

基于B/S架构的试验装备健康管理系统设计与实现

刘亚伟, 刘晓东, 孙陆楠, 孙发瑞, 吴健, 关朋
(天津电气科学研究有限公司, 天津 300301)

摘要: 健康管理概念来源于故障预测与健康管理(Prognostics and Health Management, PHM)技术, 最早应用于航空领域。基于B/S架构, 采用在线监控和离线维护相结合的方式, 借助PDCA闭环管理思想, 对试验装备及辅助设备的健康管理系统进行设计, 以达到保障试验装备状态稳定、提升维修保障效率、延长试验装备寿命的目的。

关键词: 试验装备; 健康管理; B/S架构; 闭环管理

中图分类号: TP29 **文献标识码:** A **DOI:** 10.19457/j.1001-2095.dqcd20007

Health Management System of Test Equipment Based on B/S Design and Implementation

LIU Yawei, LIU Xiaodong, SUN Lunan, SUN Farui, WU Jian, GUAN Peng

(Tianjin Research Institute of Electric Science Co., Ltd., Tianjin 300301, China)

Abstract: The concept of health management comes from fault prediction and prognostics and health management(PHM) technology, it is first applied to the aviation field. Based on the B/S(browser/server)architecture, combined on-line monitoring and off-line maintenance, with the PDCA closed-loop management idea, the system design of the health management of test equipment and auxiliary equipment was carried out to ensure the stability of the test equipment and improve the maintenance efficiency and extend the maintenance and prolong the life of test equipment.

Key words: test equipment; health management; browser/server(B/S) architecture; closed-loop management

设备健康管理^[1]是由人的健康管理发展演变而来, 健康管理方法与技术则来自于健康监测。随着监测技术的发展, 国外将健康监测理论进行了发展, 研究人员开始从“监测”到“管理”的转变。国内从20世纪90年代开始研究健康管理, 并取得了较大的进展。尤其在航空领域, 国防科技大学于1992年研究了液体火箭发动机的健康管理系统, 实现了早期的故障检测。李爱军、李行善、和龙兵等人也分别对航空航天方面的系统进行了健康管理理念的研究。哈尔滨工业大学研究了航天器的集成健康管理系统概念。如何对设备进行有效地监控, 及时采取适合的保养、维护措施, 有效保障设备健康运行, 延长设备使

用寿命, 成为设备健康管理研究的热点^[2]。

本文主要采取在线监控和离线维护相结合的方式对试验装备进行健康管理。在线监控是试验装备在工作状态下, 通过传感器技术, 对运行信号进行实时监控, 对于异常信号进行故障报警或紧急停机; 离线维护是试验装备在非工作状态下, 通过健康管理系统对设备进行定期保养、故障维修、送检校准管理。两种方式的有机结合, 有效保障了试验装备的健康稳定运行。

1 关键技术

1.1 技术框架

图1为系统整体框架图。试验装备健康管理

基金项目: 智能动力试验装备(GE2017ZL001)

作者简介: 刘亚伟(1987—), 男, 硕士, 工程师, Email: lywde2011@163.com

系统采用B/S架构,系统采用java语言开发,使用Spring+Struts2.0+Hibernate(SSH)框架技术^[3],并集成 workflow 技术,采用MVC编程模式,数据库使用关系型数据库SQL Server进行数据存储,不需要安装客户端,直接通过浏览器进行访问。图2为系统的技术架构图。

