放电效应、电弧效应、绝缘油劣化、变压器跳闸、电能质量异常、压降问题、接头老化、控制系统异常、电缆异常、接地异常

应用范围：变压系统、高压设备、电力线系统、MCC 系统、发电系统、接地系统、配电系统

P14

工具

创优 CX10

世界上最先进的
振动分析仪和故障诊断仪



创优 DP-1

具有蓝牙通信功能的
数据处理器和采集设备



10 英寸显示屏，功能强大、经久耐用
最大限度满足您的需求

创优 CX10

诊断数据采集仪 / 专家智能诊断分析仪

- 设备有无故障诊断精度 99%
- 设备故障类型诊断精度 96%
- 故障严重程度诊断精度 89%
- 超过 4700 条故障设备规则
- 独特的分离模块化设计，为您带来平板电脑的使用体验
- 4 通道同时采集数据，加上专业的速度传感器，让您体验更高级的数据采集
- 强大的蓝牙连接，最大程度上让数据采集人员远离危险，保证工作环境的安全性
- 专家自动诊断集成设计为经理和公司决策者提供各种解决方案

BKC-EA

世界上最先进的
专家诊断系统

BKC-EA 专家诊断系统是基
于 60 多年现场消缺实践经验
开发而成。从而使创优成为独
步天下的转机故障诊断分析
仪。BKC-EA 系统集设置、
采集、自动分析处理机械设
备的振动数据功能于一身，并
可给出分析诊断结果，报告机
械设备的运转状态，提供维护
检修建议，协助设备管理工程
师，做出科学的检修计划决策。

诊断系统	自带专家诊断系统，集数据采集、诊断分析于一体，EA 专家诊断数据库包含了 4700 多条故障识别规则，针对各种故障类型做出准确判断，给出严重程度和维修建议，真正做到有的放矢
通道、传感器	四通道同步数据采集，使用三轴传感器和安装垫，对比同类产品至少节约 2/3 的采集时间，独到的安装垫设计保证数据准确和易于对比，即使是刚入手的工程师也能做到高质量的检测
数据库设置参数	包含机器诊断所需的所有信息，附有工厂、区域、设备照片和图纸，可以灵活根据需要填写设备的细节信息和报告备注，简单易会
操作系统	搭载 Win7 操作系统，小巧轻便操作简单，全中文操作界面
分辨率	最大分辨率 12, 800
电流和磁通分析	没有设置磁通分析，电流分析完全能达到对电机分析的要求
轴承分析	轴承故障分析使用倒谱分析，EDAS 轴承诊断，调制解调
可用动态范围	>104dB
可选应用程序	四平面动平衡，ALERT RTA 高级分析软件，ALERT 数据库复制
外部通信	USB，以太网，LAN，Wi-Fi，蓝牙，进行数据传输更加满足现场需要
现场使用	配有专业腰带，仪器和工器具方便携带和采集
是否兼容第三方软件	是

多种附件可供选择



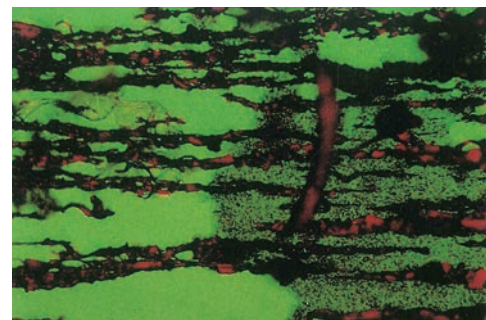
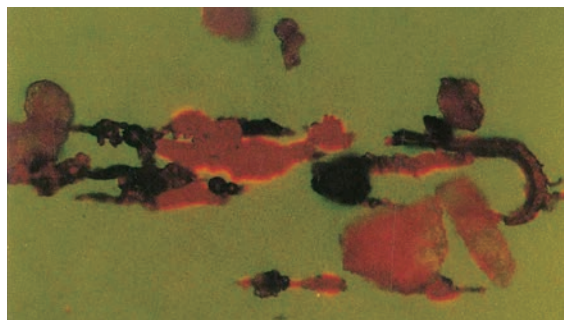
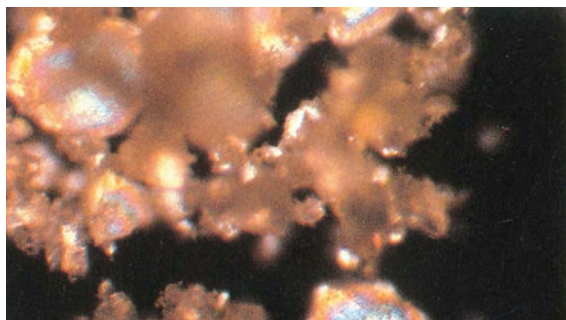


VMAS

可视化润滑油液分析仪

VMAS 可视化润滑油液分析仪，是针对润滑油所包含的磨粒、理化信息开发铁谱、粘度、水份三种不同原理及目标的油液分析系统。此系统实现了检测信息图像可视化，通过在线铁谱传感器、在线粘度传感器、微量水分传感器三种监测传感器的集成组合，实现重大装备的磨损状态、润滑性能的多维监测，应用信息融合技术实现机器摩擦学状态的判断、故障预测、寿命分析等。

VMAS 系统采用流量和电磁场控制磨粒的选择性沉积，通过 CMOS 图像传感器采集铁谱磨粒图像信息，由计算机与专用采集卡之间的通信实现参数自动化控制、图像采集、图像分析功能。同时系统可以通过网络技术实现工业现场的多点采集、远程监测功能。



一、系统特点

1. 设计实现了磨粒群和单个磨粒参数的快速提取，对软件通过处理方法进行了封装，用户只需要少量的操作步骤，便可实现信息磨粒提取；
2. 设计了标准化的谱片分析流程，用户只需要按照操作步骤对谱片进行分析，提高了分析的效率；
3. 提供了人机交互的接口，用户可以对软件判断的结果进行修正，并且软件具有自学习和记忆的能力，可以逐渐学习并积累专家的知识，形成一个发育成长的智能体；
4. 设计了特征单磨粒的知识库管理，记录所有操作过的单个磨粒及其图像。

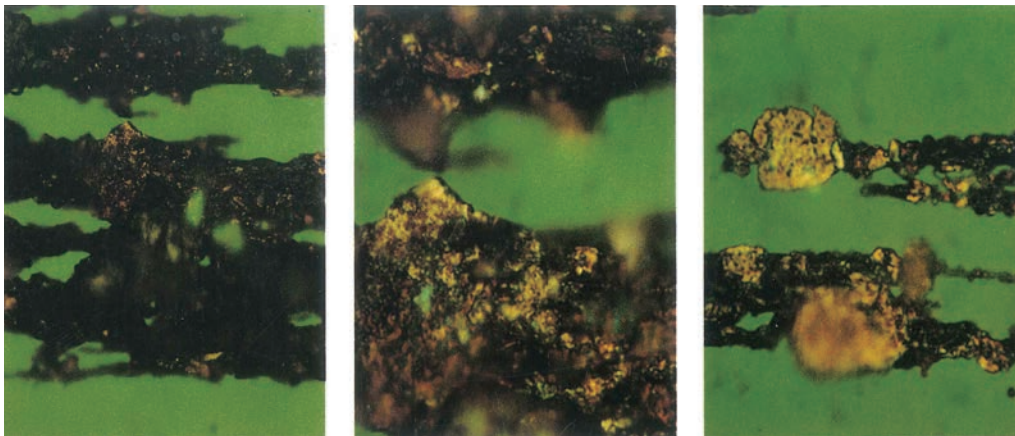
二、系统功能及应用

1. 在线监测：嵌入式系统可以提供在线、全寿命、无人、远程监测；
2. 实时预警：强大数据分析提供可提供预警设备磨损、润滑失效故障信息；
3. 故障追溯：全面的数据库可提供历史磨粒图像数据实现故障回溯分析；
4. 可靠兼容——小巧体积和模块化程序可以方便地嵌入已有监测体系。

VMAS 系统可应用于发动机、液压装备、齿轮箱等有油润滑部件的；根据磨粒浓度可以提供实时报警，趋势预测功能；通过保存，从而给出机器磨损状态与寿命的判断。

三、应用价值

1. 确定设备合理的换油时机；
2. 检验设备用油品质，防止假油或油错用对设备造成损害；
3. 确定设备主要磨损机理及程度，实现设备资源合理调度；
4. 诊断正在发生或潜在故障，为设备维修决策提供依据；
5. 将设备维护过程与环境污染控制有机结合，达到设备维护目标与环保目标和谐统一；
6. 对设备的合理润滑提供咨询，实现设备的科学养护；
7. 为润滑油、摩擦元件等相关产品的改进和创新提供依据。





UT270 超声检测仪

设备故障检测最佳工具

超声是指超出人类听力范围（> 20 kHz）的噪音，市场上很多廉价检测装置都叫超声检测仪，但从实际功能而论，只是简单的噪音放大器。生产检测超声的电子元件容易，但研发生产用于检测特定频率的超声电子仪器比较难；生产能从不同频率源或噪音源中识别故障频率的超声检测仪器更难；能集成不同技术原理和手段，对运行设备故障进行综合诊断和交叉定位，则难乎其难，并且需要极高的专业知识和费用。由比利时和加拿大的联合企业 U·SDT 公司，经过 30 年的技术研究和升级，结合广泛而具体的设备现场运行经验，研制出能识别不同设备故障频率的检测仪，并集成多重技术手段，对设备状态进行交叉技术诊断，确保状态检修的正确趋势表达与管理，其超声检测技术领先世界。





高精度、良好重复性

任何状态检修计划和实施的成功都取决于有价值的数 据。兼具实时检测与数据采集功能的 UT270 设备故障巡 检仪具备无比的精度和重复性，能达到对运行设备进行 100% 的实时检测！甚至，来自设备状态检修的最佳工 具—UT270 设备故障巡检仪还可让你更近一步。



多功能

世界上只有 UT270 设备故障巡检仪能够提供一揽子状态维护解决方案。它重新定义了超声波检测的力量，也 重新定义了多功能的力量。把人类听觉的范围延伸到极致！它既能检测所有电气设备的局放故障，又能检测所 有旋转机械的磨损故障，并对其润滑状态进行评估，同时又能检测压力容器及管道的内外气液泄漏，成为工业 企业堵漏增效的节能中心。它是一套既能满足你目前预算的系统又能随着你将来的需求而不断扩展和升级，将 现在和将来的最新科技置于你的掌握之中！



智能化

UT270 设备故障巡检仪可以通过连接并自动识别不同的传感器，同时检测设备的温度、流量、转速等多种过程 参数，这就意味着按更少的按键和实现更高的工作效率。只需插好传感器，UT270 设备故障巡检仪替你搞定。



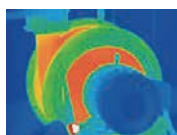
UT270 超声检测仪技术规格	
功 能	多功能检测器
显 示	高对比度、带背光 LCD，100×32 像素
键 盘	8 个功能键
量 程	-10dBmV ~ 120dBmV
分辨率	0.1dBmV
信噪比	-5dBmV
灵敏度	可检测到压力 6psi(0.042MPa)、孔径 0.004(0.1mm)、距离 70 英尺 (22m) 的泄漏
最低极限	1×10-2 ~ 1×10-3 std. cc/sec. SF6 气体
精 度	± 0.5dBmV
带 宽	(-3dB) 2kHz
频率范围	0-200KHz，取决于传感器
自动关机	在预设时间后自动关机
工作温度	-15℃ ~ +60℃
外 壳	轧制铝材，橡皮保护套
重 量	约 700 克（含电池和皮套）
尺 寸	203×38×88（L×H×W）mm
电 池	1.3 Ah 可充电镍氢电池，背光关闭时使用 8 ~ 10 小时
充电时间	5 ~ 6 小时
寿命	500 ~ 1000 次充 / 放电循环



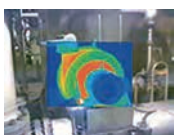
远红外热像仪

那一刻,您才更能体会

优异的图像质量



全红外



画中画



红外 / 可见警报



全可见

借助 320x240 传感器能够快速找到问题，从而形成清晰的图像；

通过业界领先的热灵敏度（NETD）甚至能够识别微小的温度差异；

通过 IR-Fusion® 红外可见光融合专利技术实现可见光图像和红外图像自动对准；

可选配长焦镜头和广角镜头扩展了热像仪用途，并可满足特殊应用需求；

易于使用

直观的三按钮式菜单使用方便——只需用拇指按动即可浏览；

无需携带笔和纸——通过语音即可记录检测结果。每幅图像均可配备语音注释；

单指连续调焦、发射率修正、背景温度补偿、发射校正功能提高了测量精度；

可调背带，便于左手或右手使用。



坚固耐用

防尘、防水，经测试
防护等级为 IP54。

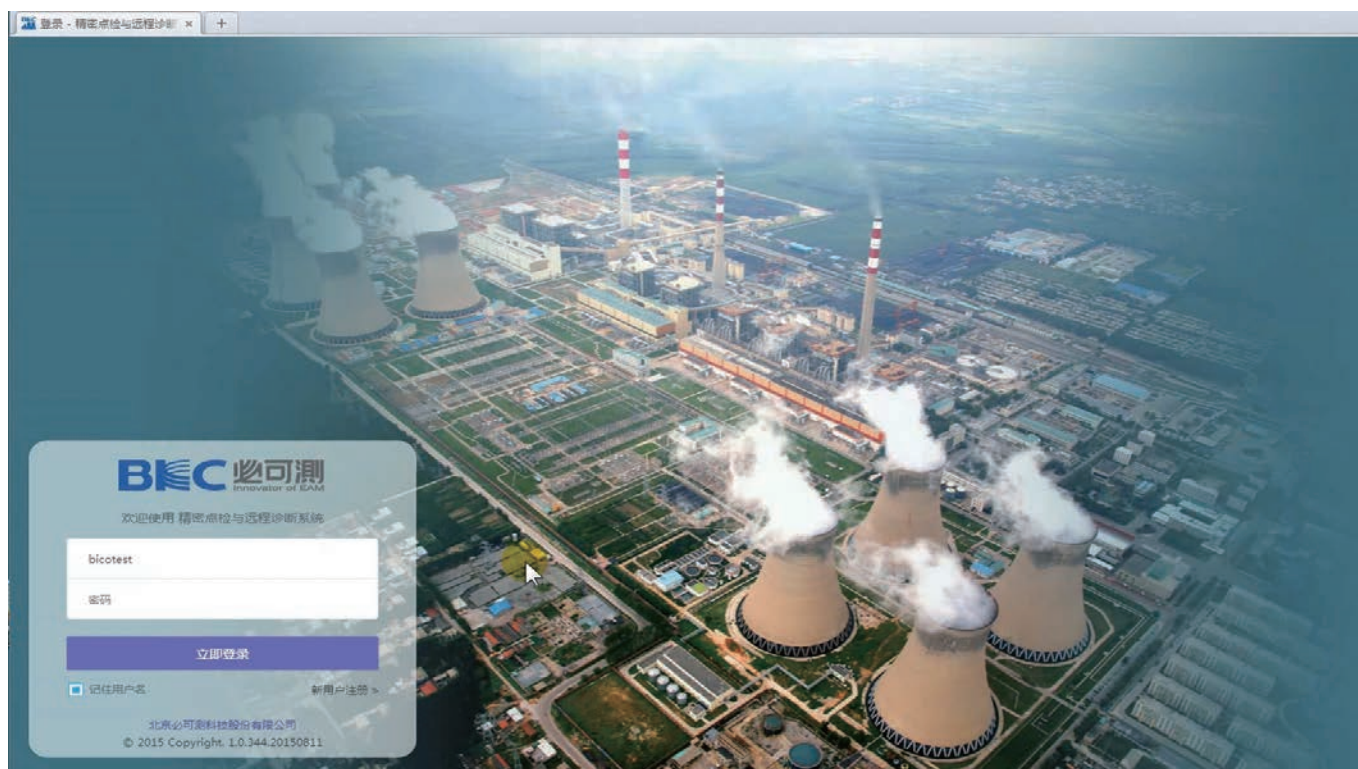


IFOV(空间分辨率)	1.31mRad
像素 / 镜头角度	320x240 / 24° x17°
最小聚焦距离	0.15 m
最小检测目标尺寸	0.20 mm
热灵敏度	≤0.05 ° C
测量范围	-20~1200 ° C
产品功能	LaserSharp® 激光自动对焦：精准、快速对焦 HDMI 视频输出：高清、无失真视频远程监测 Wi-Fi 及 SmartView® 移动软件：现场实现图像传输、编辑、分享和报告 高灵敏电容触摸屏：手指移动即可快速查看任意点温度值 可互换镜头：无需返厂校准即可现场安装、互换 远程控制：电脑遥控操作，无需现场值守
其他	IR-Fusion® 红外 - 可见光融合，快速定位问题点 2 米抗跌落，坚固耐用 标配 SmarView® 专业分析报告软件，终身免费升级

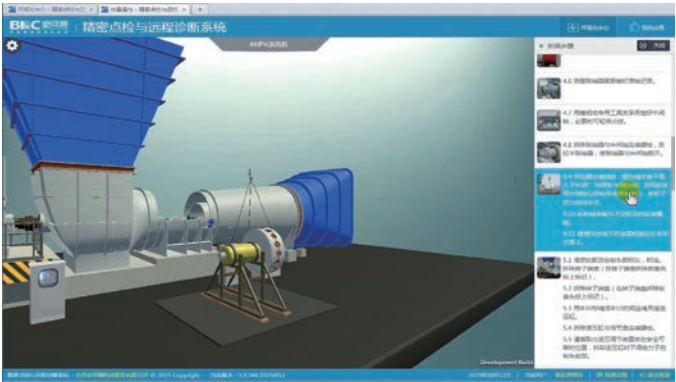
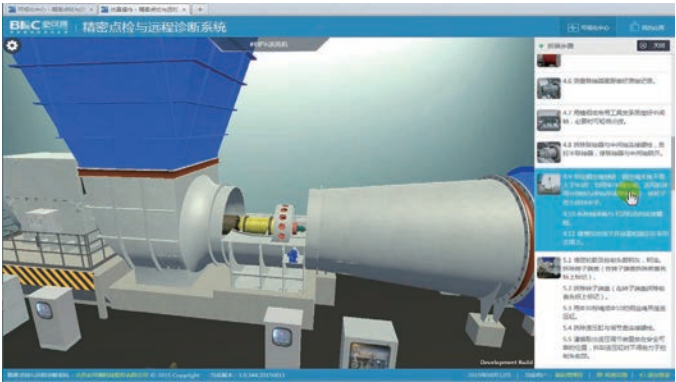
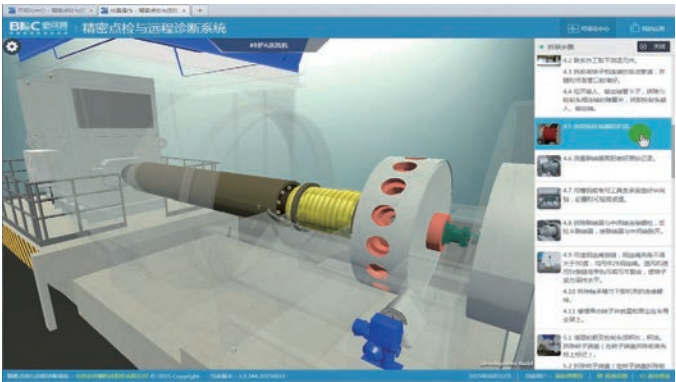
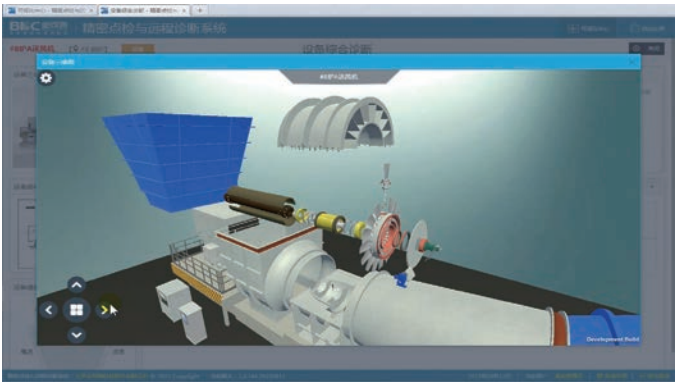
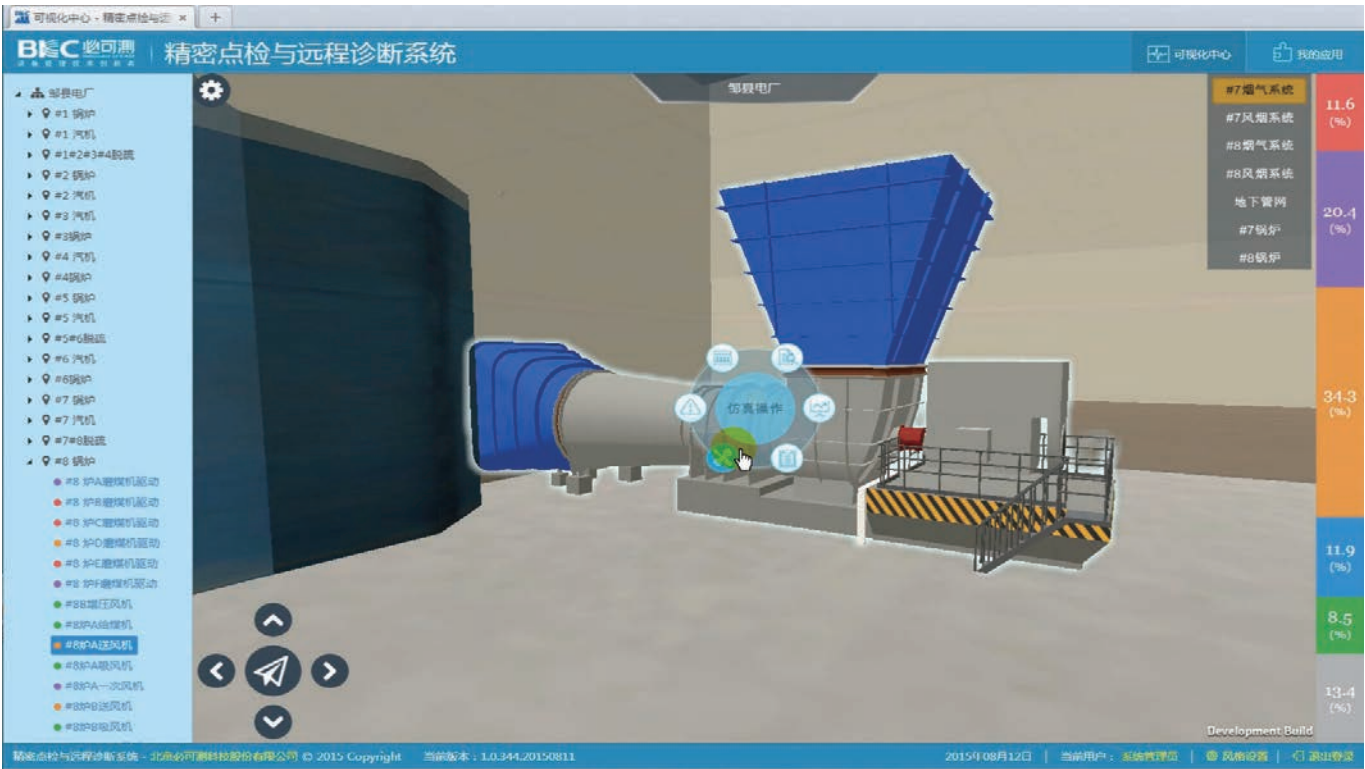


