

# Dynamic management of pumps based on big data intelligent monitoring and diagnosis

Xu Zhang Wenjuan Li

Sinopec Hunan Petrochemical Co., Ltd., Yueyang, Hunan, 414014, China

## Abstract

In response to the high failure rate of pumps and the difficulty of preventive maintenance, this article takes the pump data of an elastic production line as an example. By using big data statistical analysis combined with AI intelligent algorithms, dynamic real-time monitoring and management of pumps are carried out, ultimately achieving pump status monitoring. Through intelligent judgment of equipment operating status based on temperature and vibration detection results, real-time analysis and identification of fault phenomena and causes, accurate judgment of fault locations, early warning of equipment failures, scientific arrangement of preventive maintenance and process optimization instructions, reducing the sudden failure rate of pumps, avoiding excessive repair, and ensuring production efficiency.

## Keywords

machine pump state monitoring big data intelligent management

## 基于大数据智能监测诊断的机泵动态管理

张旭 李文娟

中石化湖南石油化工有限公司, 中国·湖南岳阳 414014

## 摘要

针对机泵故障率高, 预防性维修难度大的问题, 本文以弹性体生产线机泵数据为例, 利用大数据统计分析结合AI智能算法, 对机泵进行动态实时监测管理, 最终实现机泵状态监测, 通过设备温度、振动检测结果智能判断设备运行状态, 实时分析辨识故障现象及故障原因, 精准判断故障部位, 实现了设备早期故障预报警, 给出科学安排预防性检维修及工艺调优指令, 降低了机泵突发性故障率, 避免了过度修复, 保证了生产效益, 提升了生产线机泵安全。

## 关键词

机泵; 状态; 监测; 大数据; 智能化管理

## 1 背景介绍

作为一个自动化水平高、生产流程连续性好的行业, 石油和天然气公司因其具有高温、高压、易燃和爆炸等特点而在设备安全方面优于其他类型的企业。但是, 现代设备的运营维护和安全生产需求已经无法通过事后修理或预防性修理来满足。当前自动设备的状态监测采用人工巡检完成, 巡检人员运用测振仪、测温枪对在运行的机泵进行振动、温度的测量, 不但存在人员、工器具、经验的差异, 且无法实现在线监控的目的。为了改变厂区机泵故障检修的现状, 提前发现故障, 实现预知检修的目的。

采用状态监测技术后, 方便监控机泵的振动、温度等信息, 通过互联网发送到专业管理平台上, 由经验丰富的专业人员来协助排查问题, 技术人员可以通过办公电脑网页、

手机 APP 等方式实时查看机泵各项运行数据。其明显的优势在于克服了人员、工器具、经验的差异, 再辅助以专家诊断系统, 能对设备状态进行分析和预警, 并直接给出专家诊断结果及维保建议, 该技术既是传统人工诊断的延伸, 也是智能化工厂的发展方向。

## 2 国内现状与发展

2015年, 政府正式提出“中国制造 2025”计划, 旨在逐步实现中国从工业大国向工业强国的转变, 重点发展智能制造, 加快推广智能工厂、数字化车间和智能炼厂, 在数字化、网络化、智能化方面进行设备改造, 提高生产设备数字化率和联网率, 提升关键工序数控化率, 提升基于数字孪生的设计制造水平, 提高动态感知、预测预警、自主决策和精准执行能力, 全面智能化企业的研发、设计和生产水平。同时, 积极构建工业互联网平台, 推动知识能力的模块化、软件化和平台化, 加速推动产业链和供应链资源共享和业务协同。

【作者简介】张旭(1985-), 男, 中国吉林白山人, 本科, 高级工程师, 从事炼油化工设备管理研究。

作为炼化企业智能化重要组成部分,炼化设备的有效管理和状态监测技术正处于不断发展中,现代化企业生产中设备的检维修方式已开始从传统的事后维修转向为以状态监测、故障诊断为基础的预知性维修,从而避免设备过维修和失修<sup>[1]</sup>。得益于传感器采集能力、大数据传输存储和设备状态分析技术的发展丰富,目前国内各工业领域已广泛引入设备的预知性维修和智能运维理念。

### 3 研究目的

以实现“泵群监测智能报警智能诊断”为整体目标,在信息化与工业化“两化融合”的理念指导下,基于当前生产管理状况,借助物联网、大数据、移动应用等技术建立炼化企业数字化管理平台,旨在高效、规范、统一地管理生产过程中设备的预测性维护与智能运维相关信息系统。通过平台建设实现对炼化企业机泵运行数据的整合和综合分析以及与部署设备机理相结合的 AI 智能算法。实现机泵运行状态实时掌控,为设备管理者掌控全局、发现问题、分析及决策提供全方位支持,实现设备管理向以预测性为基础的管理模式转变,提高工作效率,优化劳动组织结构,为运行部生产的精细化管理提供重要支撑,实现预防性维修,运行风险可控的设备完整性管理。

