

文章编号:1008-2565(2017)01-0020-05

基于实时状态信息的离心泵机组 动态过程管理研究

李进¹, 陈明华¹, 刘红彦¹, 何杉¹, 汪延福², 张少锋¹

(1. 中海油能源发展装备技术有限公司, 天津 300450; 2. 北京博华信智科技股份有限公司, 北京 100029)

摘要: 随着设备监测、设备管理、互联网等技术的快速发展, 原有设备管理存在与现场维修相互脱节等问题。以离心泵机组为研究对象, 以设备状态信息为核心数据, 整合机组基本信息、设备开关信息、检维修/保养信息等管理信息, 建立了基于实时状态信息的设备动态过程管理模式, 改变原有设备管理模式, 提高设备管理效率, 优化设备管理资源配置。

关键词: 设备过程管理; 状态信息; 预知性维修; 开放式系统结构; 离心泵机组; 失效

中图分类号: TP202 **文献标志码:** A **DOI:** 10.12053/j.issn.1008-2565.2017.01.005

Research on Dynamic Process Management of the Centrifugal Pump Unit Based on Real-Time Status Information

LI Jin¹, CHEN Minghua¹, LIU Hongyan¹, HE Shan¹,
WANG Yanfu², ZHANG Shaofeng¹

(1. China National Offshore Oil Corporation EnerTech Equipment Technology Company Limited, Tianjin 300450, China; 2. Beijing Bohua Xinzhi Technology Company, Beijing 100029, China)

Abstract: The original equipment management that is disjointed with on-site maintenance has not been able to adapt to the demands of the new age, due to the rapid development of technology such as condition monitoring, equipment management, internet etc. Dynamic process management model based on condition data of the equipment has been built by integrating various management information such as basic information, the equipment switch information, inspection/maintenance information etc. It has changed the original equipment management mode, improved the efficiency of the equipment management, and optimized the resources distribution of the equipment management.

Key words: equipment process management; condition date; predictive maintenance; open system structure; centrifugal pump; failure

长期以来,设备管理的工作内容是设备的保养、维护、维修,保证设备的完好率与良好的现场管理。设备管理与现场设备控制存在整体脱节的问题,没有从设备整体上解决设备管理问题^[1]。海洋石油的

关键设备数量众多,且处于不同地域、不同板块,用原有的设备管理模式则无法有效建立起现代化设备管理体系,更无法达到基于实时设备状态的动态过程管理。

收稿日期:2016-08-12

基金项目:中海油能源发展装备技术有限公司科技项目(XFKJ-YJ1301)。

作者简介:李进(1986—),男,硕士,工程师,从事海洋石油装备设计与故障诊断工作。E-mail:lj1912@163.com。

随着市场经济的激烈竞争,实现设备的现代化、完整性管理势在必行。目前,随着设备监测、设备管理、互联网等技术的发展,建立以设备实时状态信息为核心的设备管理体系不仅能够转变常规的维修模式以预防性维修向预知性维修转变,也能有效地以设备监测平台搭建设备全寿命周期过程动态管理系统,充分发挥在线监测的优势,获取及时、完整、准确的数据,提高设备系统运行的稳定性和效率,提升生产设备的管理水平^[2-5]。

离心泵机组是海洋石油的一类关键设备,主要用在原油外输泵、注水泵、注水增压泵、主海水泵、热介质循环泵、开排泵、闭排泵等,这些设备关系着海上油气生产与运行安全。笔者以离心泵机组为对象,研

究基于实时状态信息的设备动态过程管理技术。

1 设备管理流程及系统架构

设备过程管理建设是以设备相关数据为支撑的全寿命过程管理,具体包括设备选型时期的基础数据(设备资料等)、运行时期的状态信息数据(监测状态信息、巡检数据、开关状态信息、维保/检修记录信息、备件管理信息)、废弃处理的信息数据(故障率、常见故障等)及其他信息数据(设备 KPI 信息等)。运行时期的管理是设备过程管理的重点。

