

基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统设计

刘政¹, 陈晨², 张赛¹

- (1. 中国船舶工业系统工程研究院, 北京 100094;
2. 南京航空航天大学金城学院, 南京 211156)

摘要: 针对当前舰艇装备多状态测试系统的参数存在间断性, 导致对舰艇装备测试的误差较大的问题, 基于 ATML 设计了一种新的舰艇装备多状态测试系统; 系统硬件由处理器、驱动器、传感器、监测器组成, 选择麒麟 990 系列的处理器组成, 能够有效降低内部负载, 采用 HDJ-8 交流驱动器, 内部引入 2.7 kV、5.7 kW、10 kV 三个级别电压, 保证系统的电源电量, 传感器是 HDU 传感器, 功能齐全, 监测器选用骁龙芯片, 在无线通信功能的基础上实现状态监测; 系统软件设计过程中, 采用 ATML 技术实现舰艇装备多状态测试系统参数自检, 保证参数的准确性及全面性; 建立状态分量建模, 通过分析文字文件、装备数据提取、状态检测实现舰艇装备多状态测试系统软件流程; 实验结果表明, 设计的基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统能够有效改善参数的间断性, 降低系统内部误差。

关键词: ATML 技术; 舰艇装备; 状态测试; 测试系统; 交流驱动器; 状态分量建模; 内部负载

Design of Multi-state Test System for Naval Equipment Based on ATML

LIU Zheng¹, CHEN Chen², ZHANG Sai¹

1. China Institute of Shipbuilding Systems Engineering, Beijing 100094, China;
2. Jincheng College, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211156, China)

Abstract: In view of the discontinuity in the parameters of the current multi-state test system for naval equipment, which leads to large errors in the test of naval equipment, a new multi-state test system for naval equipment is designed based on ATML. The system hardware is composed of processors, drivers, sensors, and monitors. Choosing Kirin 990 series processors can effectively reduce the internal load. HDJ-8 AC drives are used. Three levels of voltages of 2.7 kV, 5.7 kW and 10 kV are introduced to ensure the power supply of the system and the sensor is an HDU sensor with complete functions. The monitor uses a Snapdragon chip to realize status monitoring based on the wireless communication function. In the system software design process, the ATML technology is used to realize the self-checking of the ship equipment multi-state test system parameters to ensure the accuracy and comprehensiveness of the parameters; establish the state component modeling, and realize the multi-state ship equipment State test system software flow. The experimental results show that the designed multi-state test system for naval equipment based on ATML can effectively improve the intermittency of parameters and reduce the internal errors of the system.

Keywords: ATML technology; naval equipment; state test; test system; AC drive; state component modeling; internal load

0 引言

近年来, 我国的经济实力和武装实力有了飞跃式的进步, 舰船装备在海上作战、任务执行、领土维护等任务执行过程中是必不可少的协作工具, 另外舰艇也被广泛地应用于海上运输、医疗、侦察等多个领域, 提高了海上的经济收益。为提高舰艇装备性能检测的精准度, 本文提出基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统, 根据舰艇装备的工作状态, 判断舰艇的工作性能情况, 对于性能不达标的舰艇, 给予停用或者检修处理, 提高舰艇领域整体的工作效益^[1-2]。

舰艇又称为海军舰艇, 是为数不多的具有武器装备的运输工作, 舰艇是一款体积较大, 成本高的军用多技术融

合设备, 舰艇的工作一旦出现微小的偏差, 就会使得工作结果不具有意义。舰艇结构复杂, 很容易出现隐性故障, 为了可以及时地将工作性能达不到要求的舰艇停用处理, 文章分别从硬件区域和软件区域两方面出发, 设计基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统, 以便达到本文预期的设计目的。最后通过对比试验测试, 证明了此测试系统具有实用性。

1 基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统硬件设计

本文设计的舰艇装备多状态测试系统硬件由处理器、驱动器、传感器、监测器组成, 系统硬件结构如图 1 所示。

1.1 处理器设计

处理器是基于 ATML 技术的舰艇装备多状态测试系统

收稿日期: 2021-04-01; 修回日期: 2021-05-06。

基金项目: 国家自然科学基金青年项目(61905220); 国家级大学生创新创业训练计划项目(202010338014)。

作者简介: 刘政(1981-), 男, 辽宁葫芦岛人, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事舰艇装备系统工程专业的研究。

引用格式: 刘政, 陈晨, 张赛, 等. 基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(10): 139-143.