## 4 系统构建

### 4.1 监测诊断智能化机泵运行系统建设

①智能感知层部署。智能感知层包括现场传感器与采集站,传感器与采集站具备边缘计算能力,能够实时得出设备状态指标参数,从而动态调整采集频次。传感器与采集站的部署根据设备本身在炼化工艺流程中的重要性、危险程度,结合机泵结构特点与工作状况来确定,确保机泵各零部件运行过程特征信号的完整性。

②平台层。平台采用分层设计方式,包含应用平台、业务中台、数据平台、采集平台四大模块,各模块之间采用中间件连接。其中,应用平台包含 web 应用及移动应用;业务中心包括用户中心、资产中心、权限管理、流程管理、报警管理等功能;数据平台包含数据处理、算法模型、数据存储等内容,均采用主流大数据技术开发。采集平台支持常规工业协议及业务数据库。

### 4.2 企业机泵在线监测、离线监测、巡检数据及关键工艺数据的集成

根据不同种类设备故障类型以及自身特性,按照数据接入与接口规范,集成机泵各类监测数据及部分工艺数据,用于机泵、零部件的精密分析使用。

### 4.3 机泵诊断智能化算法应用

根据机泵类设备机理模型、测点模型、零部件模型,形成特有算法;同时,利用接入的设备数据,对部署的算法模型进行自学习训练,通过机理模型与大数据模型的综合应用,不断提升平台的智能预警和诊断准确率。

## 4.4 研究创新点

### 4.4.1 智能传感设备构建物联网层

根据设备结构特点建立炼化现场设备模型,将设备零部件模型与部分简易算法下放至传感器和采集站,使传感器与采集站具备边缘计算能力,对采集的设备原始振动、温度数据进行分析计算,得出设备状态指标参数,用于系统报警与增加报警设备增加采集频次触发条件,确保在线监测设备运行状态数据得到高效采集。

### 4.4.2 大数据技术在机泵监测中的应用

利用大数据平台满足海量数据存储、计算、应用、服务的功能。第一,结合炼化装置设备特点建立专用设备机理模型、设备测点模型结合系统流程特性,形成特有算法,结合零部件模型及特征参数更加深入分析、判断设备状态,为业务管理决策提供支持。第二,发挥平台能够实现集成、共享特点,对历史数据与案例进行沉淀、对平台部署的算法模型进行自学习训练,不断提升平台对炼化企业机泵智能预警与监测的水平。同时,随着智能预警与监测算法模型不断成熟,对日常机泵点检、离线诊断获取的临时数据对设备进行更加全面的综合分析,有效提升设备效能。第三,智能预警与监测平台满足未来集团炼化装置更大规模集群、各种业务流程下机泵数据应用需求。

### 4.4.3 设备安全状态模型

将不同类型炼化企业设备原始属性参数与 ISO 10816 等行业标准相结合,利用设备模型与测定模型运算判断设备运行状况,同时结合参数历史变化趋势,形成动态自动报警参数,确保设备整体运行状态安全受控;通过零部件模型与测点模型结合,对设备参数进行运算,获取零部件实时运行特征参数,与零部件固有特征参数进行对比,判定零部件缺陷与故障类型,用于故障精准定位。

## 4.4 智能诊断

随着智能预警与监测平台在公司内部使用范围、运行时间不断增加,通过炼化企业机泵运行数据、机泵案例、零部件特征参数不断积累,平台部署的算法模型成熟度将不断提升,最终实现平台算法模型常规故障的自动识别、故障类型智能诊断的目标。

### 4.5 机泵在线状态监测系统诊断智能化方案

使用微服务架构和独立的服务层次结构来构建基于监测诊断的智能化机泵运行状态系统,以实现数据的储存、解析与运用。此系统具备了设备状况显示、故障警报、故障识别、统计研究、智能决定以及系统管理的特性<sup>[2]</sup>,并且提供了相应的数据搜索和报告制作的功能。这个系统的关键部分是以数据为基础的设备预防性维护,实时收集准确的状态数据构成了系统运作的基本条件。我们需要增加新的检测系统,用现有的传感器和现有系统的数据来获得基本的数据,这些数据包含了多种来源的信息,比如设备振动、温度、电流、电压、工艺参数等等。系统会根据界面的展现方式,既

能保持简洁易懂又能够保证视觉上的美感。工作人员或者远程人员可以针对异常数据进行诊断和分析，通过系统提供的可视化工具来预判问题所在的位置、问题的严重度和发展的趋势，给出具体的建议和行动方案。

