

可靠的机组状况检测系统

本特利 3500 状态监测系统在大机组上的应用——本特利 3500 状态监测系统在大机组上的应用十分广泛，对大机组进行在线状态监测和故障诊断，为机组的安稳运行及预测维修提供支撑。空压机 K6601 是己内酰胺生产线上的核心设备，本文介绍了本特利 3500 状态监测系统在该机组上的应用，详细阐述了该系统的组成、功能及特点、状态监测点的选取及其安装位置、故障诊断的方法和案例分析等。

文 / 伍友武 张珂

PROCESS-Tip

* 更多信息请扫描二维码:



chem.vogel.com.cn

* 反馈编码: A200736

在连续生产的化工装置中，大机组是核心设备，地位十分突出，作用非常关键，其运行状况的好坏，直接关系到生产装置的安全稳定和经济运行。因此，对大机组进行在线状态监测，评估其运行状况以及预测故障是很有必要的。空压机 K6601 是中石化巴陵分公司磷酸羟胺装置中的关键设备，2017 年采用本特利 3500 系统对该机组实施在线状态监测和故障诊断。本文对该系统的组成、功能及特点、状态监测点的选取及其安装位置、故障诊断的方法及案例分析等进行了较详细的介绍，System 1 管理系统是本特利公司独有的状态监测和故障诊断的软件平台。

空压机概况

K6601 是从德国阿特拉斯 (Atlas) 公司引进，1993 年投

运，蒸汽透平驱动，尾气膨胀透平辅助做功，三级压缩，排气压力 5.6 MPa，最大排气流量 26 000 Nm³/H，蒸汽透平工作转速 5 200 r/min，三级转子工作转速 23 000 r/min。传动链由 4 个部分组成：汽轮机、齿轮箱、压缩机（内部齿轮传动）和膨胀透平。机组示意图见图 1。

状态监测系统的组成

该状态监测系统主要由探头（振动、位移、加速度以及键相）、前置器、BN3500 框架和 System1

管理系统构成，结构图见图 2。

状态监测系统的功能及特点

BN3500 状态监测系统采用非接触式电涡流传感器（探头）测量，并通过 BN3500 系统监测模块获得的键相、振动、位移等测量信号，经过 3500/22 TDI 瞬态数据接口模块，按照 TCP/IP 的通信方式发送到 System 1 数据采集服务器。从传感器的测量原理可知，传感器输出的交流分量和直流分量分别表示轴的径向状态变化和轴向状态变化。system 1 软件管理