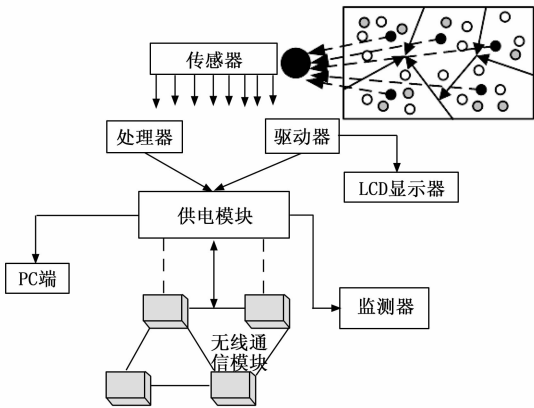


图 1 基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统硬件结构

硬件区域的核心器件，也被称为中央处理器，处理器的工作是处理系统内部的数据信息，并且监督执行系统内部各个器件的运行指令。处理器性能的强弱直接影响到系统性能的极限，本文为了保证测试系统的工作效率，选择麒麟 990 系列的处理器^[3-4]。器件不仅在硬件功能上得到升级，而且对于系统的音段进行均衡处理，性价比极高。处理器采用 6 核心 12 进程的模式，器件的运行睿频最高可以达到 4.3 GHz，最低为 34 GHz，突破传统的处理器，内部设置了多个进程缓冲空间，降低处理器内部的负载，有利于提高处理器的运行速度^[5]。

处理器结构如图 2 所示。

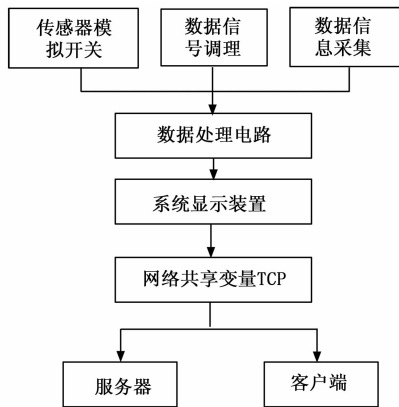


图 2 处理器结构

由图 2 可知，处理器的热功耗为 65 W，支持 DDR4 双通道的内存卡，采用 400 系列的主板，主板和处理器芯片不是相关联的，降低处理器的维修成本^[6-7]。

1.2 驱动器设计

基于 ATML 技术的舰艇装备多状态测试系统硬件区域驱动器的工作任务是，识别到需要测试的舰艇设备时，快速调用系统内部的处理器，与之协作，快速驱动测试系统硬件区域内部所有器件，提高测试系统的响应速度。为了使得驱动器具有以上叙述的功能，本文选择 HDJ-8 交流驱动器，此驱动器体积大，成本低，功能强，是目前驱动器领域器件最佳的选择^[8-9]。HDJ-8 交流驱动器结构如图 3