#### 4.6 系统应用整体功能

##### 4.6.1 驾驶舱功能（展示功能）

###### ①生产线总览。

生产中需要对整个生产线的生产设备健康状态进行评

估，掌握影响产线正常生产的关键设备的状态情况，通过图形化、数字化的方式，对设备运行情况、预警进行总览和及时有效的提醒显示，实时掌握生产线运行相关指标，如图 1 所示。

###### ②设备详情。

可实时显示单台设备最新运行相关参数，采集的数据，报警颜色提醒、体检报告、故障报告等信息，对设备进行图形化展示，更直观地查看各测点监测数据，如图 2 所示。



图 1 生产线总览（图形模式）



图 2 设备详情页

###### ③设备运行监控。

可实时显示产线设备最新运行相关参数，更直观地查看各设备与测点的振动、温度、工艺和趋势数据。

##### 4.6.2 系统诊断功能

平台针对分析过程中的多样化，设备与多个通道比较的需求，进行了长期的研究和独立开发，创造了设备的多趋势、多设备趋势、温度的多趋势及多元参数分析等分析工具。系统已经拥有 30 个专业的诊断分析工具，足以支持石油化工行业的各种设备数据的分析和诊断任务，能有效地协助诊断专家快速识别设备的问题。

拥有强大的数据解析能力，提供各种诊断设备的支持，包括趋势图、时间序列信号、频率分布、反向频谱、包络分解、交错相位、水流图、多种波形和多个频率分布<sup>[3]</sup>，并且可自定义图形的色彩设置，适应不同的使用者需求，通过 OPC 或预设的、公开的第三方接口连接到生产线监测系统上。系统涵盖的专业精密诊断分析有快速设备分析方法、常规分析、指标分析、精密分析，常用的功能有自动 XY 轴承缩放、显示报警事件、显示报警线、显示报警分级、时域指标选择、游标选择、自动截图、添加到多时域多频谱，如图 3 所示。



图3 专家诊断平台

#### 4.6.3 报警与故障处理流程

平台通过智能报警触发报警快速通知、诊断处理、形成诊断结果及检维建议,及时通知现场进行设备维护处置,可以实现报警—报警确认—报警审核—生产故障(缺陷/隐患)—现场反馈—检修维护反馈—诊断验证—案例闭环的设备故障运维全流程处理功能,由于报警处置及数据回传时间要求高,现场人员熟悉设备并且能快速接触设备,在设备维护及时性上具有独特的优势,是设备安全监测的第一责任方。

#### 4.7 AI 智能算法

平台部署丰富的AI智能算法模型,协助公司完成关键设备的安全智能看护。平台底层连接包括关键电机、风机、泵在内的重要设备,通过振动采集、设备模型建模、关键工艺量和设备管理业务数据的接入整合,为设备智能化监测提供数据基础。在进入各类智能算法模型之前,数据通过时空对齐、误信号识别在内的预处理过程,以保证数据可用性。作为平台的核心,平台提供基于振动和关键工艺数据的各类智能报警算法、诊断模型、综合分析模型和信号精密分析工具包,用于准确识别设备异常、状态预测,并自动出具报警诊断信息。数据进入中心平台,经由相关智能算法模型,最终完成设备状态的自动化异常检测和报警诊断信息推送。

### 5 机泵在线状态监测系统诊断智能化的实施效果

构建了一个以智能化方式对机器和泵的运转状况实施监控与诊断系统的平台,实现了实时或非实时的机器和泵组的数据收集与整合管理,同时具备了识别常见的机械问题并

发出警报的功能。确保化工生产过程中的机器和泵能安全、可靠且长时间工作,并且更有效地执行设备检查和保养任务,从而达成提升设备使用效益、减少维修费用、增强运作效能的目的。

使设备的管理模式由“定期检查并维修”转变为“预先预防性的保养”,能够根据设备的状态变动情况做出智能化决定,避免“过度修复”情况发生,优化了备用零部件的储备量,减少了备用零部件所需的资金投入,进一步降低了后续紧急维修的需求比例,进而有效地降低了整体的维护费用5%~10%,减少巡检工作量,减少点巡检人员工作量近40%,降低巡检频次,释放点巡检人员工作负荷,从事设备维护动作。

### 6 结语

智能状态监测的投用,从传统的预防式保养过渡到以设备状况为基础的高级维护策略,利用数字技术及信息科技的力量,改革设备的维护方式,迈进预测式的维修阶段,确保设备的安全性,通过对设备状况的评估和预测,精确地确定出问题零件的位置,解析问题的根本原因,全方位监控故障恶化的进程,并对故障零件的使用期限作出评价,防止设备故障引发的连锁反应,最大程度地降低了安全事故发生概率。

#### 参考文献

- [1] GB/T22393-2015机器状态监测与诊断[S].
- [2] GB/T6075.7-2015机械振动在非旋转部件上测量评价机器的振动[S].
- [3] GB/T 29531-2013泵的振动测量与评价方法[S].