P22

软件平台









对象



影响设备寿命常见的表现形式及预防(延寿)

长期超温蠕变:与超温程度、时间及材质等有关

控制方法:超温控制,应力计算,氧化皮厚度测量,建立高温金属寿命在线评估系统。

有形磨损:与硬度,颗粒大小,浓度,速度等有关

减少磨损的常用方法有:减少烟气走廊,改变气流方向,堵塞漏冷风,维护好蒸汽吹灰,管屏间固定牢固,加防磨护瓦,喷涂防磨材料,低温段蒸汽吹灰改声波吹灰。

疲劳:与交变应力和振动有关

控制方法:防止结构应力,表面缺陷,材料缺陷。



精密点检的目标

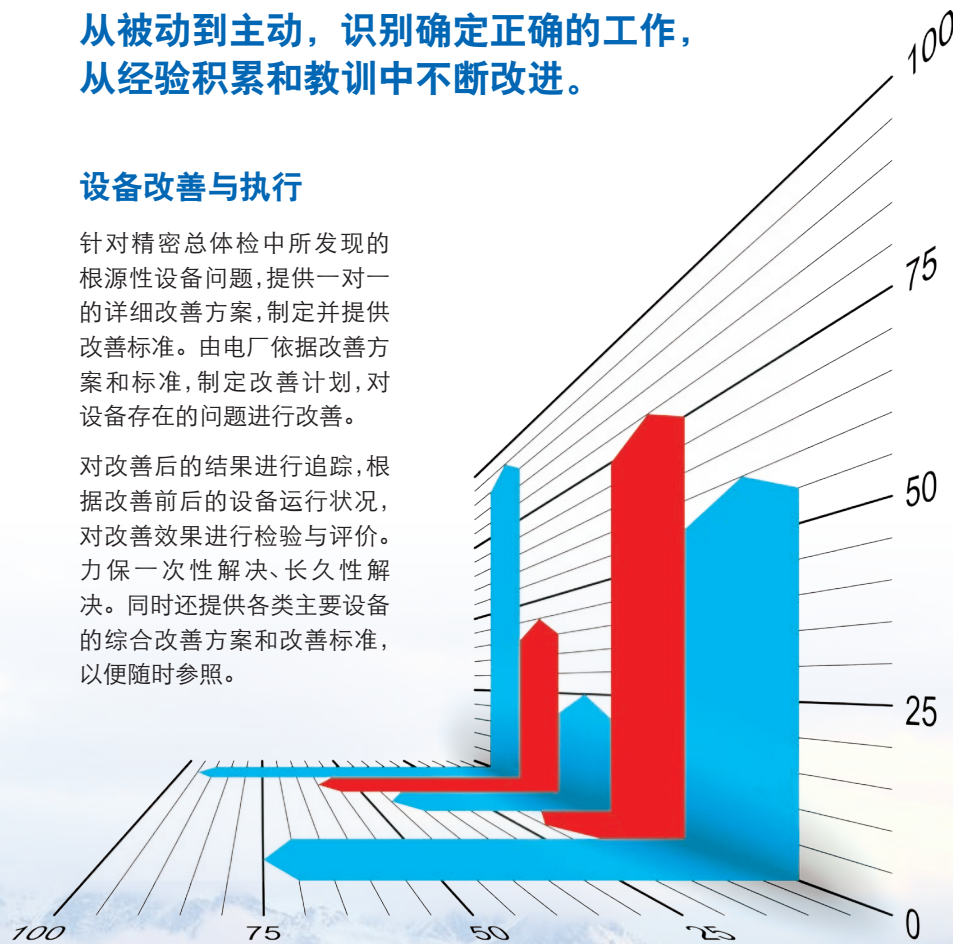
- 取消辅机的计划维修，实现完全的状态检修
- 主机大修周期延长 1 ~ 3 年
- 设备可靠度及寿命极致化
- 设备管理体系标准化、网络化、大众化

从被动到主动，识别确定正确的工作，从经验积累和教训中不断改进。

设备改善与执行

针对精密总体检中所发现的根源性设备问题，提供一对一的详细改善方案，制定并提供改善标准。由电厂依据改善方案和标准，制定改善计划，对设备存在的问题进行改善。

对改善后的结果进行追踪，根据改善前后的设备运行状况，对改善效果进行检验与评价。力保一次性解决、长久性解决。同时还提供各类主要设备的综合改善方案和改善标准，以便随时参照。



精密点检的效果

- 1 全面提升设备可靠度，比前三年的平均水平降低 98% 的非停与降负荷事故；
- 2 杜绝环保排放事故；
- 3 比前三年平均数降低 30% 的设备运维费用；
- 4 延长主机大修时间 2 ~ 6 年；
- 5 实现辅机设备完全的状态检修和优化检修；
- 6 **备件采购与管理决策支撑；**
- 7 **运维预算决策支撑；**
- 8 **精细化检修（或优化检修）决策支撑；**
- 9 **大数据深度优化运行决策支撑；**
- 10 建立科学的预知保养体系；
- 11 搭建完成内置专家智能化诊断系统、网络化、具有远程诊断管理功能的计算机软件平台，可持续丰富升级，避免对个别专家的依赖；
- 12 远程诊断网络平台的使用，可以使各厂的故障诊断判据信息资源共享；
- 13 在远程诊断网络平台上工作着的精密点检专家资源，可以在集团内部统一调度和共享；
- 14 建立创新型专家团队；
- 15 创立完成可传承、可复制的设备管理模式；
- 16 建立动态的《精密点检工作标准》《精密点检技术标准》《精密点检管控标准》。

举办各专业高端技术培训

我们经验丰富的专家团队为国内诸多电厂提供专业化培训。不仅强化了电厂人员的理论知识，而且分享了实际操作过程中的种种经验，并结合国内外先进技术大大拓展了相关人员的行业视野。全面提升了学员们的工作效率与安全保障，广受各大电厂好评。



培训课程

1. 汽轮机组故障诊断技术	2. 转动设备故障诊断技术
3. 汽轮机组动平衡原理与实操	4. 设备故障诊断原理
5. 传感器工作原理	6. 设备备件综合保障管理分析
7. 设备零部件寿命延长技术	8. 设备维护与保养技术
9. 风机可靠性分析	10. 设备状态检修与理论
11. 大型汽轮机组故障分析与防范措施	12. 振动信号处理技术
13. 大型设备的解剖透视原理	14. 设备油液分析技术
15. 技术监督（九项监督技术）	16. 锅炉防磨防爆技术
17. 设备扭振技术	18. 变压器故障诊断技术
19. 红外热成像技术	20. 超声诊断技术
21. 状态监测与寿命管理	22. 汽轮机组在线监测系统
23. 精密诊断技术	24. 先进的维修技术
25. 润滑油全优管理	26. 容性设备状态检测技术
27. 安全生产基础知识	28. 安全管理

新疆乌鲁木齐电厂

新疆昌吉电厂

内蒙古包头东华电厂

内蒙古包头河西电厂

内蒙古白音华电厂

青海大通电厂

黑龙江哈尔滨第三电厂

黑龙江哈尔滨热电厂

黑龙江齐齐哈尔电厂

黑龙江牡丹江电厂

黑龙江佳木斯热电厂

辽宁苏家屯电厂

辽宁铁岭电厂

辽宁丹东电厂

辽宁阜新电厂

四川广安电厂

四川珙县电厂

陕西蒲城电厂

陕西瑶池电厂

陕西榆横电厂

宁夏灵武电厂

安徽芜湖电厂

安徽宿州电厂

安徽六安电厂

山东邹县电厂

山东潍坊电厂

山东莱州电厂

山东莱城电厂

山东滕州新源热电厂

山东青岛电厂

山东百年电厂

山东淄博电厂

山东费县电厂

山东十里泉电厂

河北石家庄电厂

河北石家庄裕华热电厂

河北石家庄鹿华热电厂

河南漯河电厂

河南新乡电厂

河南新乡渠东电厂

湖北襄阳电厂

湖北西塞山电厂

湖北黄石西塞山电厂

湖南长沙电厂

江苏苏州望亭电厂

江苏戚墅堰电厂

江苏常州句容电厂

浙江杭州半山电厂

上海奉贤电厂

广西贵港电厂

广西南宁电厂

云南昆明电厂

贵州大方电厂

贵州桐梓电厂

贵州塘寨电厂

福建可门电厂

福建永安电厂

.....



可门电厂

推行精密点检精细化
提升设备管理有效性

福建可门电厂精密点检组，成立于2012年11月，设三名精密点检工程师。成立以来，以“检测、诊断、监督、闭环”的工作定位，建立了完善的精密点检全过程管理标准化程序。解决了西门子凝泵立式电机自由端振动、定子冷却水泵基础刚性不足、1A一次风机电机基础振动、#2增压风机周期性振动、500kV线路引线夹具发热、#4主变低压套管连接面发热等主设备及重要辅机缺陷隐患。精密点检在可门电厂的作用、地位及权威性得到进一步巩固提升。

可门电厂将精密点检列入技术监督管理，充分发挥精密点检对设备状态的预警和对检修工作的技术指导作用。

日常检测、分析——定期工作
异常设备日跟踪——动态管理

技术监督通知单——闭环管理
修前精密总体检——检修决策

■ 可门电厂精密点检工作开展

1. 强化点检管理

可门电厂精密点检管理工作通过建立“定期体检、动态管理、检修总体检”的设备管理模式，以“监督、跟踪、闭环”为推手，强化设备预防性维护。



2. 落实技术监督职能，以技术监督促精密点检

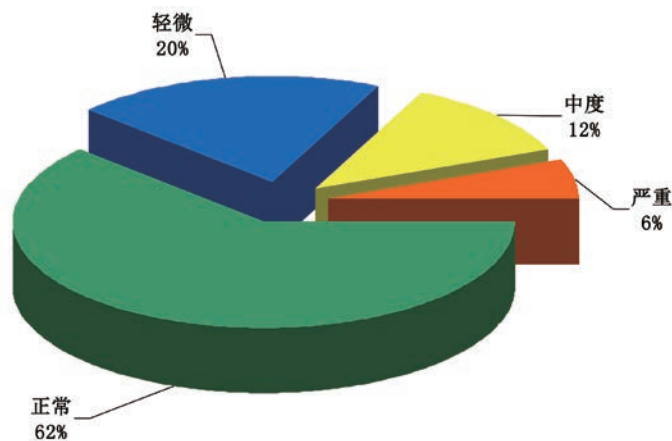
可门电厂将精密点检列入技术监督管理,针对诊断异常设备 2014 年下发 31 份(精密点检)技术监督通知单,提出设备改善要求建议、限期整改,未按期整改闭环由精密点检组提出列入绩效考核。建立异常设备台帐,密切跟踪设备改善全过程,全面掌握检修相关技术数据的收集,为检修质量全面把控提供技术支持,并及时完成设备改善评价。

建立精密点检设备振动台账、电气设备红外热成像台账,更有效的对精密点检设备进行管理,通过同一设备历次数据横向比较分析、同类型设备的纵向比较分析以及设备维修情况对异常设备进行综合诊断,提出设备改善方案。

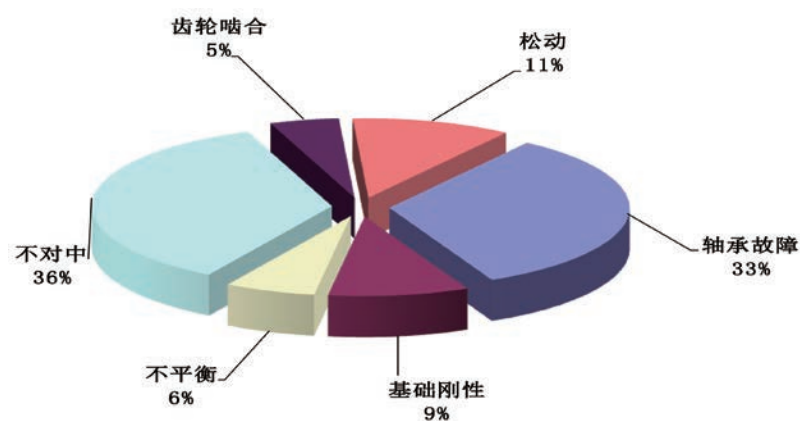


■ 可门电厂精密点检工作成效

2014 年可门公司精密点检累计完成 1440 台次设备的日常及异常检测,下发精密点检周报 48 期、月报 12 份;机组检修总体检报告 4 份,下达 51 项设备改善方案,根据诊断结果优化减少 39 项检修项目,设备运行精密点检状态评价 4 份。下发(精密点检)技术监督通知单 31 份,已闭环设备改善项目 45 台次。



2014 年可门公司精密点检设备运行状态评价



2014 年可门公司精密点检设备故障分类

可门电厂精密点检案例一：凝结水泵电机后驱动端振动异常

可门电厂凝结水泵电机为进口 6kV 2100kW 西门子立式电机，其构造与国产电机完全不同。凝结水泵的日常巡检受现场实际检测条件的影响（设备标高 7 米），对凝结水泵电机的巡检都只进行驱动端的振动测量，对电机非驱动端的巡检一直存在检测盲点。

1. 问题的发现

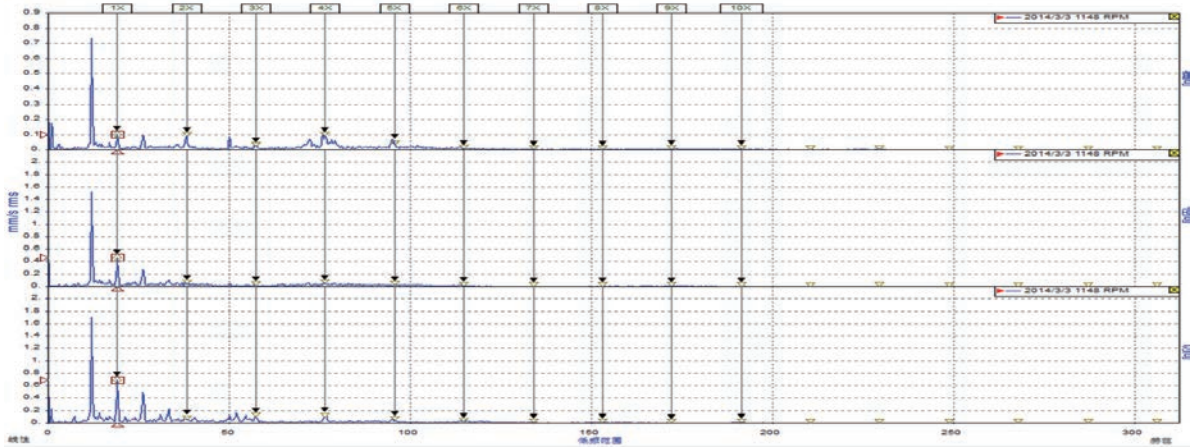
2013 年底，精密点检组在一次因凝结水泵泵端振动异常的检测时，发现电机轴承前、后端存在较大振动差异（后端振动超达标准值 3 倍）。随即举一反三，开展全厂 8 台凝结水泵电机振端普查，发现除 1A 凝结水泵电机后驱端振动合格外，其余设备均不合格，最大振幅达 32 丝，且在变频运行条件下，各工况点振幅差别较大的共性振动故障。

在全面检测、分析各台机组凝结水泵变频全频段振动数据后，针对各台凝泵电机振动特点不一，精密点检组建立了详细凝泵振动台帐，组织制订了凝泵优化运行方式方案，避免凝结水泵长期在高振动区域运行。

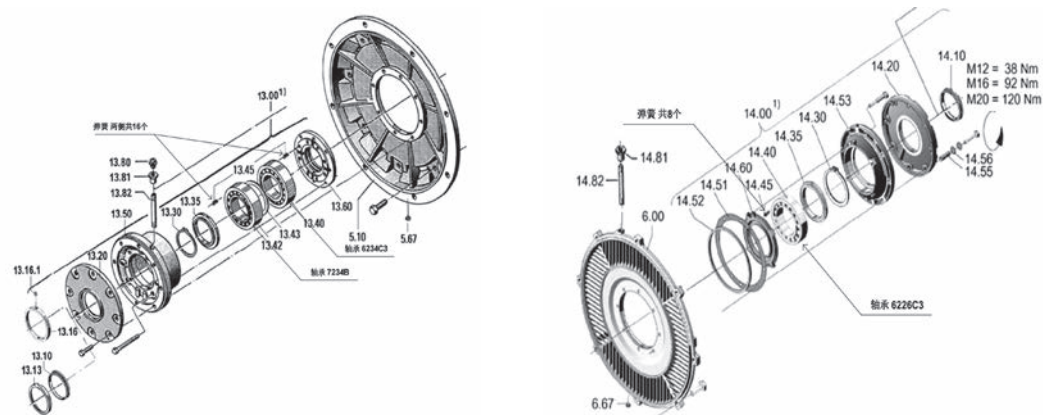


2. 频谱分析

1X 倍频两边存在边频带，且该边频频率成分随转速变化而该倍频分量存在变化，初步判定为电机中与转子相关联部件结构共振影响。



查阅电机产品使用说明书时，发现该型号电机前后轴承，均采用止推弹簧限制电机轴承的轴向运动。



3. 根源性分析

该型号电机采用止推弹簧限制电机轴承轴向运动，由于弹簧的存在使得结构共振频率在不同工况下发生偏移，止推弹簧的尺寸、弹性系数等在检修中一直存在忽视，电机厂家也未在产品技术说明书中对止推弹簧的检查维护等做出说明，止推弹簧长期运行后出现磨损和弹性疲劳。

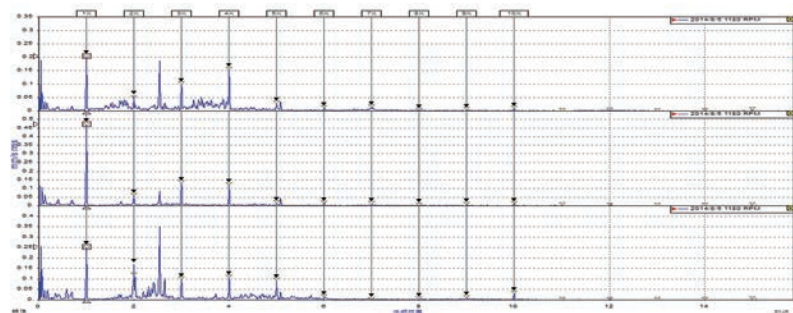
4. 检修验证



5. 修后情况

更换 40 个新的止推弹簧后试运行检测最大振幅点为 1300 转电机非驱动端沿管道方向 6.8 丝，变频全频段运行振幅测试均在合格范围。

全面对全厂凝结水泵电机进行解体检查，更换止推弹簧。协调维修部门增加凝结水泵振动测点，以保证设备日常巡检无盲点，同时建立凝结水泵振动台账监测变频全频段振动变化。



可门电厂精密点检案例二： 定子冷却水泵电机振动异常频发

1. 设备概述

定子冷却水泵的主要功能是保证将冷却水不间断地供给流经定子线圈内部，从而将发电机定子线圈由于损耗引起的热量带走，以保证定子线圈的温度符合发电机运行的有关要求。定冷水系统中装有两台并联的离心泵，正常运行时一运一备。可门电厂 4 台机组定子冷却水系统均采用大平台钢构架基础。

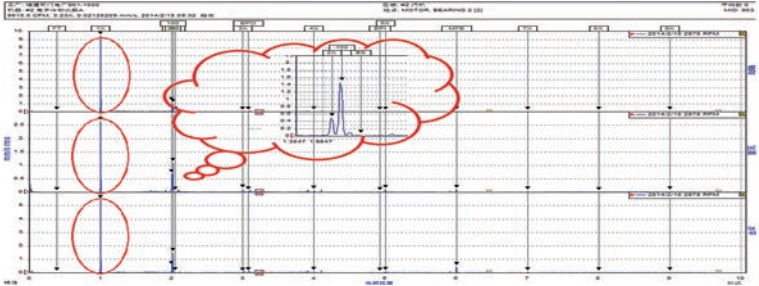
2. 频谱分析

2013 年 12 月 23 日，检测 2A 定子冷却水泵时发现电机轴向振动烈度通频值达 10.65mm/s，振动呈现增长趋势。

	MOTOR, BEAF			PUMP, BEAF		
	垂直	水平	轴向	垂直	水平	轴向
单位	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)
警告值水平	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
危急值水平	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
2013/2/19 23:07:57	3.23	5.86	5.52	4.46	7.49	7.1
2013/3/18 19:27:05	4.53	7.55	9.03	2.46	3.18	3.63
2013/5/21 17:57:50	2.47	3.77	4.31	2.43	2.92	3.16
2013/6/5 17:10:45	2.6	4.62	5.49	2.81	3.57	4.14
2013/6/7 17:17:47	2.78	5.05	7.51	2.95	3.78	4.26
2013/8/7 0:34:52	2.79	5.05	8.32	3.26	4.39	4.79
2013/9/16 15:00:38	2.46	4.05	5.99	3.18	3.99	4.26
2013/10/16 9:20:53	2.47	4.09	7.31	3.29	3.86	4.21
2013/12/23 15:15:11	3.11	5.33	10.65	4.2	5.02	5.91
2014/2/18 9:30:48	3.24	6.03	10.15	4.49	5.56	6.43



