

基于嵌入式技术的测试设备远程监控 数据采集设备

张文广, 肖支才, 秦亮

(海军航空大学 岸防兵学院, 山东 烟台 264001)

摘要: 为满足导弹测试设备远程监控数据采集的需要, 基于嵌入式技术设计了一种测试设备远程监控数据采集设备; 它以嵌入式计算机为核心, 作为整个测试设备远程实时运行监控系统前端信息采集处理设备, 分布配置在各测试现场, 用于获取测试现场相关信息, 并上报到监控中心, 是监控中心主要信息的来源; 实验结果表明, 该数据采集设备结构简便、功能强大、运行稳定, 易于扩展, 能够完成导弹测试设备远程监控数据采集功能。

关键词: 测试设备; 数据采集; 嵌入式技术; 远程监控

Data Acquisition Equipment for Remote Monitoring of Test Equipment Based on Embedded Technology

Zhang Wenguang, Xiao Zhicai, Qin Liang

(Academy of Coastal Defense, Naval Aviation University, Yantai 264001, China)

Abstract: In order to meet the needs of data acquisition for remote monitoring of missile test equipment, a data acquisition device for remote monitoring of test equipment is designed based on embedded technology. Taking the embedded computer as the core, and as a front-end information collection and processing equipment of the whole remote real-time running monitoring management system of test equipment, it is distributed at the test site to obtain the test site related information and report to the monitoring center. It is the main source of information of the monitoring center. The experimental results show that the data acquisition device is simple in structure, powerful in function, stable in operation and easy to expand. It can perform the function of data acquisition for remote monitoring of missile test equipment.

Keywords: test equipment; data acquisition; embedded technology; remote monitoring

0 引言

导弹测试作为导弹技术保障的重要一环, 直接关系到整个导弹技术准备工作的成败, 严重影响导弹战斗的使用。而导弹测试设备技术状态的好坏则是导弹测试成败的关键。近年来, 信息化技术发展迅猛并在导弹武器中得到了应用, 导弹测试性水平不断提高, 网络技术的发展为远程测试和数据收集提供了必要条件, 导弹测试技术开始向设计—试验—保障一体化发展^[1]。

在科学技术快速发展的时代, 远程实时监控与故障诊断预测技术在各个领域应用十分普遍^[2-5]。基于 Internet 的远程监控系统因具有松耦合性、互操作性好、开发便利、异构资源可共享等优点而得到了广泛应用^[6]。依托信息化手段, 建立基于网络的导弹测试设备远程状态监控系统, 可实现对导弹测试信息的自动收集、数据及时上报、集中存储和管理等。

为满足导弹测试设备远程监控数据的采集需要, 在不改变已有导弹测试设备技术状态的前提下, 基于嵌入式技

术设计了一种导弹测试设备远程监控数据采集设备。它作为整个测试设备远程状态监控系统前端信息采集处理设备, 分布配置在导弹测试现场, 用于获取测试现场相关信息, 并上报到监控中心。

1 总体设计方案

嵌入式技术是将计算机作为一个信息处理部件, 嵌入到应用系统中的一种技术, 它将软件固化集成到硬件系统中, 将硬件系统与软件系统一体化^[7]。因其具有低功耗、时效性强、高精简型、高专用性、容易控制、资源占用率低等显著优势, 在远程监控工作中得到了广泛的应用^[8-10]。

导弹测试设备远程监控数据采集设备以嵌入式计算机为核心, 作为整个测试设备远程实时运行监控系统前端信息采集处理设备, 该装置分布配置在各测试现场, 用于获取测试现场相关信息, 并上报到监控中心, 是监控中心主要信息的来源。

该数据采集设备主要由硬件设备及软件平台两大部分组成, 图 1 所示为数据采集设备总体组成框图。

2 硬件设计

2.1 主要功能及技术参数

数据采集设备的主要功能有:

收稿日期: 2018-07-29; 修回日期: 2018-09-08。

作者简介: 张文广(1979-), 男, 安徽省蒙城人, 硕士, 副教授, 主要从事导弹测试与控制方向的研究。

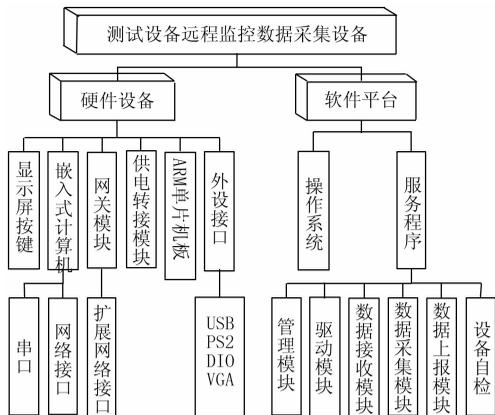


图 1 数据采集设备总体组成框图

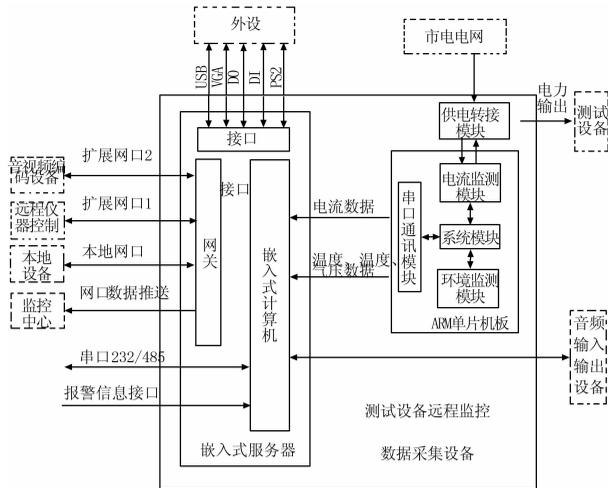


图 2 数据采集设备组成原理框图

- 1) 设备具有供电转接监测功能;
- 2) 设备具有温湿度信息采集功能;
- 3) 设备具有大气压力信息采集功能;
- 4) 设备具有数据采集处理功能, 对上报数据进行预处理;
- 5) 设备具有数据上报功能, 将测试现场信息上报至监控中心;
- 6) 设备具有数据本地存储功能;
- 7) 设备具有扩展网络接口、音视频接口等功能。
- 8) 设备具有自检功能, 设备上电后或收到网络发来的自检指令后自动查询所有设备的运行状况, 自检结果可上传至服务器。

数据采集设备的主要技术参数如下:

- 1) 温度测量:
温度测量范围: $-20\sim 70^{\circ}\text{C}$
温度测量精度: $\pm 1^{\circ}\text{C}$
- 2) 湿度测量:
湿度测量范围: $0\sim 100\%RH$
湿度测量精度: $\pm 2\%RH$
- 3) 大气压力测量:
大气压力测量范围: $50\sim 120\text{ kPa}$
大气压力测量精度: $\pm 2\text{ kPa}$
- 4) 380 V 三相供电测量:
电流测量: $0\sim 37.5\text{ A}$, 精度 5%。

2.2 硬件组成原理

数据采集设备硬件组成包括嵌入式服务器、ARM 单片机板、测试设备供电转接模块以及 12 V 供电适配器等组成。其中, 嵌入式服务器由嵌入式计算机、网关、液晶屏、硬盘及对外接口等组成; ARM 单片机板由系统模块、电流监测模块、环境参数监测模块和通讯模块组成。数据采集设备硬件组成原理如图 2 所示。

2.2.1 嵌入式服务器

数据采集设备配置的嵌入式服务器由嵌入式计算机、网关、液晶屏、硬盘及对外接口等组成, 用于对采集的信息数据进行处理、上报, 同时管理数据采集设备, 其核心

为嵌入式计算机并配备网关。

1) 嵌入式计算机: 数据采集设备配备的嵌入式计算机选择紧凑系列 X86 架构嵌入式计算机, 支持 Intel Atom N455 Dual Core1.66 GHz SoC, 双网口, 双串口, VGA, 2 个 USB 口, 2 个 SATA II 存储接口。

2) 网关模块: 网关选用 Moxa 4 端口嵌入式以太网交换机模块 EOM-104, 主要是用于提供扩展网络接口。它具有 4 个以太网口, 支持 IEEE802.3/802.3u/802.3x 10/100M 全/半双工, MDI/MDI-X 自适应 RJ45 端口。

2.2.2 ARM 单片机板

ARM 单片机板由系统模块、电流监测模块、环境参数监测模块及通讯模块组成。

1) 系统模块: 系统模块选用 LPC2138 芯片作为处理器, 它是基于一个支持实时仿真和跟踪的 ARM7TDMI-S 内核的 32 位 ARM 处理器^[11], 并带有 512 KB 片内高速 Flash 和 32 KB 的片内 SRAM 存储器。系统模块主要包括电源模块、系统复位、JTAG 调试接口等电路。