所示。

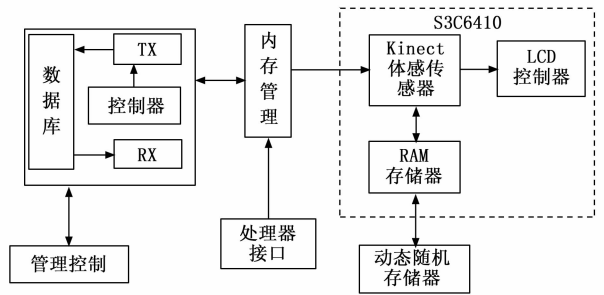


图 3 HDJ-8 交流驱动器结构

由图 3 可知，HDJ-8 交流驱动器会根据系统面对的不同型号的测试对象进行不同电压等级的驱动，分别为 2.7 kV、5.7 kW、10 kV 三个级别，额度工作电压为 380 V，有效的输出功率为 2.7 W，额定转速为 1 500。驱动器内部采用 24 V 共阴连接方法，为了提高驱动器的适用性，内部额外增加了增量式编码器，将不同格式的器件文件进行转化。驱动器的电源采用三相 AC220V 模型，由于测试系统内部结构复杂，驱动器设置了多种不同类型的接口，常见的接口为 usb 接口、CN 引脚、SIGN 引脚、无线接口^[10-12]。驱动器接口如图 4 所示。

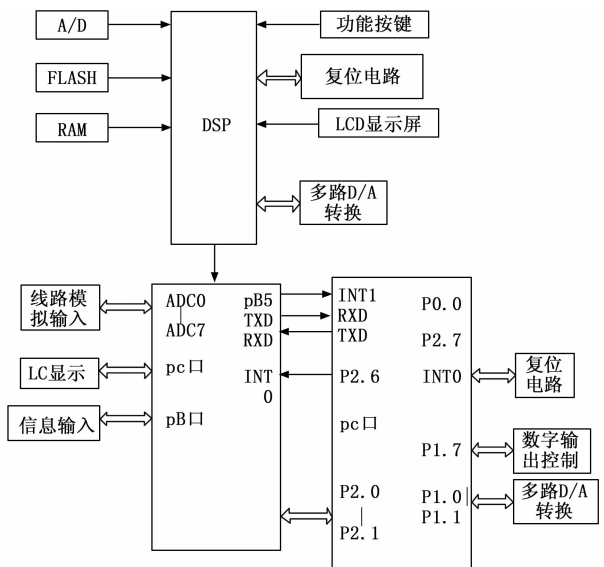


图 4 驱动器接口

1.3 传感器设计

传感器直接影响到基于 ATML 技术的舰艇装备多状态测试系统的测试效果，因为传感器的工作是将需要测试舰艇设备的信号、数据信息进行有效地传输，一旦传感器出现问题，传递的信息就会出现格式错误、数据源丢失、数据错误等问题，使舰艇装备多状态测试系统的测试结果存在偏差。本文选择的传感器是 HDU 传感器，此传感器虽然成本高，但是功能齐全，传感器的频率为 10~1 000 Hz 的范围之间，对于舰艇设备的自振频率为 10 Hz，舰艇的速度测量范围为 0~100 mm/s，舰艇的位移的测试范围为 0~

1 000 μm 。传感器的输出阻抗小于 500 Ω ，输出的有效电流为 4~20 mA，有效电压为 10 V，为了提高传感器的灵敏度，传感器选用固态面振激光雷达，可以排除海上信号的干扰^[13-15]。HDU 传感器具有独特的 850 nm 的红外发射波长，与其他器件相连接时，可以选用 LAN 接口、RS32 接口。

1.4 监测器设计

监测器在本文设计的具体装备多状态测试系统硬件区内的作用一方面是在系统测试前，监测器进行初步的测试如果设备存在明显类型的故障，系统在状态测试过程中具有正确的测试方向，简化测试流程。另一方面监测器的作用是实时监测测试系统的运行，一旦出现意外，立刻停止具体的运行，防止形成更加恶劣的影响。监测器内部具有无线通信功能，监测器选用骁龙芯片，内置存储空间为 64 G，并且设置多个内存卡槽^[16-18]。

2 基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统设计

舰艇装备的内部结构复杂，根据舰艇装备的多个工作状态将设备分为动力结构、主船体结构、上层建筑控制结构 3 部分，本文通过对舰艇装备 3 个结构的运行状态进行分析，通过 ATML（自动测试标记语言）技术分别进行状态分量建模，最后集成各个结构的分状态模型，完成舰艇装备多状态复杂系统的建模。