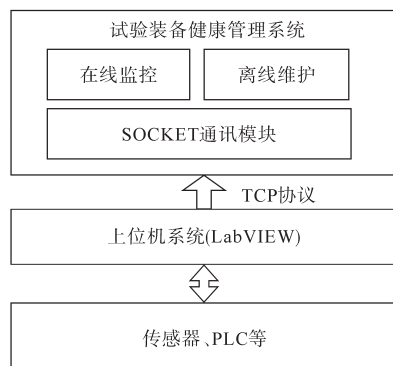


图1 系统整体框架图

Fig.1 System overall framework diagram

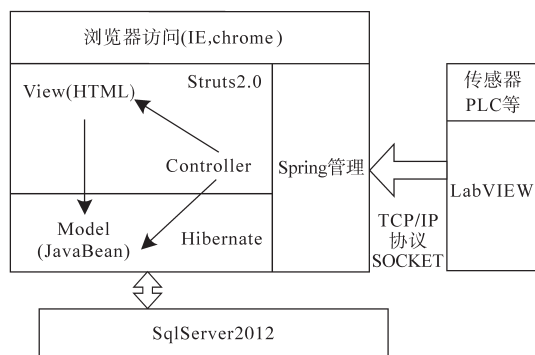


图2 系统技术架构图

Fig.2 System architecture diagram

1.2 数据通讯

试验装备健康管理系统在线监控数据来源于上位机监控系统,上位机监控系统采用Lab-

VIEW语言进行开发设计,LabVIEW的数据采集模块通过PLC和传感器等硬件进行数据采集,然后通过TCP/IP网络协议^[4]利用SOCKET技术传送到健康管理系统,健康管理系统进行实时监控和数据存储。

2 系统设计与实现

本文将试验装备的状态分为在线状态和离线状态,针对试验装备的2种状态进行健康管理,系统采用了PDCA闭环管理模式:

P(plan)即计划:根据设备保养标准、维修标准编制计划作业表。

D(do)即执行:执行维修保养作业,记录结果,发现并及时处理异常情况。

C(check)即检查:检查计划表的执行情况,按照管理制度进行考核,整理分析检查结果。

A(act)即处理:核对标准、计划,提出改进意见,从而进一步提高工作水平和工作效率。

这4个环节不断循环执行,在设备运行过程中,按照标准和计划执行,不断总结、完善、提高,以确保试验设备的正常运行。图3为系统功能数据流图。

2.1 试验装备在线监控

试验装备在线状态是指正在工作运行的试验装备,利用传感器技术,通过LabVIEW数据采集^[5]模块,实时将试验装备各个部位的数据采集上来,通过TCP协议将数据包传送到健康管理信息系统。健康管理信息系统通过曲线或图表形式实时显示设备运行参数,并将数据进行存储,方便历史数据分析。

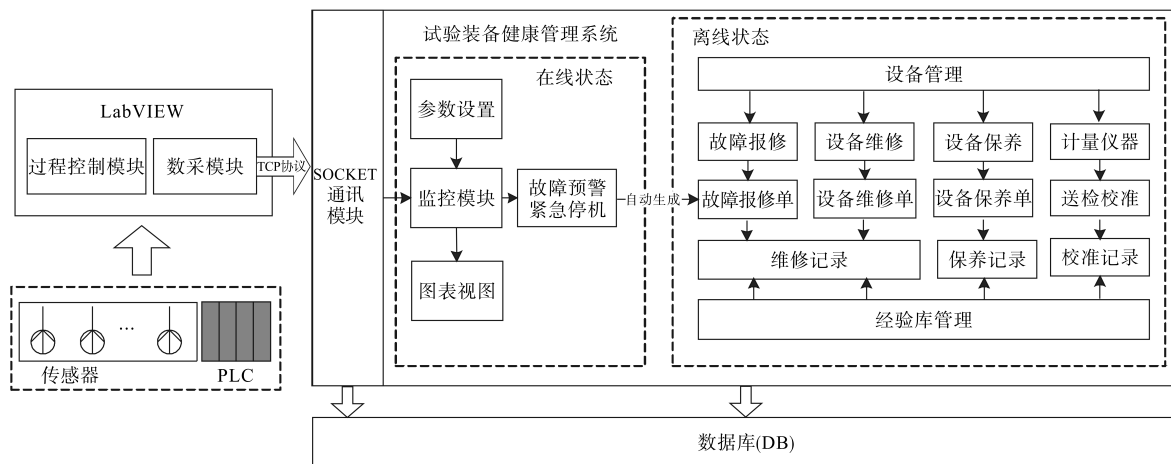
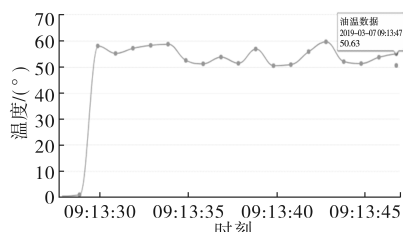


图3 系统功能数据流图

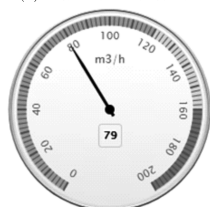
Fig.3 System function data flow diagram

2.1.1 数据监控

数据监控模块是将通过传感器采集来的数据进行实时显示,并将数据进行存储。实时数据可以通过图表视图(曲线图,仪表图)等形式进行展示。图4为油箱温度和油箱流量在线实时监控图。