根据设备全寿命过程管理设备各个时期的数据信息,建立以设备过程流程管理的管理架构流程,具体如图 1 所示。

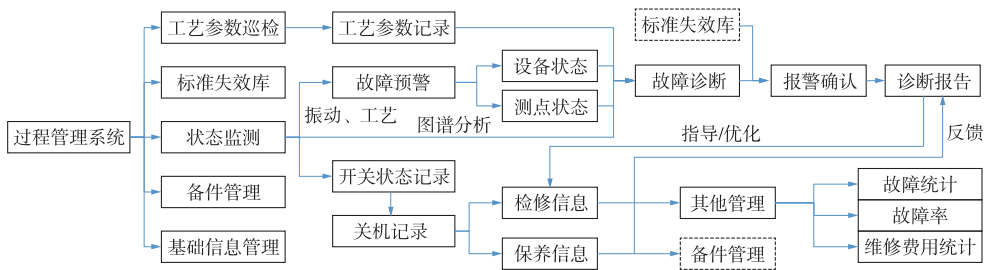


图 1 过程管理架构流程

Fig. 1 The architecture process of process management

以管理架构流程为指导思路开发设备过程管理的系统平台。管理架构流程中设备实时状态信息是设备管理的基础,以设备实时状态指导设备维保/检修、备件管理等,并进一步获得设备 KPI 等其他信息。设备在线监测系统是设备管理系统的基础平台,以在线监测系统扩展完善设备管理过程平台功能。

2 过程管理系统

2.1 基础信息管理

设备的基础信息管理主要针对设备的资料信

息,包括机组基本信息、泵技术参数信息、电机技术参数信息。基础信息管理内容具体如表 1 所示。机组基础信息是实现设备监测诊断、制定维修计划、更换备件等管理的基础^[6]。

2.2 设备监测管理与开关状态管理

利用振动信号对机械设备进行监测和故障诊断是最常用、最有效的方法,振动信号监测分析是故障诊断领域最活跃的一个分支。海上油田离心泵机组主要采用振动信号监测分析的监测方法。机泵振动监测诊断分析方法包含时域分析、频谱分析、倒频谱分析、共振解调包络分析、趋势分析、峰值超限自动

表 1 设备基础信息管理内容

Table 1 The management content of equipment basic information

序号	类型	内 容
1	机组基本信息	基本信息(所属公司、设备名称、设备编号、资产编号、出厂日期、安装方式等)、场所/位置情况信息
2	泵基础信息	操作条件信息、性能信息、结构信息、材料信息、辅助设备信息、监测系统信息
3	电机基础信息	型号、功率、额定转速、额定电流、轴承型号、润滑方式、变频方式、厂家、防爆等级等

诊断分析、滚动轴承元件故障特征频率监测分析方法^[7-9]。离心泵机组在线监测概貌如图 2 所示。

离心泵机组安装键相传感器,系统通过键相信号识别并记录设备运行状态变化。但安装键相传感器的离心泵机组较少,监测系统模块设备测点设置

运行开关识别门限值。由于机组因功率、工况、环境等因素造成各设备振动状态存在差异,因此根据每台机组的自身特点并参照振动评定标准、经验值等,灵活设置门限值识别测点数和门限值来识别并记录设备运行开关状态。