舰艇的动力供给结构的运行状态分量主要为动力供给超标状态、动力供给不足状态以及动力供给平衡状态 3 个分量，3 个分量程度通过向量的间断值进行分辨。舰艇装备动力供给状态的特殊性在于，瞬时的动力供给量存在一定的偏差，但是一段时间内的动力供给量是可自由传递的，会出现供给修复和失效两种情况，因此对于舰艇装备动力供给多状态分量的状态建模，本文借鉴一个变量跃迁系数，以便平衡舰艇装备动力供给状态测试的误差，具体状态建模模型如下所示：

$$g^{(A)} = \sum_{i=1}^h p_{ij} * \frac{\epsilon}{z_x} \quad (1)$$

其中： ϵ 表示舰艇装备动力供给状态变量跃迁系数； p_{ij} 表示不通过的状态向量值； z_x 表示舰艇瞬时的动力供给数值^[19-21]。

对于舰艇装备的主船体结构运行状态来说，主要有 3 种状态，分别是舰艇加速状态、舰艇运行故障状态以及舰艇常态性状态。根据舰艇本身的有效动力输出极限，设定舰艇的运行速度在正常马达的基础上，船体运行速度在正常速度的 80% 以下，为故障状态。设定舰艇装备船体结构的多状态分量模型如下所示：

$$y_{ij} = \int_x^k (\lim_{\delta} p_{ij}) * \frac{v}{\Delta v} \quad (2)$$

其中： v 表示舰艇船体的瞬时运行速度； Δv 表示舰艇装备船体和上层建筑的速度差； δ 表示模型误差介质。

舰艇装备的上层建筑控制结构的状态分量为无效控制状态和有效控制状态两种，控制状态通过舰艇装备内部的各个器件的调度灵敏度体现，具体的舰艇上层建筑控制状态分量建模如下所示：

$$u_1(z, t) = \sqrt{\frac{p_{ij}}{y_{ij}}} + \sum_{i=1}^{k=1} \frac{\rho}{z+1} \quad (3)$$

其中： $u_1(z, t)$ 为舰艇运行接收信号的灵敏度； ρ 为模型可用度算子； z 为舰艇装备的稳态系数；其他未知数的意义同上。基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统软件流程如图 5 所示。

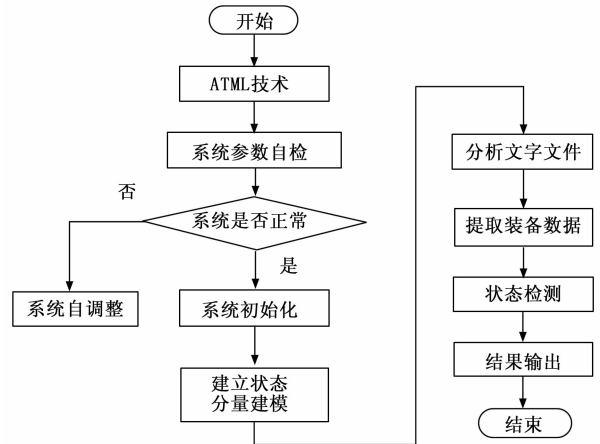


图 5 基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统软件流程

ATML 技术是近年来发现的测试组件技术之一，技术主要存储自动设备内部器件的交互信息，技术采用传统的 IEEE 标准进行信息的传递和交流。对于本文设计舰艇装备多状态测试来说，可以精确测试系统对于设备性能参数的描述以及保证测试数据的有效性，ATML 技术特殊在于技术内部交流的信息采用 XML 文档，对于其他格式的文字文件，不具有测试权限。另外 ATML 技术在接入测试资源的同时，不会更改资源的数据源，干扰自动设备内部各个组件的调用速率，反而会提高舰艇装备多状态测试系统与内部资源的交互性。ATML 技术对于测试自动设备内部的虚拟资源以及信号提供专有的数据支持。