这里, 电源模块使用了两个 DC-DC 模块: 一个是 MJWI10-24S033 电源模块, 将外部输入的直流 +12 V 转换为 +3.3 V, 供 LPC2138 等芯片用; 另一个是 MJWI10-24S12 电源模块, 将外部输入的直流 +12 V 转换为 -12 V, 供霍尔电流传感器 SO1T25C25V6 使用。

本系统采用 11.0592 MHz 的外部晶振, 提高了串口波特率的精度。

2) 电流监测模块: 电流监测模块用于对测试设备 220 V 单相交流或 380 V 三相交流供电线路进行电流信号采集。图 3 所示为测试设备供电电流监测原理框图。

测试设备供电转接模块在完成测试设备正常供电的同时, 将输入的 380 V 三相交流电通过电流监测模块的三个霍尔电流传感器 SO1T25C25V6 进行敏感。霍尔电流传感器敏感电力输出的电流参数经 ARM 单片机板采集处理后通过串口传输到嵌入式计算机中。

3) 环境参数监测模块: 环境参数监测模块包括温湿度

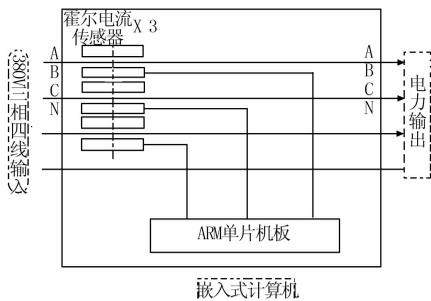


图 3 电流监测原理框图

采集电路及气压采集电路。

温湿度采集采用 SENSIRION 公司的数字温湿度传感器 SHT15 实现。SHT1x 系列传感器是一款集温湿度测量功能于一身的多功能传感器，将传感元件和信号处理电路集成在一块微型电路板上，输出完全标定的数字信号。这里采用默认测量分辨率，即温度 14 位，湿度 12 位。

SHT15 主要技术参数如下：

- 1) 供电电源：3.3 V，0.55 mA；
- 2) 工作范围：温度 -40~123.8℃，湿度 0~100%RH；
- 3) 精度：±0.3℃，±2%RH；
- 4) 分辨率：0.01℃ (14 bit)，0.05%RH (12 bit)；
- 5) 输出接口：2 线制数字接口。

大气压力传感器选用市场上成熟的产品，产品型号 BT5611。BT5611 是一款采用 MEMS 技术将高线性压力传感器与一个低功耗的 24 位模数转换电路 (ADC) 集成于一体的数字气压传感器模块。该产品支持 SPI 和 I2C 总线传输协议，可与任何微处理器匹配工作。

BT5611 主要技术参数如下：

- 1) 供电电压：1.8~3.6 V；
- 2) 压力测量范围：10~1200 mbar；
- 3) ADC：24 bit；
- 4) 分辨率：0.065/0.042/0.027/0.018/0.012 mbar；
- 5) 精度：±1.5 mbar (25℃，750 mbar)；
- 6) 接口形式：SPI 和 I2C 串行接口。

ARM 单片机通过两线制串行接口或 I2C 总线与环境参数监测模块的传感器通信，并通过 RS-232 串口与嵌入式计算机通信及交换数据。

7) 通讯模块：通讯模块通过 RS-232 串口与嵌入式计算机进行通讯，将测试设备供电电流、环境参数等上传给嵌入式计算机。通讯模块使用了 MAX232A 进行 RS232 电平转换。

2.3 结构设计

数据采集设备各组成部分集成安装于 254 mm (W) × 180 (D) × 45 mm (H) 箱体之内，各种输入输出接口，人机交互界面设计在箱体两侧及上面板，适用于桌面安装 (水平) 及壁挂安装 (垂直) 使用方式。