谱图特点为三方向以 1X 倍频为主导，垂直与水平方向 100Hz 电源频率 2.02X 倍幅值较高。轴承故障频率特征不明显。



3. 根源性分析

- (1) 从该设备几次检测周期的振动烈度通频和频谱图综合分析主要故障原因为：设备基础刚度不足，电机存在 100Hz 电源频率振动，产生 100Hz 电源频率成份原因主要为转子磁力中心不正；
- (2) 综合分析全厂 4 台机组定子冷却水泵同存在类似共性问题：电机基础与冷却水系统共同大型钢台板，基础可能存在不实。设备维修后振动合格，但经一段时间运行，设备振动迅速突增，设备维修较为频繁。

4. 维修建议

- (1) 对钢制基础台板进行检查，如下面存在浇注不实或空洞，使用膨胀型水泥重新进行浇注，并对泵体进行解体检查。
- (2) 电机解体检查：对电气接线松动情况、轴承支撑情况、端盖同心度等进行检查。

可门电厂精密点检案例三：1A 一次风机电机基础松动

1. 问题的发现

1A 一次风机一直存有电机振动偏大，多次检修电机、风机平衡检测，电机振动大一直存在，但一直没有往基础问题上考虑。#1 炉在进行脱硝改造期间，进行一次风机的基础附近的土方挖掘，使基础刚度更加恶化。



2. 精密分析

通频值读数来自于 #1 一次风机A							
测试部位	电机自由端			电机驱动端			
	垂直	水平	轴向	垂直	水平	轴向	
单位	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)
警告值水平	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
危急值水平	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
2012/12/12 2:38:45	1.26	3.48	378	861	3.02	1.439	
2012/12/20 2:54:11	6.35	3.57	701	576	3.14	1.29	
2013/1/7 8:43:41	2.01	6.54	332	1.23	5.06	526	
2013/1/8 0:47:50	1.97	6.48	337	1.16	4.62	45	
2013/1/10 7:26:41	.906	6.28	1.14	.598	4.67	1.23	
2013/1/16 7:52:48	1.05	7.3	1.23	723	5.47	1.15	
2013/1/22 7:17:05	1.29	7.06	1.63	534	6.19	1.32	
2013/1/30 1:19:46	1.35	6.89	1.83	563	5.16	1.19	
2013/2/8 1:14:50	1.22	7.28	1.4	558	5.13	1.35	

测试部位	电机基础 (μm)			电机地脚 (μm)			电机吊装孔 (μm)		
	水平	垂直	轴向	水平	垂直	轴向	水平	垂直	轴向
自由端左	78	51	15	87	32	14	137	44	12
自由端右	80	56	8	86	14	8	142	40	8
驱动端左	55	44	12	71	14	12	111	28	8
驱动端右	52	21	7	67	12	8	106	26	8

3. 根源性分析

- (1) 在振动数据上显示，12 月 20 日的电机振动最大值为 3.57mm/s，1 月 7、8 日的振动就增加大 6.54mm/s。8 日对风机基础进行了测试，电机自由端 3.8mm/s、电机驱动端 2.4mm/s、风机驱动端为 1.8mm/s、风机的自由端为 1.2mm/s，这个振动烈度对于这么大的风机基础来说明显偏大。
- (2) 原有的风机基础设计应该是成型的,不应该存在问题。但现在出现了问题,主要是基础下面的土层和土质发生了变化(即变软了)。

4. 维修建议

- (1) 大型风机基础的改造不建议简单的方案处理，应该由专业的勘探、设计部门来出设计方案。结合 #1 机组脱硝改造工程，对 1A 一次风机电机基础进行加固施工处理。
- (2) 基础加固处理前精密点检加强跟踪监测。

5. 设备维修情况

维修部锅炉专业委托中国华电工程(集团)有限公司对 1A 一次风机电机基础进行加固设计、施工。



6. 修后情况

测频值读数来自于 #1 一次风机A						
测频值	电机自由端			电机驱动端		
	垂直	水平	轴向	垂直	水平	轴向
单位	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)
警告值水平	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
危险值水平	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
2012/12/12 3:38:45	1.26	3.48	.378	.861	3.02	.439
2012/12/20 2:54:11	.635	3.57	.701	.576	3.14	1.28
2013/1/7 8:43:41	2.01	6.54	.332	1.23	5.06	.526
2013/1/8 0:47:50	1.97	6.48	.337	1.16	4.62	.45
2013/1/10 7:26:41	.906	6.28	1.14	.598	4.67	1.23
2013/1/16 7:52:48	1.05	7.3	1.23	.729	5.47	1.15
2013/1/22 7:17:05	1.28	7.06	1.63	.534	5.19	1.32
2013/1/30 1:19:46	1.35	6.88	1.83	.563	5.16	1.19
2013/2/8 1:14:50	1.22	7.28	1.4	.558	5.13	1.35
2013/2/18 8:19:50	.443	1.47	.504	.813	1.87	.757

测试部位	电机基础 (μm)			电机地脚 (μm)			电机吊装孔 (μm)		
	水平	垂直	轴向	水平	垂直	轴向	水平	垂直	轴向
自由端左	16	12	5	20	10	4	36	12	8
自由端右	13	13	5	18	9	5	31	11	6
驱动端左	14	5	8	17	4	4	37	9	5
驱动端右	15	9	5	16	4	3	33	10	5

电机基座加固后，电机和基座振动得到很大的改善，基座位移值由 80μm 降至 16μm，电机自由端水平方向振动烈度由 7.38mm/s 降至 1.47mm/s，改善效果明显。

2014 年 11 月 18 日常检测中发现 2B 一次风机电机基础也同样出现振动增长的现象，汇报领导后随即成立 2B 一次风机电机基础特护小组，精密点检组牵头负责，运行、维修部门联合监测基础变化。并与 15 年春节调集期间参照 1A 一次风机电机加固方案对 2B 一次风机电机基础实施改造。改造后电机基础振幅降至 11μm。



邹县电厂

推行精密点检技术 提升设备管理水平

2003 年 4 月，邹县电厂成立生技部精密点检中心。依靠离线、在线监测设备和系统，开展振动、电机、油液、红外、性能五项成熟状态诊断技术的应用。通过十多年精密点检工作的开展，在故障诊断与分析方面积累了丰富的经验，并运用精密点检技术成功解决了一大批现场设备实际问题，充分发挥了精密点检对设备状态的预警和对检修工作的技术指导作用。

邹县电厂精密点检工作开展

1. 邹电精密点检管理模式

精密点检工作的标准化、规范化和科学化管理是开展设备状态精密诊断的重要依据。

邹县电厂精密点检通过十多年的工作积累，逐步形成了“定期监测、苗头预警、异常跟踪、改善提升”的精密点检管理模式。

2. 实施精密点检标准化作业

充分发挥精密点检的预警和对检修工作的技术指导作用，并为设备技术改造提供有益参考。

- 认真做好设备定期监测和异常跟踪及处理
- 开展机组修前设备状态诊断和修后评估
- 努力钻研开展技术攻关不断提高诊断水平
- 及时总结做好典型案例的分析和积累

以“两报一单”（“两报”指的是设备诊断周报和精密监测报告，“一单”指的是异常通知单）为桥梁发挥好精密点检的预警作用和技术指导作用，对精密点检发现问题实行闭环管理。



3. 打造精密点检中心样板区

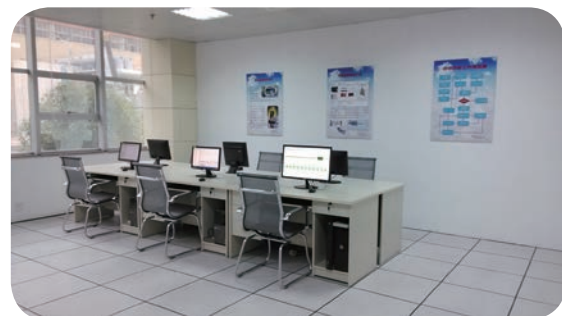
2015 年，邹县电厂进一步加强对精密点检的重视，按照精益 7S 管理要求打造了精密点检中心样板区。

- 综合会诊大厅
- 诊断分析室
- 油液分析室
- 可视化监测中心
- 办公室等



4. 开启设备异常状态综合会诊新常态

可运行全厂实时数据、PI 系统、泛参数系统、BCT101 系统以及振动、红外、超声等各种诊断软件，全厂几乎所有的生产实时数据都可以查阅。专业技术人员根据精密点检结果，在这里对设备异常现象进行会诊分析，制定有效的检修维护方案，消除生产设备存在的隐患。

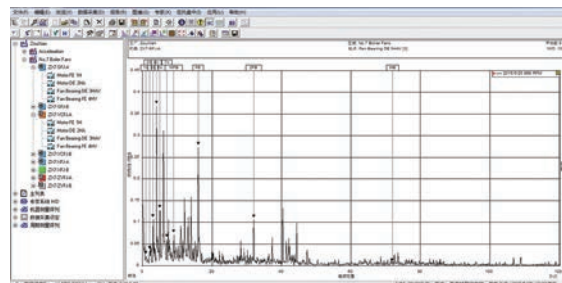


5. 研究开发三维可视化设备分析诊断系统

研究开发三维可视化的设备分析诊断系统，利用现有的数据资源，将设备的结构原理、运行数据、状态诊断、检修培训等结合起来，最大限度地发挥精密诊断的超前预防作用。

6. 安装大型风机连续在线振动监测系统

在 #7 机组（1000MW）一次风机、送风机、吸风机、及增压风机等轴流式风机安装连续在线振动监测系统：电机和风机轴承箱上安装加速度传感器，通过信号电缆将振动信息传到精密点检中心的在线监测系统，进行持续振动趋势分析和故障诊断。解决风机因轴承箱在风筒内部且壳体有保温无法实现振动监测的难题。



■ 邹县电厂精密点检工作成绩

1. 有效减小了设备隐患向缺陷发展的几率
2. 发挥了对检修工作的技术指导作用
3. 积累了丰富的精密点检实践经验
4. 共性分析为设备改造提供有益参考



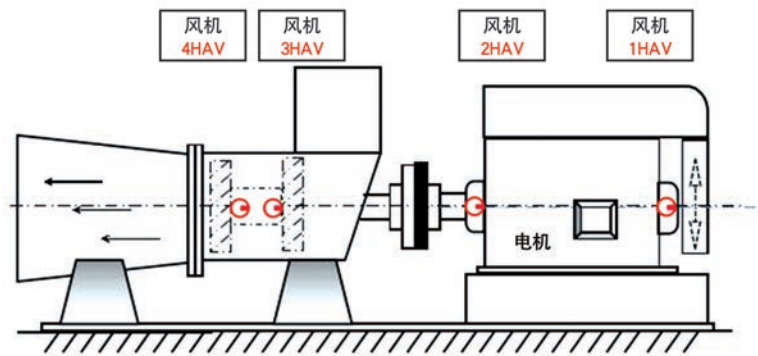
邹县电厂精密点检案例一：#8 炉 A 一次风机电机底座与台板接触不良



1. 设备概述

#8 炉 A 一次风机采用上海鼓风机厂有限公司生产的动叶可调轴流风机，风机型号为 PAF19-12.5-2，配套电机型号为 YKK710-4W，额定功率 2400KW，电压 10000V，转速 1492r/min，绝缘等级 F，冷却方式 1C611，湘潭电机股份有限公司制造。

2. 测点布置图、结构图



3. 存在的问题

在 2014 年大修后振动正常，动调指令 100%，位返 100.3%，电流 147.2A（额定电流 166A），电机负荷侧振动值：-66 μ m、 $\perp$ 44 μ m、 $\odot$ 65 μ m，电机非负荷侧振动值：-32 μ m、 $\perp$ 18 μ m、 $\odot$ 23 μ m（标准 $\leq 85\mu$ m），振动合格。

$\perp$ 18 μ m、 $\odot$ 23 μ m（标准 $\leq 85\mu$ m），振动合格。

在运行 3 个月后，发现电机振动值逐渐增大。

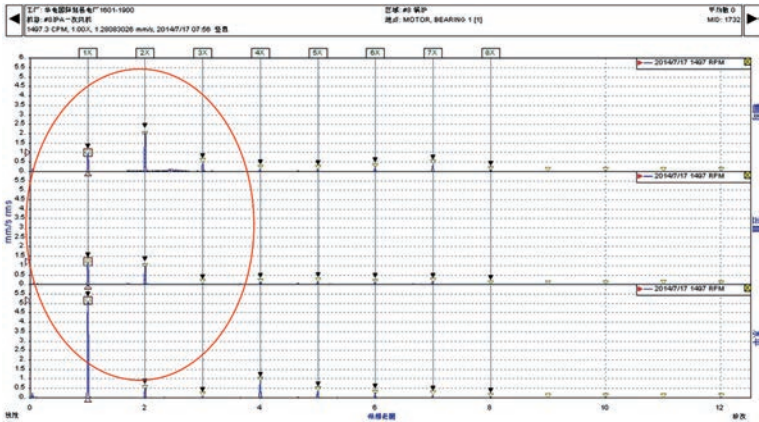
表1：电机振动位移值 测量工具：Vm-63a 单位： μ m

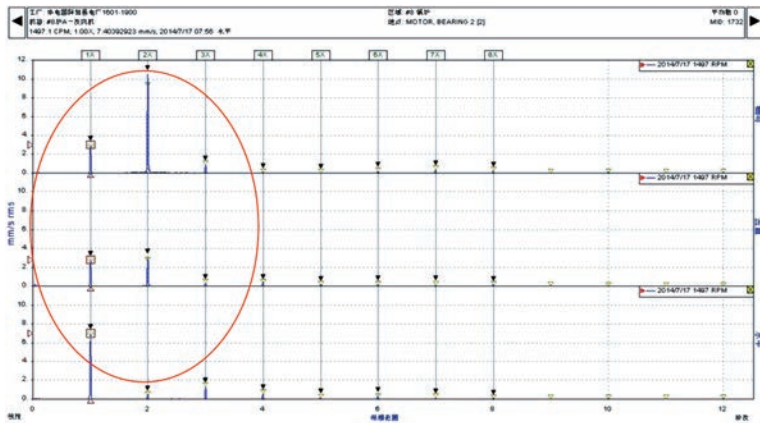
日期	电流 (A)	动调开度 (%)	振动位移值 (μ m)					
			驱动端			非驱动端		
			水平	垂直	轴向	水平	垂直	轴向
7. 17	91. 7	66. 7	96	40	90	93	36	80
7. 18	97. 7	68. 7	106	47	99	105	46	90
7. 19	94. 7	69. 2	121	53	98	142	71	112
7. 20	88. 9	62. 5	145	72	100	121	67	50
7. 21	91. 7	77. 2	138	40	75	115	26	24
7. 22	73. 7	68. 7	139	36	109	118	23	37
7. 23	84. 7	61. 5	142	34	116	119	20	40
7. 24	84. 1	60. 6	130	30	105	120	40	30

4. 诊断分析

异常分析：振动频率主要为电机的工作频率及其谐波频率，其中以 1X、2X 转速频率幅值较为突出，存在不平衡、不对中、弯曲、松动等可能。

进一步将测量点下移，对电机四个角的电机底脚、台板进行振动差别测试。





数据分析：从表 2 中可以看出，垂直方向各部位电机底脚与台板振动差别较大，电机四个角底脚与台板之间的差别振动均在 30 μ m 左右，用手摸电机与台板之间的连接处，四个角处均有明显“咬手”现象，说明电机存在 A 型机械松动的“虚脚”问题。

表2：电机底脚、台板振动值 测量工具：Vm-63a 单位： μ m

方位 部位	水平振动				垂直振动			
	西北侧	西南侧	东北侧	东南侧	西北侧	西南侧	东北侧	东南侧
底脚		35	31	31	61	84	58	55
台板		36	25	29	34	56	23	32

5. 结论：#8 炉 A 一次风机电机底脚与台板接触不良



6. 根源性分析

电机轴瓦安装在端盖上，找正时所采用的垫片小，电机底座与台板的接触面积小，造成电机支撑刚度差，长时间电机转子出现轻微弯曲。

7. 建议措施

建议对 #8 炉 A 一次风机重新找正，并更换与电机底座各角平面大小合适的垫片。

8. 检修情况及修后评估

7 月 26 日 #8 炉 A 一次风机重新找正并更换合适垫片后，振动合格。

表1：电机振动位移值 测量工具：Vm-63a 单位： μ m

日期	电流 (A)	动调开度 (%)	振动位移值 (μ m)					
			驱动端			非驱动端		
			水平	垂直	轴向	水平	垂直	轴向
7.26	69.5	50.8	57	38	54	33	21	36



邹县电厂精密点检案例二：#2 机调速油泵电机底座不平、泵轴承磨损



1. 设备概述

#2 机调速油泵电机型号 JK134-2，功率 350KW，额定电压 6000V，绝缘等级 B，转速 2965r/min。泵为离心式油泵，型号 BY300-150×2，转速 2950r/min，扬程 300 米，流量 300 米³/时，输送介质为润滑油。

2. 存在的问题

在 #2 机调速油泵电机在本次小修中由湖南德力电机成套有限公司检修，检修内容如下：更换电机两侧轴承，电机定子浸绝缘漆，电机转子动平衡。小修后电机空试振动最大为非驱动端水平方向 52μm（合格标准 ≤50μm）。

带负荷试运电机振动烈度为 9.89mm/s，泵振动烈度为 7.04mm/s，振动位移值如表 1：

表1：振动位移值 测量工具：Vm-63a 单位：μm

部件	部位	水平	垂直	轴向
电机	非驱动端	48	6	13
	驱动端	26	14	17
泵	驱动端	46	45	
	非驱动端	56	41	17

3. 诊断分析

电机异常分析：电机振速超标，从测量的频谱图看，电机侧主要振动频率为 100Hz（即两倍电源频率），100Hz 幅值高达 9.52mm/s，说明电机存在明显的电气故障；在 100Hz 附近没有极通过频率边带，说明该电气故障是定子故障。进一步分析判断为定子偏心。对引起定子偏心的因素进行分析。

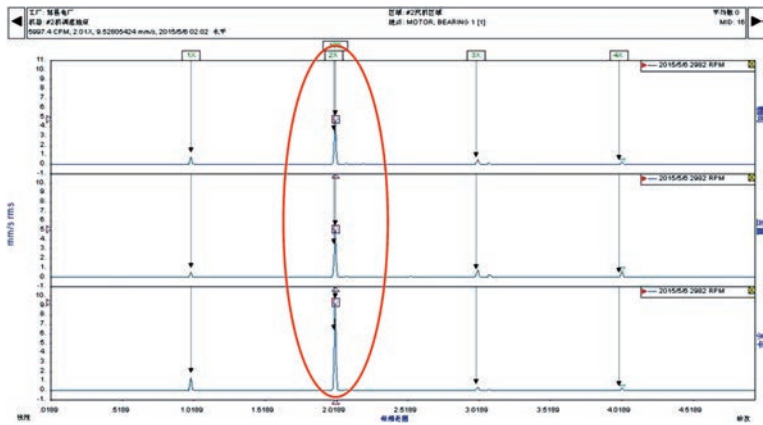


表2：电机底脚振动值 测量工具：Vm-63a 单位：μm

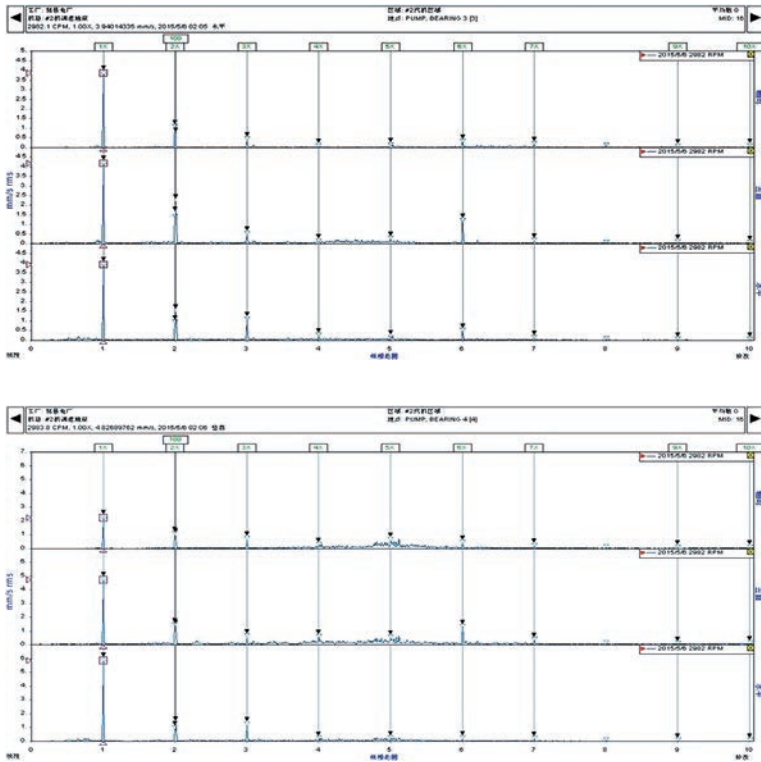
方向\部位	西南侧	东南侧	西北侧	东北侧
水平	9	9	8	9
垂直	9	22	9	7
轴向	6	6	9	12

数据分析：电机振动值从 48μm 降至 42μm，100Hz 幅值从 9.52mm/s 降至 5.95mm/s，但泵振动值驱动端垂直方向从 45μm 升至 52μm，非驱动端水平方向从 56μm 升至 59μm，非驱动端垂直方向从 41μm 升至 49μm，说明电机侧松地脚螺栓后引起轴系中心略有改变。结合表 2 数据，仅东南侧地脚螺栓垂直方向偏大为 22μm，其它部位均不超过 10μm，分析电机底座与台板接触不良。