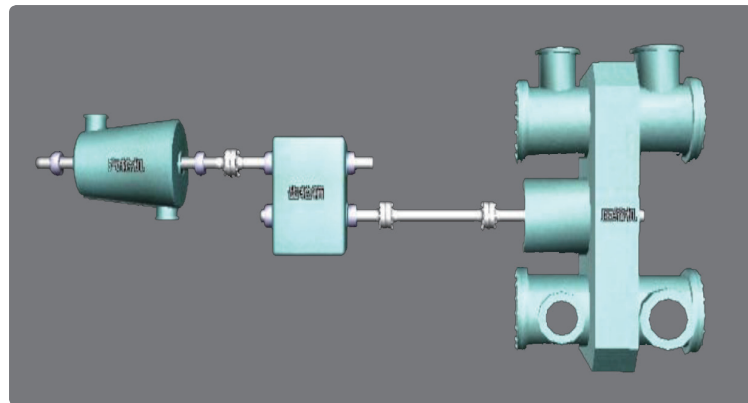


图 1 K6601 空压机总貌简图

本文作者供职于中石化巴陵分公司己内酰胺部。

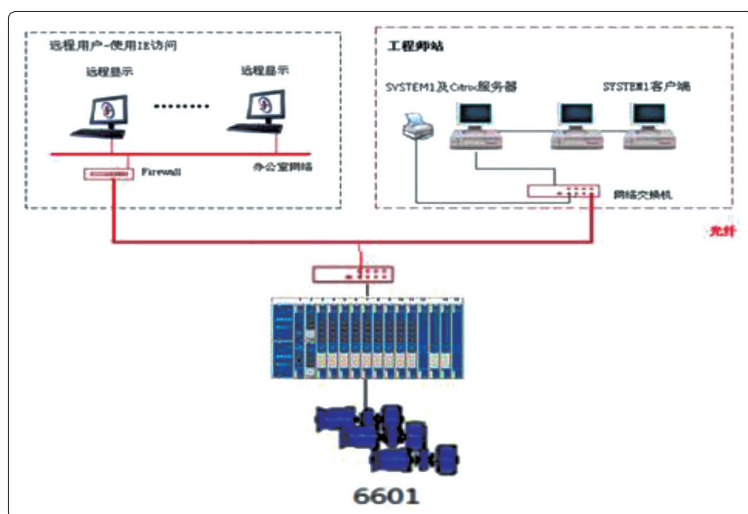


图2 状态监测系统组成

系统将测量的各种参数进行组合、分析，可判断轴的运行趋势、故障类别及位置。

System 1 软件是一个模块化的机械管理平台，易于扩展数据采集功能和添加机组管理工具。可将多种状态监测设备和技术集成到单一系统中，并具有单一的显示界面和通用数据库结构。该系统还提供多种工业标准接口，可以与外部控制和自动化系统集成，作为全厂的设备监测平台，对全厂设备的信息进行采集、存储和分析。

设备启、停（瞬态）数据采集、分析和存储功能

在机组升、降速时，根据转速变化率进行采集，除存储振动向量外，还存储振动动态数据，并根据动态数据自动绘制出波形图、频谱图、轴心轨迹图、轴中心线图、三维频谱图、瀑布图、波德图以及极坐标形式的可接受区图。

各图形作用如下：

(1) 波形图显示了通频振动位移（总振值）与时间（周期）的关系，又称幅值时域图可用于分析动不平衡、对中不良和摩擦

等故障；

(2) 频谱图是显示各振动分量的频率及振幅值，用于提取异常的振动分量，是最常用的分析图形；

(3) 轴心轨迹图是功能最强大的机械管理图形，它将振动幅值、相位和频率集成到单一的图形中，更易于理解；

(4) 轴中心线图，用于观察机器转子在轴承内的平均位置；

(5) 极坐标形式的可接受区图，是一个将 1X 或 2X 振动矢量（幅值和相位角）以极坐标、直角坐标的形式表现出来，或者在直角坐标系中将转轴平均中心线位置表现出来的趋势图，主要用于分析轴裂纹；

(6) 瀑布图可判定各种不同的振动频率成分的变化；

(7) 波德图由实时瞬态数据生成。波德图用于确定慢转速范围平衡共振频率、同步放大因子、重点位置以及转子模态等。

报警、危急识别和事故追查（包括动态数据）

具有超限和危急二级报警识别功能，并会自动转入超限和危急采样、存储以及存储振动故障

的原始波形及动态信号，供详细的频谱分析，为查找振动故障提供重要的数据。

设备日常运行（稳态）数据采集、分析和存储

在日常运行中不断地进行振动数据采集、分析并定时地存储，以建立设备运行的历史资料和建立年、月以及日的运行资料，供绘制趋势图及查找振动故障时所用的历史资料。

历史资料存储

自动识别运行状态、时间，并进行压缩存储，按年、月、日、时以及分来存储数据文件，供以后作趋势分析。

在 System 1 中，保存历史数据库的存储容量由用户定义。用户可以以任何希望的方式利用所有的存储空间。这意味着用户可以采集、存储和查看高分辨率的静态和动态数据。

例行报告、报表输出

可根据用户的要求，定期地打印输出，可以打印报表、波形和频谱图，报警事件列表。

系统特点

BN3500 状态监测系统主要具有以下特点：

- (1) 人机界面友好，操作使用方便；
- (2) 以用户为导向的状态监测和诊断 workflow，用户自主性极强；
- (3) 灵活的数据采集路线管理；
- (4) 内置组态模板库十分丰富，新增功能组态相当方便；
- (5) 图形功能丰富，分析手段多样化；
- (6) 轴承诊断功能很强；
- (7) 易于扩展，每个 System 1 服务器最多可与 12 个 BN3500