上面板布置交流 380 V 三相四线电力输出接口、LCD 显示屏及按钮、指示灯、供电控制开关等。

左侧面板主要布置市电输入接口 (采用航空插座形式)、音频接口、本地网口、扩展网口、电源输入接口 (12 VDC)、接地柱等。

右侧面板布置 220 V 交流供电转接输出接口、信息采集接口、USB 接口、COM 口、VGA 接口等。

数据采集设备采用传导散热的方式，设计散热片紧贴嵌入式计算机 CPU，以散去其热量，机箱顶部开通风窗口，以散去机箱内部热量。

3 软件设计

3.1 软件体系结构

远程监控数据采集设备服务软件体系结构如图 4 所示，分为 UI 界面层、应用逻辑层、服务层、数据层。

UI 界面层：负责系统与用户的信息交流，并向用户提供直观、方便的用户体验。

应用逻辑层：数据采集、数据接收、数据上报、驱动集成、管理模块、数据存储等各种逻辑功能。

服务层：提供任务调度服务、数据交互接口、网络通信服务等。

数据层：提供数据库、配置文件、数据文件等数据存储。

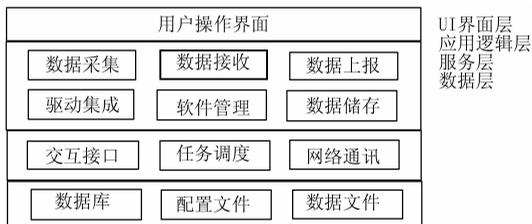


图 4 软件体系结构

3.2 软件功能

数据采集设备软件部署在嵌入式计算机内的操作系统中，主要包括驱动模块、管理模块、数据采集模块、数据接收模块、数据上报模块等。软件编程语言采用 C++，软件平台总体组成如图 5 所示。

1) 驱动模块：驱动模块针对设备中配备的传感器、控制电路、接口电路等硬件模块的操作而设计，并作为上层应用软件开发程序接口。驱动模块提供设备自检程序接口，上位机通过网络发送自检命令，能够对数据采集设备进行自检操作。



图 5 软件平台总体组成框图

2) 管理模块：管理模块在驱动程序基础上，统筹管理设备中配套的传感器、控制电路、接口电路等硬件资源，提供操作、配置界面。管理功能包括传感器管理、外设管理、测试数据管理、应用服务管理等。

传感器管理功能提供传感器参数设置接口, 提供传感器自动校准功能。

外设管理提供数据采集设备连接外部设备时的接口管理功能, 包括接口使能/禁止、接口参数配置等。

测试数据管理提供数据接收模块收集、存储的各类数据的管理功能, 包括数据查询、数据手动上传、数据标记、数据导出、数据删除等。

应用服务管理提供数据采集模块、数据接收模块及数据上报模块等应用服务程序功能参数配置接口。

3) 数据采集模块: 数据采集模块通过调用驱动接口程序实时采集监测数据, 并由数据上报模块在不同时机将监测数据打包后上报到监控中心。

4) 数据接收模块: 数据接收模块用于收集、存储现场外来的各类数据, 该类数据在合适的时机通过数据上报模块上报到监控中心进行统一管理、分析和处理。

5) 数据上报模块: 上报数据的时机包括由事件触发上报和固定时间周期上报两种。其中, 触发事件可包括测试设备采集到的逻辑量发生变化或模拟量变化越过预设临界值。

3.3 软件对外接口描述

采集服务软件对外接口主要有以下 6 种接口:

- 1) 数据上报接口: 采集服务软件将采集到的数据上报至监控中心;
- 2) 指令接收接口: 接收监控中心指令数据;
- 3) 数据文件读取接口: 根据需要读取事先存储的数据文件;
- 4) 数据文件存储接口: 根据需求存储数据;
- 5) 采集端采集接口: 监测数据接收;
- 6) 采集端配置下装接口: 配置数据下装。

4 实验验证

4.1 实验方法

下面基于监控中心某测试设备远程实时运行监控管理系统, 在不改变已有导弹测试设备技术状态的前提下, 利用该数据采集设备作为整个测试设备远程实时运行监控管理系统前端信息采集处理设备, 对某型导弹测试设备进行远程信息采集与状态监控实验。实验原理框图如图 6 所示。

该数据采集设备提供了显示屏、按钮等人机交互设备。设备运行过程中, 显示屏显示内容包括操作菜单、数据显示及状态显示。其中, 显示屏的数据显示区域用于实时显示采集的参数数据包括供电参数、温湿度值、大气压力值、上传数据、测试数据等信息, 如图 7 所示。

4.2 实验结果与分析

监控中心测试设备远程实时运行监控管理系统的采集服务软件从采集终端采集某导弹测试设备的监测数据, 并根据业务需求进行数据收集、存储、管理, 并根据定制的上报时机通过网络接口将数据上报至监控中心服务器。监控管理系统的状态监控界面包括采集终端图形展示、终端列表、报警信息、全部点位等功能, 并将采集终端采集到