(a)油箱温度监控数据



(b)液压试验台油箱流量仪表图

图4 在线实时监控图

Fig.4 On-line real-time monitoring chart

2.1.2 故障报警

设备运行过程中,监控数据超出参数设置的上限或下限时为异常状态,根据数据超限的严重

程度生成故障报警事件或紧急停机事件。累计报警事件超过一定阈值后,自动生成故障报修单,由维修人员进行维修处理。

2.1.3 参数设置

对不同部位和不同类型的监控参数(温度、振动、压力、流量等)进行对应的数值范围定义,即健康评价指标值,通过设定参数上、下限值来实现,并进行超阈值报警。

现以液黏离合器高转速小惯量试验台为例介绍此试验台在健康管理中的应用情况。

液黏离合器高转速小惯量试验台分为:ABB传动柜、动力电机、加载电机、液压站、IMC数据采集器、贺德克传感器等硬件设备。首先将液黏离合器高转速小惯量试验台的组成设备通过设备管理添加至健康管理系统中,并添加各子设备对应的传感器以及传感器必要参数进行设定。健康管理系統针对液黏离合器高转速小惯量试验台关键部位进行监控,如表1所示。

液黏离合器高转速小惯量试验台液压站子系统部分,油温波动会影响油液的黏性,从而影响离合器的性能,进而影响最终的试验数据;操纵油压会影响离合器的结合程度,油压波动最终也会影响最终的试验数据。系统选取油箱油温和

表1 试验台关键部位监控表

Tab.1 Key part of test bed monitoring table

子系统	传感器	接入方式	健康参数范围	单位	类型
动力电机 (额定转速 10 000 r/min)	前轴承温度	西门子 PLC	<100	°C	数值型
	后轴承温度		<100	°C	数值型
	振动传感器	倍福 PLC	≤0.05	mm	数值型
加载电机 (额定转速 10 000 r/min)	前轴承温度	西门子 PLC	<100	°C	数值型
	后轴承温度		<100	°C	数值型
	振动传感器	倍福 PLC	≤0.05	mm	数值型
液压站子系统	润滑油路油压传感器	西门子 PLC	根据试验要求设定	Mpa	数值型
	润滑油路油温传感器		根据试验要求设定	°C	数值型
	润滑油路流量传感器		根据试验要求设定	L/min	数值型
	操纵油路油压传感器		根据试验要求设定	Mpa	数值型
	操纵油路流量传感器		根据试验要求设定	L/min	数值型
	油箱温度传感器		根据试验要求设定	°C	数值型

操纵油压2个指标设定正常工作范围值,进行持续试验,超出设定范围值后,系统自动报警。运行指标报警表如表2所示。

表2 试验台运行指标报警表

Tab.2 Test bed operation alarm table

报警指标/min	120	300	420	540	720
油箱油温报警	0	1	2	4	5
操纵油压报警	0	1	2	3	4

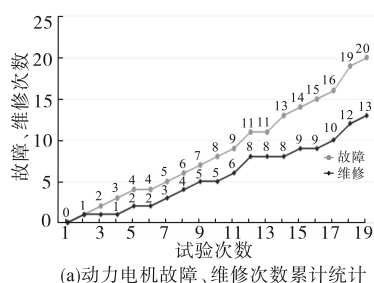
2.1.4 设备运行趋势分析

通过借助设备运行趋势分析^[6]可分析出设备

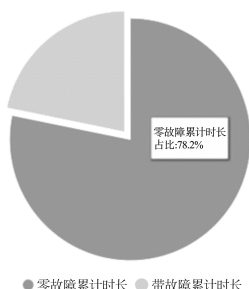
的健康程度。影响设备健康的因素很多,系统主要从故障、维修、保养3个方面进行统计分析。通过对设备易损部件和关键部件安装传感器进行信号监控,实现在线累计时长统计、零故障累计时长统计、设备故障次数统计、设备维修次数统计、设备保养次数统计等。

通过数据统计发现,设备的健康度与设备故障次数和维修次数呈负相关性,即设备报故障次数越多,维修次数越多,设备的健康度就越低(设

备越容易出问题)。设备的健康度与设备保养次数成正相关性,即设备保养越及时充分,设备健康度越高(正常运转的时间越长)。系统目前主要进行数据收集和统计,根据统计数据由人工进行故障点分析并做出决策。图5是试验过程中动力电机运行趋势分析统计。