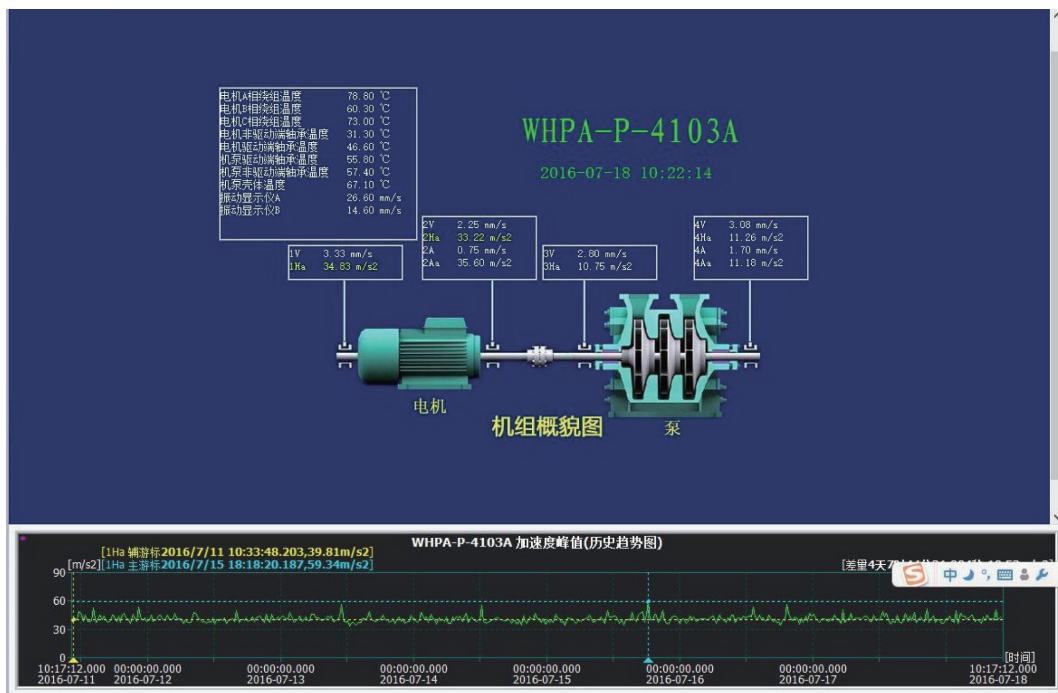


图 2 离心泵机组监测概貌
Fig. 2 The monitoring interviews of centrifugal pump unit

设备开关运行状态变化有多种原因,具体可分为计划检修停机、故障停机、保养停机、切换停机、试机停机及其他原因。设备管理在设备开关运行状态变化记录时选择人工选择运行状态变化原因,如故障停机、保养停机、维修停机等可触发下一步设备维修/保养管理模块。开关运行状态管理与设备维修/保养管理关系流程如图 3 所示。

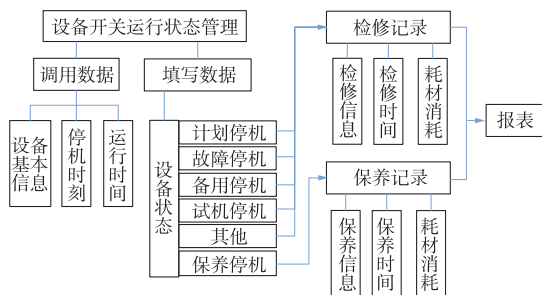


图 3 开关运行状态管理与维修/保养管理关系流程
Fig. 3 The process of switch operation management and maintenance management

2.3 设备工艺运行参数巡检管理

除采集获取机组振动信号外,机组的工艺运行参数(如温度、压力等)也能够有效反映设备内部的运行情况和运行状态^[9]。由于海上油田设备控制系统的安全保护要求,设备工艺运行参数还无法接入监测系统,针对该情况布置 2 种解决方案:①监测模块开发出相应工艺参数采集处理接口并预留;②系

统中开发设备工艺运行参数巡检管理模块。离心泵机组工艺运行参数巡检管理内容如表 2 所示。整理出与设备状态紧密相关的一系列关键工艺运行参数巡检数据,统计并形成历史趋势图,这些关键数据的统计结果和历史数据都是设备运行状态评价的重要依据^[10]。

表 2 机组工艺运行参数巡检管理内容
Table 2 Inspection and management content of process parameters of unit

序号	类型	内容
1	泵工艺运行参数	驱动端轴承温度、非驱动端轴承温度、驱动端振动值、非驱动端振动值、进口压力、出口压力、流量
2	电机工艺运行参数	驱动端轴承温度、非驱动端轴承温度、驱动端振动值、非驱动端振动值、转速、功率、线电流、线电压、功率因数、相电压、相电流、绕组温度

2.4 设备诊断失效标准库管理

系统后台配置离心泵机组诊断失效标准库,诊断失效标准库中配置所属系统编码、子系统编码、故障编码、失效模式、失效模式编码、失效原因、失效原因编码、维修策略编码等。当监测模块诊断出设备异常时,监测工程师选择相应失效模式触发相应的维修策略并生成相应的维修任务,形成动态 RCM 管理分析模式,实现状态维修的实时性和动态性^[11]。同时,设备异常停机后借助设备开关运行状态管理触发下一步设备检修/保养管理。