如图 5 所示，采用 ATML 技术实现参数自检，完成系统调整并对系统进行初始化，保证系统参数的完整、全面及准确性，在此基础上建立状态分量建模，提取舰艇装备多状态数据，输出状态检测结果，完成基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统软件流程设计。

3 实验分析

为验证基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统的实用价值，本文进行对比试验测试。为了使试验测试数据具有科学性和可信性，本文选用两个通过专业测试的舰艇装备多状态测试系统作为试验测试的对照系统，分别是基于 GPS 导航的舰艇装备多状态测试系统和基于 STD 的舰艇装备多状态测试系统。

在对比试验测试前,工作人员需要准备 3 个计算机、一个数据分析仪以及一台舰艇装备设备,测试工作准备好后,将 3 个舰艇装备多状态测试系统分别在 3 个相同型号的计算机内启动,同时将 3 个系统一端接入舰艇装备设备的控制中心,另一端接入数据分析仪器内,测试环境搭建成功后,开始进行试验测试。根据舰艇装备多状态测试系统的实际应用需求,本文将测试时间、测试结果精准度、系统的稳态性作为实验测试的分析因素。同一时间开始试验后,工作人员不需要进行其他的测试操作,当 3 个测试系统全部向中心提交舰艇装备多状态测试系统的测试参数后,结束试验,通过数据分析仪分析测试数据,进行试验数据分析。

因为对比测试的流程具有一定的逻辑性和专业性,试验测试结果具有可信性。整理试验测试的数据,得出不同舰艇装备多状态测试系统的间隔时间如表 1 所示。

表 1 间歇参数实验结果

实验次数	间隔时间/s		
	基于 GPS 导航的舰艇装备多状态测试系统	基于 STD 的舰艇装备多状态测试系统	本文系统
1	15	20	0.5
2	16	19	0.6
3	17	18	0.5
4	16	19	0.4
5	15	17	0.6
6	17	19	0.5
7	14	18	0.6
8	15	17	0.4
9	13	14	0.3
10	16	15	0.5

分析表 1 实验结果可知,基于 GPS 导航的舰艇装备多状态测试系统的平均测试间隔时间为 15.4 s,基于 STD 的舰艇装备多状态测试系统的平均测试间隔时间为 17.6 s,本文系统的平均测试间隔时间为 0.49 s。实验结果表明,本文系统在对舰艇装备设备多个状态共同测试时的间断性较小,测试效果较好。

在此基础上测试不同舰艇装备多状态测试系统的测量误差,即舰艇装备多状态数据的相对误差,通过不同系统对舰艇装备多状态数据的测试结果与实际值对比得出。得到实验对比结果如表 2 所示。

分析表 2 可知,基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统与基于 GPS 定位的舰艇装备多状态测试结果的误差较大,本文选用舰艇装备实际的性能状态参数的均值误差最小;本文设计的基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统在传统舰艇基本状态参数测试的基础上,还增加设备瞬态性参数的测试,并且每个状态的各个等级的性能指标都一一对照列出,使得测试结果简单化。

表 2 测试系统误差实验结果

实验次数/次	测试系统误差 %		
	基于 GPS 导航的舰艇装备多状态测试系统	基于 STD 的舰艇装备多状态测试系统	本文系统
1	2.58	2.41	0.25
2	2.67	2.64	0.26
3	2.69	2.66	0.28
4	2.84	2.78	0.26
5	2.99	2.93	0.23
6	2.63	2.25	0.19
7	2.54	2.17	0.18
8	2.87	2.58	0.27
9	2.48	2.56	0.29
10	2.58	2.78	0.18