表3: 电机底脚振动值 测量工具: Vm-63a 单位: μm

部件	部位	水平	垂直	轴向
电机	非驱动端	42	18	14
	驱动端	26	14	19
泵	驱动端	45	52	
	非驱动端	59	49	13

泵异常分析: 泵振动位移和振速均超标, 从测量的频谱图看, 泵主要振动频率为 1X 转速频率及其谐波频率, 使用听音棒可听到泵驱动端轴承有轻微异音, 分析泵轴承游隙超标。现场观察到泵驱动端润滑油已呈现黑色, 油质不合格。



4. 结论

- 电机存在定子偏心；
- 电机底座平面度偏差大；
- 泵驱动端轴承油质不合格，轴承游隙偏大。

5. 建议措施

- 检查电机两端轴承的同心度；
- 检查电机底座的平面度；
- 检查泵驱动端轴承间隙情况及润滑情况, 更换合格润滑油；
- 对轴系进行重新找正。

6. 检修情况

- 检查发现电机底面不平, 对电机底面进行找平。
- 检查发现泵驱动端轴承游隙超标, 润滑油变质；更换驱动端轴承及润滑油。
- 对轴系进行重新找正。

7. 修后评估

处理后, 泵的振速和位移值均合格, 电机位移值合格, 非驱动端振速仍达 7.2mm/s, 非驱动端振速值不合格。从右图中可以看出, 1X 幅值出现明显减小, 但 100Hz 成分幅值仍然高达 7.51mm/s, 说明电机两端轴承同心度仍存在偏差。

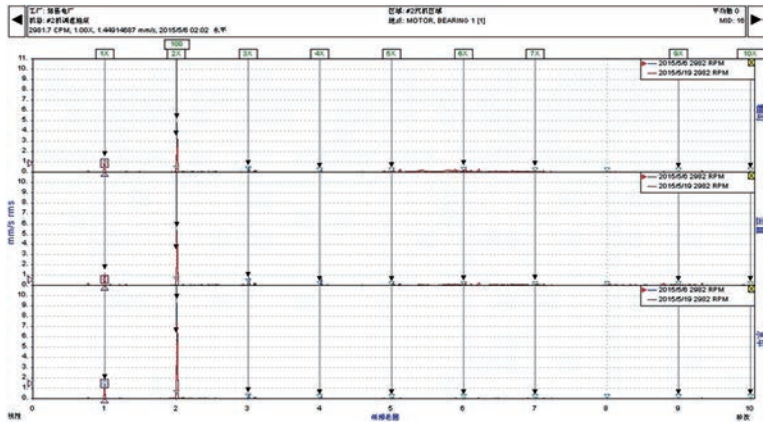


表4: 振动位移值 测量工具: Vm-63a 单位: μm

部件	部位	水平	垂直	轴向
电机	非驱动端	36	10	12
	驱动端	11	8	12
泵	驱动端	32	29	
	非驱动端	38	23	13

表5: 电机底脚振动值 测量工具: Vm-63a 单位: μm

方向	部位			
	西南侧	东南侧	西北侧	东北侧
水平	4	6	6	3
垂直	8	9	8	4
轴向	4	4	4	4

贵港电厂



贵港电厂于 2012 年 3 月正式成立精密点检组，由生产技术部直接管理。作为集团公司重点推广的项目，精密点检在贵港电厂落地好，运作规范，效果明显。通过精密点检，2012 年，发现各类设备隐患和缺陷 302 条；2013 年，发现 107 条；2014 年发现 97 条；2015 年发现 28 条。

贵港电厂精密点检工作开展

1. 精密点检设备制定详细的精密点检周期计划，并按周期计划要求，切实对设备进行精密点检：

- 振动检测每月进行一次，运用振动分析仪；超声波检测每月进行一次，运用超声波探测仪；每周最少用听针听音一次。
- 温度检测每周进行一次，运用红外测温枪；如温度有异常，则用远红外热成像仪记录备案。
- 主油箱、小机油箱、电动给水泵油箱每周检测一次油质；EH 油箱每月检测一次油质；转机轴承的润滑油质，根据实际需要安排换油，并取样送化学检测。
- 每季度对运行机组热力系统的阀门用红外成像仪进行一次例行测温，并编写红外测温报告，以检测阀门是否存在内漏，为阀门检修提供依据，协助进行设备节能工作的管理。
- 每月对运行机组的漏点进行统计，提供给相关人员，协助进行设备可靠性管理。
- 所有生产运行设备每周进行一次巡视检查，重点对设备的非精密点检项目进行检查，全面掌握设备健康状况。
- 每周对转动设备的振动、电气设备的热点故障等进行劣化趋势分析，并编写精密点检周报、月报以及年报，将设备劣化趋势情况，检修建议及时通报给运行部门和维护部门。督促缺陷处理，形成闭环管理。

2. 2014 年 7 月—2015 年 4 月，精密点检组根据精密点检制度和设备检测周期的要求，综合运用设计分析诊断技术、振动分析诊断技术、超声分析诊断技术、红外分析诊断技术、油液分析诊断技术，对 232 台次汽轮机、82 台次发电机、1821 台次泵、744 台次风机、251 台次空压机、492 台次减速机、378

台次磨煤机、14 台次球磨机、5149 台次电动机、426 台次变压器、178 台次 220KV 及以上开关、95 台次互感器、145 台次避雷器、35 台次 6KV 母线及开关、56 台次 400V 工作 PC、MCC 进行了精密点检。累计发现各类设备隐患和缺陷 82 条(其中 2014 年下半年 54 条;2015 年 1-4 月 28 条)提出维护性建议 74 条。通过精密点检,有力地保障了设备的健康运行。

3. 2014 年针对 #2 机组小修, 完成对 #2 机组小修前设备总体检报告, 提出修前检修建议:

- 汽机专业发现存在有异常设备 4 台, 需结合小修进行解体检修或部分检查; 1 台设备有渗油现象, 需更换密封垫。
- 锅炉专业发现存在明显异常设备 2 台, 建议结合小修进行解体检修; 轻微异常设备 4 台, 可继续运行, 但需对设备趋势跟踪, 视情况计划检查调整。
- 电气专业检测出异常设备 7 台 (不包括变压器油色谱分析检测出的 2 号主变缺陷), 全部是交流电动机。对状态异常的 7 台交流电动机提出解体检修建议, 建议对发电机集电环及碳刷、接地碳刷清扫更换, 调整集电环刷握、刷架保证集电环电流和温场分布均匀。

4. 完成 2015 年 #1 机组小修前设备总体检报告:

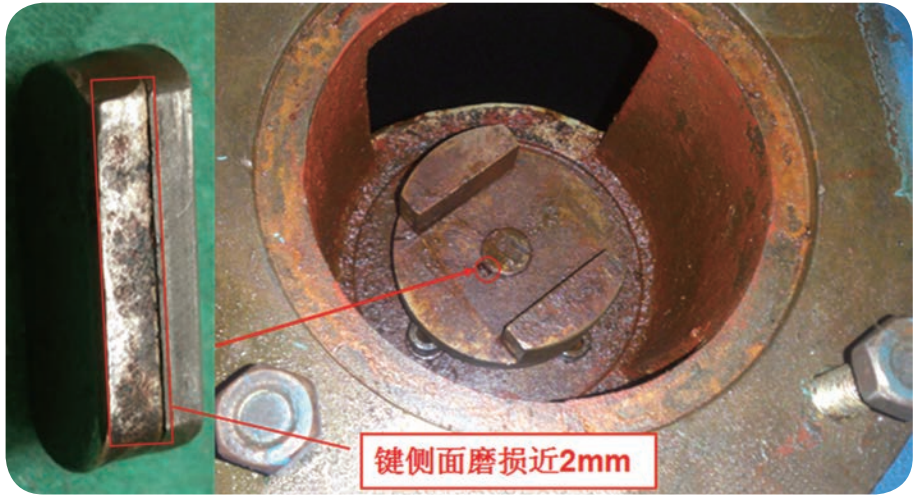
- 汽机专业发现存在有异常设备 7 台, 需结合小修进行解体检修或部分检查。
- 锅炉专业发现存在轻微异常设备 2 台, 需在设备停运时进行检查调整。锅炉公用部分发现存在轻微异常设备 3 台, 视情况计划检查调整。
- 电气专业检测出 6 台交流电动机目前状态轻微异常, 1 段 400V 母线的 2 台开关状态轻微异常, 需结合小修对异常电机进行解体检修、检查、更换轴承; 温升异常开关、#1 发电机碳刷、#1 主变 C 相中性出线柱头进行清扫、处理。
- #1 脱硫系统共计 10 台 6kV 的转机设备, 在对每台设备进行小修前的状态分析后, 其 10 设备运行良好, 未发现需要解体检修的异常缺陷。

5. 完成 2015 年 #2 机组小修前设备总体检报告:

- 汽机专业发现 5 台转机, 需结合小修进行解体检修、部分检查或更换密封垫; 4 台转机的附属设备需检修或更换密封垫。
- 锅炉专业发现轻微异常设备 5 台, 可继续运行, 但需对设备趋势跟踪, 视情况计划检查调整。
- 电气专业检测出交流电动机 2 台状态异常、4 台状态轻微异常。建议对状态异常的 6 台电机进行解体检修; #2 发电机集电环碳刷温差大建议检测调整碳刷弹簧压力、更换劣化碳刷弹簧, 调整刷握, 清理清扫集电环和碳刷; #2 主变 C 相油中含有残留乙炔气体、油枕胶囊破裂变压器油位不能识别, 因此建议对主变 C 相滤油并更换油枕胶囊。
- #2 脱硫系统共计 10 台 6kV 的转机设备, 在对每台设备进行小修前的状态分析后, 发现轻微异常设备 3 台, 可结合小修时进行解体检修。

贵港电厂精密点检案例

2014 年 6 月 20 日，对 1 号炉 B 引风机润滑油站 A 泵周期性的检测，在电机机体部位采集的振动频谱中出现异常振动频率。随后密切关注其趋势发展情况，在 7 月 22 日的检测中发现异常频率更加突出，并伴有异常噪声，但振动幅值一直较小 (0.53mm/s)。在三个测点部位的加速度频谱中，以齿轮啮合频率及谐波为主导，不同的是 $2\times$ 啮合频率处边带簇相对较多，边带簇中存在左右侧 1 阶边带低于 2 阶边带幅值，时域波形中能看出频率调制现象。判断为：联轴器松动或磨损；两个半联轴器轴向间隙不当。



2014 年 8 月 12 日，在 1 号机组调停检修期间针对异常分析情况，对该齿轮泵进行检查，检查发现齿轮泵侧联轴器存在周向的晃动量，拆下联轴器后发现键两侧磨损近 2mm。根据精密点检建议，将齿轮泵侧磨损键进行更换，并在电机与底座法兰结合面加垫 1.5mm，以调整出联轴器之间适当的间隙。试运振动频谱中异常的边带频率消失、异常噪音消失。

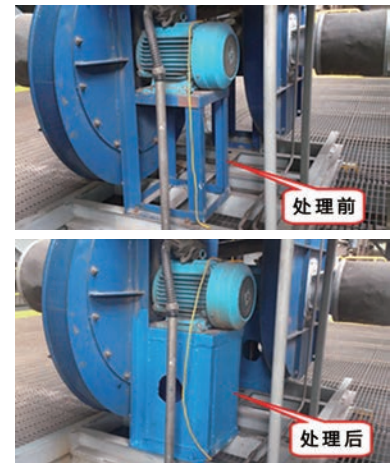
2014 年 9 月 26 日，对 C 灰斗气化风机巡视检查中发现驱动侧出现有异常噪音，温度检测无异常，振动测试最大速度有效值仅为 1.95mm/s，但在 Peakvue 振动频谱中发现异常频率。频谱中出现 196.25Hz 及谐波频率，并伴有转频边带 23.56Hz，垂直侧与水平测点冲击能量分别为 6.54g、15.06g。监视运行一个月后，在 10 月 27 日的振动频谱中，转频边带成分增加，幅值增大，冲击能量分别上涨至 8.09g、20.5g。驱动侧轴承型号为 SKF NJ207 ECP，根据内环故障频率经验计算公式：频谱中 196Hz 及谐波频率符合该轴承的内环故障特征频率。根据振动频谱及时域波形综合分析，判断风机驱动侧轴承内环滚道存在脱皮剥落现象，从振动冲击能量及趋势来看，疲劳剥落在进一步恶化。



2014 年 12 月 23 日，解体后发现驱动侧轴承内环滚道出现较严重的疲劳剥落。随后对轴承进行更换处理，12 月 30 日，运行时振动检测其异常的故障频率消失。

2015 年 1 月 26 日至 2 月 5 日，连续三次对 1 号炉 B 火检冷却风机的振动检查中发现其振动呈上升趋势，其中电机自由侧水平振动 10.59mm/s，驱动侧垂直振动 13.23mm/s，驱动侧轴向振动 14.25mm/s。对电机自由侧径向振动做了交叉相位测试，电机自由端的水平与垂直方位振动相对相位差为 77-81 度左右；对电机基础框架进行了振动测试。综合分析，判断风机转子存在动不平衡，同时电机基础框架存在支撑刚度不足。建议先从加强基础框架支撑刚度着手，采用 5mm 厚的钢板分别焊接在原有角钢制成的基础框架上，将角钢框架连成一体，形成一盒状结构，以提高基础框架的整体支撑刚度。

2015 年 2 月 11 日，基础加固后，水平振动 2.92mm/s，驱动侧垂直振动 7.38mm/s，驱动侧轴向振动 6.81mm/s。



2014 年 10 月 14 日、12 月 9 日以及 2015 年 1 月 14 日，分别在 2 号炉 B 送风机液压油站 A 泵、2 号炉 A 一次风机液压油站 B 泵，以及 2 号炉 A 一次风机润滑油站 A 泵的振动频谱中发现这三台油泵均存在异常频率。三台油泵的振动频谱中均在齿轮啮合频率 296HZ 及谐波频率两侧出现不对称的转频边带，振动幅值 1.93mm/s，运行时的压力及流量正常，但与其他油泵相比均存在不同程度的噪音。从频谱特征来看，异常频率的出现应该属于油泵内部齿轮偏心造成。判断联轴器弹性垫损坏或联轴器磨损的可能性较大。

→图 1：B 送风机
液压油站 A 油泵



←图 2：A 一次风机
液压油站 B 油泵

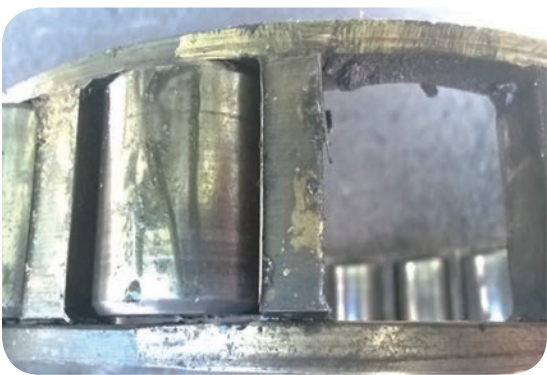
2015 年 1 月 16 日，对这三台判断有异常的油泵进行了解体检査，在拆开电机后发现 B 送风机液压油站 A 泵使用的是自行加工的钢件联轴器，两个半联轴器中间未使用梅花弹性垫，且钢件相互接触部位也已出现磨损（图 1）。而 A 一次风机液压油站 B 泵，以及 A 一次风机润滑油站 A 泵的梅花弹性垫也均已损坏（见图 2、图 3）。处理时将 B 送风机液压油站 A 泵更换为梅花形联轴器，其余两台油泵更换了损坏的梅花弹性。齿轮啮合频率及谐波频率幅值明显降低，且两侧的边带已消失。

→图 3：A 一次风
机润滑油站 A 油泵

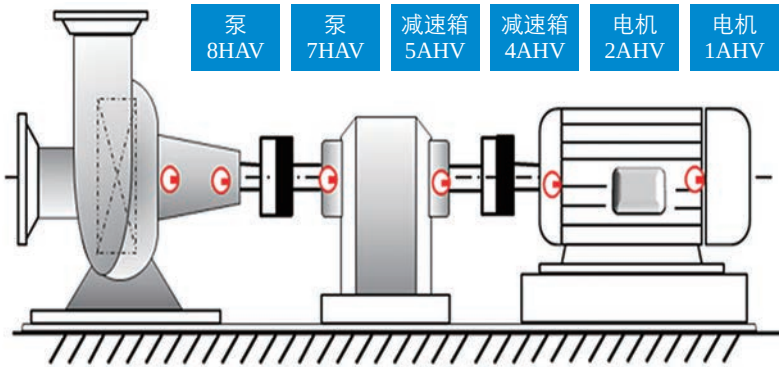


蒲城电厂精密点检案例一：#2 浆液循环泵 D

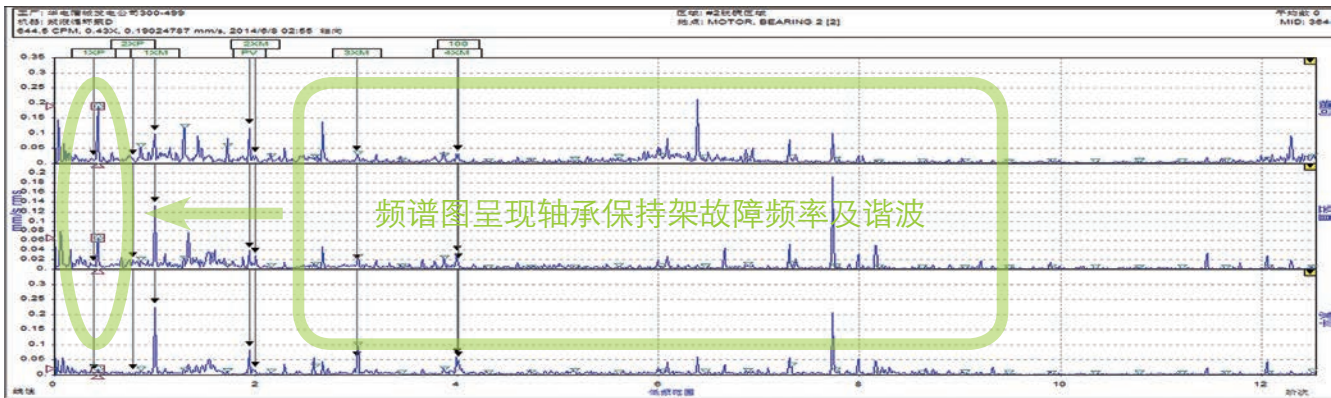
故障失效模式：1、磨损失效 2、变形失效 3、疲劳失效



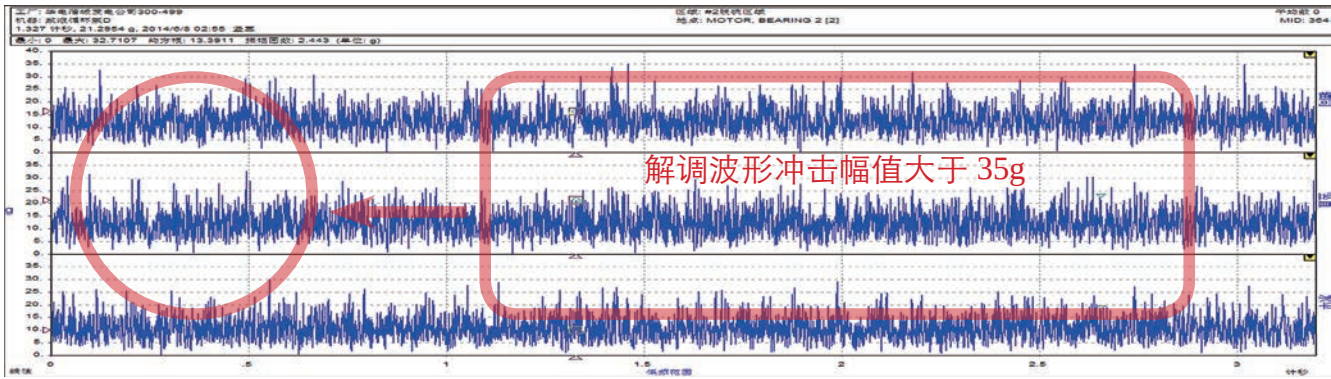
现象图



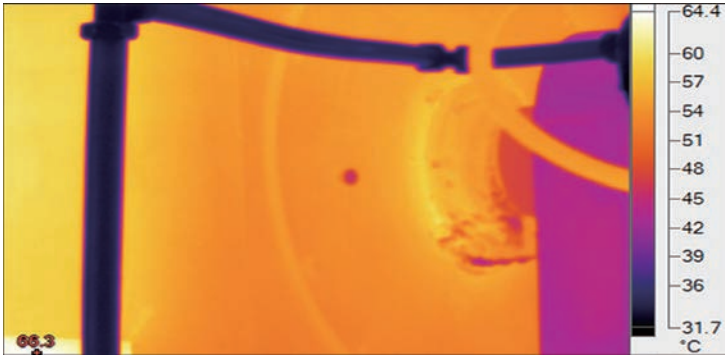
设备测点分布图



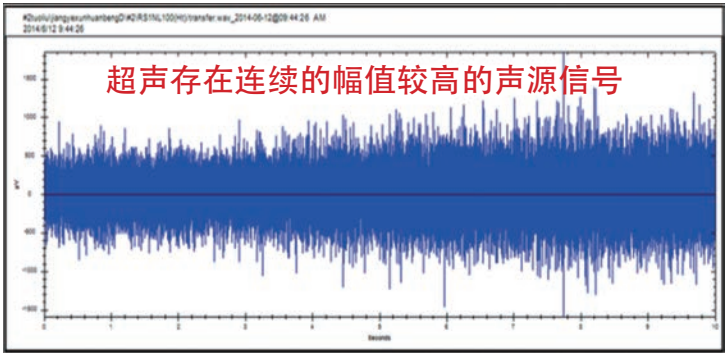
电机轴承 2 频谱图



电机轴承 2 解调波形



电机 2 红外热像图



电机 2 超声图

诊断结果

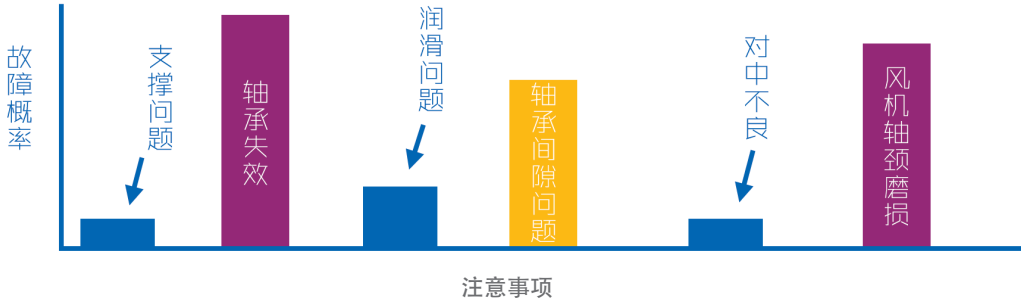
现象：电机驱动端频谱高频存在轴承故障频率，解调谱与频谱可见清晰的轴承保持架故障频率及谐波，DW 冲击明显，轴承故障。