表 1 机组监测点统计表

位号	名称	位号	名称
JE6004	齿轮箱输入轴自由端键相	XE6001 (x,y)	齿轮箱与透平连接端轴振
JE6001	压缩机 1 级转子键相	ST9001	蒸汽透平转速
JE6002	压缩机 2.3 级转子键相		
JE6003	膨胀透平转子键相	XE6004 (x,y)	齿轮箱与压缩机连接端轴振
WE6001	齿轮箱输入自由端瓦振	XE6005 (x,y)	压缩机主轴与齿轮箱连接端轴振
WE6002	齿轮箱输出自由端瓦振	XE6006 (x,y)	压缩机主轴与齿轮箱连接自由端端轴振
WE6003	压缩机主轴自由端瓦振	XE9202-1 (x,y)	蒸汽透平北端振动
WE6004	压缩机主轴连接端瓦振	XE9202-2 (x,y)	蒸汽透平南端振动
XE9001 (x,y)	压缩机一级振动	XE9003 (x,y)	压缩机一级自由端振动
XE9006 (x,y)	压缩机二级振动	XE9008 (x,y)	压缩机三级振动
XE9011 (x,y)	膨胀透平一级振动	XE9013 (x,y)	膨胀透平二级振动
ZE3001	压缩机轴位移 1	ZE3002	压缩机轴位移 2

框架进行接口，可同时监测管理多台设备；

(8) 内置 ISO10816-3,10816-7,14964 等国际标准。

监测点及位置分布

该监测系统测量的参数有：振幅、频率、相角以及转速等，各监测点的位号及名称见表 1。

各监测点在机组的位置分布见图3。

故障诊断方法

查询故障时，应首先了解当时的工艺情况，询问工艺系统有无较大的波动和调整；其次，在线检查仪表探头的间隙电压是否正常；最后，还要看其它相关联的参

数是否跟着发生了变化。排除以上因素后，调看监测系统的相关数据和图形，进行诊断分析。典型故障有：动不平衡、不对中、油膜涡动、动静摩擦、旋转失速以及轴裂纹等。常用的故障分析方法有：振动分析法，轴位移分析法，轴承回油温度及瓦温分析法，油液分析法等。下面以最为常用的两种分析法为例，进行简要说明。

振动分析法

通过将正常时与故障时的频谱图进行对照分析，根据振幅、相位和频率，查找出主要异常的振动分量，即幅值相对变化最大的频率成分及新出现的频率成分，此为引起振动故障的主要原因。

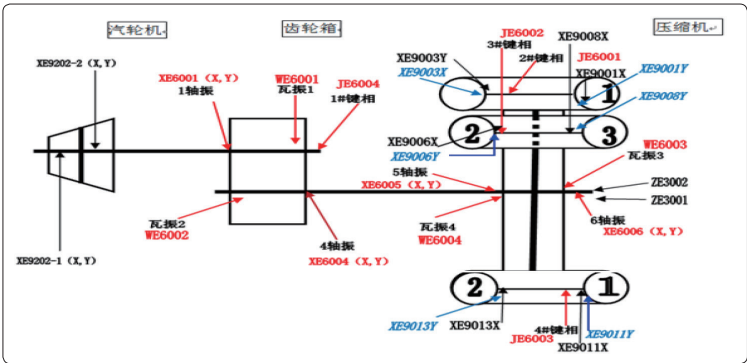


图 3 监测点位置分布图

(1) 振动分量工频异常大：观察振动值能否再回到原振值，如回不到原振值，而且低频不活跃、工频相位无变化，则必定是动不平衡所引起。

(2) 振动分量低频异常大：可能是轴承问题或是喘振前兆。

(3) 2 倍频和轴心轨迹图则是判定转子不对中的主要依据。

轴位移分析法

轴位移过大的原因有 2 个。一是转子的轴向力增大；二是止推轴承发生磨损。

轴向力增大的原因，对汽轮机而言，有进气温度、压力过低，排汽压力过高，通流部分结垢，蒸汽带水以及流量过大等；对压缩机而言，则有进出口压差过大，流量过大，分子量过大，气体带液，轴封漏气严重和转速过低等。

轴承磨损的原因是机组在开/停过程中，转子与缸体受热和冷却不均而产生差胀。

虽然此类故障发生的概率很低，但危害性其极严重，所以一定要避免发生。

案例分析

下面列举了某次 K6601 压缩机开机过程中，三级转子振值高高联锁停机的整个过程趋势记录，从频谱图对照分析（以下图形均取自于 system 1 系统），再结合故障发生的时间，可以清楚地看出，此次事故先表现为先旋转失速，后出现摩擦，再出现严重不平衡，接着喘振，摩擦，直至机组降速。结论为：此次机组出现三级振值高高联锁的原因是由于开机过程发生了喘振造成。