2.5 设备检维修/保养管理

由设备监测模块触发的维修任务可实现基于实时状态的预知性维修,提高故障检修效率并优化海上油田设备维修资源配置。设备检维修/保养也可以反向验证故障诊断的准确性。

2.5.1 保养管理

离心泵机组结构简单、保养方便,日常保养内容主要工作包含添加润滑油(润滑脂)、更换部分零部件、除锈刷漆等工作,因此离心泵保养管理相对简单。离心泵保养管理主要包含设备基本信息(直接调用设备基本信息管理中的数据)、保养内容信息、保养备件管理、附件等。设备保养内容信息包含保养时间、保养人员、保养费用、保养过程;保养备件管理包含备件编码、备件名称、备件型号、备件数量等

信息;附件可上传图片、文档等保养过程中的记录资料。

2.5.2 检维修管理

离心泵检维修信息主要包括离心泵出厂检查记录、零部件外观、零部件尺寸检查、零部件验收记录、动平衡实验、更换/修复零部件、设备组装及性能测试、检维修过程记录、备件管理,同时包含故障原因、维修时间、维修人员、维修费用、结论、故障原因分析等基本信息内容。检维修模块不仅记录和管理整个机组检维修的信息,同时增加维修结论和故障原因分析,通过结论和故障原因分析验证监测结论的合理性。管理与监测技术相结合,制定合理的维修计划,避免过修和失修的情况。检维修管理内容如图 4 所示。