原因：1、轴承由于安装、疲劳、振动等原因造成轴承失效；2、随着振动的增加造成轴承进一步损坏。

结论：轴承故障。

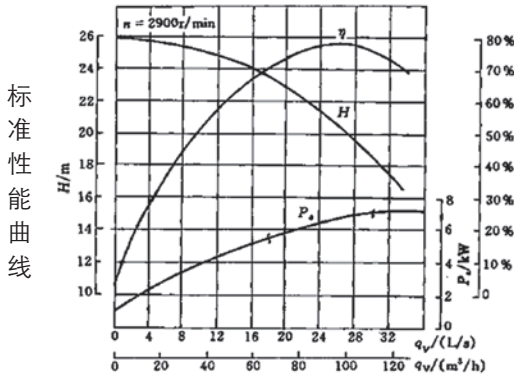
改善方案

- 1、更换轴承，轴承安装符合国家相关标准。
- 2、检查轴承磨损及配合情况，检查轴承室的磨损情况，并根据实际测量结果对其进行修复。修复方法可以采用刷镀、喷涂、激光及纳米等技术，修复后与轴承室的配合应达到 J6 或 JS6 级，且满足 GB/T 275-1993《滚动轴承与轴和外壳的配合》国家标准。
- 3、检查电机轴向间隙。



技术标准

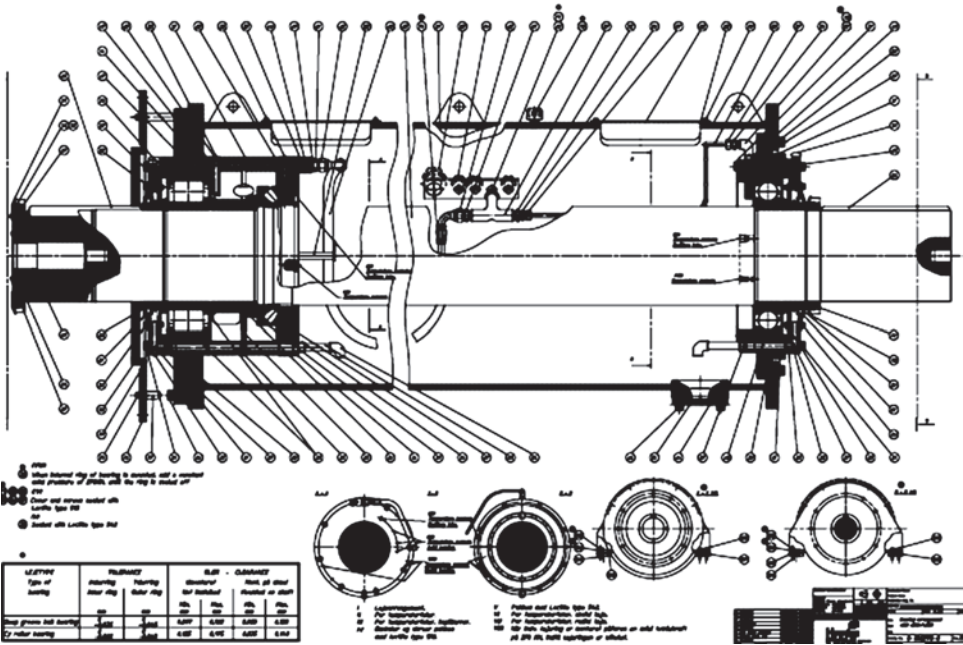
- 1、GB/T 275-1993《滚动轴承与轴和外壳的配合》
- 2、DL/T5047-2002《电力建设施工及验收技术规范》
- 3、GB 50275-2010《风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范》



蒲城电厂精密点检案例二：#5 增压风机改善

一、增压风机系统功能

增压风机是在火电厂湿法脱硫工艺系统中，用于克服烟气流经原烟道、烟气换热器（GGH）、吸收塔、净烟道、挡板门等整个脱硫系统阻力的设备。一般采用静叶可调轴流式风机，每台炉配置一台，锅炉烟道尾部烟气经增压风机升压后进入吸收塔，脱除大部分 SO2 氧化物、重金属等大气污染物，然后经烟囱排向大气。随着国家对环保要求的增强，脱硫系统连续运行的要求进一步提高，增压风机的安全运行不仅影响脱硫系统的安全，也同样影响机组的安全运行。全面正确的掌握精密诊断技术，认真务实的开展监测工作，及时准确的分析风机存在的隐患，防止故障的发生，对提高 FDG 系统运行的可靠性，更具有不可取代的深远意义。



增压风机结构图

工厂名：华电蒲城发电有限公司		区域名：#5 脱硫区
机器名称：增压风机		MID：495
机器编号：		变频设备：是 ☐ 否 ☐
驱动设备	中间连接部分	被驱动设备
制造厂：湘潭电机股份有限公司 型号：YKK1000-8 功率 KW：5600 输入电压 V：10KV 输入电流 A：385 转速 rpm：747 安装形式：卧式 重量 kg：	制造厂： 结构型式： 输入转速 rpm：747 输出转速 rpm：747 传动比： 其他说明：	制造厂：豪顿华工程有限公司 型号：ANN4360/2000B 动叶可调轴流风机 流量 m3/h：1100 全压 KPa：4.16 工作介质：烟气 转速 rpm：747 结构型式：卧式轴流 叶片数量：20 支撑型式：悬臂

增压风机参数

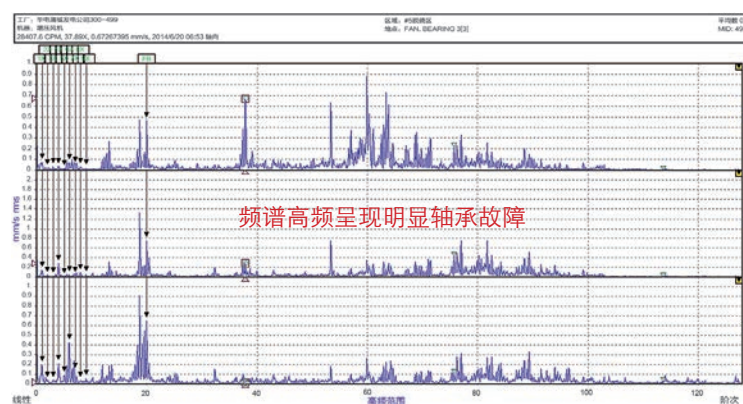
二、发现的设备问题

2014年6月19日16点对#5增压风机进行了检测，图谱显示风机测点频谱高频呈现明显轴承故障频率，叶片通过频率0.43X边频带丰富，解调谱0.43X频率特征及谐波清晰，解调波形存在轴承保持架为间隔的冲击特征，时域波形脉冲振荡明显，通过分析判断为轴承后期故障。

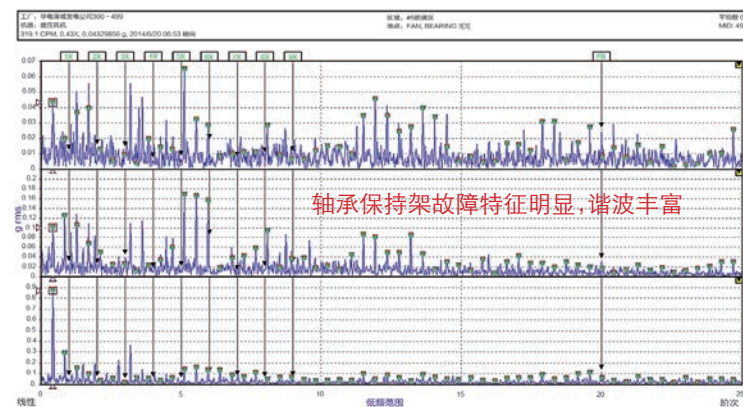


现场设备照片

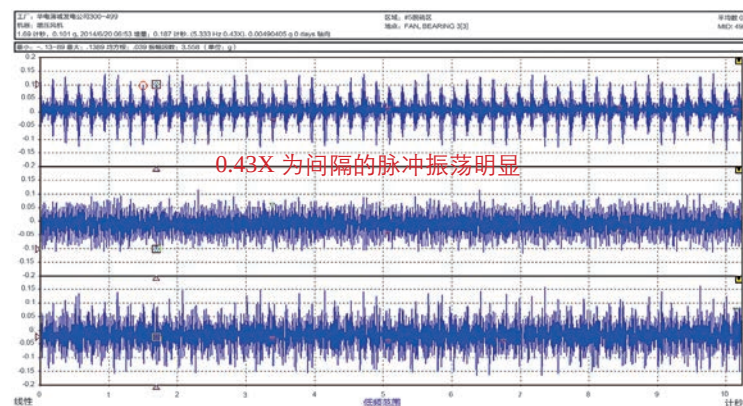
三、图谱说明



风机3号测点频谱



风机3号测点解调频谱



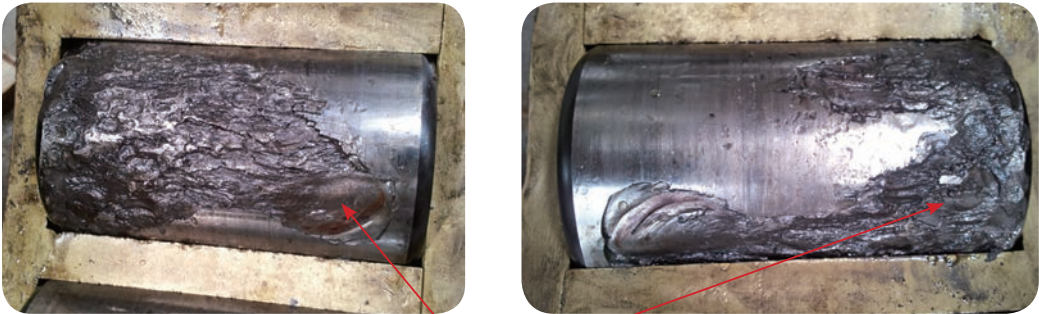
风机4号测点时域波形



陕西蒲城电厂

四、原因分析

- 1、风机轴承质量问题，风机长期运行后轴承产生疲劳、损伤。
- 2、风机轴承滚珠表皮损伤、脱落，造成风机振动。
- 3、风机较高的振动加剧了轴承的进一步损坏。
- 4、轴承保持架在强烈振动影响下所承受的径向负荷增大，加速了振动快速增长。



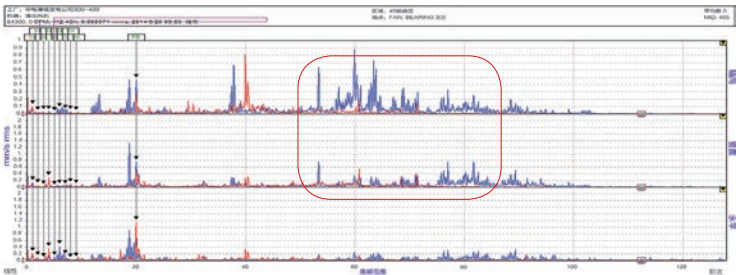
风机轴承型号 NU2256 滚珠表面龟裂，约 60% 表皮脱落

五、处理建议

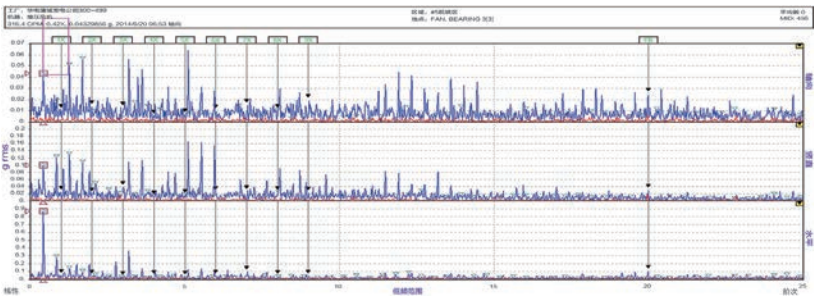
- 1、更换风机轴承；
- 2、检查风机轴承与轴承室的配合，应符合 GB/T 275-1993《滚动轴承与轴和外壳的配合》国家标准规定的相关数据；
- 3、对风机润滑油进行检测，必要时进行更换。

六、改善后效果

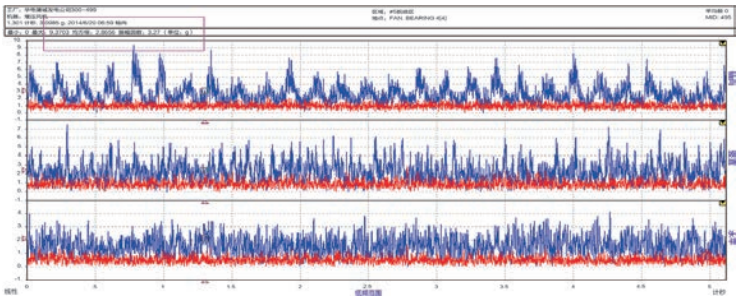
改善前后图谱对比（蓝线为改善前图谱，红线为改善后图谱）：



风机 3 号测点频谱叠加后可以看出改善后轴承故障频率消失

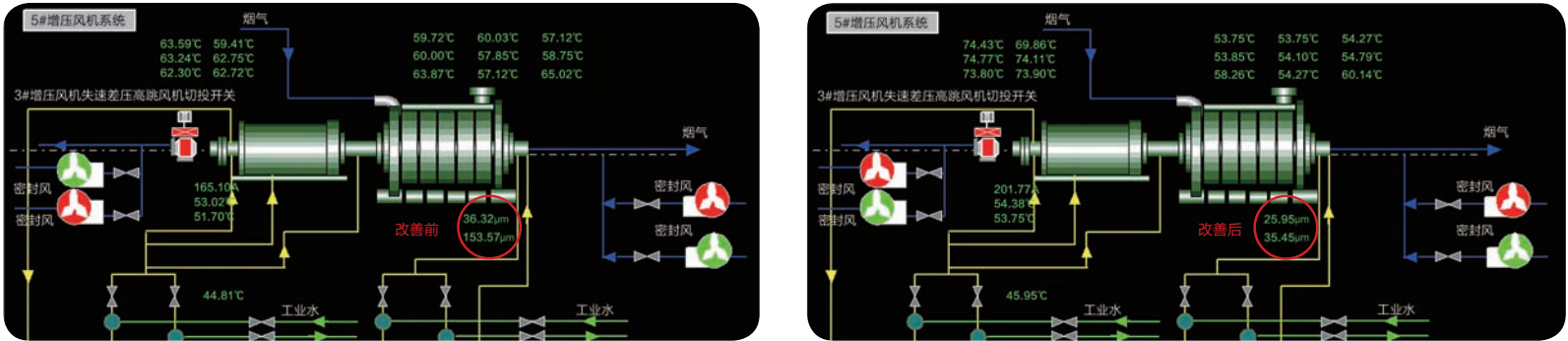


风机 3 号测点解调谱叠加后可以看出改善后轴承保持架故障频率消失



风机 4 号测点解调波形叠加后可以看出改善后轴承冲击恢复正常，冲击幅值大幅降低

改善前后风机系统图振动对比：



通过图谱可以看出，改善后风机垂直振幅由改善前 153.57μm 降到改善后的 35.45μm

改善前后通频值对比：

通频值读数来自于 增压风机													
轴綫	MOTOR, BEARING 1			MOTOR, BEARING 2			FAN, BEARING 3			FAN, BEARING 4			
	垂直	水平	轴向	垂直	水平	轴向	垂直	水平	轴向	垂直	水平	轴向	
单位	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)
警告值水平	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
危急值水平	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
2014/6/20 6:50:47	.665	.97	1.29	2.28	1.25	.602	2.56	1.93	3.01	1.68	2.28	5.29	
2014/7/12 2:36:33	.584	.826	1.04	.702	.826	.436	1.71	1.84	1.42	.708	1.08	2.71	

七、总结

故障描述及情况说明		可能造成损失	
#5 增压风机测试时振动达到了 153.57μm，通过频谱分析可见明显的轴承故障频率，过大的振动造成了轴承磨损的加剧，随着轴承进一步磨损，风机也出现了明显的摩擦声，长期运行下去风机轴承会出现突发性的损坏、造成风机叶片断裂、转子磨损或其它零部件发生损坏，给电厂带来巨大损失。		直接损失	一台增压风机价值：200 万元
通过改善，使风机的振动由原来 153.57μm 降低到现在的 35.45μm，避免了因此故障造成的停机，大大改善了风机的运行可靠度，延长了增压风机的使用寿命。		间接损失	风机损坏，机组停机，少发电 3 个月：2 亿元
停机检修，更换风机轴承。		检修人工费	3000 元

蒲城电厂精密点检案例三：#2EH 油泵故障

一、EH 油系统系统功能

EH 供油系统的功能是提供高压抗燃油（化学名为三芳基磷酸脂，简称 EH 油），并由它来驱动伺服执行机构，这种抗燃油具有良好的抗燃性和流体热稳定性。但是如果 EH 油中混入过多的水、酒精或其他油液等，将大大降低 EH 油的抗燃性，而且会加快 EH 油的变质或老化，直接影响系统的正常运行。对伺服阀的阀口处形成腐蚀，造成伺服阀内漏、卡塞；伺服阀一旦卡死，会导致油动机不受控制，蒸汽阀门不能开启。伺服阀、电磁阀、节流孔、通道等的故障大多和油质有关。因此，EH 供油系统对油质要求特别高。

EH 供油系统主要由不锈钢油箱、磁棒、油系统管道、控制块、逆止阀、安全溢流阀、蓄能器、EH 油泵、一套自循环滤油系统（EH 油再生装置）和自循环冷却系统（冷油器）组成。

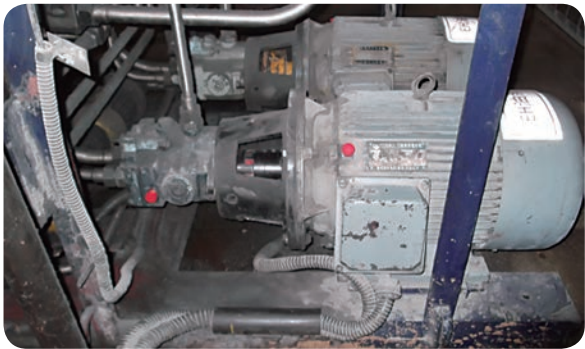
EH 油从油箱经油泵入口滤网、入口门、EH 油泵（恒压变量柱塞泵）、EH 油控制块（包括出口滤网、逆止阀、出口门、溢流阀）后，经高压供油母管送至各执行机构和危急遮断系统，系统执行机构的回油经有压回油母管、回油滤网、冷却器回到油箱；危急遮断系统的回油经无压回油母管回到油箱。

通常 EH 油系统油压控制在 11.2 ~ 16.4MPa 范围内，正常运行时保持系统压力在 $14.5 \pm 0.5\text{MPa}$ 左右，当油压高于 $17 \pm 0.2\text{MPa}$ 时经过安全溢流阀流回油箱；当 EH 油压低于 10.4 ~ 11.1MPa 汽轮机就会掉闸。EH 油泵出口油压比系统油压约高 0.5MPa 左右。油箱油位：保持在 430 ~ 560mm 范围内。油箱油温：在 21℃ ~ 60℃ 之间可以运行，正常运行时应保持在 43℃ ~ 55℃ 之间，不能高于 60℃ 长周期运行，不推荐在低于 21℃ 油温下运行，严禁油温在 10℃ 下运行。当油温低于最低极限温度（21℃）时应启动加热系统进行加温。

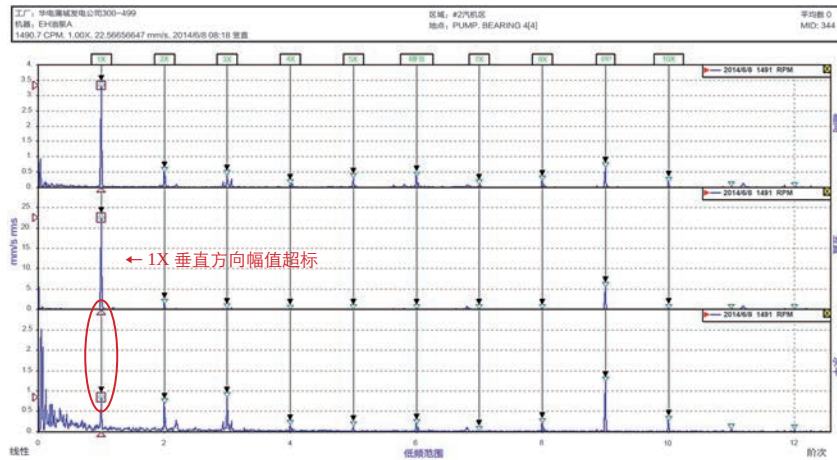


二、发现的设备问题

2014 年 6 月 12 日对 #2 机组 EH 油泵 A 进行了测试，通过测试发现泵测点 1X 垂直幅值达到 23mm/s 严重超标，频谱中活塞通过频率 1X 为间隔的边频丰富。通过图谱分析认为，泵支撑刚度不足，图谱显示活塞有磨损现象。