结语

状态监测系统是机组运行状况的监测和判别的重要手段，通

精准定位 高效传播



我们为您提供

- > 内容合作
- > 微调查
- > 微课堂
- > 活动策划
- > 专业交流群
- > 朋友圈社交
- > 10W+ 新媒体订阅用户



流程行业的知识库

流程工业 · 全媒体平台

☎ 010-63326095~98

✉ process@vogel.com.cn

🌐 chem.vogel.com.cn

📍 北京市西城区白云路1号白云大厦11层



在线一对一

想要获得快速有效的传播
解决方案，请与我们联系

广告

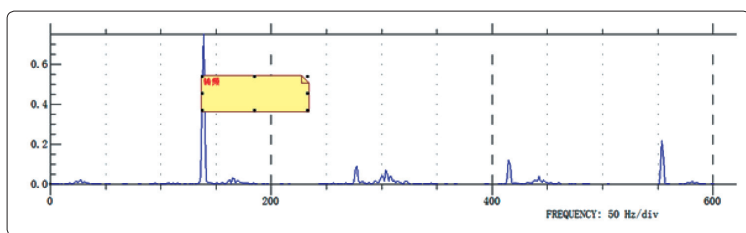


图4 三级转子正常频谱图

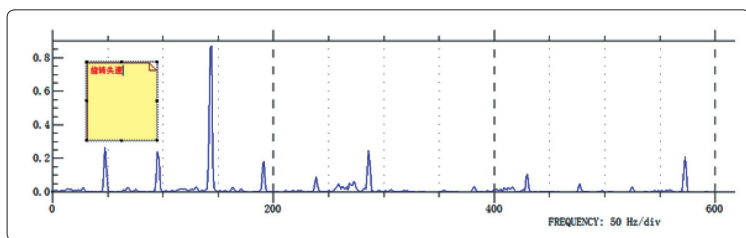


图5 旋转失速频谱图

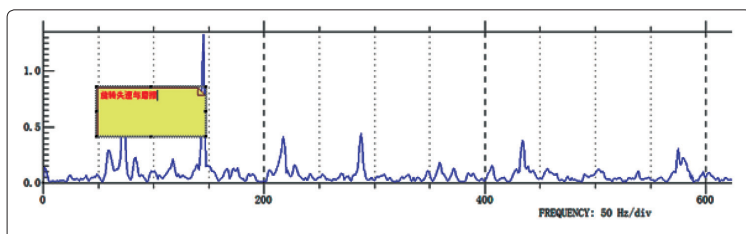


图6 旋转失速与磨擦频谱图

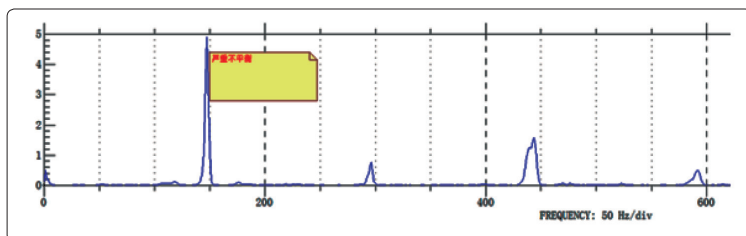


图7 严重不平衡频谱图

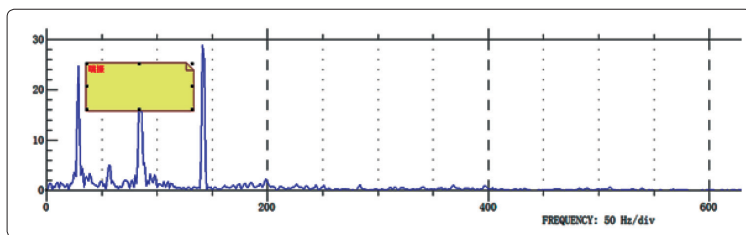


图8 喘振频谱图

过数据和图形分析，可以预测故障的发展趋势，同时为分析故障发生的时间、类别以及部位等提供了极大的方便，对机组的安稳运行、合理检修和预防性检修起着积极的作用，对提高机组的性能和优化运行参数也有很大帮助。

当然，在实际工作中，还需要结合机组的油温、瓦温、轴承温度及工艺情况等进行综合分析，以便更准确地进行分析判断。