检维修历史记录																																																																																																																																																																																					
<table border="1"> <tr><td colspan="2">检维修基本信息</td></tr> <tr><td colspan="2">设备检维修信息</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> 设备维修资料目录</td><td></td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> 设备入厂、出厂检查记录表</td><td></td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> 零部件检查记录表</td><td></td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> 零部件尺寸检查记录表</td><td></td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> 更换及修复零部件清单</td><td></td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> 零部件验收记录表</td><td></td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> 设备组装记录</td><td></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 设备维修过程记录表</td><td></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 设备试验表</td><td></td></tr> <tr><td colspan="2">电动机检维修信息</td></tr> <tr><td><input checked="" type="checkbox"/> 三相高压异步电动机拆检报告(轴承)</td><td></td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/> 三相高压异步电动机拆检报告(轴瓦)</td><td></td></tr> </table>	检维修基本信息		设备检维修信息		<input checked="" type="checkbox"/> 设备维修资料目录		<input checked="" type="checkbox"/> 设备入厂、出厂检查记录表		<input checked="" type="checkbox"/> 零部件检查记录表		<input checked="" type="checkbox"/> 零部件尺寸检查记录表		<input checked="" type="checkbox"/> 更换及修复零部件清单		<input checked="" type="checkbox"/> 零部件验收记录表		<input checked="" type="checkbox"/> 设备组装记录		<input type="checkbox"/> 设备维修过程记录表		<input type="checkbox"/> 设备试验表		电动机检维修信息		<input checked="" type="checkbox"/> 三相高压异步电动机拆检报告(轴承)		<input type="checkbox"/> 三相高压异步电动机拆检报告(轴瓦)		<table border="1"> <tr><td colspan="4">基本信息</td></tr> <tr><td>二级单位</td><td>中国海洋石油有限公司</td><td>三级单位</td><td>天津分公司</td></tr> <tr><td>四级单位</td><td></td><td>四级单位</td><td>辽东作业区公司</td></tr> <tr><td>生产单元</td><td>陆中36-1CEP</td><td>设备编号</td><td>CEFP101A</td></tr> <tr><td>设备名称</td><td></td><td>设备名称</td><td>卧泵101A</td></tr> <tr><td>设备类型</td><td>离心泵</td><td>设备规格型号</td><td>C6522MAR-0236</td></tr> <tr><td>驱动机类型</td><td></td><td>驱动机类型</td><td>电机</td></tr> <tr><td colspan="4">故障信息</td></tr> <tr><td>停机类型</td><td>停机</td><td>设备状态</td><td>计划检修</td></tr> <tr><td>停机时刻</td><td></td><td>停机时刻</td><td>2019/11/19 14:02</td></tr> <tr><td>故障开始时间</td><td></td><td>故障结束时间</td><td></td></tr> <tr><td>所在系统分类</td><td></td><td>本次连续运行时间(H)</td><td></td></tr> <tr><td>故障现象</td><td></td><td>本次停机时间(H)</td><td>126</td></tr> <tr><td>原因归类</td><td></td><td>故障原因</td><td></td></tr> <tr><td>故障部位</td><td></td><td>故障原因</td><td></td></tr> <tr><td colspan="4">RCM数据</td></tr> <tr><td>维修策略</td><td></td><td>环境影响</td><td>经济影响</td></tr> <tr><td>维修内容</td><td></td><td>环境影响</td><td>经济影响</td></tr> <tr><td>安全风险</td><td></td><td>环境影响</td><td>经济影响</td></tr> <tr><td>风险等级</td><td></td><td>环境影响</td><td>经济影响</td></tr> <tr><td colspan="4">维修信息</td></tr> <tr><td>维修开始时间</td><td></td><td>维修结束时间</td><td></td></tr> <tr><td>维修队伍</td><td></td><td>维修人员组成</td><td></td></tr> <tr><td>维修情况</td><td></td><td>维修费用(万元)</td><td></td></tr> <tr><td>处理过程</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>结论</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>故障原因分析</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>故障预防措施</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td colspan="4">备件消耗</td></tr> <tr><td colspan="4">【增加】 【删除】</td></tr> <tr><td>选择</td><td>备件编码</td><td>备件名称</td><td>规格型号</td></tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td></td><td></td><td>所需数量</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td>单位</td></tr> <tr><td colspan="4">填报信息</td></tr> <tr><td>记录人</td><td></td><td>记录日期</td><td></td></tr> <tr><td>附件</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>请选择上传文件</td><td></td><td></td><td>浏览...</td></tr> <tr><td colspan="4" style="text-align: right;">【提交】 【返回】</td></tr> </table>	基本信息				二级单位	中国海洋石油有限公司	三级单位	天津分公司	四级单位		四级单位	辽东作业区公司	生产单元	陆中36-1CEP	设备编号	CEFP101A	设备名称		设备名称	卧泵101A	设备类型	离心泵	设备规格型号	C6522MAR-0236	驱动机类型		驱动机类型	电机	故障信息				停机类型	停机	设备状态	计划检修	停机时刻		停机时刻	2019/11/19 14:02	故障开始时间		故障结束时间		所在系统分类		本次连续运行时间(H)		故障现象		本次停机时间(H)	126	原因归类		故障原因		故障部位		故障原因		RCM数据				维修策略		环境影响	经济影响	维修内容		环境影响	经济影响	安全风险		环境影响	经济影响	风险等级		环境影响	经济影响	维修信息				维修开始时间		维修结束时间		维修队伍		维修人员组成		维修情况		维修费用(万元)		处理过程				结论				故障原因分析				故障预防措施				备件消耗				【增加】 【删除】				选择	备件编码	备件名称	规格型号	<input type="checkbox"/>			所需数量				单位	填报信息				记录人		记录日期		附件				请选择上传文件			浏览...	【提交】 【返回】			
检维修基本信息																																																																																																																																																																																					
设备检维修信息																																																																																																																																																																																					
<input checked="" type="checkbox"/> 设备维修资料目录																																																																																																																																																																																					
<input checked="" type="checkbox"/> 设备入厂、出厂检查记录表																																																																																																																																																																																					
<input checked="" type="checkbox"/> 零部件检查记录表																																																																																																																																																																																					
<input checked="" type="checkbox"/> 零部件尺寸检查记录表																																																																																																																																																																																					
<input checked="" type="checkbox"/> 更换及修复零部件清单																																																																																																																																																																																					
<input checked="" type="checkbox"/> 零部件验收记录表																																																																																																																																																																																					
<input checked="" type="checkbox"/> 设备组装记录																																																																																																																																																																																					
<input type="checkbox"/> 设备维修过程记录表																																																																																																																																																																																					
<input type="checkbox"/> 设备试验表																																																																																																																																																																																					
电动机检维修信息																																																																																																																																																																																					
<input checked="" type="checkbox"/> 三相高压异步电动机拆检报告(轴承)																																																																																																																																																																																					
<input type="checkbox"/> 三相高压异步电动机拆检报告(轴瓦)																																																																																																																																																																																					
基本信息																																																																																																																																																																																					
二级单位	中国海洋石油有限公司	三级单位	天津分公司																																																																																																																																																																																		
四级单位		四级单位	辽东作业区公司																																																																																																																																																																																		
生产单元	陆中36-1CEP	设备编号	CEFP101A																																																																																																																																																																																		
设备名称		设备名称	卧泵101A																																																																																																																																																																																		
设备类型	离心泵	设备规格型号	C6522MAR-0236																																																																																																																																																																																		
驱动机类型		驱动机类型	电机																																																																																																																																																																																		
故障信息																																																																																																																																																																																					
停机类型	停机	设备状态	计划检修																																																																																																																																																																																		
停机时刻		停机时刻	2019/11/19 14:02																																																																																																																																																																																		
故障开始时间		故障结束时间																																																																																																																																																																																			
所在系统分类		本次连续运行时间(H)																																																																																																																																																																																			
故障现象		本次停机时间(H)	126																																																																																																																																																																																		
原因归类		故障原因																																																																																																																																																																																			
故障部位		故障原因																																																																																																																																																																																			
RCM数据																																																																																																																																																																																					
维修策略		环境影响	经济影响																																																																																																																																																																																		
维修内容		环境影响	经济影响																																																																																																																																																																																		
安全风险		环境影响	经济影响																																																																																																																																																																																		
风险等级		环境影响	经济影响																																																																																																																																																																																		
维修信息																																																																																																																																																																																					
维修开始时间		维修结束时间																																																																																																																																																																																			
维修队伍		维修人员组成																																																																																																																																																																																			
维修情况		维修费用(万元)																																																																																																																																																																																			
处理过程																																																																																																																																																																																					
结论																																																																																																																																																																																					
故障原因分析																																																																																																																																																																																					
故障预防措施																																																																																																																																																																																					
备件消耗																																																																																																																																																																																					
【增加】 【删除】																																																																																																																																																																																					
选择	备件编码	备件名称	规格型号																																																																																																																																																																																		
<input type="checkbox"/>			所需数量																																																																																																																																																																																		
			单位																																																																																																																																																																																		
填报信息																																																																																																																																																																																					
记录人		记录日期																																																																																																																																																																																			
附件																																																																																																																																																																																					
请选择上传文件			浏览...																																																																																																																																																																																		
【提交】 【返回】																																																																																																																																																																																					