三、图谱说明



泵 4 号测点频谱

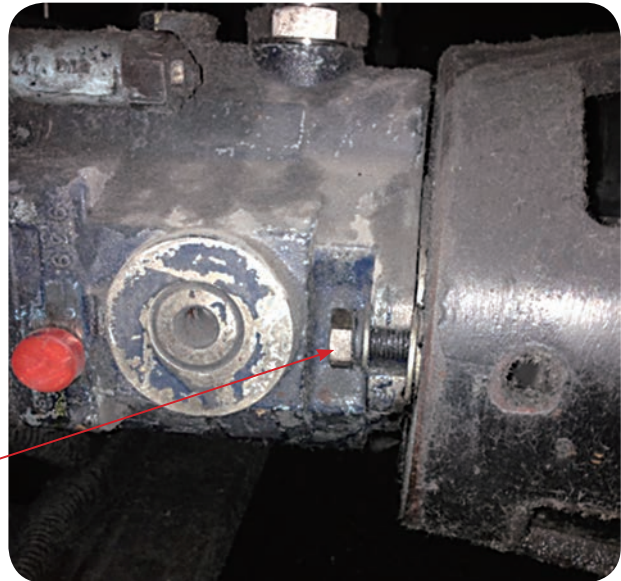
五、处理建议

- 1、建议检查联轴器安装是否到位。
- 2、泵体与连接口应该完全接触，加强泵体刚度。
- 3、入口管线支撑角铁从新焊接。

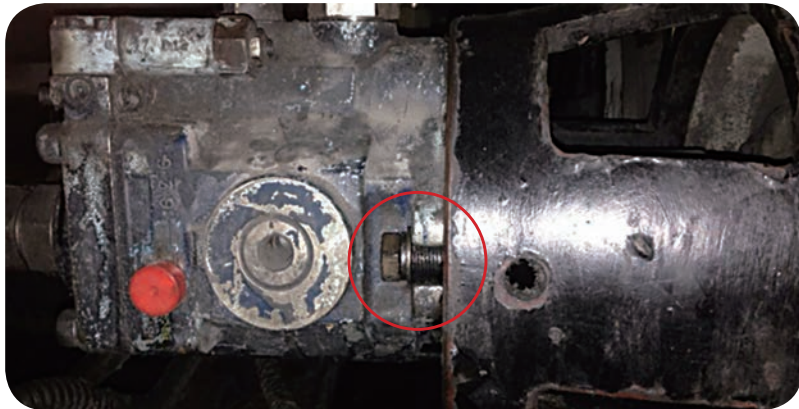
泵体连接处加装了垫片，
使泵体结合面接触面积变小，
造成连接刚度不足。

四、原因分析

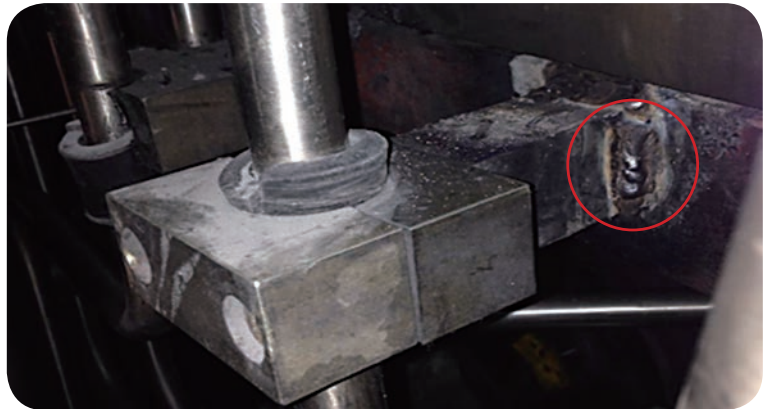
- 1、泵体的连接处加有垫片接触面积较小，不能有效地支撑整个泵体，造成泵的垂直刚度弱。
- 2、泵入口管线支撑角铁有开焊现象，使泵入口管线外力附加到泵本体。
- 3、泵本身垂直刚度变弱产生振动，另外入口管线支撑开焊加剧了泵振动。



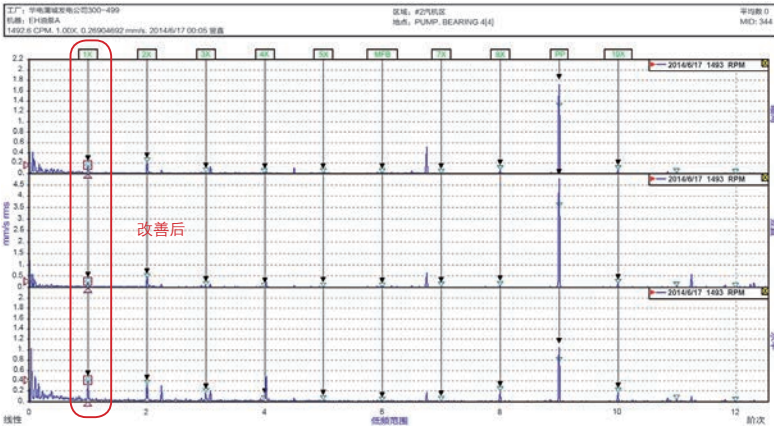
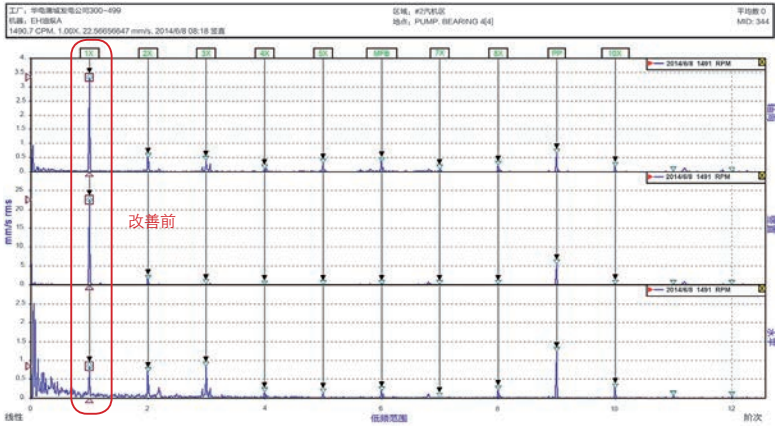
六、改善后效果



泵体安装到位后，泵体连接面完全贴合



泵入口管线从新焊接



通过图谱可以看出，改善后泵的 1X 垂直方向幅值，由原来 23mm/s 降到了 0.26mm/s

改善前后通频值对比：

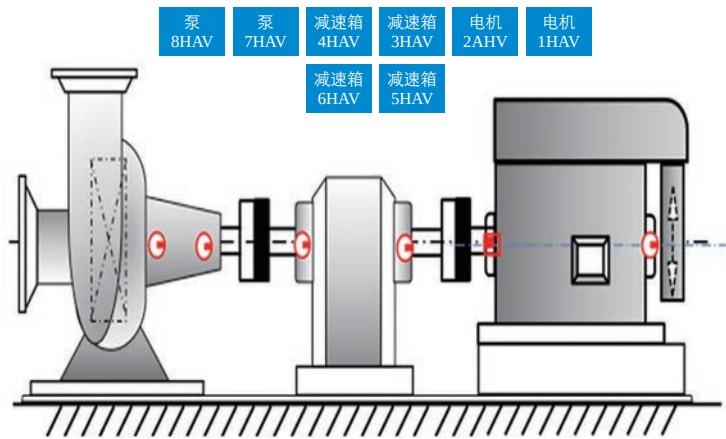
通频值读数来自于 EH油泵A							
	MOTOR, BEARING 2				PUMP, BEARING 4		
轴綫	垂直	水平	轴向	垂直	水平	轴向	
单位	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)	mm/s (RMS)
警告值水平	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
危急值水平	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1
2014/6/7 3:04:37	2.34	1.82	2.75	23.77	2.68	4.97	
2014/6/8 8:19:12	2.21	1.93	2.63	24.45	3.12	4.38	
2014/6/17 0:04:34	1.88	1.91	2.23	6.35	2.18	3.96	

七、总结

故障描述及情况说明		可能造成损失	
EH 油泵 A 测试时振动达到了 23mm/s，过大的振动造成了入口管线支撑开焊加剧了震动，活塞通过频率谐波丰富并伴有边频出现表明活塞已经出现磨损，长期运行下去油泵内部斜盘、活塞、轴承等零部件会发生损坏，严重时会使泵体磨损，造成油泵报废。		直接损失	一台 EH 油泵价值：30 万元
通过改善，使泵的振动由原来 23mm/s 降低到现在的 0.26mm/s，避免了因此故障造成的停机，大大改善了泵的运行可靠度，延长了 EH 油泵的使用寿命。		间接损失	停机一天，210 万元
停机检修		检修人工费	2000 元

铁岭电厂精密点检案例：#5 浆液循环水泵 B

一、设备概述



#5 浆液循环泵 B 结构图



解体泵照片

电动机		中间连接部分	风 机	
制造厂	西安西玛电机集团有限公司	制造厂： SEW- 传动设备 (天津) 有限公司 结构型式：齿轮减速机 输入转速 rpm：1485 输出转速 rpm：552 传动比：1:2.6923	制造厂	石家庄强大渣浆泵有限公司
型号	YKK5001-4		型号	700X-TLR
额定功率	800 kW		流量	8745 m3/h
额定电压	6000V		扬程	
额定电流	73.3A		结构型式	卧式离心泵
额定转速	1490rpm		叶片数量	5
驱动端轴承	NU230		驱动端轴承	NU2234
自由端轴承	6228		自由端轴承	T009D

#5 浆液循环泵 B 设备信息表

二、设备故障现象描述

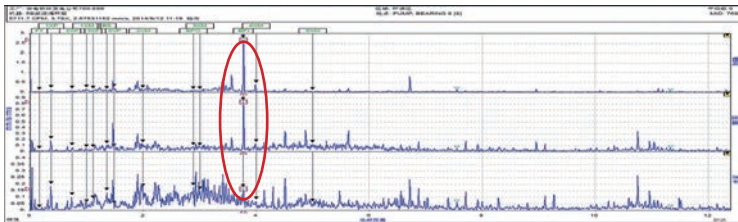
2014 年 9 月 9 日对 #5 浆液循环泵 B 进行了测试,通过测试发现泵 7、8 点在频谱和解调谱中存在较高的 3.83X 成分及谐波,轴承内圈频率,泵转速只有不到 600 转 / 秒,但是 DW 达到 56g,并且峰值因数很高。

电机 2 点在解调谱存在轴承保持架频率,但是冲击幅值不高。

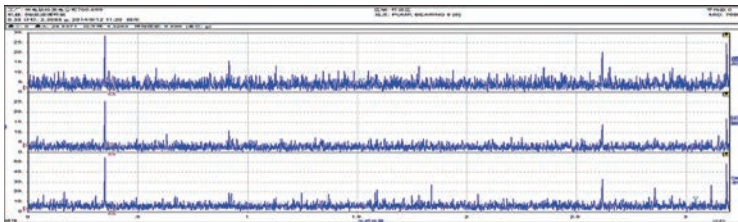
三、设备故障诊断分析过程

2014 年 9 月 9 日对 #5 浆液循环泵 B 进行了测试，通过测试发现电机 1、泵 7、8 点在频谱和解调谱中存在较高的 3.83X 成分及谐波，轴承内圈频率，泵转速只有不到 600 转 / 秒，但是 DW 达到 56g，并且峰值因数很高，轴承损坏。电机 2 点在解调谱存在轴承保持架频率，但是冲击幅值不高，轴承磨损或润滑不良，电机自由端存在轴承频率，是轴承磨损或润滑不良。

1) 振动诊断分析：图 2.1.3 显示频谱图中有非常高轴承故障频率，图 2.1.4 显示较高的 DW 冲击值及峰值因数。

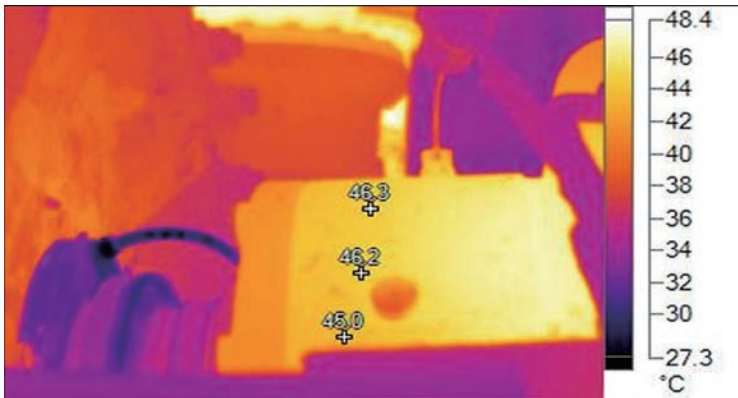


泵 8 频谱图

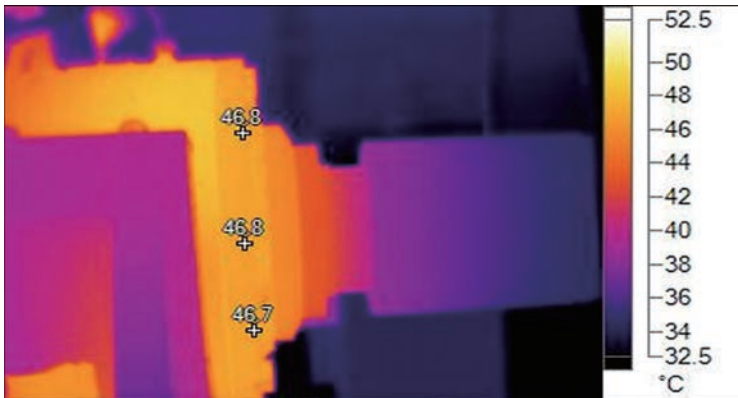


泵 8DW 冲击谱图

2) 红外诊断分析：



泵 8 点红外图



泵 7 点红外图

四、诊断结论

主要是设备长时间使用轴承疲劳损坏，电机轴承轻微磨损。

故障概率

疲劳磨损

刚性不足

不平衡

润滑不良

交变载荷

五、故障原因与机理分析

设备长时间使用及受交变载荷冲击、润滑油油质杂质较高造成轴承磨损，没有及时发现持续劣化造成轴承损坏。

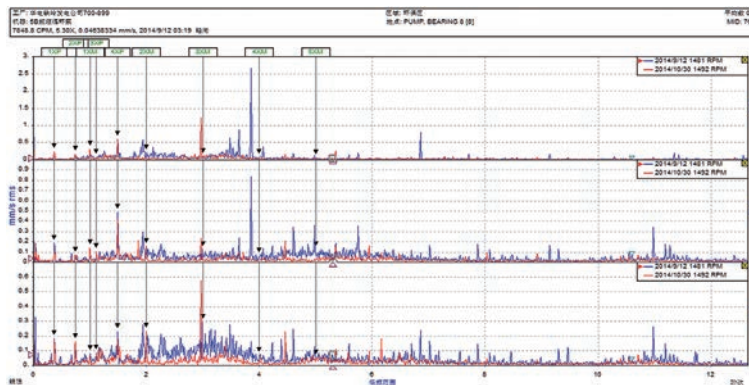
六、改善方案

- 1) 更换轴承，轴承安装符合国家相关标准。
- 2) 检查轴承磨损及配合情况，检查轴承室的磨损情况，并根据实际测量结果对其进行修复。修复方法可以采用刷镀、喷涂、激光及纳米等技术，修复后与轴承室的配合应达到 J6 或 JS6 级，且满足 GB/T 275-1993《滚动轴承与轴和外壳的配合》国家标准。
- 3) 更换安装轴承前要按照 GB/T276-102、GB307.1-84 要求检新查轴承的外形尺寸及公差是否符合标准。
- 4) 安装轴承前先对轴承清洗，安装轴承时执行相关行业标准，宜选择压入法或热装法安装轴承，使用敲击法安装轴承时严禁滚动体、保持架受力
- 5) 安装完轴承后按照国标加注相应的润滑油。

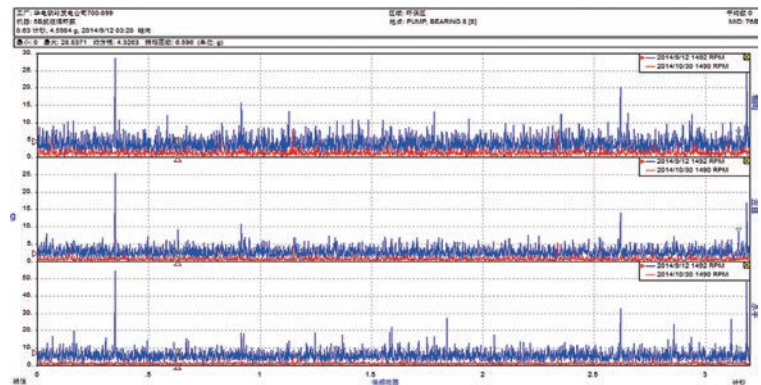


七、改善效果评价

- 1) 泵端轴承故障频率在频谱中消失。
- 2) 泵在 DW 图谱中改善前后对比冲击有极大下降。
- 3) 泵运行正常。



减速机 3 频谱
修前和修后两次频谱对比红色是修后，
明显幅值降低轴承故障频率消失

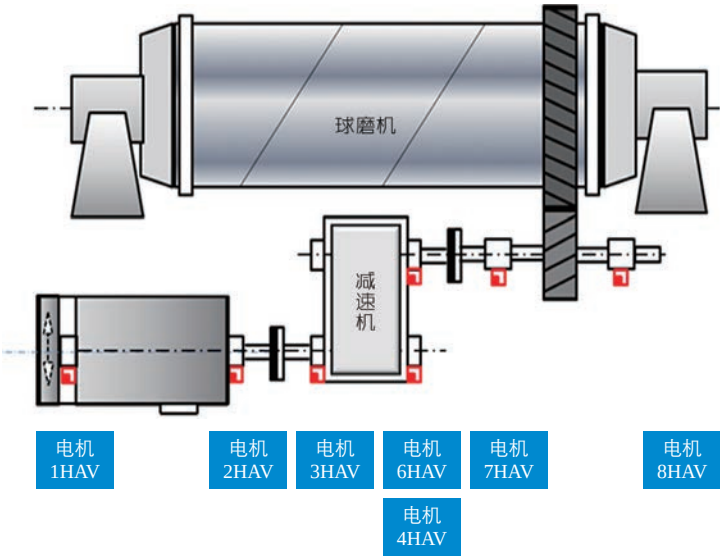


泵 8 频谱
修前和修后两次频谱对比红色是修后，
明显振动冲击幅值大幅下降

襄阳电厂精密点检案例：#1 炉 B 磨煤机改善方案

一、设备概述

#1 炉 B 磨煤机位于 #1 锅炉制粉系统厂房一楼，为双进双出滚筒式钢球磨煤机，机器通过一级圆柱齿轮减速机拖动小牙轮旋转，大小牙轮相互啮合带动滚筒旋转，利用滚筒内钢球落下来的冲击力碾碎煤粒形成煤粉。磨好的煤粉被制粉系统的风动设备送到锅炉燃烧或煤粉仓贮存，是锅炉制粉系统的重要设备。



测点布置图



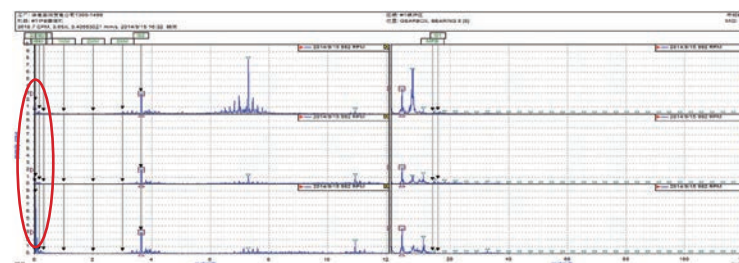
现场照片

电动机		中间连接部分	磨煤机	
制造厂	哈尔滨电机厂	洛阳矿山机械厂生产的 ZDY710 型单级圆柱齿轮 减速机 (i=6.3) 弹性柱销齿式联轴器	制造厂	洛阳中信重型机械公司
型号	YTM63011		型号	MTZ3500/7000
额定功率	1120kW		筒体容积	67.35m3
额定电压	6000V		最大装球量	75t
额定电流	133.6A		结构型式	双进双出钢球磨煤机
额定转速	986rpm		筒体转速	17.56rpm
驱动端轴承	滑动轴承		小牙轮轴承 1	23164CA/W33
自由端轴承	滑动轴承		小牙轮轴承 2	23164CA/W33

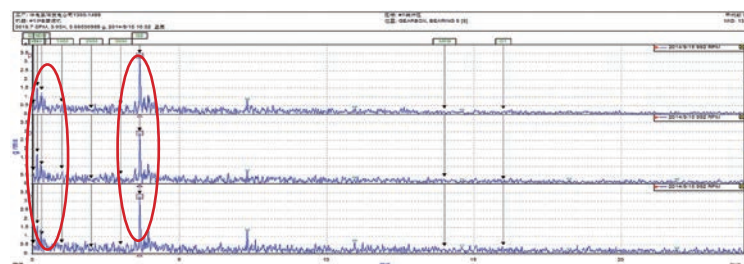
二、故障现象

2014 年 9 月 15 日测试，设备在振动图谱中主要表现为：

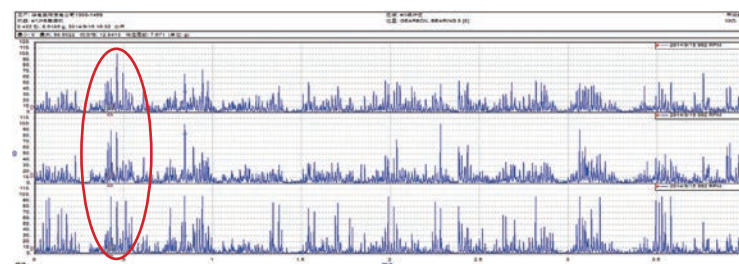
- (1) 小牙轮自由端轴承在极低的频率内出现了较高的峰值，解调谱内出现极高的 G2 成分，并在低频内出现了较高的 0.16XM（小牙轮转频）成分及其谐波，DW 图中冲击值高达 100g 之多。
- (2) 小牙轮两侧轴承，特别是驱动端轴承 G2 及其谐波附近出现了较为丰富的 0.16XM（小牙轮转频）边带，并且其 2 次、3 次谐波略高。
- (3) 减速机高速轴驱动端轴承出现了较高的 4 倍 G1 成分，解调谱中出现较为明显的 1XM 成分及谐波，并出现较高的 G2 成分并伴随着 0.16XM（小牙轮转频）边带。
- (4) 大小牙轮啮合频率及其谐波和边带在减速机上表现更高。