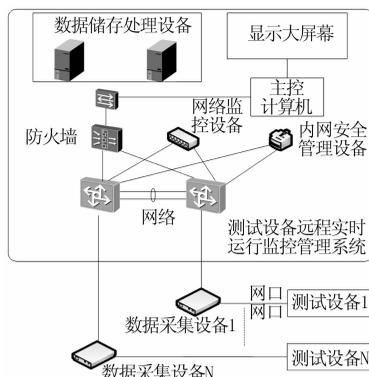


图 6 实验原理框图



图 7 显示屏的数据显示界面

的测试设备周围温度、湿度、气压以及工作状态等信息实时显示出来, 实验结果如图 8 所示。

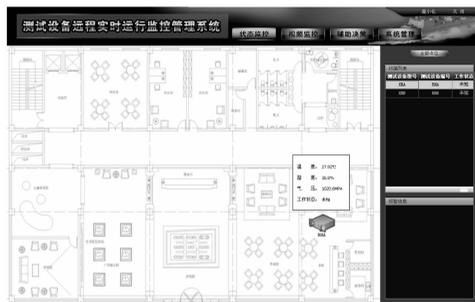


图 8 状态监控显示主界面

经过多次反复实验验证, 该数据采集设备运行稳定, 能够完成导弹测试设备供电转接监测功能, 能够实时准确采集测试现场温湿度、大气压力信息, 并将采集到的信息进行处理后及时准确地上报至监控中心, 符合设计技术要求。

5 结论

导弹测试设备远程监控数据采集设备以嵌入式计算机为核心, 作为整个测试设备远程实时运行监控管理系统前端信息采集处理设备, 该装置分布配置在各测试现场, 用于获取测试现场相关信息, 并上报到监控中心, 是监控中心主要信息的来源。实验结果表明, 该数据采集设备结构简便、功能强大、运行稳定, 易于扩展, 能够完成导弹测试设备远程监控数据采集功能。

参考文献:

[1] 李树盛, 魏清新, 李 祺, 等. 基于导弹总体效能的设计试验保障一体化测试技术 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (6): 1412 - 1414.

[2] 王义乐, 宋书中, 朱锦洪, 等. 基于网络的远程监控研究 [J].

电源技术, 2013, 37 (12): 2265 - 2268.

[3] 王浩林, 徐志明, 李郝林, 等. 基于网络的数控机床远程监控与管理系统设计及实现 [J]. 机床与液压, 2014, 42 (10): 149 - 155.

[4] 王 晓, 陈 杰, 李济顺, 等. 大型设备远程状态监测及信息采集技术研究 [J]. 自动化仪表, 2018, 39 (1): 66 - 69.

[5] Liu H, Wang L, Sun S P, et al. A multi-interface remote monitoring and control system architecture based on embedded server [J]. Journal of Harbin Institute of Technology, 2013, 20 (6): 67 - 76.

[6] 赵 阳, 高 强. 基于 Web 远程监控系统的设计实现 [J]. 自动化仪表, 2015, 36 (1): 31 - 32.

5 软件实现

考虑到跨平台应用, 软件实现环节采用 QT 集成开发环境, 并采取结构化设计方法, 将系统划分为数据采集组件、预处理组件、模糊推理组件和可视化组件, 组件之间通过通讯中间件进行信息传递, 实现了分布式应用。数据采集组件依托设备厂家提供的 OPC 服务接口获取底层设备的状态信息和机内测试数据, 然后由预处理组件进行模糊化和归一化, 并通过接口函数将处理结果传递给模糊推理引擎, 由模糊推理引擎完成诊断知识的搜索和匹配。可视化组件主要负责诊断结果的多维度展示, 利用系统拓扑图对故障进行准确定位, 利用故障树模型对故障的影响范围、关联关系和传递过程进行展示, 利用数据窗口给出故障模式、故障原因和处置措施等关键信息。本文以某大型激光驱动装置光路准直系统集成测试平台为应用对象, 开发了如图 4 所示的故障诊断专家系统原型。