图 4 离心泵检维修管理

Fig. 4 The inspection maintenance management of centrifugal pump

2.6 设备 KPI 及其他统计管理

设备 KPI 指标是评价设备运行或灵活程度的经济指标,关注的是一个过程中的重要目标或关键成功因素,可用于对设备运行过程进行评估和优化^[12]。在设备管理体系建设中,KPI 指标是最核心、最直接的决策数据信息之一。

基于状态信息的设备管理选择 KPI 指标包括按月(或季度、年)统计监测离心泵机组故障率、无故障率、运行时效等,形成历史趋势图;同时统计每个月(或季度、年)的设备故障类型,形成柱状图。故障率和无故障率可以有效反映某时间段内设备“健康”状态;运行时效反映某段时间内在生产过程中设备运行的累积时间;故障类型统计反映某段时间事发故障的类型和数量,用于指导维修人员制定针对性

的预防措施和维修方案。

2.7 过程管理系统软件

由于管理系统包含设备基础信息模块、监测模块、维保/检修记录模块、设备工艺运行参数巡检记录模块、KPI 信息模块、故障统计模块、备件管理模块、开关状态管理模块等较多管理模块,整体系统采用面向服务的开放式系统框架结构。面向服务的开放式系统框架结构在系统服务中以一种统一的方式进行相应交互,接口运用中立方式进行定义并从服务的硬件平台、编程语言以及操作系统中独立出来,而系统中不相同的功能单元,通过功能单元之间的接口与契约进行相应联系^[13]。面向服务的开放式系统框架结构具有较好的扩展性、稳定性、动态性、标准性、灵活性及统一的数据接口^[14-15]。