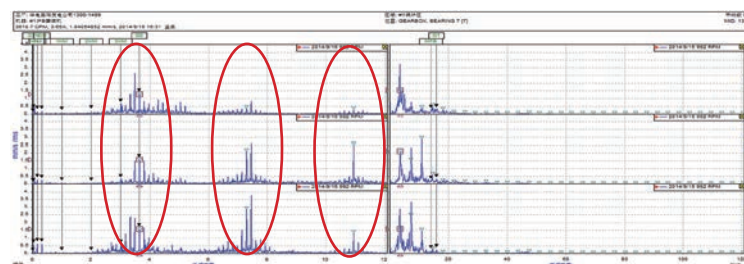
小牙轮自由端频谱图



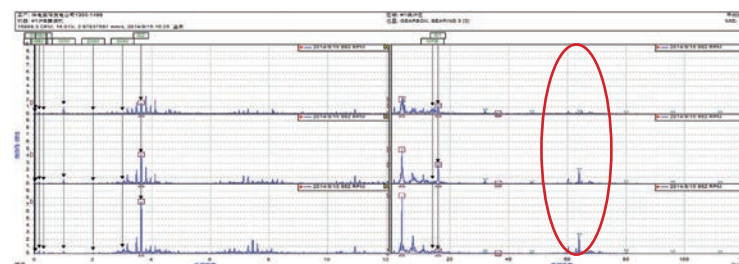
小牙轮自由端解调谱图



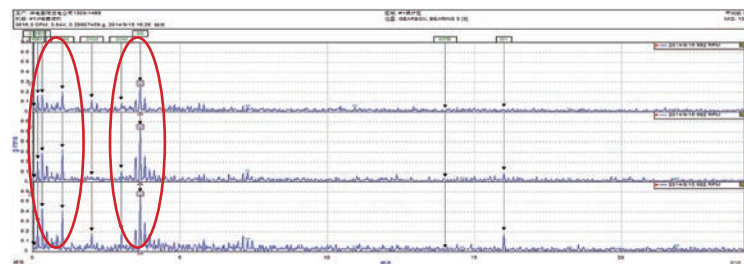
小牙轮自由端 DW 图



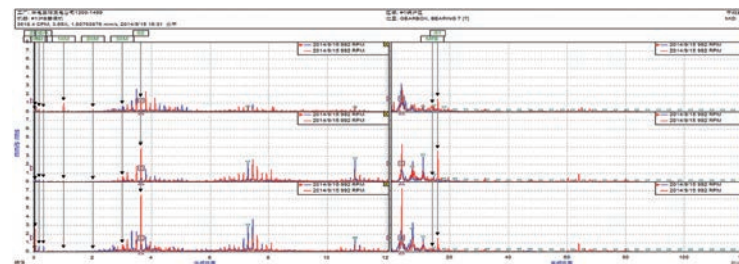
小牙轮驱动端频谱图



减速机高速轴驱动端频谱图



减速机高速轴驱动端解调谱图



减速机测点频谱图（红色）与小牙轮测点频谱图（蓝色）对比

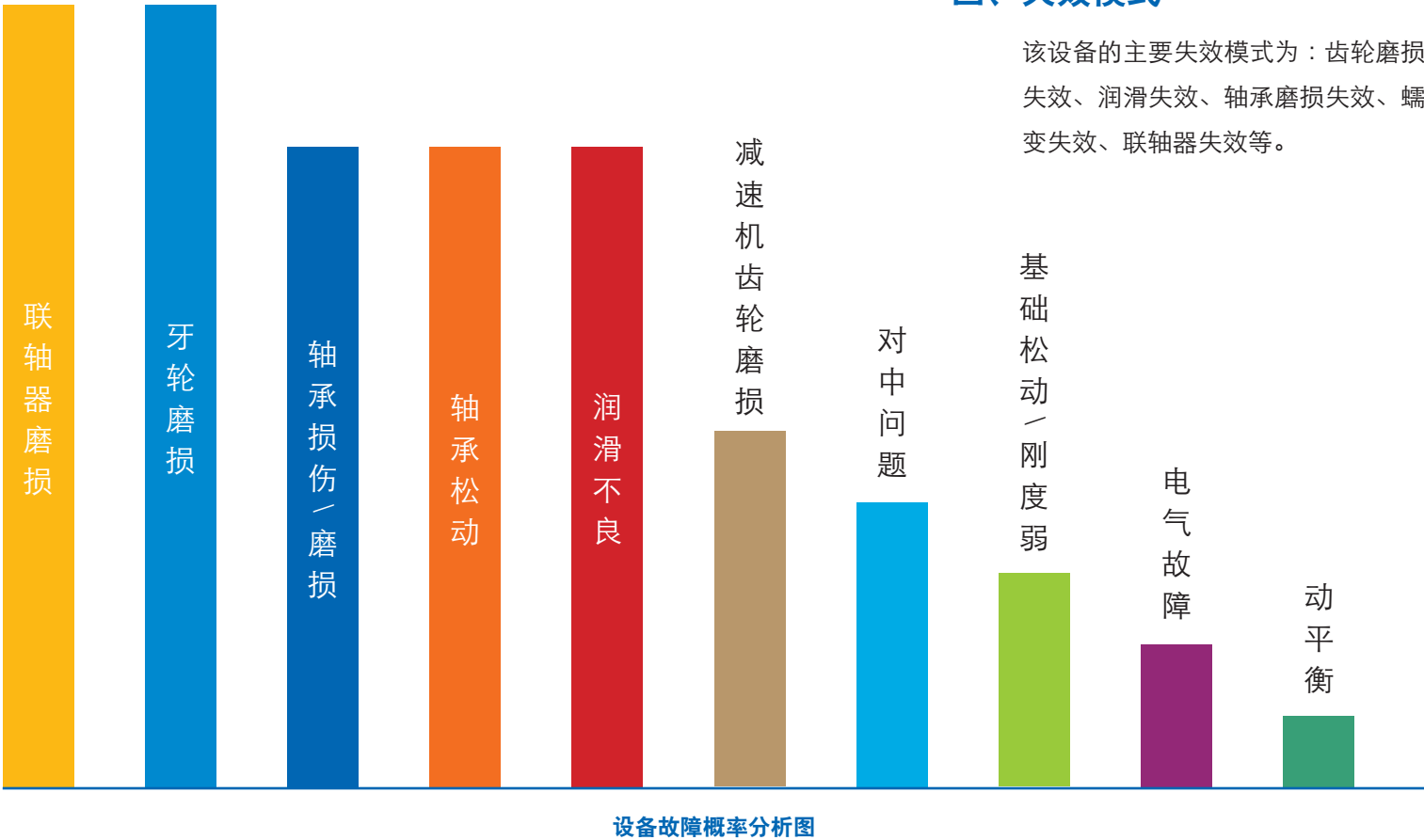
三、诊断结论

根据机器表现出来的故障特征分析，磨煤机主要有以下缺陷：

- (1) 小牙轮自由端轴承出现较严重的磨损或松动，或润滑不良；
- (2) 大小牙轮啮合异常，齿面磨损导致齿侧间隙增大；
- (3) 减速机到小牙轮联轴器（低速联轴器）发生磨损，造成振动传递剧烈；
- (4) 减速机上轴承有磨损或松动，齿轮磨损。

四、失效模式

该设备的主要失效模式为：齿轮磨损失效、润滑失效、轴承磨损失效、蠕变失效、联轴器失效等。



五、故障原因与机理分析

- (1) 由下页图 1 可以看出，小牙轮自由端轴承油脂因煤粉污染等原因已造成硬化，轴承出现润滑不良。牙轮轴承依靠端盖密封在轴承座内，端盖与轴采用了间隙密封（图 4），轴在密封处装有轴套。因长期运转，会造成间隙密封的沟槽被油污等填充、密封间隙变大（密封磨损或轴套磨损），造成密封效果变差，磨煤机现场环境较恶劣，煤粉等容易进入轴承润滑脂中，造成润滑脂变质，轴承发生润滑不良，出现较剧烈的磨损。图 1 中，牙轮轴承外圈有铁锈色磨痕，说明轴承外圈有松动迹象。



图 1 小牙轮自由端轴承照片



图 2 低速联轴器照片



图 3 损坏的尼龙柱销的照片

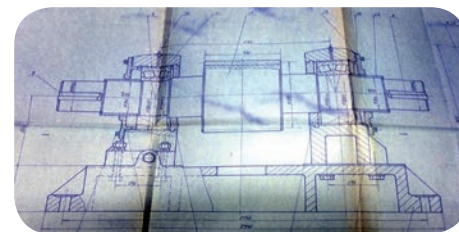


图 4 小牙轮装配图

(2) 大小牙轮（齿轮）在装配过程中，由于箱体、轴等零件的加工误差、装配不当等因素造成齿轮传动精度下降，误差的产生对齿轮的运动准确性、传动平稳性和载荷分布的均匀性产生影响，引起齿轮在传动过程中产生旋转频率的振动和啮合振动；齿轮在使用过程中出现损伤引起振动，如：不良的运行条件、磨损（指磨料磨损、粘着磨损和由此引起的擦伤和胶合），表面疲劳（包括初期点蚀、破坏性点蚀和最终剥落），塑性变形（包括压痕、起皱、隆起和犁沟）等均能引起的齿轮啮合异常而产生剧烈振动。

(3) 图 2 可以看出，低速联轴器挡板变形、安装不到位等原因造成了尼龙柱销产生了挤压变形，造成轴向补偿能力变弱，小牙轮啮合造成的冲击振动不能很好的被吸收；图 3 中，尼龙柱销由于长期使用等原因材质发生硬化，韧性减弱，碎裂，也或造成联轴器补偿能力变弱。

六、设计缺陷或不足

磨煤机大牙轮通常为铸钢件，为了提高加工性能，一般进行正火处理。在正火状态下，晶间组织通常以珠光体为主，还有少量的铁素体，总体硬度偏低，而小牙轮通常经过了调质处理，硬度偏高。装配误差及不良的运行条件造成大牙轮磨损较快，产生压痕、起皱、隆起和犁沟等塑性变形，齿侧间隙变大，造成了牙轮啮合异常。

七、改善方案

- (1) 检查大小牙轮磨损及齿面损伤情况，牙轮不允许有裂纹、重皮、毛刺、斑痕、凹凸不平等缺陷；当牙轮工作齿面出现隆起、犁沟、剥落、大面积点蚀、擦伤、胶合等缺陷，或磨损超过 6mm 时，可将牙轮翻面使用。检测大小牙轮啮合间隙及啮合面接触情况，间隙值应符合 JB/T 1386-2010《钢球磨煤机》规定的相关数值；啮合面接触情况采用色印法检验，接触面沿齿高不少于 40%，沿齿宽不少于 60%，接触均匀连续，不得偏向一侧，并满足 JB/T 1386-2010《钢球磨煤机》的相关规定。
- (2) 由于大牙轮通常为正火组织，硬度较低，容易发生磨损，且造价高，因此建议采用齿面淬火等工艺对大牙轮进行齿面硬化，提高齿轮的耐磨性。目前该工艺可现场操作，处理后齿面硬度可达 50HRC 左右，能有效延长牙轮使用寿命。
- (3) 检查联轴器磨损情况。尼龙柱销不应有老化、脆化、变形、开裂等缺陷，应选用压缩强度和冲击韧性较好的 MC 尼龙制作柱销，联轴器各项性能应满足 GB/T 5015-2003《弹性柱销齿式联轴器》的相关规定。联轴器内外齿套、挡板等应相互匹配，挡板应平整，安装稳固，对不符合要求的挡板予以更换，对外齿套上损坏的螺孔进行修复。柱销孔磨损有椭圆误差达 0.15mm 时应更换联轴器，尼龙柱销磨损成椭圆或超过 0.20mm 时应更换；更换尼龙柱销时，应统一全部更换为符合要求的柱销。
- (4) 对联轴器重新检查对中，对中要求按照厂家技术标准和 GB/T 5015-2003《弹性柱销齿式联轴器》规定的较高标准执行。
- (5) 处理小牙轮自由端轴承座。按照 GB/T 275-1993《滚动轴承与轴和外壳的配合》国家标准规定的要求对轴承座进行必要修复。
- (6) 清理变质润滑脂，补加新油。对轴承密封进行修复。

检查测量轴承密封间隙，清理密封沟槽，出现严重磨损时应予以更换，轴套磨损时更换轴套，间隙密封的间隙要求应满足半径间隙 0.1—0.3mm。由于轴承运行现场条件较差，易受煤粉等污染，建议改善密封形式，将间隙密封改为毡圈密封或唇形密封，改善轴承润滑脂工作环境。

- (7) 检查减速机齿轮磨损及齿面损伤情况，检测啮合间隙及啮合面接触情况，啮合间隙检查可采用压铅法，间隙值应符合 JB/T 8853-2001《圆柱齿轮减速机》规定的相关数值；啮合面接触情况检查可采用色印法检验，接触面按长度不低于 75%，按高度不低于 55%，接触斑点均匀连续；检查转子的轴向窜动量及轴承的轴向间隙，符合厂家规定的标准数值。
- (8) 检查减速机轴承磨损情况，视情况予以更换；检查轴承的配合，应符合 GB/T 275-1993《滚动轴承与轴和外壳的配合》国家标准规定的相关数据。

八、技术标准

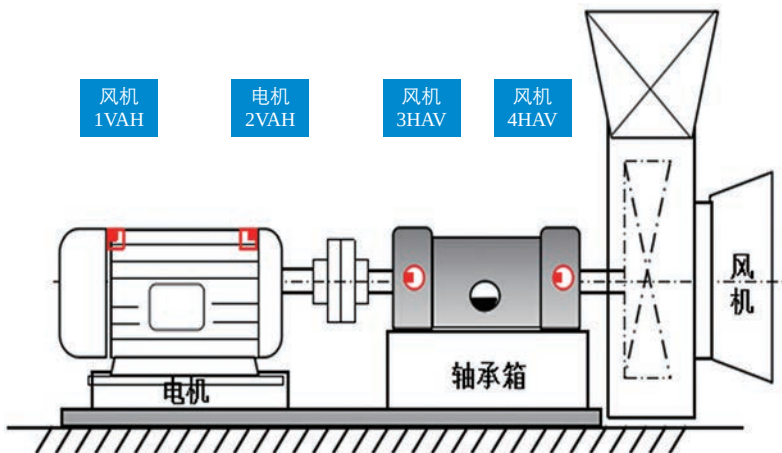
- (1) JB/T 1386-2010《钢球磨煤机》
- (2) GB/T 5015-2003《弹性柱销齿式联轴器》
- (3) GB/T 275-1993《滚动轴承与轴和外壳的配合》
- (4) JB/T 8853-2001《圆柱齿轮减速机》
- (5) 洛阳矿山机械厂《ZDY710A 减速机使用说明书》档案号：0101-9222-03-01
- (6) 洛阳矿山机械厂《Φ3500×7000 钢球磨煤机使用说明书》档案号：0101-9222-01-10

九、改善效果评估

2014 年 10 月 21 日检修人员对磨煤机小牙轮轴承和联轴器进行了检查，两侧轴承补加了润滑脂，自由端轴承外圈调整了顶部垫片，对低速联轴器磨损的尼龙柱销予以了更换。

新乡电厂精密点检案例：#2B 密封风机

一、设备概述



#2B 密封风机结构图



解体电机轴承照片

电动机		中间连接部分	风机	
制造厂	湘潭电机微特电机有限公司	结构型式：柔性联轴器	制造厂	成都电力机械厂
型号	Y315L1-4WF		型号	G5-41-11NO130
额定功率	160 KW		流量	5.71 m³/s
额定电压	380V		工作介质	空气
额定电流	287.8A		结构型式	卧式悬臂离心风机
额定转速	1485rpm		叶片数量	12
驱动端轴承	6319		驱动端轴承	46226
自由端轴承	6319		自由端轴承	3526

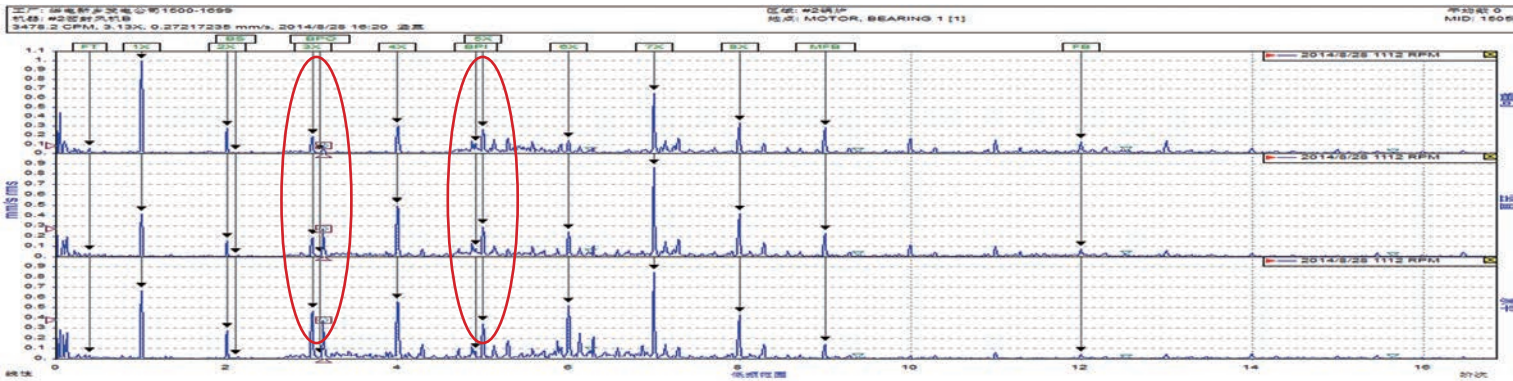
二、设备故障现象描述

2014 年 8 月 28 日对 #2B 密封风机进行了测试，通过测试发现电机 #1 测点在频谱和解调谱中存在较高的轴承内外圈故障频率成分及谐波，轴承外圈频率，DW 达到 65g，并且时域波形有明显的冲击波形。

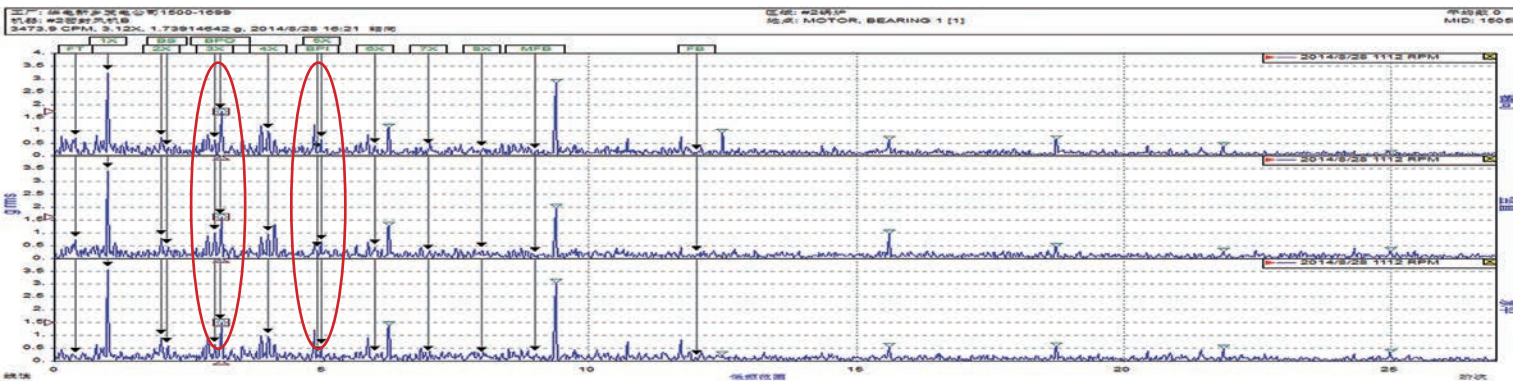
三、设备故障诊断分析过程

该设备的电机为变频电机，故障主要由于电机轴、轴承和机壳构成了电气回路，漏电流流过轴承，造成轴承电腐蚀。在频谱和解调谱中 4.86X 和 3.12X 有幅值谐波，对应轴承内外圈故障频率，电机自由端存在轴承磨损故障。

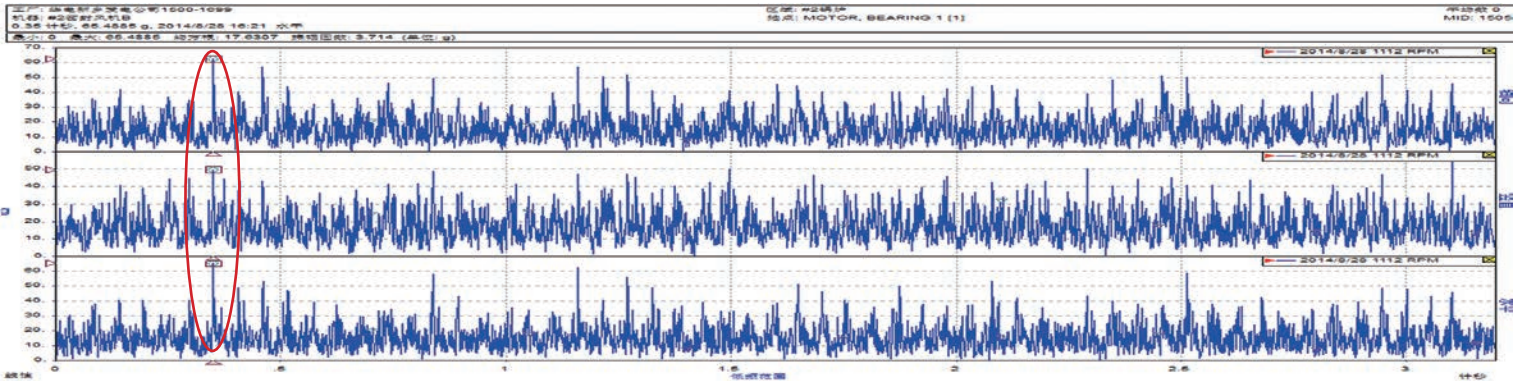
1) 振动诊断分析：频谱和解调谱图中有较高轴承故障频率，解调波形和时域波形图显示较高的 DW 冲击值及冲击波形。