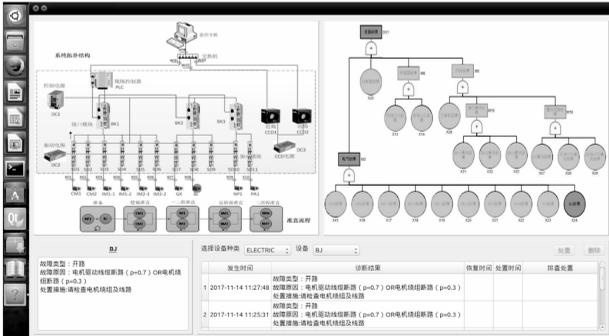


图 4 故障诊断专家系统原型

6 结论

本文分析了大科学装置在故障诊断方面的现状和面临的问题, 提出了专家知识与模糊推理相结合的智能诊断方法和基于数据库的模糊规则可视化建模和模糊推理及模式匹配算法, 并通过某大型激光驱动器光路准直系统集成测试平台进行了应用验证。结果表明该方法适用于故障原因不确定、故障机理不清晰、诊断信息不完备等复杂应用场景下的智能故障诊断问题, 初步满足了准直机电系统的典型故障诊断需求。由于目前模糊关系矩阵的确定依赖于现

[7] 马维华. 嵌入式系统原理及应用 (第 3 版) [M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2017.

[8] 潘晓贝. 嵌入式技术在远程监控系统中的应用 [J]. 长沙民政职业技术学院学报, 2018, 25 (1): 122 - 124.

[9] 郑宇平. 基于物联网和嵌入式技术的船舶远程监控系统开发 [J]. 舰船科学技术, 2018, 40 (1A): 191 - 193.

[10] Zhuang L Y, Wang Y L, Wang X H, et al. Farmland solid remote monitoring system based on embedded technology and BS Mode [A]. 28th Chinese Control and Decision Conference (CCDC) [C]. 2016: 2446 - 2448.

[11] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程 (第 2 版) [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.

阶段积累的有限的经验知识, 在准确性方面还有进一步提高的空间。随着运行时间的延续, 可通过历史诊断数据的统计分析对模糊关系矩阵进行修正, 实现自学习和自优化, 使诊断的准确性得到稳步提升。

本文所提供的面向用户的可视化知识建模方法, 实现诊断平台与诊断知识的有效分离, 提高了系统的普适性。在面向用户的系统开发方面, 目前仅实现了诊断知识的可视化建模, 需要在故障树可视化建模和数据采集及模糊化接口的组态化配置方面开展进一步的研究, 最终形成面向用户的, 支持各类故障诊断应用系统快速开发的故障诊断专家系统基础平台。

参考文献:

[1] 员天佑, 张学东, 周小伟, 等. 基于 CLIPS 的激光驱动器故障诊断专家系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24 (11): 17 - 19.

[2] 吕 琛, 梁家辉, 王立梅, 等. 故障诊断与预测—原理、技术及应用 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2012.

[3] 张金玉, 张 炜. 装备智能故障诊断与预测 [M]. 国防工业出版社, 2013.

[4] 黄开启, 黄跃飞, 刘晓波. 多征兆模糊诊断知识表示及专家系统的研究 [J]. 中国机械工程, 2004, 15 (12): 1077 - 1079.

[5] 李忠海, 刘 颖, 杨 燕, 等. 基于模糊推理的故障诊断专家知识库设计 [J]. 沈阳航空航天大学学报, 2013, 30 (2).

[6] 薛 寒, 谢利理, 叶刘义. 基于模糊推理的电机故障诊断专家系统研究 [J]. 计算机测量与控制, 2010, 18 (1): 8 - 10. 54 - 59.

[7] 戴利雄, 孟宪尧. 一种新的船舶柴油机模糊故障诊断方法 [J]. 船舶工程, 2009, 31 (1): 56 - 59.

[8] 袁 静, 胡昌华, 何华锋, 等. 导弹自毁系统模糊故障诊断的故障树建模与分析 [J]. 战术导弹技术, 2007, 03: 16 - 19.

[9] 饶 泓, 扶名福, 金宇华. 模糊故障诊断隶属函数的选择分析比较 [J]. 南昌大学学报, 2006, 30 (4): 383 - 385.

[10] 赖于树, 李迅波, 熊 燕. 基于模糊群决策的智能仪器故障诊断专家系统 [J]. 仪器仪表学报, 2008, 29 (1): 206 - 209.

[11] Negnevitsky M. Artificial Intelligence. A Guide to Intelligent Systems. Third Edition [M]. China Machine Press, 2015.