根据系统架构、管理流程、管理功能设计等开发 设备过程管理系统软件,具体如图 5 所示。

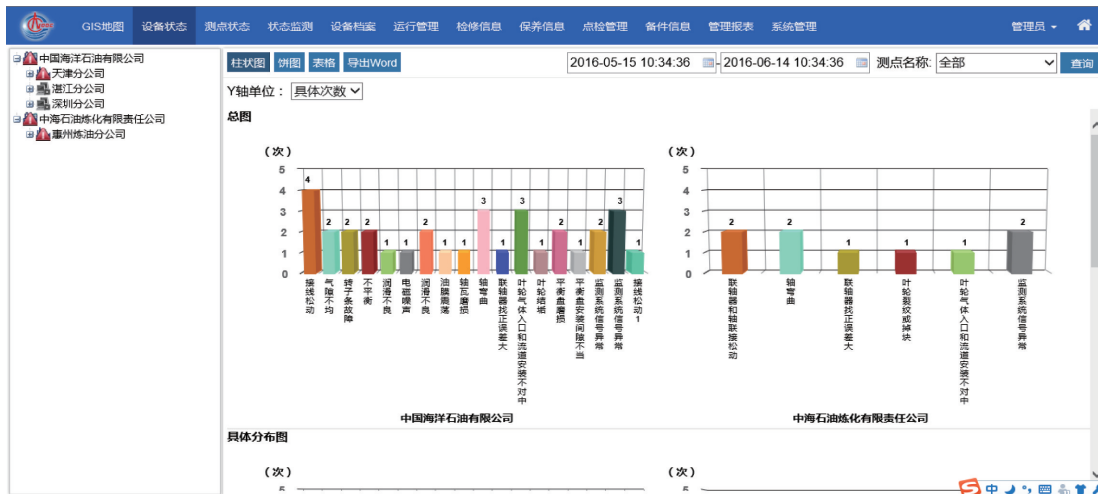


图 5 过程管理系统软件
Fig. 5 The software of process management system

3 结束语

以离心泵为例,首先分析设备过程管理流程架构,并以设备监测系统为平台,整合检维修/保养管理、基础信息管理、KPI 及其他管理、备件管理、标准诊断失效库等,并采用开放式系统架构开发出设备过程管理系统。基于实时状态信息的设备动态过程管理改变原有的设备管理模式向预知性管理模式转变。

参考文献

[1] 李涛,王润孝,周占峰,等. 基于状态维修的设备管控一体化系统研究 [J]. 机床与液压, 2005, 11 (35): 180-182.

[2] 周桂平,王宏. 故障诊断在现场总线设备管理系统中的应用[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2012, 9(9): 94-97.

[3] 董绍华,郭顺喜. 基于 Intranet 的设备管理信息系统 [J]. 冶金设备, 2000, 6(3): 42-45.

[4] 据书谱. 可靠性工程在设备管理上的应用[J]. 合肥工业大学学报, 1999, 10(22): 85-89.

[5] 陶雪琴,张先成. 基于 B/S 模式的煤矿设备管理系统的设计与实现[J]. 煤炭技术, 2012, 12: 262-263.

[6] 李涛,王润孝,周占峰,等. 基于状态维修的设备管控一

体化系统研究 [J]. 机床与液压, 2007, 11 (35): 180-182.

[7] 侯者非. 强噪声背景下滚动轴承故障诊断的关键技术研究[D]. 武汉: 武汉理工大学, 2010: 5-12.

[8] Me Fadden P, Smith J. Vibration monitoring of rolling element bearings by the high-frequency resonance technique-a review [J]. Tribology International, 2005, 17(1): 3-10.

[9] 陈荣振,殷兆新,展恩强,等. 石油厂矿旋机械监测诊断系统的研究开发[J]. 石油机械, 1997, 25(4): 28-30.

[10] 吕明,靳小波,谭章禄. 基于点检的综合设备状态评价模型及系统实现 [J]. 煤矿机械, 2013, 34 (10): 205-207.

[11] 黄君玲,张来斌,段礼祥. 基于监测和故障诊断的 RCM 技术[J]. 石油机械, 2011, 39(4): 60-63.

[12] 朱理,苏宏业,沈清泓. 基于关键性能指标的流程行业制造执行系统评价体系[J]. 计算机集成制造系统, 2012, 18(12): 2643-2649.

[13] 宋凯. 基于 SOA 的煤炭开采数据采集与监视系统设计与实现[J]. 煤炭技术, 2013, 32(12): 43-45.

[14] 徐兵元,周兴东,胡永华,等. 基于动态规则的 SOA 服务集成平台的研究与开发[J]. 云南大学学报(自然科学版), 2013, 35(S2): 184-188.

[15] 白洁,司冬雨,刘立伟. 基于 SOA 的远程监测技术在发电设备行业的应用[J]. 大电机技术, 2014, 6: 52-55.