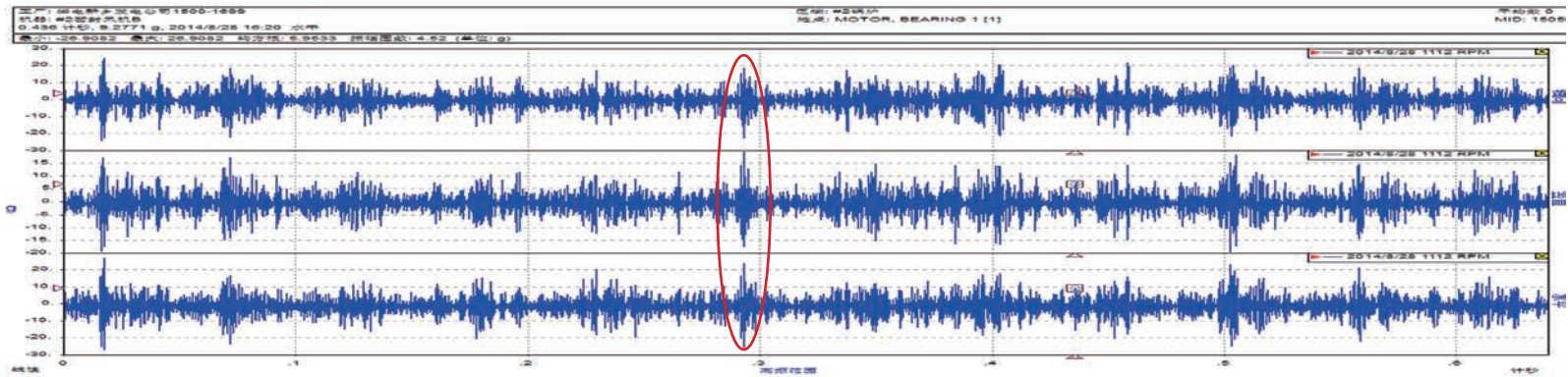
电机 1 频谱图



电机 1 冲击解调谱图

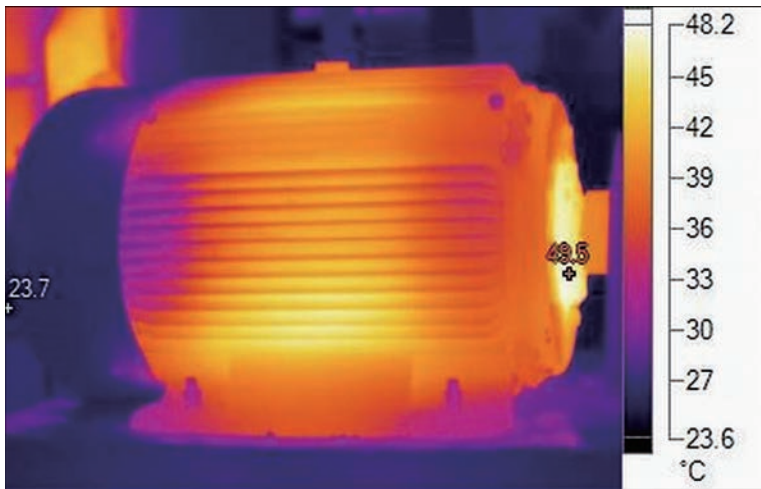


电机 1 解调波形图



电机 1 时域波形图

2) 红外诊断分析：



电机 1 点红外图

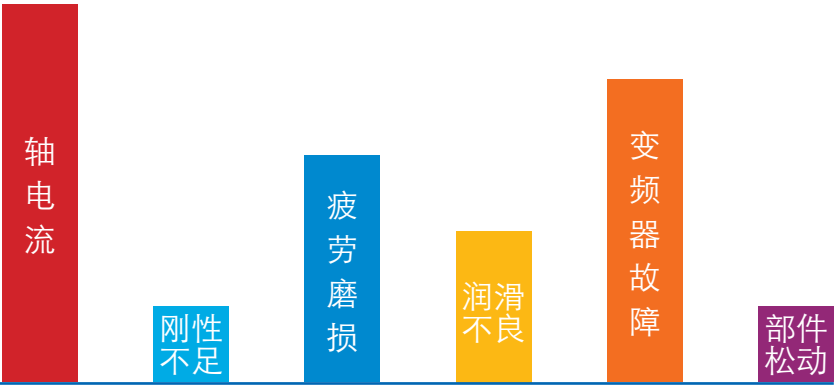


电机 1 点可见光图

四、诊断结论

主要是电机轴承有漏电电流通过导致轴承电腐蚀损坏，造成轴承内外圈严重磨损。

故障概率



五、故障原因与机理分析

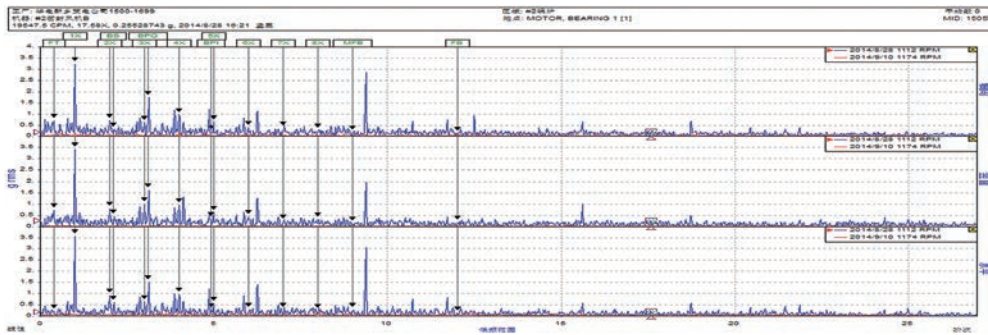
转子与电机机座构成闭合导电通路，闭合空间有不平衡的交变磁场，产生感生电流，在转动体接触点产生电击。在正弦波电源驱动时磁路不平衡、单极效应、磁性材料的定向属性、供电不平衡和电容电流是电机中产生轴承电流的主要原因。由于电机内存在磁力线不对称及环形励磁现象，在电机主轴的两端之间会形成一个较小的电压差。转轴回路电阻很小，即使有较小的电势也会产生较大的漏电流。由于电机轴、轴承和机壳构成了电气回路，漏电流流过轴承，造成轴承电腐蚀。

六、改善方案

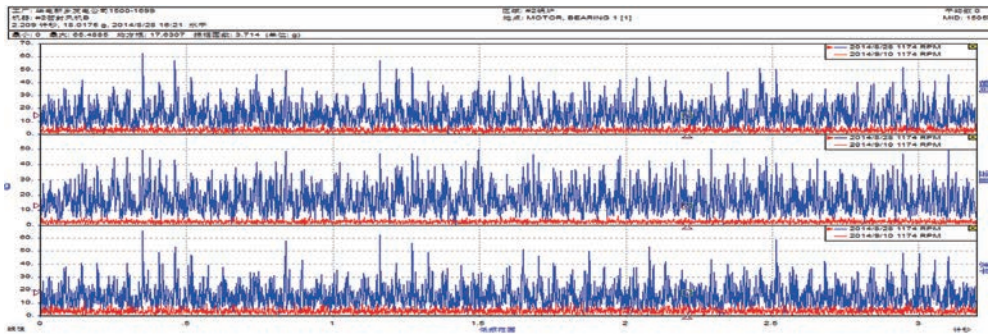
- 1) 更换电机自由端轴承，采用绝缘轴承（SKF 后缀 VL0247 或 VL0241），更换轴承采用加热安装，加热温度不超过 100℃；
- 2) 电机装设轴接地电刷；
- 3) 检查电机绕组有无短路，绝缘有无老化；
- 4) 检查电机转子是否磨损，根据检测结果，进行修复。修复后应满足 J6 或 JS6 标准；
- 5) 调整校验对中精度，并符合国标标准。

七、改善效果评价

- 1) 电机自由端冲击解调谱轴承故障频率消失，整体幅值明显降低。
- 2) 电机自由端 DW 图谱中改善前后对比冲击有极大下降。
- 3) 电机通频振动值下降，运行正常。



电机 1 冲击解调谱
修前和修后两次解调谱对比红色是修后，
明显幅值降低轴承故障频率消失



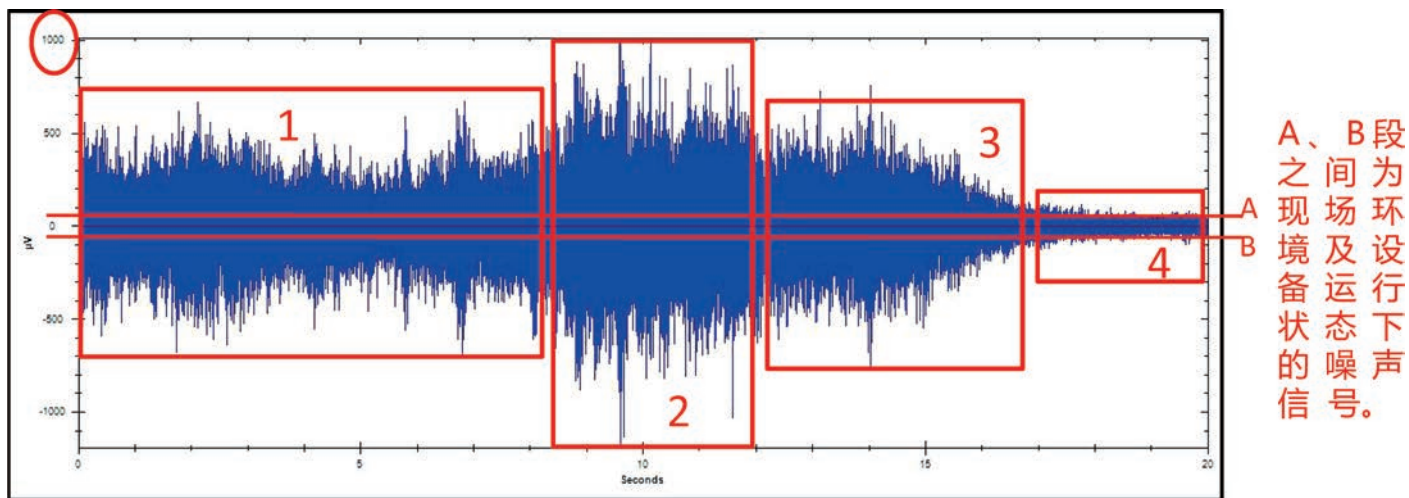
电机 1 解调波形
修前和修后两次解调波形对比红色是修后，
明显振动冲击幅值大幅下降

河西电厂精密点检案例：

#2 锅炉水冷壁及吹灰器超声检测诊断分析

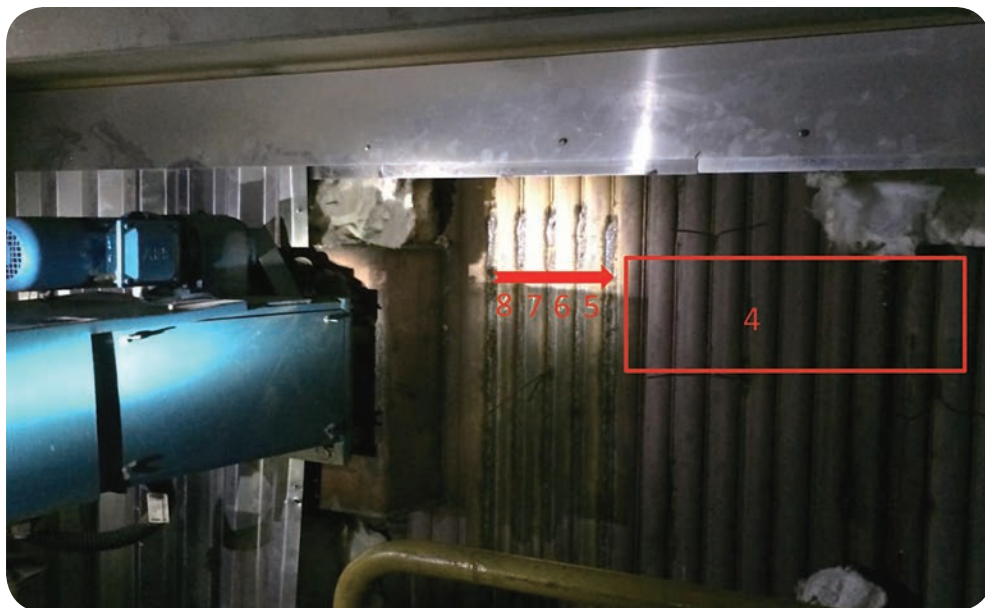
#2 锅炉 #287 吹灰器右侧水冷壁 5、6、7、8 号管壁超声波形图（动态）

测试时是由 8 号管壁开始，向右移动逐步采集的超声信号波形图，其中 1 红框内是 8 号管壁的声波信号，2 红框内为 7 号管壁、3 红框内为 5、6 号管壁，4 红框内为正常区域管壁的声波信号。

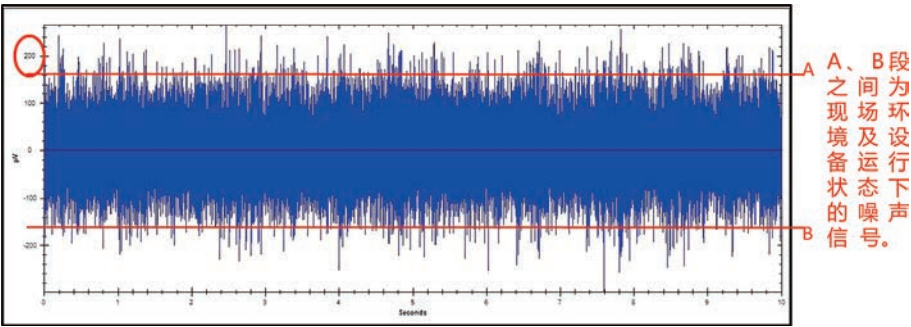


- (1) 由上图可以看出 5、6、7、8 号管壁存在明显的不规则声波信号，且幅值较高，平均达到 700dB，并以 7 号管壁为主，最高达到 1013dB，与现场环境及设备运行状态下的噪声信号相比较较大（信噪比）。现场声音也存在异常变化，与波形图中的声源信号相对应。
- (2) 4 红框区域内的管壁声波信号稳定，幅值较低，仅为 100dB，现场声音无明显的异常变化，基本维持在环境噪音范围内。

现场测试部位如右图：



#2 锅炉 #289 吹灰器右侧水冷壁 1、2、3 号管壁超声波波形图（动态）

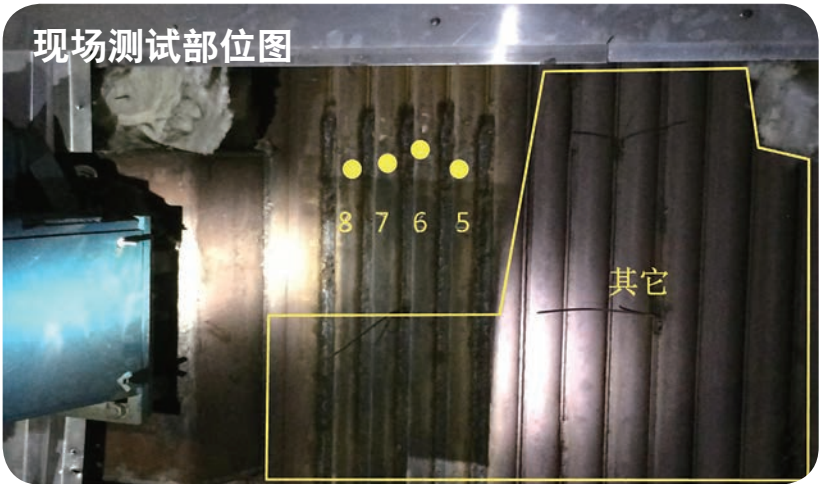


由图可以看出 1、2、3 号管壁存在少量的不规则声波信号，但幅值较低，平均为 150dB，与现场环境及设备运行状态下的噪声信号相比较小（信噪比）。现场声音无明显的异常变化。



#2 锅炉 #287 吹灰器右侧水冷壁 5、6、7、8 管壁静态分贝值表

编号	数值（最大部位）
5	44dBuV
6	50.3dBuV
7	51.2dBuV
8	49.1dBuV
其它	19.6dBuV



- (1) 由表可见，以 7 号管壁数值为主，达到 51.2dBuV，两侧的 6、8 号管壁呈衰减趋势，但数值接近，相差较小。
- (2) 其它部位管壁声源信号呈衰减趋势，平均为 19.6dBuV，都低于 7 号管壁。

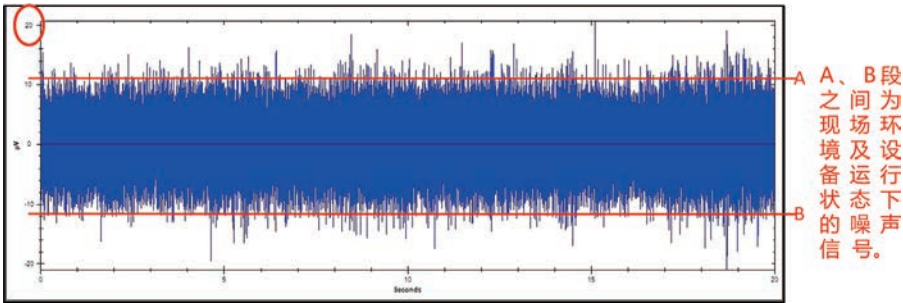
#2 锅炉 #289 吹灰器右侧水冷壁 1、2、3 管壁静态分贝值表

编号	数值（最大部位）
1	6dBuV
2	5.3dBuV
3	5.8dBuV

由表可见，1、2、3 号管壁分贝值均偏低，最大为 6dBuV。



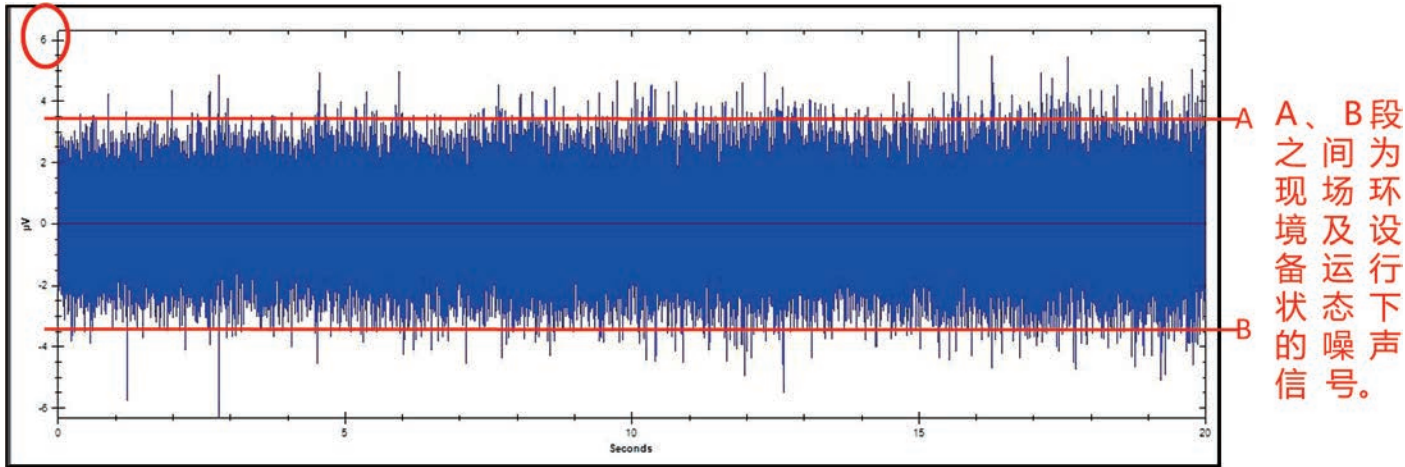
#2 锅炉 #287 吹灰器主管道超声波形图（动态）



由图可以看出存在不规则声波信号，幅值最大为 20.8dB，现场声音也存在异常变化，与波形图中的声源信号相对应。



#2 锅炉 #289 吹灰器主管道超声波波形图（动态）



由图可以看出存在不规律声波信号，但幅值较低，最大为 6.3dB，低于 #287 吹灰器，现场声音无异常变化，基本维持在环境噪音范围内。

分析结果

- (1) 根据对 #287、#285、#289（相同工况）吹灰器的超声检测，#287 吹灰器主管道及阀门内均有异常声源信号产生，其幅值高于 #285、#289 吹灰器，现场声音也有明显的异常变化，分析得出 #287 吹灰器存在内漏问题；
- (2) 通过对 #287 吹灰器右侧水冷壁 5、6、7、8 号管壁的反复检测，现场声音都存在异常变化，其幅值较高，明显高于其它管排，测得的最大值集中在 7 号管壁的焊缝处，怀疑存在泄露问题；
- (3) 由于 #287 吹灰器存在内漏问题，对检测有一定影响，现场作业人员关闭了吹灰系统的手动、电动门后，继续进行检测，但主管道及阀门问题仍然存在，所以不能排除其对水冷壁 5、6、7、8 号管壁检测结果的影响。

建议

- (1) 电厂作业人员对 #287 吹灰器进行处理，排除其对水冷壁 5、6、7、8 号管壁的影响；
- (2) 对 #287 吹灰器处理完成后，对水冷壁 5、6、7、8 号管壁进行复查，观察其趋势发展，如无明显变化，则可以确定存在泄漏问题。

现场测试部位图



BK 必可測
Innovator of EAM

用 智 能 工 程 技 术 成 就 世 界 级 企 业



用 智 能 工 程 技 术
装 备 世 界 级 企 业



北京必可测科技股份有限公司

北京市海淀区马连洼北路 8 号万霖科技大厦 A 座五层

Tel: +86(10)6281-8088, 6281-8878

Fax: +86(10)6281-8787

Email: sales@bkctech.com

www.bkctech.com

石家庄研发中心

石家庄高新区兴安大街222号
方亿科技工业园B区3-1-03

武汉研发中心

湖北省武汉市江夏区光谷大道303号
光谷芯中心2-05栋5层

广州研发中心

广州市番禺区兴南大道348号
招商城市主场1栋807室

西安网源（子公司）

陕西省西安市高新区唐延南路东侧
逸翠园2期2单元9层20919号