综上可以得出,本文设计的测试系统性能比基于 GPS 定位的舰艇装备多状态测试系统的性能好,具有较高的测试准确度和稳态性,可以进行实际应用。

4 结束语

通过以上的论述,完成了基于 ATML 的舰艇装备多状态测试系统的研究,因为本文在传统测试系统软件设计的基础上,增加了舰艇多状态复杂系统模型,并且重新梳理了 ATML 技术测试资源的逻辑性,使得舰艇装备多状态测试系统的反应速度最快,性能达到最佳。将本文设计的测试系统作为研究基础,进一步分析其他海上航行设备的多状态测试系统,以期提高航行设备的工作效果,为促进海上经济发展做出贡献。

参考文献:

- [1] 何伟,沈晓美,刘泊江,等. 基于任务的舰船装备软件测试技术研究 [J]. 计算机测量与控制, 2020, 28 (3): 72-78.
- [2] 张波. 舰船异常状态的自动检测和预警系统 [J]. 舰船科学技术, 2020, 42 (10): 47-49.
- [3] JAVVAJI S, SINGHAL V, MENEZES V, et al. Analysis and design of a multi-step bias-flip rectifier for piezoelectric energy harvesting [J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 2019 (99): 1-11.
- [4] 张倩,张硕,侯燕春. 基于 PXI 平台的环境试验并行测试系统设计 [J]. 导弹与航天运载技术, 2020, 373 (2): 126-130.
- [5] 杨阳,杨超,吴志刚. 基于舵机动态特性测试的阵风减缓控制系统设计 [J]. 振动与冲击, 2020, 39 (4): 111-117, 126.
- [6] LARIOS D F, BARBANCHO J, BISCARRI F, et al. A research study for the design of a portable and configurable ground test system for the A400M aircraft [J]. International Journal of Aerospace Engineering, 2019, 9 (3): 1-16.
- [7] 栾家伟,吴陈. 基于 UML 状态图测试用例生成的策略研究 [J]. 计算机与数字工程, 2020, 48 (2): 409-411, 432.
- [8] 马雨岚,蒋佳佳,段发阶,等. 基于嵌入式的汽轮机叶片监测系统设计与实现 [J]. 电子设计工程, 2020, 28 (9): 146

- 150.