(a)动力电机故障、维修次数累计统计



(b)动力电机零故障累计时长统计

图5 动力电机运行趋势分析图

Fig.5 Analysis chart of power motor operation trend

2.2 试验装备离线维护

试验装备离线状态是指设备非工作状态,试

验装备及辅助设备种类众多,大部分时间设备处于离线状态,试验设备长时间不用,势必会对设备下次上线带来安全隐患,所以需要离线状态的试验设备进行定期保养维护。系统借助 workflow 技术,制定保养维护计划任务,计划任务借助流程流转,便于任务的跟踪和及时送达。

1)设备管理。系统通过设备管理,将试验装备及其辅助设备录入系统,作为设备故障报修、维修管理和保养管理的基础数据,用户选择设备可以直接进行勾选,避免繁重的信息输入工作,提高了工作效率。图6为系统设计的设备管理界面。

2)故障报修。保养人员在进行设备日常保养维护过程中,如发现设备出现故障,需要进行故障报修可发起故障报修申请,支持图片拍照和视频上传功能,经相关人员审核通过后,生成故障报修单,并指定相应人员进行维修。

3)维修管理。维修人员接到维修单任务后,可以借助经验库进行故障维修处理^[7]。故障处理完成后,填写维修记录。图7为系统的维修任务单界面。

4)保养管理。保养计划员可通过系统对试验设备制定保养计划和保养周期,经相关负责人审核通过后,根据设定周期自动生成保养计划单,并发送至相关设备保养人员。

图6 设备管理界面图

Fig.6 Equipment management interface diagram

保养人员接收到保养计划单后,进行设备保养,保养事项可参照经验库进行保养,保养完毕后填写保养记录。

5)设备寿命管理。每台设备均有自己的使用年限(寿命),通过设备管理模块进行设备录入添加时,对设备设置使用年限,并设置寿命预警

时间,预警时间由管理者进行自由设置(如提前一个月、一周等)。系统会自动计时,距离到达寿命预警时间时,系统会自动提醒设备管理员该设备寿命将至,提前做好更换备件准备。

6)计量仪器管理。计量仪器需要定期进行送检校准,系统定期对计量仪器进行到期送检校

图7 维修任务单界面图

Fig.7 Maintenance task sheet diagram

准提醒,最大程度地避免了仪器漏检、过期等现象。原有计量仪器管理通过纸质记录或Excel电子统计,这种方式有很多弊端,比如统计周期长、漏检率高、缺少到期提醒功能,尤其是当有多种

仪器不同批次送检时,给管理人员带来了极大的不便。健康管理系统的实施完全解决了计量仪器管理上的弊端,有效地保证了每台计量仪器的及时校准。图8为系统的计量仪器管理界面。

图8 计量仪器管理界面图

Fig.8 Metering instruments management diagram

7)经验库管理。经验库是经过维修保养人员以及设备使用人员长期总结出来的有效经验,对设备维修和保养提供很好的参考依据,可以帮助维修人员快速定位问题,找到解决方案,大大提高了设备维修和保养的效率。

3 系统评述及效果分析

基于B/S架构的试验台健康管理系统的管理者提供了有效的设备管理手段,管理者可以通过浏览器登录,直观地观察到试验装备的运行状态信息和离线维护状态信息。系统将分散的试验装备和辅助设备进行统一管理,便于管理者统计与维护。设备在线运行状态借助传感器、PLC等硬件通过SOCKET通讯技术以曲线图、仪表图等多种方式进行展示,并设置超阈值报警功能;离线状态通过 workflow 技术将维护、保养、送检等流

程工作直接分配至各岗位人员,通过流程节点的跟踪,提升了离线状态下的设备维护效率。系统将在线监控与离线维护有机结合,在线和离线优势互补,有效地保障了试验装备的健康状态。

4 结论

试验装备健康管理系统借助PHM技术,运用PDCA闭环管理模式将设备在线监控和离线维护有机结合,采用优势互补,最大程度地保障了试验装备健康运行,有效提升了试验装备及辅助设备的使用寿命。本文设计的试验装备健康管理系统处于应用初级阶段,还存在很多不足,对于设备故障预测、智能推理决策^[8]等研究较少,这将是本文系统后期的主要研究工作,使试验装备健康管理系统更加完善、智能、高效,真正能够

(下转第116页)