- [9] 周江平, 杨 鹤. 伺服机构动态特性测试系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (8): 37-41.
- [10] TANG F X, YU L, ZHANG Q. Multi-objective redundancy allocation for multi-state system design under epistemic uncertainty of component states [J]. Journal of Mechanical Design, 2020, 142 (11): 1-29.
- [11] 李 恺, 曾贵明, 梁 君, 等. 基于 VxWorks 的复杂飞行器模拟平台设计 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (11): 143-147.
- [12] 王建华, 张 博, 许胜利. 海军舰船专用油料综合评定体系建设构想 [J]. 润滑油, 2019, 34 (2): 41-47.
- [13] 糜小夫. 基于密码学的网络多模态信息动态加密系统设计 [J]. 现代电子技术, 2020, 43 (4): 59-61, 65.
- [14] 朱肖谣, 范秋华, 史程程, 等. 基于 STM32 的载波模块测试系统的设计 [J]. 自动化技术与应用, 2020, 39 (6): 128-131.
- [15] 张 博, 李 鸿, 李会超. 基于多类别特征融合的疲劳检测系统研究 [J]. 现代电子技术, 2019, 46 (1): 152-156.
- [16] 刘 群, 洪占勇, 崔 堃, 等. 基于 FPGA 的色选机下料振动器振动状态检测系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (6): 51-55.
- [17] 杨 柯, 陈则王, 赵晓兵, 等. 基于 LabVIEW 的蓄电池测试实验平台设计与实现 [J]. 电子测量技术, 2019, 42 (6): 72-76.
- [18] VENTRELLA J, ZHANG S, MACCARTY N. An international, multi-site, longitudinal case study of the design of a sensor-based system for monitoring impacts of clean energy technologies [J]. Design Studies, 2020, 66: 82-113.
- [19] 韩金华. 发电机运行中轴电压测试技术误区及改进方法 [J]. 大电机技术, 2019 (5): 32-36.
- [20] 魏涯峰, 谢 锐, 邓慧芳, 等. 基于无线配置重触发的力学传动参数测试系统设计 [J]. 仪表技术与传感器, 2019 (2): 82-85.
- [21] FRIVALDSKY M, SEDO J, PIPISKA M, et al. Design of measuring and evaluation unit for multi-cell traction battery system of industrial AGV [J]. Electrical Engineering, 2020, 102 (10): 1-13.
- [12] LI L L, HE J Y, ZHAO Y P, et al. Design of microcontroller standard SPI interface [J]. Applied Mechanics and Materials, 2014 (3379): 563-568.
- [13] 黄海秋, 曾盛焯, 周文景, 等. Application research of 6N137 high-speed optocoupler in concrete block machine [J]. Mechanical Engineering and Technology, 2013, 2 (4): 168-171.
- [14] LIU C. Design of integrated circuit of electronic musical instruments and leakage protection device [J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 3082: 572-575.
- [15] ADEYERI M K, MPOFU K, KAREEM B. Development of hardware system using temperature and vibration maintenance models integration concepts for conventional machines monitoring: a case study [J]. Journal of Industrial Engineering International, 2016, 12 (1): 93-109.
- [16] 范伟成, 王 丰, 李勇杰, 等. 基于单片机的自由活塞制冷机测控系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2019, 27 (6): 36-40.
- [17] LIU L, YANG H J. Design of the temperature and humidity automatically detecting system based on AT89S52/55 [J]. Applied Mechanics and Materials, 2014, 2983: 263-266.
- [18] LIU L J, WANG X L. Subway shield door control system based on fuzzy PID control [J]. Electronic Design Engineering, 2012, 26 (7): 134-137.
- [19] 金东寒. 斯特林发动机技术 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2009.
- [20] BAI Y. Microcontroller engineering with MSP432: fundamentals and applications [M]. CRC Press, 2016.
- [21] JECAN A. Java 9 modularity revealed [M]. Apress, Berkeley, CA, 2017.

(上接第 132 页)

参考文献:

- [1] WALKER W. Stirling engines [M]. Oxford: Clarendon Press, 1980.
- [2] 顾根香, 彭小方, 潘卫明, 等. 斯特林技术发展与应用 [M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2020.
- [3] LAI H Y, LI Y T, CHAN Y H. Efficiency enhancement on hybrid power system composed of irreversible solid oxide fuel cell and stirling engine by finite time thermodynamics [J]. Energies, 2021, 14 (4): 1037, 2021.
- [4] 范伟成, 彭小方, 等. 斯特林发动机智能监控系统设计与实现 [J]. 电子设计工程, 2016, 24 (18): 85-88.
- [5] 顾明芳, 宗 情, 曹 毅. CAN 总线技术在斯特林发动机中的应用 [J]. 柴油机, 2019, 41 (3): 22-25.
- [6] 吕振彬, 袁企乡, 徐 玮, 等. 基于 dsPIC 的 4~20mA 两线制恒流源的设计. [J]. 计算机测量与控制, 2016, 24 (1): 310-312.
- [7] WANG W, YANG M X, YU L Y, et al. Design of PT100 high-precision temperature measurement systems based on third-order model [J]. Ferroelectrics, 2020, 563 (1): 118-127.
- [8] FORD T. Major step forward in type K and N thermocouple performance [J]. Industrial Heating; the International Journal of Thermal Technology, 2018, 86 (1): 30-31.
- [9] YANG X K, ZHU G, JIANG X. Automatic monitored control system design of solar greenhouse environment based on single-chip and King-view [J]. Applied Mechanics and Materials, 2014 (3277): 1104-1109.
- [10] 刘向宇, 秦 龙. PIC 单片机 C 语言程序设计实例精粹 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2010.
- [11] ZHAO C, ZHANG Y C, XIE D. The multi-energy high precision data processor based on AD7606 [J]. IOP Conference